

DV 2023-02

Résumés des conférences et des photoprésentations, Congrès Québec Mines + Énergie 2022

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 

QMÉ

Québec **Mines+Énergie**

2022



RÉSUMÉS DES CONFÉRENCES DV 2023-02

Coordonnatrice

Ingrid Metta

Traduction et révision linguistique

Claude Dion, ing.

Conception graphique

André Tremblay

Traduction

Dominique Richard, géo. stag., Claude Dion, ing.

Couverture, mise en page

André Tremblay

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

Résumés des conférences.....	5
Résumés des photoprésentations.....	5
Acronymes	77

RÉSUMÉS DES CONFÉRENCES

Table des matières

SÉANCE 1

AUTOMATISATION DES OPÉRATIONS : VOLET EXTRACTION

Études d'impact des nouvelles technologies
sur les compétences du personnel du
secteur minier 14

Drissa Ouattara (UQAT), Nicholas Théroux
et Sophie Anne Soumis (Institut national des mines)

Meilleures pratiques en gestion des données :
du sautage au concassage 14

Benoit Lizotte (Productique Québec)

Le réseau MICA et la réduction des coûts de
production et d'énergie

Douglas Morrison et Charles Nyabeze
(Centre for Excellence in Mining Innovation)

Les possibilités d'innovations minières
en Saskatchewan 15

Paul Labbe (Saskatchewan Polytechnic et MICA)

Outils d'aide à la décision pour la
maintenance des équipements miniers 15

Simon Robatto Simard, Alexandre Augustin
et Cyril Tang (Polytechnique Montréal)

Qu'est-ce qu'une mine intelligente? 15

Marine Echternach-Jaubert (Polytechnique Montréal)

Stratégie de formation et de développement
de la recherche pour la mine intelligente 15

Michel Gamache (Polytechnique Montréal)

SÉANCE 2

RESTAURATION MINIÈRE : INNOVATIONS ET NOUVELLES CONNAISSANCES

Vers une approche holistique et durable pour
la restauration et la fermeture de la
mine Mosquito Creek — Fermeture du parc
à résidus miniers de Mosquito Creek 16

Mike O'Kane (O'Kane Consultants)
et Sylvie St-Jean (Osisko Développement)

Essais terrain à grande échelle de recouvrements
sur le parc à résidus de la
mine Canadian Malartic 16

Nathalie Chevé (Mine Canadian Malartic)

Utilisation des outils de télédétection pour le suivi
des déformations à la surface des parcs à résidus :
applications à la restauration minière 17

Vincent Boulanger-Martel, Mutaz Nujaim,
R. Faneva M. Rarison, Bruno Bussière (IRME, UQAT)

Pour que de tristes sites aient meilleure mine 17

Joanie Tremblay (WSP et U. Laval) et Steve St-Cyr (WSP)

La Direction de la restauration des sites miniers :
acquisition de connaissances et partenariats 18

Sandra Trépanier (MRNF)

SÉANCE 3

ÉVOLUTION DES MODÈLES D'AFFAIRES POUR RÉUSSIR LA TRANSITION ÉNERGÉTIQUE

Miser sur une transition juste 18

Julie Boucher (Hydro-Québec),
Christian G. Brousseau (Fonds de Solidarité de la FTQ)
et Sylvain Audette (HEC Montréal)

Transformer son modèle d'affaires pour
demeurer pertinents aux plans climatique,
financier et sociétal 18

Stéphanie Trudeau (Énergir)

En route vers la carboneutralité 19

Sébastien Scherrer (Aluminerie Alouette)

5N Plus : les minéraux critiques au cœur
de l'énergie photovoltaïque 19

Jean-Nicolas Beaudry (5N Plus)

SÉANCE 4

LES ENJEUX LIÉS À L'APPROVISIONNEMENT EN MINÉRAUX CRITIQUES ET STRATÉGIQUES, LE DÉVELOPPEMENT DES FILIÈRES CLÉS ET LES OCCASIONS DE COLLABORATION FRANCO-QUÉBÉCOISES

Présentation du ministère de la Transition écologique de France 19

Jean-François Gaillaud
(Ministère de la transition écologique de France)

Présentation du Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM) et du rapport Varin... 19

Jean-Claude Guillaneau (BRGM)

Présentation de l'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (ADEME) 19

Roland Marion (ADEME)

Présentation du ministère des Ressources naturelles et des Forêts (MRNF) 19

Nathalie Camden (MRNF)

Présentation de Ressources Québec 19

Jean-François Béland (Ressources Québec)

Présentation de l'Association minière du Québec (AMQ), de ses membres et de leurs pratiques 19

José Méthot (Association minière du Québec)

SÉANCE 5

TRAVAUX D'ACQUISITION DE CONNAISSANCES GÉOSCIENTIFIQUES DE GÉOLOGIE QUÉBEC ET DE SES PARTENAIRES UNIVERSITAIRES — NUNAVIK

Géologie de la région du lac Spartan, Orogène de l'Ungava, Nunavik, Québec, Canada 20

Guillaume Mathieu, Marc-Antoine Vanier et Thomas Debruyne (MRNF)

Formation et évolution d'une lithosphère océanique au Paléoproterozoïque : Retour sur le Groupe de Watts, Ceinture de Cape Smith, Nunavik, Canada 20

Sacha Lafrance, Carl Guilmette (U. Laval), Guillaume Mathieu (MRNF) et Jean H. Bédard (CGC-Québec)

Style tectonique au Paléoproterozoïque : exemple du sud-est de la Province de Churchill . 21

Antoine Godet, Carl Guilmette (U. Laval), Loïc Labrousse (Université Sorbonne), Matthijs A. Smit, Jamie A. Cutts (UBC Vancouver), Donald W. Davis (University of Toronto), Isabelle Lafrance, Marc-Antoine Vanier et Benoit Charette (MRNF)

SÉANCE 6

CHANGER NOTRE PERSPECTIVE DE CONSOMMATION D'ÉNERGIE

Réduire, c'est s'enrichir 22

Geneviève Gauthier (Éconoler)

Productivité énergétique, économie circulaire et industrie 5.0 : nouveau point de départ pour la création de richesse 22

Johanne Whitmore (HEC Montréal)

L'énergie au cœur du développement industriel du Québec 22

Henri Thibaudin (Dameco)

Gestion de l'énergie en entreprise — beaucoup plus que des bénéfices énergétiques 22

Alexandre Dubreuil (Alcoa)

Une approche concrète pour maximiser l'efficacité énergétique des sites manufacturiers et industriels 22

Andrée-Anne De Gagné (GAAMA)

SÉANCE 7

TRAVAUX D'ACQUISITION DE CONNAISSANCES GÉOSCIENTIFIQUES DE GÉOLOGIE QUÉBEC ET DE SES PARTENAIRES UNIVERSITAIRES — EYYOU ISTCHEE BAIE-JAMES

Synthèse géologique de la Sous-province de Nemiscau, Eeyou Istchee Baie-James23

Daniel Bandyayera, Emmanuel Caron-Côté (MRNF), Rocío Pedreira Perez (UQAM), Myriam Côté-Roberge et William Chartier-Montreuil (MRNF)

Contraintes structurales et géochronologiques (U-Pb) sur l'évolution tectonométamorphique de la Sous-province de Nemiscau, Province du Supérieur (Québec)24

Rocío Pedreira Pérez, Alain Tremblay (UQAM), Yannick Daoudene, Jean David et Daniel Bandyayera (MRNF)

Aperçu des minéralisations chromifères dans la Province du Supérieur : l'exemple de l'Intrusion du Lac des Montagnes, Sous-province de La Grande, Eeyou Istchee Baie-James, Québec25

Michel.G. Houlé, Marie-Pier Bédard, Anne-Aurélié Sappin (CGC-Québec), Klaus Kuster, C. Michael Leshar (Université Laurentienne) et Daniel Bandyayera (MRNF)

Géologie de la région du lac Le Vilin, Eeyou Istchee Baie-James26

Daniel Bandyayera et Emmanuel Caron-Côté (MRNF)

Les altérations hydrothermales métamorphisées du Groupe du Lac des Montagnes, Sous-province de La Grande, Eeyou Istchee Baie-James, Québec26

Corentin Gardes, Stéphane De Souza (UQAM), Lucie Mathieu (UQAC), Daniel Bandyayera et Emmanuel Caron-Côté (MRNF)

Géologie de la région du lac de la Marée, Eeyou Istchee Baie-James27

Daniel Bandyayera et Emmanuel Caron-Côté (MRNF)

Géologie de la région du lac Conviac, Eeyou Istchee Baie-James28

Myriam Côté-Roberge, William Chartier-Montreuil, Maxym-Karl Hamel-Hébert et Daniel Bandyayera (MRNF)

Géologie de la région du lac Cadet, Eeyou Istchee Baie-James28

Myriam Côté-Roberge et William Chartier-Montreuil (MRNF)

Identification d'une nouvelle séquence komatiitique dans la Ceinture volcano-sédimentaire de Colomb-Chaboulié, Baie-James, Québec29

Pape Doudou Tague, Sarah-Jane Barnes (UQAC), Daniel Bandyayera, Yannick Daoudene (MRNF) et Philippe Pagé (IOS Services Géoscientifiques)

SÉANCE 8

CHANGER NOTRE PERSPECTIVE DE CONSOMMATION D'ÉNERGIE

Le réseau MICA et la réduction des coûts et des délais des nouveaux parcs à résidus miniers29

Douglas Morrison et Charles Nyabeze (Centre for Excellence in Mining Innovation)

Élaboration d'outils géométallurgiques et géoenvironnementaux pour optimiser le processus minéral29

Isabelle Demers (UQAT)

Intégration des coûts de gestion et de restauration dans la planification minière30

Juan Manuel Zuñiga Alvarez (UQAT)

Développement de la minéralogie quantitative automatisée des minerais basée sur l'imagerie hyperspectrale en microscopie optique30

Benjamin De Castro (IRME, UQAT)

SÉANCE 9

QUAND LES COMMUNAUTÉS SOUTIENNENT L'ÉLECTRIFICATION DU QUÉBEC

Dialogue, concertation, partenariat et engagement : l'approche d'Hydro-Québec pour réaliser sa mission31

Élisabeth Roger et Philippe Bourke (Hydro-Québec)

Démarrage et évolution de la Coop Val-Éo31

Jean Lavoie (Val-Éo)

Tarquti : Meneur de la transition énergétique au Nunavik31

Joë Lance et Janice Grey (Tarquti Énergies)

Construction d'une Nation! Pas juste d'un parc éolien!31

Nadia Robertson (Parc éolien Mesgi'g Ugju's'n)

L'énergie communautaire, un outil de développement des communautés 31

Simon Deschênes (Alliance de l'Est)

SÉANCE 10

UN MIXTE ÉNERGÉTIQUE SOBRE EN APPUI À LA TRANSITION ÉNERGÉTIQUE INDUSTRIELLE ET MINIÈRE

La transition énergétique industrielle : un objectif commun qui appelle à des solutions innovantes 32

Gabriel Durany (AQPER)

La décarbonisation des mines en région éloignée et des industriels en microréseau 32

Michel Carreau (Hatch) et Laurent Abbatiello (Tugliq Énergie)

Le potentiel géothermique des mines actives et fermées : exemples de projets industriels au Québec et ailleurs 32

Jasmin Raymond (INRS-ETE)

SÉANCE 11

SÉCURISER LES CHÂÎNES D'APPROVISIONNEMENT EN MINÉRAUX CRITIQUES ET STRATÉGIQUES NORD-AMÉRICAINES

Présentation d'Export-Import (EXIM) Bank 32

Adam Frost (Export-Import Bank)

Présentation de Ressources Québec 32

Jean-François Béland (Ressources Québec)

Présentation de Nouveau Monde Graphit 32

Frédéric Collin (Nouveau Monde Graphite)

Présentation de Piedmont Lithium 32

Malissa Gordon (Piedmont Lithium)

SÉANCE 12

REGARDS CROISÉS SUR LES INITIATIVES DU QUÉBEC ET DE LA FRANCE EN MATIÈRE DE R ET D ET D'INNOVATION PROPRES AUX FILIÈRES DES MINÉRAUX CRITIQUES ET STRATÉGIQUES

Présentation d'Eramet Ideas (Groupe Eramet) 33

Laurent Joncourt (Eramet Ideas)

Présentation du Pôle AVENIA 33

Jean-Loup Minebois (Pôle AVENIA)

Présentation de Géoméga..... 33

Kiril Mugerma (Géoméga)

Présentation de COREM 33

Francis Fournier (COREM)

Présentation du CRITM 33

Jean-François Pouliot

(CRITM et Réseau de recherche scientifique propre aux MCS)

SÉANCE 13

REPENSONS LE POTENTIEL DE LA MAIN-D'ŒUVRE DES PREMIÈRES NATIONS ET DES INUITS

Favoriser l'inclusion en tablant sur un partenariat à long terme 33

Anthony MacLeod (Gouvernement de la Nation Crie) et Manuelle Alix-Surprenant (Hydro-Québec)

Partenariat au sein d'une même organisation : la Commission de la construction du Québec (CCQ) 33

Doreen Picard et Jacynthe Poulin (CCQ)

Partenariat entre différentes organisations : Innergex et la Mi'gma'wei Mawiommi Business Corporation (MMBC) 33

Frédéric Vicaire (MMBC) et Luc Leblanc (Innergex)

Planification d'un nouveau partenariat entre organisations et le milieu menant à des embauches de membres des PNI : Nemaska Lithium et la Communauté de Nemaska 33

Vincent Perron et Tina Vassiliou (Nemaska Lithium)

Développement du leadership chez les Premières Nations et les Inuits 33

Dave Bernard (Conseil de bande de Wôlinak), Ken Rock (Société de développement économique Uashat Mak Mani-Utenam), Richard Jalbert (Commission de développement des ressources humaines des Premières Nations du Québec) et Elaisa Uqittuq (Canadian Royalties)

SÉANCE 14

LE POSITIONNEMENT DU QUÉBEC DANS LE SECTEUR DE L'HYDROGÈNE

La première Stratégie québécoise sur l'hydrogène vert et les bioénergies est lancée! 34

Mathieu Payeur (MEIE)

L'écosystème hydrogène au Québec 34

Michel Archambault (Hydrogène Québec et Evolugen)

Géopolitique de l'hydrogène : contextualisation et implications pour le Québec 34

Benjamin Gibson (IRENA)

L'indépendance énergétique au prix de la dépendance matérielle? Les minéraux critiques et stratégiques (MCS) et la filière hydrogène .. 34

Bruno Pollet (UQTR)

Les enjeux de sécurité relatifs à l'hydrogène .. 34

Nick Smith (International Association for Hydrogen Safety et Department for Energy and Mining de l'Australie-Méridionale)

Pourquoi investir dans l'hydrogène : la perspective d'ArcelorMittal Produits longs Canada..... 34

Stéphane Brochu (ArcelorMittal Produits longs Canada)

Partage d'expérience sur la mise en place des écosystèmes territoriaux hydrogène en France..... 35

Philippe Masset (Agence de la transition écologique, France) et Alex Bigouret (Bureau du développement de l'hydrogène vert et des bioénergies, France)

SÉANCE 15

LA RESPONSABILITÉ SOCIALE DES ENTREPRISES AU QUÉBEC ŒUVRANT DANS LES DOMAINES MINIERS ET ÉNERGÉTIQUES

Profiter de la transition vers une économie verte pour accélérer sa compétitivité..... 35

Nicolas Turgeon (Investissement Québec) et Lyne Dubois (CRIQ)

Avancer dans un monde en transformation..... 36

Frédéric Krikorian (Énergir)

Mieux bâtir ensemble 36

Daniel Paré (Mines Agnico Eagle)

SÉANCE 16

MINÉRAUX CRITIQUES ET STRATÉGIQUES (MCS) : MINÉRAUX À VALEUR AJOUTÉE

Les métaux critiques comme sous-produits : sécuriser les approvisionnements et comprendre le potentiel de valeur ajoutée 37

Simon Jowitt (University of Nevada)

Batteries, magmas et fluides : l'histoire de Kobold..... 37

Anthony E. Williams-Jones et Olga V. Vasyukova (Université McGill)

Le Corridor de Rex : une province minérale émergente à métaux critiques et stratégiques au Nunavik, Nord du Québec..... 38

Jean-Marc Lulin (Exploration Azimut) et Tony Brisson (SOQUEM Inc.)

