

# DV 2014-03

Résumés des conférences et des photoprésentations, Québec Exploration 2013

Documents complémentaires

*Additional Files*



Licence



*Licence*

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 2013

CARREFOUR DES GÉOSCIENCES  
ET DES RESSOURCES MINÉRALES

SCIENCE - INNOVATION - SOCIÉTÉ

RÉSUMÉS DES CONFÉRENCES  
ET DES PHOTOPRÉSENTATIONS

11 AU 14 NOVEMBRE 2013  
CENTRE DES CONGRÈS DE QUÉBEC  
[QuebecMines.mrn.gouv.qc.ca](http://QuebecMines.mrn.gouv.qc.ca)

DV 2014-03

UN  
**QUÉBEC**  
POUR TOUS

Québec 

### **Coordonnateurs**

- ▶ Charlotte Grenier
- ▶ Luc Charbonneau

### **Traduction et révision linguistique**

- ▶ Venetia Bodycomb
- ▶ Pierre Drolet
- ▶ Michèle Mainville

### **Révision des textes**

- ▶ Joanne Nadeau

### **Dessin**

- ▶ André Tremblay

### **Couverture, mise en page**

- ▶ HATEM+D
- ▶ Marie-Eve Lagacé
- ▶ André Tremblay

### **Supervision technique**

- ▶ Charlotte Grenier

### **AVERTISSEMENT**

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

## TABLE DES MATIÈRES

<b>Équipe de Québec Mines.....</b>	<b>6</b>
<b>Résumés des conférences .....</b>	<b>9</b>
<b>Résumés des photoprésentations.....</b>	<b>48</b>
<b>Localisation des projets .....</b>	<b>51</b>
<b>Acronymes.....</b>	<b>84</b>





## INVITATION DU PRÉSIDENT D'HONNEUR DE QUÉBEC MINES 2013

Pour de nombreux Québécois, notre industrie minière s'inscrit dans un marché mondial dont le niveau d'activité est sujet à l'évolution des cours internationaux des métaux et minéraux et de la demande stimulée par les besoins des pays émergents et par notre compétitivité en termes de teneur et de coûts d'extraction et de transport. Pour d'autres, il s'agit d'une activité locale qui a des incidences importantes sur l'environnement immédiat en termes d'emplois stables et bien rémunérés, de qualité de vie et d'effets, réels ou anticipés. Ces deux portraits montrent des dimensions capitales de l'industrie mais, comme c'est fréquemment le cas en photographie, ils sont incomplets; ils en omettent de grands pans et, par conséquent, n'en donnent pas une vue d'ensemble équilibrée. Il importe de corriger cette lacune. C'est ici que Québec Mines joue un rôle essentiel et critique.

L'industrie minière moderne s'appuie sur un corpus scientifique et technologique considérable. Le Québec s'est doté d'une infrastructure géoscientifique à la fine pointe et a formé au cours des ans des femmes et des hommes hautement qualifiés dans les diverses disciplines requises par le secteur.

Cette industrie est un moteur économique pour le Québec; elle compte pour 30,5 % des exportations totales de la province vers l'étranger et est une source appréciable d'emplois bien rémunérés, notamment dans les régions périphériques qui ne bénéficient pas d'une économie bien diversifiée. L'industrie minière s'inscrit aussi dans une problématique à long terme. En effet, l'investissement dans ce secteur se caractérise par des dépenses initiales importantes effectuées longtemps avant que des revenus ne puissent être générés. Les risques techniques, économiques et financiers sont donc élevés. Le temps écoulé entre l'identification d'un gîte minéral et le début de la production varie de 8 à 15 ans. Dans ces circonstances, il ne faut pas s'étonner que la contribution optimale et soutenue de l'industrie minière à la croissance économique d'une région est tributaire de politiques adaptées et stables. La sensibilité démontrée par l'industrie à demeurer en symbiose avec le milieu environnant entre aussi en ligne de compte.

Québec Mines 2013 est un moyen puissant d'initiation populaire à la nature, à l'importance et à la contribution du secteur minier à la société québécoise. Ce congrès est aussi le moment idéal pour se mettre au diapason des développements scientifiques, technologiques, politiques et industriels qui façonnent l'évolution du secteur minier. C'est également un carrefour de rencontres privilégiées entre les membres de l'industrie et ceux qui élaborent et administrent les politiques de ce secteur au Québec. Il importe donc d'y participer en grand nombre.

J'anticipe avec plaisir de vous y rencontrer.

**Pierre Lortie**

Conseiller principal, Affaires  
Dentons Canada S.E.N.C.R.L.



## MOT DE LA MINISTRE

### **FAÇONNER L'AVENIR DE L'INDUSTRIE MINIÈRE QUÉBÉCOISE**

C'est avec plaisir que j'invite tous les acteurs du grand domaine des géosciences et du développement minier à participer à Québec Mines 2013.

Cette année, le congrès met en lumière l'importance de la recherche, des nouvelles pratiques et de la responsabilité sociale dans le développement minier. Science, innovation, société : ces trois mots constituent les bases sur lesquelles s'appuie notre gouvernement pour favoriser le développement responsable de nos ressources minérales.

Québec Mines 2013 offrira de multiples occasions de parfaire vos connaissances et d'échanger sur ces questions. En y participant, vous contribuez à façonner l'avenir de l'industrie dans le respect de l'environnement et des communautés, au bénéfice de tous les Québécois.

**Je vous souhaite un excellent congrès!**

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'M. Ouellet'.

**Martine Ouellet**

Ministre des Ressources naturelles du Québec

# ÉQUIPE DE QUÉBEC MINES

## COMITÉ STRATÉGIQUE

Joëlle Boudigou  
Luc Charbonneau  
Line Drouin  
Renée Garon  
Nathalie Germain  
Robert Giguère  
Jean-Yves Labbé

Robert Marquis  
Patrice Roy  
Lucie Ste-Croix

**Coordonnateur**  
Christian Fortin

**Secrétaire**  
Johanne April

## ÉQUIPE LOGISTIQUE ET COMMUNICATION

Andrea Amortegui  
Annie Bérubé  
Gladys Chamberland  
André Cloutier  
Diane Devault  
Marie Dussault  
Céline Filteau  
Charlotte Grenier  
Marie-Josée Hudon  
Mariève Jean

Anthony Kish  
Marie-Eve Lagacé  
Roxanne Lamy  
Sonia Montambault  
Caroline Nadeau  
Sylvie Otis  
Catherine Poulin  
Pierre-Thomas Poulin  
Sophie Proulx  
Gaétan Simard

## PROGRAMME TECHNIQUE

Michel Jébrak  
Jean-Yves Labbé

Jean Vavrek

## COMITÉ ORGANISATEUR QUÉBEC MINES POUR TOUS

Luc Charbonneau  
Julie Gagné  
Charlotte Grenier  
Heather Henry (Une mine de renseignements)

Catherine Poulin  
Lucie Vincent (ICM)

**Coordonnatrice**  
Sylvie Otis

## COMITÉ ORGANISATEUR QUÉBEC MINES INTERNATIONAL

Annie Bérubé  
Émilie Beorofei  
François Boutin

Robert Giguère  
Anthony Kish

# PARTENAIRES

## ASSOCIATION MINIÈRE DU QUÉBEC (AMQ)

André Lavoie  
Josée Méthot

## COMITÉ SECTORIEL DE MAIN-D'ŒUVRE DE L'INDUSTRIE DES MINES (CSMO-MINES)

Luc Baillargeon

## INSTITUT CANADIEN DES MINES, DE LA MÉTALLURGIE ET DU PÉTROLE (ICM)

Lise Bujold  
Jean Vavrek

Lucie Vincent  
Mireille Goulet

**INSTITUT NATIONAL DES MINES**

Jean Carrier  
Robert Marquis  
Louise Bryce

**QUÉBEC INTERNATIONAL**

Pierre Grenier  
Line Lagacé  
Alexandra Masson

**48<sup>E</sup> NORD INTERNATIONAL**

Claude Thibault

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

Séphane Baribeau  
Diane Bélanger  
Denis Blanchette  
Marlène Bouchard  
Pierre Buist  
Lynda Carrier  
Céline Côté  
Julie Côté  
Daniel Dubé  
Clément Gaudreau  
Daniel Faustino Silvestre  
Alexa Harvey  
Johanne Jobidon  
Joanne Nadeau  
Geneviève Paquet  
Marie-France Rioux  
Michaël Roy  
Solange Saillant  
André Tremblay  
Anne Veilleux  
Alain Vigneault  
Émilie Villeneuve



## RÉSUMÉS DES CONFÉRENCES



## SÉANCE 1 - LES DÉFIS DE L'INNOVATION DANS LE SECTEUR MINIER

Prévisions stratégiques de l'avenir : que pouvons-nous apprendre aujourd'hui des scénarios pour demain? .....	12
La mine du futur : gestion intelligente du minerai .....	12
L'évolution de l'industrie minière canadienne : l'innovation ouverte pour survivre et croître .....	13
Groupe MISA : mécanismes de soutien à l'innovation, réalisations à ce jour, perspectives d'avenir.....	13
La spectroscopie laser-plasma (SLP) : un nouvel outil pour l'industrie minière.....	14
Le laboratoire de recherche Télébec en communications souterraines : chef de file dans les solutions en télécommunications pour les mines québécoises.....	14
Comment les technologies optiques-photoniques d'aujourd'hui et de demain peuvent-elles contribuer à l'augmentation de votre productivité? .....	15

## SÉANCE 2 - TRAVAUX GÉOSCIENTIFIQUES AU QUÉBEC ET AU CANADA

Géologie de la région de Malartic .....	15
La mine Canadian Malartic, Abitibi, Québec : caractéristiques géologiques et chronologie relative de la minéralisation aurifère à basse teneur et fort tonnage.....	16
Nouveaux développements applicables à l'analyse des éléments en traces dans les dépôts de minéraux et à la cartographie utilisée pour la recherche et l'exploration des gisements de minerai : exemples de gisements d'or du Québec et de l'Ontario .....	16
Reconnaissance géologique en forage de la région entre le lac Quévillon et le lac Turgeon .....	17
Analyse multiparamétrique à haute résolution de carottes de forage dans la région de Chibougamau - Implications pour l'exploration minière.....	17
Contexte géologique et métallogénique de la région de Kuujuaq, du lac Saffray et de la baie d'Ungava, sud-est de la Province de Churchill, Québec.....	18
Les gisements de fer dans la Fosse du Labrador : les développements passés, actuels et à venir.....	18
Géologie, altération et métamorphisme de gisements de sulfures massifs volcanogènes (SMV) paléoprotérozoïques de la région de Snow Lake, Ceinture de Flin Flon, Manitoba.....	19

## SÉANCE 3 - ÉVOLUTION DES CONNAISSANCES AU SEIN DE LA SOUS-PROVINCE DE L'ABITIBI

Évolution des modèles géologiques en Abitibi et implications pour l'exploration .....	19
La stratigraphie et la géochronologie en Abitibi dans les trente dernières années et leur impact sur l'exploration minière .....	20

Synthèse des connaissances acquises dans la Sous-province de l'Abitibi ontarienne : une revue de 1993-2013.....	20
La géophysique appliquée à l'exploration minière en Abitibi ou la quête du Graal.....	21
Méthodes d'exploration pour les sulfures massifs volcanogènes en Abitibi : apport des traitements de la géochimie.....	21
Évolution de la pensée sur les failles et les zones de déformation dans la Sous-province de l'Abitibi.....	22

## SÉANCE 4 - LES DÉFIS GÉOMÉCANIQUES DES MINES QUÉBÉCOISES

Les défis géomécaniques dans les mines québécoises .....	22
Le contrôle de terrain dans les conditions de pergélisol .....	23
Développement d'un simulateur de dommages permettant d'étudier la vulnérabilité d'un territoire soumis aux aléas des mouvements de terrain.....	23
Mise en production d'Éléonore avec ses différents défis géomécaniques.....	24
Méthodologies pour les défis de contrôle de terrain dans les mines souterraines.....	24
Géomécanique et contrôle de terrain à la mine Niobec.....	25
Les défis liés à la conception adéquate des remblais miniers en pâte souterrains.....	25
Les défis géomécaniques liés à la conception minière du projet diamantifère Renard.....	26

## SÉANCE 5 - LA NOUVELLE RÉALITÉ QUÉBÉCOISE POUR LA MINÉRALURGIE DE L'OR : MINÉRAIS RÉFRACTAIRES ET BASSES TENEURS

Défis et opportunités dans le développement de méga gisements à faible teneur aurifère.....	26
Défis et contraintes de la mesure de la distribution de l'or dans les nouveaux minerais aurifères .....	27
Traitement du minerai d'or du projet Éléonore .....	27
Les enjeux opérationnels liés au démarrage d'un concentrateur .....	28
L'apport de l'industrie minière à la société québécoise : d'hier à demain .....	28

## SÉANCE 6 - DÉVELOPPEMENT DURABLE ET MINES : L'EXPÉRIENCE DE TERRAIN EN RESPONSABILITÉ SOCIALE DES ENTREPRISES (RSE)

Les principaux constats sur l'expérimentation de l'Approche BNQ 21000 chez les membres de l'Association minière du Québec.....	29
Mine Arnaud : application de la grille d'analyse de développement durable de la Chaire en éco-conseil.....	29



Industrie minière et équité des sexes : les démarches initiales de New Millennium Iron Corporation.....	30
L'exploitation minière, l'agriculture et l'eau : le cas d'Eldorado Gold en Turquie .....	30

### SÉANCE 7 - LES NOUVELLES TECHNOLOGIES DE BROYAGE : À LA TOUR DE BABEL... ON EN PERD SON LATIN!

L'évolution de l'IsaMill dans le traitement de la magnétite.....	31
Séance de familiarisation avec les rouleaux broyeurs à haute pression (HPGR) .....	31
Comparaison de l'efficacité énergétique du broyage fin dans l'industrie minière.....	32
Un aperçu des technologies HPGR et de broyage fin dans la caractérisation de la broyabilité des minerais.....	32
Développement des broyeurs-agitateurs et expansion des applications.....	33

### SÉANCE 8 - LES DÉFIS EN INGÉNIERIE MINIÈRE

Diesels et ventilation dans les mines souterraines - Défis et bonnes pratiques.....	33
Défis opérationnels à la mine Canadian Malartic.....	34
Récupération de chantier secondaire dans du terrain non consolidé .....	34
LaRonde : les défis de la mine profonde.....	35
La mine Westwood : de l'exploration à la mise en production d'un gisement filonien.....	35

### SÉANCE 9 - MINES ET ENVIRONNEMENT : CHEMIN PARCOURU, DÉFIS ET SOLUTIONS

L'Institut de recherche en mines et environnement et la gestion des rejets miniers.....	36
La restauration des parcs à rejets de concentrateur en conditions nordiques.....	36
Techniques géoscientifiques dans la résolution des défis de l'évaluation des risques environnementaux en aval des mines métalliques : un exemple des milieux récepteurs du site Aldermac en Abitibi, Québec .....	37
Systèmes de transport respectueux de l'environnement pour les mines de métaux usuels.....	37
La boîte à outils pour une gestion minière responsable.....	38

### SÉANCE 10 - GÉOLOGIE DU QUATERNAIRE ET PROSPECTION GLACIO-SÉDIMENTAIRE

Dynamique et processus glaciaires modernes applicables à l'exploration minière.....	38
Les nouveaux défis de l'exploration glaciocédimentaire : zones glaciaires complexes et cibles plus profondes .....	39

Minéraux indicateurs et géochimie du till près de gîtes porphyriques de la Cordillère canadienne .....	39
Dispersion glaciaire et provenance des tills dans le nord du Québec et en Abitibi : nouvelles contraintes pour l'histoire et la dynamique de l'Inlandsis laurentidien.....	40
Exemples de traçage d'indicateurs dans les sédiments glaciaires.....	40
La provenance des minéraux indicateurs dans les basses-terres de la baie James : l'exploration diamantifère dans un secteur difficile.....	41
Avancements technologiques en minéralogie appliquée au Quaternaire.....	41

### SÉANCE 11 - DÉVELOPPEMENT DURABLE, ÉCONOMIE ET MINES : COMMENT ASSURER LA PÉRENNITÉ DE L'INDUSTRIE MINIÈRE?

L'impact économique direct de l'or dans les plus grands pays producteurs et consommateurs d'or à l'échelle mondiale.....	42
Quelle valeur ajoutée le développement durable peut-il apporter au secteur minier? .....	42
La région de Québec, un atout pour le développement minier québécois.....	43
La formation de la main-d'œuvre dans un contexte de développement durable.....	43
Les mines au Québec : 100 ans d'histoire, 100 ans d'avenir.....	44
Dynamique historique du développement minier à la Baie-James (1975-2012) .....	44

### SÉANCE 12 - INTRUSIONS ALCALINES : DE L'EXPLORATION À LA RESTAURATION

Contrôles sur la formation des gisements de terres rares .....	45
L'Intrusion alcaline de Crevier minéralisée en Nb-Ta-ETR : nouvelles données géochronologiques, isotopiques, géochimiques et minéralogiques.....	45
Caractérisation préliminaire de la minéralisation en terres rares de la ferrocarnatite de Saint-Honoré .....	46
Restauration progressive des parcs à résidus miniers de Niobec, une approche de développement durable.....	46
Mise à jour géologique et développement minier du projet de lanthanides de Montviel, Baie-James, Québec .....	47
Pétrométallogenèse du système alcalin carbonatitique (ETR-Nb) de Montviel, Abitibi.....	47

## SÉANCE 1

### Prévisions stratégiques de l'avenir : que pouvons-nous apprendre aujourd'hui des scénarios pour demain?

JEFF LOEHR ET GEORGE HEMINGWAY  
(VCI-VIRTUAL CONSULTING INTERNATIONAL)

Nous dresserons le portrait de quelques futurs miniers possibles en ce qui a trait aux opérations et à l'organisation, et nous explorerons les orientations que ces tracés et ces principes communs peuvent dégager pour les chefs de file d'aujourd'hui en innovation. Les visions de l'avenir combinent les tendances, les visions des sociétés minières, les perturbations technologiques potentielles, l'évolution sociétale, et notre expérience en ce qui a trait au développement des mines de demain. Des leçons se dégagent, dont toute société minière devrait prendre conscience et qui s'avèrent utiles pour réfléchir au développement et à la mise en œuvre de technologies dans les mines d'aujourd'hui. Nous puisons dans notre expérience dans l'élaboration de programmes d'innovation pour Rio Tinto, AngloGold Ashanti, Vale et d'autres grandes sociétés minières pour ancrer cette présentation dans le contexte actuel.

## SÉANCE 1

### La mine du futur : gestion intelligente du minerai

MARTIN PROVENCHER (IBM CANADA)

Les sociétés minières font face à des défis de plus en plus exigeants en ce qui concerne l'extraction et la livraison du bon produit, au bon client, au bon moment et ce, tout en étant rentables. La fragmentation des marchés et la variation de la qualité de la matière dans la mine, combinées à la concurrence et la volatilité des prix des matières premières sont des facteurs qui contribuent à augmenter la pression sur les coûts d'exploitation. Les opérations de la mine sont également confrontées à une série de problèmes d'optimisation de la logistique liés au déplacement du matériel, de la mine au client. L'industrie minière utilise des actifs représentant d'importants investissements en capitaux, qui doivent être utilisés de façon optimale tout au long de la chaîne d'approvisionnement du minerai. Pendant ce temps, la technologie se développe rapidement et devient de plus en plus disponible. Les gens utilisent maintenant des téléphones intelligents dans leurs activités quotidiennes; les maisons sont désormais équipées de capteurs et de systèmes automatisés de gestion de l'éclairage, du chauffage et de la climatisation. Ces technologies peuvent maintenant être utilisées pour l'optimisation des opérations de l'industrie minière et la réduction des coûts, tout en favorisant l'amélioration de la viabilité à long terme de l'exploitation minière.

La présentation portera sur l'avenir de la logistique de la manipulation du minerai. Il couvrira, d'une manière pratique, la façon dont l'utilisation intelligente des données, combinée aux nouvelles technologies peut mener à une gestion intégrée des opérations et de la planification.



## SÉANCE 1

### L'évolution de l'industrie minière canadienne : l'innovation ouverte pour survivre et croître

ALAN GALLEY ET CARL WEATHERELL  
(CONSEIL CANADIEN DE L'INNOVATION MINIÈRE)

Dans le contexte économique mondial complexe d'aujourd'hui, plusieurs sociétés minières basées au Canada doivent prendre des décisions financières difficiles afin de garder la confiance des actionnaires compte tenu de la mouvance des marchés des matières premières. Il s'ensuit souvent une réduction des montants alloués par les sociétés en matière d'innovation, dont le résultat se fait sentir sous la forme d'un fossé grandissant entre les complexités et les capacités opérationnelles. L'une des façons de réduire cet écart serait de considérer une approche pancanadienne par le biais d'un consortium d'entreprises visant à assurer le positionnement des sociétés parmi les chefs de file de la technologie et des connaissances.

Le Conseil canadien de l'innovation minière (CCIM), un organisme sans but lucratif, a été mis sur pied à titre d'outil stratégique visant à faciliter l'innovation ouverte par le développement de consortiums industriels reliés aux milieux et au réseau pancanadien de collègues, d'universités et de fournisseurs de services. Le CCIM a pour mission de regarder les défis définis par l'industrie minière et de proposer des solutions par une combinaison de nouvelles avenues issues de la R&D et de l'intégration de technologies existantes à l'extérieur du milieu conventionnel de l'industrie minière. Le mandat du CCIM vise également à briser les barrières entre les différents segments du continuum minier de telle sorte que les percées novatrices dans un segment aient un impact stratégique sur les autres segments, permettant ainsi d'améliorer l'efficacité globale des entreprises et de rentabiliser les coûts.

## SÉANCE 1

### Groupe MISA : mécanismes de soutien à l'innovation, réalisations à ce jour, perspectives d'avenir

ALAIN BEAUSÉJOUR (GROUPE MISA)

Nous parlons ici d'innovation en terrain conquis. L'innovation, oui d'accord! Mais comment? Depuis cinq ans, le Groupe MISA fait la promotion de l'innovation minière en s'inspirant des meilleures pratiques d'affaires en gestion de l'innovation. L'approche MISA est 100 % orientée vers une logique d'affaires. La feuille de route compte déjà plusieurs réalisations intéressantes. Mais il faut faire plus, il convient, en fait, d'accélérer la cadence, afin que la filière minière au Québec se hisse au sein du cercle restreint des pôles d'excellence mondiaux.

La « méthode MISA » est-elle une réponse au « comment »? Comment le travail en réseau peut-il stimuler une culture de l'innovation? Comment l'intégration de la chaîne de valeur permet-elle de rehausser nos standards de performance et servir ainsi de fer de lance à des pratiques innovantes? Comment pondérer le « risque » de l'innovation avec le risque d'opération? Comment intégrer la gestion de l'innovation aux multiples ingrédients d'affaires qui propulsent les entreprises de la filière minière québécoise vers les marchés internationaux?



## SÉANCE 1

### La spectroscopie laser-plasma (SLP) : un nouvel outil pour l'industrie minière

MOHAMAD SABSABI, PAUL BOUCHARD,  
FRANÇOIS DOUCET, LÜTFÜ ÖZCAN, ANDRÉ MOREAU,  
AISSA HARHIRA ET ALAIN BLOUIN (CNRC)

L'industrie minière est confrontée à de nombreux défis - les minerais à teneur de plus en plus faible, les minerais de plus en plus complexes avec de hauts niveaux d'impuretés, et une pression pour améliorer leur performance environnementale, ce qui se traduit par une hausse des coûts de production. Pour relever ces défis, des technologies sont recherchées pour prendre des mesures en direct qui fourniront des données d'analyse critiques à toutes les étapes du processus, de la mine au métal. À toutes les étapes de la chaîne de valorisation, il est critique que les paramètres opérationnels soient ajustés et contrôlés de façon à ce que la composition chimique du produit en fusion, de la solution ou de la pulpe se maintienne à l'intérieur de limites prédéterminées. Présentement, le délai total pour l'échantillonnage, le transfert des échantillons, l'analyse et la communication des résultats aux opérateurs est souvent de l'ordre de quelques heures ou plus. En éliminant virtuellement ce délai, l'analyse en direct par spectroscopie laser-plasma (SLP) permet d'augmenter considérablement la productivité.

La technique de SLP offre la possibilité d'obtenir des analyses multiélémentaires en temps réel d'échantillons de minerai, procurant de ce fait une analyse chimique rapide en direct de ces échantillons. La technique de SLP utilise un laser pulsé de haute puissance dont le faisceau est concentré pour produire un plasma de l'échantillon à analyser. La lumière émise par le plasma est analysée par un spectromètre optique et fournit des renseignements sur la composition chimique de l'échantillon. Un avantage important de cette technique relativement aux méthodes classiques découle de la possibilité d'analyser *in situ* pratiquement tous les types de matériaux (solides, liquides, produits en fusion, et gaz), avec des capacités d'analyse à distance, sans nécessiter de préparation d'échantillons.

Dans notre laboratoire, la SLP a été utilisée dans le cadre de différentes applications scientifiques et industrielles, notamment l'analyse d'alliages de métaux, de liquides et de minéraux. Son efficacité et sa robustesse ont été démontrées dans plusieurs applications. La SLP peut analyser une grande variété de matériaux, sur place, rapidement, et détecter des quantités en concentrations se mesurant en parties par million. Lors de cette présentation, nous présenterons nos résultats sur l'analyse en temps réel de métaux en fusion et d'effluents du traitement de minerai, l'analyse en direct de pulpes de minerai métallique et d'échantillons de minerai, etc. Nous aborderons en particulier l'application de la SLP pour l'analyse des échantillons de minerai aurifère.

## SÉANCE 1

### Le laboratoire de recherche Télébec en communications souterraines : chef de file dans les solutions en télécommunications pour les minières québécoises

MOHAMED AÏLAS (UQAT)

Créé en 1999, le laboratoire de recherche Télébec en communications souterraines (LRTCS) de l'Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue (UQAT) s'est penché sur la problématique des communications sans fil dans les mines souterraines, afin d'étudier de plus près la propagation des ondes électromagnétiques dans un tel milieu. Depuis les trois dernières années, le laboratoire a également orienté ses recherches vers les communications sans fil dans les milieux à faible densité de population, afin de répondre aux besoins en communication des habitants de ces zones.

Le LRTCS comprend une équipe hautement qualifiée, composée de professeurs, d'étudiants postdoctoraux, au doctorat et à la maîtrise ainsi qu'une équipe de soutien formée d'ingénieurs et d'un technicien. Le laboratoire collabore avec plusieurs universités de renommée internationale, il est appuyé par Télébec (une division de Bell Aliant), par l'industrie minière et bénéficie de plusieurs programmes de financement gouvernementaux.

Les efforts du laboratoire en recherche ont permis d'établir des modèles de propagation destinés à ces milieux complexes permettant une meilleure compréhension du comportement des communications sans fil. Ces travaux et ses retombées innovantes favorisent des communications plus efficaces dans les milieux confinés et à faible densité d'utilisateurs.

Afin d'atteindre ses objectifs de recherche, le laboratoire a entrepris plusieurs projets au fil des années (accès multimédia sans fil pour les métallifères souterrains; accès sans fil très large bande pour les milieux confinés; communication sans fil dans la bande 60 GHz, etc.). De ces projets ont découlé de nombreuses retombées pour l'industrie minière :

- ▶ Système de communication hybride WIFI (a/b/g/n)/DOCSIS sur câble coaxial;
- ▶ Lien haut débit sans fil longue distance;
- ▶ Réseau MESH sans fil/Réseau de capteur sans fil;
- ▶ Système de communication sans fil sur IP;
- ▶ Solution multiservice sur câble rayonnant;
- ▶ Système de collecte d'information pour entretien préventif;
- ▶ Téléopération à bas débit;
- ▶ Borne de communication sans fil, etc.
- ▶ La communication du LRTCS permettra de mettre à jour les solutions innovantes du laboratoire pour l'industrie minière et de présenter les orientations de développement pour les années à venir.



## SÉANCE 1

### Comment les technologies optiques-photoniques d'aujourd'hui et de demain peuvent-elles contribuer à l'augmentation de votre productivité?

**PIERRE GRENIER (QUÉBEC INTERNATIONAL)**

Bien que discrètes, les technologies optiques-photoniques sont déjà omniprésentes au sein de l'industrie minière. Que ce soit dans le domaine de l'exploration, de l'exploitation ou de la réhabilitation, les systèmes de mesure LIDAR, d'imageries hyper spectrales, d'analyses chimiques, d'imagerie 3D fournissent des données essentielles à la prise de décision.

Saviez-vous que le savoirfaire des entreprises optiques-photoniques est aujourd'hui reconnu mondialement? Saviez-vous qu'elles offrent déjà des solutions à vos besoins? Saviez-vous qu'ABB Mesure Analytique – unité d'affaires des produits de mesure, possède une équipe de spécialistes en optique-photonique spécialisée dans le secteur minier, et ce, à Québec? Connaissez-vous les solutions qui pourraient être mises en place, afin d'augmenter l'efficacité de vos procédés? Connaissez-vous les applications qui pourraient vous être offertes, afin d'améliorer la sécurité de vos procédés? Savez-vous comment les entreprises et centres de recherche de ce secteur se sont regroupés, afin de vous offrir des solutions sur mesure? Qui sont ces équipementiers? Comment entreprendre un projet avec eux? Voici ce que nous vous expliquerons au cours des 20 prochaines minutes.

## SÉANCE 2

### Géologie de la région de Malartic

**PIERRE PILOTE, PIERRE LACOSTE, JAMES MOORHEAD (MRN), RÉAL DAIGNEAULT (UQAC), VICKI MCNICOLL (CGC) ET JEAN DAVID (MRN)**

La région de Malartic est située dans la partie méridionale de la Sous-province de l'Abitibi. Ce projet, échelonné sur trois ans (2012-2014), a couvert, en 2012, le quart nord-est du feuillet SNRC 32D01 et, durant l'été 2013, le quart sud-est du feuillet SNRC 32D08 (région de La Motte) à l'échelle du 1/20 000. Cette région correspond à l'extension des unités volcaniques retrouvées dans la région de Val-d'Or.

La région de Malartic est constituée d'une alternance de roches volcaniques (groupes de Malartic, de Louvicourt, de Blake River et de Piché) et sédimentaires (groupes de Cadillac, de Kewagama et de Pontiac) d'âge archéen, de puissances et de continuités variables. Les groupes de Malartic (GM) et de Louvicourt (GL) contiennent les formations de La Motte-Vassan (FLV, 2714 +/- 2 Ma), Dubuisson (2708 +/- 2 Ma), Jacola (2706 +/- 2 Ma), Val-d'Or (2704 +/- 2 Ma) et Héva (2702 +/- 2 Ma). L'âge de la FLV suggère qu'elle constitue un équivalent temporel possible à la partie supérieure de l'Assemblage Kid Munro en Ontario. Le GM et le GL se composent de coulées et de filons-couches ultramafiques, de coulées basaltiques-andésitiques-rhyolitiques et de volcanoclastites variées. L'orientation générale des surfaces stratigraphiques S0 varie de WNW à N-S, les pendages étant variables. Les polarités font face au sud-ouest ou à l'ouest dans la partie sud de cette région, elles sont vers le nord et à l'est dans la moitié nord. L'Anticlinale de La Motte-Vassan, une structure P1, explique en partie ces inversions. Ce pli est une conséquence de la mise en place du pluton synvolcanique de La Pause (2710 +/- 1 Ma) dans le secteur de Preissac. Une schistosité S1, subparallèle à la surface stratigraphique S0, est communément discernable. Cette fabrique est reprise par un clivage S2 d'orientation E-W, à pendage nord abrupt. Le niveau métamorphique varie des schistes verts dans la partie sud de cette région, à des amphibolites dans la partie nord. Une caractéristique structurale importante de la partie sud de cette région est la présence d'un grand pli majeur (P2) en « Z », auquel est associée une schistosité de plan axial (S2), orientée E-W à ENE, qui recoupe la schistosité (S1) antérieure. La trace de ce pli ne semble cependant pas se poursuivre vers l'est, elle s'atténue plutôt le long de la trajectoire de la Faille Norbenite. Ces plis E-W et les mouvements parallèles aux enveloppes lithologiques ont généré des zones de dilatation favorables à la mise en place d'intrusions tardives minéralisées en Au, de type Camflo, par exemple. Les plutons tardi à post-tectoniques de Preissac (2680-2660 Ma), de La Motte (2642 Ma) et de La Corne (2680-2642 Ma), ainsi que plusieurs autres intrusions satellites isolées, recoupent et perturbent profondément l'architecture volcanique et structurale initialement développée.

La région de Malartic est bordée, sur son flanc sud, par la zone tectonique de Cadillac. Elle est, de plus, affectée par de nombreux cisaillements, couloirs de déformation et failles longitudinales, les plus importantes étant celles de La Pause, Parfouru, Norbenite, Marbenite, Manneville Sud et Rivière Héva. Ces failles sont définies par une foliation mylonitique, subparallèle à la schistosité S1 et localement S2, qui suit en grande partie le grain tectonique régional. Ces failles, bien qu'importantes régionalement, ne sont pas des obstacles insurmontables à la reconstruction des séquences volcaniques. Des gîtes et indices aurifères importants, montrant différents âges de mise en place (Canadian Malartic, Barnat-Sladen, East Malartic, Malartic Goldfields, Camflo, Malartic Hygrade, Orion no. 8) sont communément spatialement associés à des générations particulières de dykes ou stocks pré-tectoniques (tonalite) à syn ou post-tectoniques (tonalite-monzonite) encaissées dans ou en bordure de ces failles.

Tous ces travaux permettront d'améliorer la connaissance du potentiel minéral de cette région et de mieux le définir. Ils contribueront également à favoriser la recherche de différents types de gîtes d'or dans des environnements comparables, ailleurs dans la Province du Supérieur.



## SÉANCE 2

### La mine Canadian Malartic, Abitibi, Québec : caractéristiques géologiques et chronologie relative de la minéralisation aurifère à basse teneur et fort tonnage

STÉPHANE DE SOUZA, BENOÎT DUBÉ, VICKI MCNICOLL, PATRICK MERCIER-LANGEVIN, CÉLINE DUPUIS (CGC), ROBERT CREASER (UNIVERSITÉ D'ALBERTA), PIERRE DE CHAVIGNY ET DONALD GERVAIS (CORPORATION MINIÈRE OSISKO)

La mine Canadian Malartic exploite un gisement d'or à basse teneur et fort tonnage (réserves P&P de 10,9 Moz; 345 Mt @ 0,98 g/t Au) dont la minéralisation est principalement encaissée dans les roches métasédimentaires du Groupe de Pontiac et des intrusions monzodioritiques à granodioritiques porphyriques déformées situées au sud de la Zone de faille Larder Lake-Cadillac. Le Groupe de Pontiac est constitué de grauwacke turbiditique affecté par un clivage dominant orienté WNW à NW à pendage vers le NE (70-90°). La Faille Sladen, qui, dans l'ensemble, marque en surface le contact sud d'une intrusion porphyrique minéralisée, est orientée EW avec un pendage (45-85°) vers le sud. Deux orientations sont reconnues pour les enveloppes minéralisées, EW et NW-SE. Celles-ci ont des pendages opposés vers le sud et vers le nord, respectivement. Les roches minéralisées contiennent habituellement de la calcite et des traces à 3 % de pyrite disséminée. L'or est rarement visible. En plus de l'Au, la signature métallique de la minéralisation est composée de traces de Bi-Te-W et localement de Mo. La majeure partie de la minéralisation est encaissée dans les roches métasédimentaires et se présente sous la forme de zones de remplacement et stockwerk à quartz-feldspath-biotite-séricite-pyrite. Des veines de quartz ± pyrite laminées et/ou bréchiques minéralisées sont également localement présentes. Dans les intrusions, la minéralisation est constituée de zones de remplacement à quartz-feldspath-pyrite-carbonate avec une enveloppe de carbonatation (calcite) et d'hématisation. Cette enveloppe contient des veines millimétriques à centimétriques de quartz-calcite ± pyrite formant localement des stockwerks. Des veines pegmatitiques de quartz-feldspath-carbonate-tourmaline-biotite-galène-scheelite avec altération rougeâtre en feldspath potassique et hématite des épontes sont présentes dans les intrusions. La minéralisation est préférentiellement développée en association avec la Faille Sladen, des zones de charnières de plis et de déformation ductile-fragile orientées NW-SE. Les relations de recoupement et de chronologie relative documentées sur différentes zones minéralisées suggèrent que la formation de ces dernières structures a été contemporaine de la principale phase de minéralisation. La géométrie des corps minéralisés, leur association spatiale avec des éléments structuraux, ainsi que la présence de veines de quartz minéralisées laminées, indiquent l'existence d'une phase de minéralisation aurifère syn-déformation et/ou de remobilisation d'une minéralisation préexistante. L'hypothèse de travail favorisée demeure que le gisement d'or de la mine Canadian Malartic et sa géométrie actuelle résulte de la superposition d'une minéralisation syn-déformation sur un système magmatique-hydrothermal associé aux intrusions porphyriques mises en place à proximité de la Faille Larder Lake-Cadillac.

## SÉANCE 2

### Nouveaux développements applicables à l'analyse des éléments en traces dans les dépôts de minéraux et à la cartographie utilisée pour la recherche et l'exploration des gisements de minerai : exemples de gisements d'or du Québec et de l'Ontario

SIMON JACKSON, JIANFENG GAO ET BENOÎT DUBÉ (CGC)

La méthode par ablation au laser (LA)-ICP-MS est depuis longtemps utilisée pour l'analyse rapide avec résolution spatiale des éléments traces dans les minéraux sur lames pétrographiques. Récemment, des avancées en instrumentation et en logiciels de traitement des données ont amené de nouveaux développements dans la cartographie élémentaire des minéraux géologiques. À la CGC, de nouvelles techniques ont été élaborées pour générer des cartes quantitatives, à haute résolution (jusqu'à <10 µm), des concentrations en éléments majeurs et traces (jusqu'à quelques ppb). Ces cartes jettent fréquemment un éclairage extrêmement instructif sur le comportement et la paragenèse des éléments économiques et associés durant les processus minéralisateurs. Nous discutons aujourd'hui des résultats, obtenus dans le cadre du programme IGC-4 de la CGC, de la cartographie élémentaire appliquée aux minéraux sulfurés provenant de deux gisements aurifères majeurs au Canada.

Le gisement archéen Canadian Malartic au Québec se compose d'une enveloppe de minéralisation disséminée en Au et en pyrite encaissée dans des roches porphyriques de composition monzodioritique et granodioritique et dans les roches métasédimentaires du Pontiac. Bien que les zones minéralisées soient spatialement associées aux intrusions, la majeure partie de la minéralisation est encaissée dans les roches métasédimentaires et s'est développée de façon préférentielle en association avec la faille Sladen et les zones de déformation et les charnières de plis orientées NW-SE, ce qui laisse beaucoup de place à l'interprétation quant à l'origine du gisement.

Deux grandes générations de pyrite sont présentes à Malartic : l'une pauvre en inclusions et l'autre riche en inclusions. La cartographie élémentaire indique que l'Au est largement concentré dans la pyrite riche en inclusions, avec les éléments Ag, Sb, Te, Pb, Bi. Les teneurs en Ni, As et Se peuvent être plus élevées dans l'une ou l'autre des pyrites, ce qui en fait des indicateurs peu fiables. Le molybdène est concentré dans les bordures des grains de pyrite des deux types, indiquant qu'il serait tardif et possiblement associé soit à des produits de fusion tardifs et fractionnés, ce qui serait compatible avec un modèle porphyrique, soit à la remobilisation d'une phase magmatique-hydrothermale antérieure.

La mine Musselwhite en Ontario est un gisement aurifère contrôlé par la structure et encaissé dans une formation de fer rubanée qui se retrouve dans un environnement complexe d'âge archéen avec des volcanites et volcanoclastites de faciès amphibolite, ainsi que des sédiments chimiques et localement des unités argileuses contenant des nodules de sulfures diagénétiques millimétriques à centimétriques qui ont été en partie recristallisés en pyrite et pyrrhotite. La cartographie élémentaire démontre que les nodules sont fortement enrichis en Au (jusqu'à >1000 ppb) et en éléments communément associés à l'Au (As, Se, Ag, Sb, Te, Tl, Pb, Bi), tandis que les sulfures recristallisés sont relativement appauvris en ces éléments.

Ces résultats laissent entrevoir la possibilité que l'Au à Musselwhite proviendrait, en partie à tout le moins, des nodules de sulfures diagénétiques qui auraient libéré de l'Au, du S et d'autres métaux dans un fluide lors de la recristallisation métamorphique/hydrothermale. Les zones minéralisées se sont formées là où les fluides imprégnés de métaux ont été canalisés par les structures et ont croisé les formations de fer réactives encaissantes. Ainsi, les nodules de sulfures diagénétiques riches en Au dans les argilites pourraient représenter un nouveau vecteur d'exploration important, comme cela a déjà été proposé.



## SÉANCE 2

### Reconnaissance géologique en forage de la région entre le lac Quévillon et le lac Turgeon

PIERRE-LUC DESCHÊNES ET GUILLAUME ALLARD (MRN)

Un programme de forage combinant l'étude des dépôts quaternaires avec un échantillonnage systématique du socle rocheux sous-jacent a été entrepris, afin de mieux définir la géologie du secteur. Au total, 308 forages de type rotasonic ont été effectués dans la partie centrale de la ceinture verte de l'Abitibi. Le secteur à l'étude couvre une superficie de 6500 km<sup>2</sup> et est situé entre les villes de Lebel-sur-Quévillon et Normétal. Ce secteur est recouvert d'une importante couche de dépôt meuble qui masque une grande partie du socle rocheux.

Les objectifs de ce levé géologique sont :

- ▶ Documenter la géologie des bandes de roches volcano-sédimentaires,
- ▶ Mieux définir la géologie des intrusions du secteur,
- ▶ Évaluer le potentiel minéral du secteur en identifiant les contextes géologiques favorables à la découverte de nouveaux gîtes minéraux.

Hormis quelques dykes protérozoïques (dykes de Matachewan, de Biscotasing et de l'Abitibi), les roches de la région cartographiée sont d'âge archéen. Les plus vieilles roches volcaniques du secteur appartiennent à la Formation de Valrennes et sont principalement composées de basaltes, d'andésites et de tufs felsiques. Elles sont suivies des roches volcaniques du Groupe de Normétal, de la Formation de Clermont-Disson, de Vanier-Dalet-Poirier et de la Formation de Desboues, qui ont une composition similaire. La Formation de la Rivière Octave constitue une unité majeure de roches volcano-clastiques felsiques à intermédiaires. Ces roches volcaniques sont surmontées en discordance par les roches métasédimentaires siliciclastiques de la Formation de Glandelet. La campagne de forage et de cartographie a permis d'identifier de nombreuses zones de déformation, probablement tributaires de la mise en place des différents plutons du secteur (le Pluton de Mistaouac, le Pluton de Nissing-Oditan, le Pluton du Lac de la Perdrix, l'Intrusion de Bernetz et le Pluton de Marest). L'ensemble des unités géologiques sont recoupées par plusieurs types d'intrusions, dont des gabbros ainsi que des intrusions felsiques porphyriques à quartz et/ou à feldspath. Les plus importantes zones de déformation remarquées dans le secteur sont celles de Laflamme-Sud et Laflamme-Nord. Le métamorphisme régional est au faciès des schistes verts et peut atteindre localement le faciès amphibolite moyen en bordure des plutons.

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

## SÉANCE 2

### Analyse multiparamétrique à haute résolution de carottes de forage dans la région de Chibougamau – Implications pour l'exploration minérale

PIERRE-SIMON ROSS, ALEXANDRE BOURKE (INRS), FRANÇOIS LECLERC (MRN) ET ALEXANDRE BOULERICA (INRS)

Le Laboratoire mobile de caractérisation physique, minéralogique et chimique des roches (LAMROC) de l'INRS permet de mesurer presque simultanément et de manière non destructive la densité, la susceptibilité magnétique, la géochimie et la minéralogie des carottes de forage. Le LAMROC produit aussi une image numérique de haute qualité de la carotte. Le MRN a mandaté l'INRS pour réaliser une analyse multiparamétrique à haute résolution de carottes de forage dans la région de Chibougamau (nord-est de la Sous-province de l'Abitibi) durant la période de 2012 à 2014. L'objectif principal est de mieux connaître la Formation de Waconichi au nord et au sud du Complexe du lac Doré (CLD). En 2012 et 2013, trois forages d'exploration ont été analysés dans le secteur de l'ancienne mine Lemoine (au sud du CLD), traversant le Membre de Lemoine et certaines roches du CLD. Trois autres forages ont été analysés dans le secteur du lac Taché au nord. Les analyses couvrent un total de plus de 3100 m de carottes, et la base de données contient plus de 11 000 mesures de densité, de susceptibilité magnétique, et de spectrométrie infrarouge et visible, plus environ 5600 mesures géochimiques (GM 67111).