Explorer les terres rares dans les carbonatites : l'exemple du Complexe alcalin de Saint-Honoré..... 39

L. Paul Bédard (UQAC)

Le projet Lac Crater Scandium du Groupe minier Imperial 39

Pierre Guay (Groupe minier Imperial)

SÉANCE 17

DÉFIS ET INNOVATIONS EN EXPLOITATION MINIÈRE

Le concentré de fer de haute pureté du Lac Bloom au cœur de la décarbonation de l'industrie de l'acier 40

Alexandre Belleau (Minerai de fer Québec)

Une des meilleures occasions de remise en valeur à court terme au Canada dans une administration favorable à l'exploitation minière, le Québec 40

Ernest Mast (Doré Copper Mining)

Présentation de Voyager Metals et de son projet de fer et de vanadium du Mont Sorcier.. 40

Clifford Hale-Sanders (Voyager Metals)

Galaxy Lithium (Canada), filiale d'Allkem : le projet de mine de lithium Baie-James 41

Denis Couture (Allkem)

Projet Windfall : évolution et perspectives d'un projet de classe mondiale 41

Mathieu Savard (Minière Osisko)

SÉANCE 18

TRAVAUX D'ACQUISITION DE CONNAISSANCES GÉOSCIENTIFIQUES DU MRNF ET DE SES PARTENAIRES UNIVERSITAIRES — PROVINCE DE GRENVILLE

Nouveaux levés géophysiques publiés par le MRNF en 2021-2022..... 42

Rachid Intissar et Julie Vallières (MRNF)

Implication tectonique d'une zone de cisaillement décrochante durant l'Orogène grenvillienne (Saguenay-Lac-Saint-Jean, Québec) 42

Eve Gosselin, Renaud Soucy La Roche (INRS-ETE), Abdelali Moukhsil (MRNF), Kyle Larson (UBC Okanagan), Joshua Davies (UQAM) et Morgann Perrot (Université McGill)

Nouveau regard sur la tectonique au Mésoprotérozoïque : l'Orogénie grenvillienne. 43

Félix Gervais, Alexandre Beaudry, Charles Kavanagh-Lepage (Polytechnique Montréal), Carl Guilmette (U. Laval), Abdelali Moukhsil (MRNF) et Kyle Larson (UBC Okanagan)

Dispersion spatiale des minéralisations de niobium et de terres rares dans la carbonatite de Girardville, une piste pour l'exploration minérale 43

Charles Saint-Laurent, L. Paul Bédard, Renée-Luce Simard (UQAC) et Abdelali Moukhsil (MRNF)

Géologie de la région des lacs Bellemare et Chausson, Province de Grenville, région du Saguenay-Lac-Saint-Jean 44

Abdelali Moukhsil et Mhamed El Bourki (MRNF)

Géologie de la région du lac de la Fourche, Province de Grenville, régions du Saguenay-Lac-Saint-Jean et de la Haute Mauricie 44

Francis Talla Takam et Abdelali Moukhsil(MRNF)

Un protocole pour améliorer la reproductibilité et la qualité d'acquisition d'images pour les applications de l'apprentissage machine en minéralogie..... 45

Arnaud Back, L. Paul Bédard, Julien Maître et Kévin Bouchard (UQAC)

SÉANCE 19

DÉFIS ET INNOVATIONS EN EXPLOITATION MINIÈRE : MASSIF ROCHEUX ET HYDROGÉOLOGIE

Le béton projeté — une solution flexible et écoresponsable 45

François Gagnon (Interventions SWATcrete)

Avancées du LIBS pour le transfert de l'industrie 4.0 vers le domaine minier : occasions, défis et avenir 46

Mohamad Sabsabi (Conseil national de recherches Canada)

Stabilisation de résidus à haute teneur en jarosite provenant d'un procédé de biolixiviation de la pyrrhotite 46

Kristie Tarr, Rory Cameron et Terry Cheng (CanmetMINES, Ressources naturelles Canada)

Les enjeux du soutènement minier en milieu nordique 47

Jean-François Dorion (Mine Raglan)

Les défis de conception des réseaux de ventilation minière 47

Charles Gagnon (CGM Expert)

SÉANCE 20

DÉFIS ET INNOVATIONS EN EXPLOITATION MINIÈRE : MINES SOUTERRAINES ET À CIEL OUVERT

La gestion des boues minières : la technologie Mudwizard 47

Eric Boucher (Mudwizard)

Contrôle de la dilution par l'intelligence artificielle : résultats encourageants 47

Kilian Bao (DT Solutions Services)

Les étapes vers l'optimisation géomécanique d'un projet minier – De la collecte de données aux applications concrètes 48

Sébastien Tanguay (InnovExplo)

Mesure de l'écoulement ambiant par profil de dilution d'un traceur artificiel afin d'optimiser le dénoyage minier : le cas de Los Gatos au Mexique 48

Amadou Oury Diallo (Hydro-Ressources)

Essais statiques et dynamiques des systèmes de contrôle de terrain au Laboratoire d'essais de contrôle de terrain de CanmetMINES 48

Renée Royer (CanmetMINES, Ressources naturelles Canada)

SÉANCE 21

LES NOUVELLES FRONTIÈRES DE L'EXPLORATION POUR LE NICKEL AU QUÉBEC

Exploration pour les gisements de Ni-Cu-Co-(EGP) magmatiques au Québec 49

C. Michael Lesher (Université Laurentienne) et Michel G. Houlié (CGC-Québec)

Origine du gisement de Renzy et incidences sur l'exploration des minéralisations magmatiques de Ni-Cu-Co-EGP dans la Province de Grenville 50

David Corrigan (Consultant)

Aperçu des gisements de Ni-Cu-(EGP) associés aux systèmes mafiques à ultramafiques dans la Province du Supérieur 50

Michel G. Houlié (CGC-Québec) et C. Michael Lesher (Université Laurentienne)

Le Projet Nickel Baie-James : 200 nouvelles cibles hautement prospectives dans une région sous-explorée 51

Jean-Marc Lulin, Mathieu Landry et Marc Philippin (Exploration Azimut)

Pétrogenèse des intrusions gabbroïques de la Suite intrusive de Soisson : implications pour les minéralisations en Ni-Cu-Co dans le sud-est de la Province de Churchill 52

Anne-Aurélien Sappin, Michel G. Houlié, Marie-Pier Bédard (CGC-Québec), David Corrigan, Nicole Rayner, Natasha Wodicka (CGC-Ottawa) et Cynthia Brind'Amour-Côté (Fonds d'exploration minière du Nunavik)

Analyse géochimique et pétrogénétique du système volcanique-subvolcanique-intrusif de Ni-Cu-(EGP) de Raglan-Expo, Ceinture de Cape Smith, Nunavik, Québec 52

C. Michael Lesher, Dylan McKevitt (Université Laurentienne) et Michel G. Houlié (CGC-Québec)

SÉANCE 22

TRAVAUX D'ACQUISITION DE CONNAISSANCES GÉOSCIENTIFIQUES DU MRNF ET DE SES PARTENAIRES UNIVERSITAIRES — SOUS-PROVINCES D'ABITIBI ET DU PONTIAC

Géologie de la région du lac la Trêve, Sous-Province de l'Abitibi, Eeyou Istchee Baie-James 53

Yannick Daoudene et Mélanie Beaudette (MRNF)

Géologie du ruisseau aux Alouettes, Sous-Province de l'Abitibi, Eeyou Istchee Baie-James 54

Mélanie Beaudette et Yannick Daoudene (MRNF)

Géologie de la région du lac Dickson, Sous-Province de l'Abitibi, Eeyou Istchee Baie-James 54

Maxym-Karl Hamel-Hébert et Antoine Brochu (MRNF)

Roches volcaniques mafiques à intermédiaires du Groupe de Blake River : géochimie, pétrogenèse et lien avec les SMV 55

Octavio Vite-Sánchez, Pierre-Simon Ross (INRS-ETE) et Patrick Mercier-Langevin (CGC-Québec)

Contrôles lithologiques et structuraux sur la minéralisation lithinifère du secteur de La Motte-La Corne, Sous-province de l'Abitibi, Québec, Canada 55

Hubert Mvondo (MRNF)

Origine, nature, et évolution du nord de la Sous-province de Pontiac : ce que nous disent les ensembles intrusifs 56

Antoine Godet, Carl Guilmette, Bertrand Rottier, Isaac Siles Malta, Diogo Ribeiro, Georges Beaudoin (U. Laval), Jeff H. Marsh, Douglas Tinkham (Université Laurentienne), Adrian Rehm, Taus R.C. Jørgensen (Université Laurentienne) et Mike A. Hamilton (University of Toronto)

Découvrir l'architecture métamorphique et structurale du nord de la Sous-province de Pontiac (Province du Supérieur, Canada) 56

Isaac Siles Malta, Antoine Godet, Carl Guilmette (U. Laval), Douglas Tinkham, Jeff H. Marsh (Université Laurentienne), Mathijs A. Smit (UBC Vancouver), Georges Beaudoin, Bruna Coldebella, Crystal LaFlamme et Bertrand Rottier (U. Laval)

SÉANCE 23

LE FINANCEMENT, LA PIERRE ANGULAIRE DE LA TRANSITION ÉNERGÉTIQUE

LA SOFIAC, UN MÉCANISME INNOVANT D'ACCOMPAGNEMENT ET DE FINANCEMENT DE PROJETS DE TRANSITION ÉNERGÉTIQUE ET DE DÉCARBONATION

Le financement de projet appliqué aux usines de biométhanisation et autres bioénergies..... 57

Gérard Mounier (GNR Québec Capital)

Le financement de l'innovation comme clé du développement technologique 57

Andrée-Lise Méthot (Cycle Capital)

SÉANCE 24

PLUS QUE JAMAIS, LES BIOÉNERGIES

La bioénergie dans le secteur des produits forestiers : synergies technologiques, logistiques et d'affaires 58

Jean Hamel (FPInnovations)

Perspectives des producteurs canadiens de carburant sur la production et l'intégration des biocarburants..... 58

Bob Larocque (Association canadienne des carburants)

Perspectives internationales

Le développement de la filière biocarburants avancés chez TotalEnergies : l'expérience BioTfuel (Synergies et partenariat technologiques) et développement des nouvelles filières 58

Michael Hecquet (TotalEnergies)

Perspectives des produits forestiers

Les synergies et les défis de développement des bioénergies dans le secteur des produits forestiers..... 59

Robert Dufresne (Produits forestiers Résolu)

Perspectives du développement économique régional

Les centres de valorisation de la biomasse forestière, une solution pour solidifier la chaîne de valeurs forestière : l'expérience de la MRC Domaine-du-Roy..... 59

Jean Simard (MRC Domaine-du-Roy)

SÉANCE 25

LA MOBILITÉ EN PLEINE MUTATION

Transport de marchandises, aménagement du territoire et enjeux climatiques 59

Benoît Rigaud (Comité consultatif sur les changements climatiques)

Alimentation dynamique par caténaire sur les autoroutes 59

Alan Morris (Siemens Canada)

Évolution de la consommation du parc automobile de 2013 à 2021 59

Pierre-Olivier Pineau (HEC Montréal)

Stratégie d'électrification des transports de la ville de Montréal 2021-2023 60

Jonathan Robichaud (Ville de Montréal)

Quoi de neuf en transport chez Hydro-Québec .. 60

France Lampron (Hydro-Québec)

SÉANCE 25

LE CAPTAGE ET LE STOCKAGE DE CARBONE (CSC), OÙ EN SOMMES-NOUS?

L'interdiction de rechercher ou de produire des hydrocarbures : un virage vert..... 60

Nicolas Juneau et Pascal Perron (MRNF)

Captage et transport de CO₂ : revue des options possibles pour l'industrie québécoise 60

Philippe Navarri (CanmetÉNERGIE, Ressources naturelles Canada)

Une synthèse du stockage géologique au Québec. 61

Karine Bédard, Félix-Antoine Comeau, Bernard Giroux et Louis-César Pasquier (INRS-ETE)

Une industrie québécoise plus compétitive grâce à la capture de carbone..... 61

Richard Surprenant (Saipem)

SÉANCE 26

LA GÉOCHIMIE DANS TOUS SES ÉTATS! NOUVEAUTÉS ET PERSPECTIVES POUR LA MÉTALLOGÉNIE ET L'EXPLORATION

Analyse des inclusions fluides par spectrométrie de masses à sonde solide : contributions à la métallogénie et l'exploration minière et développements futurs..... 61

Damien Gaboury (UQAC)

Sources et transport des métaux dans les systèmes magmatiques-hydrothermaux actifs : perspectives soulevées par l'analyse des fluides profonds 62

Marion Saby (UQAM)

Application de la multi-isotopie du soufre au traçage des gisements de SMV archéens 63

Guillaume Barré, Crystal LaFlamme, Georges Beaudoin (U. Laval), Jean Goutier (consultant) et Pierre Cartigny (U. Laval)

Composition en éléments en traces de la chalcopryrite : variation et implications pour l'exploration minière 63

Enzo Caraballo, Georges Beaudoin (U.Laval), Sarah Dare (UQAC), Dominique Genna (CONSOREM), Sven Petersen (Helmholtz Centre for Ocean Research Kiel), Jorge M.R.S. Relvas (Universidade de Lisboa) et Stephen J. Piercey (Memorial University of Newfoundland)63

Empreinte des gîtes métallifères dans l'eau souterraine du Bouclier canadien : études de cas et perspectives pour l'exploration 64

Silvain Rafini (CONSOREM et UQAC)

SÉANCE 27

LA TRANSITION ÉNERGÉTIQUE DU BÂTIMENT, L'AFFAIRE DE TOUS!