Les faits saillants de cette première année du projet incluent :

- ▶ Dans le secteur de l'ancienne mine Lemoine – qui a exploité un des SMV les plus riches du Canada – la Formation de Waconichi est divisée en plusieurs unités felsiques. Dans la section composite localisée 3,2 km à l'est-nord-est de l'ancienne mine, les roches les plus altérées (chlorite-séricite) sont dans l'unité de « Rhyolite de Marelle riche en Zr » (maintenant « Rhyolite Alpha »), et non dans la Rhyolite de Lemoine, au sommet de laquelle se trouvait le gisement. La Rhyolite Alpha, interprétée comme extrusive, est située plus bas dans la séquence stratigraphique et pourrait représenter une cible d'exploration intéressante pour les SMV.
- ▶ Dans le secteur situé au sud du lac Taché, la géologie était peu connue avant notre étude. Nous montrons que la géologie peut être réinterprétée comme une combinaison du CLD et du Membre de David (Formation d'Obatogamau). Le Membre d'Allard (Formation de Waconchi) est présent au sommet de cette séquence. La présence de zones du CLD fortement magnétiques et riches en fer au sud du lac Taché indique un potentiel pour les gisements de Fe-Ti-V dans ce secteur.



## SÉANCE 2

### Contexte géologique et métallogénique de la région de Kuujuaq, du lac Saffray et de la baie d'Ungava, sud-est de la Province de Churchill, Québec

DANIEL BANDYAYERA, ISABELLE LAFRANCE,  
MARTIN SIMARD ET CARL BILODEAU (MRN)

La partie sud-est de la Province de Churchill, anciennement Province de Rae, est limitée par les cratons archéens du Supérieur à l'ouest, de Nain et de Makkovik à l'est, et par la province protérozoïque de Grenville au sud. Elle comprend la Zone noyau (Core Zone), au centre, correspondant à un craton archéen déformé et remanié au Paléoprotérozoïque, bordée à l'ouest et à l'est par des roches paléoprotérozoïques déformées lors des orogénèses du Nouveau-Québec (Fosse du Labrador) et des Torngat respectivement. La région est caractérisée par un grain structural dominant NW-SE, engendré par la collision oblique entre la Zone noyau et le craton du Supérieur durant l'orogénèse du Nouveau-Québec (1,82 à 1,77 Ga). La Zone de Rachel-Laporte, à l'ouest, est formée de roches métasédimentaires et d'amphibolites, considérées comme un équivalent métamorphisé de la Fosse du Labrador. La partie ouest de la Zone noyau est constituée d'écaillés de roches paléoprotérozoïques qui ont chevauché les roches de la Zone de Rachel-Laporte et qui ont été elles-mêmes chevauchées par les roches archéennes déformées. Ces roches archéennes sont principalement des complexes de gneiss dans lesquels sont intercalés des lambeaux de paragneiss et d'amphibolite. On trouve aussi, dans la partie ouest de la Zone noyau, des intrusions granodioritiques à granitiques d'âge archéen, orientées EW et qui se distinguent par une susceptibilité magnétique très élevée. Les corrélations lithologiques, géochronologiques et structurales entre ces intrusions et celles localisées dans le craton du Supérieur, juste à l'ouest de la Fosse du Labrador, suggèrent qu'une partie de la Zone noyau correspondrait à un bloc qui s'est détaché du craton du Supérieur au Protérozoïque, aux environs de 1,88 Ga. De nombreuses intrusions paléoprotérozoïques syn à tarditectoniques de monzodiorite, de granodiorite et de granite recoupent les roches les plus anciennes. La roche la plus importante est le Batholite de De Pas, qui s'étend sur plus de 600 km au cœur de la Zone noyau et qui est interprété comme un arc magmatique continental.

De nouveaux indices minéralisés et des sites d'intérêt économique, dont plusieurs sont associés à des anomalies géochimiques de sédiments de lac, ont été mis au jour dans la Zone de Rachel-Laporte et dans la Zone noyau. Ils correspondent souvent à des zones rouillées et sulfurées métriques à décamétriques. Les contextes métallogéniques des minéralisations de la Zone Rachel-Laporte s'apparentent à ceux décrits dans les roches volcano-sédimentaires de la Fosse du Labrador. Plusieurs sites d'intérêt sont également localisés à proximité de grandes failles de chevauchement.

## SÉANCE 2

### Les gisements de fer dans la Fosse du Labrador : les développements passés, actuels et à venir

JAMES CONLIFFE ET ANDREW KERR (COMMISSION  
GÉOLOGIQUE DE TERRE-NEUVE-ET-LABRADOR)

La quasi-totalité de la production de minerai de fer au Canada provient de l'ouest du Labrador et du nord-est québécois, d'une région géologique connue sous le nom de la Fosse du Labrador. Du minerai de fer à haute teneur a d'abord été découvert près de la frontière entre le Québec et le Labrador en 1929 et la production a débuté dans le secteur de Schefferville en 1954. Au cours des 60 dernières années, la région est devenue un district de calibre mondial pour le minerai de fer, et la qualité des produits issus de ses gisements qui entrent dans la fabrication de l'acier est reconnue à travers le monde. En plus des nombreuses mines en activité au Labrador et au Québec, les récents travaux d'exploration ont permis d'identifier plus de 100 milliards de tonnes de ressources classées conformément au Règlement 43-101 (mesurées, indiquées et présumées).

Les gisements de minerai de fer sont encaissés dans une séquence de sédiments chertoux riches en fer qui affleurent en surface de façon continue sur une distance de plus de 1100 km. Les gisements de minerai de fer les plus répandus dans la Fosse du Labrador sont en fait des formations de fer (~30 % Fe) sédimentaires faiblement métamorphisées que l'on appelle des taconites. Bien qu'ils ne soient pas présentement exploités, ces gisements représentent d'énormes ressources de matériel à basse teneur, avec plus de 82 milliards de tonnes de ressources identifiées. La production actuelle et à venir à court terme est dominée par les formations de fer métamorphisées (métataconites) du secteur de Wabush-Labrador City-Fermont. Quatre mines existantes comptent encore d'importantes réserves de ce type de matériel et plus de 9 milliards de tonnes de minerai de fer supplémentaires ont jusqu'à maintenant été définies sur des projets d'exploration avancée. Ces gisements métamorphisés profitent d'avantages sur le plan de la métallurgie et de l'usinage, et leur emplacement dans des secteurs où les infrastructures sont déjà en place leur accorde évidemment la priorité sur la liste des projets en développement. La production de minerai de fer à haute teneur (> 55 % Fe) pouvant être expédié sans traitement préalable (DSO; *Direct Shipping Ore*) a récemment repris dans le camp historique de Schefferville. Ce type de minerai est généralement considéré comme étant d'origine supergène bien que d'autres processus hydrothermaux pourraient être impliqués dans leur formation. Des gîtes de minerai « dur » à haute teneur, formés d'hématite non magnétique, sont aussi présents, mais la genèse et la pleine mesure de ce type de gîte potentiellement important n'ont pas encore été clairement définies. Toutefois, de nouvelles découvertes de minerai dur d'hématite pourraient avoir d'importantes implications pour l'exploration dans l'avenir.

La recherche actuelle vise à classer les gisements de minerai de fer dans la Fosse du Labrador et à élaborer des modèles génétiques qui pourraient avoir une incidence sur l'exploration dans l'avenir, en cherchant d'abord à comprendre l'importance et le rôle joué par les processus hypogènes et supergènes dans la formation des gisements à haute teneur. Malgré un long historique d'exploration, l'information scientifique moderne, intégrée et comparative sur ces ressources de calibre mondial demeure limitée. Il va sans dire que la Fosse du Labrador demeurera le district le plus important au Canada pour le minerai de fer, et les études scientifiques en recrudescence devraient jouer un rôle important pour que l'exploration s'y poursuive encore longtemps, surtout dans les secteurs plus reculés.



## SÉANCE 2

### Géologie, altération et métamorphisme de gisements de sulfures massifs volcanogènes (SMV) paléoprotérozoïques de la région de Snow Lake, Ceinture de Flin Flon, Manitoba

**SIMON GAGNÉ (COMMISSION GÉOLOGIQUE DU MANITOBA),  
ALAN H. BAILES (BAILES GEOSCIENCE),  
ANTHONY E. WILLIAMS-JONES ET ANDREW HYNES  
(UNIVERSITÉ MCGILL)**

La région de Snow Lake représente un prolifique métalloctecte de gisements de sulfures massifs volcanogènes (SMV). Une séquence de roches bimodales volcaniques et volcanoclastiques d'âge paléoprotérozoïque (1,89 Ga), métamorphosées durant un épisode de métamorphisme régional à ca. 1,82 Ga, comprend 18 gisements SMV (Zn-Cu et Cu-Zn ± Au), dont la mine de Chisel North et le gisement de Lalor découvert en 2007. Le gisement de Chisel North contenait plus de 2,6 millions de tonnes de minerai d'une teneur de 9,49 % Zn, 0,21 % Cu, 0,58 g/tonne Au et 21,43 g/tonne Ag. Le gisement de Lalor est entré en production en juillet 2012 et renferme les plus grandes réserves de minerai de la région de Snow Lake, avec 18,1 millions de tonnes de minerai dans les zones de zinc-cuivre (8,97 % Zn, 0,64 % Cu, 0,64 g/tonne Au et 25,24 g/tonne Ag) et 5,4 millions de tonnes dans les zones à cuivre-or (0,46 % Zn, 0,47 % Cu, 4,7 g/tonne Au et 30,6 g/tonne Ag).

La région de Snow Lake est caractérisée par de larges zones d'altération métamorphosées au faciès amphibolite. Les roches altérées résultent de l'altération du plancher océanique lors de la formation des gisements SMV. L'enveloppe d'altération de Lalor et Chisel North comprend une altération régionale concordante (silicification, albitisation et épidotisation), une altération semi-concordante périphérique aux gisements et une cheminée d'altération discordante immédiatement sous-jacente aux lentilles sulfurées. L'altération semi-concordante comprend des assemblages riches en staurolite, grenat, amphibole, biotite, chlorite et muscovite avec des quantités significatives de kyanite, cordiérite et gahnite. L'altération discordante comprend des sulfures et est généralement marquée par l'abondance d'anthophyllite-cordiérite ou carbonate-trémolite-chlorite/talc.

Les effets du métamorphisme régional sur l'enveloppe d'altération et sur la minéralisation d'un gisement SMV ont un impact important, tant pour l'exploration à l'échelle régionale et à l'échelle locale que pour l'extraction minière et la métallurgie. Le contexte géologique, la distribution et l'évolution des systèmes hydrothermaux responsables de la formation des gisements de Chisel North et Lalor seront présentés et une attention particulière sera portée aux effets du métamorphisme régional sur les roches altérées et la minéralisation (réactions entre sulfures, silicates et oxydes, la distribution et formation de la gahnite). Des zones marginales du gisement de Chisel North enrichies en Pb-Ag-Au ont aussi été examinées pour mieux comprendre les conséquences du métamorphisme sur une zone aurifère riche en S, Pb, Ag, As et Bi.

## SÉANCE 3

### Évolution des modèles géologiques en Abitibi et implications pour l'exploration

**MICHEL JÉBRAK (UGAM)**

Depuis 1980 ont été découverts et mis en production de nombreux gisements de métaux de base (Ansil, Bouchard Hébert, La Ronde, etc.) et précieux (Casa Berardi, Lapa, Goldex, Bachelor, Malartic, etc.) en Abitibi. Grâce à la richesse de sa documentation minière et à la qualité des travaux de terrain, l'Abitibi a contribué à la culture géologique mondiale parmi les modèles les mieux connus, tels les gisements d'or orogéniques et les amas sulfurés en contexte volcanique bimodal.

À la charnière des années 1970 et 1980, il y avait de nombreuses controverses concernant la distinction des amas sulfurés des filons aurifères, tandis que les géologues miniers établissaient des liens, les géochimistes soulignaient les discontinuités. Au début de la décennie 80, les travaux de terrain, en particulier à la mine Sigma, allaient marquer l'envol du concept de minéralisation aurifère orogénique, d'abord en Ontario, puis généralisé à la planète. Le lien avec la paléoséismicité amorce une vision actualiste des processus. Cependant, la recherche de sources ne parvint à aucune conclusion et le concept perdit progressivement de son acuité, remplacé par une vision plus analytique des processus. La compréhension des environnements des amas sulfurés bénéficie également de la précision des travaux volcanologiques de terrain, de la compréhension des processus d'altération, à la fin de la décennie 80. Le rôle de la profondeur dans la chimie des fluides et les environnements volcanogènes permet de relier des classifications minéralogiques et géologiques. Les modèles intégrateurs à dominante pétrologique et volcanologique sont développés à la fin de la décennie 90 et vont permettre d'élucider les gisements les plus déformés à l'est de Rouyn. Depuis 40 ans, le rôle pourtant classique du magmatisme felsique a été largement occulté. Des travaux ponctuels sur plusieurs districts abitibiens vont faire prendre conscience du potentiel métallique des systèmes porphyriques archéens et conduiront à la réouverture du district de Malartic.

Cette histoire montre que l'exploration a surtout bénéficié des progrès géologiques. L'intégration des processus (source, transport) sera nécessaire à l'avenir pour déterminer les facteurs clés des accumulations métalliques. Nos innovations ont été principalement de source endogène, régionale, même si le craton australien du Yilgarn a également parfois servi de modèle. Enfin, l'augmentation des cours des métaux permet aujourd'hui d'inventer de nouveaux modèles géologiques profonds et à faibles teneurs (Au, Ni), et même de nouvelles substances (ETR). L'Abitibi est donc destinée à demeurer une source d'innovation dans le domaine de l'exploration minière.



## SÉANCE 3

### La stratigraphie et la géochronologie en Abitibi dans les trente dernières années et leur impact sur l'exploration minière

JEAN GOUTIER (MRN)

La stratigraphie des roches archéennes est difficile, car il n'y a pas de marqueur temporel fossilifère, les unités sont fréquemment discontinues et de grandes superficies sont recouvertes de dépôts plus récents. L'abondance de failles découpant les unités ne facilite pas non plus l'établissement d'une stratigraphie. Les éléments importants qui ont amélioré la corrélation entre les unités sont la géochimie et la géochronologie. Nous passerons donc en revue les éléments marquant l'évolution de la connaissance stratigraphique des roches de l'Abitibi, tels que les compilations géologiques, les datations U-Pb, l'utilisation des éléments immobiles en géochimie et les outils informatiques. L'exemple du Groupe de Blake River, l'unité géologique la plus riche en métaux usuels de l'Archéen, est l'un des plus intéressants. La compréhension de la stratigraphie du Blake River, couplée à des méthodes géophysiques et géochimiques, a permis de trouver les gisements de sulfures massifs volcanogènes (SMV) de plus en plus profonds. Les nouvelles datations U-Pb mettent en évidence la succession des niveaux minéralisés et montrent que les plus gros gisements de SMV se sont formés aussi bien dans la partie basale du Groupe (Horne et Quemont) que dans la partie sommitale (Bousquet et LaRonde), ouvrant ainsi l'exploration à deux niveaux stratigraphiques. À l'échelle de l'Abitibi (Ontario et Québec), les datations U-Pb ont permis des corrélations entre les grandes unités. Elles ont également permis de trouver des séquences comparables à celle de Kidd-Munro contenant le gisement géant Cu-Zn de Kidd Creek en Ontario.

## SÉANCE 3

### Synthèse des connaissances acquises dans la Sous-province de l'Abitibi ontarienne : une revue de 1993-2013

SONIA PRÉFONTAINE (CGO), JOHN AYER (CREM), ANDY F. BAJC ET STEW M. HAMILTON (CGO)

Durant les 20 dernières années, la Commission géologique de l'Ontario a contribué à de multiples travaux dans la ceinture de roches vertes de la Sous-province de l'Abitibi. De nombreuses cartes géologiques ont été réalisées : des cartes, à diverses échelles, du socle rocheux et des levés géophysiques aériens. En parallèle, des études systématiques géochronologiques (datation U-Pb) et géochimiques ont également été conduites. Différents programmes concernant des projets plus thématiques ont aussi été menés, dont : 1) des études structurales de dépôts et de failles majeures associées à l'or filonien; 2) des travaux liés à la minéralisation de l'or, de sulfure massif volcanogène ainsi que de nickel et d'éléments du groupe du platine associés aux komatiites; 3) des études métamorphiques; et 4) des études sur les intrusions dans la ceinture de roches vertes. Cette banque de données a nettement amélioré notre compréhension de la Sous-province de l'Abitibi et a ainsi permis des révisions majeures au niveau de la stratigraphie, de l'architecture et du potentiel économique.

Également, la Commission géologique de l'Ontario a effectué de nombreuses études glaciocédimentaires et des travaux d'échantillonnage couvrant à la fois des régions peu connues et des régions historiques d'exploration et d'exploitation minière. Ces travaux ont concerné : 1) l'humus, le sol et le till; 2) les sédiments lacustres et les eaux de surface; et 3) les sédiments fluviaux et les alluvions modernes. Des travaux de traçage des minéraux indicateurs de kimberlite, des minéraux indicateurs de sulfure massif métamorphique ou magmatique en plus de l'or ont été réalisés dans les échantillons de till et de sédiments alluviaux. Collectivement, ces études ont eu comme conséquence de révéler de nouvelles cibles d'exploration. De plus, plusieurs études de cas d'exploration minière ont été entreprises pour comparer les signatures géochimiques des dépôts dans : 1) divers matériaux de surface, par exemple le till *versus* les sédiments lacustres *versus* l'eau; 2) divers environnements, par exemple la vérification de l'empreinte des cibles minéralisées situées sous une couche épaisse ou mince de sédiment quaternaire; et 3) différents types de minéralisation, par exemple la signature associée à un petit dépôt d'or filonien *versus* un gros dépôt associé aux syénites et aux métasédiments. D'autres études de cas ont analysé différentes techniques d'extraction des sols par lixiviation ainsi que les processus physiques, chimiques et microbiologiques associés aux dépôts enfouis profondément. Ces études de cas ont visé à déterminer la meilleure méthode pour détecter la minéralisation utilisant des dépôts superficiels.



## SÉANCE 3

### La géophysique appliquée à l'exploration minérale en Abitibi ou la quête du Graal

MICHEL ALLARD (GLENCORE)

Puisque des sédiments glaciaires recouvrent en grande partie les roches de la Sous-province de l'Abitibi, la géophysique est indispensable pour soutenir le travail des géologues d'exploration. On estime, en effet, que la géophysique a contribué à la découverte d'environ 75 % des gîtes de sulfures volcanogènes cachés, particulièrement dans les années 1950 après que les compagnies d'exploration eurent mis au point les levés électromagnétiques (EM) aériens.

Au cours des 30 dernières années, la puissance et la mémoire des ordinateurs, la mise au point de logiciels de traitement et de modélisation spécialisés et efficaces, l'utilisation de systèmes de positionnement par satellite et le développement de nouveaux capteurs ultra sensibles ont révolutionné les techniques géophysiques. Le travail sans relâche des chercheurs, des entrepreneurs et des compagnies d'exploration visait secrètement à inventer l'outil géophysique ultime qui discriminerait la bonne de la mauvaise anomalie. Ainsi, plusieurs systèmes EM aériens, au sol ou en forage, se sont perfectionnés et plusieurs autres ont été inventés. La gravimétrie aérienne et en forage a finalement vu le jour. Les techniques de la sismique pétrolière furent expérimentées à grands frais dans la plupart des camps miniers.

Cependant, malgré les améliorations des techniques géophysiques et la meilleure compréhension des processus géologiques et géochimiques impliqués dans la mise en place des gîtes minéraux, le taux de découverte de nouveaux dépôts économiques a diminué considérablement en Abitibi durant les 30 dernières années.

Ce ne sont pas les efforts qui ont manqué et certains succès furent obtenus. De grands secteurs de la ceinture de l'Abitibi ont été réexaminés. Les résultats des levés réalisés avec les nouveaux systèmes EM, conjointement avec ceux des levés magnétiques à haute résolution, ont permis de mettre à jour de nouvelles cibles et d'affiner le suivi sur certaines de ces cibles ponctuelles, dans des secteurs identifiés comme favorables.

Divers exemples de campagnes d'exploration, de travaux de recherche universitaire et des programmes de couverture des agences gouvernementales illustreront cette évolution récente des connaissances et des techniques de géophysique. Ces exemples permettront de montrer les atouts et les limites des méthodes géophysiques modernes et serviront à appuyer l'idée bien reconnue que l'exploration bénéficie toujours d'une approche globale, intégrant les modèles et les données de différentes sources et à différentes échelles.

## SÉANCE 3

### Méthodes d'exploration pour les sulfures massifs volcanogènes en Abitibi : apport des traitements de la géochimie

STÉPHANE FAURE (CONSOREM-UQAM),  
SYLVAIN TRÉPANIÉRIER (MINES D'OR VIRGINIA)  
ET RÉAL DAIGNEAULT (UQAC)

L'Abitibi est un laboratoire exceptionnel pour comprendre les systèmes hydrothermaux fossiles suivant les failles synvolcaniques. La reconnaissance de ces failles et des altérations minéralogiques associées a d'abord été établie dans le camp central de Noranda par une approche terrain. Ces études pionnières ont permis d'établir le lien spatial entre certaines failles de la caldera et les amas de sulfures massifs volcanogènes (SMV) à zincargent et à cuivre et de jeter les bases du modèle géologique du type Noranda. Depuis la fin des années 1970, plusieurs approches géochimiques sur les altérations associées aux SMV ont été proposées, notamment des ratios d'éléments, les bilans de masses et le calcul normatif de minéraux d'altération. Chacune de ces trois méthodes a des avantages et des inconvénients, et leur efficacité dépend du nombre de données à traiter, de la complexité géologique (lithologies multiples) et de la disponibilité des éléments analysés. Selon les méthodes, les principales difficultés sont de neutraliser les effets des différentes lithologies ou de déterminer le ou les précurseurs les moins altérés. Le calcul de minéraux normatifs avec les logiciels NORMAT ou LITHOMODELEUR permet de reconstituer la minéralogie finale à partir d'une analyse géochimique indépendamment des lithologies et ainsi de poser un diagnostic sur le processus d'altération. Les méthodes de bilan de masse sur précurseur unique ou multiple, ou sur précurseurs modélisés par réseaux de neurones (LITHOMODELEUR) permettent de caractériser quantitativement l'altération, en termes de gains et pertes en éléments sensibles aux processus métasomatiques.

En Abitibi, la majorité des études sur la caractérisation géochimique des altérations ont porté sur l'environnement immédiat des SMV (cheminées). Au cours des deux dernières décennies, l'accès à d'énormes banques de données de compagnies minières et la capacité de traitements des ordinateurs ont permis de reconstituer le chemin d'emprunt des fluides minéralisateurs à l'échelle des camps miniers. Les principaux résultats du CONSOREM, qui résultent de traitements de la lithogéochimie avec l'une ou l'autre des trois méthodes, seront présentés et comparés pour les camps miniers de Noranda, Val-d'Or, Matagami et Selbaie. La géométrie des systèmes hydrothermaux reconstitués ne diffère pas beaucoup d'une méthode à l'autre, tel que nous le constatons à Val-d'Or. La porosité de la séquence volcanique et l'ampleur du système hydrothermal sont des facteurs qui influencent la distribution de l'altération en carte. Selon l'attitude des couches volcaniques du camp, les altérations concordantes aux couches volcaniques ou discordantes suivant les failles synvolcaniques pourront être distinguées.



## SÉANCE 3

### Évolution de la pensée sur les failles et les zones de déformation dans la Sous-province de l'Abitibi

RÉAL DAIGNEAULT (CONSOREM-UGAC)

« Failles majeures », « zones de failles » ou « couloirs de déformation » sont des expressions couramment utilisées en Abitibi pour décrire des discontinuités régionales comme la Faille de Cadillac. Plusieurs de ces failles majeures ont été repérées très tôt par les premiers relevés géologiques dans la portion sud de l'Abitibi, en raison de leur association avec la minéralisation aurifère. Ce n'est que plus récemment qu'elles ont été intégrées dans différents modèles d'évolution géodynamique verticalistes ou horizontalistes.

Les failles se manifestent sur le terrain par différents jeux de fabriques planaires et linéaires. En particulier, une intense schistosité communément de pendage abrupt est développée sur des zones d'épaisseur variant de plusieurs décimètres à plusieurs centaines de mètres et dont la continuité latérale peut atteindre la centaine de kilomètres. Elles peuvent être concordantes ou sécantes par rapport aux couches et la nature des protolithes affectées devient difficile à identifier.

Si l'intensité de la foliation principale apparaît comme une indication du degré de déformation, la nature coaxiale ou non coaxiale de celle-ci demeure sujette à débat. De ce fait, ces zones de déformation exhibent de façon dominante une linéation d'étirement abrupte ou en composante pendage, qui est à l'origine de l'interprétation de mouvements dominants inverses ou simplement de raccourcissement.

Des composantes de mouvements coulissants senestres et/ou dextres y ont été proposées communément postérieures au raccourcissement. Dans la portion québécoise, la présence d'indicateurs de cisaillement dextre et de linéations d'étirement et de stries directionnelles développées localement et occultant les linéations pendage est interprétée comme l'expression d'un coulissage tardif. Ces couloirs sont communément ramifiés, pouvant se diviser en branches distinctes, exhibant longitudinalement des styles structuraux différents, ce qui ajoute une difficulté supplémentaire pour les identifier et les nommer.

L'interprétation des couloirs de déformation dans les régions peu affleurantes, comme le nord de l'Abitibi, est largement confirmée par les levés aéromagnétiques où ces structures peuvent être déduites du décollement entre des domaines de grains magnétiques différents. Leur importance relative et leur rôle dans l'évolution géodynamique sont toujours un élément de discussion. Les structures considérées majeures correspondent généralement à des limites entre des terrains de nature et de signature structurale contrastées. La présence d'unités sédimentaires adjacentes de type « Timiskaming », la présence d'unités discontinues de roches ultramafiques et d'une forte altération carbonatée semblent être des caractéristiques significatives.

## SÉANCE 4

### Les défis géomécaniques dans les mines québécoises

VERONIQUE FALMAGNE (MINES AGNICO EAGLE)

La transformation d'une anomalie géologique en exploitation minière réussie nécessite des efforts soutenus de la part de plusieurs groupes d'intervenants et de spécialistes œuvrant sur une période pouvant s'étendre sur plusieurs années. Afin de passer de la catégorie de ressource minérale à réserve minière, un plan minier doit être développé en démontrant la faisabilité technique et économique de l'exploitation de la ressource. Le plan minier comprend, entre autres, l'élaboration d'une ou de plusieurs méthodes de minage adaptées au gisement et aux conditions économiques et une séquence d'exploitation des zones identifiées comme économiques. La variation des cours des métaux affecte la définition des zones économiques et nécessite des ajustements au plan minier. La sélection de la méthode de minage et de la séquence d'extraction appropriées constitue l'une des premières étapes du développement d'un projet minier, alors que la quantité d'informations disponible est, le plus souvent, limitée, étant souvent restreinte à des forages diamantés.

Au Québec, on trouve, entre autres, des mines d'or et de métaux de base dans les camps miniers d'Abitibi et de Chibougamau, des mines de fer sur la Côte-Nord, de niobium au Saguenay et de nickel au Nunavik. Le développement de la méthode et de la séquence d'exploitation est étroitement lié aux caractéristiques intrinsèques du gisement, soit sa dimension, sa forme, sa localisation et sa profondeur ainsi que le type et la qualité du roc, auxquels sont imposées des contraintes physiques, telles que les conditions hydrogéologiques et les pressions des terres et des contraintes matérielles, techniques et économiques. D'un point de vue géomécanique, les exploitations à ciel ouvert font typiquement face à des défis liés à la qualité et au niveau de fracturation du massif rocheux et aux conditions hydrogéologiques locales. Dans le cas de camp minier historique, la présence d'anciennes excavations souterraines représente un défi supplémentaire, qui nécessite une vigilance et des techniques d'investigation, d'instrumentation et de suivi accrues. Les pressions de terrain augmentent avec la profondeur. Les mines, se développant en profondeur, font face à un environnement particulier et doivent gérer la déformation du massif rocheux et les coups de terrain. Au nord du Québec on trouve des mines exploitant dans le permafrost où les techniques de soutènement doivent être adaptées pour faire face aux conditions de température du roc. Enfin, l'exploitation souterraine de masse est de plus en plus employée dans le monde. La première mine de ce type au Canada a été inaugurée en Colombie-Britannique et une exploitation québécoise planifiée de l'utiliser dans l'avenir. Ces méthodes de minage amèneront de nouveaux défis aux entreprises minières opérant au Québec.



## SÉANCE 4

### Le contrôle de terrain dans les conditions de pergélisol

PAUL GERMAIN (GLENCORE)

Les opérations de Mine Raglan se déroulent à l'extrémité nord de la péninsule d'Ungava, au Nunavik. La propriété s'étend sur près de 70 kilomètres, d'est en ouest, et est située à 1 800 kilomètres au nord de Montréal et à 500 kilomètres au nord-ouest de Kuujuaq, qui est la capitale du Nunavik.

Les installations de Mine Raglan comprennent trois mines souterraines en activité, une mine en préparation de fermeture et deux mines en construction. Le site minier contient également un concentrateur, une centrale électrique, de même que des immeubles administratifs et résidentiels. Depuis sa mise en production en décembre 2013, la production de Mine Raglan a graduellement augmenté pour atteindre 1,3 million de tonnes de minerai par année.

L'isolement et la fragilité du site, combinés à l'hostilité de l'environnement arctique, présentent des défis particuliers. Le site est situé dans une région subarctique caractérisée par son sous-sol qui est gelé en permanence (pergélisol). Le climat est sévère de par la température et la persistance des vents occasionnant de nombreux épisodes de poudrerie.

Bien que le contrôle de terrain dans les conditions de pergélisol puisse sembler plus aisé étant donné que le sol profite de la consolidation due à la glace, il faut savoir que d'autres défis font surface lorsqu'on travaille dans un tel environnement. Les mesures actuelles indiquent que le pergélisol se situe à environ 600 mètres de profondeur au site de Mine Raglan. Cela dit, la transition des conditions de gel permanent vers un réchauffement de la roche amène Mine Raglan à s'interroger sur le comportement général du massif rocheux, en fonction des méthodes de minage envisagées à son site minier. Plusieurs aspects doivent être abordés afin de répondre à ce questionnement, notamment, la mesure de température du massif rocheux et le coefficient d'échange thermique, la performance du support de terrain sous le point de congélation et la durée de vie utile des monteries à minerai. Ces aspects seront présentés, appuyés par quelques exemples de chutes de terrain en fonction des méthodes de minage utilisées, ainsi que par la démonstration des résultats des premières mesures de contraintes naturelles, au-delà du 60° parallèle, avec la technique de mesure la plus avancée au monde et entièrement développée au Québec.

## SÉANCE 4

### Développement d'un simulateur de dommages permettant d'étudier la vulnérabilité d'un territoire soumis aux aléas des mouvements de terrain

ALI SAEIDI (UQAC), OLIVIER DECK ET THIERRY VERDEL (UNIVERSITÉ DE LORRAINE, FRANCE)

L'extraction de minerais et matériaux par exploitations souterraines peut être à l'origine de phénomènes de type « affaissement de terrain ». En site urbanisé, ces phénomènes peuvent provoquer d'importants dommages dans les bâtiments. En conséquence, l'objectif de cette étude est de concevoir un simulateur de dommages permettant d'étudier la vulnérabilité d'un territoire soumis aux aléas mouvements de terrains associés à la présence d'exploitations souterraines. La conception de ce simulateur est basée sur la combinaison d'une méthode de prévision des affaissements miniers, de fonctions de vulnérabilité pour l'évaluation des dommages et d'une base de données des bâtiments. L'enjeu scientifique de cette étude était le développement de fonctions de vulnérabilité pour les bâtiments en zone d'affaissement minier. Ces fonctions sont comparables à celles utilisées dans le cas d'autres aléas, comme les séismes et les tsunamis. Pour cela, on a créé et appliqué une méthodologie basée sur des simulations de type Monte Carlo. Cette méthodologie utilise les méthodes existantes d'évaluation des dommages dans les zones d'affaissement minier (méthodes empiriques ou analytiques). Elle permet de prendre en compte à la fois l'incertitude sur les paramètres géométriques et mécaniques du bâti et celle relative aux phénomènes d'interaction solstructure pour les méthodes analytiques. Avec cette méthodologie, des fonctions de vulnérabilité sont développées pour des bâtiments en maçonnerie non renforcée et renforcée, caractéristique des bâtiments dans le bassin ferrifère lorrain. Afin d'être validées, ces fonctions sont comparées aux dommages observés, consécutifs aux affaissements de 1996 à 1999 en Lorraine.

Dans l'étape suivante, la méthode des fonctions d'influence a été implémentée dans le simulateur avec certains développements, afin de tenir compte de la variabilité des angles d'influences et permettre le calcul des déformations horizontales du terrain. Les résultats de cette méthode sont validés sur un cas d'affaissement observé dans le bassin ferrifère lorrain.

Enfin, une approche probabiliste d'évaluation des dommages est implémentée dans le simulateur, afin de tenir compte des différents scénarios d'affaissement possibles. L'application du simulateur aux bâtiments de la ville de Joëuf, permet d'illustrer les résultats suivants : évaluation de l'aléa minier dans la ville, cartographie des dommages, moyenne et écart type des dommages dans les bâtiments, probabilité d'atteindre chaque niveau de dommage.



## SÉANCE 4

### Mise en production d'Éléonore avec ses différents défis géomécaniques

PIERRE-LUC LAJOIE, DENIS FLEURY ET LUC JONCAS (GOLDCORP)

La mine Éléonore est située sur les rives du réservoir Opinica sur le territoire de la Baie James. Le gisement s'étend de la surface jusqu'à une profondeur de 1400 m. Il est composé de plusieurs lentilles subparallèles qui s'étendent sur une distance d'environ 800 m. L'excavation des infrastructures souterraines a débuté en juin 2010 avec le puits d'exploration, et par la suite, l'excavation de la rampe en avril 2011. La mise en production est prévue pour le début de 2015 avec une productivité de 3500 tonnes par jour. Une augmentation de production à 7000 tonnes par jour est prévue en 2017 suite à la mise en marche du puits de production. La technique de minage sera un mélange de chantiers transverses primaire/secondaire et de longitudinaux retraits selon l'épaisseur des lentilles. Les connaissances hydrogéologiques sont primordiales compte tenu de la localisation du gisement. La caractérisation structurale ainsi que la cimentation sont donc importantes non seulement pour la stabilité des ouvertures, mais aussi pour assurer le développement sécuritaire des infrastructures. Enfin, comme le gisement se poursuit sous une profondeur de 1000 m et considérant le rythme de production, les contraintes élevées seront aussi des points à ne pas négliger. Donc, l'ajustement du support de terrain, l'acquisition d'un système sismique et le redimensionnement des excavations sont et seront des points à étudier.

## SÉANCE 4

### Méthodologies pour les défis de contrôle de terrain dans les mines souterraines

HANI MITRI (UNIVERSITÉ MCGILL)

Cette présentation décrit les résultats des récents projets de recherche du *Mine Design Laboratory* à l'Université McGill. Les projets comprennent : 1) la dilution de minerai à la mine de Lapa; 2) l'évaluation des risques géotechniques dans les galeries profondes à la mine Garson à Sudbury; et 3) la performance mécanique du remblai rocheux cimenté sous les vibrations induites par sautage dans la mine Birchtree à Thompson. Tous les projets en cause utilisent une panoplie d'outils de modélisation numérique, qui varient de modèles bidimensionnels statiques aux modèles tridimensionnels dynamiques. Les facteurs qui influencent la dilution de minerai ont été étudiés à la mine de Lapa, dont l'effet des dimensions du chantier d'abatage et des propriétés des massifs rocheux. Une analyse détaillée de la base de données CMS a été effectuée, afin d'élaborer des modèles empiriques pour aider le planificateur minier à estimer la dilution du minerai dans les chantiers à venir. À la mine Garson, la stabilité des intersections des galeries du développement en profondeur a été faite avec FLAC3D. Le modèle numérique a été étalonné avec les mesures d'extensomètre MPBX et des cellules de charge installées sur les boulons d'ancrage. Une analyse stochastique a été réalisée à chaque intersection pour estimer la probabilité d'instabilité de l'intersection et le risque géotechnique associé. Une rétroanalyse des données microsismiques a été réalisée, afin d'identifier la source et l'amplitude des événements sismiques majeurs. Un modèle de FLAC3D à l'échelle de la mine a été mis en place et calibré avec des mesures de contrainte *in situ* et de données microsismiques, avant qu'il ne soit utilisé pour estimer la stabilité des piliers de minerai à la fin d'un plan de mine. De nouvelles techniques de modélisation dynamique 3D ont été développées pour reproduire le phénomène dynamique du glissement de la faille et pour déterminer les propriétés mécaniques de faille par rétroanalyses pour mieux comprendre la relation entre la présence d'événements sismiques et les taux d'exploitation minière. À la mine Birchtree, la performance mécanique du remblai rocheux cimenté est étudiée à l'aide d'une installation d'essai de compression uniaxiale à grande échelle qui a été spécialement conçue pour ce test et construite sous terre. Des essais de mesure de vibrations de tirs *in situ* ont été conçus et mis en place pour aider à mieux comprendre l'influence des vibrations de tirs sur la stabilité du bloc de remblai exposé. Des modèles FLAC3D dynamiques de chantiers remblayés sont étalonnés avec les mesures de vibration *in situ* et utilisés pour prévoir la stabilité des blocs de remblai.



## SÉANCE 4

### Géomécanique et contrôle de terrain à la mine Niobec

JEAN-FRANÇOIS DORION (IAMGOLD)

La mine souterraine Niobec est située à 25 km au nordouest de la ville de Saguenay (Chicoutimi), dans la municipalité de Saint-Honoré. En Amérique du Nord, la mine est la seule source d'approvisionnement en pyrochlore, le minerai principal de niobium.

La production commerciale a débuté en 1976. Tout le minerai est extrait par chambres ouvertes ayant des dimensions moyennes de 60 m de long, 24 m de large et 90 m de hauteur. Des piliers horizontaux sont laissés entre les chantiers, ce qui divise la mine en blocs miniers. Actuellement, la production est de 6500 tonnes de minerai par jour. Compte tenu des réserves et des ressources connues, la durée de la vie de la mine est estimée à plus de 40 ans, et ce, si l'on utilise une méthode de minage par bloc foudroyé. Le gisement est continu en profondeur.

Des événements sismiques se sont produits au cours des dernières années. La majorité de ces événements se produisent dans les piliers ou directement dans les chantiers. Les dommages observés suite aux coups de terrain sont des projections mineures de roches, des surbris et des fissures. La présence de zones de syénite et les fractures majeures ont un rôle significatif associé aux dommages des coups de terrain. Aucun dommage significatif n'a été observé sur le soutènement minier. Puisqu'il n'y a pas de système sismique en place, l'épicentre des événements sismiques est souvent difficile à déterminer.

Le *design* d'un système sismique a été entrepris durant l'été 2012. Le plan final est un système à 48 canaux incluant 6 géophones triaxiaux et 30 accéléromètres uniaxiaux installés sur 8 niveaux miniers. Ce système permettra de suivre les activités minières actuelles ainsi que l'évolution du futur bloc foudroyé. La mise en service du système sismique est prévue pour la mi-novembre 2013.

## SÉANCE 4

### Les défis liés à la conception adéquate des remblais miniers en pâte souterrains

TIKOU BELEM ET MOSTAFA BENZAAZOUA (IRME-UQAT)

Suite à la forte demande en métaux dans les pays émergents à travers le monde, la production minière a atteint un régime soutenu. Dans la même foulée, l'industrie minière génère d'importants tonnages de rejets solides (roches stériles et résidus fins) qui doivent être bien entreposés. Alors qu'elle se soucie du développement durable et de la préservation de l'environnement, l'industrie minière endosse sa responsabilité morale de réduire l'empreinte environnementale. La voie qui est empruntée au cours des dernières décennies est la « production minière intégrée ou verte », ou encore l'exploitation minière écologique. Cette voie implique, entre autres, l'utilisation de plus de 50 % des résidus fins, généralement plus problématiques en termes de génération d'acidité, comme remblai cimenté en pâte. Ce remblai en pâte devra jouer le rôle de support secondaire de terrain dans les excavations souterraines et favoriser une meilleure extraction des chantiers secondaires. Mais, pour que la technologie du remblayage avec du remblai en pâte soit viable, le remblai minier devra permettre une bonne rentabilité de la production minière, tout en garantissant la sécurité maximale des travailleurs miniers. Le défi principal à relever est de concevoir un remblai capable d'assurer une bonne stabilité du chantier remblayé. À ce principal défi se greffent d'autres défis liés à une conception adéquate des remblais en pâte cimentés destinés au remplissage des excavations souterraines. Entre autres, on peut mentionner la bonne définition de la résistance requise (basée sur le calcul de facteur de sécurité), la bonne compréhension de la physique (courbe de distribution granulométrique) et la minéralogie (présence de sulfures et/ou de minéraux argileux) des résidus, la bonne définition des paramètres rhéologiques (*slump*, % solides, seuil de cisaillement et viscosité adéquats), le bon choix de la recette de mélange de remblai (formulation prenant en compte les propriétés physicochimiques du mélange), la réduction des coûts d'opérations de remblayage (possibilité de réduction de la quantité de liant), la bonne compréhension des propriétés hydromécaniques (phénomène de consolidation gravitaire), la maîtrise du séquençage de remblayage (dissipation de la pression interstitielle et pression sur les barricades). La présentation passera en revue tous les défis énumérés en donnant l'état des connaissances, les défis qui ont été relevés et ceux relevables et les nouvelles voies à explorer.



## SÉANCE 4

### Les défis géomécaniques liés à la conception minière du projet diamantifère Renard

PATRICK MERCIER ET GUY BOURQUE  
(STORNOWAY DIAMONDS)

Situé près des monts Otish dans le centrenord du Québec, le projet diamantifère Renard, projet phare de Stornoway (TSX- SWY) et sa propriété exclusive, est en voie de devenir la première mine diamantifère du Québec. En novembre 2011, Stornoway a publié les résultats d'une étude de faisabilité du projet Renard, suivie d'une étude d'optimisation en janvier 2013, lesquels soulignaient que le projet avait le potentiel de devenir un producteur important de diamants bruts de grande valeur sur une longue durée de vie de la mine. Le projet peut compter sur de vastes ressources en constante progression, d'excellentes conditions d'exploitation minière, une franche acceptation des communautés, une faible empreinte environnementale et sous les auspices du Plan Nord québécois, sur la mise en place d'une infrastructure routière menant directement à la mine.

À ce jour, neuf cheminées kimberlitiques ont été identifiées à l'intérieur d'une superficie de 2 km<sup>2</sup> sur la propriété Renard et délimitées à différents degrés. De ces neuf cheminées, seulement trois ont été sujettes aux études de faisabilité, soit Renard 2, Renard 3 et Renard 4, totalisant plus de 21,7 millions de tonnes de réserves à une teneur moyenne de 75,8 carats par cent tonnes. La stratégie d'exploitation minière de ces réserves implique une combinaison de deux fosses à ciel ouvert de petites dimensions suivies d'une mine souterraine, d'où le matériel sera soutiré à partir d'une rampe principale à l'aide d'une flotte de camions 60 tonnes.

Plusieurs études géomécaniques approfondies ont été effectuées à ce jour, afin de valider la sélection de la méthode d'exploitation, soit « longs trous chambre magasin ». En effet, ces études ont permis de s'assurer de la stabilité à long terme des infrastructures minières souterraines et de surface ainsi que de la viabilité économique et opérationnelle de l'exploitation. Des analyses géostructurales et de la modélisation à l'aide du logiciel FLAC3D™ ont été effectuées, afin de déterminer la localisation des infrastructures par rapport aux limites d'influence des failles et de l'affaissement local du roc au pourtour de l'excavation souterraine, tout en considérant l'apport du remblai stérile. Étant donné que la fragmentation est un facteur clé du succès opérationnel du projet Renard, une étude empirique a été menée, afin de déterminer des dimensions stables de chantier, ceci dans le but de contrôler la fragmentation du minerai par forage et dynamitage. La planification du soutirage est également un facteur clé du succès du projet, c'est pourquoi le logiciel de modélisation de l'écoulement du matériel foudroyé REBOP™ a été un outil essentiel lors du calcul des réserves et le sera davantage lors de la planification de l'extraction du minerai dans les différents points de soutirage en phase opérationnelle.