Les données au service de la réglementation climatique 65

Jonathan Théorêt (Ville de Montréal)

L'analytique de données : un outil précieux au service de la transition énergétique 65

François Dussault (CQ3E)

Stockage thermique : conjuguer gestion de pointe électrique et décarbonation..... 65

Vincent Chabot (École de technologie supérieure)

Quand transition énergétique rime avec exemplarité de l'État! 65

Michel Fournier (MRNF)

SÉANCE 28

LA TRANSITION ÉNERGÉTIQUE DES MINES : PERSPECTIVES, DÉFIS ET SOLUTIONS

Défis et occasions dans la gestion de l'énergie et du contrôle des émissions de GES 66

Alain Beauséjour (Groupe MISA)

Les engins hybrides et électriques dans le secteur minier au Québec : perspectives, analyses et besoins de formation 66

Nicolas Thérioux (Institut national des mines)

Un camion minier de 40 tonnes et 100 % électrique : premières conclusions d'un projet québécois de R et D collaborative 66

Romain Gayet (Propulsion Québec)

Microturbinage de l'eau de service dans les mines souterraines 66

Norman Lévesque (Bearstream)

Genset-Synchro : comment sauver la planète, un litre de diesel à la fois..... 67

Jean-Pierre Fournier (Technologie Genset-Synchro)

Suivi dynamique de l'empreinte carbone des compagnies minières..... 67

Florent Bouguin (Groupe Optel)

SÉANCE 1

AUTOMATISATION DES OPÉRATIONS : VOLET EXTRACTION

Études d'impact des nouvelles technologies sur les compétences du personnel du secteur minier

**Drissa Ouattara (UQAT), Nicholas Théroux
et Sophie Anne Soumis (Institut national des mines)**

Le secteur minier, comme toutes les autres industries, opère une transformation majeure à l'ère du numérique à la faveur des changements technologiques qui s'accroissent dans le monde depuis quelques décennies. Ces changements affectent les méthodes de production minière à travers l'introduction de nouvelles façons d'utiliser les équipements (dotés de capteurs intelligents) et d'organiser les procédures de travail (partage d'informations en temps réel et utilisation de l'intelligence artificielle dans la prise de décision). Le personnel minier, chargé de l'opérationnalisation de ces technologies qui se déploient dans le secteur minier, doit s'ajuster au niveau de ses rôles, responsabilités et compétences. L'objet de cette étude est d'appréhender les impacts de ces nouvelles technologies sur la main-d'œuvre minière notamment à travers les modifications dans les rôles, mais aussi les nouvelles compétences à acquérir dans ce contexte numérique dans l'optique d'une meilleure adéquation entre les formations et les emplois miniers. Sur la base de critères bien définis, trois nouvelles technologies numériques destinées aux opérations minières et créées par des entreprises québécoises ont été sélectionnées pour servir de cas d'études. À travers la littérature, des entrevues semi-dirigées et des observations de terrain, les impacts potentiels de ces technologies sur les postes de travail, qui seront en interaction avec ces technologies, ont été évalués. Les résultats préliminaires de l'impact de ces technologies sur les emplois miniers seront présentés et discutés.

Meilleures pratiques en gestion des données : du sautage au concassage

Benoit Lizotte (Productique Québec)

Productique Québec nous présente les résultats d'une étude réalisée en 2022, en partenariat avec plusieurs experts, axée sur les meilleures pratiques en gestion des données minières. Depuis plusieurs années, le milieu industriel mondial a entamé sa transformation numérique. Les équipements, les logiciels et autres actifs technologiques nous permettent aujourd'hui de générer de grandes quantités de données. Cependant, cette situation soulève plusieurs questions et les réponses tendent à varier d'une entreprise à l'autre : Quoi faire avec ces informations? Avons-nous les bonnes méthodes, les bons processus et les bons outils pour les valoriser?

C'est à partir d'une veille des bonnes pratiques provenant de la littérature et de l'expérience du secteur industriel qu'une méthode adaptée spécifiquement aux minières a permis à Productique Québec de dresser, à l'aide des constats et des recommandations rapportés, un portrait de la gestion des données à travers la chaîne de valeur de cinq activités faisant partie de l'extraction minière. L'application de ces bonnes pratiques permettra aux minières de demain de mieux répondre aux exigences nouvelles et croissantes, tout en rentabilisant davantage leurs investissements technologiques.

L'avenir de la mine autonome ne dépend pas uniquement des outils technologiques et des logiciels. La mine doit se munir d'une conscience et d'une gouvernance numérique afin de briser les silos et valoriser ses données de manière stratégique à travers l'ensemble du cycle de vie minier.

Le réseau MICA et la réduction des coûts de production et d'énergie

**Douglas Morrison et Charles Nyabeze
(Centre for Excellence in Mining Innovation)**

MICA est un réseau national mis sur pied pour aider les PME minières innovatrices du Canada à établir des liens entre elles, avec les compagnies minières et avec les investisseurs. À partir de l'an prochain, MICA commencera à recruter des membres à l'international. Pour fournir le minerai nécessaire à la transition verte, les futures mines profondes doivent réduire les coûts de production, d'énergie et de main-d'œuvre et augmenter la valeur de la production. Le minerai dynamité reste sur place 90 % du temps avant d'être manipulé par les divers traitements par lots, les chargeurs souterrains (« LHD ») et les camions qui consomment ensemble 80 % de l'énergie. Seulement 20 % de la puissance de freinage (« BHP ») est nécessaire pour déplacer le minerai dans ces environnements. Dans les mines dotées de systèmes autonomes en continu, exploitées par seulement quelques personnes, un refroidissement total n'est pas nécessaire, ce qui réduit les coûts de production à moins de 50 % de ce qu'ils sont actuellement.

Les possibilités d'innovations minières en Saskatchewan

Paul Labbe (Saskatchewan Polytechnic et MICA)

Cette présentation comprendra une description de la géologie unique et des vastes richesses et types de minéraux présents et commercialisés en Saskatchewan. Elle portera sur la situation de l'industrie minière de la Saskatchewan dans le monde. Elle traitera des activités en cours et de l'impact des perturbations mondiales actuelles sur l'industrie et l'économie. La situation actuelle est déjà marquée par une croissance considérable et des possibilités de travail intéressantes. Nous aborderons la transformation numérique, l'adoption de technologies connexes et des innovations nécessaires pour répondre à la fois à la croissance de l'industrie et à la pénurie de travailleurs. Nous partagerons nos attentes face à cette situation et discuterons des tendances actuelles, de l'intérêt mondial qui motive certaines de celles-ci et des résultats initiaux et attendus. Le mélange unique de potasse, d'uranium, de charbon, d'or, de diamants, de terres rares, de lithium, d'hydrogène, et plus encore, représente 22 substances comprises dans la liste des minéraux critiques du Canada. Les richesses minérales abondent en Saskatchewan. Pouvons-nous vraiment les extraire à temps pour aider à combler la demande mondiale?

La situation géographique de la Saskatchewan, enclavée au centre du Canada, rend le développement minier et l'exploitation encore plus difficiles en raison de l'éloignement du client qui se trouve toujours à des milliers de kilomètres. Le fait d'être si éloignée des grands fabricants, des chaînes d'approvisionnement et de la technologie a rendu l'industrie minière de la province très autonome et innovatrice. Depuis plus d'une génération, nous avons inventé une nouvelle industrie minière dans les domaines de la potasse et de l'uranium. Pouvons-nous le faire à nouveau? Particulièrement dépendante du charbon pour son énergie, la Saskatchewan s'oriente de plus en plus vers les PRM (Petits Réacteurs Modulaires) et la décarbonation par l'électrification et les énergies de rechange en raison des changements climatiques et du cadre ESG (*Environmental, Social and Governance*). Les minéraux de l'énergie seront la clé de notre réussite. Ces innovations importantes et les solutions locales adaptées à l'esprit, l'énergie et la beauté des Prairies nous libéreront du fardeau imminent de la pénurie de main-d'œuvre et de la dépendance excessive par rapport aux produits importés. Une capacité d'adaptation, une société motivée et bien éduquée et l'impératif de réussite nous permettront d'avancer. De récents succès nous donnent une confiance sans limites. Mentionnons par exemple l'extraction du lithium à partir des saumures souterraines, les usines de traitement d'ETR, l'hydrogène dérivé du pétrole, les centrales nucléaires modulaires, ainsi que les ressources énergétiques inépuisables du ciel ensoleillé et des vents des Prairies. La création d'un marché intégré verticalement de produits d'électrification à partir de ces éléments peut contribuer à sauver le monde.

Ces défis sont immenses et les solutions d'une ampleur parfois considérable. Surveillez ce que la Saskatchewan peut accomplir avec un peu de détermination et d'efforts sur ses vastes étendues et son grand ciel.

Outils d'aide à la décision pour la maintenance des équipements miniers

Simon Robatto Simard, Alexandre Augustin et Cyril Tang (Polytechnique Montréal)

Avec l'explosion des données télémétriques provenant d'équipements mobiles, le besoin d'algorithmes d'aide à la décision permettant d'organiser ces données devient évident. Dans cette présentation, nous présentons un outil de visualisation des données conçu avec l'aide d'experts ayant pour but de faciliter la planification de l'entretien des équipements miniers. Nous traiterons également d'un algorithme d'aide à la décision qui permettra d'optimiser l'ordonnancement des travaux et un algorithme de prédiction de la durée des entretiens basé sur l'historique des bons de travail.

Qu'est-ce qu'une mine intelligente?

Marine Echternach-Jaubert (Polytechnique Montréal)

Le secteur minier est considéré comme un des derniers secteurs à mettre en place la numérisation des opérations (Young & Rogers, 2019). Dans un contexte où une exploitation minière est une organisation plus ou moins éphémère, il serait intéressant de savoir concrètement vers où l'industrie minière se dirige avant de procéder à l'implantation de solutions technologiques.

Notre recherche a pour but de clarifier le concept de mine intelligente tel que défini par les praticiens du domaine minier en termes d'objectifs, de moyens et de processus de gestion ciblé, puis de positionner la littérature scientifique selon ces concepts clés pour déterminer le niveau d'avancement de la recherche dans l'atteinte du concept de mine intelligente.

Stratégie de formation et de développement de la recherche pour la mine intelligente

Michel Gamache (Polytechnique Montréal)

Pour demeurer compétitive face à la concurrence mondiale, l'industrie minière canadienne devra tirer profit des changements technologiques actuels qui occasionnent une transformation sans précédent de ses opérations. Ces nouvelles technologies permettent entre autres l'acquisition et le traitement des données opérationnelles en temps réel, le déploiement des dispositifs connectés, l'automatisation des équipements et le contrôle à distance de toutes les opérations de la chaîne logistique. Pour appuyer l'industrie minière dans ces changements, nous proposons la création d'un institut sur la mine intelligente. Cet institut aura pour mission d'offrir un lieu de recherche collaborative université-industrie, de diffusion, de transfert technologique et de formation pour soutenir la transition de l'industrie minière vers la numérisation, l'intelligence décisionnelle et l'autonomisation de leurs opérations.

SÉANCE 2

RESTAURATION MINIÈRE : INNOVATIONS ET NOUVELLES CONNAISSANCES

Vers une approche holistique et durable pour la restauration et la fermeture de la mine Mosquito Creek — Fermeture du parc à résidus miniers de Mosquito Creek

**Mike O’Kane (O’Kane Consultants)
et Sylvie St-Jean (Osisko Développement)**

La mine Mosquito Creek (MMC) est située près de Wells, en Colombie-Britannique. L’exploitation minière du site a cessé en 1991, alors que les activités d’exploration ont pris fin en 2018. La zone perturbée de la MMC, d’une superficie ~ 26 ha, comprend les aires de stockage de minerai, le bassin de décantation, les sites d’usines, les routes, les ouvertures à ciel ouvert (portails, puits), les couloirs linéaires et un parc à résidus miniers de ~2 ha.

Osisko prévoit d’exécuter les travaux de fermeture de la MMC en 2023. La planification et les études pour la mise à jour du plan de restauration et de fermeture (PRF) sont en cours depuis 2021 en utilisant une méthodologie holistique qui intègre le concept de « Commencer avec le but en tête ».

La méthodologie utilisée comprend un exercice de vision de fermeture à pensée divergente centré sur l’obtention des meilleurs résultats en matière d’utilisation du territoire et sur les objectifs de fermeture. En plus d’une évaluation des conditions actuelles, trois (3) visions de fermeture ont été envisagées qui couvrent un spectre allant du « risque plus élevé et traitement plus actif » au « risque plus faible et traitement passif ». Les visions de fermeture sont les suivantes

- ▶ no 1 « le site sera restauré et l’accès au public sera entièrement contrôlé »;
- ▶ no 2 « le site sera accessible au public avec quelques restrictions d’accès »;
- ▶ no 3 « le site reflètera la situation qui prévalait avant la perturbation et ne limitera pas, dans la mesure du possible, l’utilisation future du territoire ».

La vision de fermeture no 2 permet de respecter les obligations existantes propres au site et les engagements de l’entreprise. Ainsi, trois (3) scénarios ont été élaborés pour répondre aux résultats attendus et aux objectifs de cette vision. Une évaluation stratégique de haut niveau a été réalisée à l’aide d’outils de planification de scénarios, ce qui a conduit à un scénario qui, dans le cas du parc à résidus miniers, nécessitait une fermeture conformément aux quatre critères de l’Association canadienne des barrages (ACB) touchant la mise hors service des barrages.

Les cas d’autorisation de fermeture de parc à résidus miniers comprenant la mise hors service d’un barrage sont encore peu courants en Colombie-Britannique. Osisko est parfaitement consciente de cette situation. Par conséquent,

des travaux sont en cours avec le *Ministry of Energy, Mines and Low Carbon Innovation* (EMLI) afin de concevoir et de mettre en œuvre une procédure d’octroi d’un permis de fermeture pour l’ensemble du site. Cette procédure inclut l’engagement d’Osisko de procéder de manière transparente et collaborative à la fermeture du parc à résidus miniers conformément aux critères de l’ACB.