## SÉANCE 5

### Défis et opportunités dans le développement de mégagisements à faible teneur aurifère

JACQUES McMULLEN (BBA)

#### Contexte

De plus en plus de projets miniers aurifères se caractérisent par une faible teneur aurifère couplée à de très larges volumes de minerai qui doit être extrait et usiné. Ces gisements sont précisément minés par l'approche de minage à ciel ouvert. L'usinage, pour sa part, est généralement de type conventionnel. Toutefois, divers types de déportement minéralogique aurifère peuvent être présents et doivent être bien identifiés. Dans bien des cas, ce type de gisement est dans une roche encaissante d'une dureté importante, un autre facteur non négligeable.

#### Seuil de rentabilité : variables néfastes et perceptions

Compte tenu des basses teneurs aurifères associées à ces gisements, et ce, afin d'atteindre le seuil de rentabilité, des taux d'exploitation journaliers élevés deviennent indispensables pour compenser la basse teneur du minerai par l'effet « volume de production ». En conséquence, les coûts initiaux de capitaux exigés pour la mise en production croissent rapidement et peuvent devenir une contrainte pour l'atteinte du seuil minimal de retour sur l'investissement et limiter également les possibilités de financement. De plus, les marchés financiers sont maintenant plus restrictifs quant à l'accessibilité des capitaux, et ce, pour une multitude de raisons, outre le retour estimé sur l'investissement. En règle générale, et pour ne citer que quelquesuns de ces facteurs, les défis associés à la mise en production des projets selon les échéanciers et coûts de capitaux initiaux estimés, les déviations de performance opérationnelles postdémarrage, des radiations de valeur au livre, l'accroissement des redevances et autres formes de rétributions aux tiers, sont tous des éléments qui affectent le rendement net livré menant à une perception de risques élevés pour ces projets.

#### Tirer profit de la situation

Il est donc de mise de terminer un bilan en s'intéressant aux causes à l'origine de ces déviations rencontrées et qui, lorsqu'elles sont bien évaluées, peuvent être éliminées et générer des projets plus robustes. De plus, il est également possible de tirer profit de certaines de ces variables, afin de générer un positionnement plus économique du projet lors de sa conception. Les aléas de la volatilité du prix des métaux demeureront toutefois dans un environnement où la marge économique des projets est de plus en plus faible; il est donc nécessaire de profiter au maximum de ces opportunités.

#### Pistes de solutions

Il convient, d'abord, d'effectuer une caractérisation détaillée initiale du gisement. Cette approche, également perçue comme l'étape de modélisation géomécanique du bloc modèle est cruciale. Lorsqu'elle est convenablement achevée, cette étape permet de minimiser l'effet négatif de plusieurs impondérables qui, autrement, surviendront. Cette modélisation doit couvrir bien davantage que l'aspect quantitatif du contenu aurifère de la ressource aurifère. Il convient ensuite, ceci est directement lié à la caractérisation du gisement, de promouvoir davantage d'intégration multidisciplinaire des concepts d'opération; cet aspect permettra d'élaborer des synergies importantes lors des étapes initiales de mise en valeur du projet. L'équipe d'opérations devra également démontrer une adaptabilité à remettre en question certaines des procédures d'opérations et, dans certains cas, considérer des amendements à la façon de faire.

## SÉANCE 5

### Défis et contraintes de la mesure de la distribution de l'or dans les nouveaux minerais aurifères

JEAN-FRANÇOIS WILHELMY (COREM)

Un contraste important existe entre les minerais aurifères traités il y a dix ans et ceux qui sont maintenant extraits. Les minéraux d'or qui les composent sont maintenant plus dilués, plus fins et plus difficiles à cyanurer.

La minéralogie quantitative, basée sur l'usage de microscopes automatisés de nouvelle génération (Qemscan et MLA), qui a fait ses preuves en parallèle au traitement minéralurgique des minerais de métaux de base, des minerais de terres rares et des minerais de fer et de titane, rencontre avec l'or des contraintes spécifiques qui restreignent son efficacité. L'étude minéralogique efficace des nouveaux minerais aurifères doit donc passer par la combinaison des méthodes plus classiques avec ce que la minéralogie quantitative a de mieux à offrir.

Un bilan rapide pourrait montrer que, parmi les minerais modernes, seule une fraction de l'or est difficile à traiter. Il est souvent important financièrement et plus profitable de bien comprendre où et sous quelle forme se trouve l'or qui n'est pas récupéré lors d'un procédé conventionnel que de caractériser la fraction facilement récupérable. Des méthodologies de minéralogie appliquée permettant la mesure de la distribution de l'or résiduel dans des échantillons de procédés (à l'échelle industrielle, semiindustrielle ou de laboratoire) sont donc suggérées.

## SÉANCE 5

### Traitement du minerai d'or du projet Éléonore

JEAN-FÉLIX LEPAGE (GOLDCORP)

Pendant les différentes phases de développement, plusieurs séries d'essais métallurgiques ont été effectuées sur le minerai du projet Éléonore. Les contraintes métallurgiques, opérationnelles, environnementales et minières ont ensuite été prises en considération lors de la sélection des stratégies de comminution, de récupération de l'or et de gestion des rejets. L'usine en construction, d'une capacité de 7 000 tonnes par jour, est constituée d'étapes de concassage primaire, secondaire et tertiaire. Le broyage en une étape est suivi de la flottation des sulfures. Deux circuits de cyanuration et de charbon en pulpe sont installés pour récupérer l'or du concentré et des rejets. De plus, des concentrateurs gravimétriques, une étape de broyage ultra fin, un procédé de destruction des cyanures et une usine de filtration des rejets et de remblai en pâtes seront utilisés.



## SÉANCE 5

### Les enjeux opérationnels liés au démarrage d'un concentrateur

STEVE BELLEC, DANIELLE BOUFFARD  
ET MATHIEU BÉLISLE (SOUTEX)

Durant la dernière décennie, la hausse importante du prix de l'or a grandement contribué à modifier le visage des nouveaux projets aurifères, en permettant l'exploitation de gisements à faibles teneurs. La période de démarrage des nouveaux concentrateurs, qui s'étend de la mise en service des équipements unitaires jusqu'à la montée en régime de la production, est une période critique pendant laquelle l'opération des circuits de traitement doit s'effectuer de manière structurée et contrôlée pour permettre l'atteinte progressive des cibles de production préétablies par les critères de conception. L'ampleur des nombreux risques associés à cette période charnière est souvent accentuée dans le cas de projets à faibles teneurs. Or, la mise en application d'une analyse systématique de ces risques, de leur probabilité d'occurrence et de leurs impacts permet de mener une série d'actions préventives et correctives qui réduisent les impacts potentiels sur l'atteinte des cibles de production. Cette présentation propose d'identifier les risques majeurs associés à l'opération de nouveaux concentrateurs en période de démarrage et présente une série d'actions pouvant minimiser ces risques.

### L'apport de l'industrie minière à la société québécoise : d'hier à demain

PIERRE LORTIE (DENTONS CANADA S.E.N.C.R.L)

Le rapport du Club de Rome, *The Limits to Growth*, publié en 1972, prédisait une pénurie des principaux métaux et minéraux au cours de la présente décennie avec une augmentation continue des prix. La réalité est que, malgré un accroissement substantiel de la consommation, les réserves minérales sont beaucoup plus importantes aujourd'hui qu'à l'époque et que les cours mondiaux, en termes réels, poursuivent une trajectoire descendante. Comment a évolué l'industrie minière mondiale durant cette période? Quelles sont les implications pour le Québec? Comment arrimer les politiques publiques aux caractéristiques à long terme d'une industrie ballottée par des fluctuations à court terme pour assurer un apport optimal à la société québécoise? Pourquoi avons-nous si peu de sociétés minières québécoises importantes et comment pourrait-on corriger cette situation?

## SÉANCE 6

### Les principaux constats sur l'expérimentation de l'Approche BNQ 21000 chez les membres de l'Association minière du Québec

FRANCINE CRAIG (COHÉSION-RSO)  
ET NATHALIE TREMBLAY (AMQ)

L'acceptabilité sociale est au cœur même de l'activité minière. Dans ce contexte, il est clair que la prise en compte du développement durable dans les pratiques des entreprises minières au Québec est un enjeu important pour notre industrie. Les projets miniers doivent, plus que jamais, être réalisés dans le cadre d'une collaboration entre l'entreprise minière et ses parties prenantes, et démontrer une réelle contribution au développement socioéconomique des régions et à la protection de l'environnement.

En 2011, l'Association minière du Québec a répondu avec grand enthousiasme à l'invitation du gouvernement du Québec à participer au Projet BNQ 21000. Dix-huit (18) entreprises minières ont accepté d'expérimenter l'Approche BNQ 21000. L'objectif de cette initiative était de bonifier l'Approche BNQ 21000 pour l'adapter le plus possible aux organisations du Québec, afin de favoriser, faciliter et accélérer l'ancrage d'une culture de responsabilité sociétale. Cette approche comporte deux grands volets, soit une nouvelle norme québécoise sur le développement durable, appelée *Développement durable - Guide d'application des principes dans la gestion des entreprises et des organisations* et une méthode d'application.

Deux ans plus tard, le projet est pratiquement arrivé à la fin de son échéancier de réalisation. Dans un premier temps, notre conférence permettra de comprendre l'Approche BNQ 21000, de façon générale. Ensuite, nous aborderons le projet pilote des membres de l'Association minière du Québec, en vous présentant les principaux constats suite à l'expérimentation au sein des organisations minières participantes. Grâce notamment à leur contribution significative au Projet BNQ 21000, toutes les organisations du Québec ont maintenant accès à une approche adaptée à leurs besoins.

L'Approche BNQ 21000 est maintenant disponible en ligne au [www.bnq21000.qc.ca](http://www.bnq21000.qc.ca). Elle propose un accès gratuit à la Norme BNQ 21000 (Guide) ainsi qu'à la Méthode BNQ 21000. Celle-ci propose une démarche, des outils de gestion stratégique, des guides d'utilisation, des documents de référence et un cadre de gouvernance, comprenant des formations à l'intention des employés et des gestionnaires, qui permet à une organisation de favoriser, faciliter et accélérer la mise en œuvre du développement durable au sein de son organisation.

## SÉANCE 6

### Mine Arnaud : application de la grille d'analyse de développement durable de la Chaire en éco-conseil

OLIVIER RIFFON, HÉLÈNE CÔTÉ, DAVID TREMBLAY (UQAC), STÉPHANIE PRÉVOST (CPESI) ET CLAUDE VILLENEUVE (UQAC)

Dans un contexte de hausse de la demande mondiale pour les matières premières, d'importants projets industriels sont planifiés au Québec, notamment dans les régions périphériques. Ces mégaprojets sont potentiellement porteurs de développement économique, mais ils entraînent également des impacts sociaux et environnementaux importants, en plus de soulever des enjeux relatifs à l'aménagement du territoire et à la gouvernance territoriale. La ville de Sept-Îles est confrontée à une telle situation. Un projet d'exploitation d'apatite (phosphate), mené par le groupe Yara International ASA et Investissement Québec, est situé dans les limites de la ville de Sept-Îles. La mine traiterait 30 000 tonnes de minerai par jour destiné à être transporté et transformé en Norvège.

Au Québec, les municipalités disposent de peu d'outils législatifs pour faire face à l'arrivée de tels projets sur leur territoire. Les administrations et les collectivités doivent alors innover et adapter leurs stratégies et leurs actions. Le concept de développement durable ainsi que les outils qui y sont associés, peuvent permettre l'innovation politique et institutionnelle et aider les municipalités à relever les enjeux associés à de tels projets.

Dans le cadre d'une recherche intervention, la Chaire en écoconseil, de concert avec la Corporation de protection de l'environnement de Sept-Îles (CPESI), a pu évaluer l'étude d'impact environnemental de ce projet minier, en utilisant une grille d'analyse de développement durable élaborée par la Chaire. Le mandat de recherche comprenait, entre autres, une formation sur la grille du groupe d'analystes, l'accompagnement dans l'analyse du projet grâce à la grille, la préparation d'un outil de formation pour le public et l'aménagement d'un espace Web sur un site consacré au développement durable, l'animation de la plateforme Web, la réponse aux questions du public et la rédaction d'un rapport.

Cette démarche d'analyse a eu des effets à trois niveaux. Dans un premier temps, l'analyse a mené à des propositions de bonification prioritaires sur le projet, comprenant des considérations environnementales et sociales soulevées par les analystes et par la collectivité. Dans un second temps, la recherche a fait évoluer les processus décisionnels dans la municipalité, l'analyse de développement étant perçue comme un outil pertinent d'aide à la décision pour les projets dans la municipalité. Enfin, la participation de la collectivité à l'analyse du projet a permis l'implication d'acteurs territoriaux, l'appropriation de l'outil par les citoyens et des changements aux dynamiques d'acteurs.

Une telle démarche d'analyse n'a pas nécessairement favorisé l'acceptabilité sociale de ce mégaprojet. La démarche a néanmoins permis aux décideurs de développer une expertise accrue dans la gestion de controverses socioenvironnementales. Plus globalement, l'appropriation de cet outil d'analyse de développement durable a permis au comité d'analyse, au conseil de ville, aux acteurs territoriaux et à la collectivité d'être mieux outillés lorsqu'il s'agissait de prendre des décisions en termes de développement durable. Cette expertise pourra être utile dans le cadre de projets futurs, afin d'assurer une intégration accrue des principes du développement durable à ce qui représente éventuellement une meilleure alternative de développement que celle qui a prévalu lors des derniers « boums » de développement économique à Sept-Îles.



## SÉANCE 6

### Industrie minière et équité des sexes : les démarches initiales de New Millennium Iron Corporation

ÉLISABETH BENOÎT (NEW MILLENNIUM IRON CORPORATION)

Les femmes continuent d'être sous-représentées dans les métiers non traditionnels, les professions techniques et scientifiques et les professions liées à l'ingénierie. NML croit que la mise en œuvre de mesures efficaces relatives à l'équité en ce qui concerne les sexes est essentielle, afin d'assurer que les avantages et les opportunités générées par ses projets soient également accessibles à tous les résidents et résidentes du Québec et de Terre-Neuve-et-Labrador. Sa démarche initiale a pour objectif le développement d'une politique intégrée en matière d'équité en ce qui concerne les sexes et le développement d'initiatives à long terme, afin d'accroître le bien-être, le nombre de ses employées dans les métiers non traditionnels et le taux de rétention de ces employées. NML a l'avantage de disposer de temps, puisqu'elle en est au stade de l'étude de faisabilité dans le cadre de son Projet Taconite.

## SÉANCE 6

### L'exploitation minière, l'agriculture et l'eau : le cas d'Eldorado Gold en Turquie

ADAM McENIRY (WAYNE DUNN & ASSOCIATES)

Cette présentation décrit comment une approche et une stratégie basées sur les valeurs communes ont assuré une acceptabilité sociale à Eldorado Gold pour développer deux mines à proximité de communautés agricoles en Turquie.

À la fin des années 1990, Eldorado Gold avait des plans ambitieux de développement de deux propriétés intéressantes en Turquie, soit Kislidağ et Efemçukuru, et projetait ainsi de passer de société minière junior à intermédiaire. Cependant, des défis en acceptabilité sociale énormes devaient d'abord être surmontés, car personne n'avait encore été en mesure de développer et d'exploiter une mine d'or dans la Turquie moderne avec succès. La seule mine récemment construite, soit Ovacik appartenant à Eurogold, avait vu son permis d'exploitation annulé peu après, en raison de l'opposition de la communauté suite à des préoccupations environnementales, les deux propriétés d'Eldorado étaient situées près de la mine Ovacik.

Eldorado a reconnu que, pour développer le projet minier et créer de la valeur pour ses actionnaires, elle devait trouver un moyen de développer son acceptabilité sociale. Dans ces circonstances difficiles, Wayne Dunn & Associates (WDA) a été engagé pour aider l'entreprise à créer les conditions qui allaient permettre de développer et exploiter Kislidağ et Efemçukuru avec succès.

Un certain nombre de facteurs ont permis à l'entreprise de réussir grâce à sa stratégie :

- ▶ une équipe locale forte qui connaissait l'importance des relations avec les communautés et reconnaissait la nécessité de créer de la valeur pour les parties prenantes locales;
- ▶ la reconnaissance que l'agriculture était à la fois un pilier économique et culturel pour de nombreux acteurs locaux dans la région;
- ▶ la création de l'espace nécessaire au dialogue et à l'appui du projet;
- ▶ le travail avec les partenaires de développement à différents niveaux de gouvernement, les organisations internationales, les milieux universitaires et autres, pour apporter leur expertise et partager le crédit avec eux;
- ▶ des investissements sociaux stratégiques à l'appui du secteur agricole traditionnel et les besoins des communautés, tels que l'eau.

La preuve est établie, 15 ans plus tard, que, plutôt que de détruire la pierre angulaire agricole de la région, les pratiques minières responsables et les investissements stratégiques dans les communautés peuvent créer des conditions pour aider l'agriculture à se développer. La mise en œuvre réussie de cette stratégie a aidé Eldorado à être socialement acceptée et à développer et exploiter avec succès ses projets miniers de Kislidağ et Efemçukuru.

## SÉANCE 7

### L'évolution de l'IsaMill dans le traitement de la magnétite

GREG RASMUSSEN (XSTRATA TECHNOLOGY)

La technologie IsaMill a été élaborée à partir de la technologie de broyage agitation de Netzsch Feinmahltechnik GmbH dans les années 1990, pour utilisation dans le traitement du minerai à grain fin des gisements de plomb-zinc dans le nord de l'Australie, le but ultime étant d'améliorer sensiblement l'efficacité de broyage, une nécessité pour que ces gisements deviennent économiques au traitement. Les deux décennies qui ont suivi ont vu la technologie évoluer depuis son développement affecté à des tâches de broyage ultrafin sur des tonnages relativement faibles, à une technologie qui est autant appropriée pour des tâches de rebroyage grossier standard à haut débit que pour des tâches de broyage plus courantes. Avec cette évolution est venue la réalisation qu'il était possible de concevoir des circuits moins énergivores en utilisant une technologie adaptée sur mesure aux tâches de broyage à accomplir.

L'expansion des projets de magnétite en Australie a su profiter de l'occasion de bénéficier de technologies plus récentes qui n'étaient pas nécessairement disponibles lorsque les industries nord-américaines et européennes de la magnétite sont arrivées à maturité. Parmi celles-ci figure la technologie IsaMill, qui a permis au secteur australien de la magnétite de tirer profit d'une meilleure efficacité énergétique combinée à une distribution granulométrique plus restreinte des produits, deux avantages de l'IsaMill qui avaient à l'origine séduit le secteur du traitement des métaux usuels. Cette présentation aborde les effets de la technologie de broyage IsaMill sur l'ensemble des opérations de magnétite australiennes de Ernest Henry Mining, et présentera aussi des démonstrations d'optimisation en laboratoire et en usine pilote.

## SÉANCE 7

### Séance de familiarisation avec les rouleaux broyeurs à haute pression (HPGR)

BRUCE CHRISTENSEN (WEIR MINERALS)

La technologie des rouleaux broyeurs à haute pression (HPGR; *High Pressure Grinding Rolls*) a fait son entrée dans l'industrie minière il y a déjà 16 ans, mais est encore considérée comme une méthode de comminution relativement nouvelle. Plusieurs personnes dans l'industrie minière ne comprennent pas comment cette pièce d'équipement est appliquée dans un circuit de comminution, de telle sorte qu'il y a confusion quant aux capacités de la technologie HPGR. Cette présentation a pour but de permettre à l'auditoire de se familiariser avec la technologie de broyage à haute pression et d'offrir des renseignements sur les différents types d'appareils qui existent sur le marché. Quelques applications seront brièvement décrites, ainsi que la conception des équipements présentement utilisés dans le monde minier. Une discussion ouverte aura lieu à la fin de la présentation pour répondre aux questions.



## SÉANCE 7

### Comparaison de l'efficacité énergétique du broyage fin dans l'industrie minière

MICHEL BRISSETTE ET JOHN STARKEY  
(STARKEY & ASSOCIATES)

Au cours des dernières années, l'industrie minière a dû exploiter des gisements à teneurs de plus en plus faibles en minéraux, ayant une métallurgie de plus en plus complexe, afin de répondre à la demande croissante de certains métaux. L'une de ces complexités est le degré de libération de ces minéraux qui devient inférieur à 45 microns. Les technologies conventionnelles deviennent alors énergivores pour atteindre la finesse désirée. Les projets nécessitent donc des coûts en capitaux plus élevés, à cause du dimensionnement plus grand des équipements, mais surtout de l'accroissement des coûts d'opération par l'augmentation nécessaire de l'énergie et des produits consommables, tels que les corps broyants, affectant ainsi la rentabilité de plusieurs projets. Le broyage de ces minéraux a donc nécessité l'apparition de nouvelles technologies.

À ce jour, il existe cinq technologies disponibles provenant de quatre manufacturiers différents, dont l'une existe depuis... 1956! Ces technologies existent dans l'industrie des minéraux autres que les métaux de base et précieux, les raffineries, l'industrie chimique et l'industrie de l'énergie pour le broyage de la scorie, l'extinction de la chaux et la désulfuration des gaz de combustion. La puissance installée de ces équipements en 2012 a presque décuplé depuis 1998.

L'efficacité d'une technologie conventionnelle, longtemps considérée comme inefficace, peut être réduite d'un peu moins de 40 % avec l'utilisation d'un produit innovant. Étonnamment, cette combinaison peut être aussi efficace énergétiquement qu'une nouvelle technologie! La combinaison de plusieurs technologies peut réduire davantage la consommation énergétique de 60 % avec un potentiel de 75 % par rapport aux technologies conventionnelles, et ce, avec les résultats industriels obtenus en milieu minier.

Le problème est que les résultats obtenus ne peuvent être prédits par les tests métallurgiques conventionnels.

Cette présentation analyse de nouvelles technologies disponibles et des résultats obtenus dans le domaine de l'industrie minière. Il sera, en effet, nécessaire de développer de nouveaux tests qui refléteront les performances industrielles, telles qu'elles sont demandées par l'industrie minière.

## SÉANCE 7

### Un aperçu des technologies HPGR et de broyage fin dans la caractérisation de la broyabilité des minerais

FRANÇOIS-OLIVIER VERRET (SGS)

Plusieurs tests de broyabilité ont été élaborés au fil des ans pour aider à la conception des circuits de broyage et à l'optimisation d'opérations existantes. Chaque test a ses forces et ses faiblesses et vise des objectifs précis. Il est impératif de choisir la ou les bonne (s) procédure (s) de test pour répondre aux besoins du projet et pour minimiser le risque associé.

Lors de cette présentation, nous résumerons les exigences et les résultats escomptés pour quelques procédures à l'échelle du banc d'essai, notamment pour les applications HPGR et de broyage fin, et nous présenterons des exemples des résultats obtenus dans le cadre de ces tests.

## SÉANCE 7

### Développement des broyeurs-agitateurs et expansion des applications

JON ALLEN (METSO MINING AND CONSTRUCTION TECHNOLOGY)

La hausse des coûts de l'énergie, la nécessité de minimiser la consommation d'énergie, et le désir de trouver des solutions durables pour l'industrie du traitement minéral font en sorte que les percées technologiques sont en demande. Pour affronter ces défis, Metso a beaucoup investi dans l'application et le perfectionnement d'équipements utilisant nos technologies de broyage-agitation, tant pour le broyage grossier que fin. Le broyage-agitation est utilisé, depuis longtemps et avec succès, comme application de broyage dans l'industrie minérale métallique, la plupart du temps dans des rôles de rebroyage, et génère d'importantes réductions de la consommation d'énergie. Les avancées plus récentes dans la conception des équipements et une meilleure compréhension des avantages du broyage-agitation pour les applications plus grossières permettent d'en tirer des avantages encore plus intéressants.

Cette présentation portera sur les applications de Metso qui repoussent les limites du possible, notamment une version améliorée du broyeur Vertimill de 3000 HP et du premier broyeur Vertimill® de 4500 HP prévu au projet Kaunisvaara de Northland Resources, le premier dessableur à charge agitée, le SMD-1100 (Stirred Media Detritor), ainsi que l'application du Vertimill après les rouleaux broyeurs à haute pression. Nous aborderons également la philosophie de conception derrière les plus gros équipements afin d'offrir des solutions aux défis associés à ces machines plus grosses, ainsi que les caractéristiques intégrées pour améliorer la maintenabilité tout en assurant un fonctionnement sécuritaire et fiable des équipements. Par ailleurs, la présentation comportera également une mise à jour sur les initiatives de recherche conjointes impliquant Metso et ses partenaires, dont le Julius Kruttschnitt Mineral Research Centre (JKMRC).

## SÉANCE 8

### Diesels et ventilation dans les mines souterraines – Défis et bonnes pratiques

MICHEL GRENIER (CANMET MINES)

Les mines modernes font face à plusieurs défis liés à la bonne gestion des réseaux de ventilation. Cependant, sauf pour les mines profondes où la chaleur devient le facteur dominant pour l'élaboration et la mise en place des réseaux de ventilation, le contrôle des émissions diesels est le facteur décisif quant à la quantité et à la gestion de l'air en milieu de travail. La plupart des provinces canadiennes réglementent les besoins en ventilation, de façon générale, selon une règle de volume d'air minimum par unité de puissance de moteur diesel ou, comme au Québec, selon un certificat d'homologation du moteur qui définit le volume d'air nécessaire, afin de diluer les émissions à partir du calcul d'un indice de la qualité de l'air.

Cette présentation vise donc à identifier les défis auxquels font face les mines québécoises en ce qui concerne l'utilisation des diesels dans les mines et aussi de fournir, si possible, des solutions liées à la bonne pratique. Il sera question notamment des nouvelles technologies en ce qui concerne les moteurs et les systèmes d'épuration ainsi que des bonnes pratiques en ventilation, afin de réduire l'exposition des travailleurs. Finalement, on parlera des défis liés à la réduction éventuelle des limites d'exposition des composantes de l'échappement, soit les poussières de diesel et le dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>).



## SÉANCE 8

### Défis opérationnels à la mine Canadian Malartic

CHRISTIAN ROY (CORPORATION MINIÈRE OSISKO)

Corporation minière Osisko exploite de façon commerciale la mine Canadian Malartic depuis mai 2011. De par sa proximité avec la ville de Malartic, l'opération de cette mine à ciel ouvert à hauts tonnages journaliers est un défi en soi. De sa phase d'exploration en 2005 à sa phase d'exploitation aujourd'hui, la direction et les travailleurs de la mine ont dû innover constamment pour minimiser l'impact de l'implantation de cette mine de calibre mondial sur la population environnante.

En plus des contraintes opérationnelles normales d'une mine, la proximité de la ville entraîne sa part de contraintes supplémentaires. La plupart de ces problèmes avaient été résolus dans l'étude de faisabilité avant même qu'ils ne se présentent. Cependant, ce contexte de proximité d'une ville, couplé avec les exigences de la productivité minière, amènent régulièrement des problèmes inattendus nécessitant rapidement des solutions fiables et sécuritaires.

De plus, l'empreinte de la fosse ultime Canadian Malartic est superposée à quatre anciennes mines souterraines qui ont toutes été exploitées entre les années 1930 et 1980. Cette réalité entraîne à son tour d'autres contraintes opérationnelles qui, ajoutées à la proximité de la ville, deviennent des défis de taille qu'il faut absolument relever, afin d'assurer la réussite du projet.

Le contexte géographique et l'historique de minage du site de la mine Canadian Malartic donnent donc naissance à des défis considérables. Ces défis sont principalement les relations avec la communauté d'accueil, la fragmentation du roc ainsi que la gestion du bruit et des poussières. Il faut aussi ajouter les défis auxquels toutes les mines doivent faire face, soit le recrutement et la formation de la main-d'œuvre et l'atteinte des objectifs de production.

Il va de soi que toutes les mines ont leur panoplie de défis et Canadian Malartic n'y fait pas exception. Toutefois, la proximité d'une ville et la présence d'anciennes ouvertures souterraines peuvent augmenter les contraintes au point de compliquer davantage les solutions que doivent apporter les travailleurs à leurs défis quotidiens.

## SÉANCE 8

### Récupération de chantier secondaire dans du terrain non consolidé

HERMAN DE LOS RIOS ET BENJAMIN BERSON  
(HECLA QUÉBEC)

Lors du développement transversal pour accéder à un chantier secondaire, le remblai intercepté n'était pas consolidé. Cette présentation montre les étapes qui ont été parcourues pour aller chercher ce chantier dans des conditions de terrain non consolidé.

- ▶ Présentation des étapes de développement standard dans le remblai zone 113 inférieur
- ▶ Mise en situation avec l'interception de matériel non consolidé au développement
- ▶ Explication des impacts sur la production et la séquence de minage
- ▶ Présentation d'une nouvelle stratégie de développement dans le matériel non consolidé (tests résine DSI)
- ▶ Explication de la formation d'une cheminée dans le matériel non consolidé, lors des tests sur le développement
- ▶ Mise en place d'une stratégie d'interception de la cheminée au niveau supérieur
- ▶ Conception du remblayage et de la consolidation de la cheminée
- ▶ Mise en place d'une stratégie à deux points de soutirage pour optimiser la récupération du secteur le plus riche du chantier
- ▶ Présentation du support et de l'instrumentation mis en place au niveau inférieur
- ▶ Conception du pilier pour soutenir le matériel non consolidé provenant de la cheminée
- ▶ Conception du dynamitage ascendant et descendant simultané
- ▶ Présentation de la séquence de soutirage par deux points de soutirage et du remblayage du chantier

## SÉANCE 8

### LaRonde : les défis de la mine profonde

DANIEL PARÉ (MINES AGNICO EAGLE)

La mine LaRonde qui opère dans le secteur de Preissac depuis plus de 25 ans a été en constante évolution. Plusieurs phases d'expansion ont transformé les opérations pour amener la division à atteindre des niveaux de production de plus de 7000 tonnes par jour. La qualité des gens qui y travaillent et de son gisement polymétallique en ont fait la fierté d'Agnico Eagle.

Les phases d'extraction progressant en profondeur ainsi que les particularités du gisement qui évoluent amènent de nombreux défis techniques et d'adaptation qui ont été à l'origine du développement de nouvelles innovations. Le développement, la construction et la mise en production de la mine profonde, LaRonde Extension, vont amener les opérations souterraines à une profondeur de 3 km.

Cette présentation vise donc à faire connaître les défis techniques et opérationnels liés à la mise en production de la mine profonde, Laronde Extension. On y traitera des défis opérationnels, du contrôle de terrain, des contraintes thermiques ainsi que des moyens de contrôle mis en place pour faire face à cette réalité.

## SÉANCE 8

### La mine Westwood : de l'exploration à la mise en production d'un gisement filonien

DANIEL VALLIÈRES ET GUY GOSSELIN (IAMGOLD)

La mine Westwood est située sur la Faille de Cadillac entre les mines Doyon et Laronde. Le gisement Westwood, de type filonien, est composé de plus de 130 veines distinctes. Les multiples veines dispersées dans l'espace sur une profondeur de plus de 2 km en font un dépôt très complexe. L'opération, depuis le début, est et sera confrontée à une séquence d'exploitation serrée permettant de produire les onces nécessaires à sa rentabilité.

La propriété a été l'objet de travaux d'exploration de façon intensive depuis 2002. Une galerie d'exploration, foncée à partir de la mine Doyon, combinée à du forage au diamant, a permis d'identifier des ressources en quantité suffisante pour initier les travaux de développement. En 2008, soit six ans plus tard, la décision de foncer un puits ainsi qu'une rampe d'accès était prise par IAMGOLD.

La présentation portera sur les défis et les réalisations qui ont permis la mise en production de la mine Westwood. La mise en production est prévue pour octobre 2013.



## SÉANCE 9

### L'Institut de recherche en mines et environnement et la gestion des rejets miniers

MICHEL AUBERTIN (ÉCOLE POLYTECHNIQUE)  
ET BRUNO BUSSIÈRE (UQAT-ÉCOLE POLYTECHNIQUE)

La présentation fera une synthèse de travaux menés au cours des 12 dernières années par la Chaire industrielle CRSNG Polytechnique-UQAT en Environnement et gestion des rejets miniers.

Ces projets se poursuivent dans le cadre du programme de l'Institut de recherche en mines et environnement (IRME UQAT-Polytechnique) qui été récemment créé en collaboration avec des entreprises minières. Les travaux menés à l'IRME au cours des prochaines années seront aussi décrits succinctement.

## SÉANCE 9

### La restauration des parcs à rejets de concentrateur en conditions nordiques

BRUNO BUSSIÈRE (UQAT - ÉCOLE POLYTECHNIQUE)

La restauration des parcs à résidus miniers représente un défi environnemental important de l'industrie minière, particulièrement lorsque les résidus ont un potentiel de génération de drainage minier acide (DMA). Le défi est encore plus grand lorsque les sites miniers sont situés en conditions nordiques dans lesquelles on doit composer avec un climat rigoureux, une accessibilité limitée à des matériaux d'emprunt ayant les propriétés désirées et une évolution du climat qui pourrait affecter les performances à long terme des méthodes mises en place. Dans cette présentation, l'accent sera mis sur les principales techniques de restauration actuellement appliquées en conditions nordiques, qui consistent, la plupart du temps, à intégrer les rejets au pergélisol. On discutera ensuite des défis associés à ce type de recouvrement lorsqu'il est installé sur les résidus miniers. On abordera, pour finir, les nouvelles options qui pourraient permettre de rendre plus robustes les recouvrements placés sur les parcs à résidus en conditions nordiques.

## SÉANCE 9

### **Techniques géoscientifiques dans la résolution des défis de l'évaluation des risques environnementaux en aval des mines métalliques : un exemple des milieux récepteurs du site Aldermac en Abitibi, Québec**

**SAM ALPAY, RICK J. McNEIL ET ALAIN GRENIER (CGC)**

Les principaux objectifs géoscientifiques de l'étude du lac Dasserat, en aval du site Aldermac, comprennent l'optimisation de techniques qui serviront à caractériser l'impact environnemental associé à l'activité minière : le carottage des sédiments lacustres ainsi que l'échantillonnage des eaux de surface et des sédiments de fond. Les premiers résultats nous permettent : de déterminer l'étendue spatiale de la contamination métallique, d'évaluer la distribution des métaux des milieux récepteurs préalable au développement minier et d'enregistrer la réponse environnementale immédiate d'une ancienne mine restaurée en amont. Le déploiement d'un spectromètre à fluorescence X à réflexion totale pour analyser les métaux des eaux de surface et d'un spectromètre portable à fluorescence X pour analyser les métaux des sédiments lacustres a fourni des résultats analytiques rapides sur le terrain; les résultats ont montré une bonne corrélation avec les analyses traditionnelles (ex.: spectrométrie de masse couplée à un plasma inductif). De plus, le carottage des sédiments à l'échelle régionale a fourni le cadre pour estimer les concentrations de fond d'origine naturelle.

Ces résultats suggèrent que les études normalement effectuées pour évaluer les conditions existantes sur les sites destinés au développement minier peuvent être insuffisantes pour évaluer : les conditions préalables au développement, les effets environnementaux des effluents supplémentaires du nouveau développement ou l'effet cumulatif provenant d'anciennes contaminations. L'identification des sources de métaux incluant la minéralisation naturelle et l'activité minière historique et actuelle est complexe dans les régions où l'on retrouve de multiples développements miniers. Les études sur les carottes jumelées à celle des eaux de surface et des sédiments de fond pourraient aider à déterminer l'effet cumulatif.

La mine Aldermac (Cu, Zn, Au et Ag), situé à 15 km à l'ouest de Rouyn-Noranda, a été active entre 1932 et 1943 et a déversé un drainage minier acide dans le bassin versant y compris le lac Dasserat. Le bassin versant constitue un site idéal pour développer des techniques géoscientifiques pour l'évaluation des risques environnementaux. Cette région d'étude représente à la fois un gisement commun et l'héritage des pratiques minières. La contamination et les effets négatifs sur les habitats aquatiques ont été démontrés au point où la propriété Aldermac a fait l'objet d'une restauration environnementale menée par le gouvernement. Un développement minier futur est prévisible dans ce bassin versant. Les pratiques de protection de l'environnement, qui sont universellement mises en œuvre avant tout nouveau développement, pourraient bénéficier des outils géoscientifiques développés dans cette étude.

## SÉANCE 9

### **Systèmes de transport respectueux de l'environnement pour les mines de métaux usuels**

**DOUG MORRISON (CENTRE POUR L'EXCELLENCE EN INNOVATION MINIÈRE)**

Le contexte environnemental fragile du Grand Nord canadien nécessitera une approche différente pour la gestion des impacts des développements industriels sur l'environnement.

Ceci s'applique également aux transports. Le développement industriel dans la zone tempérée a eu un impact irréversible sur la flore et la faune, et bien que l'exemple de Sudbury démontre qu'une certaine récupération est possible, cela devient considérablement plus difficile dans les zones nordiques où la saison de croissance est beaucoup plus courte. L'industrialisation du Nord nécessitera l'importation de millions de tonnes de matériel, dépassant largement la capacité des routes saisonnières. Mais la majorité des projets miniers en développement dans le Nord seront de courte durée et ne devraient pas attirer d'infrastructures fixes permanentes qui nécessiteraient beaucoup de temps et d'argent à mettre en œuvre et qui survivraient longtemps après la mine elle-même. Une autre approche possible consiste à utiliser des systèmes de transport qui minimiseraient l'impact environnemental, notamment en n'entravant pas les routes migratoires et qui seraient temporaires, s'ajustant aux besoins de la population et des projets en développement. Quelques options alternatives en matière de transport seront présentées.



## SÉANCE 9

### La boîte à outils pour une gestion minière responsable

LOUISE GRONDIN (MINES AGNICO EAGLE)

Le contexte social a beaucoup évolué durant les vingt dernières années. Alors qu'auparavant une minière avait surtout à composer avec les exigences légales inscrites dans son permis, elle se doit maintenant de répondre également aux attentes des législateurs et de la population, afin d'obtenir la fameuse licence sociale. Comment ce changement s'est-il traduit dans les faits dans le cas de nos organisations ? Que trouve-t-on de nos jours dans la boîte à outils d'un gestionnaire minier responsable ? Ce sera le sujet de cette allocution qui fera un bilan des changements apportés aux organisations et aux façons de faire dans la gestion minière.

## SÉANCE 10

### Dynamique et processus glaciaires modernes applicables à l'exploration minière

ROGER C. PAULEN ET M. BETH McCLENAGHAN (CGC)

La prospection glaciocédimentaire en terrain glaciaire est basée sur la prémisse selon laquelle les indicateurs géochimiques, minéralogiques, isotopiques et lithologiques de la présence de minéralisation économique, récupérés des sédiments peuvent être utilisés pour retracer leur source primaire dans le socle rocheux en reconstruisant l'historique d'écoulement glaciaire. Il est de plus en plus reconnu toutefois que les reconstructions simples et linéaires, en une ou deux dimensions, des anciennes directions d'écoulement glaciaire ne réussissent pas à traduire l'historique complexe d'érosion, d'entraînement et de déposition glaciaires. L'historique glaciaire, souvent palimpseste, les modes d'entraînement, et les différents éléments qui influencent la dispersion glaciaire comme l'épaisseur des sédiments glaciaires, la topographie du socle et l'érodabilité du socle, ainsi que les vitesses d'écoulement glaciaire basal, doivent être mieux compris si l'on veut déterminer avec précision l'emplacement d'une source dans le socle en amont glaciaire.

Au cours des deux dernières décennies, l'élaboration de modèles complexes pour les inlandsis et l'acquisition de données empiriques sur l'écoulement glaciaire, la composition des sédiments glaciaires et l'historique glaciaire ont permis d'améliorer la précision et l'efficacité de la prospection glaciocédimentaire au Canada. L'attention portée à la nature dynamique des centres de dispersion glaciaire et des complexes d'écoulement glaciaire associés est devenue de plus en plus importante. La reconnaissance de trajectoires reliques d'écoulement glaciaire issues de multiples glaciations met en perspective la complexité de l'ancien Inlandsis laurentidien et a d'importantes incidences sur l'interprétation des données sur la composition des sédiments générées dans le cadre de levés régionaux de till.

Les interprétations à l'échelle du continent et l'imagerie de télédétection à petite échelle du système glaciaire en Amérique du Nord sont souvent négligées dans l'interprétation des trains de dispersion glaciaire et en exploration minière à l'échelle d'une propriété, de telle sorte que les détails les plus importants révélés par les travaux de terrain ne sont souvent pas reconnus. La cartographie régionale et locale de tous les indicateurs d'écoulement glaciaire, la stratigraphie des sédiments et les interprétations qui en découlent se sont avérées les plus efficaces. Le message pour le milieu de l'exploration est que les relations entre le socle, la composition des sédiments glaciaires et l'historique d'écoulement glaciaire doivent être interprétées en tenant compte du contexte régional et local de l'inlandsis et de l'historique de glaciation, si l'on veut réussir à interpréter correctement les données de prospection glaciocédimentaire.



## SÉANCE 10

### Les nouveaux défis de l'exploration glaciocédimentaire : zones glaciaires complexes et cibles plus profondes

MARTIN ROSS (UNIVERSITÉ DE WATERLOO)

D'importantes avancées au cours des dernières années ont permis d'améliorer notre compréhension du registre géologique de la dynamique glaciaire et des changements de conditions à la base des glaciers, tels que l'écoulement glaciaire rapide, l'évolution du régime thermique, de la disponibilité de l'eau à la base du glacier et d'autres propriétés de l'interface glaciocédiment. La recherche sur les patrons de dispersion dans les sédiments glaciaires a été effectuée en grande partie avant ces percées majeures dans le domaine de la géologie glaciaire. C'est pourquoi nous en savons peu sur l'effet net, à différentes échelles, de plusieurs processus sousglaciaires sur les patrons de dispersion et de leurs implications en exploration minière. De plus, l'accent a été mis, jusqu'à aujourd'hui, sur le traçage de la minéralisation sousaffleurance à l'aide des minéraux indicateurs. L'exploration se concentre de plus en plus sur des cibles profondes, parfois sous un épais couvert de sédiments à plusieurs unités de till reposant sur des roches altérées. La recherche doit donc s'ajuster à ces changements et mieux intégrer les avancées récentes en géologie glaciaire, géochimie, géophysique, télédétection et en géomodélisation. Quelques études de cas, récentes et en cours, seront présentées, montrant différents aspects de ces avancées en géologie glaciaire et en prospection glaciocédimentaire dans les régions nordiques, et ce, pour différents métaux d'intérêt économique.

## SÉANCE 10

### Minéraux indicateurs et géochimie du till près de gîtes porphyriques de la Cordillère canadienne

ALAIN PLOUFFE (CGC), TRAVIS FERBEY (COMMISSION GÉOLOGIQUE DE LA COLOMBIE-BRITANNIQUE), BOB ANDERSON (CGC), SARAH HASHMI ET BRENT WARD (UNIVERSITÉ SIMON FRASER, C.-B.)

Une recherche axée sur la géologie des formations superficielles, ayant pour but de développer des techniques innovatrices pour la détection de gîtes porphyriques enfouis, a été entreprise auprès de quatre systèmes porphyriques dans le centresud de la Colombie-Britannique : les mines Highland Valley, Gibraltar et Mont Polley ainsi que la zone productive potentielle de Woodjam. Dans chacun de ces sites, le till est mince (<2 m) à épais (>2 m), atteignant au moins 10 m par endroits, tel qu'il est indiqué par les forages. Exceptionnellement, à Highland Valley, une partie seulement de la minéralisation est recouverte par plus de 300 m de sédiments glaciaires et non glaciaires associés à une vallée enfouie. Le but de ce projet est de reconstruire la direction d'écoulement des glaces lors de la dernière glaciation et d'étudier la composition du till pour cibler plus efficacement des gîtes porphyriques enfouis. Ce projet fait partie de l'Initiative géoscientifique ciblée-4 (ICG-4) de la Commission géologique du Canada (Ministère des Ressources naturelles du Canada). L'interprétation des résultats tient compte de la géologie de la roche en place, des zones minéralisées connues et de la reconstruction des écoulements glaciaires.