Lors de cette conférence, nous présenterons la méthodologie et les résultats de la vision de fermeture et de l’évaluation des scénarios, ainsi que les principaux risques identifiés au cours de l’analyse des modes de défaillance et de leurs effets (FMEA) ayant permis d’optimiser la conception du cas de base. La modélisation numérique, les résultats des études en laboratoire et sur le terrain, la conception optimisée et la surveillance du site seront également discutés.

Essais terrain à grande échelle de recouvrements sur le parc à résidus de la mine Canadian Malartic

Nathalie Chevé (Mine Canadian Malartic)

La mine Canadian Malartic (MCM) est une mine d’or à ciel ouvert en exploitation depuis 2011, dont la production moyenne annuelle de minerai est de plus de 18 Mt. Les résidus miniers générés sont entreposés dans un parc à résidus qui atteindra une superficie d’environ 700 ha à sa fermeture. Puisqu’une partie des résidus miniers se classifie comme étant potentiellement acidogène à long terme, il est considéré de recouvrir le parc afin de limiter les réactions d’oxydation productrices d’acide et, ultimement, les risques de contamination de l’eau dans le milieu naturel en période de post-restauration.

Au cours des dernières années, dans le cadre de son processus décisionnel de sélection de méthodes de restauration, la performance de diverses méthodes de recouvrement du parc à résidus a été étudiée, tant à l’échelle du laboratoire que des essais sur le terrain (superficie d’environ 150 m²). Suivant un exercice d’analyse de risques, il a été conclu que la réalisation d’essais de recouvrement à plus grande échelle permettrait de mieux évaluer les aspects les plus incertains de la performance des quelques méthodes considérées. Ainsi, 4 recouvrements, d’environ 4500 m² chacun, ont été construits en 2019 et 2020. Il s’agit de 2 recouvrements de type monocouche de mort-terrain, ayant respectivement 1 m et 2 m d’épaisseur, et de 2 recouvrements de type couverture à effet de barrière capillaire, utilisant différents matériaux comme couche de rétention d’eau. Puisque le parc à résidus à restaurer devra être revégétalisé en plus de devoir limiter la génération de contaminants, chaque recouvrement à grande échelle inclut une couche de support à la végétation. Une plante-abri a également été semée sur une partie des recouvrements afin de voir son impact sur l’érosion des sols et la recolonisation naturelle.

La présentation portera sur l’instrumentation et les suivis réalisés sur les cellules à grande échelle depuis leur mise en service en décembre 2020, ainsi que sur les principaux apports des essais terrain à plus grande échelle.

Utilisation des outils de télédétection pour le suivi des déformations à la surface des parcs à résidus : applications à la restauration minière

Vincent Boulanger-Martel, Mutaz Nujaim, R. Faneva
M. Rarison, Bruno Bussière (IRME, UQAT)

La remise en état des parcs à résidus miniers implique souvent la conception de systèmes de recouvrement minier utilisés pour contrôler la génération et la propagation des contaminants dans l'environnement. Ces systèmes de recouvrement sont conçus pour demeurer efficaces pendant une très longue période et nécessitent un minimum de surveillance et d'entretien à long terme. Toutefois, dans certains cas, les parcs à résidus miniers peuvent présenter des déformations au fil du temps qui pourraient venir affecter la performance des recouvrements à long terme. Par conséquent, une analyse des conditions des ouvrages et des éventuelles déformations est nécessaire pour concevoir des systèmes de recouvrement robustes et suivre le comportement des systèmes en place. Le comportement géotechnique des parcs à résidus miniers est habituellement suivi à l'aide d'instruments et de techniques d'arpentage classiques. Cependant, certaines contraintes touchant notamment l'accessibilité, la résolution spatiale et la fréquence de mesure de ces techniques favorisent l'utilisation d'outils de télédétection pour mesurer les déformations de la surface du sol. Cette conférence vise à identifier les principaux outils de télédétection disponibles pour faire le suivi de la déformation des parcs à résidus miniers dans un contexte de restauration minière. Des exemples pratiques de l'utilisation de l'interférométrie radar par satellite (InSAR) et de relevés LiDAR (*Light Detection and Ranging*) et photogramétriques pour suivre les déformations des parcs à résidus miniers seront ensuite présentés.

Pour que de tristes sites aient meilleure mine

Joanie Tremblay (WSP et U. Laval) et Steve St-Cyr (WSP)

Au Québec, les méthodes conventionnelles de revégétalisation des parcs à résidus miniers et des bancs d'emprunt consistent en l'addition de terre végétale en quantité massive, l'hydro-ensemencement d'espèces utilisées typiquement en agronomie et la plantation en monoculture d'espèces souvent arbustives à croissance rapide. Ces méthodes induisent toutefois des impacts environnementaux négatifs, sont coûteuses et présentent des défis techniques. L'objectif de ce projet de recherche est de tester une méthode de restauration écologique pour les bancs d'emprunt et les parcs à résidus, basée sur la méthode du *Rough & Loose*, qui est facilement applicable et peu coûteuse. Cette méthode vise à créer une diversité d'habitats et de sites protégés pour permettre l'établissement spontané d'une diversité d'espèces indigènes de la forêt boréale. L'approche *Rough & Loose* consiste à décompacter le sol et à augmenter la microtopographie. Celle-ci est obtenue en formant une succession de creux et de bosses au relief prononcé et diversifié. De plus, la rugosité de la surface est améliorée par l'ajout de débris ligneux et de roches pour créer une variété d'habitats et de sites protégés. Six bancs d'emprunt situés dans le parc national des Grands-Jardins dans Charlevoix (PNGJ), ainsi qu'une portion d'un parc à résidus miniers (banc d'essai) situé en Abitibi-Témiscamingue, ont été revégétalisés il y a respectivement 5 et 2 ans, selon la méthode du *Rough & Loose*. De la matière organique issue du nettoyage des fossés en bordure de route a été valorisée. Elle a été mélangée avec le sol en place pour améliorer ses propriétés, puis répandue en surface sur environ 1 à 5 cm d'épaisseur. Des débris ligneux provenant du défrichage des sites et des roches ont été placés de manière aléatoire. Des relevés de végétation ont été menés il y a cinq ans au PNGJ après la restauration des sites, et deux ans en Abitibi à la suite de la mise en place du banc d'essai. Les analyses préliminaires effectuées sur le recouvrement et la diversité des plantes ont confirmé que l'ajout de débris ligneux et/ou de matière organique avait un effet positif sur l'établissement spontané des plantes indigènes par rapport au témoin. Les résultats préliminaires montrent une tendance où les espèces pionnières sont remplacées par des espèces de la forêt boréale.

La Direction de la restauration des sites miniers : acquisition de connaissances et partenariats

Sandra Trépanier (MRNF)

La Direction de la restauration des sites miniers (DRSM) du MRNF assure la restauration et le suivi environnemental des sites miniers abandonnés pris en charge par l'État. Des efforts importants sont déployés afin d'utiliser des méthodes de réhabilitation et de restauration efficaces et économiques. Ces efforts de la DRSM ont permis d'acquérir une expertise dans la caractérisation des sites miniers abandonnés et l'élaboration de solutions de restauration pour des sites miniers problématiques. Autant par l'analyse et le processus d'approbation des plans de restauration soumis au MRNF que dans la gestion des sites miniers abandonnés, le choix des techniques à utiliser doit reposer sur des bases scientifiques et ces techniques doivent avoir démontré leur efficacité pour atteindre les objectifs attendus.

La recherche scientifique est partie intégrante du processus d'acquisition de connaissances de la DRSM. Les sites miniers pris en charge par l'État présentent une variété de caractéristiques permettant l'acquisition de données essentielles à la recherche appliquée. Cette présentation mettra en valeur les différents projets et partenariats du MRNF qui ont permis d'approfondir les connaissances scientifiques dans plusieurs disciplines en lien avec la restauration. Par ces exemples, la DRSM souhaite démontrer son intérêt à poursuivre son implication dans des projets similaires et ainsi participer à l'innovation en restauration minière et en valorisation de résidus miniers.

SÉANCE 3

ÉVOLUTION DES MODÈLES D'AFFAIRES POUR RÉUSSIR LA TRANSITION ÉNERGÉTIQUE

Miser sur une transition juste

**Julie Boucher (Hydro-Québec),
Christian G. Brousseau (Fonds de Solidarité de la FTQ)
et Sylvain Audette (HEC Montréal)**

La transition juste vise à rendre l'économie plus verte d'une manière qui soit aussi équitable et inclusive que possible pour toutes les personnes, les entreprises, les communautés et les états concernés. Cette nouvelle réalité peut mener à de nouveaux modèles d'affaires, de nouvelles visions et peut créer des occasions d'affaires et de travail décent qui ne laissent personne de côté.

Transformer son modèle d'affaires pour demeurer pertinents aux plans climatique, financier et sociétal

Stéphanie Trudeau (Énergir)

Au courant des 15 dernières années, Énergir est passée d'un distributeur de gaz naturel à une entreprise énergétique diversifiée. Certains des facteurs qui ont contribué à son succès dans le passé ne sont plus les mêmes aujourd'hui. Dans un contexte d'urgence climatique, l'entreprise voit cela comme une occasion de faire les choses autrement, tout en demeurant engagée dans ses activités de distribution d'énergie au Québec. Énergir s'est résolument investie dans sa propre transformation en déployant l'ensemble des efforts nécessaires pour contribuer au succès d'une transition énergétique équitable pour tous. Mais remettre en question un modèle d'affaires et le redéfinir n'est pas une mince tâche. Au cours de cette séance, la discussion portera sur les succès et les défis entourant la transformation d'un modèle d'affaires à l'ère de la transition énergétique.

En route vers la carboneutralité

Sébastien Scherrer (Aluminerie Alouette)

Après plus de 30 ans de croissance durable, Aluminerie Alouette, installée à Sept-Îles, demeure un chef de file en environnement. Ainsi, au printemps 2022, l'entreprise complétait avec succès l'implantation du gaz naturel dans ses opérations, devenant ainsi un pionnier industriel en la matière sur la Côte-Nord. Cette présentation sera l'occasion de discuter plus en détail de ce projet porteur pour toute une région. On y abordera également les différents aspects de la stratégie de l'organisation en vue de l'atteinte de la carboneutralité, qu'elle vise atteindre en 2050, de même que ses différentes autres actions en matière d'environnement, de société et de gouvernance.

5N Plus : les minéraux critiques au cœur de l'énergie photovoltaïque

Jean-Nicolas Beaudry (5N Plus)

Depuis plus de vingt ans, 5N Plus extrait, purifie et transforme des métaux critiques pour en faire des semiconducteurs spécialisés ou autres matériaux de haute performance. Nos produits sont des composantes essentielles dans des applications aussi variées que les énergies renouvelables, la sécurité, l'imagerie médicale, les produits pharmaceutiques et bien d'autres. Active à l'échelle internationale, 5N Plus contribue à une économie circulaire en s'approvisionnant à même les résidus métallurgiques et industriels. Les métaux ainsi valorisés servent notamment à la fabrication de panneaux solaires, éléments clés de la transition énergétique.

SÉANCE 4

LES ENJEUX LIÉS À L'APPROVISIONNEMENT EN MINÉRAUX CRITIQUES ET STRATÉGIQUES, LE DÉVELOPPEMENT DES FILIÈRES CLÉS ET LES OCCASIONS DE COLLABORATION FRANCO-QUÉBÉCOISES

Présentation du ministère de la Transition écologique de France

Jean-François Gaillard (Ministère de la transition écologique de France)

M. Gaillard fera une courte présentation au sujet des politiques mises en place en France et des besoins de cette dernière en ce qui a trait à la transition énergétique.

Présentation du Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM) et du rapport Varin

Jean-Claude Guillaneau (BRGM)

M. Guillaneau abordera les besoins de l'industrie française, les grandes orientations proposées par le rapport Varin et le plan d'investissement France 2030.

Présentation de l'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (ADEME)

Roland Marion (ADEME)

M. Marion nous décrira en quelques mots le rôle de l'ADEME dans la transition énergétique en France.

Présentation du ministère des Ressources naturelles et des Forêts (MRNF)

Nathalie Camden (MRNF)

Mme Camden présentera brièvement le secteur minier québécois ainsi le Plan québécois de valorisation des minéraux critiques et stratégiques (PQVMCS).

Présentation de Ressources Québec

Jean-François Béland (Ressources Québec)

M. Béland fera une courte présentation touchant la filière batterie et abordera l'implication du Québec dans la *Global Battery Alliance* (GBA).

Présentation de l'Association minière du Québec (AMQ), de ses membres et de leurs pratiques

José Méthot (Association minière du Québec)

Mme Méthot fera une courte présentation au sujet de l'implication de l'AMQ dans la chaîne d'approvisionnement des minéraux critiques et stratégiques (MCS).

SÉANCE 5

TRAVAUX D'ACQUISITION DE CONNAISSANCES GÉOSCIENTIFIQUES DE GÉOLOGIE QUÉBEC ET DE SES PARTENAIRES UNIVERSITAIRES — NUNAVIK

Géologie de la région du lac Spartan, Orogène de l'Ungava, Nunavik, Québec, Canada

Guillaume Mathieu, Marc-Antoine Vanier et Thomas Debruyne (MRNF)

La campagne de terrain de l'été 2021 a touché la région du lac Spartan. Les parties est des feuillettes 35G10 et 35G15 ont été cartographiées à une échelle hybride entre le 1/20 000 et le 1/50 000. La géologie de cette région est constituée de trois ensembles de roches paléoprotérozoïques : (1) roches volcaniques de composition mafique et complexe intrusif mafique lité (Groupe de Watts); (2) roches sédimentaires (Groupe de Spartan); et (3) roches intrusives (suites précoces d'Illuinaqtuut, de Vanasse, de Foucault et d'Ippialuit; suites ou plutons tarditectoniques de Sirluaq, de Niqituraaqiaruk et de Tiriranniatuuq).

Une discordance est présente au contact entre les roches volcaniques du Groupe de Watts et les roches sédimentaires du Groupe de Spartan. La Faille d'Ombilic, définie à la suite de ce levé, coïncide avec cette discordance. Plus au nord, la Zone de cisaillement inverse de Kuuk, également introduite lors de ces travaux, marque le passage des roches mafiques intrusives du Groupe de Watts aux intrusions précoces des suites de Foucault et de Vanasse. Cette zone de cisaillement affecte principalement les leucogabbros du Groupe de Watts. Elle se trouve en continuité avec le Domaine structural d'Inaaq caractérisé par des plis à plan axial NE-SW déversés vers le SE qui reprennent des plis droits à déversés à trace axiale E-W et à faible plongement vers l'ouest. La superposition de ces plis forme un schéma d'interférence hybride entre le type 2 et le type 3.