Les données géochimiques et minéralogiques provenant de 282 échantillons de till indiquent que la teneur en cuivre de la fraction argileuse du till (<0,002 mm), sur les quatre sites étudiés, est plus élevée près des zones minéralisées comparativement aux régions environnantes. Le nombre de grains de chalcopryrite dans les concentrés de minéraux lourds du till (0,25 à 0,5 mm; poids spécifique >3.2) est élevé près de la minéralisation à Highland Valley, Gibraltar et Woodjam. Bien que le nombre de grains de chalcopryrite dans les concentrés de minéraux de lourds ne soit pas élevé au Mont Polley, le nombre de grains d'or dans la fraction 0,015 à 0,150 mm est enrichi dans le till. Les grains d'or fin dans le till proviennent probablement de la minéralisation au Mont Polley, elle-même caractérisée par la présence d'or fin. Le contenu en épidote des concentrés de minéraux lourds est élevé près des zones d'altération propylitique à Woodjam et Mont Polley comparativement au bruit de fond régional. La distribution de tous ces indicateurs dans le till est le résultat net de l'érosion et de la dispersion glaciaire de débris en provenance des zones minéralisées et des zones d'altération qui les entourent. Ces résultats démontrent que la géochimie du till combinée à la minéralogie du till sont des outils efficaces pour la détection de gîtes porphyriques enfouis sous des sédiments glaciaires.



## SÉANCE 10

### Dispersion glaciaire et provenance des tills dans le nord du Québec et en Abitibi : nouvelles contraintes pour l'histoire et la dynamique de l'Inlandsis laurentidien

MICHEL PARENT (CGC), TROY E. RASBURY (UNIVERSITÉ D'ÉTAT DE NEW YORK), SIDNEY R. HEMMING (UNIVERSITÉ COLUMBIA, N.Y.), PIERRE RHÉAUME (MRN) ET ÉRIC BOISVERT (CGC)

Alors que la plupart des régions couvertes par le secteur oriental de l'inlandsis laurentidien sont généralement couvertes d'une seule couche de till mince et discontinu surmontant directement le socle cristallin, les tills de l'Abitibi sont généralement multiples, épais et continus et sont recouverts par les sédiments du lac Barlow-Ojibway. Près de 1150 m de forages soniques ont permis d'établir un cadre stratigraphique quaternaire pour l'Abitibi. Ce cadre comporte trois unités régionales de till séparées par deux unités de sédiments non glaciaires. 918 échantillons de till ont été soumis à une série d'analyses lithologiques, minéralogiques et géochimiques visant à établir la provenance de ces tills régionaux.

Le till supérieur possède une matrice sableuse gris pâle caractéristique, puisqu'il dérive largement de grands plutons archéens situés juste au nord de la région étudiée. Par contre le till médian est caractérisé par une provenance orientale révélée par sa matrice gris verdâtre foncé et légèrement calcaire et par sa teneur plus élevée en débris dérivés des roches volcano-sédimentaires archéennes. Ces deux couches de till ne sont pas météorisées et surmontent des sédiments lacustres et alluviaux qui contiennent des débris organiques d'âge présumément sangamonien. Le till inférieur, présumément d'âge illinoisien, est caractérisé par une météorisation allant de subtile à modérée et par une provenance plutôt locale.

Dans le but de mieux caractériser la provenance locale et lointaine des sédiments glaciaires, nous avons mesuré les rapports Ar/Ar sur des grains de hornblende et de feldspath ainsi que les rapports isotopiques du Pb dans les grains de feldspath datés. Alors que les trois unités de till ont donné principalement des âges archéens (~ 2,5 Ga) typiques du socle rocheux local, les rapports Ar/Ar du till médian ont livré des âges de 1,7 à 2,4 Ga que nous avons d'abord interprétés comme indiquant une provenance Churchill et donc associés à un transport glaciaire de longue distance plutôt inattendu. Par contre, les isotopes de Pb des feldspaths indiquent que les âges Ar/Ar peuvent être expliqués par une remise à zéro partielle du chronomètre isotopique des minéraux archéens durant l'orogénèse grenvillienne (~ 1 Ga). Cela indique donc que le till médian contient des grains provenant des roches parautochtones longeant le Front grenvillien, ce qui indique que la composition de ce till reflète un transport prolongé vers le nord-ouest durant les stades de croissance de l'Inlandsis laurentidien au Wisconsinien inférieur ou moyen. Ces mouvements glaciaires antérieurs au dernier maximum glaciaire et reconstruits au moyen de divers types de données indiquent donc que la principale ligne de partage glaciaire durant les phases précoces de l'inlandsis laurentidien était située un peu à l'est de Front du Grenville. Cela indique qu'il existe un contraste important de provenance entre ce mouvement vers le nord-ouest et les grands axes d'écoulement glaciaire généralement vers le sud associé au till supérieur (Wisconsinien tardif).

## SÉANCE 10

### Exemples de traçage d'indicateurs dans les sédiments glaciaires

RÉMI CHARBONNEAU (CONSULTANT INLANDSIS)

L'étude des dépôts de surface a offert une contribution constante aux découvertes minérales en milieu glaciaire depuis le XVIII<sup>e</sup> siècle (Suède). Cette prospection de la surface peut s'effectuer par l'examen des fragments (blocs erratiques), des minéraux ou par l'échantillonnage géochimique. Comme les matériaux analysés peuvent avoir été transportés sur des distances plus ou moins importantes, on doit introduire un concept de traçage qui consiste à remonter vers l'amont glaciaire jusqu'à la source.

Dans le passé, quelques revues de cas de découvertes basés sur l'usage des erratiques ont été publiées, montrant bien la contribution des blocs erratiques à l'exploration minière (Nouvelle-Écosse, Kirkland Lake, Mine Lamaque). Entre les années 1980 et 1990, l'utilisation des minéraux indicateurs a retenu l'attention lors des découvertes de diamants au lac de Gras (Dia Met et Aber). Toutefois, la contribution des erratiques à ce cas maintenant classique est peut-être moins connue. Au départ, l'observation d'erratiques de socle a orienté l'échantillonnage régional vers la province du Slave. Ensuite, la découverte d'un petit fragment de kimberlite à l'aval glaciaire immédiat de Point Lake a stimulé les premiers forages.

Parmi les exemples de succès techniques basés sur les erratiques, mentionnons des cas de blocs sub en place (projet Vermillon, blocs Cléopâtre et Ilto) et des cas de traçage sur de longues distances, aidé par la lithologie porteuse (Strange Lake - Éléonore). Dans le cas du projet Nelligan, près de Desmaraisville, on observe un *float* de quartz aurifère très abondant associé à une source parallèle à l'écoulement glaciaire. Certains cas de découvertes sont basés essentiellement sur la géochimie (Clear-Water, Yukon). Par ailleurs, bien qu'on trouve des cas de découverte basés essentiellement sur le traçage des minéraux indicateurs (Aber, Bakos, Rainy River, Ti-Pa-Kaa-Ning), on voit souvent la découverte d'erratiques venant assister le traçage et confirmer la nature de la source en place (Dyke Remick). Enfin, la méthode est toujours d'actualité et a connu des succès récents (Isok Lake, Hope Bay).



## SÉANCE 10

### La provenance des minéraux indicateurs dans les basses-terres de la baie James : l'exploration diamantifère dans un secteur difficile

NICOLE JANUSZCZAK ET JOHN DELGATY  
(DE BEERS GROUP OF COMPANIES)

Le champ de kimberlites d'Attawapiskat est situé à 90 km à l'ouest du village côtier d'Attawapiskat dans les basses-terres de la baie James en Ontario, Canada. La kimberlite Victor a été découverte en 1988 et la production commerciale y a débuté en 2008. La mine Victor est l'une des 21 kimberlites connues dans le champ de kimberlites d'Attawapiskat. La région est un secteur d'exploration bien établi qui offre un bon potentiel de prolonger la durée d'exploitation de 10 ans présentement envisagée pour la mine Victor grâce aux ressources additionnelles en kimberlite.

Le champ de kimberlites d'Attawapiskat est situé dans le craton archéen du Supérieur. Les kimberlites se sont mises en place dans des roches sédimentaires subhorizontales d'âge paléozoïque qui reposent en discordance sur les roches du domaine d'Oxford-Stull de 2,7 Ga. Les strates paléozoïques ont une épaisseur d'environ 175 m et sont caractérisées par la présence de calcaires et de dolomies siluriens et ordoviciens avec un peu de roches silicoclastiques. On estime qu'environ 200 m de strates sédimentaires ont été érodés, compte tenu de la présence de xénolites du Dévonien récupérés dans les kimberlites.

Les kimberlites datent du Jurassique précoce à moyen. Elles sont recouvertes d'une séquence quaternaire caractérisée par un till argileux, sur lequel repose une couche d'argile marine massive et des sables littoraux, le tout étant recouvert de matériel organique (fondrières). L'épaisseur des sédiments quaternaires varie de 0 à 40 m. La région d'Attawapiskat a subi l'influence de la glaciation au Pléistocène. Alors que l'Inlandsis wisconsinien se retirait, la surface terrestre a été inondée par la mer de Tyrell. Les argiles marines inhibent le drainage des eaux de surface, donnant lieu au terrain marécageux typique des basses-terres. L'efficacité des programmes d'échantillonnage dans ce type de terrain n'est pas bonne. Les cours d'eau de premier ordre dans les basses-terres sont larges mais lents et ont une faible capacité de transport. Les systèmes fluviaux actuels et les glaces saisonnières sur les cours d'eau contribuent à excaver le till minéralisé et à concentrer les minéraux lourds dans des sites pièges le long des cours d'eau.

L'historique glaciaire dans la région du champ de kimberlites d'Attawapiskat a été interprété à partir des indicateurs d'écoulement glaciaire, notamment les stries, les cannelures, les *crag-and-tails*, et les dos de baleines observés et cartographiés à la surface de la kimberlite Victor, et en analysant les fabriques dans les sections de till exposées le long des rivières à proximité et au-dessus de la kimberlite Victor. Les indicateurs d'écoulement glaciaire ont enregistré un écoulement glaciaire plus ancien vers le sud suivi d'un écoulement plus jeune au sud-ouest. Les mesures de l'orientation des clastes confirment les directions obtenues à partir des indicateurs d'écoulement glaciaire. Les orientations des clastes montrent des distributions unimodales et multimodales, suggérant qu'ils ont été mis en place par des processus de fond et de déformation.

Une bonne compréhension des facteurs glaciaires, post-mise en place et actuels, contrôlant la dispersion des minéraux indicateurs de kimberlites et l'application d'une méthodologie d'échantillonnage appropriée, sont essentiels pour la recherche de nouveaux amas de kimberlites en terrain difficile.

## SÉANCE 10

### Avancements technologiques en minéralogie appliquée au Quaternaire

RÉJEAN GIRARD (IOS SERVICES GÉOSCIENTIFIQUES)

L'interprétation des signaux minéralogiques dans les sédiments quaternaires a fait de nombreuses avancées par rapport à leurs significations géologiques et métallogéniques. Ces avancées s'appuient sur des développements technologiques, moins connus mais essentiels, qui permettent l'acquisition de données de qualité sur une base routinière. Premièrement, en ce qui concerne la caractérisation du matériel glaciaire, le granulomètre à dispersion laser permet d'obtenir des courbes granulométriques des fractions fines, signatures des différents environnements de déposition. Dans le cas de la concentration des minéraux lourds, un arsenal de nouveaux appareillages est disponible, permettant flexibilité et propreté des concentrés, tels les séparateurs magnétiques à barrière de champ, les liqueurs denses au polytungstate, les centrifugeuses d'élutriation, etc. Ces appareils permettent d'ajuster les paramètres de la séparation, tels que les densités ou la susceptibilité magnétique, de façon très détaillée et précise, séparant par exemple les pyropes des almandins. Finalement, les avancées les plus étonnantes demeurent sur le plan des techniques d'identification des minéraux. Diverses techniques optiques auxiliaires ont été introduites, tels l'épifluorescopie et le traitement d'image numérique. Toutefois, la véritable révolution provient de l'avènement des microscopes électroniques de troisième génération, équipés de chambres à pression variable, de faisceaux à courant élevé et de détecteur de type « silicon drift » ainsi que d'un arsenal informatique permettant la reconnaissance automatique de phase. Appelées « Qemscan » et « MLA » en métallurgie, ces technologies adaptées à l'étude des minéraux lourds permettent notamment la reconnaissance des minéraux ne pouvant être discernés à l'examen visuel conventionnel, contournant une limitation historique de la technique.



## SÉANCE 11

### L'impact économique direct de l'or dans les plus grands pays producteurs et consommateurs d'or à l'échelle mondiale

JANICE PLUMSTEAD (PWC)

Dans le monde changeant d'aujourd'hui, le secteur minier fait face à une convergence de défis incluant des hausses de coûts, des attentes plus élevées de la part des parties prenantes, et pour les minières aurifères, d'un prix de l'or susceptible d'affecter la viabilité de certains projets et de mener à une contraction de l'offre. La demande toutefois demeure en croissance. L'expansion de la classe moyenne en Asie, la diversification des réserves d'actifs des banques centrales et le désir croissant pour de l'or physique de la part des épargnants occidentaux alimentent la demande. L'or continue de démontrer qu'il joue un rôle fondamental comme vecteur du développement économique et des besoins des sociétés.

Cette présentation se penchera sur la filière de l'or, incluant l'extraction minière, l'affinage, la fabrication et la consommation, en fonction des bénéfices économiques directs évalués en termes de la valeur ajoutée brute (VAB) à l'économie mondiale. La VAB est utilisée puisqu'elle permet de mesurer la valeur d'une activité d'une façon qui se prête bien à la comparaison directe au produit intérieur brut (PIB), lequel est utilisé partout dans le monde pour mesurer le rendement économique des différentes économies. En plus de mesurer la contribution économique directe de la filière de l'or, l'analyse économique reflète la contribution aux économies où ces activités ont lieu par le biais des impôts qui sont versés et des emplois qui sont assurés.

Un survol des principales étapes de la filière de l'or, de son extraction dans le sous-sol en passant par le traitement jusqu'à ses différentes applications et usages sera présenté. L'analyse de l'offre d'or sera axée sur la production minière et le recyclage de l'or, tandis que l'analyse de la demande se concentrera sur la fabrication de produits de l'or (principalement la bijouterie et la technologie) et certaines formes de placements (principalement les lingots et les pièces de monnaie).

La présentation portera sur les 15 plus grands pays producteurs et les 13 plus grands pays consommateurs d'or, qui représentent à eux seuls plus de 75 % de la production minière d'or et de la demande en or en 2012 dans le monde. L'analyse couvre l'année 2012, soit l'année la plus récente pour laquelle les données sont disponibles.

## SÉANCE 11

### Quelle valeur ajoutée le développement durable peut-il apporter au secteur minier?

MILLA CRAIG (DELOITTE)

Alors que les initiatives de développement durable cherchent à fournir des solutions aux impacts environnementaux et sociaux du secteur minier, on oublie (ou ignore) trop souvent les bénéfices économiques et financiers associés à de tels engagements.

Trois principales tendances témoignent aujourd'hui particulièrement de ce mouvement : l'évolution du processus de reddition de comptes, la prise en compte des facteurs environnementaux, sociaux et de gouvernance (ESG) par les investisseurs et l'implication croissante des cadres dirigeants dans les activités de développement durable des entreprises.

Concernant la reddition de comptes, d'abord, deux évolutions sont à noter : la sortie des nouvelles lignes directrices (G4) de la GRI et le développement d'un cadre pour le *rapport intégré*. Ces deux standards internationaux accordent tous deux une importance particulière à la notion de pertinence des données divulguées par les entreprises. Cette évolution reflète également le renforcement d'une tendance dans le monde de l'investissement, à savoir une plus grande importance accordée à la performance extrafinancière qui se fonde sur des indicateurs ESG, tels qu'ils ont été définis par le G4 et visés par le rapport intégré. À ce propos, on témoigne également aujourd'hui d'une redéfinition des responsables du développement durable en faveur des directeurs financiers (CFO) et des directeurs généraux (COO). Cette évolution marque une intégration croissante du développement durable dans les opérations et la stratégie d'entreprise qui ne peut que venir rassurer les partenaires financiers et potentiels investisseurs.

Enfin, l'intensification des obligations réglementaires sociales et environnementales ainsi que les préoccupations de la société civile soulignent l'importance de la prise en compte de ces enjeux au sein des stratégies des compagnies minières, notamment à travers une plus grande transparence.

Lors de cette présentation, Milla Craig abordera les risques économiques et financiers auxquels les compagnies minières peuvent être confrontées si elles n'intègrent pas les problématiques de développement durable à leur stratégie d'affaires. Cela passe notamment par l'adoption de nouveaux standards (G4 et rapport intégré) qui deviennent aujourd'hui incontournables pour les grandes entreprises.

## SÉANCE 11

### La région de Québec, un atout pour le développement minier québécois

LOUIS GAGNON (QUÉBEC INTERNATIONAL)

La région de Québec est une région dynamique, en plein développement et représente une excellente porte d'entrée au développement de projets miniers dans le Nord québécois. De nombreuses entreprises reconnues y sont déjà présentes et jouent un rôle de tous les jours dans le développement minier.

Le développement minier dans le Nord québécois offre par ailleurs de nombreuses et diverses opportunités qui peuvent contribuer au niveau du développement des régions comme la région de Québec. La région de Québec mène notamment plusieurs actions qui permettront de contribuer à répondre aux besoins des différents intervenants du secteur minier.

## SÉANCE 11

### La formation de la main-d'œuvre dans un contexte de développement durable

LUC BAILLARGEON (CSMO MINES)

La formation des employés représente une plus-value pour tous à court, moyen et long terme.

En effet, une recherche récente sur l'estimation des besoins en main-d'œuvre dans le secteur minier a démontré que 90 % des employés qui seront embauchés au cours des prochaines années devront avoir obtenu un diplôme d'études professionnelles (DEP) ou plus.

Une formation reconnue constituera donc une condition d'embauche pour de nombreux nouveaux employés; cette formation montrera également leur capacité pour continuer d'apprendre, afin de conserver leur emploi ou de relever de nouveaux défis. En effet, la formation continue est devenue un incontournable dans l'industrie minière qui « carbure » aux avancées technologiques.

Bien que les tendances lourdes en matière de besoins en main-d'œuvre soient omniprésentes, il ne fait aucun doute que le caractère cyclique du secteur apportera des mises à pied à court terme. C'est dans ce contexte que des employés diplômés pourront se déployer vers d'autres secteurs d'activité économique pendant ces périodes de ralentissement, car ils posséderont des formations reconnues et transférables.

La formation représente donc un élément essentiel dans le développement durable de notre économie.



## SÉANCE 11

### Les mines au Québec : 100 ans d'histoire, 100 ans d'avenir

JEAN-MARC LULIN (EXPLORATION AZIMUT)

L'analyse systématique des découvertes passées permet de dégager les mécanismes sous-jacents du développement minier d'un pays et d'en tirer une vision prospective. Cette approche devient un élément critique non seulement pour optimiser les stratégies d'exploration, mais également pour mieux encadrer et soutenir le développement économique.

Cette analyse des découvertes permet d'aborder la question du futur des ressources minérales de façon rationnelle. Le concept de ressources « non renouvelables » peut conduire à croire que toute exploitation minière rapproche inévitablement un pays, voire même la planète, du stade prochain où les ressources seront épuisées. Le statut de « non renouvelable » est souvent opposé à l'idée de développement durable. Dans les faits, le Québec a le pouvoir considérable de consolider la pérennité de son industrie en favorisant la découverte de nouveaux gisements et leur mise en production.

#### 100 ans d'histoire

Depuis le début du XX<sup>e</sup> siècle, environ 325 gisements ont été découverts et mis en production au Québec. Au-delà de la complexité des facteurs attachés à chacune de ces découvertes, l'analyse statistique de paramètres simples (année de découverte, localisation géographique, profondeur du gisement par rapport à la surface, méthode de découverte, métaux contenus) permet de comprendre la dynamique du développement du potentiel minéral à l'échelle d'un territoire.

Le développement du potentiel minéral prend place en cycles distincts ; l'émergence de ces cycles apparaît liée à trois principaux facteurs qui peuvent agir, ou non, en synergie :

- ▶ la réalisation d'une découverte fortuite majeure, entraînant un « boum » d'exploration régional;
- ▶ l'apparition de nouvelles méthodes ou de nouveaux concepts d'exploration;
- ▶ un marché favorable avec l'augmentation de la demande et du prix des métaux.

Le premier facteur constitue la trame des découvertes réalisées au cours du XIX<sup>e</sup> siècle et jusqu'aux années 1950. Le second facteur devient ensuite dominant pendant près de 50 ans et conduit à une série de découvertes, principalement dans les camps miniers de l'Abitibi. À partir des années 1990, la demande croissante des marchés, avec son corollaire qui est l'augmentation de la compétition internationale, devient un élément déterminant de la dynamique minière québécoise, même si le rôle des deux autres facteurs perdure.

#### 100 ans d'avenir

Diverses prédictions annonçant depuis des dizaines d'années, parfois avec catastrophisme, l'épuisement des ressources minérales se révèlent tout à fait erronées. Ces prédictions deviennent néfastes quand elles sont érigées en principe politique pour encadrer le développement des ressources d'un pays.

Dans les faits, la voie la plus sûre pour éviter l'épuisement des ressources minérales est d'explorer. Les besoins sont assurés grâce aux progrès de la connaissance scientifique, grâce à l'innovation technique et conceptuelle, mais sont aussi liés aux changements et à la pression des marchés. D'un point de vue géologique, les volumes restant à explorer sont immenses. Ces éléments permettent de considérer les ressources minérales « non renouvelables » comme des ressources « remplaçables ».

Suivant la grille d'analyse proposée, l'avenir minier du Québec dépend :

- ▶ de la poursuite de l'exploration, d'une part dans les régions minières actives, où l'essentiel des ressources connues a été jusqu'à présent découvert à partir de la surface et, d'autre part, dans les régions minières émergentes (Eeyou Istchee, Nunavik) à la recherche de gisements majeurs, potentiellement fondateurs de nouveaux camps miniers;
- ▶ d'un cadre juridique et fiscal adéquat pour renforcer la position du Québec dans un environnement global compétitif.

## SÉANCE 11

### Dynamique historique du développement minier à la Baie-James (1975-2012)

#### Entreprises et titres miniers

ROBERT EDGARD NDONG, MICHEL JÉBRAK (UQAM), MEHDI GAMACHE ET ANDREA AMORTEGUI (MRN)

Du Plan Nord au « Nord pour tous », les discours politiques ont à nouveau souligné l'importance économique potentielle du Nord-du-Québec. Depuis sa formation, l'exploration minière a été pionnière dans le développement économique du territoire. Depuis 1975, on a assisté à une forte augmentation de l'intérêt des entreprises pour la Baie-James. Les données statistiques du ministère des Ressources naturelles, couplées aux informations sur les entreprises, permettent de dresser un bilan dynamique de l'action des différents acteurs de l'exploration sur plus de 30 ans.

Des juniors aux majeures, en passant par les entreprises publiques, tous les types d'entreprises ont été présents à la Baie-James dans la prise des titres miniers d'exploration, entre 1975 et 2012. Leur présence s'est faite en trois temps d'intensités différentes. On est passé d'une présence timide entre 1975 et 1984 à une présence intensive entre 1985 et 2000, puis à une accentuation de la présence intensive entre 2001 et 2012. Les entreprises présentes dans ce territoire nord québécois sont domiciliées au Québec, au Canada et à l'étranger. Le territoire de la Baie-James, ouvert à l'exploration minière, est dominé par les entreprises domiciliées au Québec et par les juniors, principalement par les juniors non productrices. Ces entreprises, et dans une moindre mesure, les juniors individuelles, dictent le profil de l'évolution de la présence des entreprises.

Quant à l'évolution de la prise des titres miniers, marquée par la période de domination du Sud sur le Nord (1975-2000) et la période de l'émergence du Nord (2001-2012), elle s'est articulée en deux grandes périodes de longueurs inégales : une quasi-croissance de 1975 à 1986, puis des contrastes de 1987 à 2012. Sur l'ensemble de l'intervalle temporel 1975-2012, les entreprises domiciliées au Québec et les juniors ont été les plus actives dans les prises des titres.



## SÉANCE 12

### Contrôles sur la formation des gisements de terres rares

ANTHONY E. WILLIAMS-JONES (UNIVERSITÉ MCGILL)

Les gisements de terres rares économiques ou potentiellement économiques sont encaissés ou génétiquement associés à des roches ignées alcalines à peralcalines et des carbonatites. On retrouve souvent ces roches dans les rifts avortés, comme le rift Gardar au Groenland et son prolongement interprété dans le nord du Québec et le Labrador, où elles se sont formées suite à la fusion partielle d'un manteau enrichi en terres rares et/ou d'une croûte inférieure ayant subi un métasomatisme par des fluides mantelliques enrichis en terres rares. Dans ces environnements, l'enrichissement primaire en terres rares des magmas silicatés dépend de la nature fortement incompatible des terres rares, peut avoir été facilité par la formation de complexes fluorés, et se produit lors des phases tardives de l'évolution magmatique par sédimentation de cristaux et cristallisation de liquides pegmatitiques résiduels saturés en fluides ainsi que, dans certains cas, de produits de fusion immiscibles enrichis en fluor. Les magmas carbonatitiques doivent probablement leur enrichissement en terres rares à la forte solubilité des terres rares, et leur enrichissement préférentiel en terres rares légères aux rayons ioniques similaires du  $\text{Ca}^{2+}$  et du  $\text{Ce}^{3+}$ ; les terres rares lourdes ayant un rayon ionique plus petit. Les roches silicatées comme les syénites à néphéline et les granites peralcalins devraient donc être les cibles préférentielles pour l'exploration des terres rares lourdes, tandis que les carbonatites seraient à privilégier pour l'exploration des terres rares légères.

La mobilisation hydrothermale est possiblement essentielle à la viabilité économique de plusieurs gisements de terres rares. En effet, le plus gros gisement au monde, celui de Bayan Obo en Chine, est dominé par la minéralisation d'origine hydrothermale. Par ailleurs, dans certains gisements, dont celui de Strange Lake au Québec, où les processus magmatiques ont concentré les terres rares à des niveaux économiques, la minéralisation en terres rares est presque entièrement secondaire. Bien que les complexes fluorés aqueux sont largement considérés comme étant le principal vecteur de transport des terres rares, la modélisation des systèmes naturels suggère que ce n'est pas nécessairement le cas. Au contraire, les complexes chlorés semblent être responsables pour le transport des terres rares dans plusieurs systèmes hydrothermaux à l'origine de minéralisations en terres rares. De plus, nos données expérimentales suggèrent que la stabilité supérieure des complexes chlorés à terres rares légères relativement aux complexes chlorés à terres rares lourdes pourrait expliquer la mobilité préférentielle des terres rares légères observée dans plusieurs gisements de terres rares. La concentration hydrothermale des terres rares se produit lorsque des fluides acides porteurs de terres rares et de Cl interagissent avec des roches ayant un effet tampon sur le pH, ou se mélangent avec des fluides de pH neutre, et/ou subissent une baisse de température, provoquant la déposition de minéraux porteurs de terres rares. Compte tenu de la mobilité plus importante des terres rares légères, les gisements d'origine principalement hydrothermale auront tendance à être enrichis en terres rares légères et leurs teneurs seront supérieures dans les roches comme le calcaire ou le marbre qui neutralisent efficacement l'acidité, et/ou dans des environnements où le mélange avec des fluides météoriques plus froids est facilité.

## SÉANCE 12

### L'Intrusion alcaline de Crevier minéralisée en Nb-Ta-ETR : nouvelles données géochronologiques, isotopiques, géochimiques et minéralogiques

PIERRE-ARTHUR GROULIER, DANIEL OHNENSTETTER, ANNE-SYLVE ANDRÉ-MAYER (UNIVERSITÉ DE LORRAINE, FRANCE), FABIEN SOLGADI, ABDELALI MOKHSIL (MRN) ET ARMIN ZEH (GOETHE UNIVERSITÄT, ALLEMAGNE)

L'Intrusion alcaline de Crevier (IAC) est localisée au nord du Lac Saint-Jean dans la Province de Grenville. Elle est située sur le linéament crustal de Waswanipi-Saguenay associé au graben du Saguenay au sein duquel se trouve également l'intrusion minéralisée en Nb-ETR de la mine Niobec à Saint-Honoré.

L'IAC est constituée de trois grandes unités : (i) une unité principale correspondant à une syénite néphélinique massive de texture variable; (ii) une syénite rubanée constituée par le recoupement de dykes de syénite néphélinique, de syénite à biotite, de syénite à biotite-carbonates, de carbonatites et de lamprophyres; et (iii) des dykes de syénite néphélinique pegmatitique. Les chronologies relatives observées sur le terrain montrent que la première unité est intrudée par la seconde, les essaims de dykes pegmatitiques recoupant les deux premières unités. Le lien chronologique entre les carbonatites et les pegmatites n'est pas clair. Les carbonatites pourraient être synchrones ou postérieures aux pegmatites.

Les dykes pegmatitiques se situent au centre de l'IAC et sont orientés N320°. La cartographie de détail montre que ces dykes se mettent en place dans un système de cisaillement dextre et possèdent généralement une symétrie avec des cristaux pluricentimétriques à décimétrique d'albite et de néphéline qui cristallisent perpendiculairement aux épontes en direction du centre du dyke constitué de syénite néphélinique à grain fin.

Ces dykes pegmatitiques, dont les extensions nord et sud ne sont pas connues, constituent la cible principale de l'étude du potentiel économique en Nb et Ta de l'IAC. La minéralisation est portée par des pyrochlores. Cette étude a fait ressortir l'existence de deux lignées de pyrochlores issues du processus de cristallisation fractionnée : une lignée à Nb-Ti dominant et une lignée plus tantalifère associée aux phases plus tardives. Les pyrochlores ont soit une origine magmatique primaire, soit une origine secondaire tardi-magmatique associée aux circulations fluides. Les plus gros pyrochlores (>1 mm) sont associés à des veines tardives de syénite néphélinique à sodalite. Les pyrochlores primaires magmatiques sont, quant à eux, souvent associés avec des fluorapatites à Sr et présentent presque toujours des figures de dissolution et de recristallisation associées à des pertes en Na-Ti-Nb et des gains en F-Si-K-Fe-Mn lors de l'interaction avec un fluide fluoré. Les pyrochlores secondaires sont toujours dans des réseaux de fractures, ils sont petits, xénomorphes mais plus homogènes que les magmatiques. Ils sont spatialement associés à des fluorapatites, des pyrrhotites, des ilménites et parfois des carbonates de terres rares.

Les analyses géochimiques, quant à elles, donnent des indices sur la présence d'un processus d'immiscibilité entre une phase silicatée et une phase carbonatée. Ce processus jouerait un rôle dans la répartition des minéraux d'intérêt économique (Nb-Ta-ETR).

Les datations (U/Pb, sur zircon) de la syénite néphélinique donnent un âge tardi-grenvillien ( $957,5 \pm 2,9$  Ma) associé probablement à une phase d'effondrement de l'orogène couplé à une extension. Les datations par Lu-Hf sur les mêmes zircons de cette syénite ont retourné un âge de 1700 Ma. Cet âge labradorien correspondrait à l'âge d'extraction initial du manteau supérieur.



## SÉANCE 12

### Caractérisation préliminaire de la minéralisation en terres rares de la ferrocarbonatite de Saint-Honoré

ALEXANDRE NÉRON, PAUL BÉDARD, DAMIEN GABOURY (UQAC) ET STEVE THIVIERGE (IAMGOLD)

L'exploration des éléments terres rares (ETR) a suscité un regain d'intérêt depuis quelques années. La compréhension de la géologie économique des gisements d'ETR est nécessaire pour générer des cibles d'exploration solides. Le complexe alcalin de Saint-Honoré étant une exploitation de niobium active (Niobec) et un dépôt de classe mondiale d'ETR, il offre un domaine d'étude exceptionnel. Le complexe, localisé au Saguenay, est associé au graben du Saguenay. Il est recouvert par les carbonates ordoviciens. Le complexe alcalin est âgé d'environ 650 Ma. Il se présente sous la forme d'une cheminée verticale dans laquelle les unités pétrographiques vont d'une carbonatite calcitique en bordure vers une ferrocarbonatite en son centre. La ferrocarbonatite bréchifiée contenant la minéralisation se compose de carbonates (calcite, dolomite et sidérite), de baryte, de minéraux de terres rares (bastnaesite avec un peu de monazite), du quartz, des halogénures (halite et sylvite) et de la chlorite. Elle se subdivise en deux unités : massive et bréchique. La ferrocarbonatite massive se compose principalement de carbonates grossiers (dolomite, ankérite et sidérite) et d'un peu de baryte. Les minéraux d'ETR se retrouvent dans des amiboïdes violacés centimétriques. Bien que la proportion des minéraux des amiboïdes varie dans l'unité, les minéraux présents sont la bastnaesite, la monazite, l'hématite, le quartz, l'halite, la baryte et des carbonates. La ferrocarbonatite bréchique se caractérise par des fragments millimétriques subangulaires de carbonates et de barytes. La minéralogie du matériel interstitiel aux fragments est semblable à celle des amiboïdes violacées. Le contact entre les unités bréchiques et massives est net dans certaines zones, tandis qu'il est transitionnel dans d'autres. La ferrocarbonatite peut être divisée en profondeur en deux zones caractérisées par la présence ou l'absence d'halogénures, de quartz et/ou de baryte associée à la minéralisation. Certains auteurs ont démontré qu'une corrélation entre la teneur en baryum et les ETR suggérait une source magmatique. La teneur élevée en baryum de la ferrocarbonatite minéralisée de Saint-Honoré (plus de 5 %) laisse supposer une composante magmatique importante pour la minéralisation en ETR. De plus, il existe une relation entre la présence d'halite et la minéralisation en ETR, suggérant une composante hydrothermale riche en chlore. La relation entre les halogénures et les minéraux d'ETR et l'abondance de baryte suggèrent une source magmatique riche en ETR enrichie par une remobilisation hydrothermale tardive.

## SÉANCE 12

### Restauration progressive des parcs à résidus miniers de Niobec, une approche de développement durable

THIERRY TREMBLAY (IAMGOLD)

En exploitation depuis 1976, la mine Niobec dispose de deux aires d'accumulation, soit le parc n°1 exploité de 1976 à 2004 et le parc n°2 en activité depuis 2003. Soucieuse de bien s'intégrer à la communauté d'accueil de Saint-Honoré-de-Chicoutimi, la mine Niobec a mis en place une approche innovatrice de restauration progressive de ses parcs à résidus miniers, approche visant à transformer ces aires d'accumulation en milieux utiles à la communauté et l'environnement.

Cherchant à continuellement améliorer ses pratiques en matière de restauration progressive, Niobec s'est associé à la chaire en éco-conseil de l'Université du Québec à Chicoutimi (UQAC) et au Centre de recherche et d'innovation en agriculture Agrinova. Les projets de recherche réalisés en partenariat avec ces organismes permettront à Niobec d'élaborer une stratégie optimisée de restauration du parc n°2 existant et d'éventuellement appliquer cette stratégie dès l'an un de l'exploitation de la prochaine aire d'accumulation des résidus de la mine. Basée sur les principes directeurs du développement durable, cette stratégie de restauration progressive « accélérée » visera à contribuer à la ségrégation du CO<sub>2</sub> atmosphérique (gaz à effet de serre), à favoriser le contrôle de l'érosion hydrique et éolienne, à permettre l'établissement d'un écosystème productif et diversifié, à assurer l'intégration des ouvrages dans le paysage et ultimement à rendre un tel ouvrage socialement acceptable dans un milieu municipalisé comme Saint-Honoré-de-Chicoutimi.

Cette conférence présentera les éléments clés de l'approche de Niobec en matière de restauration progressive des parcs à résidus miniers et les points forts des projets de recherche menés à ce jour. Elle permettra de partager la vision de l'entreprise sur l'avenir de ses aires d'accumulation.



## SÉANCE 12

### Mise à jour géologique et développement minier du projet de lanthanides de Montviel, Baie-James, Québec

SIMON BRITT ET ALAIN CAYER (RESSOURCES GÉOMÉGA)

Ressources GéoMégA détient 100 % de la propriété Montviel, qui est située en Jamésie à 100 km au nord de Lebel-sur-Quévillon et à 45 km à l'ouest de la première nation crie de Waswanipi. La propriété bénéficie d'un accès permanent, d'infrastructures publiques et d'une main-d'œuvre expérimentée dans les environs immédiats.

Les roches de la propriété sont composées de roches archéennes de la Sous-province de l'Abitibi dans lesquelles s'est mise en place l'Intrusion alcaline protérozoïque de Montviel. Au cœur de cette intrusion, nous trouvons des carbonatites, dont la partie centrale est composée de ferrocyanatite avec de fortes concentrations en éléments des terres rares (« ETR ») et en niobium. Les principaux minéraux porteurs d'ETR sont des fluorocyanates de la famille de la bastnaésite-synchysite et le pyrochlore est la principale phase minéralisée pour le niobium. À ce jour, la Société a délimité la ferrocyanatite minéralisée sur plus de 900 m par 650 m et 750 m de profondeur. Les travaux ont défini une zone enrichie en ETR et en niobium dans le secteur ouest de la ferrocyanatite et ils ont aussi mis en évidence deux zones distinctes enrichies en ETR lourdes.

Les publications de la mise à jour de l'estimation des ressources et de l'étude économique préliminaire sont prévues avant la fin du calendrier 2013. La teneur de coupure de l'estimation des ressources sera ajustée d'une exploitation à ciel ouvert considérant les oxydes de terres rares totales, à une exploitation par rampe d'accès, en tenant compte des éléments économiques suivants : le néodyme, l'euporium, le dysprosium, le praséodyme, le terbium, l'yttrium et le niobium. Une production annuelle initiale de l'ordre de 2 000 tonnes d'oxyde de néodyme est envisagée. Le schéma des procédés qui a été mis en place inclut la flottation, la lixiviation, la régénération de l'acide chlorhydrique et la précipitation. Parallèlement, GéoMégA met en place un procédé de séparation des terres rares basé sur leurs propriétés physiques respectives.

## SÉANCE 12

### Pétrométallogénèse du système alcalin carbonatitique (ETR-Nb) de Montviel, Abitibi

OLIVIER NADEAU (UGAM), ALAIN CAYER, MIA PELLETIER (RESSOURCES GÉOMÉGA), DAVID SÉGUIN, ROSS STEVENSON ET MICHEL JÉBRAK (UGAM)

L'intrusion alcaline de Montviel, Abitibi, Québec, est l'hôte d'un des gisements de lanthanides parmi les plus prometteurs au Québec à ce jour. Le système magmatique a un âge paléoprotérozoïque d'environ  $1894 \pm 4$  Ma (U-Pb sur zircon dans ijolite; David *et al.*, 2006) et est constitué de péridotites, pyroxénites, syénites, melteigites, ijolites, urtites, granites sodiques, silicocyanatites, calciocyanatites, ferrocyanatites et de brèches polygéniques carbonatitiques (Goutier, 2006; Nadeau *et al.*, 2013). Des travaux avancés de forages, de cartographie, de modélisation 3D, de pétrographie, d'analyses de minéraux par microsonde à électrons et éléments traces par ablation laser ICP-MS et analyses isotopiques de  $\delta^{13}\text{C}$ ,  $\delta^{18}\text{O}$ , Rb-Sr et Sm-Nd sont utilisés afin d'étudier la pétrogenèse du système alcalin de même que la métallogénèse du gisement de ETR-Nb. Les résultats préliminaires démontrent que les magmas silicatés ultramafiques à mafiques furent d'abord issus du manteau appauvri sous-lithosphérique, avec assimilation graduelle de matériaux crustaux. Un second pulse mantellique injecta par la suite les calciocyanatites, lesquelles évoluèrent vers des ferrocyanatites via assimilation de croûte continentale, cristallisation fractionnée et métasomatisme. Les premières phases minéralisées sont donc des carbonates magmatiques de Ca-Sr-ETR, alors que le métasomatisme du F forme des fluorocyanates de Ca-ETR (par exemple, parsite et synchysite) et le métasomatisme du Ba forme des carbonates de Ba-Sr-ETR (par exemple, carbocernaite). Le métasomatisme combiné du Ba et du F forme finalement des fluorocyanates de Ba-ETR tels que la qaqrassukite. Un 3<sup>e</sup> pulse mantellique semble avoir enrichi certaines parties du gisement en lanthanides de masses moyennes et lourdes (ETR lourdes), formant notamment l'ewaldite ((Ba,Sr)(Ca,Na,ETR)(CO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>·10-12H<sub>2</sub>O). Finalement, la contamination du système magmatique-carbothermal par un liquide aqueux a donné lieu à une explosion phréatomagmatique créant la brèche polygénique carbonatitique enrichie en ETR lourdes. Bien que le l'auto-métasomatisme et la pulsation de fluides mantelliques aient permis d'élucider certaines questions sur l'origine et la genèse du système, plusieurs questions demeurent, notamment à propos des processus de sulfuration et d'oxydation. En effet, certaines observations semblent même démontrer la présence d'un liquide sulfuré immiscible. Les fluctuations de la fugacité de l'oxygène semblent aussi avoir joué un rôle important sur la cristallisation des phases magmatiques et carbothermals.

#### Références

DAVID, J. - DION, C. - GOUTIER, J. - ROY, P. - BANDYAYERA, D. - LEGAULT, M. - RHÉAUME, P., 2006 - Datations U-Pb effectuées dans la Sous-province de l'Abitibi à la suite des travaux de 2004-2005.

GOUTIER, J., 2005 - Géologie de la région du lac au Goéland (32F15). Ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Québec; RG 2005-05, 39 pages.

NADEAU, O. - STEVENSON, R. - JÉBRAK, M., 2013 - Petro-somatic Evolution of Montviel Alkaline System and Rare Earth Carbonatites, Abitibi, Canada, Résumé de conférence, Goldschmidt 2013, Florence, Italy.



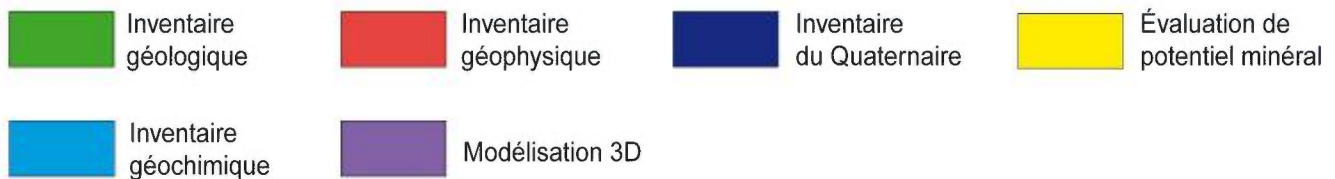
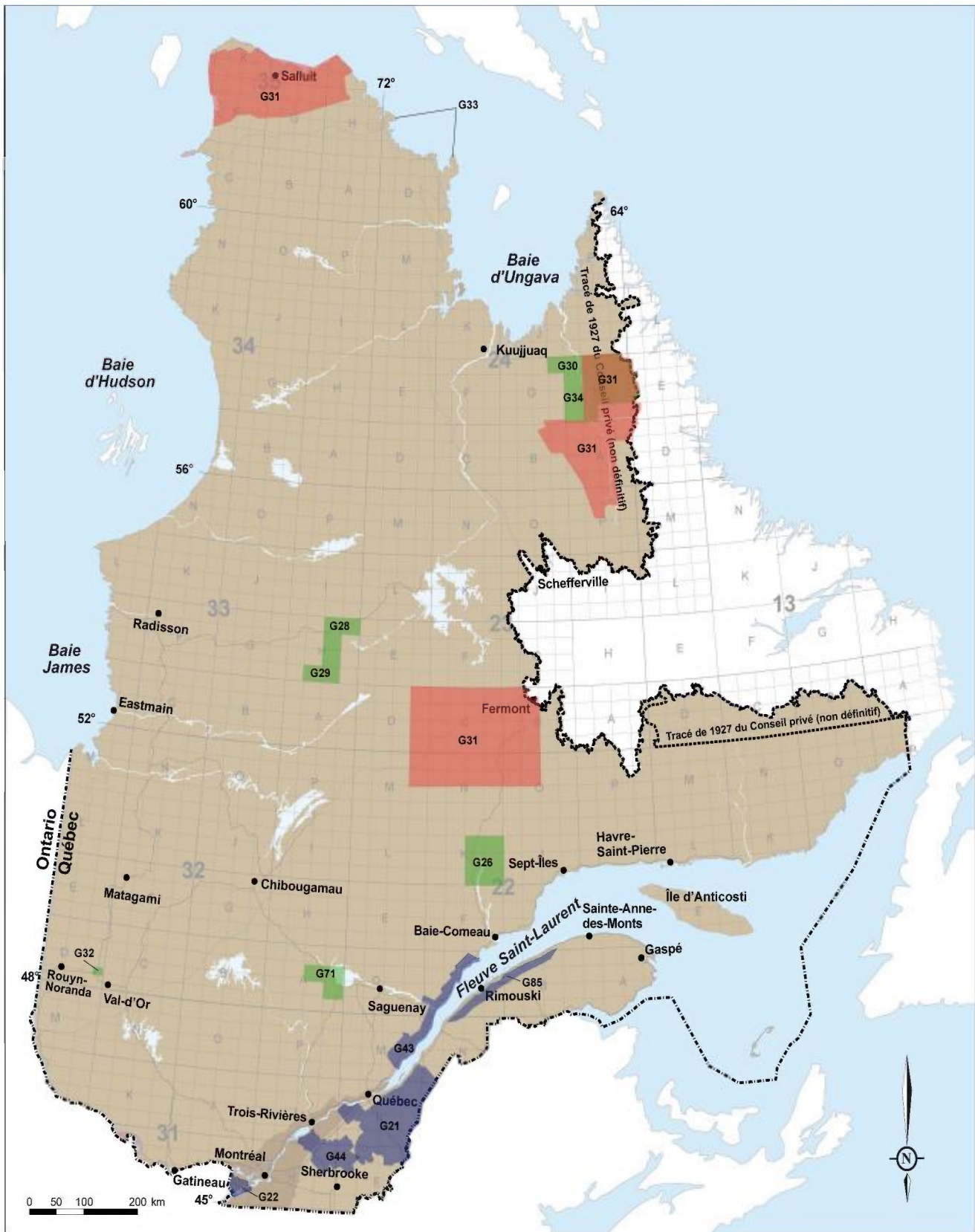
## RÉSUMÉS DES PHOTOPRÉSENTATIONS

<b>G01</b>	Les déformations liées à l'enfouissement et l'exhumation du Parautochtone au sud-ouest du réservoir Manicouagan, Province de Grenville centrale, Québec.....	53	<b>G21</b>	Cartographie des sédiments quaternaires de la région de Chaudière-Appalaches : bilan et perspectives.....	63
<b>G02</b>	L'Intrusion alcaline de Crevier minéralisée en Nb-Ta-ETR : nouvelles données géochronologiques, isotopiques, géochimiques et minéralogiques.....	53	<b>G22</b>	Un aperçu des travaux de cartographie quaternaire dans la région de Vaudreuil-Soulanges .....	63
<b>G03</b>	L'astrolème de Manicouagan (Québec) : nouvelles données pétrologiques .....	54	<b>G23</b>	Mobilité et enregistrements sédimentaires des terres rares dans les sédiments d'un lac boréal .....	64
<b>G04</b>	Étude des intrusions ultramafiques de la région du lac Richardie, Baie-James .....	54	<b>G24</b>	Quantification de la fiabilité de la mesure de l'orientation des discontinuités sur des carottes orientées et son impact sur l'évaluation de la stabilité des pentes minières.....	64
<b>G05</b>	Minéralisation aurifère au contact entre les sous-provinces d'Opinaca et de La Grande : l'indice Quentin, Baie-James (SNRC 33H04) .....	55	<b>G25</b>	Analyses géomécaniques pour le projet minier Meliadine.....	65
<b>G06</b>	Étude pétrographique de l'intrusion ultramafique chromifère du lac des Montagnes, Baie-James, Québec .....	55	<b>G26</b>	Géologie de la région du lac Okaopéo, Côte-Nord (SNRC 22K01, 22K02, 22K07, 22K08, 22K09 et 22K10) .....	65
<b>G07</b>	Cartographie détaillée de l'indice d'or South Whip, Baie-James (SNRC 33H09) .....	56	<b>G27</b>	Potentiel de minéralisations en apatite au Québec .....	66
<b>G08</b>	La Province de Churchill Sud-Est, secteur Torngat : combien d'empreintes tectonométamorphiques les racines de l'orogène paléoprotérozoïque ont-elles enregistrées? .....	56	<b>G28</b>	Géologie et potentiel minéral de la région du lac des Voeux (Baie James) .....	66
<b>G09</b>	Géologie du secteur Marbridge (SNRC 32D08-0102) .....	57	<b>G29</b>	Géologie de la région du lac Richardie, Baie-James : la limite entre l'Opinaca et La Grande.....	67
<b>G10</b>	Géologie et minéralisations aurifères à la mine Malartic Hygrade - le gîte Orion Zone n° 8 .....	57		Magmatisme ultramafique à mafique dans les domaines de La Grande et d'Eastmain de la Province du Supérieur, Baie-James, Québec..	67
<b>G11</b>	Géologie de l'indice aurifère « Rives du lac Malartic » (RLM) .....	58	<b>G30</b>	Géologie et potentiel économique de la région du lac Henrietta, Churchill sud est (SNRC 24H) .....	68
<b>G12</b>	Synthèse et évolution de la Faille de Cadillac, Abitibi .....	58	<b>G31</b>	Présentations des données géophysiques publiées en 2013 .....	68
<b>G13</b>	Volcanologie de la Formation de Waconichi, secteur Lemoine, Chibougamau (Sous-province de l'Abitibi).....	59	<b>G32</b>	Géologie de la région de La Motte (SNRC 32D08-SE).....	69
<b>G14</b>	Classification géochimique des roches du Groupe de Blake River (Sous-province de l'Abitibi).....	59	<b>G33</b>	Inventaire des ressources en granulats des régions de Quaqaq et de Kangiqsujuaq.....	69
<b>G15</b>	Les minéralisations aurifères associées à la Faille Porcupine-Destor - La propriété Duquesne Ottoman, Abitibi, Québec, Canada.....	60	<b>G34</b>	Prospection glaciocédimentaire dans la partie sud-est de la Province de Churchill : échantillonnage combiné de sédiments glaciaires et fluvioglaciaires .....	70
<b>G16</b>	Étude minéralogique de zones aurifères du segment Augmitto-Astoria de la Faille Cadillac, Rouyn-Noranda, Québec .....	60	<b>G36</b>	Géologie de la région du lac Lamarck (demi-nord du feuillet SNRC 32G14) et du lac Thomelet (quart sud-ouest du feuillet SNRC 32J03) .....	70
<b>G17</b>	Les minéralisations aurifères du cisaillement Wasamac, Rouyn-Noranda, Québec .....	61	<b>G37</b>		
<b>G18</b>	Les suites plutoniques du nord-est de la Province du Supérieur (NEPS), Québec, Canada : une approche métallogénique préliminaire .....	61	<b>G38</b>	Analyse structurale du cisaillement de la rivière France et de ses minéralisations aurifères, région de Chapais Chibougamau, Québec .....	71
<b>G19</b>	Les paragenèses à magnétite des altérations hydrothermales des systèmes de type oxydes de fer cuivre or .....	62	<b>G39</b>	Évolution tectonique et métamorphique de la bordure Nord de la Sous province de l'Abitibi (Québec, Canada) - Phase 2.....	71
<b>G20</b>	Signatures géophysiques des intrusions alcalines tardi-archéennes de l'Abitibi, Québec-Ontario, Canada.....	62	<b>G40</b>	Évaluation du potentiel aurifère d'intrusions alcalines des sous-provinces de l'Abitibi et du Pontiac, Québec .....	72
			<b>G42</b>	Compilation géologique de la région du Bas-Saint-Laurent, MRC de Kamouraska, du Témiscouata et de Rivière-du-Loup.....	72



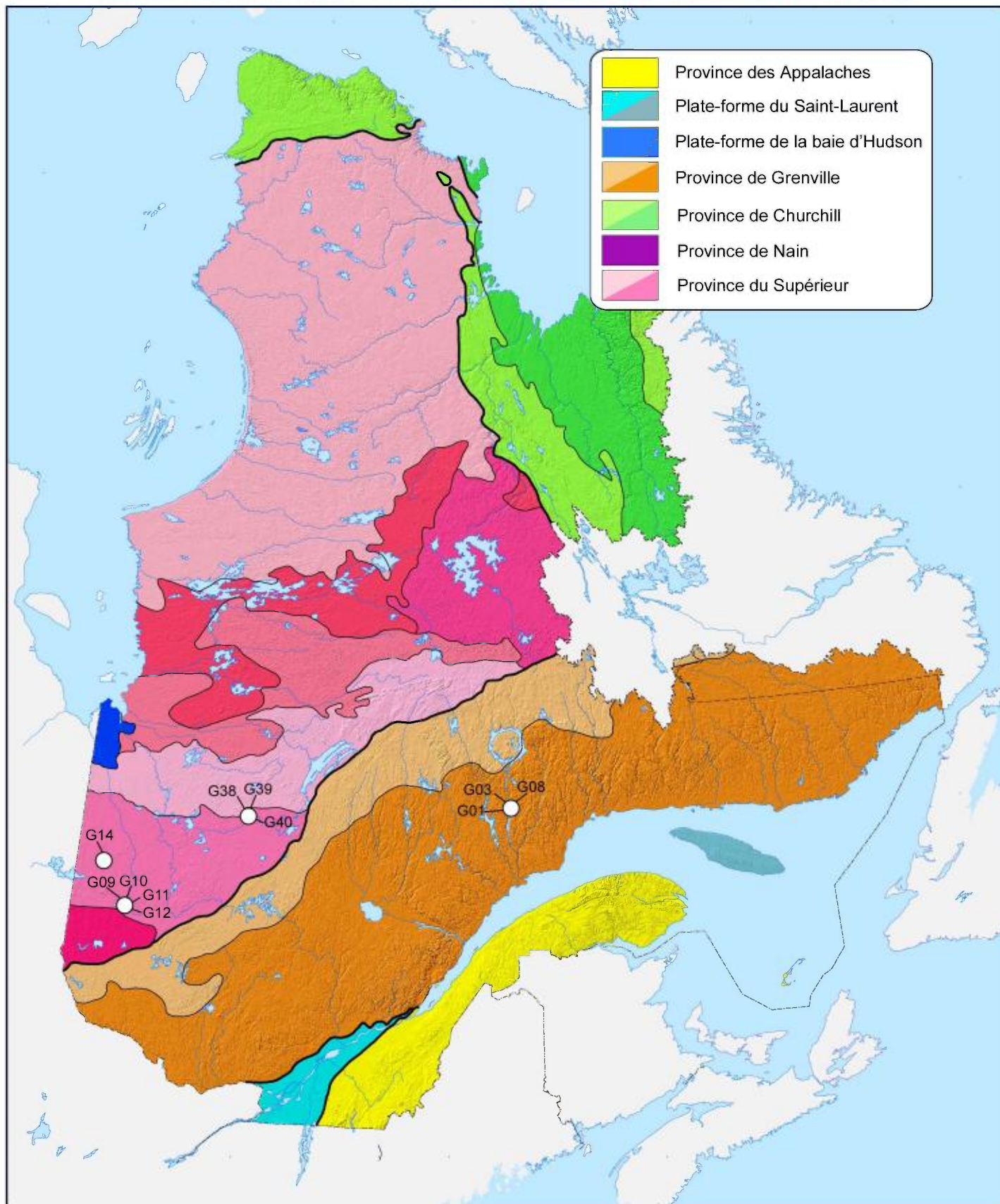
<b>G43</b>	Cartographie des dépôts quaternaires de Charlevoix et de la Haute-Côte-Nord (Québec, Canada) .....	73	<b>G72</b>	Réévaluation paléoenvironnementale du complexe volcanique de Selbaie et de son potentiel métallogénique, nord-ouest de l'Abitibi .....	79
<b>G44</b>	Programme de cartographie des dépôts quaternaires du bassin-versant de la rivière Nicolet.....	73	<b>G73</b>	Optimisation des données de géochimie des sols par acides forts pour l'exploration minérale.....	80
<b>G45</b>	Quelques faits saillants de l'exploration avancée et du développement minier en Abitibi-Témiscamingue en 2013.....	74	<b>G74</b>	Géochimie des dykes et filons-couches gabbroïques d'Otish.....	80
<b>G53</b>	Nouvelles cibles pour l'exploration minérale - Travaux géoscientifiques 2013 .....	74	<b>G75</b>	Les mines souterraines et la caractérisation hydrogéologique d'aquifères régionaux en socle rocheux.....	81
<b>G55</b>	Géoparcs : à quoi ça sert?.....	75	<b>G79</b>	Analyse préliminaire du glissement actif sur le mur est de la mine LAB Chrysotile : suivi LiDAR et modélisation numérique.....	81
<b>G57</b>	Projet de parc régional nommé Géoparc de Percé .....	75	<b>G80</b>	Vers une exploitation minière québécoise « verte » : les résidus miniers du Québec, une alternative régionale incontournable dans la capture des émissions de CO <sub>2</sub> .....	82
<b>G58</b>	Projet de géoparc de Charlevoix.....	76	<b>G81</b>	Les impacts sociaux de la mine Raglan auprès des communautés de Salluit et de Kangiqsujuaq au Nunavik .....	82
<b>G66</b>	Les gîtes hydrothermaux au sein des systèmes à altération alcaline et à oxydes de fer : des colosses aux pieds d'argile?.....	76	<b>G85</b>	Programme d'acquisition de connaissances sur les eaux souterraines du nord-est du Bas-Saint-Laurent (PACES-NEBSL) - Quelques aspects du Quaternaire de la région de Trois-Pistoles.....	83
<b>G67</b>	Applicabilité de la carbonatation minérale dans le secteur minier .....	77	<b>G86</b>	Cartographie des zones potentiellement exposées aux mouvements de terrain dans les argiles sensibles, Québec, Canada .....	83
<b>G68</b>	Exemples de minéralisation cuprifère de l'Anti-Atlas oriental (Maroc) : contexte géologique et mode de mise en place.....	77			
<b>G69</b>	La minéralisation cuprifère de l'Anti-Atlas occidental (Anti-Atlas, Maroc) : succession paragéométrique et contextede mise en place .....	78			
<b>G70</b>	Géochimie et isotopes Sr-Nd de la série volcanique édiacarienne de la vallée de Tifnoute (Massif de Siroua, Anti-Atlas central, Maroc).....	78			
<b>G71</b>	Projet d'acquisition de connaissances sur les granites, les gîtes et la géochimie dans le secteur Saint-Félicien, région du Saguenay-Lac-Saint-Jean (SNRC 32A08, 32A09, 32A10).....	79			

# LOCALISATION DES PROJETS DE GÉOLOGIE QUÉBEC





# LOCALISATION DES PROJETS UNIVERSITAIRES





## Les déformations liées à l'enfouissement et l'exhumation du Parautochtone au sud-ouest du réservoir Manicouagan, Province de Grenville centrale, Québec

SOPHIE JANNIN, FÉLIX GERVAIS (ÉCOLE POLYTECHNIQUE) ET ABDELALI MOUKHSIL (MRN)

Ce projet de doctorat vise à définir un modèle qui expliquerait l'enfouissement et l'exhumation du Parautochtone dans la Province de Grenville centrale, au sud du réservoir Manicouagan (feuillet SRNC : 22N03, 22N02, 22K14 et 22K15).

Le Parautochtone correspond au craton nord américain déformé. Il est chevauché par l'Allochtonne qui est constitué de roches exotiques. La zone de charriage de l'Allochtonne (ABT) sépare ces deux ensembles. Dans le Grenville occidental, cette faille est connue pour avoir eu un mouvement inverse permettant l'enfouissement du Parautochtone, puis un mouvement normal permettant son exhumation.

Dans le Grenville central, au sud du réservoir Manicouagan, l'Allochtonne a été métamorphisée entre 1080 et 1030 Ma dans le champ de la sillimanite. Le Parautochtone a, quant à lui, été métamorphisé entre 995 et 980 Ma dans les champs de la sillimanite et de la kyanite.

Le MRN a réalisé une campagne de cartographie du secteur en 2011. Une compilation de leurs données, ainsi qu'une campagne de terrain en 2012, ont permis de décrire trois phases de déformation dans le Parautochtone. La première, présente au nord-ouest du feuillet 22N03, a une foliation orientée NW-SE. Elle peut être transposée par une déformation D2 caractérisée par : une foliation NE-SW, une linéation plongeante vers le sud et des mouvements inverses et senestres. Cette deuxième déformation a des âges U-Pb sur zircons d'environ 985 Ma à proximité de l'ABT et d'environ 1010 Ma plus à l'ouest. Cette déformation est probablement à l'origine de l'enfouissement du Parautochtone.

Une troisième déformation, présente localement au sud, plisse la linéation qui devient plongeante non plus vers le sud mais vers le sud ouest. Un cisaillement dextro normal y est associé. Cette déformation aurait pu permettre l'exhumation du Parautochtone. Néanmoins, à proximité des rives sud du réservoir Manicouagan, aucune faille normale postérieure à la déformation D2 n'a été observée dans le Parautochtone, en 2012. La déformation pouvant correspondre à l'exhumation du Parautochtone n'a donc pas été caractérisée dans ce secteur.

Des données recueillies sur le terrain en 2013 montrent qu'au sein de l'Allochtonne, à proximité de l'ABT, la linéation est plongeante vers le sud et les cisaillements y sont inverses. Cette déformation pourrait correspondre à celle D2 décrite dans le Parautochtone.

Plus à l'ouest, au sud de l'île de Manicouagan, une zone de 4 km est caractérisée par : 1) la présence de deux linéations différentes sur un même affleurement, alors que la foliation est globalement N045; 2) des indicateurs cinématiques qui semblent avoir rejoué; et 3) la présence de nombreuses pegmatites tardives. La première linéation est plongeante vers le sud avec un mouvement inverse, tandis que la deuxième est plongeante vers N130 avec un mouvement normal. Les indicateurs cinématiques observés dans la roche hôte témoignent d'un premier mouvement inverse repris par un mouvement normal. Les pegmatites recoupent la foliation et peuvent parfois avoir une linéation plongeante vers N130, avec des indicateurs cinématiques normaux. Le cisaillement normal est donc postérieur au cisaillement inverse.

Cette zone de cisaillement normal a probablement permis l'exhumation du Parautochtone. L'Allochtonne localisée entre cette zone et l'ABT serait-il resté enfoui pendant l'exhumation du reste de l'Allochtonne ou aurait-il été exhumé puis ré enfoui avec le Parautochtone? La datation de cette déformation, l'étude du métamorphisme dans ce secteur ainsi que l'estimation de l'âge et des conditions de refroidissement du Parautochtone et de l'Allochtonne pourraient répondre à cette question.

## L'Intrusion alcaline de Crevier minéralisée en Nb-Ta-ETR : nouvelles données géochronologiques, isotopiques, géochimiques et minéralogiques

PIERRE ARTHUR GROULIER, DANIEL OHNENSTETTER, ANNE SYLVIE ANDRÉ MAYER (UNIVERSITÉ DE LORRAINE, FRANCE), FABIEN SOLGADI, ABDELALI MOUKHSIL (MRN) ET ARMIN ZEH (GOETHE UNIVERSITÄT, FRANCFORT, ALLEMAGNE)

L'Intrusion alcaline de Crevier (IAC) est localisée au nord du Lac Saint-Jean dans la Province de Grenville. Elle est située sur le linéament crustal de Waswanipi Saguenay associé au graben du Saguenay au sein duquel se trouve également l'intrusion minéralisée en Nb-ETR de la mine Niobec à Saint-Honoré.

L'IAC est constituée de trois grandes unités : (i) une unité principale correspondant à une syénite néphélinique massive de texture variable; (ii) une syénite rubanée constituée par le recoupement de dykes de syénite néphélinique, de syénite à biotite, de syénite à biotite carbonates, de carbonatites et de lamprophyres; et (iii) des dykes de syénite néphélinique pegmatitique. Les chronologies relatives observées sur le terrain montrent que la première unité est intrudée par la seconde, les essais de dykes pegmatitiques recoupant les deux premières unités. Le lien chronologique entre les carbonatites et les pegmatites n'est pas clair. Les carbonatites pourraient être synchrones ou postérieures aux pegmatites.

Les dykes pegmatitiques se situent au centre de l'IAC et sont orientés N320°. La cartographie de détail montre que ces dykes se mettent en place dans un système de cisaillement dextre et possèdent généralement une symétrie avec des cristaux pluricentimétriques à décimétrique d'albite et de néphéline qui cristallisent perpendiculairement aux épontes en direction du centre du dyke constitué de syénite néphélinique à grain fin.

Ces dykes pegmatitiques, dont les extensions nord et sud ne sont pas connues, constituent la cible principale de l'étude du potentiel économique en Nb et Ta de l'IAC. La minéralisation est portée par des pyrochlores. Cette étude a fait ressortir l'existence de deux lignées de pyrochlores issues du processus de cristallisation fractionnée : une lignée à Nb-Ti dominant et une lignée plus tantalifère associée aux phases plus tardives. Les pyrochlores ont soit une origine magmatique primaire, soit une origine secondaire tardive magmatique associée aux circulations fluides. Les plus gros pyrochlores (>1 mm) sont associés à des veines tardives de syénite néphélinique à sodalite. Les pyrochlores primaires magmatiques sont, quant à eux, souvent associés avec des fluorapatites à Sr et présentent presque toujours des figures de dissolution et de recristallisation associées à des pertes en Na-Ti-Nb et des gains en F-Si-K-Fe-Mn lors de l'interaction avec un fluide fluoré. Les pyrochlores secondaires sont toujours dans des réseaux de fractures, ils sont petits, xénomorphes mais plus homogènes que les magmatiques. Ils sont spatialement associés à des fluorapatites, des pyrrhotites, des ilménites et parfois des carbonates de terres rares.

Les analyses géochimiques, quant à elles, donnent des indices sur la présence d'un processus d'immiscibilité entre une phase silicatée et une phase carbonatée. Ce processus jouerait un rôle dans la répartition des minéraux d'intérêt économique (Nb-Ta-ETR).

Les datations (U/Pb, sur zircon) de la syénite néphélinique donnent un âge tardi grenvillien ( $957,5 \pm 2,9$  Ma) associé probablement à une phase d'effondrement de l'orogène couplé à une extension. Les datations par Lu-Hf sur les mêmes zircons de cette syénite ont retourné un âge de 1700 Ma. Cet âge labradorien correspondrait à l'âge d'extraction initial du manteau supérieur.



## L'astroblème de Manicouagan (Québec) : nouvelles données pétrologiques

PIERRE ARTHUR GROULIER, ABDELALI MOUKHSIL  
ET FABIEN SOLGADI (MRN)

Le Québec est un lieu privilégié pour retrouver des cratères d'impact météoritique (CI) préservés. En effet, une grande partie de son territoire est occupé par le craton du Supérieur qui constitue une province géologiquement et tectoniquement stable, favorable à la préservation des astroblèmes. Il n'y a pas moins de neuf structures d'impact reconnues au Québec : Charlevoix (342 ±15 Ma), l'Île Rouleau (<300 Ma), Lac à l'Eau Claire (impact double daté à 290 ±20 Ma), Lac Couture (425 ±25 Ma), Nouveau Québec (1,6 Ma), Lac La Moinerie (400 ±20 Ma), Presqu'île (<500 Ma) et Manicouagan (CIM). Le CIM, d'une superficie de 2000 km<sup>2</sup> pour un diamètre estimé de 100 km, est daté du Trias (214 ±1 Ma). Il se situe au milieu des roches protérozoïques de la Province de Grenville et correspond au 5<sup>e</sup> plus grand impact répertorié sur terre. Le travail effectué au cours du projet de cartographie du ministère des Ressources naturelles (MRN) en 2011 a permis de faire une étude pétrographique des différents faciès rencontrés. Le cratère est d'une morphologie complexe avec la présence d'un pic central, sa forme est bien mise en évidence grâce au réservoir du barrage Manic 5 (Daniel-Johnson).

Le CIM est caractérisé par la présence de six unités géologiques : Tcim1 qui correspond aux roches encaissantes, soit l'anorthosite du Mont de Babel et des gneiss de la zone imbriquée de Manicouagan, ayant subi l'impact; Tcim2, formée des suévites (brèches d'impact); Tcim3, formée de basalte parfois sphérolitique; Tcim4 qui est une latite; Tcim5 qui est une monzonite; et Tcim6, composée de roches du socle métamorphosées par le choc et par la température induite par le magma créé.

Des travaux antérieurs effectués sur le CIM ont permis de mettre en évidence la présence de pseudotachylite (abondants au niveau du Mont de Babel), de brèches à matrice clastique, de maskéline (plagioclases vitrifiés), de quartz et plagioclases choqués ainsi que des shattercones. Le choc fut si violent qu'un important volume de roche fondue fut créé (un hémisphère de 8 km de rayon soit un volume de 1000 km<sup>3</sup>), l'épaisseur moyenne de la couche de lave était de 400 m en moyenne et de plus de 1 km à son épaisseur maximale, avec des phénomènes de cristallisation fractionnée. Des minéralisations en Ni-Cu ± EGP sont observées dans les environs de l'impact, mais elles lui sont vraisemblablement antérieures.

## Étude des intrusions ultramafiques de la région du lac Richardie, Baie-James

DONALD GRZELA (UNIVERSITÉ D'OTTAWA),  
JEAN GOUTIER (MRN), JONATHAN O'NEIL  
(UNIVERSITÉ D'OTTAWA) ET MICHEL G. HOULÉ (CGC-Q)

Plusieurs intrusions ultramafiques ont été répertoriées, lors des travaux de cartographie durant l'été 2013 par le ministère, dans les sous-provinces de La Grande et d'Opinaca, dans la région du lac Richardie située au sud du réservoir La Grande 4 à la Baie-James. Les observations de terrain montrent que ces intrusions sont généralement métamorphosées au faciès des amphibolites et des granulites, mais peu déformées, suggérant une mise en place tardive. De plus, nos travaux préliminaires indiquent également qu'il existerait plusieurs types d'intrusions ultramafiques dans ce secteur, dont l'une contenant des niveaux centimétriques de chromite dans une péridotite et des teneurs anormales en EGP (87,9 ppb Pd; 51,4 ppb Pt). Ce type de minéralisation pourrait se comparer à celui observé dans le Complexe de Menarik (lac Yasinski) ou encore à celui qui se trouve dans les intrusions du lac des Montagnes (Némiscau). Un autre type d'intrusion ultramafique se distingue par la présence significative de phlogopite et pourrait être lié à des intrusions ultramafiques alcalines comme celle du lac Pelletan (33H04). L'objectif de ce projet est d'effectuer la caractérisation pétrographique et géochimique de ces intrusions ultramafiques, afin d'établir le type d'intrusion auquel elles appartiennent, pour ensuite les comparer entre elles. Ce projet s'intègre à un projet conjoint de la Commission géologique du Canada et du ministère des Ressources naturelles du Québec, dans le cadre de l'initiative géoscientifique ciblée (IGC-4), sur l'étude des intrusions ultramafiques à mafiques des régions de Bird River au Manitoba, de McFaulds Lake en Ontario, de Némiscau et des lacs Yasinski et Richardie à la Baie-James au Québec.



## G05

### Minéralisation aurifère au contact entre les sous-provinces d'Opinaca et de La Grande : l'indice Quentin, Baie-James (SNRC 33H04)

SIMON BACHAND (UQAM), JEAN GOUTIER (MRN)  
ET ALAIN TREMBLAY (UQAM)

Les travaux effectués sur l'indice Quentin au cours de l'été 2013 ont été réalisés grâce à un projet de cartographie régionale du secteur au sud du réservoir La Grande 4, à la Baie James. Ils s'inscrivent dans le cadre d'une activité de synthèse de fin d'études à l'Université du Québec à Montréal (UQAM). L'indice Quentin a été découvert en 2012 lors de la cartographie du feuillet 33H04 par le ministère des Ressources naturelles. Il présente une minéralisation aurifère (un échantillon à 2,17 g/t) située directement au contact entre les amphibolites mafiques de La Grande et les paragneiss de l'Opinaca. Les travaux de décapage effectués cet été ont étendu la zone d'affleurements vers l'ouest. Une cartographie détaillée du secteur a aussi permis de mieux comprendre l'interaction entre les différentes lithologies. Ainsi, les amphibolites, fortement déformées, sont injectées par des dykes felsiques mylonitiques parallèlement à la schistosité principale (WNW-ESE). Le paragneiss est localement recoupé par une intrusion granitique massive à tourmaline centimétrique. On y trouve également plusieurs boudins métriques d'amphibolite ultramafique orientés parallèlement à la schistosité principale. Pour ce qui est de la minéralisation aurifère, l'hypothèse d'une veine de quartz à sulfures, émise en 2012, pencherait dorénavant vers un niveau décimétrique à métrique de formation de fer silicatée. En effet, les récents décapages ont permis d'étendre la minéralisation vers l'ouest en plus d'exposer un deuxième niveau minéralisé, parallèle au premier, au sud-ouest de celui-ci. Le premier niveau, soit l'extension de la zone aurifère découverte en 2012, présente une minéralisation en diopside, pyrite, pyrrotite et localement en chalcopryrite. Le deuxième niveau présente une minéralisation semblable au premier, en plus de la présence locale de grenat et d'arsénopyrite. Sur le plan structural, la présence de ces deux niveaux parallèles de formation de fer suggère la présence d'un pli isoclinal décamétrique, dont la charnière se trouverait légèrement à l'est de la zone d'étude. En plus de la cartographie détaillée, l'étude des résultats d'analyses géochimiques, ainsi que l'observation des différentes lithologies au microscope, permettront de mieux définir la minéralisation de l'indice Quentin. Par la même occasion, l'étude des indicateurs cinétiques présents dans les différentes mylonites permettra de mieux comprendre la nature du contact entre les sous-provinces d'Opinaca et de La Grande dans cette région.

## G06

### Étude pétrographique de l'intrusion ultramafique chromifère du lac des Montagnes, Baie-James, Québec

MARIE-PIER BÉDARD (ULVAL), MICHEL G. HOULÉ  
(CGC-Q), RÉJEAN HÉBERT (ULVAL)  
ET JEAN GOUTIER (MRN)

L'intrusion ultramafique chromifère du lac des Montagnes est connue depuis les années 1960, grâce à une cartographie régionale effectuée par le ministère des Richesses naturelles dans le secteur de Némiscau. Cette intrusion fait partie d'une série d'intrusions ultramafiques orientées ENE dans la ceinture volcano sédimentaire du lac des Montagnes dans la Sous province d'Opinaca, en bordure du contact sud avec le domaine d'Eastmain, dans la Province du Supérieur.

L'intrusion du lac des Montagnes s'est mise en place dans une séquence de paragneiss à biotite, qui s'étend sur environ 1100 m de longueur par 185 m d'épaisseur. Elle est composée principalement de péridotite, de pyroxénite à olivine et de pyroxénite, montrant des degrés variables de métamorphisme, allant de la serpentinisation talcification pseudomorphique jusqu'à l'oblitération complète de la texture cumulative primaire. Plusieurs niveaux riches en chromite sont également observés dans la séquence ultramafique et peuvent être regroupés en trois zones principales. La première zone, d'une épaisseur de 23 m dans la partie basale de l'intrusion, consiste en plusieurs lits centimétriques de chromite matricielle (jusqu'à 30 % de chromite) en alternance avec une péridotite serpentinisée. La seconde zone, d'une épaisseur d'environ 10 m, consiste en plusieurs lits de chromite semi massive (75 à 85 % de chromite) d'épaisseur variant de quelques dizaines de centimètres à 3 m, en alternance avec des péridotites talcifiées dans lesquelles la texture cumulative est bien préservée. La troisième zone chromifère consiste en une dizaine de lits centimétriques de chromite fortement disséminée à matricielle (entre 12 % et 20 % de chromite) sur une épaisseur d'environ 12 m. Les niveaux riches en chromite sont en alternance avec des péridotites métamorphosées en talc et serpentine avec une texture cumulative préservée dans laquelle l'abondance plus importante de pyroxène marque le début et la fin de la zone chromifère.

Bien que principalement ultramafique, l'intrusion du lac des Montagnes a montré, grâce à des travaux de reconnaissance durant l'été 2013, qu'elle pourrait être surmontée d'une séquence mafique composée de gabbro mésocrate et mélanocrate, montrant localement des zones pegmatitiques. Toutefois, la relation entre ces deux séquences est encore incertaine, compte tenu de la déformation intense et/ou de la présence d'injections mafiques tardives près de la zone de contact. Le projet actuel vise à établir la stratigraphie, la distribution des niveaux chromifères ainsi que le lien possible entre les séquences ultramafique et mafique dans l'intrusion du lac des Montagnes.



## Cartographie détaillée de l'indice d'or South Whip, Baie-James (SNRC 33H09)

MARILYNE ADAM (UQAM)

L'objectif de ce projet de fin d'études au baccalauréat est de réaliser une cartographie détaillée et une étude métallogénique de l'indice d'or South Whip.

L'indice South Whip est situé dans la région de la Baie-James, au sud est du réservoir LG4, dans le feuillet 33H09. Plus précisément, il est localisé à une trentaine de kilomètres au sud ouest de la pourvoirie Mirage Aventures située au kilomètre 358 de la Trans Taïga. Cet indice se trouve dans une ceinture volcano sédimentaire de la Sous province de La Grande, qui fait partie de la province géologique du Supérieur. On retrouve dans celle-ci des roches du Bouclier canadien âgées de 4 à 2,5 milliards d'années.

Cet indice d'or a d'abord été travaillé en 1995 par la compagnie d'exploration Sirios et a été nommé « indice Lac Sirios Sud #1 ». L'analyse de leurs échantillons a permis de révéler une teneur en or de 1,07 g/t. Par la suite, durant l'été 2008, la compagnie Midland Exploration a fait de nouvelles études sur cet indice et lui a attribué le nom de « South Whip Showing ». Lors de leurs travaux, ils avaient découvert des teneurs de 1,1 g/t et de 1,9 g/t d'or. C'est seulement depuis l'été 2013 que d'autres travaux ont été effectués, c'est à dire l'analyse chimique de 17 échantillons qui va permettre de réaliser la cartographie détaillée de la région d'où proviennent ces échantillons ainsi que l'étude métallogénique, les objectifs de ce projet.

La zone d'étude fait environ 1100 m<sup>2</sup>. Une faille d'orientation majoritairement est ouest traverse la zone d'étude. Au nord de cette faille, on note la présence d'amphibolites très déformées à grain fin avec des zones rouillées à forte concentration de sulfures. Dans l'une de celles ci, on a trouvé majoritairement de la pyrrhotine et de la pyrite (environ 40 %) sous forme de veinules millimétriques à centimétriques et des traces de chalcopryrite. Cette zone a révélé une anomalie en or de l'ordre de 444 ppm et une anomalie en cuivre de l'ordre de 0,11 %. La partie située au sud de la faille est composée de trois lithologies : une unité ultramafique, des amphibolites déformées et finalement une volcanite felsique. Les minéralisations se trouvent dans l'amphibolite. Un échantillon a été prélevé à la limite sud de la région d'études dans une zone rouillée. De la pyrrhotine (environ 8 %) sous forme disséminée et en remplissage de géodes ainsi que de la chalcopryrite (environ 4 %) sous forme de remplissage de veinules et disséminées ont été observées sur cet échantillon. Après analyse, on y a découvert une anomalie en or de l'ordre de 23 ppm ainsi qu'une anomalie en cuivre de l'ordre de 0,12 %. Les teneurs obtenues sont un peu plus basses que celles obtenues précédemment, mais confirment tout de même la présence d'une anomalie en or à cet endroit.

## La Province de Churchill Sud-Est, secteur Torngat : combien d'empreintes tectonométamorphiques les racines de l'orogène paléoprotérozoïque ont-elles enregistrées?

BENOIT CHARETTE (UNIVERSITÉ DE WATERLOO) ET DANIEL BANDYAYERA (MRN), CARL GILMETTE (UNIVERSITÉ DE WATERLOO)

La Province de Churchill Sud-Est est formée de trois entités géologiques, soit d'est en ouest : l'Orogène des Torngat, la Zone noyau et l'Orogène du Nouveau-Québec. Cette disposition d'un craton archéen ceinturé de deux orogènes paléoprotérozoïques résulte d'une géodynamique complexe entre les cratons du Nain, de la Zone noyau et du Supérieur, débutant vers 2,2 Ga et impliquant une formation de rifts, une océanisation ainsi qu'une convergence oblique. Survenant successivement à 1,87-1,86 Ga et à 1,82-1,77 Ga, la collision de la Zone noyau, d'abord, avec le Nain et, par la suite, avec le Supérieur formèrent respectivement l'Orogène des Torngat et du Nouveau-Québec. Cette tectonique multiphasée au Protérozoïque inférieur a produit de grands cisaillements, disséquant la Zone noyau des domaines métamorphiques passant du faciès amphibolites à granulites et des évidences d'anatexie omniprésentes sur l'ensemble du Churchill. Malgré la reconnaissance de ces empreintes, l'attribution du métamorphisme et des structures observées à l'une ou l'autre des orogénies reste incertaine, à cause de la méconnaissance de l'évolution des Torngat et de l'histoire archéenne de la Zone noyau. Cette lacune, particulièrement importante dans le secteur des Torngat, n'ayant aucune estimation quantitative de la chaleur engendrée (température) et de l'épaississement crustal atteint (pression), représente un obstacle important à la compréhension de l'évolution géodynamique la Province de Churchill.

Afin de caractériser l'Orogène des Torngat et de mettre en lumière son influence dans le développement de la Province de Churchill, l'étude tectono-métamorphique en cours a comme objectifs de cartographier les paragenèses et les grades métamorphiques observés dans ce secteur, de quantifier les conditions de pression et de température engendrées lors de cette orogène ainsi que de contraindre temporellement son évolution métamorphique et structurale. À ces fins, une coupe de 50 kilomètres traversant l'orogène et la marge est de la Zone noyau a été effectuée lors de la campagne 2013 de cartographie du Ministère des Ressources naturelles du Québec. Cette cueillette d'information a permis de reconnaître une limite franche entre un domaine à orthopyroxène en trans pression et un domaine au faciès amphibolites moins déformé. De plus, la cartographie de détail d'affleurements clés a permis d'identifier un événement d'anatexie en relation avec le pic métamorphique. Suite à ces travaux de terrain, une méthodologie novatrice, combinant étude pétrologique et calculs d'équilibre de phases (pseudosections), ainsi qu'une géochronologie U-Pb, Lu-Hf et Sm-Nd sur zircons, monazites et grenats, permettra de mieux contraindre le trajet Pression Température Temps Déformation de l'Orogène des Torngat, et d'ainsi mieux comprendre l'évolution de la Province de Churchill.



## G09

### Géologie du secteur Marbridge (SNRC 32D08-0102)

VÉRONIQUE LAFRANCE (UGAC), PIERRE PILOTE (MRN)  
ET RÉAL DAIGNEAULT (CERM UGAC)

Le secteur Marbridge se situe dans la partie sud-est de la Sous-province de l'Abitibi, soit au nord-ouest du lac Malartic, à environ 60 km de la ville de Val-d'Or. Il est inclus dans le feuillet SNRC 32D08-0102, cartographié par monsieur Pierre Pilote et son équipe, pendant l'été 2013.

Le secteur d'étude est coïncé entre les plutons de La Motte au nord, de Preissac au sud et de La Corne à l'est. La mine Marbridge fut en exploitation dès 1962 et termina ses opérations en 1968. Elle a produit plus de 700 000 tonnes métriques de minerai, provenant de quatre lentilles distinctes, à une teneur de plus de 2 % en nickel et 0,17 % en cuivre. La propriété de la mine Marbridge appartenait en partie à Falconbridge Nickel Mines et à Marchant Mining Company lors de la mise en production. Depuis juillet 2009, c'est la compagnie Royal Nickel Corporation qui détient les droits.

La géologie du secteur Marbridge se compose essentiellement de roches ultramafiques (komatiites et péri-dotites), de roches volcaniques mafiques (basaltes) et de roches volcaniques felsiques. On note localement la présence d'une unité sédimentaire. Ces lithologies appartiennent à la Formation de La Motte-Vassan, à la base du Groupe de Malartic et un âge de 2714 ± 2 Ma a été obtenu pour une unité felsique.

Les roches du secteur font partie d'une zone de déformation intense qui se caractérise par des linéations d'éirement très fortement développé et qui plongent modérément vers l'est. Une schistosité S1 est orientée NW et est plissée par un clivage S2 d'orientation globalement E-W. Le secteur de la mine Marbridge a été métamorphisé au faciès des amphibolites. Le développement des minéraux métamorphiques (hornblende et grenat) s'exprime davantage dans les unités ayant été affectées par une altération prémétamorphique. La roche hôte des gisements de nickel est communément la komatiite. Cependant, la minéralisation en nickel, ici, occupe parfois des géométries filoniennes sécantes aux fabriques structurales. L'hypothèse d'une remobilisation doit alors être envisagée.

Dans le cadre de ce projet, une étude approfondie de la déformation, du métamorphisme et des structures sera entreprise afin de préciser le contexte de la minéralisation. De plus, une cartographie détaillée du secteur, couplée à de la lithogéochimie, sera effectuée.

## G10

### Géologie et minéralisations aurifères à la mine Malartic Hygrade – le gîte Orion Zone n° 8

STÉPHANIE BERTRAND BLANCHETTE (UGAM),  
PIERRE PILOTE (MRN), MICHEL GAUTHIER (UGAM),  
YAN DUCHARME ET BENJAMIN GAGNON-LAMOTHE  
(NIOGOLD)

Ce travail de maîtrise est réalisé en collaboration et avec le support du MRN et de la société NioGold. Il s'insère dans le projet de cartographie du MRN (Pilote *et al.*, 2012) dans la région de Malartic (SNRC 32D01-NE).

Cette étude porte sur le gîte Orion Zone n° 8, adjacent à la mine Malartic Hygrade qui fut en production de 1962 à 1992. Le gîte Orion a été découvert en 1985, un total de 131 000 t fut exploité de 1987 à 1990 avec une teneur moyenne de 5,31 g/t. Les objectifs de ce travail sont de fournir de la documentation sur le gîte Orion Zone n° 8 et de le caractériser. Les moyens employés impliquent, entre autres, la mise à jour de la géologie locale et l'étude du rôle et de l'importance des grandes zones de failles, telle la Faille Norbenite. Un objectif plus général est de situer la Zone Orion dans la problématique des différents épisodes de minéralisations aurifères ayant affecté la région de Val-d'Or-Malartic.

Au gîte Orion n° 8, la minéralisation aurifère, d'orientation 310° et à pendage vers le NE, se présente sous trois faciès : 1) des basaltes coussinés pyritisés chloritisés, albitisés avec présence d'actinote; 2) des veines de quartz d'extension N-S de 3 à 8 cm de large et un réseau de veines de quartz d'extension désordonnée, qui fragmentent l'encaissant, toutes les deux accompagnées d'une forte albitisation; et 3) un complexe de veines de quartz massives à grain fin, avec forte albitisation et or visible par endroits dans les épontes. L'éponte supérieure de la minéralisation est constituée de basalte grenu et de coulées ultramafiques, alors que l'éponte inférieure est composée de coulées aphanitiques coussinées/bréchiqes et d'intrusions felsiques.

Les travaux de terrain, comprenant une cartographie détaillée, l'observation de lames minces et l'analyse de données structurales, ont permis d'établir une chronologie relative des divers événements géologiques associés au gîte Orion Zone n° 8. Dans un premier temps, suite à la mise en place de l'édifice volcanique mafique/ultramafique, se trouvent, par fracturation hydraulique, des veines de quartz d'extension N-S et un réseau de veines de quartz bréchiqes et désordonnées auxquelles sont associées une forte pyritisation et albitisation proximale ainsi qu'une chloritisation périphérique des basaltes encaissants. Des complexes de veines de quartz massives orientées NW incorporent des enclaves de basaltes pyritisés. La plus grande part de la minéralisation aurifère apparaît associée aux veines de quartz. Des intrusions tonaliques recoupent les veines et les basaltes pyritisés. La schistosité principale E-W affecte et recoupe les halos d'altération ainsi que les dykes. Le métamorphisme régional est responsable de la création de halos d'actinote dépourvus d'orientation, uniquement aux endroits où les lithologies étaient préalablement altérées/albitisées. Une réactivation subséquente des cisaillements et failles orientés 310°, qui longent et/ou recoupent la minéralisation à la Zone Orion, produit un entraînement apparent dextre de la schistosité principale le long de ces failles.



## Géologie de l'indice aurifère « Rives du lac Malartic » (RLM)

RÉMI SCHMITT (UQAM), PIERRE PILOTE (MRN)  
ET ALAIN TREMBLAY (UQAM)

Ce travail de maîtrise est réalisé en collaboration et avec le support du MRN ainsi que de la Corporation minière Golden Share. L'indice aurifère « Rives du lac Malartic » se situe à une dizaine de kilomètres au nord-ouest de la ville de Malartic. Cet indice se trouve dans la zone volcanique sud (ZVS) de la Sous province archéenne de l'Abitibi.