Le potentiel minéral de région est associé à trois épisodes de minéralisation : (1) des minéralisations primaires d'origine exhalative ou magmatique; (2) des minéralisations liées à une remobilisation mésothermale à épithermale; et (3) des minéralisations magmatiques et métasomatiques associées à des plutons post-tectoniques. L'épisode 1 est principalement représenté par les minéralisations exhalatives de Cu-Zn ou les minéralisations magmatiques de Cr, Fe-Ti-V ou Cr-Cu-Ni-Co associées aux intrusions mafiques à ultramafiques. L'épisode 2 est responsable de la remobilisation des minéralisations du premier épisode et de la mise en place d'une variété de veines principalement à quartz et carbonate montrant un contenu anormal en Au-Ag. Finalement, l'épisode 3 est associé à des valeurs anormales en Cu-Co dans une cornéenne au pourtour du Pluton de Tiriranniatuuq, un contexte favorable à la formation d'un skarn.

Formation et évolution d'une lithosphère océanique au Paléoprotérozoïque : Retour sur le Groupe de Watts, Ceinture de Cape Smith, Nunavik, Canada

Sacha Lafrance, Carl Guilmette (U. Laval), Guillaume Mathieu (MRNF) et Jean H. Bédard (CGC-Québec)

Cette étude présente les relations de terrain, la géochimie et la géochronologie d'un terrane exotique au cœur de l'Orogène de l'Ungava : le Groupe de Watts. Ces roches, datées à 1998 Ma et connues sous le nom « d'ophiolite de Purtunig », ont été interprétées comme l'un des plus vieux fragments obduits de lithosphère océanique sur Terre. Des travaux antérieurs ont décrit le Groupe de Watts comme un empilement composé d'une séquence de basalte coussiné, d'un complexe de dykes en feuillet et d'une suite plutonique cumulative mafique et ultramafique. Ces lithologies ignées, métamorphisées jusqu'au faciès des amphibolites, ont été imbriquées par des chevauchements hors séquence lors de l'Orogenèse de l'Ungava. La présence d'un complexe de dykes en feuillet génétiquement lié à la séquence de basalte coussiné sus-jacent est interprétée comme une preuve que l'ophiolite de Purtunig s'est formée dans une dorsale océanique, suggérant des processus actifs d'expansion du plancher océanique et de marge convergente dans un passé aussi lointain que 2,0 Ga. Cela fournit ainsi l'âge minimal du début de la tectonique des plaques modernes.

Il existe toutefois une hypothèse concurrente pour expliquer la formation du Groupe de Watts. Cette hypothèse suppose que cette unité représente plutôt un plateau océanique associé à la Province ignée de Minto-Povungnituk, invalidant ainsi la relation entre le Groupe de Watts et la tectonique des plaques modernes. Le MRNF, qui finance ce projet, a entrepris une campagne de cartographie décennale pour revisiter l'Orogène de l'Ungava. Afin de pouvoir caractériser le Groupe de Watts et de déterminer son environnement géodynamique de formation, cette étude applique une approche analytique intégrée, incluant la cartographie géologique, la géochimie des éléments majeurs et en traces et les analyses géochronologiques et isotopiques. La discrimination géochimique de l'environnement géodynamique de formation a été effectuée par l'examen des rapports des éléments en traces immobiles ainsi que par des modélisations pétrologiques. Les résultats préliminaires indiquent que les roches volcaniques mafiques sont tholéiitiques et de composition N-MORB à P-MORB, alors que le complexe de dykes en feuillet présente une composition comparable à celles des arcs volcaniques ou qui implique une contamination crustale. Ces nouvelles données n'appuient pas l'hypothèse que le complexe de dykes en feuillet soit cogénétique avec la séquence de basalte. Les nouveaux résultats des modélisations pétrologiques et des analyses géochronologiques et isotopiques permettront de mieux préciser l'origine du Groupe de Watts, qui pourrait s'avérer ne pas être exotique du tout.

Style tectonique au Paléoprotérozoïque : exemple du sud-est de la Province de Churchill

Antoine Godet, Carl Guilmette (U. Laval), Loïc Labrousse (Université Sorbonne), Matthijs A. Smit, Jamie A. Cutts (UBC Vancouver), Donald W. Davis (University of Toronto), Isabelle Lafrance, Marc-Antoine Vanier et Benoit Charette (MRNF)

Le matériel de croûte moyenne exhumée dans le sud-est de la Province de Churchill (SEPC), une branche de l'Orogène transhudsonien (OTH) coincée entre les cratons du Supérieur et nord-atlantique au Québec et au Labrador, permet d'examiner les styles tectonométamorphiques paléoprotérozoïques. L'étude de ces séquences supracrustales utilise une approche pétrochronologique quantitative combinant les observations de terrain, la pétrographie, la microcartographie élémentaire, la géochimie des éléments majeurs et en traces, la modélisation des équilibres de phases et la géochronologie (Lu-Hf sur grenat et U-Pb sur zircon, monazite et rutile). Ces travaux devraient permettre de définir des trajectoires Pression-Température-temps-Chimie-Déformation (P-T-t-X-D) et de quantifier le métamorphisme prograde et rétrograde, l'initiation, la durée et les conditions des épisodes de fusion partielle, ainsi que les taux d'enfouissement et d'exhumation. Les résultats devraient contribuer à une meilleure compréhension des processus accréctionnaires actifs au cœur des orogènes et permettront à la fois d'estimer l'initiation de la collision continentale, d'étudier la nature des terranes granulitiques et de discuter du comportement des géochronomètres lors des épisodes d'anatexie prolongés.

L'empreinte métamorphique de l'OTH est diachrone à travers le SEPC. Elle est principalement enregistrée dans les deux ceintures orogéniques du SEPC, les orogènes du Nouveau-Québec (ONQ) et des Torngat. On estime l'âge de la collision continentale à ~1885 Ma dans l'Orogène des Torngat, ce qui implique que la marge occidentale du craton nord-atlantique n'a pas été remobilisée durant cet épisode. Le collage des domaines de Kuujuaq et de George, deux blocs crustaux du centre de la province, est daté à ~1836 Ma. La collision continentale dans l'ONQ est estimée autour de 1800 Ma et est associée à la formation d'une discontinuité tectonométamorphique entre la plaque supérieure de l'Orogène du Nouveau Québec (Domaine de Kuujuaq) et son bassin d'avant-pays (Zone de Rachel-Laporte) en réponse au raccourcissement. Une exception métamorphique est enregistrée dans le Complexe de Mistinibi, l'un des blocs lithotectoniques paléoprotérozoïques du SEPC, où l'épisode granulitique est daté autour de ~2100 Ma. Les évidences pétrochronologiques semblent indiquer que le métamorphisme prograde à ~2150 Ma a été suivi d'une longue histoire dans des conditions suprasolidus (~55-70 Ma) entre 2140 et 2070 Ma. Nous interprétons que ce domaine a agi comme un bloc restitique rigide placé en position super-crustale lors de l'événement majeur transhudsonien, ce qui a permis de préserver son histoire métamorphique et a empêché une remobilisation subséquente. Dans l'ensemble, ce modèle diachrone de collisions et de collages crustaux successifs reflète un processus de cratonisation par accréction impliquant plusieurs blocs crustaux étroits et est en accord avec un régime accréctionnaire à collisionnel en contexte modérément chaud.

SÉANCE 6

CHANGER NOTRE PERSPECTIVE DE CONSOMMATION D'ÉNERGIE

Réduire, c'est s'enrichir

Geneviève Gauthier (Éconoler)

Un consensus se dégage sur l'idée que l'efficacité énergétique doit jouer un rôle prédominant dans l'atteinte des cibles de réduction des émissions de GES. Or, plus de la moitié de l'énergie produite ou distribuée est perdue. Comment se compare le Québec en matière de saine gestion de ses ressources énergétiques? Puisque la meilleure forme d'énergie est celle que l'on ne consomme pas, en quoi consiste ce gisement d'efficacité énergétique et comment pourrait-on l'exploiter au maximum? Des pistes de réflexion changeront votre perspective de la consommation d'énergie.

Productivité énergétique, économie circulaire et industrie 5.0 : nouveau point de départ pour la création de richesse

Johanne Whitmore (HEC Montréal)

La transition énergétique, que nous pressent d'amorcer les scientifiques, présente un immense défi collectif. Dans le monde des affaires et de la politique, elle est souvent perçue comme un choix absolu entre l'environnement ou l'économie. Or, elle est aussi une occasion sans précédent d'améliorer le rendement de nos entreprises. Dans cette séance, nous examinerons ce nouveau point de départ qui explique que les leaders de demain seront les entreprises qui parviendront à optimiser la consommation d'énergie et d'autres ressources dans toutes leurs activités.

L'énergie au cœur du développement industriel du Québec

Henri Thibaudin (Dameco)

La structure industrielle du Québec, telle que nous la connaissons aujourd'hui, a été largement influencée par la relative abondance de l'énergie dans la province. La poursuite de cette croissance va toutefois se heurter à des limites sur les quantités d'énergies pouvant être utilisées et/ou disponibles, entraînant l'apparition de conflits d'usage pour l'utilisation de celles-ci. Ces circonstances risquent alors d'entraîner des conséquences significatives sur les activités de certaines industries, lesquelles se feront ressentir sur le marché de l'emploi, le développement régional et, plus globalement, sur la création de richesse et de bien-être des Québécois. L'amélioration de l'efficacité énergétique pourrait alléger ces conflits, mais cette solution, à elle seule, ne permettra pas de les éviter complètement.

Henri Thibaudin vous présentera les enjeux propres au développement de la structure industrielle du Québec dans un contexte où les quantités d'énergies utilisables par les industries se voient de plus en plus restreintes.

Gestion de l'énergie en entreprise — beaucoup plus que des bénéfices énergétiques

Alexandre Dubreuil (Alcoa)

Mettre en place un système de gestion de l'énergie équivaut à instaurer une réelle culture de gestion de l'énergie au sein de toutes les sphères de l'organisation. Ce changement de culture est à la fois un défi et une réelle occasion d'apporter rigueur et robustesse dans le maintien de la performance et de chercher une amélioration continue. Cette présentation abordera les objectifs initiaux, les difficultés et les bénéfices découlant de l'obtention de la certification ISO 50001 — Systèmes de management de l'énergie.

Une approche concrète pour maximiser l'efficacité énergétique des sites manufacturiers et industriels

Andrée-Anne De Gagné (GAAMA)

La méthode de l'intégration des procédés permet d'identifier la consommation minimale d'un site et de mettre en place, de manière systématique et ordonnée, des stratégies rentables de réduction de la consommation d'énergie. Cette présentation aborde la rentabilité des projets en efficacité énergétique et présente des solutions réelles pour utiliser une source d'énergie propre, disponible et locale : votre énergie résiduelle.

SÉANCE 7

TRAVAUX D'ACQUISITION DE CONNAISSANCES GÉOSCIENTIFIQUES DE GÉOLOGIE QUÉBEC ET DE SES PARTENAIRES UNIVERSITAIRES — EYYOU ISTCHEE BAIE-JAMES

Synthèse géologique de la Sous-province de Nemiscau, Eeyou Istchee Baie-James

Daniel Bandyayera, Emmanuel Caron-Côté (MRNF), Rocío Pedreira Perez (UQAM), Myriam Côté-Roberge et William Chartier-Montreuil (MRNF)

La synthèse de la Sous-province de Nemiscau a permis de mettre à jour les limites de cette unité lithotectonique, de produire une carte géologique uniformisée et d'établir un schéma stratigraphique. Le Nemiscau, situé à l'est de la baie James, constitue une sous-province essentiellement métasédimentaire qui représente la jonction entre les sous-provinces de La Grande, au nord, et d'Opatoca, au sud. Elle est séparée de ces grands ensembles par des zones de cisaillement dont les plus importantes sont celles de la Basse-Eastmain, de Rupert, de Causabiscou, de Colomb-Chaboullié et de Lucky Strike.

Les nouveaux résultats de cartographie et de compilation géologiques, en association avec les cartes géophysiques récentes, permettent de conclure que 1) le Nemiscau représente une sous-province distincte indépendante de l'Opinaca; 2) la bande du lac des Montagnes constitue le prolongement vers le sud de la Ceinture de la Basse et de la Moyenne Eastmain et que, par conséquent, elle fait partie intégrante de la Sous-province de La Grande; 3) la Formation d'Auclair est restreinte à la Ceinture de la Basse et de la Moyenne Eastmain.

Le Nemiscau est subdivisé en 3 domaines : 1) le domaine de Nemiscau-Nord; 2) le domaine de Nemiscau-Centre; et 3) le domaine de Nemiscau-Sud.

L'interprétation de données géologiques, structurales et métamorphiques suggère que la mise en place de la Sous-province du Nemiscau est associée à un contexte géotectonique en extension, suivi de la formation d'un rift à la suite de la montée d'un panache mantellique au-dessus d'un manteau lithosphérique sous le bloc crustal formé par le socle mésoarchéen La Grande-Opatoca.

Le contexte géologique du Nemiscau est favorable à la mise en place de différents types de minéralisations aurifères et polymétalliques, de minéralisations magmatiques de Ni-Cu ± EGP, ainsi qu'aux minéralisations de métaux rares, critiques et stratégiques associées aux pegmatites granitiques blanches. Les minéralisations aurifères et polymétalliques de type sulfures massifs volcanogènes, dont l'indice Marcaut, sont intimement associées aux unités mafiques et volcanoclastiques felsiques à intermédiaires du Groupe de Colomb-Chaboullié (Domaine de Nemiscau-Sud).

Les minéralisations aurifères de type orogénique sont observées un peu partout dans le Nemiscau. Les plus importantes se trouvent en bordure du Domaine de Nemiscau-Nord, à proximité des zones de cisaillement de la Basse-Eastmain et de Causabiscou, et dans le Domaine de Nemiscau-Sud, en association avec un couloir de déformation qui comprend la Zone de cisaillement de Colomb.

Les minéralisations magmatiques de Ni-Cu ± EGP sont associées aux intrusions mafiques et ultramafiques du Groupe de Colomb-Chaboullié, localisées le long de la Zone de cisaillement de Colomb.

Les minéralisations en métaux rares, critiques et stratégiques (Li, Nb, Ta, Be, etc.) sont associées aux pegmatites granitiques blanches de type S et hyperalumineuses de la Suite de Causabiscou.