L'indice RLM consiste en un vaste décapage comprenant deux parties. La partie ouest, d'environ 200 m de long sur 50 m de large, se compose principalement de laves basaltiques coussinées et déformées, parcourues par une schistosité orientée NW-SE. La partie est, de 100 m de long sur 25 à 100 m de large, présente une faille dextre (la Faille Rivière Héva) accolant des volcanites basaltiques à des volcanites felsiques (tufs rhyolitiques).

La minéralisation aurifère consiste en de nombreuses veines de quartz, d'une épaisseur pouvant aller jusqu'à 1,50 m. Ces veines se composent de quartz, de chlorite, parfois d'albite et de quartz fumé. Il n'a pas été observé de tourmaline. On trouve, dans ces veines, des « boxwerk » de carbonates et une minéralisation en pyrite et localement en chalcopryrite et en galène. Les teneurs en or atteignent localement jusqu'à 176 g/t sur 0,6 m dans des rainures en surface. La galène ne se trouve que lorsque les teneurs en or sont importantes, ce qui pourrait indiquer un lien entre ces deux minéraux. Les veines de quartz sont boudinées et plissées. Elles semblent précoces par rapport à la déformation régionale. Ces veines recoupent des dykes gabbroïques verdâtres à bleutés.

Sur l'affleurement situé du côté ouest, on observe une flexure importante dans l'orientation de la schistosité principale. Celle-ci, très pénétrative, varie en altitude d'une direction 155°/70° au nord vers une direction 112°/70° plus au sud. Cette schistosité se parallélise ensuite (passant en direction de 115° à 165°) à la trajectoire de la trace de la rivière Héva sur la partie est. Cette courbure est interprétée, pour l'instant, comme le résultat du moulage de la schistosité autour d'un intrusif de composition tonalitique, non affleurant, situé entre les parties est et ouest. La partie ouest est remarquable, du fait qu'elle contient de nombreux dykes qui recoupent systématiquement les veines. Des dykes les plus anciens aux plus jeunes, il s'agit de dykes tonalitiques, de dykes mafiques chloriteux, de dykes granodioritiques et finalement de dykes lamprophyriques.

Le travail réalisé cet été a consisté en une cartographie détaillée de zones particulières, dans le but de mieux comprendre les relations entre les dykes et les veines de quartz minéralisées. Nous avons également recueilli plusieurs échantillons, en surface et en forage, afin de caractériser la chimie des lithologies encaissant les zones minéralisées, celle des différents dykes et de préciser les paragenèses accompagnant les veines de quartz. Nous avons mis particulièrement l'accent sur l'observation et la détermination des divers éléments structuraux pour évaluer le synchronisme de la minéralisation aurifère avec la déformation régionale.

## Synthèse et évolution de la Faille de Cadillac, Abitibi

PIERRE BEDEAUX (UQAC), PIERRE PILOTE (MRN),  
SYLVAIN RAFINI (CONSOREM), ET RÉAL DAIGNEAULT (CERM)

Ce projet de Ph.D. entrepris à l'UQAC et soutenu par le Ministère des Ressources naturelles du Québec, vise principalement : 1) à synthétiser l'évolution structurale de la Faille de Cadillac (FC), en caractérisant les différentes empreintes structurales observées le long de sa trace, en établissant les relations entre les différents événements de déformation; et (2) à tenter de situer la minéralisation aurifère d'âge orogénique dans ce cadre structural. Les travaux de terrain comprennent des sections structurales à travers la FC, la cartographie détaillée de secteurs clés, la prise de mesures structurales ainsi que d'échantillons orientés.

La FC est une structure majeure d'orientation globalement E-W séparant la Sous-province d'Abitibi au nord de la Sous-province du Pontiac au sud. La FC est interprétée par plusieurs auteurs comme la cicatrice d'une subduction et de l'accrétion du Pontiac sous l'Abitibi, avec une déformation polyphasée comprenant des épisodes de raccourcissement, d'extension et de décrochement. D'une épaisseur décamétrique variant latéralement, la faille coïncide spatialement avec une unité lithotectonique de roches volcaniques : le Groupe de Piché. Elle constitue un métallotecte important à l'échelle régionale comportant de nombreux gisements d'or orogéniques distribués dans son voisinage immédiat.

Néanmoins, plusieurs inconnues demeurent concernant les aspects structuraux et métallogéniques, notamment la relation chronologique entre l'hydrothermalisme à l'origine des minéralisations aurifères et la déformation associée à la faille. Les différentes déterminations géochronologiques laissent supposer plusieurs phases de minéralisations aurifères dont la principale semble relativement jeune (autour de 2680 Ma). Celle-ci pourrait être relativement coïncidente avec l'événement de décrochement tardif. Toutefois, plusieurs gîtes importants montrent une géométrie des veines minéralisées plutôt compatibles avec un régime en raccourcissement. De plus, la FC a majoritairement fait l'objet d'études structurales plutôt ponctuelles, illustrant des styles de déformation différents le long de sa trajectoire. Ces problématiques illustrent la complexité du style structural observé ainsi que la dualité entre les observations régionales, davantage théoriques et celles visibles localement. Enfin, le Groupe de Piché, qui constitue l'empreinte physique de la FC, reste encore peu connu, ainsi que la nature de ses contacts sud et au nord.

Une première campagne de terrain a été réalisée pendant l'été 2013. Un ensemble de cartographies détaillées permet de mettre en évidence plusieurs styles structuraux caractérisant différents segments de la FC. À l'échelle de l'affleurement, les indicateurs cinématiques observés suggèrent différents mouvements le long de la faille. Ces mouvements peuvent s'intégrer dans différents événements de raccourcissement et de décrochement. Une deuxième campagne de terrain sera réalisée à l'été 2014, notamment dans l'optique d'approfondir cette dernière problématique.



## G13

### Volcanologie de la Formation de Waconichi, secteur Lemoine, Chibougamau (Sous-province de l'Abitibi)

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

La Sous-province de l'Abitibi est l'un des meilleurs endroits au monde pour explorer les gisements de cuivre, d'or, de zinc et d'argent de type « sulfures massifs volcanogènes » (SMV), en particulier les SMV riches en or. Le secteur de Chibougamau contient l'ancienne mine Lemoine, qui a exploité, de 1975 à 1983, le deuxième SMV le plus riche du Canada. Le principal métallotecte, en ce qui concerne les SMV dans la région, est la Formation de Waconichi (Groupe de Roy), qui contient l'ancienne mine Lemoine et le gisement Scott. Le projet de maîtrise en cours à l'INRS-ETE vise la reconstruction de l'architecture volcanique de la Formation de Waconichi sur une partie de la propriété Lemoine de Ressources Cogitore, au nord est de l'ancienne mine.

Dans le secteur d'étude, la partie à dominance felsique de la Formation de Waconichi est bordée au nord par le Complexe du Lac Doré et au sud par les basaltes transitionnels du membre de Lemoine supérieur (ancienne Formation de Gilman). La pétrographie et la géochimie indiquent que le secteur d'étude comprend plusieurs unités felsiques dont la Rhyolite de Lemoine, le Hangingwall QFP, la Rhyolite de Marelle, la Rhyolite Alpha (antérieurement la Rhyolite de Marelle riche en Zr) et la Rhyolite du Lac Coco (antérieurement la Rhyolite de Lemoine supérieure). La Formation de Waconichi comprend aussi l'Andésite de Lemoine et la Dacite de Lemoine. L'ancien gisement de la mine Lemoine se situe au sommet de la Rhyolite de Lemoine et est recouvert par le Hangingwall QFP.

Une meilleure compréhension de la distribution et du mode de mise en place de chaque unité fut l'objectif principal de l'étude, au cours de l'été 2013. La cartographie des affleurements et la description de plus de 7000 m de carottes de forages ont permis d'établir la distribution des unités felsiques, de mieux caractériser les textures et d'identifier les principaux faciès volcaniques caractérisant ces unités. Les travaux confirment la nature effusive de la Rhyolite de Lemoine et les résultats préliminaires suggèrent que la Rhyolite du Lac Coco est intrusive, car elle est caractérisée par un faciès cohérent et qu'elle apparaît à plusieurs niveaux. La Rhyolite de Marelle est interprétée comme étant intrusive, pour les mêmes raisons. La Rhyolite Alpha est, quant à elle, de nature effusive, tel que l'indiquent les faciès lobés et fragmentaires présents en forage. La Rhyolite Alpha est, par endroits, fortement altérée (chlorite séricite) et elle est située stratigraphiquement plus bas que la Rhyolite de Lemoine, ce qui suggère la présence de zones d'activité hydrothermale plus bas dans la séquence volcanique (antérieure à la formation du gisement Lemoine).

## G14

### Classification géochimique des roches du Groupe de Blake River (Sous-province de l'Abitibi)

SARANE STERCKX, PIERRE-SIMON ROSS (INRS) ET JEAN GOUTIER (MRN)

La Sous-province de l'Abitibi, une ceinture de roches volcano-sédimentaires archéennes, est l'un des meilleurs endroits au monde pour l'exploration des gisements de cuivre, d'or, de zinc et d'argent de type sulfures massifs volcanogènes (SMV). Le Groupe de Blake River (GBR), dans le secteur de Rouyn-Noranda, comprend deux camps miniers de SMV importants : le camp de Noranda et le camp de Doyon-Bousquet LaRonde, qui représentent un peu moins de la moitié du tonnage total de SMV de l'Abitibi.

Les gisements de SMV sont contrôlés en partie par la stratigraphie, c'est pourquoi il est souhaitable d'améliorer nos connaissances sur la stratigraphie des roches volcaniques sous marines du GBR. Peu d'horizons marqueurs sont connus à l'échelle régionale. Cependant, ces dernières années, des milliers d'analyses géochimiques, dont celles des éléments en traces, sont devenues disponibles. De plus, de nombreuses datations U-Pb ont été obtenues, ce qui permet de fournir un cadre temporel aux événements volcaniques et à la minéralisation.

Le projet commencé à l'automne 2012 à l'INRS-ETE avec le soutien du MRN, se base sur la compilation de données lithogéochimiques, dans le but de mieux contraindre la stratigraphie du GBR. Cette compilation regroupe des données existantes issues du SIGÉOM, mais également de nouvelles analyses d'échantillons, recueillis sur le terrain pour combler les lacunes dans la couverture lithogéochimique, ainsi que des réanalyses d'anciens échantillons pour les éléments en traces. Cette partie du travail nous a permis de constituer une base de données géochimiques de près de 2000 analyses. L'interprétation de ces données nous permet d'identifier la signature et l'homogénéité géochimique des unités stratigraphiques. Par la suite, la cohérence spatiale d'éventuels regroupements géochimiques sera vérifiée.

Sur cette affiche, nous montrons que l'altération intense subie par certaines roches volcaniques du GBR est la première difficulté à aborder pour permettre une classification détaillée de ces roches. En effet, un diagramme de classification classiquement utilisé ( $\text{SiO}_2$  vs  $\text{Zr/TiO}_2$ ) ne permet que d'utiliser les échantillons les plus frais, la silice étant sensible à l'altération. Un diagramme basé sur des éléments en traces immobiles ( $\text{Zr/TiO}_2$  vs  $\text{Nb/Y}$ ) n'est cependant pas pleinement satisfaisant non plus, car il ne permet pas d'obtenir la même classification que celle basée sur la silice, même en n'utilisant que les échantillons les plus frais. Dans le cas des volcanites du GBR il est donc nécessaire de proposer un nouveau diagramme de classification.



## Les minéralisations aurifères 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 roche verte archéenne de l'Abitibi se présentent dans une grande variété de style et de contexte géologique. Dans le district minier de Duparquet (Québec), les modèles volcanogènes, d'intrusifs felsiques porphyriques (Mine Beattie) et de cisaillement aurifères coexistent le long de la Faille Porcupine-Destor. Ce secteur est alors un secteur clé où les relations entre ces différents modèles peuvent être déchiffrées. La propriété Duquesne-Ottoman est explorée et développée par Globex pour son potentiel aurifère.

Cette propriété est approximativement localisée à 30 km au nord ouest de la ville de Rouyn-Noranda et à 10 km à l'est de la municipalité de Duparquet. Les roches de cette région sont principalement d'origine volcanique et d'âge archéen (2722 à 2718 Ma). La propriété est localisée au sein du groupe de Kinojévis, au nord de la Faille Porcupine-Destor. Le Groupe de Kinojévis est interprété comme un arc volcanique subséquent déformé par une collision continentale. Le secteur étudié est principalement composé de roches volcaniques intermédiaires à mafiques avec la présence relative de roches volcaniques felsiques, ultramafiques et de porphyres quartzofeldspathiques. Une grande brèche polygénique est également présente sur la propriété et démontre l'existence de processus hydrothermaux précoces associés à un haut niveau de volcanisme.

Une zone de cisaillement recoupe la séquence volcanique de la propriété. Cette zone de faille fait partie du système de la Faille Porcupine-Destor. Elle est en moyenne de 5 à 10 m de largeur et est généralement orientée 070N à 090N avec un pendage de 75° à 90°. Au sein de cette zone de cisaillement se trouvent des lambeaux de porphyres quartzofeldspathique qui accentuent, par contraste rhéologique, le cisaillement de la séquence volcanique intermédiaire et mafique. Cette faille E-W est caractérisée par un mouvement dextre et inverse.

Les trois principales zones aurifères de la propriété Duquesne Ottoman (Liz, Shaft et Fox) sont localisées au sein de cette zone de cisaillement E-W. La zone Fox est localisée au sein de tufs mafiques altérés au contact d'un porphyre quartzofeldspathique. La zone Shaft est, pour sa part, présente dans des volcanites mafiques schisteuses, proximales aux porphyres quartzofeldspathiques et aux intrusions alcalines. La zone Liz se situe dans une volcanite mafique cisailée et hautement altérée. Les minéralisations sont discordantes avec la stratigraphie et structurellement contrôlées. La multitude de veines quartz-carbonate est associée à une altération de séricite-dolomite ferrière-pyrite. L'intensité de l'altération est maximale dans les volcanites intermédiaires à mafiques, au contact des porphyres quartzofeldspathiques.

## Étude minéralogique de zones aurifères du segment Augmitto-Astoria de la Faille Cadillac, Rouyn-Noranda, Québec

JULIEN LAPORTE, MICHEL JÉBRAK (UQAM) ET BAPTISTE CHAPON (LES RESSOURCES YORBEAU)

La Faille Cadillac est mondialement connue pour ses minéralisations aurifères (Dubé et Gosselin, 2007). Différents épisodes hydrothermaux ont permis la mise en place de plusieurs types de minéralisations (Raffini, 2013). Les Ressources Yorbeau détiennent une propriété d'exploration minière le long de cette zone de faille, située dans le camp minier de Rouyn-Noranda. Des comparaisons minéralogique, géologique et géochimique sur le segment Augmitto-Astoria ont permis de caractériser chaque secteur. Les minéralisations se trouvent : 1) dans les sédiments du toit et du mur de la zone de faille avec des veines de quartz carbonates tourmaline recoupant les sédiments séricitisés et minéralisés en arsénopyrite +/- or visible; et 2) dans les roches encaissantes de type komatiite, avec des veines de quartz tourmaline carbonates, recoupant les roches ultramafiques à carbonates +/- fuchsite et minéralisées en or visible +/- arsénopyrite.

Les travaux se sont concentrés principalement sur la géologie et la minéralogie des roches du mur de la zone de faille. Les minéraux présents sont le quartz, les carbonates, la tourmaline, la chlorite et les micas. Les sulfures observés sont l'arsénopyrite, la galène, la pyrite, la chalcopyrite et la pyrrhotite. Quelques oxydes sont présents, comme la magnétite, l'ilménite, l'hématite, la monazite et le rutile. Des valeurs en bismuth et antimoine apparaissent localement. Les zones proximales sont définies par les associations minéralogiques à quartz, micas, carbonates, tourmaline, or visible et arsénopyrite. Les zones distales sont caractérisées par des micas (biotite séricite) et de la tourmaline en traces. Plusieurs stades aurifères sont enregistrés et montrent une forte relation avec l'arsénopyrite, qui est le sulfure majoritaire. L'or est libre dans la matrice, en inclusions, en bordure, en remplissage de cavités et/ou de fractures, dans les arsénopyrites. Les grandes plages fracturées d'arsénopyrite ainsi que les cristaux subautomorphes présentant des inclusions et/ou des cavités, montrent les plus grandes quantités d'or visible. Les cristaux automorphes en baguettes, losanges, très peu fracturés, ne montrent pas de lien avec l'or visible. Jusqu'à maintenant, aucune relation n'a été découverte entre l'habitus de l'or et la teneur. L'or apparaît tardif, avec des concentrations en argent variant de quelques pourcents jusqu'à plus de 25 % en masse.

Le long du secteur Augmitto-Astoria, le métamorphisme atteint le faciès des schistes verts alors qu'à proximité du dyke, le métamorphisme atteint le faciès des amphibolites. Les observations au microscope électronique à balayage ont montré l'association entre l'or, la loëllingite et l'arsénopyrite dans le secteur d'Astoria, à proximité des dykes.



## Les minéralisations aurifères du cisaillement Wasamac, Rouyn-Noranda, Québec

NICOLAS MÉRIAUD, MICHEL JÉBRAK (UGAM)  
ET RAYNALD VINCENT (MINES RICHMONT)

La propriété Wasamac est localisée à 15 km au sud est de la ville de Rouyn-Noranda. Elle se situe le long de la faille Francoeur Wasa, d'envergure kilométrique satellite à la Faille Cadillac Larder Lake, limite structurale sud de la Sous-province de l'Abitibi. La Faille de Cadillac Larder Lake concentre 72 gisements au Québec, dont plusieurs présentent des ressources totales de plus de 100 tonnes d'or. Ces gisements orogéniques présentent majoritairement des minéralisations aurifères en veines ou au sein de couloirs cisailés métasomatisés.

La Faille Wasamac est de type ductile fragile, de pendage nord à 55° en moyenne et selon un axe est ouest. Cette déformation se situe entre deux lithologies : andésites au mur, et rhyolites sur le toit du cisaillement, déformant préférentiellement les andésites, plus ductiles. Ces unités encaissantes font partie des séquences méta volcaniques felsiques à mafiques du Groupe de Blake River, Sous-groupe de Noranda. La puissance de la zone déformée dépasse localement la centaine de mètres et se caractérise par une forte altération hydrothermale au sein d'une unité mylonitisée. Le cisaillement Wasamac est marqué par une schistosité S1 très intense localement reprise par une schistosité de crénulation (S2) figurant des plis centimétriques et des micro plis en Z légèrement déversés.

La nature des altérations décrites au sein du cisaillement se présente selon un assemblage à albite séricite carbonates microclines chlorite hématite. Ces altérations, en bandes successives centimétriques à millimétriques à l'échelle de la carotte, présentent une zonalité longitudinale (selon l'axe est-ouest) à l'échelle de la propriété, corrélée avec deux types de minéralisations distinctes. Une première zone à tendance potassique s'associe à une minéralisation aurifère, dont la majorité est sous forme de tellurures. Une deuxième zone, disposée de part et d'autre de la première est de nature propylitique de composition majoritaire à albite séricite chlorite carbonates dans laquelle l'or est en quasi totalité natif. L'altération potassique est identifiée comme précoce à l'altération albitique par recoupement.

L'organisation spatiale de cette zonalité transversale et la chronologie des altérations suggèrent que la minéralisation de Wasamac résulterait de deux épisodes hydrothermaux : le premier, à caractère alcalin, pourrait être d'affinité magmatique et présente des affinités avec les minéralisations de Kirkland Lake, tandis que le second résulterait d'un processus de plus basse température.

## Les suites plutoniques du nord-est de la Province du Supérieur (NEPS), Québec, Canada : une approche métallogénique préliminaire

CHRISTOPHE AZEVEDO, MICHEL JÉBRAK (UGAM)  
ET ANDREA AMORTEGUI (MRN)

Le programme de cartographie Grand Nord effectué par le Ministère des Ressources naturelles du Québec (MRN) de 1997 à 2003 a permis la compilation d'une grande quantité de données analytiques. Le terrain d'étude, d'une superficie d'environ 350 000 km<sup>2</sup>, correspond au nord-est de la Province du Supérieur (NEPS) ou Sous-province de Minto. Le NEPS est essentiellement constitué de roches plutoniques archéennes de la série des TTG (Tonalite-Trondjémite-Granodiorite). Les roches plutoniques felsiques sont les plus répandues avec 40 % de tonalites, 20 % de granites, 15 % de granodiorites, 15 % de charnockites et moins de 1 % de monzonites et de syénites (Simard *et al.*, 2008).

Il est possible d'établir le potentiel minéral des suites granitiques du NEPS en établissant une typologie des suites, en analysant leur distribution, en les comparant avec les données régionales et en ciblant les secteurs d'intérêt.

De nombreux auteurs (Chapell et White (1974, 2001); Ishihara (1977, 1981); Blevin (1995, 2004); Černý (2005)), ont mis en évidence que la caractérisation géochimique des lignées granitiques et le traçage des processus magmatiques pouvaient permettre d'accéder à des potentiels métallifères. À partir des différents programmes de cartographie régionale et en collaboration avec l'industrie minière, le gouvernement australien a étudié la relation spatiale et le lien génétique entre les intrusifs, les minéralisations observées sur le terrain et les roches encaissantes avoisinantes. L'état d'oxydation des intrusifs granitiques ainsi que leurs fractionnements semblent être les principaux facteurs contrôlant la genèse de gisements. Globalement, les minéralisations de types Cu-Au et Cu-Mo auront tendance à se trouver spatialement associées à des intrusifs oxydés et peu fractionnés (série à magnétite). Au contraire, les minéralisations de types Sn et Sn-W auront tendance à se trouver associées aux intrusifs réduits et fractionnés (série à ilménite).

À l'aide des nouvelles données FeO inédites obtenues par le MRN. Il est désormais possible d'appliquer cette méthodologie au sein du NEPS. D'après le diagramme Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/FeO (état d'oxydation) *versus* le rapport Rb/Sr (fractionnement) (modifié de Blevin *et al.*, 1995, 2003), les analyses d'intrusifs intermédiaires à felsiques frais semblent suggérer un potentiel métallifère majoritairement favorable pour des minéralisations de types Cu-Au et Cu-Mo dans cette région. La majeure partie des intrusifs analysés appartiennent à la série évolutive à magnétite d'Ishihara (1977, 1981). Cependant, une hétérogénéité en terme d'oxydation et de fractionnement permet de supposer également des potentiels ponctuels en minéralisations de types Mo, W et Sn-W (série évolutive à ilménite). L'analyse régionale de ces paramètres (oxydation et fractionnement) permettra de faire ressortir de nouvelles zones d'intérêt métallogénique à l'échelle du NEPS.



## Les paragenèses à magnétite des altérations hydrothermales des systèmes de type oxydes de fer cuivre or

ANTHONY F. DE TONI (INRS ETE), LOUISE CORRIVEAU (CGC Q) ET JEAN-FRANÇOIS MONTREUIL (INRS-ETE)

La magnétite est un constituant mineur à majeur des veines, des brèches et du remplacement des systèmes à oxydes de fer d'altération alcaline (IOAA) dans la zone magmatique du Grand lac de l'Ours aux Territoires du Nord-Ouest. La prédominance de la magnétite dans la plupart des systèmes à oxydes de fer cuivre or en fait un minéral clé pour comprendre et suivre leur l'évolution et développement. Plusieurs paragenèses à magnétite associées à des textures particulières sont observées dans ces systèmes magmatiques/hydrothermaux. Les observations macroscopiques et microscopiques sont utilisées afin de comprendre les processus produisant le spectre de textures observé. Les assemblages minéralogiques et les textures peuvent être utilisés comme vecteur d'exploration vers des zones minéralisées, bien que des distinctions entre les différentes paragenèses soient essentielles pour la compréhension des systèmes IOAA. Un protocole de description macroscopique et microscopique du remplacement, des brèches et des veines a été mis en place pour faciliter la description de ces roches sur le terrain.

Les principales paragenèses sont à : 1) magnétite (altération Fe); 2) amphibole magnétite  $\pm$  apatite  $\pm$  albite (altération Ca-Fe  $\pm$  Na de haute température); 3) feldspath-K-magnétite  $\pm$  biotite ou biotite-magnétite (altération K-Fe de haute température). Le remplacement par la magnétite est préférentiellement retrouvé autour de phénocristaux, dans les vésicules, dans la matrice ou sur des fragments dans les brèches. Dans les roches litées, le remplacement est sélectif et stratabound le long de certains horizons spécifiques. Dans les roches volcaniques porphyriques, le feldspath-K remplace d'abord la matrice, puis les phénocristaux avec une augmentation de l'intensité de l'altération, tandis que la biotite remplace sélectivement les minéraux mafiques. Les remplacements et les veines d'altération (HT) Ca-K-Fe et ultérieurement (HT) K-Fe sont généralement suivis par la formation de zones minéralisées dans lesquelles une vaste gamme d'éléments peuvent être concentrés (Cu, Au, Ag, Bi, Co, terres rares, etc.). Des analyses effectuées à la microsonde électronique ont permis de mesurer la concentration en Si, K, Ca, Al, Sn, Cu, Mn, Mg, Ti, Zn, V, Ni et Cr des grains de magnétite associés à une paragenèse particulière. Les résultats indiquent que la chimie de la magnétite varie selon : 1) le type de paragenèse; 2) une cristallisation d'origine hydrothermale ou magmatique; et 3) la présence ou non de minéralisation. Ultiment, un atlas des altérations alcalines à oxydes de fer et un diagramme discriminant de la chimie de la magnétite seront conçus pour être utilisés comme outils d'exploration lors de travaux de prospection sur des terrains peu explorés.

## Signatures géophysiques des intrusions alcalines tardi-archéennes de l'Abitibi, Québec-Ontario, Canada

CHARLOTTE CAPPÉ-KERBART, NOÉMIE FAYOL, CHRISTOPHE AZEVEDO, MICHEL JÉBRAC (UQAM) ET MICHEL CHOUTEAU (ÉCOLE POLYTECHNIQUE)

La Sous-province de l'Abitibi présente des intrusions alcalines tardi archéennes auxquelles sont associés des gisements aurifères. Formées entre 2688 et 2672 Ma, ces intrusions sont très souvent encaissées dans ou au voisinage de bassins volcano sédimentaires tardi archéens de type Timiskaming. Une étude géophysique a été réalisée au Québec et en Ontario, afin de mieux comprendre les relations existantes entre les intrusions, leur encaissant et les minéralisations.

Les intrusions alcalines et plus particulièrement les intrusions syénitiques possèdent des minéralisations sous forme de sulfures aurifères disséminés, comportant localement des concentrations en or portées par des veines de quartz. Dans la plupart des cas, ces minéralisations présentent des altérations riches en carbonates de fer et oxydes de fer (magnétite hématite). Ces minéraux sont à l'origine des signatures magnétiques autour des intrusions.

Les profils magnétiques sont étudiés à partir de la carte de la dérivée verticale du champ magnétique. Il est possible de reconnaître différentes signatures selon les intrusions : 1) des intrusions non magnétiques avec un encaissant fortement magnétique, c'est le cas de O'Brien (lac Bachelor), de Douay et de Golden Arrow; 2) des intrusions magnétiques à bordures plus magnétiques avec un encaissant moins magnétique, c'est le cas du district de Kirkland Lake; et 3) des intrusions magnétiques à bordures non magnétiques et encaissant plus magnétique, c'est le cas de Holt Mc Dermott.

L'interprétation de la signature géophysique des intrusions syénitiques doit donc tenir compte de la nature lithologique de l'encaissant et des processus de métasomatisme aux limites des intrusions. De plus, l'analyse du pluton d'Otto (Kirkland Lake) montre que le magnétisme propre des intrusions augmente avec la profondeur. Cela suggère une cumulation possible de minéraux ferrugineux en profondeur. Des mesures de susceptibilité magnétique sur le terrain devraient permettre de préciser les corrélations entre les lithologies, les minéralisations et les signatures magnétiques.



## Cartographie des sédiments quaternaires de la région de Chaudière-Appalaches : bilan et perspectives

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

En mars 2012, le ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs du Québec a accordé une aide financière pour la réalisation d'un projet d'acquisition de connaissances sur les eaux souterraines (PACES) dans la région de Chaudière-Appalaches. Ce projet PACES comprend un volet portant sur la cartographie des sédiments de surface de cette région. Ces travaux de cartographie quaternaire ont été confiés à une équipe provenant des départements de géographie et des sciences de la terre de l'UQAM et ils se dérouleront en deux phases. La première phase des travaux de cartographie a été amorcée durant l'été 2013 et couvre un territoire d'une superficie de 11 385 km<sup>2</sup> touchant 12 feuillets topographiques SNRC à l'échelle 1/50 000. Ces travaux de cartographie visent à préciser la répartition spatiale des principales unités lithostratigraphiques de ce territoire. Les travaux comportaient un travail d'analyse préliminaire de photos aériennes à l'échelle 1/40 000, afin de localiser les sites d'intérêts, tels que des gravières, des sablières, et des coupes stratigraphiques, et de tracer les principaux éléments géomorphologiques. Par la suite, ces observations ont été vérifiées lors d'une campagne de terrain ayant pour but de caractériser la nature des dépôts et ainsi de compléter le travail de cartographie préliminaire. Les données préliminaires indiquent que la région du cœur des Appalaches est principalement dominée par des sédiments de la dernière glaciation (till en couverture continue ou mince, Tc ou Tm), avec des secteurs plus restreints caractérisés par des sédiments associés à la dernière déglaciation (dépôts fluvioglaciers Gx et Gs). La région adjacente au fleuve Saint-Laurent se distingue par ses nombreux sédiments de nature glaciomarine littorale (MGb) et profonde (MGa). Globalement, les résultats de ces travaux devraient permettre d'affiner l'histoire quaternaire de cette région et de fournir les données nécessaires aux travaux sur les eaux souterraines. Les éléments cartographiés seront traités au moyen de méthodes cartographiques numériques (SIG), qui permettront la réalisation de cartes portant une légende standardisée. La réalisation des cartes de la première phase du projet ainsi que la rédaction d'un rapport accompagnateur, devraient être terminées le 20 mai 2014. Par la suite, les données obtenues seront transférées aux principaux usagers de la ressource, dont les gestionnaires du territoire.

## Un aperçu des travaux de cartographie quaternaire dans la région de Vaudreuil-Soulanges

PIERRE-MARC GOUBOUT ET MARTIN ROY (UQAM)

La cartographie des dépôts quaternaires de la région de Vaudreuil-Soulanges a été amorcée durant l'été 2013. Ces travaux de cartographie se déroulent dans le cadre d'un projet d'acquisition de connaissances sur les eaux souterraines (PACES). Le territoire couvre une superficie de 814 km<sup>2</sup> et s'étend sur 4 feuillets topographiques à l'échelle 1/50 000 (31G01, 31G08, 31G09 et 31H05). Les relevés de terrain effectués l'été dernier ont permis de constater la très grande qualité des travaux cartographiques antérieurs (Richard, 1976, 1977, 1982). Certaines différences ont néanmoins été constatées, notamment dans le secteur de Saint-Lazare où certaines unités sableuses formant des accumulations considérables, auparavant interprétées en surface comme des sédiments d'épandage glaciaire (Richard, 1982), sont plutôt considérées comme ayant été remaniées en dépôts d'épandage deltaïque mis en place dans l'estuaire formé par la rivière des Outaouais et du fleuve Saint-Laurent dans la Mer de Champlain. Cette réinterprétation se base notamment sur la répartition des sites fossilifères et sur les données sédimentaires obtenues dans les principales sablières du secteur, confirmant les résultats de l'inventaire des ressources granulaires réalisé par Brazeau (1997a et 1997b). Les travaux indiquent que la sédimentation dans ce secteur a été fortement influencée par la présence du massif plutonique du mont Rigaud, qui se trouve au cœur des roches sédimentaires de la Plate forme du Saint-Laurent et qui aurait agi comme point d'ancrage à la glace retraitant vers le nord. La présence de sédiments identifiés comme des sables d'épandage sous-aquatique, à proximité de l'esker partiellement enfoui de Saint-Téléphore et à de nombreuses crêtes morainiques constituées de till d'orientation générale est ouest, justifie une mise en place au contact avec les eaux de la Mer de Champlain. Globalement, les sédiments cartographiés sont donc principalement de nature glaciomarine littorale, deltaïque et profonde, lesquels forment respectivement les unités lithostratigraphiques MGb, MGd et MGa. Ces unités se juxtaposent directement aux sédiments de la dernière glaciation (till, Tc) et à ceux associés à la déglaciation (dépôts fluvioglaciers Gx et Gs). Les alluvions du proto Saint-Laurent et du proto Outaouais, souvent mis en place sous la forme de jeux de terrasses alluviales et de paléo chenaux, et les sédiments holocènes (O et Ot), complètent le portrait général des éléments cartographiés. Un seul site, celui de Pointe Fortune (Veillette et Nixon, 1984; Anderson *et al.*, 1990), exhibe des sédiments sableux à stratifications entrecroisées d'origine fluviale antérieurs à la dernière glaciation. Les travaux cartographiques se poursuivront pendant l'hiver 2013 à l'aide du logiciel de photo interprétation SUMMIT EVOLUTION, suivi par la rédaction d'un rapport géologique et la publication de la carte finale à la fin mars 2013.



## G23

### Mobilité et enregistrements sédimentaires des terres rares dans les sédiments d'un lac boréal

JADE BERGERON, CHARLES GOBEIL  
ET ANDRÉ TESSIER (INRS-ETE)

Des profils du pH et des concentrations en terres rares (Y, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb et Lu), Fe, Mn, sulfate, sulfure, C organique et ions majeurs ont été déterminés dans les eaux interstitielles des sédiments d'un lac oligotrophe du Bouclier canadien. La distribution verticale des teneurs en terres rares (TR), Fe, Al, S total et C organique ont également été déterminés dans des carottes de sédiments datées ( $^{210}\text{Pb}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ) du même lac. Les profils des TR dans les eaux interstitielles exhibent des gradients de concentration qui témoignent de la réactivité des éléments au cours des stades précoces de la diagenèse des sédiments. La modélisation des profils avec une équation unidimensionnelle de transport réactions révèle cependant des vitesses nettes de réactions susceptibles de n'entraîner qu'une faible redistribution post dépôt des éléments dans la colonne de sédiments. Dans le pire des cas, les teneurs des éléments redistribués représentent 3 % de celles mesurées, ce qui implique que les enregistrements sédimentaires reflètent avec exactitude les variations chronologiques des teneurs des TR dans les particules déposées à l'interface eau sédiment. La reconstruction historique des flux des TR suggère, par ailleurs, qu'ils ont augmenté au cours du XX<sup>e</sup> siècle. Nous supposons que cette tendance des émissions de TR dans l'atmosphère provient de sources anthropiques mal caractérisées, notamment des incinérateurs de déchets ménagers et des raffineries de pétrole.

## G24

### Quantification de la fiabilité de la mesure de l'orientation des discontinuités sur des carottes orientées et son impact sur l'évaluation de la stabilité des pentes minières

JOSEPH KABUYA MUKENDI  
ET MARTIN GRENON (ULAAVAL)

Aux premiers stades d'un projet minier, la conception des pentes rocheuses s'appuie sur des données échantillonnées à partir de forages orientés. La fiabilité de la mesure de l'orientation des fractures peut varier considérablement le long des carottes du roc. Une procédure simple a été utilisée pour évaluer la fiabilité de la mesure de l'orientation. Elle repose sur des observations et la prise de mesures sur des carottes, lors des relevés de terrain. Dans le cadre de ce projet, une campagne a été réalisée durant l'automne 2011 sur le site du projet minier Meliadine. La mesure de l'orientation des fractures a été analysée en fonction du niveau de fiabilité. Des similitudes et des différences ont été statistiquement quantifiées. Les résultats indiquent que l'orientation des familles de discontinuités (moyenne et dispersion) varie avec le niveau de fiabilité. L'impact de ces différences sur l'évaluation de la stabilité des pentes a été ensuite évalué. Il a été démontré que la variation des valeurs de l'orientation peut avoir un impact important sur la stabilité des pentes. La démarche qui a été réalisée constitue un outil d'aide à la décision sur les fractures à considérer dans le design des fosses minières à la suite d'une campagne de forages orientés.

## G25

### Analyses géomécaniques pour le projet minier Meliadine

JOSEPH KABUYA MUKENDI  
ET MARTIN GRENON (ULAAVAL)

Ce projet aborde trois aspects de la conception géomécanique des fosses minières à l'aide

d'un cas d'étude portant sur la fosse Tiriganiaq du projet minier Meliadine. Dans un premier temps, une méthodologie a été mise en place pour quantifier la fiabilité de la mesure de l'orientation des fractures lors de campagnes de caractérisation géomécanique à l'aide de forages orientés. L'impact du niveau de fiabilité de la mesure de l'orientation sur le résultat d'une analyse cinématique de la stabilité des flancs de la fosse a ensuite été recherché. Dans un second temps, une approche a été étudiée pour quantifier la contribution des campagnes d'acquisition successives de données structurales sur un site minier à la caractérisation de l'orientation des fractures. L'impact des campagnes successives sur le résultat d'une analyse cinématique de la stabilité des flancs de la fosse a ensuite été recherché. Dans un troisième temps, l'évaluation de la stabilité des bancs miniers de la fosse par rapport à des critères de fiabilité a été réalisée au moyen d'un outil logiciel créé lors de mes travaux de recherche. Une approche multicritère systématique pour évaluer la fiabilité des bancs miniers à l'aide de cartes de susceptibilité a été proposée.

## G26

### Géologie de la région du lac Okaopéo, Côte-Nord (SNRC 22K01, 22K02, 22K07, 22K08, 22K09 et 22K10)

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

La région cartographiée constitue la phase 3 de 3 d'un projet de cartographie régionale visant à acquérir de nouvelles connaissances géologiques et métallogéniques sur le territoire de la Côte-Nord (feuille SNRC 22K). Située dans le secteur sud du réservoir Manic 5, elle fait partie de la province géologique de Grenville central.

La cartographie géologique a été réalisée à l'échelle 1/50 000 dans les secteurs accessibles par des chemins forestiers et au 1/125 000 dans les secteurs sans accès terrestre. La cartographie combinée à un levé aéromagnétique récent nous a permis d'identifier plusieurs unités géologiques. Les roches les plus anciennes sont les métasédiments du Complexe de la Plus Value (plv, <1765 Ma, >1487,6 Ma); elles sont injectées par la Suite plutonique de Bardoux (bar, 1488 Ma) constituée de granite à grenat, à texture porphyrique et porphyroclastique à œillée. Le Complexe de Hulot (ulo, 1434 à 1373 Ma) occupe la partie sud ouest de la région et est formé de roches plutoniques porphyriques (granite, charnockite, enderbite) et de gneiss tonalitiques à granitiques associés à des diorites et des diorites quartzifères. Dans la partie NNE de la région, on retrouve la Mangérite de Renwick (1402 Ma), qui est très déformée et est intrudée par l'Anorthosite de Berté. L'est et le centre de la région sont occupés par la Suite plutonique de Castoréum (non datée), constituée d'un assemblage de granites porphyriques à porphyroclastiques, de charnockites, de monzonites et de gneiss granitiques. D'autres gneiss tonalitiques à granitiques très déformés affleurent dans le secteur est (Complexe de Baie-Comeau, 1103 Ma). Des dykes mafiques à ultramafiques (1228 à 1046 Ma) coupent toutes ces roches. De jeunes intrusions composées de mangérite porphyrique, de gabbronorite à oxydes (Fe-Ti ± P) et de granite ont été cartographiées dans la région (par exemple, la Mangérite de Sabot; 1016 à 1017 Ma). Ces dernières ont été suivies par la mise en place de dykes mafiques et ultrapotassiques à biotite.

Deux phases majeures de plissement et une migmatiation ont touché les roches les plus anciennes de la région (plv, ulo, bar). La première phase est représentée par des plis isoclinaux (P2) à plans axiaux NE-SW, parallèles à la fabrique planaire et au grain structural régional. La deuxième est constituée surtout de plis ouverts (P3) dont les plans axiaux sont à 20 à 30° de ceux des plis P2. De larges couloirs mylonitiques, de direction NNE-SSW à NE-SW, traversent la région sur plusieurs kilomètres. Les roches de la région sont métamorphosées au faciès des granulites de pression moyenne.

Du point de vue économique, la région cartographiée offre des cibles d'exploration minérale en terres rares, en oxydes de fer et titane, en Ni-Cu et en pierre architecturale.



## Potentiel de minéralisations en apatite au Québec

N'GOLO TOGOLA (MRN)

Le Québec présente un bon potentiel en ce qui concerne les minéralisations en apatite. Deux projets miniers (projet Lac à Paul et projet Arnaud), visant la production de concentré d'apatite sont actuellement à l'étape de mise en valeur.

L'apatite constitue l'un des principaux minéraux des roches phosphatées. Ce minéral est l'une des sources d'oxyde de phosphore ( $P_2O_5$ ) utilisée, entre autres, pour la fabrication d'engrais minéraux.

Les principales minéralisations en apatite au Québec sont localisées, notamment, dans la province géologique de Grenville. Celle-ci renferme des ressources en phosphate associées aux suites anorthositiques, aux complexes ignés lités et aux carbonatites des complexes ignés alcalins.

Les suites anorthositiques de la province de Grenville renferment, par endroits, de l'apatite associée à des minéralisations de fer titane des unités de ferrodiorite, de gabbronorite, de norite, de monzonite, de jotunite, de leuconorite, de leucotroctolite et de troctolite des complexes anorthositiques.

Dans la partie nord du Saguenay-Lac-Saint-Jean, la suite anorthositique du Lac Saint-Jean renferme le gisement Lac à Paul, l'un des plus importants gisements d'apatite au Québec. Ce gisement, situé dans le secteur de Chute-des-Passes au nord du Lac-Saint-Jean, est constitué de plusieurs zones minéralisées (Paul, Manouane, Zone 2). Le projet minier Lac-à-Paul porte sur le gisement du même nom. En mars 2013, des ressources mesurées et indiquées de la zone Paul ont été estimées à environ 590 240 000 tonnes à une teneur de 7,13 %  $P_2O_5$ .

Le Complexe igné lité de Sept-Îles, un complexe mafique stratifié, est aussi l'hôte d'un important gisement d'apatite, soit le gisement Rivière des Rapides situé à proximité de la ville de Sept-Îles, sur la Côte-Nord. Dans ce gisement, la minéralisation d'apatite est encaissée dans des niveaux de nelsonite ou de magnétite titanifère. Le projet minier Arnaud porte sur le gisement Rivière des Rapides. Les ressources indiquées du gisement ont été évaluées à 110 870 000 tonnes à une teneur de 4,16 %  $P_2O_5$ , tandis que les ressources mesurées ont été évaluées à 370 870 000 tonnes à 4,24 %  $P_2O_5$ .

Les carbonatites des complexes ignés alcalins de la Province de Grenville présentent également un potentiel intéressant en ce qui concerne l'apatite. Des minéralisations en apatite sont associées à des gîtes de niobium-tantale-terres rares qui se retrouvent dans les carbonatites (Saint-Honoré, Oka et Crevier).

Par ailleurs, de faibles concentrations d'apatite sont également présentes par endroits dans des intrusions alcalines (Sainte-Véronique, Mont Saint-Hilaire) ou dans des intrusions hyperalcalines (région de Parent en Haute-Mauricie).

## Géologie et potentiel minéral de la région du lac des Vœux (Baie-James)

HANAFI HAMMOUCHE, PÉNÉLOPE BURNIAUX  
ET ABDEL ALI KHARIS, MEHDI AMINE GUEMACHE (MRN)

Un levé géologique au 1/50 000 a été réalisé durant l'été 2013 dans la région du lac des Vœux (Baie-James) et couvre les feuillets 33H10, 33H15 et 33H16. Le terrain cartographié se trouve dans la Sous province de La Grande. Ces travaux sont appuyés par de nouveaux levés aéromagnétiques et aérospectrométriques de haute résolution.

La région est composée majoritairement de roches archéennes. Une vaste surface est occupée par le Batholite de Polaris, dont la partie centrale expose des roches porphyriques potassiques, intermédiaires à felsiques.

D'autres intrusions felsiques importantes sont cartographiées, notamment dans les parties est et sud du terrain. Elles traduisent un magmatisme tardi archéen, principalement syn- à post-tectonique. Elles appartiennent aux suites de Coates (2743 à 2716 Ma, tonalitique), de Tramont (2707 à 2686 Ma, granitique), de la Savonnière (2685 Ma, felsique à mixte) et au Granite de Sauvolles (2708 Ma). Le socle, représenté par le Complexe de Langelier (3360 à 2788 Ma, gneiss et tonalites foliées) affleure peu, dans la partie sud ouest.

Dans la partie sud du terrain, il subsiste quelques reliques de ceintures volcaniques démembrées. Il s'agit des extensions du groupe de Guyer (2820 à 2806 Ma) reconnu plus à l'ouest lors de travaux antérieurs et de la formation d'Escale, cartographiée plus à l'est en 1996. Nous retrouvons également l'extension de la Ceinture d'Aquilon, une bande NW-SE, dans le coin nord-est du terrain. Les volcanites s'intercalent parfois avec des niveaux sédimentaires, métamorphisés au faciès des amphibolites.

On rencontre des roches ultramafiques dans le coin nord-est de la région étudiée, sous forme de sills à l'intérieur de roches métavolcaniques de la Ceinture d'Aquilon. Leur signature magnétique montre des bandes jusqu'à 200 m de largeur, sur une extension atteignant 10 km.

Des dykes de gabbro et de gabbronorite recoupent les roches archéennes susmentionnées et montrent une forte signature magnétique. L'âge de ces dykes varie de néo archéen à protérozoïque.

Le grain structural est variable. On peut observer un agencement E-W à NE-SW dans la partie sud, tandis qu'à l'est, le grain acquiert une orientation NW-SE, proche de celui du Minto. Des zones de cisaillement ductile séparent les ceintures volcaniques anciennes des intrusions felsiques. Le métamorphisme est au faciès des amphibolites en général.

Plusieurs niveaux rouillés sont observés à l'intérieur des métavolcanites. Des zones à sulfures y sont parfois associées, et contiennent un assemblage à PY-PO. La région possède aussi un potentiel intéressant pour les types suivants :

- ▶ minéralisations aurifères et de métaux usuels associés à des formations de fer;
- ▶ minéralisations volcanogènes de métaux usuels et précieux, dont les formations sulfurées et les disséminations de sulfures (PY-PO ±CP) dans des zones altérées;
- ▶ minéralisations de Cu-Ni-EGP dans les roches ultramafiques.



## Géologie de la région du lac Richardie, Baie-James : la limite entre l'Opinaca et La Grande

JEAN GOUTIER (MRN), JOSÉPHINE GIGON (UQAT URSTM)  
ET WILLIAM CHARTIER MONTREUIL (MRN)

La région du lac Richardie est située à une centaine de kilomètres au sud du réservoir La Grande 4. Les feuillets SNRC couverts par ce levé géologique (1/50 000) sont : 33H02, 33H03 et 33H07. Les travaux géologiques antérieurs, dans les années 1950 et 1970, se limitaient à une cartographie de reconnaissance géologique (1/506 880) par la Commission géologique du Canada et à une cartographie régionale (1/100 000) par le ministère. Des travaux récents de prospection pour l'or ont été réalisés par l'industrie. Cette région est localisée dans la portion nord-est de la Province du Supérieur et touche aux sous-provinces de La Grande et d'Opinaca. Elle est formée de roches archéennes et d'essaims de dykes de gabbro-gabbronorite archéens (Mistassini) et protérozoïques (Senneterre et Lac Esprit). Le métamorphisme archéen varie du nord au sud du faciès des amphibolites à celui des granulites. Les roches de la Sous-province d'Opinaca sont principalement des paragneiss à biotite et des migmatites. Elles sont injectées d'importants volumes de granite d'épaisseur centimétrique à décimétrique. Les roches de la Sous-province de La Grande occupent la portion nord de la région étudiée. Elles comprennent : une tonalite ancienne et des gneiss tonalitiques (2,84 Ga); des volcanites (2,7 Ga), de composition mafique et intermédiaire, transformées en amphibolites rubanées; des niveaux de formations de fer à silicates et magnétite et des paragneiss. Certaines bandes volcano-sédimentaires sont l'extension des séquences d'Escale et de Trieste. L'une d'elles contient une zone d'altération en cordiérite anthophyllite associée à une volcanoclastite felsique et un métagabbro leucocrate-anorthosite. Ces roches sont coupées par de grandes masses granitiques. Des intrusions ultramafiques de faible dimension s'injectent dans les roches des deux sous-provinces. Elles sont beaucoup moins déformées que les roches encaissantes, mais elles sont métamorphosées au même faciès. Nos travaux permettent de mieux tracer la limite entre les sous-provinces de La Grande et d'Opinaca. Cette limite est un métalotecte important pour l'or à la Baie-James. Elle est en partie modelée par des plutons syntectoniques mis en place entre les sous-provinces. La géologie de l'indice aurifère Quentin situé au contact entre les deux sous-provinces, le métamorphisme régional et les intrusions ultramafiques, font l'objet de projets de fin d'études.

## Magmatisme ultramafique à mafique dans les domaines de La Grande et d'Eastmain de la Province du Supérieur, Baie-James, Québec

MICHEL G. HOULÉ (CGC-Q) ET JEAN GOUTIER (MRN)

Le territoire de la Baie-James est constitué essentiellement de roches archéennes faisant partie de la Province du Supérieur qui est composée principalement d'une alternance de séquences à dominance sédimentaires, volcano-plutoniques et plutoniques. La distribution des intrusions ultramafiques à mafiques et du volcanisme ultramafique montre une présence relativement abondante sur l'ensemble du territoire, mais semble plus importante dans les domaines de La Grande et d'Eastmain localisés dans la partie centrale-est de la Province du Supérieur entre les sous-provinces d'Opinaca, au sud, d'Ashaniipi, à l'est et le Minto, au nord.

Bien que mal connu, le magmatisme ultramafique mafique s'étend sur une période de plus de 200 Ma, soit approximativement entre -2,88 Ga et 2,66 Ga. Divers types de magmatisme ultramafique à mafique sont reconnus dans les domaines de La Grande et d'Eastmain et en périphérie, soient : 1) des laves ultramafiques et intrusions ultramafiques d'affinité komatiitique; 2) des intrusions principalement ultramafiques; 3) des intrusions principalement mafiques; 4) des intrusions ultramafiques à mafiques d'affinité alcaline; et 5) finalement de moindre importance des lamprophyres ultramafiques. Plusieurs de ces types de magmatisme ultramafique à mafique contiennent également des minéralisations en Cr-EGP, Ni-Cu-EGP ou encore en Fe-Ti-V. Les exemples les plus significatifs de ces types de minéralisation sont le Complexe de Menarik (Cr-EGP), l'intrusion du lac des Montagnes (Cr-EGP), les intrusions du lac Gayot (Ni-Cu-EGP), l'intrusion de Nisk (Ni-Cu-EGP), et la Pyroxénite de Baie Chapus (Fe-Ti-V).

Dans le cadre de l'Initiative géoscientifique ciblée - Phase 4 (IGC-4), la Commission géologique du Canada et le ministère des Ressources naturelles du Québec ont entrepris des travaux de reconnaissance, afin de mieux caractériser ces types d'intrusions par leurs distributions, leurs caractères géochimiques ainsi que leurs prospectivités pour contenir ces types de minéralisations. Des études ponctuelles sont actuellement en cours sur ces intrusions dans le secteur des Yasinski, des Montagnes, de Fed et Pelletan, ainsi qu'une étude plus régionale dans le secteur au sud du réservoir La Grande 4. De nouveaux travaux de géochronologie sont également en cours, ce qui nous permettra de mieux comprendre la distribution temporelle du magmatisme ultramafique à mafique dans cette région de la Province du Supérieur. Une meilleure compréhension de ces intrusions ultramafiques à mafiques nous permettra également de voir si celles-ci montrent des caractéristiques semblables aux intrusions ultramafiques à mafiques récemment découvertes dans le secteur de McFaulds Lake en Ontario (« Ring of Fire ») qui contiennent d'importants gisements de Cr-EGP et de Ni-Cu-EGP.



## Géologie et potentiel économique de la région du lac Henrietta, Churchill sud est (SNRC 24H)

ISABELLE LAFRANCE, DANIEL BANDYAYERA  
ET CARL BILODEAU (MRN)

Ce nouveau levé géologique au 1/250 000 a été réalisé pendant l'été 2013 dans le secteur du lac Henrietta, localisé à 200 km au sud est de Kuujuaq. Le terrain cartographié se trouve dans la Zone noyau de la Province de Churchill sud est, qui correspond à un ancien craton archéen déformé et remobilisé au Protérozoïque, lors des orogènes du Nouveau Québec, à l'ouest, et des Torngat, à l'est.

Dans la région, la Zone noyau comprend deux domaines distincts séparés par la Faille de Blumath, d'orientation générale N-S à NNW-SSE. Du côté ouest de la faille, les roches consistent essentiellement en gneiss archéens variablement migmatitisés et injectés par des intrusions potassiques protérozoïques variées. La majorité de ces intrusions font partie du Batholite de De Pas, qui traverse l'ensemble de la Zone noyau sur plus de 600 km de longueur selon un axe NNW-SSE. Un dôme magnétique d'environ 50 km de roches à orthopyroxène a aussi été observé à l'intérieur des roches gneissiques. Du côté est de la Faille de Blumath, les roches ont été affectées par l'Orogène des Torngat et consistent en une séquence d'enderbite et de diorite à orthopyroxène renfermant souvent une phase charnockitique diffuse. Ces roches sont, pour l'instant, rattachées à la Zone noyau et considérées comme des équivalents des séquences de gneiss archéens portés au faciès des granulites. Des lambeaux plurikilométriques de paragneiss et de métavolcanites ont aussi été observés dans l'ensemble de la Zone noyau.

Dans le secteur ouest du secteur cartographié, la Zone de cisaillement de la rivière George, d'orientation NNW-SSE, affecte les unités archéennes et paléoprotozoïques sur plus de 25 km de largeur. Le grain structural régional de la Zone noyau est essentiellement orienté NNW-SSE avec pendage vers le nord-est. L'orientation du grain structural est toutefois plus régulière, avec un fort pendage du côté est de la Faille de Blumath. Les roches à l'est de cette faille sont aussi caractérisées par le développement d'une forte linéation d'étirement subhorizontale.

Nos travaux ont permis la mise au jour d'une nouvelle ceinture volcano sédimentaire bien préservée de 4 à 8 km de largeur sur plus de 25 km dans le secteur ouest de la région. Plusieurs zones minéralisées ont aussi été observées à l'intérieur d'une séquence plissée de quartzite et de paragneiss injectée par des intrusions litées de roches ultramaïques. Enfin, des veines de sulfures à chalcopryrite +/- pyrite sont associées à des cisaillements secondaires recoupant le Batholite de De Pas.

## Présentations des données géophysiques publiées en 2013

RACHID INTISSAR, ISABELLE D'AMOURS  
ET SIHAM BENAHMED (MRN)

Géologie Québec a poursuivi ses campagnes de levés géophysiques aéroportés à grande échelle dans différentes provinces géologiques durant les années 2012 et 2013. Le nombre de kilomètres linéaires parcouru pendant la dernière année est de l'ordre de 296 000 km et s'étend sur une superficie d'environ 75 161 km<sup>2</sup>. Le but ultime de ces levés de haute résolution est de fournir un outil de soutien à la cartographie géologique, tant 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 en générant des cibles d'intérêt.

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

- ▶ DP 2013-01 : Levé magnétique aéroporté couvrant 42 feuillets au 1/50 000 dans le secteur du lac Vallard, au sud-ouest de Fermont. Une grande partie de ce levé est située dans la Province de Grenville, alors que le reste est situé dans la Province du Supérieur. Ce levé est réalisé par la compagnie Geo Data Solutions.
- ▶ DP 2013-02 : Levé magnétique et spectrométrique couvrant 33 feuillets au 1/50 000 dans le secteur du lac Romanet, Fosse du Labrador (Province de Churchill). Ce levé est réalisé par la compagnie Geo Data Solutions. Ce levé, ainsi que ceux effectués en 2011, complète la couverture de la Fosse du Labrador en termes de données magnétiques et spectro métriques haute résolution.
- ▶ DP 2013-03 : Levé magnétique et spectrométrique couvrant 17 feuillets au 1/50 000 dans le secteur de la rivière de la Baleine, Province de Churchill. Ce levé est réalisé par la compagnie Eon Geosciences.

Le traitement et l'interprétation préliminaire des données spectrométriques de ces deux derniers levés ont permis d'identifier plusieurs cibles d'exploration qui sont publiées dans un document promotionnel (PRO 2013-01) disponible à l'adresse [www.mrn.gouv.qc.ca/produits/services/mines.jsp](http://www.mrn.gouv.qc.ca/produits/services/mines.jsp), via le produit « E-Sigeom (Examine) ».



## Géologie de la région de La Motte (SNRC 32D08-SE)

**PIERRE PILOTE, PIERRE LACOSTE, JAMES MOORHEAD (MRN), RÉAL DAIGNEAULT (UQAC), VICKI McNICOLL (CGC-O) ET JEAN DAVID (MRN)**

La région de La Motte est située dans la partie méridionale de la Sous province de l'Abitibi. Ce projet de cartographie, échelonné sur trois ans (2012-2014), a couvert, durant l'été 2013, le quart sud est du feuillet SNRC 32D08 à l'échelle 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 portant sur le secteur de Val-d'Or.

La région de La Motte est constituée de roches volcaniques (les groupes de Malartic et de Louvicourt) et sédimentaires (Groupe de Kewagama) d'âge archéen. Cette région correspond à l'extension des unités volcaniques retrouvées dans la région de Val-d'Or, réputées 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; hôte du site « Spinifex Ridge »), Dubuisson (2708 +/- 2 Ma), Jacola (2706 +/- 2 Ma) et Héva (2702 +/- 2 Ma). Ces formations présentent des extensions et des puissances très variables. L'orientation générale des surfaces stratigraphiques SW est également très variable, passant de WNW-ESE dans le coin sud est de la carte, à NW-SE et N-S dans la partie centrale, à E-W dans la partie nord. Une schistosité S1, de modérément à intensément développée, apparaît subparallèle à SO. Cette région est affectée par l'Anticlinal de La Motte Vassan, un pli P1, d'orientation NW à N-S. Un clivage S2 orienté E-W recoupe la fabrique S1, principalement dans les segments où la stratification est d'orientation N-S et NW. Les linéations d'étirement sont fortement développées dans la partie centrale de cette région, elles plongent modérément vers l'est dans la partie ouest, elles plongent, en revanche, modérément vers l'ouest dans la partie est. Cette région est parcourue par des cisaillements et failles longitudinales importantes : La Pause, Rivière Héva et Manneville Sud, toutes orientées NNW à NW et à pendage nord abrupt. Trois vastes intrusions tardi à post tectoniques et plusieurs petites masses satellites isolées recoupent et perturbent profondément l'architecture volcanique et structurale initiale, il s'agit des plutons de Preissac (2680-2660 Ma), de La Motte (2642 Ma) et de La Corne (2680-2642 Ma). Le métamorphisme régional atteint communément le niveau des amphibolites.

La région de La Motte est particulière du fait qu'elle contient le seul gisement de nickel exploité en Abitibi, la mine Marbridge. Cette mine a été en production de 1962 à 1968 (703 000 t.m. de minerai @ 2,28 % Ni et 0,17 % Cu). La géologie du secteur Marbridge se compose de volcanites ultramafiques (komatiites et péridotites), de basaltes et de volcanites felsiques massives à fragmentaires, très foliées, riches en biotite-pyrite et qui ont souvent été confondues avec des unités sédimentaires. Il s'y trouve aussi des unités sédimentaires et volcanoclastiques légitimes riches en Py-Po-Mg. La minéralisation en nickel occupe des géométries filoniennes sécantes aux fabriques structurales, ce qui implique une remobilisation importante par endroits. Deux autres indices en nickel sont connus régionalement, il s'agit des zones Cubric et Attaman. Ce secteur contient également un indice de molybdène, Moly Hill, contenu dans des veines et pegmatites riches en quartz associées au Pluton de Preissac.

Tous ces travaux permettront d'améliorer la connaissance du potentiel minéral de cette région et de mieux le définir. Ils contribueront également à favoriser la recherche de types de gîtes comparables ailleurs dans la Province du Supérieur.

## Inventaire des ressources en granulats des régions de Quařtaq et de Kangiqsujaq

**ANDRÉ BRAZEAU ET GUILLAUME ALLARD (MRN)**

Durant l'été 2013, des travaux d'inventaire des ressources en granulats ont été effectués dans les villages nordiques de Quařtaq et de Kangiqsujaq.

Le village de Quařtaq est situé à une latitude de 61°02' nord et une longitude de 69° 37' ouest, sur une péninsule qui avance dans le détroit d'Hudson. Sa population est d'environ 350 habitants. Le village de Kangiqsujaq est situé sur la rive sud-est de la baie Wakeham, à 10 km du détroit d'Hudson, à une latitude de 61° 35' nord et une longitude de 71°57' ouest. Le village compte environ 700 habitants. Les deux régions se trouvent dans la zone de pergélisol continu.

La population des villages nordiques est généralement en forte croissance. Les besoins en logements et en infrastructures municipales sont 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, 8 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 Mer 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.

Les sources de sable et gravier à proximité des villages sont pratiquement épuisées. Des sources importantes ont été identifiées à environ 9 kilomètres des villages à proximité des chemins d'accès.



## Prospection glaciocédimentaire dans la partie sud-est de la Province de Churchill : échantillonnage combiné de sédiments glaciaires et fluvioglaciaires

HUGO DUBÉ-LOUBERT (MRN), MARTIN ROY  
ET OLIVIER LAMARCHE (UQAM)

Les régions ayant été touchées par les grandes glaciations du Quaternaire représentent encore aujourd'hui un obstacle à la cartographie du socle rocheux et à l'exploration minérale. La recherche de ressources minérales dans ces régions est souvent compliquée par la présence d'une couverture de plusieurs mètres de sédiments glaciaires masquant une grande partie de la roche en place. Devant ce type de terrain, de nombreuses campagnes d'exploration ont mis l'accent sur l'échantillonnage de dépôts glaciaires, afin de pallier ce problème et de cibler les secteurs ayant un potentiel élevé en ce qui concerne les ressources minérales.

Le Bureau de l'exploration géologique du Québec a initié, durant 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 parallèlement différents objectifs : en premier lieu, le projet Quaternaire Ungava permettra d'évaluer le potentiel minier à l'aide des outils de glacio prospection. De plus, les données recueillies grâce à l'échantillonnage de sédiment quaternaire seront étayées par une cartographie de détail à l'échelle 1/250 000.

La région de l'Ungava est particulièrement intéressante pour la prospection glaciocédimentaire. En effet, les écoulements glaciaires et les patrons d'eskers convergent vers les basses terres de la baie d'Ungava. Un échantillonnage systématique des eskers de cette région devrait permettre d'intercepter des indices kimberlitiques (minéraux indicateurs de kimberlites : MIKs) associés au couloir Mistassini Lemoine plus au sud (Moorhead *et al.*, 2000). De plus, la combinaison de l'échantillonnage de till et d'esker nous permet d'obtenir une perspective respectivement locale et régionale du potentiel minéral de la région.

Au cours des campagnes 2012 et 2013, plus de 800 échantillons (till et esker) ont été prélevés. Ceux-ci ont été traités afin de caractériser leur distribution granulométrique et la géochimie de la matrice. Des concentrés de minéraux lourds ont été réalisés afin d'en prélever les minéraux indicateurs du potentiel kimberlitique de la région. Les résultats présentés ici concernent les échantillons prélevés lors de la campagne 2012.

## Géologie de la région du lac Lamarck (demi-nord du feuillet SNRC 32G14) et du lac Thomelet (quart sud-ouest du feuillet SNRC 32J03)

FRANÇOIS LECLERC (MRN), YANNICK DAUDENE  
ET CHRISTINE VÉZINA (UQAM)

La révision cartographique de la région du lac Lamarck (demi-sud du feuillet SNRC 32G14) et du lac Thomelet (quart sud ouest du feuillet SNRC 32J03) constitue la deuxième phase d'un levé réalisé à l'ouest de Chapais (Sous-province de l'Abitibi, Québec). Les objectifs de ce projet sont : a) confirmer la position stratigraphique de certaines unités volcaniques attribuées aux formations d'Obatogamau et de Waconichi; b) au nord, affiner le tracé du contact entre l'Abitibi et l'Opatoca; c) rechercher le potentiel pour la minéralisation de type SMV et filonienne aurifère. Les plus vieilles roches du secteur apparaissent au nord de la rivière Chibougamau et correspondent aux roches volcaniques mafiques de la Formation d'Obatogamau. À l'intérieur de cette Formation, le Membre de Pichamobi (tuf à lapillis felsiques, rhyolites porphyriques) forme un synclinal P1 à trace axiale N S replissé par un anticlinal P2 à trace axiale E W. Un échantillon de tuf à lapillis sera analysé, afin d'en déterminer l'âge et de confirmer la position stratigraphique du Membre de Pichamobi. À l'ouest du Pichamobi, la schistosité S2 de plan axial s'intensifie dans les zones de cisaillement développées au contact des roches volcaniques massives et coussinées avec les brèches de coulées volcaniques et les intrusions felsiques. Ces zones fortement ankéritisées sont les hôtes de veines de cisaillement et de veines en tension aurifères (quartz, carbonate, tourmaline, chlorite, épidote, fuchsite, pyrite, chalcopyrite, arsénopyrite). À l'est de la zone de cisaillement Lamarck d'orientation NE SW, la portion nord du lac Lamarck montre une alternance d'unités composées : a) d'arénites et de mudrocks; et b) de roches volcanoclastiques de composition intermédiaire à felsique (tuf à lapillis, tuf à cristaux et tuf cherteux). Les mudrocks contiennent localement des niveaux graphiteux à Py Po et les tufs à lapillis présentent des zones d'altération à chlorite et silice avec sulfures disséminés. Un échantillon de tuf à lapillis felsique a été recueilli pour établir une datation, afin de déterminer si ces roches appartiennent effectivement à la Formation de Waconichi. Le nord de la région correspond à la limite entre les sous provinces d'Abitibi et d'Opatoca. L'intensité du métamorphisme augmente du faciès des schistes verts jusqu'à celui des amphibolites et les dykes de tonalite augmentent en proportion, jusqu'à former une intrusion de tonalite foliée à enclaves d'amphibolite. Dans la portion nord est, la limite entre l'Abitibi et l'Opatoca s'exprime par une zone de cisaillement entre les roches volcaniques mafiques de l'Obatogamau et les roches sédimentaires du Groupe d'Opémisca (conglomérat polygénique minéralisé en Py-Po ± Cp à matrice amphibolitisée). Le cœur de la zone de déformation est injecté par le Stock syénitique de Moraine et le Stock granodioritique du lac à l'Eau Noire. Dans le secteur des lacs Clévis et Sunset, les roches volcaniques mafiques (Formation de Bruneau) comprennent des interlits de roches volcanoclastiques mafiques à felsiques. Des filons de quartz carbonate tourmaline aurifères recoupent les intrusions de gabbro et de diorite quartzifère.



## Analyse structurale du cisaillement de la rivière France et de ses minéralisations aurifères, région de Chapais Chibougamau, Québec

CHRISTINE VÉZINA, ALAIN TREMBLAY (UQAM), FRANÇOIS LECLERC (MRN) ET YANNICK DAUDENE (UQAM)

Le camp minier de Chapais Chibougamau, dans le nord-est de la Sous province archéenne de l'Abitibi, a constitué de 1953 à 2008 le deuxième secteur minier en importance au Québec (84,26 Mt de minerai ayant produit 1 525 962 t Cu, 176 t Au et 109 t Ag). Reconnu pour ces gisements filoniens à Cu-Au, ce camp minier est également l'hôte de filons aurifères dans des roches volcaniques métamorphosées au faciès des schistes verts, recoupées par des zones de cisaillement orientées E-W et NE SW. L'indice filonien aurifère Monexco est situé à environ 30 km au nord est de la ville de Chibougamau, dans les séquences volcaniques et sédimentaires des formations de Bruneau et de Blondeau. Ces roches sont recoupées par des intrusions felsiques de type « QFP », ainsi que par des filons couches de gabbro et elles ont été affectées par la zone de cisaillement E-W de la rivière France (150 à 250 m de largeur). Cette zone de cisaillement est orientée parallèlement à la schistosité régionale E-W et recoupée par des failles NE SW. La minéralisation est principalement concentrée dans des veines et veinules de tension composées de quartz ankérite tourmaline et de sulfures aurifères. Ces veines et veinules appartiennent à une famille dont la direction dominante est nord sud. La minéralisation se retrouve aussi disséminée dans les épontes des veines. Les minéraux d'altération dominants sont la chlorite, l'ankérite et la séricite. Le projet de maîtrise, entrepris à l'UQAM, a comme objectif principal une étude structurale détaillée de l'indice Monexco, afin d'évaluer la chronologie relative de la déformation et de la minéralisation filonienne aurifère. L'acquisition de données de terrain, l'identification des relations de recoupements et la cartographie détaillée (1/200) de trois zones distinctes sur deux différents décapages ont été effectuées au cours de l'été 2013. L'analyse et l'interprétation des données, ainsi qu'une étude à l'échelle régionale (à suivre), permettront d'établir des caractéristiques communes du cisaillement de la rivière France avec d'autres zones de minéralisations aurifères de la région de Chapais Chibougamau, voire même de l'Abitibi. Les résultats obtenus devraient permettre de générer des guides d'exploration et de formuler des hypothèses quant à la mise en place des minéralisations aurifères au sein des corridors de déformation du même type.

## Évolution tectonique et métamorphique de la bordure Nord de la Sous province de l'Abitibi (Québec, Canada) – Phase 2

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

La Province du Supérieur est constituée d'unités tectono stratigraphiques, amalgamées durant l'orogénèse kénoréenne, entre -2,8 et -2,65 Ga. Parmi ces unités, la ceinture de roches vertes de l'Abitibi montre un grain structural dominant est-ouest et des conditions métamorphiques variant du faciès des schistes verts à celui des amphibolites. Bien que ce métamorphisme régional soit communément attribué à la période d'accrétion, sa variabilité spatiale, son âge et sa durée demeurent incertains. De telles informations sont pourtant nécessaires, afin de mieux connaître l'histoire tectonique et thermique de la région et de poursuivre le débat concernant la géodynamique terrestre à l'Archéen. Cette étude a donc pour principal objectif de préciser l'histoire métamorphique de la sous-province abitibienne.

À travers l'analyse structurale et métamorphique d'une région localisée entre le lac au Goéland, située à 90 km à l'est de Matagami, et Chibougamau, nous montrons que les séries volcaniques et sédimentaires de l'Abitibi reposent structurellement sur les roches de la ceinture plutonique de l'Opatica, affleurant au nord, l'ensemble étant marqué par la présence d'une schistosité/foliation régionale est-ouest, et découpé par de grandes zones de cisaillement décrochantes, obliques et tardives. Vers le nord, en direction du contact avec la ceinture plutonique de l'Opatica, les roches abitibiennes montrent des conditions métamorphiques augmentant progressivement du faciès des schistes verts vers celui des amphibolites. Bien que rarement observé, le contact entre les deux unités ne semble pas correspondre à un corridor de déformation important. Sur la base de ces observations de terrain, nous proposons alors l'hypothèse que les roches de la ceinture plutonique de l'Opatica forment le soubassement des séries abitibiennes. Des micas et des amphiboles, issus d'une grande variété de roches métamorphiques et ignées, ont été échantillonnés dans la région du lac au Goéland, puis datés par la méthode  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ . Les résultats sont comparés à ceux obtenus dans le sud de la sous-province abitibienne, afin de discuter de l'évolution tectonique et thermique de l'ensemble de l'Abitibi à l'Archéen.

Afin d'améliorer la compréhension de l'histoire tectonique et métamorphique de l'Abitibi, il est nécessaire de poursuivre ce type d'étude ailleurs en Abitibi et plus particulièrement dans la partie centrale de la Sous province, où nous suspectons la présence de fenêtres géologiques, exposant des roches comparables et possiblement corrélatives de celles observées dans la Sous-province de l'Opatica.



## Évaluation du potentiel aurifère d'intrusions alcalines des sous-provinces de l'Abitibi et du Pontiac, Québec

MARC LEGAULT (CÉGEP DE L'ABITIBI TÉMISCAMINGUE)  
ET JEAN GOUTIER (MRN)

Les travaux récents de Legault et Lalonde (2009), Lafrance (2012) et Legault et Goutier (2012) ont démontré qu'il est possible de distinguer, dans les sous-provinces de l'Abitibi et du Pontiac, les syénites porteuses de minéralisation aurifère (fertile) de celles qui en semblent dépourvues (stériles). Cette distinction est d'autant plus importante quand on considère que la partie altérée d'une intrusion fertile ne représente, dans plusieurs cas, qu'une fraction du volume total de l'intrusion. Il devient donc plus intéressant de déterminer les caractéristiques des intrusions fertiles et stériles à partir d'échantillons frais. La possibilité de classer ces intrusions permettrait de mieux cibler l'exploration aurifère dans des secteurs peu connus où des syénites ont été identifiées mais peu étudiées. Le secteur à l'ouest de Rouyn-Noranda est fortement documenté et sert donc de secteur témoin pour cette étude. Les caractéristiques d'échantillons frais (< 2,25 % CO<sub>2</sub>) des intrusions alcalines présentes servent à distinguer les fertiles des stériles. Minéralogiquement, les fertiles montrent généralement une altération en séricite, chlorite et/ou carbonates plus poussée que dans les stériles. La coexistence de pyroxène, d'amphibole et de biotite dans un même échantillon est restreinte dans les stériles. Les analyses chimiques permettent d'apporter une différenciation plus claire entre les fertiles et les stériles. Les diagrammes montrant les meilleurs contrastes sont MgO + CaO versus ½SiO<sub>2</sub> + Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Sc versus Co, Cr versus Ga et quartz normatif/serpentine normative. À l'intérieur d'une intrusion fertile, le degré d'altération de celle-ci peut être très variable, surtout si elle est de dimension importante. Le rapport K<sub>2</sub>O/Na<sub>2</sub>O ainsi que les indices IFRAIS et muscovite-paragonite, et le quartz normatif permettent d'identifier les zones minéralisées connues et donc, du même fait, de cibler de nouveaux secteurs pour l'exploration. Ces conclusions ont ensuite été transposées à plusieurs intrusions alcalines situées dans divers secteurs des sous provinces de l'Abitibi et du Pontiac où elles ont permis de distinguer de façon généralement nette les intrusions fertiles des stériles. La compilation des travaux statutaires sur certaines intrusions mieux documentées témoigne de l'efficacité de cette classification.

## Compilation géologique de la région du Bas-Saint-Laurent, MRC de Kamouraska, du Témiscouata et de Rivière-du-Loup

MORGANN PERROT ET ALAIN TREMBLAY (UQAM)

Afin de poursuivre l'harmonisation et la mise à jour de la carte géologique des Appalaches du Québec entreprises par le ministère des Ressources naturelles (MRN) du Québec, les cartes géologiques de la région du Bas-Saint-Laurent, dans les municipalités régionales de comtés (MRC) de Kamouraska, du Témiscouata et de Rivière-du-Loup (feuillet 21N06 à 21N16), ont été compilées et réinterprétées. Ce travail a été effectué à l'aide de nouvelles données de terrain et des travaux de compilation et de cartographie effectués par Daniel Brisebois (MRN) à la fin des années 1990 et au début de l'année 2000.

Dans la partie ouest de la région affleurent les roches cambro ordoviciennes appartenant aux groupes de Caldwell, St-Rock, Rosaire, Trois-Pistoles et de Trinité. Ces formations rocheuses représentent des vestiges de la marge continentale laurentienne et ont été affectées par une série de chevauchements imbriqués à vergence nord ouest qui, vers le sud est, sont repris par des plissements à vergence sud est corrélables aux structures rétrochevauchantes découvertes dans les Appalaches du sud du Québec (Tremblay et Castonguay, 2002). La Faille de Richardson constitue un chevauchement majeur de cette région, et est soulignée par la juxtaposition des roches des groupes de Rosaire et de Saint-Roch, dans le toit du chevauchement sur différentes unités lithologiques du Groupe de Trois-Pistoles et des formations de Rivière Ouelle et de Tourelle. Dans la partie sud est de la région, dans le secteur de Cabano, a été mise en évidence la faille Saint Joseph, une importante faille normale reconnue en Beauce et en Estrie (Pinet *et al.*, 1996; Perrot, 2013) dont l'âge présumé est le Silurien tardif dévonien précoce (Perrot, 2013). Dans le Bas-Saint-Laurent, cette faille juxtapose des roches montrant un fort contraste structural et métamorphique avec, dans son toit (au sud-est), des ardoises et grès verdâtres relativement peu déformés du Groupe de Caldwell et, dans son mur (au nord ouest), des quartzites, schistes noirs, mudslates et métagrès des groupes de Rosaire et de Saint-Roch. Elle est recoupée par la Faille du Lac Témiscouata Petit Lac Bien-court, une faille inverse attribuée à l'orogénie acadienne. Les roches siluro dévoniennes de la Ceinture de Gaspé, incluses dans le Groupe de Chaleurs, affleurent principalement dans le toit de cette dernière faille. Elles reposent en discordance sur un ensemble de roches ordovico siluriennes constitué d'un « socle » ordovicien (le Groupe de Trinité), sur lequel reposent en discordance le Groupe de Cabano et les formations de Pointe-aux-Trembles et du Lac Raymond. Enfin, les roches siluro dévoniennes des formations de Témiscouata et de York River affleurent à l'extrémité orientale de la région, à l'est de la Faille de Causapsal.

### Références

- PERROT, M., 2013 – Étude structurale et microstructurale de la faille Saint-Joseph et de la ligne Baie Verte-Brompton dans les Appalaches du Sud du Québec. Mémoire M. Sc., UQAM.
- PINET, N. – TREMBLAY, A. – SOSSON, M., 1996 – Extension versus shortening model for hinterland-directed motions in the southern Québec Appalachians – Tectonophysics, volume 267, pages 239-256.
- TREMBLAY, A. – CASTONGUAY, S., 2002 – Structural evolution of the Laurentian margin revisited (southern Québec Appalachians): Implications for the Salinian orogeny and successor basins: Geology, volume 30, pages 79-82.



## Cartographie des dépôts quaternaires de Charlevoix et de la Haute-Côte-Nord (Québec, Canada)

BRIGITTE POIRIER, PIERRE COUSINEAU (UQAC), ÉTIENNE BROUARD (ULVAL), MOHAMED EL AMRANI (MRN), JOËLLE BRAULT ET PATRICK LAJEUNESSE (ULVAL)

La géologie des dépôts superficiels constitue une donnée essentielle pour la compréhension des environnements hydrogéologiques d'une région. Dans le cadre du programme d'acquisition de connaissances sur les eaux sous terraines (PACES) du ministère du Développement durable du Québec, l'UQAC, en partenariat avec le ministère des Ressources naturelles (MRN), a réalisé un projet de cartographie des dépôts quaternaires sur les territoires de Charlevoix et de la Haute-Côte-Nord. La superficie totale couverte par la cartographie est de 4600 km<sup>2</sup>. Les travaux comprennent quatre phases échelonnées sur deux ans : 1) phase préliminaire; 2) photo-interprétation et création des cartes préliminaires au 1/50 000; 3) levés systématiques sur le terrain; et 4) création des cartes finales et d'un rapport synthèse. Durant l'été 2013, 939 stations ont été visitées et ont permis de décrire et de valider les principales unités lithostratigraphiques. Cela a fait ressortir certains traits distinctifs entre la Haute-Côte-Nord et Charlevoix. La Haute-Côte-Nord présente un cadre stratigraphique moins complexe, avec une démarcation nette entre les hautes-terres, généralement dominées par des dépôts glaciaires et fluviatiles, et les basses terres dominées par des unités d'épais dépôts de sable bien stratifiés d'origine deltaïque. Ceux-ci supportent souvent de grandes tourbières, résultat de la formation d'une ferri croûte sous-jacente imperméable. Quatre principaux niveaux de terrasse reflètent les niveaux relatifs de la mer de Goldthwait soit, 10 m (associé à la transgression laurentienne), 60 m, 90 m et 130 m, ce qui reflète le niveau des principaux systèmes deltaïques. Dans Charlevoix, l'assemblage des faciès sédimentaires est plus complexe, influencé par la topographie de l'astrolème et du littoral escarpé. Jumelé à une forte sismicité, il en résulte un environnement favorable à d'importants glissements de terrain qui complique la compréhension des faciès. Les sédiments glaciomarins dominent le littoral et une partie du fond des principales vallées (Malbaie et Gouffre). Les crêtes morainiques nombreuses du secteur ont, entre autres, favorisé la formation de lacs d'obturation glaciaire (dépôts glaciolacustres) dans le fond de plusieurs vallées. À l'embouchure de la rivière du Gouffre, plusieurs systèmes deltaïques ont été observés, indiquant une variation notable des écoulements fluvioglaciaires. Plus en amont des vallées, on retrouve des deltas jusqu'à 200 m d'altitude, relique du recul progressif de la mer de Goldthwait, ce qui traduit un niveau marin maximal enregistré dans la région. Un placage de till de fusion (moraine de décrépitude) a été observé à l'ouest de Baie-Saint-Paul, caractérisé par une topographie bosselée et constituée de nombreux kettles.

## Programme de cartographie des dépôts quaternaires du bassin-versant de la rivière Nicolet

RICARDO CAICEDO, MICHEL LAMOTHE, GUILLAUME ST-JACQUES, MARILI VINCENT-COUTURE, FLORENCE GAGNON, FRÉDÉRIC ROBERGE ET SIMON HÉBERT (UQAM)

L'ensemble du bassin versant de la rivière Nicolet ainsi que la portion aval de la rivière Saint-François font l'objet d'une étude hydrogéologique dans le cadre des Programme d'acquisition de connaissances sur les eaux souterraines (PACES) du Ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs (MDDEFP). La cartographie des dépôts quaternaires du secteur amont de la rivière Nicolet n'a pas été revue depuis le début des années 1980 tandis que la portion aval du bassin a été réalisée par Nelson Gadd dans le cadre des travaux de cartographie systématique de la Commission géologique du Canada (CGC) au cours des années 1950-1960.

Le projet en cours vise à mettre à jour la cartographie quaternaire des dépôts meubles des bassins versants de la rivière Nicolet et Saint-François, et à l'intégrer aux travaux récents réalisés par les équipes de l'Université du Québec à Montréal (UQAM) pour les bassins limitrophes de la rivière Bécancour et de l'amont de la rivière Saint-François et par la CGC pour les bassins des rivières Yamaska et Richelieu.

Ce projet de cartographie a été rendu nécessaire en raison de l'hétérogénéité des techniques et rendues cartographiques, des problèmes de continuité des contacts géologiques aux limites des cartes, du peu d'information de nature géomorphologique disponible et de la nécessité d'intégrer la stratigraphie du bassin avec celle, plus moderne et plus complète, des Basses Terres du Saint-Laurent (BTSL).

La première activité de ce projet fut la compilation des données disponibles et leur intégration dans un Système d'Information Géographique (SIG). Parallèlement, les coupes stratigraphiques naturelles observées dans la zone d'étude et recensées de la littérature viennent appuyer les études hydrostratigraphiques du projet PACES en cours.

Les campagnes d'investigation sur le terrain réalisées au cours des étés 2012 et 2013 ont dans un premier temps permis de corriger les contacts entre unités lithostratigraphiques situés aux coupures des feuillets cartographiques. Dans un second temps, les coupes stratigraphiques déjà répertoriées ont été réinterprétées, les coupes nouvellement identifiées ont été décrites et toutes ont été intégrées dans le cadre stratigraphique conceptuel du secteur sud des BTSL. Une investigation systématique le long de l'ensemble du réseau carrossable et des excavations (fossés, gravières/sablières et carrières) a permis d'amasser une quantité substantielle d'informations à même le terrain.



## G45

### Quelques faits saillants de l'exploration avancée et du développement minier en Abitibi Témiscamingue en 2013

PIERRE DOUCET ET JAMES MOORHEAD (MRN)

En mars, IAMGOLD a annoncé le début de l'usinage du minerai de développement de la mine Westwood. En 2013, la compagnie prévoit la production de 60 000 onces d'or provenant de Mouska et 80 000 onces extraites de Westwood. Au mois d'avril, Exploration Typhon et Mines Aurizon ont annoncé les résultats positifs de l'étude économique préliminaire du projet Fayolle. Le scénario étudié prévoit une fosse à ciel ouvert, l'exploitation de 568 941 tonnes de minerai à 4,35 g/t Au et une durée de vie de trois ans. Au projet Duparquet, Clifton Star Ressources annonçait que l'étude de pré-faisabilité devrait être terminée au début de 2014. Mines Abcourt a poursuivi les travaux de mise en production de la mine Elder. En juillet, quatre chantiers de soutirage étaient en production et deux autres étaient en réhabilitation. Une entente a été signée avec Minéraux Maudore pour l'usinage du minerai à la mine Géant Dormant. Le 17 juin, Royal Nickel Corporation annonçait les résultats positifs de l'étude de faisabilité du projet Dumont Nickel.

À Val-d'Or, la mine Goldex de Mines Agnico Eagle a interrompu la production de la zone GEZ depuis octobre 2011. La production doit reprendre à la fin de 2013, à partir des zones M et E qui renferment des réserves prouvées et probables de 6,529 Mt à 1,54 g/t Au. À la mine Beaufort, Mines Richmont a annoncé la décision d'aller en production commerciale pour la Zone W qui renferme des réserves probables de 132 251 t à 7,21 g/t Au. Mines Richmont a également annoncé la décision d'aller en production commerciale pour le projet Monique qui renferme des réserves prouvées et probables de 485 737 t à 2,29 g/t Au pouvant être exploitées par fosse à ciel ouvert. À la mine Lac Herbin, QMX Gold Corporation a suspendu les travaux d'exploration et de développement. Les lentilles minéralisées situées au dessus du niveau 42 seront exploitées jusqu'au troisième trimestre de 2014. La mine Kiena de Mines d'Or Wesdome a fermé ses portes au mois de juin 2013. À Malartic, Corporation minière Osisko a continué d'optimiser la production à la mine Canadian Malartic. Les réserves prouvées et probables de 298,6 Mt à 1,03 g/t Au ont été établies pour les gisements Canadian Malartic et Barnat. À la mine Québec Lithium, Canada Lithium Corporation a commencé l'extraction du minerai de spodumène. Les premiers échantillons de bicarbonate de haute pureté ont été expédiés en Asie. La production commerciale est prévue pour le premier trimestre de 2014.

## G53

### Nouvelles cibles pour l'exploration minérale – Travaux géoscientifiques 2013

MEHDI A. GUEMACHE (MRN)

Géologie Québec présente, encore cette année, les cibles d'intérêt économique trouvées lors des travaux géoscientifiques de l'année 2013. L'acquisition de nouvelles connaissances géoscientifiques est l'une des principales missions dévolues à Géologie Québec. Elles contribuent à la mise en valeur des ressources minérales du territoire québécois et favorisent la découverte de nouveaux gîtes par l'industrie minière.

Lors des travaux sur le terrain, les géologues du ministère des Ressources naturelles ont identifié des zones dans lesquelles le contexte géologique est favorable à l'exploration minière. Ces zones d'intérêt n'ont pas fait l'objet de travaux détaillés, mais méritent d'être examinées plus en profondeur par les compagnies d'exploration.

Ces informations nouvellement recueillies seront rendues publiques dès le mois de novembre, durant le congrès Québec Mines 2013.



## Géoparcs : à quoi ça sert?

PIERRE VERPAELST ET GODFREY NOWLAN  
(COMITÉ NATIONAL CANADIEN POUR LES GÉOPARCS)

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. Un géoparc ne se limite pas à la mise en valeur de la géologie; il peut inclure des sites d'intérêt archéologique, historique, culturel et environnemental (faune et flore). L'activité géotouristique et le développement socioéconomique y sont encouragés. Un géoparc devient ainsi un outil de développement régional. Le développement des géoparcs se fait généralement à partir de la base, c'est à dire des initiatives locales.

Le Réseau mondial des géoparcs compte actuellement 92 géoparcs dans 28 pays, dont un en Amérique du Nord : il s'agit de Stonehammer au Nouveau-Brunswick, créé en 2009. Plusieurs projets sont en marche au Canada, dont trois au Québec : Charlevoix, Mont Saint-Pierre et Percé.

## Projet de parc régional nommé Géoparc de Percé

CONSULTANTS O.P.R POUR LA COOPÉRATIVE  
DE SOLIDARITÉ GÉOPARC DE PERCÉ

### Historique

Le projet de parc régional, aussi nommé Géoparc, répond aux besoins des entreprises touristiques d'ici de créer une nouvelle source d'attraction et de nouvelles activités à offrir aux visiteurs.

### Le site

Le site patrimonial de Percé (reconnu par le gouvernement du Québec) est le territoire visé par le projet.