Contraintes structurales et géochronologiques (U-Pb) sur l'évolution tectonométamorphique de la Sous-province de Nemiscau, Province du Supérieur (Québec)

Rocío Pedreira Pérez, Alain Tremblay (UQAM),
Yannick Daoudene, Jean David et Daniel Bandyayera (MRNF)

Les domaines métasédimentaires de la Province du Supérieur ont été généralement interprétés comme les vestiges de complexes d'accrétion ou de bassins orogéniques turbiditiques formés au cours de l'Orogenèse kenoréenne (2720 à 2680 Ma). La Sous-province métasédimentaire de Nemiscau occupe la partie centrale de la Province du Supérieur au Québec. Elle est délimitée au NNE et au sud par les sous-provinces volcano-plutoniques de La Grande et d'Opatica respectivement. La Sous-province Nemiscau est constituée de roches métasédimentaires variablement migmatitisées, de gneiss et de suites plutoniques felsiques à intermédiaires. Des roches métavolcaniques se trouvent le long de ses limites nord et sud. La Sous-province de La Grande renferme également des roches métasédimentaires peu ou pas migmatitisées et des roches métavolcaniques localisées respectivement au cœur et le long des flancs d'une vaste synforme régionale. L'analyse des zircons en provenance des roches métasédimentaires a permis d'estimer l'âge maximal du dépôt à ≤ 2724 Ma dans le Nemiscau et à ≤ 2715 Ma dans le La Grande. Ces séquences supracrustales sont séparées des domaines plutoniques de La Grande et d'Opatica par des zones de cisaillement qui ne correspondent pas à des sauts métamorphiques notables.

Cette étude intègre divers ensembles de données structurales, métamorphiques et géochronologiques (U-Pb) suggérant une évolution tectonométamorphique de longue durée entre environ 2843 et 2598 Ma associée à quatre épisodes de déformation (D1 à D4). Le premier événement (D1) n'est observé que localement et s'est produit peu de temps après le dépôt des séquences volcaniques les plus anciennes du Nemiscau (environ 2756 à 2736 Ma) dans des conditions métamorphiques du faciès des amphibolites (M1). L'événement D2 témoignerait d'une déformation régionale accommodée par le fluage vertical de la croûte entre environ 2704 et 2671 Ma. Des conditions métamorphiques (M2) au faciès des granulites dans le cœur de la Sous-province de Nemiscau et au faciès supérieur des amphibolites dans le La Grande sont synchrones à la déformation D2. Lors du refroidissement de la croûte, la déformation s'exprime notamment par une cinématique en décrochement dextre à l'échelle régionale (D3), contemporaine des conditions métamorphiques du faciès des amphibolites (M3) entre environ 2658 Ma et 2621 Ma. Le refroidissement lent de la croûte conduit à la localisation progressive de la déformation (D4) accommodée par une cinématique en décrochement dextre et senestre le long de grands corridors de déformation NW-SE et NE-SW dans des conditions du faciès des amphibolites au faciès des schistes verts à partir d'environ 2598 Ma.

Les caractéristiques structurales et métamorphiques ainsi que les contraintes isotopiques suggèrent que les sous-provinces de Nemiscau, de La Grande et d'Opatica représentent un seul terrane composite. En ce qui concerne l'évolution tectonique, les trois sous-provinces présentent une continuité de la déformation (D1-D4) de part et d'autre de leurs contacts mutuels. L'évolution des domaines supracrustaux des sous-provinces de Nemiscau et de La Grande s'explique mieux par leur enfoncement relatif par rapport aux domaines plutoniques des sous-provinces d'Opatica et de La Grande. Cette interprétation appuie un modèle tectonique impliquant un fluage vertical de la croûte durant les premiers stades de la déformation régionale (D2). Le refroidissement progressif de la croûte se traduit par un changement de la cinématique qui se manifeste par l'écoulement et l'extrusion latéral de la croûte durant les stades ultérieurs de déformation (D3-D4). Un modèle tectonique non-uniformitariste rend compte adéquatement des évidences de tectonismes vertical et horizontal synchrones préservées dans ces bassins sédimentaires archéens de la Province du Supérieur. L'absence de sauts métamorphiques notables entre le Nemiscau et les sous-provinces voisines est également cohérente avec cette interprétation.

Aperçu des minéralisations chromifères dans la Province du Supérieur : l'exemple de l'Intrusion du Lac des Montagnes, Sous-province de La Grande, Eeyou Istchee Baie-James, Québec

Michel.G. Houlé, Marie-Pier Bédard, Anne-Aurélié Sappin (CGC-Québec), Klaus Kuster, C. Michael Lesher (Université Laurentienne) et Daniel Bandyayera (MRNF)

Les coulées et les intrusions ultramafiques à mafiques sont omniprésentes dans la plupart des ceintures de roches vertes de la Province du Supérieur et sont des hôtes potentiels de minéralisations magmatiques de Ni-Cu-(EGP), Cr-(EGP) et Fe-Ti-V. Toutefois, leur abondance et leur prospectivité varient grandement entre ces terranes ou domaines ou même à l'intérieur de ceux-ci. Il est reconnu que la plupart des gisements et indices importants de chrome connus se situent dans le superdomaine de Bird River-Uchi-Oxford-Stull-La Grande Rivière-Eastmain (BUOGE) d'orientation E-W, qui comprend les gisements de chromite de classe mondiale du Ring of Fire en Ontario (c.-à-d. la Ceinture de roches vertes de McFaulds Lake) et des gisements de moindre importance dans le filon-couche de Bird River au Manitoba, l'intrusion de Big Trout Lake en Ontario et dans les intrusions de Menarik et du Lac des Montagnes au Québec.

L'Intrusion du Lac des Montagnes fait partie de la Suite mafique-ultramafique de Caumont qui consiste en une série d'intrusions ultramafiques et mafiques orientées ENE-WSW au sein de la séquence volcano-sédimentaire du Groupe du Lac des Montagnes, le long du contact entre les sous-provinces La Grande (au nord) et d'Opatica (au sud). Cette intrusion s'étend sur une longueur d'environ 5 km avec une épaisseur allant de 185 à 250 m. Bien que cette intrusion soit connue depuis les années 1960, très peu de travaux ont été effectués sur la chromite depuis les travaux de D. Williams en 1965. L'intrusion se divise en une zone inférieure de péridotite ± pyroxénite à olivine ± pyroxénite et une zone supérieure de mésogabbro à mélanogabbro localement à structure pegmatitique. Les lits de chromitite peuvent être regroupés en trois niveaux principaux dans la zone ultramafique. Le niveau inférieur est constitué de plusieurs lits centimétriques de chromitite à structure matricielle (jusqu'à 30 % de chromite) alternant avec de la péridotite. Le niveau médian est constitué d'un lit de chromitite massive à semi-massive de 2,4 m d'épaisseur (jusqu'à 85 % de chromite) et de lits de péridotite et de chromitite stratifiées d'environ 1,5 m d'épaisseur séparés par une unité de péridotite d'environ 2 m d'épaisseur. Le niveau supérieur se compose d'une dizaine de lits centimétriques de chromite disséminée à structure matricielle (10 à 25 % de chromite).

Bien qu'aucune estimation des ressources en chrome n'ait été réalisée pour l'Intrusion du Lac des Montagnes, la principale zone de chromitite (c.-à-d. le niveau médian) est observée en surface de manière plus ou moins continue sur une longueur d'environ 450 m. De plus, cette intrusion contient également un indice significatif de Ni-Cu-(EGP) près de sa base (indice du Lac Valiquette avec jusqu'à 2,6 % Ni). Sur la base de ces informations, l'Intrusion du Lac des Montagnes et les autres intrusions de la Suite mafique-ultramafique de Caumont, de même que les intrusions ultramafiques-mafiques similaires, représentent des cibles potentielles pour ces types de minéralisation dans la Province du Supérieur.

Géologie de la région du lac Le Vilin, Eeyou Istchee Baie-James

Daniel Bandyayera et Emmanuel Caron-Côté (MRNF)

Une nouvelle carte géologique de la région du lac Le Vilin a été produite à l'échelle 1/50 000 à la suite d'un levé réalisé au cours de l'été 2021. Ces travaux modifient radicalement la limite entre les sous-provinces de La Grande et d'Opatica et confirment le prolongement vers l'est de la Ceinture du Lac des Montagnes (CLM). Cette dernière est désormais interprétée comme faisant partie de la Sous-province de La Grande en raison des similitudes stratigraphiques et métamorphiques avec la Ceinture de roches vertes de la Moyenne et de la Basse-Eastmain (CRVMBE) localisée plus au nord.

La partie nord de la région à l'étude expose un ensemble métasédimentaire transitionnel entre le La Grande et l'Opinaca (Formation de Prosper) qui contient d'importantes injections de pegmatite granitique blanche assignées à la Suite intrusive de Pacifique. Cet ensemble métasédimentaire repose stratigraphiquement sur les gneiss tonalitiques du Complexe de Champion. Au centre, la CLM repose probablement sur le socle tonalitique du Complexe de la Hutte.

La ceinture est formée des roches métasédimentaires de la Formation de Voirdye et des roches métavolcaniques du Groupe du Lac des Montagnes. Ce dernier forme une bande d'épaisseur kilométrique de > 30 km de longueur injectée de roches intrusives mafiques-ultramafiques assignées à la Suite mafique-ultramafique de Nasacauso. La partie sud de la région d'étude se trouve dans la Sous-province d'Opatica. Bordé au nord par la Zone de cisaillement de Poste Albanel, cet ensemble de roches plutono-gneissiques de composition intermédiaire à felsique est assigné au Complexe de Théodat. Une nouvelle unité désignée comme la Suite migmatitique de Le Vilin a également été reconnue au sein du Complexe de Théodat.

Du point de vue structural, ces travaux de cartographie ont permis de prolonger vers l'est la Zone de cisaillement de Poste Albanel qui constitue la limite entre le La Grande et l'Opatica, ainsi que la Zone de cisaillement de Nisk localisée plus au nord entre la CLM et la CRVMBE. Dans l'Opatica, les unités localisées à proximité du contact avec la Sous-province de La Grande sont localement caractérisées par de faibles pendages, suggérant un chevauchement du sud vers le nord.

La région du lac Le Vilin présente des zones favorables pour cinq types de minéralisation :

- ▶ minéralisations de sulfures massifs de métaux usuels associées aux roches volcaniques;
- ▶ minéralisations magmatiques de nickel-cuivre (\pm cobalt \pm éléments du groupe du platine) associées aux roches intrusives mafiques à ultramafiques;
- ▶ minéralisations de sulfures exhalatifs dans les roches sédimentaires (Sedex);
- ▶ minéralisations aurifères stratiformes dans les formations de fer;
- ▶ minéralisations de lithium associées aux pegmatites granitiques.

Les altérations hydrothermales métamorphisées du Groupe du Lac des Montagnes, Sous-province de La Grande, Eeyou Istchee Baie-James, Québec

Corentin Gardes, Stéphane De Souza (UQAM), Lucie Mathieu (UQAC), Daniel Bandyayera et Emmanuel Caron-Côté (MRNF)

Les enveloppes d'altération hydrothermale métamorphisées et les minéralisations associées présentent des caractéristiques minérales et structurales particulières qui permettent de reconnaître leur environnement de formation. Ces métasomatites peuvent ainsi être utilisées pour orienter les programmes d'exploration dans les terrains métamorphiques de haut grade. Dans la Sous-province de La Grande, la Ceinture de roches vertes du Lac des Montagnes contient de telles métasomatites. Ces roches plus ou moins riches en grenat, cordiérite, sillimanite et orthoamphibole sont localement associées à des indices cuprifères encaissés dans les roches volcaniques mafiques tholéitiques coussinées du Groupe du Lac des Montagnes (GLM; 2723 à 2703 Ma), près du contact avec les roches sédimentaires de la Formation de Voirdye (FV). Cette dernière est principalement constituée de wackes et schistes à grenat-sillimanite-cordiérite, ainsi que d'un niveau de quartzite interdigité avec les roches volcaniques du GLM. Les roches volcaniques et sédimentaires sont fortement affectées par une foliation régionale S2 et un métamorphisme au faciès des amphibolites.

Les métasomatites forment une bande qui s'étend sur environ 10 km au contact du GLM et de la FV, avec une épaisseur maximale de 120 m. Les roches volcaniques du GLM présentent l'assemblage métamorphique hornblende-plagioclase-clinopyroxène qui est remplacé par un assemblage à actinote-trémolite à l'approche des métasomatites. Ces dernières sont subdivisées en deux principaux faciès minéralogiques et structuraux. Un premier est caractérisé par un assemblage cordiérite-grenat-orthoamphibole. La cordiérite remplace préférentiellement le cœur des coussins et forme localement des nodules décimétriques, alors que l'orthoamphibole forme des rosettes centimétriques. Le second faciès est une roche composée de cordiérite, biotite, sillimanite, grenat et orthoamphibole. Ce faciès est généralement fortement folié, mais la sillimanite et l'orthoamphibole forment respectivement des baguettes et des rosettes centimétriques tardi-S2 à post-S2. Ces rosettes forment localement des intercroissances avec la chlorite. L'étude géochimique préliminaire indique que toutes les métasomatites sont issues d'un même précurseur comparables aux roches tholéitiques et calco-alcalines du GLM.

Deux principaux indices minéralisés (Voirdye et Lemarre Ouest) sont reconnus dans le premier faciès métasomatique à cordiérite-grenat-orthoamphibole. Ces indices sont composés de chalcopyrite et de pyrrhotite disséminées (1 à 20 %). Des veines déformées de quartz minéralisées en pyrrhotite-chalcopyrite sont également présentes. Les teneurs en cuivre atteignent 6 % dans des échantillons choisis. La métasomatite est en contact avec un mince niveau (< 10 m) constitué de chert à magnétite-amphibole et de bandes massives à laminées de grenat-magnétite-

amphibole-quartz qui représentent probablement un niveau exhalatif au sommet de l'empilement volcanique. Ce niveau constitue localement la zone de contact avec la FV.

Les caractéristiques minéralogiques, stratigraphiques et géochimiques des métasomatites indiquent qu'elles sont dérivées de l'altération hydrothermale des basaltes tholéïtiques du GLM dans un contexte sous-marin de type SMV. Les différents faciès minéralogiques identifiés reflètent probablement des variations chimiques liées à l'altération hydrothermale sous-marine. Ces roches ont subi une évolution tectonique et métamorphique complexe qui a fortement modifié leur géométrie et leur composition minéralogique, mais il a été possible d'identifier un niveau exhalatif qui représente probablement un horizon favorable pour les minéralisations de type SMV.