Les géosites à mettre en valeur sont situés sur des terrains privés portant actuellement le zonage municipal de conservation. La majorité des propriétaires ont déjà accordé les droits de passages. Un réseau de sentiers et des attraits spectaculaires sont déjà présents.

### Les infrastructures

L'attrait majeur du Géoparc sera un pavillon d'accueil situé à mi montagne, sur le flanc est du mont Sainte-Anne. Ce bâtiment sera le point d'ancrage d'une passerelle belvédère de 25 m de long, se prolongeant au-dessus du vide, face au spectaculaire panorama s'étalant entre le Pic de l'Aurore et le Cap Blanc, comprenant le Rocher Percé, l'Île Bonaventure, le noyau villageois de Percé et ses bâtiments historiques.

Les sites intéressants dans l'arrière pays et le sommet de la montagne seront adéquatement aménagés pour éviter leur dégradation.

Le camping sera rénové et l'expérience « prêts à camper » sera mise en valeur. Une zone de jeux et loisirs soutiendra une expérience familiale à la fois pour les campeurs, les excursionnistes et les résidents.

### L'expérience

« Rendre la montagne accessible à partir du village » est l'objectif poursuivi. L'accès à l'un des plus spectaculaires points de vue de la Gaspésie sera facile, convivial, aménagé, organisé de manière à soutenir une expérience « grand public ».

Les multiples possibilités de randonnées et les services de guides permettront un contact privilégié avec le territoire et son patrimoine, ce qui plaira aux amateurs d'une expérience plus approfondie.

### La clientèle

La fidélité de la clientèle actuelle assurera des revenus significatifs dès le démarrage. La clientèle des croisiéristes sera particulièrement séduite par cette expérience « montagne », qui complète bien l'aspect essentiellement maritime des croisières.

### L'aspect financier

Le projet demande un investissement de 7,7 M\$. Une fois en opération, le Géoparc sera rentable grâce aux revenus de stationnement, de camping et aux droits d'entrée au pavillon d'accueil en montagne.

### Le promoteur

Une coopérative de solidarité a été créée pour le projet et regroupe les plus importantes entreprises touristiques du secteur ainsi que des organismes et associations comme membres de soutien. Chaque coopérant a investi 10 000 \$.



## Projet de géoparc de Charlevoix

PIERRE VERPAELST  
(OBSERVATOIRE DE LA GÉOSPHERE DE CHARLEVOIX)

Charlevoix constitue une destination touristique de choix, particulièrement grâce à son relief, son climat et surtout son patrimoine culturel. Peu de gens savent, toutefois, que la région de Charlevoix possède des caractéristiques géologiques uniques au Québec et même au Canada de 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 se trouve dans une zone géologique où se rencontrent 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 trouve juste au sud du Bouclier et principalement près de la rive nord du 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. L'étude de l'astrolème de Charlevoix, qui a été découvert en 1966, a permis d'identifier des structures et des roches typiques d'impact météoritique. Son pic central et ses fosses annulaires sont parmi les structures les plus visibles et les plus accessibles du monde.

Le projet de géoparc de Charlevoix a pour objectif de mettre en valeur le patrimoine géologique de Charlevoix, en particulier sa structure d'impact et la relation entre les trois provinces géologiques qui se trouvent dans la région. 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 n'a pas seulement pour objectif 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 au partenariat de la Réserve de la biosphère de Charlevoix, l'Observatoire astronomique de Charlevoix ainsi que la communauté d'affaires de Charlevoix.

## Les gîtes hydrothermaux au sein des systèmes à altération alcaline et à oxydes de fer : des colosses aux pieds d'argile?

LOUISE CORRIVEAU (CGC-Q),  
JEAN-FRANÇOIS MONTREUIL (INRS-ETE)  
ET ERIC G. POTTER (CGC)

La redistribution extrême des éléments chimiques et des métaux au sein des systèmes hydrothermaux à altération alcaline et à oxydes de fer peut conduire à la genèse pénécontemporaine de :

- 1) gîtes de fer  $\pm$  apatite (IOA) (Fe, V, P, Th, terres rares, autres métaux de haute technologie,  $\pm$  U);
- 2) gîtes à oxydes de fer cuivre-or (IOCG) (Cu, Au, Ag,  $\pm$ U, terres rares, etc.);
- 3) certains gîtes d'uranium encaissés dans des albitites;
- 4) certains skarns (Pb, Zn).

Chaque type de gîte est associé au développement systémique de faciès d'altération chimiquement distincts, suivant une séquence d'altération prograde (sodique, calcique fer, potassique fer) et rétrograde avec ou sans permutation et répétition de faciès, pouvant être liée à divers processus tectoniques et magmatiques. À la fin, la libération de silice et de fluides acides mène à des systèmes épithermaux. Ces systèmes métasomatiques s'étendent individuellement sur des dizaines de kilomètres et longent typiquement de grandes discontinuités lithosphériques. En résultent des ceintures métallogéniques d'envergure où s'essaient des gîtes variés, parfois colossaux, à métaux usuels, précieux, de haute technologie (dont ceux nécessaires dans le domaine des énergies vertes) et uranium : Province d'Olympic Dam, districts du Cloncurry, de Kiruna et de Carajas, Valhalla, Candalaria, Aitik, etc. L'uranium ( $\pm$  thorium), s'il est présent dans les séquences altérées, est lui aussi remobilisé (par exemple, durant l'albitisation) et peut précipiter au sein de chaque type de gîte dans ces systèmes. L'altération potassique fer à haute température (à magnétite) précipite de l'uraninite avec un patron de terres rares relativement plat, puis, à plus basse température (avec hématite), les patrons s'enrichissent en terres rares légères et lorsque le fluide devient plus siliceux, la coffinite remplace l'uraninite. Quant aux albitites et aux altérations calciques à magnétite, elles peuvent trapper l'uranium par leur propension à se bréchifier ou par réactions d'oxydo-réduction. Au Québec, Kwjijibo, le complexe de Bondy, le Horst de Mistamisk Romanet, le linéament Rex et le bassin des Otish contiennent des minéralisations polymétalliques ou uranifères au sein de halos plurikilométriques d'altération alcaline ( $\pm$  oxydes de fer) qui représentent des cibles régionales pour la recherche de cette panoplie de gîtes. Ces chassés croisés de métaux multiples au sein de ces systèmes colossaux accroissent significativement le potentiel minéral de vastes terrains géologiques du Québec et du Canada. Par contre, l'enrichissement possible en uranium, s'il est considéré comme un élément délétère, et l'opacité des liens potentiels entre cette panoplie de gîtes peuvent en faire des colosses aux pieds d'argile.



## Applicabilité de la carbonatation minérale dans le secteur minier

EMMANUELLE CECCHI, GUY MERCIER,  
JEAN FRANÇOIS BLAIS, LOUIS CÉSAR PASQUIER,  
SANOOPKUMAR PUTHYIA VEETIL, ALIA BEN GHACHAM  
ET NASSIMA KEMACHE (INRS ETE)

Dans le contexte du réchauffement climatique et de la réglementation des émissions de gaz à effet de serre, et avec 40 % d'émissions de CO<sub>2</sub> provenant du secteur industriel au Canada, trouver des moyens économiques pour contrôler ou utiliser le CO<sub>2</sub> est un défi majeur. Parmi les différentes technologies de captage et de séquestration du CO<sub>2</sub>, la carbonatation minérale a le potentiel de réussite à la fois technique et commerciale.

La carbonatation minérale est une réaction naturelle qui se produit, entre autres, lors du processus d'altération. En réagissant avec des cations divalents (surtout Ca et Mg) contenus dans les silicates, le CO<sub>2</sub> atmosphérique est piégé sous forme solide, le carbonate, qui est un minéral stable, inerte et non toxique : une forme parfaite pour séquestrer en permanence et en toute sécurité le CO<sub>2</sub>.

Bien que ce processus ait une cinétique lente, il est possible d'accélérer la vitesse de réaction de manière suffisante pour la rendre intéressante économiquement.

Le but de ce projet est d'optimiser le processus de carbonatation minérale, afin de le rendre utilisable par plusieurs industries. Pour atteindre cet objectif, différentes méthodes sont étudiées et, tout particulièrement, un processus aqueux direct. Le procédé est testé sur plusieurs matériaux pour garantir une application viable, robuste et économique au plus grand nombre d'industries.

Les roches et minéraux riches en calcium et magnésium (l'Ophiolite de la région de Thetford Mines, par exemple), les résidus miniers et les déchets industriels sont tous des matériaux d'intérêt et sont souvent disponibles à proximité de grands émetteurs de GES, tels que les industries de l'acier et du fer, de l'aluminium, du ciment et de l'industrie pétrolière.

Pour améliorer la rentabilité du procédé, l'obtention d'un produit commercialisable représente un important pas en avant dans le développement d'une technologie économique de carbonatation minérale. Les carbonates de calcium et de magnésium sont des minéraux utiles qui peuvent être utilisés dans de nombreux aspects de notre vie quotidienne et qui possèdent une valeur commerciale. D'autres sous produits, tels que la silice et l'alumine, peuvent également être obtenus, ce qui améliorerait la rentabilité du procédé de carbonatation minérale. La transformation de deux déchets, le CO<sub>2</sub> industriel et les déchets industriels et résidus miniers, via le processus de carbonatation minérale, en produits à valeur ajoutée et respectueux de l'environnement n'est pas seulement une réduction de l'impact environnemental du domaine industriel, mais également un impact positif sur les relations publiques de ces industries.

## Exemples de minéralisation cuprifère de l'Anti-Atlas oriental (Maroc) : contexte géologique et mode de mise en place

ABDEL ALI KHARIS, DAOUZ ELAZMI, MOHAMED AISSA,  
HASSANE OUGUIR ET MOULAY LAHCEN MAHDOUDI  
(UNIVERSITÉ MOULAY ISMAÏL, MAROC).

L'Anti-Atlas oriental marocain se situe au nord-est de l'accident majeur anti atlasique, qui le sépare du craton ouest africain. Il est constitué, à la base, d'un socle panafricain d'âge néo protérozoïque, recouvert par des formations paléozoïques. Ces terrains renferment de nombreuses concentrations métalliques, encaissées dans le socle (Bou Skour) et dans la couverture (Oumjrane).

Les minéralisations cuprifères du Bou Skour et celles d'Oumjrane sont les exemples ciblés ici, afin d'établir un modèle de mise en place et une relation génétique probable entre les concentrations métalliques du socle et celles de la couverture.

Le gisement de Bou Skour se situe à 56 km à l'est d'Ouarzazate. Il s'agit d'une minéralisation porphyrique, liée à une intrusion granodioritique (680 Ma) d'affinité calco-alcaline recoupant des andésites, pendant la collision arc insulaire-craton ouest africain à la fin du Cryogénien inférieur. La mise en place de l'intrusion aurait provoqué une fracturation intense, ayant favorisé une circulation hydrothermale qui donnera naissance à une minéralisation cuprifère sous forme disséminée et en stockwerk dans l'andésite. Cette minéralisation est associée à une altération potassique, siliceuse, argileuse et propylitique. Une remobilisation hercynienne (atlasique?) tardive dans des structures filoniennes NW-SE a affecté ces minéralisations.

Le district minéralisé d'Oumjrane se situe à 90 km au nord-est de Zagora. Il s'agit d'une minéralisation cuprifère de type épithermale (high sulfidation), liée à une phase extensive intracontinentale, connue à l'échelle de l'Anti Atlas oriental pendant le Viséen. Cette minéralisation est le résultat d'une remobilisation des minéralisations par des fluides hydrothermaux, donnant naissance à une minéralisation filonienne, lenticulaire dans les grès quartzitiques d'âge Ordovicien. La circulation hydrothermale a provoqué une zonation verticale et latérale des minéraux métalliques (pyrite, arsénopyrite, chalcopyrite, galène et sphalérite) dans les structures minéralisées hercyniennes E-W et NE-SW. Cela s'accompagne d'une altération siliceuse très prononcée. Un enrichissement en Cu suite à une altération supergène, vraisemblablement liée à l'émersion Jurassique Crétacé inférieur, a affecté les structures minéralisées d'Oumjrane.

En combinant les caractères géologiques et métallogéniques des deux gisements mentionnés, on peut conclure que les minéralisations cuprifères de l'Anti-Atlas oriental sont probablement liées à deux événements majeurs :

- ▶ un événement panafricain (néo-protérozoïque), responsable de la mise en place d'une concentration métallique en Cu au niveau du socle;
- ▶ un événement hercynien atlasique, qui se manifeste par la remobilisation et reconcentration du Cu dans des structures NW-SE, NE-SW et E-W.



## La minéralisation cuprifère de l'Anti-Atlas occidental (Anti-Atlas, Maroc) : succession paragenétique et contexte de mise en place

ABDELAZIZ EL BASBAS, MOUHAMED AISSA, HASSANE OUGUIR, MOULAY LAHCEN MAHDOUDI (UNIVERSITÉ MOULAY ISMAÏL, MAROC), HSAIN BAOUTOUL ET MOUHAMED ZOUIR (MANAGEM/ONA, MAARIF, CASABLANCA)

L'Anti-Atlas occidental est situé au sud du Maroc. Il est constitué d'un socle protérozoïque sous forme de boutonnières, surmonté par une couverture adoudou-nienne (Infracambrien). Cette couverture est représentée par le groupe de Tata Taroudant, qui débute par des coulées basaltiques tholéitiques de Jbel Kerkar à caractère continental anorogénique. Ces coulées, sont surmontées par une série détritique nommée la « série de base » (siltite et grès) évoluant vers des termes de plus en plus carbonatés, la dolomie de Tamjout et les calcaires inférieurs. Ce domaine constitue une province métallogénique cuprifère, due à la présence de plusieurs indices, gîtes et gisements cuprifères, encaissés dans la couverture infracambrienne. Le but est d'étudier les trois gisements de Tazalaght, d'Agoujgal et d'Ouansimi.

La minéralisation cuprifère de Tazalaght est représentée par une paragenèse à chalcopryrite, bornite, siégénite et sphalérite. Elle est de deux types : 1) filonienne en veines et en lentilles de 2 à 15 m de puissance, encaissées dans le socle quartzitique fracturé; 2) stratiforme disséminée ou en lamines dans la série de base. Dans le gisement d'Agoujgal, la minéralisation est composée de chalcopryrite, de bornite, de tennantite, de galène et de sphalérite. Elle est disséminée dans la série de base et dans la dolomie de Tamjout. Elle est également en remplissage dans des géodes et aussi en veinules dans la dolomie de Tamjout. Dans le gisement d'Ouansimi, elle est de type filonien, et est constituée de chalcopryrite, de bornite, de pyrite, de galène et de sphalérite. Elle est contrôlée par les failles NW-SE affectant les calcaires inférieurs du flanc nord de l'anticlinal d'Ouansimi.

Les observations de terrain et l'étude microscopique des trois gisements ont permis de déduire que la mise en place de la minéralisation disséminée et sous forme de lamine pourrait être syngénétique et en relation avec l'extension fini protérozoïque et éocambrienne.

La minéralisation discordante (géodes, veinules et filonienne) pourrait être soit en relation avec l'hydrothermalisme associé à l'orogénèse hercynienne, soit avec le magmatisme fini triasique, qui se manifeste dans l'Anti-Atlas occidental par le dyke doléritique d'orientation NE-SW (50 à 100 m d'épaisseur).

Les deux types de minéralisation ont subi ensuite des phénomènes d'altération supergène, à l'origine de l'apparition d'autres phases minérales plus riches en cuivre telles que la covellite, la chalcocite, les carbonates de cuivre, la cuprite et le cuivre natif.

## Géochimie et isotopes Sr-Nd de la série volcanique édiacarienne de la vallée de Tifnoute (Massif de Siroua, Anti-Atlas central, Maroc)

SAÏD BELKACIM (LAGAGE, AGADIR, MAROC), SHOJI ARAI (UNIVERSITÉ DE KANAZAWA, JAPON), DOMINIQUE GASQUET (UNIVERSITÉ DE SAVOIE, FRANCE), JEAN-PAUL LIÉGEOIS (MUSÉE ROYAL DE L'AFRIQUE CENTRALE, BELGIQUE), HISHAM GAHLAN (UNIVERSITÉ D'ASSIUT, ÉGYPTÉ), AHMED HASSAN AHMED (UNIVERSITÉ DE HELWAN, ÉGYPTÉ), YOSHITO ISHIDA (UNIVERSITÉ DE KANAZAWA, JAPON) ET MOHA IKENNE (LAGAGE, AGADIR, MAROC)

Rattachées au Super groupe de Ouarzazate (575- 545 Ma), les séries volcaniques édiacariennes de la région de la vallée de Tifnoute (promontoire d'Ouzellagh-Siroua Anti-Atlas, Maroc), sont constituées d'une large variété de termes pétrographiques comprenant des basaltes, des andésites basiques, des andésites, des rhyodacites et des rhyolites, les éléments dominants étant des pyroclastites acides et intermédiaires. L'ensemble est recoupé par des filons de dolérites orientés NE-SE et N-S.

Les transformations secondaires de ces roches se traduisent par l'apparition d'une paragenèse du faciès des schistes verts (albite, chlorite, épidote, séricite, calcite, hématite et quartz), constituée d'une minéralogie primaire formée de plagioclase, clinopyroxène, olivine, minéraux opaques et d'apatite.

Malgré leur grande diversité, ces roches volcaniques sont attribuées à une même suite volcanique d'affinité calcoalcaline ayant des teneurs élevées en  $Al_2O_3$  (jusqu'à 18 %) et en  $TiO_2$  (0.3-1.7 %) et une richesse aussi bien en éléments de transition qu'en éléments incompatibles (Cr : 21.2-64.8 ; Zr : 97-310). L'évolution des compositions chimiques des éléments majeurs et des traces traduit un cogénéisme des différents faciès et un lien par un processus de différenciation magmatique. Les dykes de dolérites semblent constituer des conduits nourriciers des basaltes sommitaux d'âge cambrien inférieur, connus plus au nord-ouest de notre secteur d'étude (Poucllet *et al.*, 2007) et qui se démarquent de cette série en affichant un penchant tholéitique. Cette activité basique constitue l'épisode ultime de ce magmatisme de la période de transition Précambrien-Cambrien. Elle se caractérise par un enrichissement en FeO et en éléments lithophiles (Sr, K, Rb, Ba) ayant un rapport Zr/Y élevé variant de 4.5 et 6.5.

Les roches appartenant au groupe calcoalcalin seraient issues d'une source ayant des empreintes semblables à celles des roches des zones de convergence de plaques avec en particulier des ratios Th/La (0,11-1,12), CeN/YbN (1,79-11), Eu/Eu\* (0,38-1,03), LaN/YbN (1,76 à 12); des teneurs élevées en LILE et un fort fractionnement des spectres des REE. Les dolérites manifestent plutôt leur appartenance au domaine intraplaque.

Cette succession traduit l'évolution d'un contexte postcollisionnel vers un environnement intraplaque faisant suite aux événements orogéniques panafricains et marquant la période de transition Précambrien-Cambrien.

Les essais pétrogénétiques entrepris dans cette étude ont permis de lier la genèse de ces roches à un processus dans lequel le magma initial d'origine mantellique a subi une cristallisation fractionnée à laquelle se surimpose un effet minime de la contribution crustale.

Cette hypothèse est étayée par les données isotopiques. En effet, les roches étudiées présentent des valeurs de  $\epsilon Nd$  (570) positives : 1,7 à 4,5 et de faibles rapports initiaux du Sr ( $Sr_i$  : 0,696 à 0,706), avec des âges modèles Nd-TDM entre 810 et 1138 Ma. Ces matériaux ont une signature appauvrie et semblent provenir d'une source mantellique juvénile avec une faible contribution des matériaux crustaux sus-jacents.

Les dykes de dolérite sont clairement juvéniles avec des valeurs de  $\epsilon Nd$  (570) également positives (4,12-5,03) ( $Sr_i$  = 0,705) et des âges modèles Nd-TDM entre 797 et 852 Ma.

Ces caractéristiques sont discutées dans le cadre du magmatisme post panafricain de la chaîne de l'Anti-Atlas.



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

CHRISTIAN TREMBLAY (CONSOREM), SAMUEL MORFIN, LUCAS BRIAO KOTH (UGAC) ET RÉAL DAIGNEAULT (UGAC CONSOREM)

La région d'étude constitue la première phase d'un projet d'acquisition de connaissances au Saguenay–Lac-Saint-Jean. Elle est située dans le secteur sud-ouest du Lac-Saint-Jean, et fait partie de la Province géologique du Grenville central. L'étude portera, en particulier, sur la géochimie des suites intrusives felsiques qui dominent ce secteur. La réinterprétation de la géologie sur ces feuillettes nous permettra de mieux comprendre la séquence de la mise en place de ces phases intrusives et leurs relations.

Le socle dans cette région est constitué de gneiss de différentes compositions qui sont recoupées par des roches intrusives, généralement porphyriques, de composition felsique à intermédiaire. La partie nord-ouest de la région est dominée par des mangérites porphyriques entourées de gneiss tonalitique à dioritique. Ces gneiss contiennent des lambeaux de roche mafique de taille métrique à décimétrique. Le tout est recoupé par des intrusions de granite monzogranite formant de grands systèmes magmatiques. À l'extrême ouest, on retrouve une bande kilométrique de paragneiss graphiteux. Dans la partie sud-est (32A08) les intrusions de roche granitique plus ou moins charnokitique dominent le feuillet. Ces grands volumes de mangérite et de charnockite et de quelques faciès granitiques font partie d'une suite AMCG. La partie nord-est de la carte est occupée par le lac Saint-Jean et la couverture calcaire du Trenton d'âge ordovicien. À l'exception des calcaires, l'âge des roches du socle n'est pas connu. Les recoupements observés nous permettront de suggérer, pour ces roches, un ordre chronologique de mise en place.

Le grain structural de la région est surtout orienté nord-sud, mais se trouve perturbé par la mise en place de plusieurs intrusions. Des failles régionales produisant des zones mylonitisées sont reconnues sur plusieurs kilomètres. La structure du graben impose une morphologie nord-ouest-sud-est qui produit de nombreux linéaments dans cette même direction. Le faciès métamorphique est celui des amphibolites supérieures et des granulites.

La région cartographiée recèle plusieurs cibles d'exploration minérale en graphite, en silice et en oxydes de fer titane. Les intrusions de granite mangérite forment des massifs importants et peu fracturés favorables pour l'extraction de la pierre dimensionnelle. C'est particulièrement le cas au sud de Roberval où de nouvelles routes forestières permettent un accès facile. Le couloir du Lac-Bouchette-Chambord est reconnu pour renfermer un système hydrothermal important qui a produit le dépôt de silice du Lac-Bouchette et celui en bordure de la rivière Métabetchouan.

## Réévaluation paléoenvironnementale du complexe volcanique de Selbaie et de son potentiel métallogénique, nord-ouest de l'Abitibi

STÉPHANE FAURE (CONSOREM-UGAM)

Le potentiel en métaux de base a été réévalué dans la région des anciennes mines Selbaie (production de 1981 à 2004 de 56,9 Mt à 0,87 % Cu, 1,85 % Zn, 39 g/t Ag et 0,55 g/t Au), dans le nord-ouest de l'Abitibi. Ce secteur d'une superficie de plus de 700 km<sup>2</sup> n'a fait l'objet que d'un seul épisode de cartographie régionale (Lacroix, 1990 et 1994a) depuis la découverte de la minéralisation polymétallique en 1974, et toutes les publications scientifiques concernent la géologie de la mine et de ses environs. La géologie du camp de Selbaie a été complètement réinterprétée à partir d'informations géologiques et géophysiques récentes et publiques, et de nouvelles données inédites en forages provenant des compagnies membres et non membres du CONSOREM. Cette étude traite, à une échelle régionale, des structures synvolcaniques, de la géochimie des roches et des altérations et des signatures magnétiques et gravimétriques. Des traitements innovateurs ont permis de caractériser des structures synvolcaniques et l'altération hydrothermale.

Les principaux résultats indiquent que : 1) les volcanites du Groupe de Brouillan sont calco-alcalines et comagmatiques, comportant les phases intermédiaires et felsiques du complexe intrusif de Brouillan; 2) la phase mafique du complexe de Brouillan est comagmatique avec les basaltes tholéitiques d'Enjalran qui entourent le complexe volcanoplutonique de Brouillan. Cela a comme implication que les intrusions nourricières mafiques et les basaltes seraient plus jeunes que le complexe intrusif de Brouillan; 3) la signature lithogéochimique de l'horizon porteur du sulfure massif volcanogène stérile de 8 Mt à Selbaie, l'unité WAT, a été définie par géochimie et reconnue plus au sud (zones minéralisées Carheil et B-26); et 4) deux familles de failles synvolcaniques sont distinguées, soit celle NNW-SSE qui concerne la partie nord du complexe, et celle E-W qui recoupe les failles NNW-SSE et à laquelle sont associées les phases les plus felsiques du pluton de Brouillan. Des structures déduites des empreintes géophysiques sont interprétées comme des failles à l'origine de grabens et certaines organisations circulaires peuvent correspondre à l'empreinte de petites calderas. L'altération hydrothermale a été caractérisée selon la Norme SV350 de LithoModeleur. Elle est typiquement volcanogène et se concentre le long de structures bordant certains bassins volcaniques. Les failles synvolcaniques ainsi interprétées sont considérées comme des cibles d'exploration importantes, surtout celles qui sont situées près du pluton de Brouillan (source de chaleur). Plusieurs de ces failles n'ont fait l'objet que de très peu de travaux d'exploration et sont, par conséquent, des zones à fort potentiel.



## Optimisation des données de géochimie des sols par acides forts pour l'exploration minérale

SILVAIN RAFINI (CONSOREM)

Ce projet avait pour objectif de vérifier l'efficacité de la géochimie des sols pour l'exploration minérale, ainsi que de proposer des éléments qualitatifs et quantitatifs d'optimisation.

Les variations physico chimiques abruptes caractérisant les horizons successifs d'un sol différencié produisent des profils de concentration métallique complexes. Le premier volet de ce travail s'est attaché à dresser un état des connaissances sur ces aspects : ségrégation métallique durant la pédogénèse, profils de concentration des substances d'intérêt économique, distinction des métaux primaires et secondaires et méthodes permettant de les extraire dans chaque horizon.

Cette étape a permis d'identifier les points sensibles et les sources d'incertitude lors des levés d'exploration. Une deuxième étape, plus quantitative, a été consacrée aux réponses aux questions suivantes :

1. Pour chaque substance, quelle est la nature du signal métallique contenu dans chaque horizon? Un intérêt particulier est porté à la distinction entre un enrichissement associé à la présence de minéralisation et un enrichissement indépendant, produit par une accumulation traduisant la stabilité de la substance dans les conditions physico chimiques de l'horizon.
2. Quels sont les niveaux de base observés dans chaque horizon, pour chaque substance? La connaissance de ceux-ci est nécessaire pour la détection des anomalies.
3. Pour chaque substance, quel horizon possède la meilleure performance pour l'exploration?

Des réponses claires sont apportées à ces questions par une analyse statistique sur 2900 stations réparties sur huit levés régionaux de la Commission géologique de l'Ontario localisés dans la Province du Supérieur.

On montre que les éléments Pb, Zn, Au ont un niveau de base systématiquement élevé dans l'horizon organique (humus-Ah), indiquant une certaine stabilité en milieu acide organique, tandis que Cu et Ni sont plus concentrés dans l'horizon C, indiquant un comportement dominé par le lessivage pédogénétique. Ce haut signal de Pb, Zn et Au dans l'humus est très faiblement corrélé aux minéralisations et montre une extrême sensibilité aux conditions de surface. L'usage de cet horizon est donc déconseillé pour l'exploration. Les contrastes, qui sont des indicateurs statistiques de performance standards, objectifs et fiables, démontrent très clairement que :

1. L'horizon C montre globalement la meilleure performance pour la détection des gîtes, suivi de l'horizon B;
2. Les anomalies sont détectables dans l'horizon C à des distances généralement inférieures au km;
3. Les analyses d'or dans les trois horizons sont très peu efficaces pour la détection des gîtes aurifères, tandis que l'arsenic dans l'horizon C montre une performance plus satisfaisante.

## Géochimie des dykes et filons-couches gabbroïques d'Otish

JULIA J. KING, GEORGES BEAUDOIN (UNIVERSITÉ LAVAL)  
ET MIKE HAMILTON (UNIVERSITÉ DE TORONTO)

Les essais de dykes mafiques issus du manteau peuvent nous renseigner sur l'évolution tectonique et métallogénique de la croûte terrestre. Le bassin intracratonique d'Otish dans le centre du Québec est postérieur aux dykes de Mistassini orientés nord-ouest mais antérieur aux gabbros d'Otish. Plusieurs âges ont été proposés pour le Groupe d'Otish : 1465 Ma (Wanless *et al.*, 1965), 1730 ± 10 Ma (Hohndorf *et al.*, 1987), 1750 Ma (Chown et Archambault, 1987), 1721 ± 20 Ma (Beyer *et al.*, 2012), chacune ayant des incidences sur l'âge de déposition du bassin uranifère d'Otish recoupé par ces dykes. De récentes données préliminaires à l'U-Pb (ca. 2169 Ma) suggèrent un âge considérablement plus ancien pour le bassin d'Otish.

Les dykes et les filons-couches d'orientation nord-est ont été échantillonnés dans le cadre de la première étude détaillée portant sur la pétrologie, le paléomagnétisme et la géochronologie des gabbros d'Otish. La suite gabbroïque d'Otish se compose de filons-couches stratigraphiquement distincts et de dykes formant deux suites géochimiques distinctes. Les relations sur le terrain indiquent que la suite plus évoluée recoupe la suite moins évoluée. La suite précoce a une géochimie plus primitive, puisqu'elle contient de l'olivine plus riche en Mg (Fo63), moins d'oxydes et de sulfures. La suite tardive plus évoluée contient une plus forte proportion d'oxydes et de sulfures, de l'olivine moins magnésienne (Fo54) et jusqu'à 2 % d'apatite. Les deux suites présentent des profils en éléments traces immobiles différents. Les deux suites sont modérément enrichies en terres rares légères relativement aux terres rares lourdes, qui sont légèrement fractionnées, et montrent une anomalie négative en Nb. La suite tardive présente un enrichissement absolu en tous les éléments traces relativement à la suite plus primitive, ainsi qu'une petite anomalie positive en Ti. Les deux suites se retrouvent sous forme de filons-couches et de dykes nourriciers, de telle sorte qu'il semblerait que ces différences géochimiques reflètent soit deux injections distinctes de magma ou encore une différenciation magmatique *in situ*.



## Les mines souterraines et la caractérisation hydrogéologique d'aquifères régionaux en socle rocheux

EMMANUELLE B. GAGNÉ, ALAIN ROULEAU, ROMAIN CHESNAUX, DENIS W. ROY (UQAC), VINCENT CLOUTIER (UQAT) ET RÉAL DAIGNEAULT (UQAC)

Les excavations minières facilitent l'évaluation des rôles des systèmes de fractures et des structures géologiques majeures dans le comportement hydrogéologique des aquifères rocheux. Ces installations offrent un accès privilégié pour la collecte de données et d'échantillons. Un tel accès est particulièrement utile dans les territoires où le roc est peu affleurant. De plus, des données collectées dans le cadre du fonctionnement normal d'une mine peuvent être très pertinentes pour la compréhension de l'hydrogéologie régionale du roc fracturé. Ces aspects seront illustrés par des exemples provenant des mines Beaufor, CANMET et Lac Herbin, situées en Abitibi, au Québec.

Les caractéristiques des réseaux de fractures ont été décrites à partir de levés dans les galeries de mine et d'observations réalisées sur les affleurements à proximité des mines. La combinaison de ces nouvelles données avec celles préexistantes ainsi que la correction des biais d'orientation ont permis la caractérisation des familles de fractures et la détermination de domaines structuraux.

Des modèles analytiques de l'écoulement des eaux souterraines ont déjà été conçus pour les mines, les tunnels ou les puits collecteurs, afin de prévoir les quantités d'eau d'infiltration. Ces modèles sont conçus pour des conditions de drainage semblables à celles observées dans les mines, mais ils ne considèrent pas l'hétérogénéité des systèmes de fractures. Ils peuvent être utilisés avec les données recueillies dans les mines, afin d'estimer la conductivité hydraulique d'un aquifère rocheux régional. La majorité des modèles conçus spécialement pour les conditions de drainage d'une mine sont basés sur l'hypothèse d'un simple puits vertical. Même si les solutions conçues pour des tunnels sont simples et que les données requises sont disponibles, les hypothèses à la base de ces modèles ne correspondent généralement pas aux conditions observées dans une mine. Les modèles pour les puits à drains rayonnants ont une géométrie semblable à celle d'une mine et ils considèrent la longueur et le nombre de drains latéraux. Utiliser plusieurs modèles résulte en un niveau de confiance plus élevé quant aux estimations des propriétés hydrogéologiques.

L'hydrogéochimie varie en fonction de la profondeur. Dans le Bouclier canadien, par exemple, près de la surface, les eaux sont communément bicarbonatées calciques, alors qu'à des profondeurs de plus de 200 m, elles sont plus riches en sodium et en potassium et, à partir de 400 m, elles sont régulièrement plus riches en chlorures.

## Analyse préliminaire du glissement actif sur le mur est de la mine LAB Chrysotile : suivi LiDAR et modélisation numérique

PHILIPPE CAUDAL ET MARTIN GRENON (ULVAL)

L'angle maximal pouvant être donné aux pentes d'une fosse est induit d'un compromis entre stabilité et rentabilité. Autrement dit, l'objectif d'extraction d'un maximum de minerai sans encourir de risques excessifs quant à la stabilité des pentes, entraîne des angles élevés. Le design initial proposé n'est jamais définitif; l'exploitation de la mine apporte de nouvelles informations qu'il faut prendre en compte pour affiner, améliorer et consolider la géométrie de la fosse. Tout au long de son exploitation, la technique de rétro analyse est employée pour optimiser le design en calibrant les modèles à l'aide des ruptures observées sur le terrain. Lorsqu'une rupture de pente survient, les conséquences peuvent avoir des impacts tant au plan économique, social qu'environnemental. Les conséquences peuvent être exacerbées lorsque les glissements de pentes se produisent en milieu urbanisé.

L'exploitation de la mine à ciel ouvert de LAB Chrysotile, à proximité de la ville de Black Lake (Chaudière-Appalaches), est arrêtée depuis 2011. Les pompages ayant été stoppés, la fosse se remplit depuis cette date. En juillet 2012, un glissement s'est produit sur le mur est de la fosse, emportant du même coup une portion de la route 112. Dans un premier temps, l'objet de l'étude est d'utiliser la technologie du LASER (LiDAR) pour surveiller et comprendre l'évolution du glissement. Dans le cadre de cette analyse préliminaire, les mouvements observés sont quantifiés. Dans un second temps, les données LiDAR ont été utilisées pour bâtir un modèle numérique de terrain. Celui-ci a été utilisé pour réaliser une rétro analyse du glissement à l'aide d'un logiciel de modélisation 3D, dans le but de trouver un intervalle de valeurs des propriétés géomécaniques du roc constituant le massif rocheux.

Mots clés : Mine à ciel ouvert, glissement actif, rétro analyse, LiDAR terrestre, LiDAR aéroporté, MNT, méthode des tranches, modélisation numérique 3D.



## Vers une exploitation minière québécoise « verte » : les résidus miniers du Québec, une alternative régionale incontournable dans la capture des émissions de CO<sub>2</sub>

GNUYARO PALLA ASSIMA, FAÏÇAL LARACHI,  
GEORGES BEAUDOIN ET JOHN MOLSON (ULAVAL)

Dans le but de mitiger les éventuelles conséquences liées aux émissions de CO<sub>2</sub>, une course aux moyens de séquestration du CO<sub>2</sub> a donné naissance, depuis les années 2000, à des technologies de capture plus ou moins efficaces. Celles destinées à capturer le CO<sub>2</sub> émis par des sources ponctuelles (par exemple, à partir des cheminées d'usines, d'incinérateur, etc.) sont relativement au point sur le plan technique. Cependant, celles qui ciblent le CO<sub>2</sub> déjà présent dans l'air ou le CO<sub>2</sub> qui s'y ajoute continuellement par des sources diffuses (automobiles, agriculture, feux de forêt...) sont encore au stade des balbutiements.

Même en cas d'arrêt soudain de toute émission de CO<sub>2</sub>, la planète continuerait de se réchauffer par le simple effet de l'inertie thermique du globe. Il serait donc nécessaire de diminuer la quantité de CO<sub>2</sub> actuellement présent dans l'air et de réduire, autant que possible, les émissions actuelles.

Au Québec, environ 60 % des émissions de CO<sub>2</sub> se trouvent sous forme diffuse donc non capturables par les diverses technologies développées. Soustraire le CO<sub>2</sub> de l'air exige un procédé à moyen et long termes et par conséquent de faible coût, compte tenu de sa nature diffuse et de sa faible concentration (~395.15 ppm).

Nous proposons ici de tirer avantage de l'abondance des résidus miniers ultramafiques (RMU) au Québec (dizaines de milliards de tonnes) et de les utiliser dans les conditions ambiantes, afin de capturer directement le CO<sub>2</sub> de l'air. Cela permettra non seulement de mettre en valeur des résidus d'exploitation minière, mais également de réduire les émissions en CO<sub>2</sub> et de tempérer simultanément la concentration du CO<sub>2</sub> atmosphérique.

Les résultats préliminaires obtenus par notre groupe de recherche, en laboratoire et sur le terrain, montrent que les RMU séquestrent du CO<sub>2</sub> par contact direct avec l'air. Un contrôle de la saturation en eau des RMU améliore jusqu'à 750 % leur carbonatation. Une optimisation de l'arrosage et l'utilisation de chélates aboutissent à 18 % de conversion (soit une amélioration de 1800 %) en quatre jours.

## Les impacts sociaux de la mine Raglan auprès des communautés de Salluit et de Kangiqsujuaq au Nunavik

JONATHAN BLAIS ET THIERRY RODON (ULAVAL)

Cette affiche illustre la recherche menée par Jonathan Blais et supervisée par Thierry Rodon du Département de science politique à l'Université Laval. Cette recherche vise à documenter et analyser les impacts sociaux positifs et négatifs de la mine Raglan sur les communautés de Salluit et de Kangiqsujuaq, afin de mieux saisir les conséquences de tels projets sur les populations inuites du Nunavik.

Le Nord du Québec fait face à un « boom » minier sans précédent. De l'or au nickel en passant par les diamants, le fer et le platine, le territoire du Nunavik attire les sociétés extractives de par ses nombreuses ressources minérales. Jumelé à la promotion, par le gouvernement québécois, du développement minier, le niveau d'activités d'exploration et d'exploitation est considérable au nord du 49<sup>e</sup> parallèle. D'importants joueurs, tels que les minières Oceanic Iron Ore Corporation ainsi que le géant mondial du nickel Xstrata-Glencore ont des projets d'exploration ou d'exploitation à grand déploiement. Par exemple, le projet du Lac Otelnuq de la compagnie Adriana Resources est particulièrement impressionnant. Situé dans la Fosse du Labrador, entre Schefferville et Kuujuaq, ce projet est considéré comme ayant le potentiel de devenir la plus grosse mine de l'histoire du Canada. Selon la compagnie Adriana, le potentiel minier du site s'élève à plus de 15 milliards de tonnes et pourrait produire 50 millions de tonnes par année, et ce, pendant 75 à 100 ans.

Ce développement minier en territoire du Nunavik va assurément entraîner son lot de changements sociaux pour les 11 000 personnes qui y résident, dont près de 90 % sont des Inuits. L'ouverture et la mise en opération de tels projets miniers ne sont certes pas sans conséquences sur les populations locales, particulièrement en contexte nordique. De fait, les redevances minières versées aux communautés, le système de fly-in, fly-out bien souvent mis en place, les emplois créés ou même l'utilisation du territoire qui diffère de par la présence d'un complexe minier apportent leur lot de changements.

Cependant, nous savons peu de choses sur les impacts sociaux des projets miniers qui ont lieu au Nunavik. Contrairement aux impacts environnementaux et économiques, qui ont tous deux fait l'objet de nombreuses études, rares sont les recherches qui traitent spécifiquement des impacts sociaux. Par cette recherche, nous souhaitons aider à combler ces lacunes et apporter un nouvel éclairage sur l'impact du développement minier au Nunavik.



## G85

### **Programme d'acquisition de connaissances sur les eaux souterraines du nord-est du Bas-Saint-Laurent (PACES-NEBSL) – Quelques aspects du Quaternaire de la région de Trois-Pistoles**

**BERNARD HÉTU, THOMAS BUFFIN-BÉLANGER, GWENAËLLE CHAILLOU (UQAR), RÉNALD MCCORMACK (ENVIR'EAU), JEAN VEILLETTE (CGC), NATHALIE LÉWIS, DENYS DUBUC, CLAUDE-ANDRÉ CLOUTIER, MAUD TOUCHETTE, MARIE PACHOUD, ANTOINE MORISSETTE ET LAURENT GOSSELIN (UQAR)**

La première année du programme d'acquisition de connaissances sur les eaux souterraines du nord-est du Bas-Saint-Laurent a été consacrée à rassembler toute la documentation pertinente au projet (rapports géologiques, pédologiques, hydrologiques, etc.) et à jeter les bases d'une collaboration étroite avec tous les intervenants régionaux concernés par la ressource. Une série de rencontres a été organisée avec les principaux intervenants (OBV, MRC, CRÉ-BSL, Comité ZIP, municipalités, etc.), afin de leur exposer les objectifs du projet et de les inviter à participer, notamment en nous faisant part des problématiques vécues sur leur territoire et de leurs attentes par rapport aux résultats du projet. Les travaux de terrain n'ont véritablement débuté qu'au cours de l'été 2013. Le bilan s'établit comme suit : 115 analyses de la qualité de l'eau, 21 forages dans les dépôts meubles (en collaboration avec l'INRS), installation de 6 piézomètres, 10 essais de perméabilité, 16 kilomètres de sismique réflexion (MBMS Solution), 5 forages au roc, 7 essais de pompage et 100 relevés au perméamètre de Guelph. La cartographie des dépôts meubles, en cours de validation, a été réalisée par Jean Veillette (CGC). Elle sera enrichie à la lumière des travaux de terrain qui se poursuivront durant l'été 2014. Quelques résultats préliminaires provenant de la région de Trois Pistoles seront présentés à titre d'exemples. Le delta fluvioglacière de Trois-Pistoles fait actuellement l'objet d'une étude spécifique réalisée par Denys Dubuc (mémoire de maîtrise effectué dans le cadre du projet PACES NEBSL). En plus de fournir des données nouvelles sur la géologie et la géomorphologie quaternaires de la région de Trois-Pistoles, cette étude permettra d'affiner le cadre stratigraphique régional, et donc de mieux cerner l'environnement des aquifères.

## G86

### **Cartographie des zones potentiellement exposées aux mouvements de terrain dans les argiles sensibles, Québec, Canada**

**JANELLE POTVIN, RÉMI MOMPIN ET DENIS DEMERS (MTQ)**

Le ministère des Transports du Québec procède depuis 2003 à la cartographie des zones potentiellement exposées aux glissements de terrain dans les argiles sensibles dans le Québec méridional. Le territoire visé est celui des mers postglaciaires de Champlain, de Laflamme et de Goldthwait, où se trouve environ 90 % de la population du Québec. Les cartes sont produites à une échelle de 1/5000, mais elles sont disponibles en version électronique en format vectoriel. Puisque des règlements doivent obligatoirement être appliqués par les municipalités à partir de ces cartes, et que des études géotechniques sont exigées avant d'intervenir dans les zones identifiées sur ces cartes, la façon de représenter l'information doit être adaptée aux différents utilisateurs qui en font usage.



## ACRONYMES



ACPE : Association canadienne des prospecteurs et entrepreneurs  
*AEM: Agnico Eagle Mines*  
AMQ : Association minière du Québec  
BAPE : Bureau d'audiences publiques sur l'environnement (Gouvernement du Québec)  
CCIM-Ottawa : Conseil canadien de l'innovation minière  
*CASN: 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  
CRC-MM-UQAC : Chaire de recherche du Canada en métallogénie magmatique, Université du Québec à Chicoutimi  
CRÉ : Conférence régionale des élus  
CRÉBJ : Conférence régionale des élus de la Baie-James  
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  
*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

MDDEFP : Ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs

*MERC: Mineral Exploration Research Centre*

MISA : Mines, innovations, solutions et applications

*MPMPS: Mineral potential maps production system*

MRN : Ministère des Ressources naturelles

*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)

ULaval : 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









Ressources  
naturelles

Québec 

UN  
**QUÉBEC**  
POUR TOUS