Géologie de la région du lac de la Marée, Eeyou Istchee Baie-James

Daniel Bandyayera et Emmanuel Caron-Côté (MRNF)

Le levé géologique de la région du lac de la Marée, effectué durant l'été 2022, couvre un secteur situé à environ 220 km au nord de Chibougamau et 140 km à l'est de Nemaska, au sud de la rivière Eastmain.

Avant nos travaux, la partie nord de la région était assignée à l'Opinaca et considérée comme étant formée essentiellement de migmatites. Le présent levé révèle qu'elle constitue l'extension orientale de la Ceinture du Lac des Montagnes (Sous-province de La Grande). Cette ceinture est formée à la base d'une séquence de roches volcaniques et volcanoclastiques surmontée d'un ensemble métasédimentaire (wacke à cordiérite-sillimanite-grenat, arénite, quartzite, formations de fer), localement migmatitisé, et contenant d'importantes injections de pegmatite blanche à muscovite ± grenat. La séquence volcanique forme une bande orientée E-W qui s'étend sur plus de 30 km de longueur et 500 m à 3 km de largeur. Des intrusions mafiques-ultramafiques (péridotite, pyroxénite et gabbro) kilométriques sont observées au sein des séquences volcaniques et métasédimentaires.

La partie SE, représentée par l'Opatica, est constituée d'un ensemble de gneiss tonalitique, de tonalite, de granodiorite, de monzodiorite quartzifère, de granodiorite porphyroïde et de granite assigné au Complexe de Théodat.

L'ensemble des roches de la région, à l'exception des roches intrusives tardives, présentent une déformation diffuse et relativement homogène caractérisée par une foliation pénétrative. Celle-ci est majoritairement orientée E-W à NE-SW avec un fort pendage dans le La Grande, alors qu'elle est communément orientée vers le NW, le nord et le NE dans l'Opatica.

Nos travaux montrent que le contact La Grande-Opatica constitue un métallotecte régional important, qui s'étend sur des centaines de kilomètres. Des zones favorables en différents types de minéralisations ont été identifiées : 1) minéralisations polymétalliques de type SMV; 2) minéralisations aurifères associées aux formations de fer rubanées; 3) minéralisations en Ni-Cu-EGP associées aux intrusions mafiques-ultramafiques; 4) potentiel en lithium-tantale-césium associé aux pegmatites blanches; 5) minéralisations aurifères associées aux couloirs de déformation.

Géologie de la région du lac Conviac, Eeyou Istchee Baie-James

Myriam Côté-Roberge, William Chartier-Montreuil, Maxym-Karl Hamel-Hébert et Daniel Bandyayera (MRNF)

Un levé réalisé au cours de l'été 2021 a mené à la production d'une nouvelle carte géologique à l'échelle 1/50 000 de la région du lac Conviac, localisée sur la rivière Eastmain, à 100 km au NE de Nemiscau. La cartographie a permis de préciser la limite entre les sous-provinces d'Opinaca et de La Grande et de déplacer le contact d'une trentaine de kilomètres vers le NE. La Ceinture de roches vertes de la Moyenne et de la Basse-Eastmain (CRVMBE) est prolongée vers l'est sur une dizaine de kilomètres. On y retrouve la Formation de Natel, composée d'amphibolite rubanée d'origine basaltique et de tuf felsique à intermédiaire, ainsi que les paragneiss à nodules et les formations de fer de la Formation d'Auclair. Une nouvelle unité transitionnelle de paragneiss stratifié peu métamorphisé, la Formation de Prosper, occupe l'extrême sud de la carte. Des ensembles intrusifs appartenant au Batholite de Village, à la Suite intrusive de Pacifique et au Complexe de Champion coupent ces roches volcaniques et sédimentaires. Au SE du secteur à l'étude, les paragneiss de la Formation de Voirdye sont coupés par les roches intrusives du Complexe de La Hutte. Les paragneiss variablement migmatitisés du Complexe de Laguiche de la Sous-province d'Opinaca occupent le NE de la région. Ils sont coupés par les roches intrusives felsiques à intermédiaires de la Suite de Féron. L'Intrusion de Bauerman, composée de roches intermédiaires, marque le contact entre les sous-provinces.

La région est découpée par plusieurs zones de cisaillement orientées plus ou moins E-W, qui reprennent par endroits le cisaillement régional majeur correspondant au contact entre les sous-provinces de La Grande et d'Opinaca. Au SE, la Zone de cisaillement de Nisk sépare les paragneiss de la Formation de Prosper de ceux de la Formation de Voirdye. La présence de structures en dômes et bassins ainsi qu'une série de plissements isoclinaux caractérisent la tectonique de la région.

Les travaux ont permis mettre en valeur des secteurs favorables à l'exploration pour trois différents types de minéralisations : 1) des sulfures massifs de métaux usuels (SMV) associés aux roches volcaniques dans le prolongement vers l'est de la Ceinture volcano-sédimentaire de la Moyenne Eastmain et dans une bande de basalte du Complexe de Laguiche (nAlgi1); 2) des minéralisations aurifères associées aux formations de fer à silicates et oxydes de la Formation de Prosper et 3) des minéralisations associées aux pegmatites granitiques de la Suite intrusive de Pacifique.

Géologie de la région du lac Cadet, Eeyou Istchee Baie-James

Myriam Côté-Roberge et William Chartier-Montreuil (MRNF)

Un levé réalisé au cours de l'été 2022 a mené à la production d'une nouvelle carte géologique à l'échelle 1/50 000 de la région du lac Cadet (feuille SNRC 33B06, 33B10 et 33B11), à environ 60 km à l'est de la mine Éléonore. La cartographie avait comme objectif de préciser la limite entre les sous-provinces d'Opinaca et de La Grande qui coïncide dans le secteur avec une grande zone de cisaillement NNE-SSW, la Zone de cisaillement de Prosper (ZCpro).

Au nord de la ZCpro, la Sous-province d'Opinaca est principalement constituée par le Complexe de Laguiche. Cette unité est formée de paragneiss peu à moyennement migmatitisés où l'orthopyroxène est commun. Elle est injectée par des intrusions de pegmatite de type S associées à la Suite de Janin, particulièrement à l'ouest du secteur. Le Laguiche est coupé par la monzodiorite quartzifère du Pluton de Cadet, une nouvelle unité de taille importante particulièrement homogène et bien déformée.

Au sud de la ZCpro, la Formation de Low définit une unité métasédimentaire transitionnelle entre les roches de la Sous-province de La Grande et les paragneiss du Complexe de Laguiche. Ces paragneiss sont caractérisés par la présence locale d'aluminosilicates et par un faciès métamorphique moins élevé que dans le Laguiche. Ces roches métasédimentaires sont fortement injectées par des roches plutoniques de composition felsique à intermédiaire (tonalite, granodiorite et monzodiorite quartzifère) du Pluton d'Uskawasis.

Plusieurs zones de cisaillement importantes traversent la région d'étude. Outre la ZCpro qui définit le contact entre les sous-provinces, une dizaine de zones de cisaillement E-W délimitent divers domaines structuraux dans la Sous-province d'Opinaca. Une importante zone de déformation d'épaisseur kilométrique et d'orientation NW-SE affecte les roches de la Formation de Low et du Pluton d'Uskawasis, dans la partie nord de la Sous-province de La Grande.

Du point de vue métallogénique, la découverte dans le feuillet 33B06 de roches volcaniques étroitement associées à des conglomérats dans la Formation de Low, reconnue pour être l'hôte du gisement de la mine Éléonore, rehausse le potentiel de la région pour les minéralisations aurifères de remplacement. Des veines de quartz aurifères montrant une altération proximale à hornblende-grenat, des indices cuprifères et des pegmatites granitiques de type S sont aussi présents dans le secteur à l'étude.

Identification d'une nouvelle séquence komatiitique dans la Ceinture volcano-sédimentaire de Colomb-Chaboullié, Baie-James, Québec

Pape Doudou Tague, Sarah-Jane Barnes (UQAC), Daniel Bandyayera, Yannick Daoudene (MRNF) et Philippe Pagé (IOS Services Géoscientifiques)

La Ceinture volcano-sédimentaire de Colomb-Chaboullié (CCC) est située dans la région de la Baie-James, entre les sous-provinces archéennes de Nemiscau et d'Opatica. Elle est constituée d'un ensemble kilométrique d'unités volcaniques, plutoniques et sédimentaires orientées NE-SW à E-W. Les unités volcaniques et plutoniques contiennent différentes lithologies, dont des roches mafiques et ultramafiques métamorphosées au faciès des schistes verts et des amphibolites. Ces roches sont intéressantes pour deux raisons fondamentales : a) elles pourraient indiquer le contexte tectonique de mise en place; b) elles ont le potentiel de contenir des minéralisations de sulfures magmatiques riches en Ni, Cu, Co, EGP ou des dépôts d'oxydes contenant du Fe, V, Ti et Cr.

Cette étude a montré que les roches ultramafiques caractéristiques de la partie NE de CCC sont des komatiites. Elles sont essentiellement composées d'un assemblage secondaire de serpentine-trémolite-chlorite. Des évidences de structures volcaniques typiques des komatiites sont observées. La base des coulées à structure massive est constituée d'un cumulat d'olivine maintenant remplacée par de la serpentine +/- chlorite. La partie supérieure des coulées est composée de reliques d'olivine en lamelles orientées qui évoluent vers une microstructure de spinifex vers le sommet. D'autres évidences de structures volcaniques, telles des coulées tubulaires ont également été trouvées. Ces caractéristiques de terrain combinées aux observations structurales et pétrographiques démontrent donc que les roches ultramafiques de la portion NE de la CCC sont des komatiites.

L'affinité komatiitique de ces roches a été confirmée par la géochimie des éléments majeurs ($MgO > 18\%$, $TiO_2 < 1\%$, et $Al_2O_3/TiO_2 \approx 20$), les éléments en traces et la chimie minérale. Les diagrammes de classification, les diagrammes d'éléments de terres rares et les diagrammes multiéléments suggèrent qu'il s'agit de komatiites de type non appauvries en Al.

Les komatiites sont des cibles privilégiées pour les minéralisations de Ni-Cu. Les teneurs en métaux ainsi que les rapports Pd/Ir et Ni/Cu indiquent que les komatiites de la CCC sont fertiles, mais qu'elles n'ont pas atteint la saturation en sulfures, ce qui minimise le potentiel de cette unité à ce niveau stratigraphique. L'exploration dans cette région devrait être concentrée dans les zones de contact entre et les roches encaissantes et les roches volcaniques ultramafiques où l'on peut reconnaître les caractéristiques volcano-logiques typiques des komatiites.

SÉANCE 8

CHANGER NOTRE PERSPECTIVE DE CONSOMMATION D'ÉNERGIE

Le réseau MICA et la réduction des coûts et des délais des nouveaux parcs à résidus miniers

Douglas Morrison et Charles Nyabeze
(Centre for Excellence in Mining Innovation)

Le réseau national MICA a été mis sur pied pour faciliter la communication entre les PME minières innovantes, les sociétés minières et les investisseurs à travers le Canada. Dès l'an prochain, le MICA commencera à inclure des membres internationaux. En vue d'alimenter la transition verte, il est nécessaire d'ouvrir plus de mines dans des délais plus courts et d'éliminer les délais de 5 à 10 ans nécessaires pour l'approbation des aires de stockage de résidus. Le stockage de 100 % des résidus représente un coût énorme, alors que 80 % de ces matériaux sont totalement inoffensifs et ne nécessitent pas de dépôt subaquatique. Les résidus rocheux inoffensifs bien drainés ne présentent aucun risque de déversement et peuvent améliorer l'agriculture et la foresterie. L'autre 20 % peut être retraité pour être utilisé ou stocké comme matière inerte, éliminant ainsi les risques environnementaux à long terme.

Élaboration d'outils géométallurgiques et géoenvironnementaux pour optimiser le processus minéral

Isabelle Demers (UQAT)

La performance environnementale des opérations minières est une préoccupation importante, d'où son intégration comme thématique dans la programmation de Mission Mines Autonomes 2023. Ainsi, plusieurs projets ont été entamés dans l'axe 3 « Plate-forme intelligente de valorisation du processus minéral ». Cet axe vise l'utilisation de la géométallurgie, de l'exploration à la restauration, pour valoriser les données menant à une meilleure rentabilité par une approche innovante, systémique et intégrée. Cette présentation vise à exposer deux projets réalisés par des étudiants de l'UQAT dans le cadre des thèmes de la géométallurgie et des modèles analytiques et prédictifs. Le premier projet visait une caractérisation de la distribution d'un minéral potentiellement contaminant dans les stériles avant même leur extraction de la mine souterraine. L'approche de modélisation spatiale a ensuite été combinée à des essais cinétiques de génération du drainage minier acide pour représenter dans l'espace et dans le temps le comportement des stériles. Le deuxième projet visait à recenser et catégoriser les différents outils de caractérisation rapides ainsi que leur applicabilité dans les évaluations en début de projet minier. Les données recueillies avec ces outils ont été associées aux défis géométallurgiques et environnementaux afin d'optimiser l'interprétation des données.

Intégration des coûts de gestion et de restauration dans la planification minière

Juan Manuel Zuñiga Alvarez (UQAT)

La viabilité d'un projet d'exploitation minière est déterminée en évaluant, d'une part, les coûts découlant des aspects environnementaux, sociaux et opérationnels du projet et, d'autre part, les revenus calculés à partir du prix des métaux et de l'estimation de la teneur des minéraux contenus dans le gisement. Ce calcul conduira, par l'intermédiaire d'une planification minière à long terme, à la détermination des dimensions de la mine ainsi que la durée de l'exploitation.

L'un des coûts impliqués dans ce calcul est associé à la gestion des résidus miniers, un sous-produit de la roche broyée. Selon leur composition minéralogique, ces résidus sont couramment reliés à des problèmes environnementaux, telle la mauvaise qualité des effluents, et entraînent des répercussions sur la faune et la flore.

La gestion des résidus nécessite de poser plusieurs gestes durant l'exploitation et la fermeture des mines; le choix de ces activités résulte d'une série d'évaluations de la viabilité des différentes possibilités, par exemple la densification ou la filtration des résidus, la méthode de construction des aires d'entreposage, etc. Pour la restauration, on doit aussi considérer la possibilité d'utiliser différentes couvertures et/ou des techniques pour le contrôle des contaminants.

De nombreuses études montrent que cette gestion doit être planifiée de manière rigoureuse et cohérente entre les activités d'exploitation et de fermeture. Toutefois, les coûts de remise en état des aires d'entreposage des résidus sont calculés de manière indépendante dans le plan de fermeture des mines, sans nécessairement considérer l'influence des choix faits lors de l'exploitation.

Dans cette présentation, nous décrirons le processus envisagé pour développer une méthode de calcul des coûts permettant d'évaluer et de lier les différentes possibilités de gestion des résidus pendant l'exploitation et la fermeture, en considérant les caractéristiques physiques et géochimiques du gisement. Ce travail est réalisé en collaboration avec la mine Raglan, qui nous fournit des échantillons de forages ainsi que l'information touchant les coûts de gestion des rejets par filtration et des activités planifiées pour la restauration.

Nous traiterons aussi de la méthode du cycle de vie de la mine qui guide la conception de cette méthode de calcul, ainsi que de l'avancement des travaux de laboratoire visant à caractériser les échantillons. Une étude bibliographique des coûts typiques des solutions de densification et de filtration des résidus sera aussi présentée.

Développement de la minéralogie quantitative automatisée des minerais basée sur l'imagerie hyperspectrale en microscopie optique

Benjamin De Castro (IRME, UQAT)

La minéralogie automatisée par microscopie électronique à balayage est une technique de minéralogie commune permettant la caractérisation texturale des rejets miniers pour les besoins de prédiction environnementale. La microscopie optique en lumière réfléchie constitue une technique alternative et plus accessible permettant l'analyse minéralogique quantitative automatisée. La minéralogie automatisée par microscopie optique utilise l'analyse d'images multispectrales à l'aide de filtres spectraux pour l'identification minéralogique des particules. Cependant, la mesure de réflectance complète nécessaire à une identification minéralogique efficace peut nécessiter l'utilisation de près de 20 filtres spectraux, ce qui rend la procédure de caractérisation minéralogique plutôt laborieuse. La présente étude propose l'utilisation d'un nouvel appareillage expérimental combinant un microscope optique automatisé connecté à une caméra hyperspectrale. Des mesures de réflectance complète ont été réalisées sur plusieurs échantillons de minéraux opaques purs dans le domaine du visible (entre 400 nm et 800 nm) avec un pas de 1 nm afin d'obtenir une base de données de réflectances. Des cubes d'acquisition de données hyperspectrales ont ensuite été acquis pour divers échantillons de minerais et de standards de mélange minéralogiques connus. À partir de ces données brutes et de la base de données de réflectances, une procédure algorithmique supervisée d'identification minéralogique a été élaborée. Cette nouvelle technique d'imagerie hyperspectrale optique permet une caractérisation minéralogique efficace sans passer par l'utilisation conventionnelle de filtres spectraux.

SÉANCE 9

QUAND LES COMMUNAUTÉS SOUTIENNENT L'ÉLECTRIFICATION DU QUÉBEC

Dialogue, concertation, partenariat et engagement : l'approche d'Hydro-Québec pour réaliser sa mission

Élisabeth Roger et Philippe Bourke (Hydro-Québec)

Lors de la sortie de son dernier plan stratégique, Hydro-Québec a annoncé sa volonté de s'impliquer plus à fond dans la croissance de l'éolien au Québec en développant d'ici 2026 un portefeuille de 3000 MW de projets éoliens en partenariat avec le milieu. Cette présentation permettra d'en apprendre davantage sur l'approche d'Hydro-Québec pour élargir son portefeuille, notamment quant à la collaboration avec les communautés.

Démarrage et évolution de la Coop Val-Éo

Jean Lavoie (Val-Éo)

Cette présentation traitera des points suivants :

- ▶ Étincelle pour le démarrage de la Coop
- ▶ Création et évolution du modèle Val-Éo
- ▶ Facteurs favorisant les projets communautaires.

Tarquti : Meneur de la transition énergétique au Nunavik

Joë Lance et Janice Grey (Tarquti Énergies)

Les communautés inuites sont aux premières loges pour constater les conséquences des changements climatiques. C'est pourquoi les Nunavimmiut, habitants de l'extrême nord du Québec, sont déterminés à minimiser leur dépendance aux énergies fossiles en mettant de l'avant le riche potentiel énergétique renouvelable de leurs 14 communautés situées le long des baies d'Hudson et d'Ungava. En 2017, les décideurs de la région se sont mobilisés pour faire de la transition énergétique l'une de leurs priorités pour les prochaines décennies. Depuis, les Énergies Tarquti réalisent des projets d'énergie propre adaptés aux besoins et aux intérêts des différentes communautés inuites en favorisant la création d'emplois locaux.

Construction d'une Nation! Pas juste d'un parc éolien!

Nadia Robertson (Parc éolien Mesgi'g Ugju's'n)

Cette présentation traitera de la mise sur pied d'un projet d'énergie renouvelable à l'échelle des Nations Micmacs du Gespegewagi.

L'énergie communautaire, un outil de développement des communautés

Simon Deschênes (Alliance de l'Est)

Présentation d'un modèle communautaire qui favorise l'acceptabilité sociale et environnementale de projet de production l'électricité renouvelable.

SÉANCE 10

UN MIXTE ÉNERGÉTIQUE SOBRE EN APPUI À LA TRANSITION ÉNERGÉTIQUE INDUSTRIELLE ET MINIÈRE

La transition énergétique industrielle : un objectif commun qui appelle à des solutions innovantes

Gabriel Durany (AQPER)

La transition énergétique industrielle pose des défis particuliers et il est acquis qu'il n'y aura pas de solution unique. Les producteurs indépendants d'énergie renouvelable souhaitent collaborer à la transition avec les acteurs industriels afin de coconstruire des solutions technologiques et des modèles d'affaires nous permettant d'atteindre nos cibles de réductions de gaz à effets de serre (GES).

Monsieur Gabriel Durany, PDG de l'AQPER, vous amènera à vous poser les bonnes questions quant au lien entre votre consommation d'énergie et votre lieu de production. Il démystifiera pour vous certains modèles comme le *Corporate Power Purchase Agreement (Corporate PPA)*, ainsi que certains concepts clés qui s'y rattachent, en plus de vous présenter des exemples concrets de ces modèles ayant déjà cours à l'étranger.

La décarbonisation des mines en région éloignée et des industriels en microréseau

Michel Carreau (Hatch) et Laurent Abbatiello (Tugliq Énergie)

Discussion sur l'historique, les enjeux, les défis ainsi que les leçons apprises des projets de décarbonisation en environnement minier, incluant un retour d'expérience concernant la mise en œuvre de projets de production d'énergie renouvelable, de stockage d'énergie et d'électrification par batterie et par hydrogène des transports. Vision sur les solutions et les obstacles pour atteindre des opérations de mines 100 % vertes et applicabilité de ces solutions aux autres secteurs industriels.

Le potentiel géothermique des mines actives et fermées : exemples de projets industriels au Québec et ailleurs

Jasmin Raymond (INRS-ETE)

L'eau qui inonde les mines, qu'elles soient actives ou fermées, est une ressource renouvelable qui peut être utilisée pour le chauffage et la climatisation par l'utilisation de pompes à chaleur géothermique. Cette technologie offre d'importantes économies d'énergie et permet de réduire les émissions de gaz à effet de serre lorsqu'elle remplace des produits pétroliers. Diverses études de faisabilité réalisées sur les mines du Québec et d'ailleurs seront ici présentées.

SÉANCE 11

SÉCURISER LES CHAÎNES D'APPROVISIONNEMENT EN MINÉRAUX CRITIQUES ET STRATÉGIQUES NORD-AMÉRICAINES

Présentation d'Export-Import (EXIM) Bank

Adam Frost (Export-Import Bank)

M. Frost présentera brièvement le Programme Chine et Exportation transformationnelle (CTEP) de l'EXIM Bank des États-Unis et son mandat qui est notamment d'aider les exportateurs américains confrontés à la concurrence de la République populaire de Chine (RPC).

Présentation de Ressources Québec

Jean-François Béland (Ressources Québec)

M. Béland fera une courte présentation sur la manière dont Ressources Québec joue le rôle de point d'entrée des entreprises qui souhaitent investir dans les secteurs des ressources naturelles et de l'énergie au Québec.

Présentation de Nouveau Monde Graphite

Frédéric Collin (Nouveau Monde Graphite)

M. Collin fera une présentation sur la manière dont Nouveau Monde Graphite contribue à la révolution énergétique et sur son aspiration à devenir un fournisseur stratégique des principaux fabricants mondiaux de batteries et de véhicules électriques.

Présentation de Piedmont Lithium

Malissa Gordon (Piedmont Lithium)

Mme Gordon présentera Piedmont Lithium et traitera de l'évolution de la société vers une entreprise intégrée de lithium de classe mondiale aux États-Unis.

SÉANCE 12

REGARDS CROISÉS SUR LES INITIATIVES DU QUÉBEC ET DE LA FRANCE EN MATIÈRE DE R ET D ET D'INNOVATION PROPRES AUX FILIÈRES DES MINÉRAUX CRITIQUES ET STRATÉGIQUES

Présentation d'Eramet Ideas (Groupe Eramet)

Laurent Joncourt (Eramet Ideas)

M. Joncourt fera une courte présentation au sujet de l'expérience en R et D acquise par ERAMET au cours des années et de la contribution du groupe à l'économie circulaire ainsi qu'à la réduction de l'empreinte environnementale.

Présentation du Pôle AVENIA

Jean-Loup Minebois (Pôle AVENIA)

M. Minebois présentera brièvement la manière dont le Pôle AVENIA met en œuvre des projets de R et D innovants et collaboratifs en France.

Présentation de Géoméga

Kiril Mugerma (Géoméga)

M. Mugerma fera une courte présentation sur la manière dont Géoméga fait avancer la R et D dans le domaine des métaux critiques et stratégiques au Québec.

Présentation de COREM

Francis Fournier (COREM)

M. Fournier abordera la manière dont COREM, un centre d'expertise et d'innovation en traitement du minerai, travaille étroitement avec ses membres dans l'objectif d'améliorer la compétitivité et de réduire l'impact environnemental des activités minières par des solutions innovantes.

Présentation du CRITM

Jean-François Pouliot (CRITM et Réseau de recherche scientifique propre aux MCS)

M. Pouliot présentera le rôle du CRITM qui est d'accroître la compétitivité des entreprises en transformation métallique, de soutenir l'innovation et de contribuer à la réalisation de projets de recherche appliquée.

SÉANCE 13

REPENSONS LE POTENTIEL DE LA MAIN-D'ŒUVRE DES PREMIÈRES NATIONS ET DES INUITS

Favoriser l'inclusion en tablant sur un partenariat à long terme

Anthony MacLeod (Gouvernement de la Nation Crie) et
Manuelle Alix-Surprenant (Hydro-Québec)

Partenariat au sein d'une même organisation : la Commission de la construction du Québec (CCQ)

Doreen Picard et Jacynthe Poulin (CCQ)

Partenariat entre différentes organisations : Innergex et la Mi'gmawei Mawiomi Business Corporation (MMBC)

Frédéric Vicaire (MMBC) et Luc Leblanc (Innergex)

Planification d'un nouveau partenariat entre organisations et le milieu menant à des embauches de membres des PNI : Nemaska Lithium et la Communauté de Nemaska

Vincent Perron et Tina Vassiliou (Nemaska Lithium)

Les discussions porteront sur :

- ▶ La confiance et la réciprocité comme fondements pour l'inclusion de la main-d'œuvre autochtone en entreprise.
- ▶ Les bonnes pratiques pour favoriser le recrutement et la rétention de la main-d'œuvre autochtone.

Développement du leadership chez les Premières Nations et les Inuits

Dave Bernard (Conseil de bande de Wôlinak), Ken Rock (Société de développement économique Uashat Mak Mani-Utenam), Richard Jalbert (Commission de développement des ressources humaines des Premières Nations du Québec) et Elaisa Uqittuq (Canadian Royalties)

Les discussions porteront sur :

- ▶ Le développement des compétences des gestionnaires des Premières Nations et des Inuits dans le secteur des mines et de l'énergie constitue une valeur ajoutée pour le recrutement et la rétention des travailleurs.
- ▶ Les pratiques inspirantes en formation en leadership.
- ▶ L'inclusion des femmes inuites dans le secteur minier.
- ▶ Les bonnes pratiques.

SÉANCE 14

LE POSITIONNEMENT DU QUÉBEC DANS LE SECTEUR DE L'HYDROGÈNE

La première Stratégie québécoise sur l'hydrogène vert et les bioénergies est lancée!

Mathieu Payeur (MEIE)

Le 25 mai dernier, le ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles a dévoilé la première Stratégie québécoise sur l'hydrogène vert et les bioénergies. Le Congrès Québec Mines + Énergie sera donc l'occasion pour M. Mathieu Payeur, directeur du Bureau de développement de l'hydrogène vert et des bioénergies, d'aborder les actions que le gouvernement du Québec va entreprendre pour accompagner la croissance de l'hydrogène vert au Québec.

L'écosystème hydrogène au Québec

Michel Archambault (Hydrogène Québec et Evolugen)

Depuis plusieurs années, on observe une structuration de l'écosystème de l'hydrogène au Québec parallèlement à un intérêt croissant des pouvoirs publics et des entreprises à travers la planète pour ce vecteur énergétique essentiel à la transition énergétique.

Cette conférence présentera une vue d'ensemble de l'état de l'industrie, des exemples de projets en cours ainsi que les différents acteurs de la chaîne de valeurs de l'hydrogène au Québec, tout en précisant le rôle d'Hydrogène Québec pour structurer et soutenir cette filière encore naissante.

Géopolitique de l'hydrogène : contextualisation et implications pour le Québec

Benjamin Gibson (IRENA)

Le développement de l'hydrogène à faible émission de GES à l'échelle planétaire pourrait bouleverser les systèmes énergétiques régionaux et redessiner la géopolitique mondiale de l'énergie. Alors que l'hydrogène pourrait être un vecteur de décarbonation essentiel de la transition énergétique à l'échelle mondiale, il pourrait également modifier les rapports de force entre les États, désormais engagés dans une course pour le commerce mondial de l'hydrogène à faible émission.

Cette conférence donnera un aperçu des travaux de l'IRENA, qui se situent à la confluence entre la géopolitique et l'avenir du commerce international de l'hydrogène à faible émission de GES. Les implications potentielles pour le Québec seront également abordées.

L'indépendance énergétique au prix de la dépendance matérielle? Les minéraux critiques et stratégiques (MCS) et la filière hydrogène

Bruno Pollet (UQTR)

Si l'hydrogène vert peut contribuer à renforcer l'indépendance énergétique des États — puisqu'il peut être produit dans la plupart des régions du monde — il peut dans le même temps créer de nouvelles formes de dépendance vis-à-vis de l'étranger, principalement de nature matérielle. En effet, si la production d'hydrogène vert n'est pas soumise aux aléas internationaux pour ce qui est de l'approvisionnement énergétique, contrairement aux combustibles fossiles, la construction des électrolyseurs et des piles à combustible nécessite certains minéraux à la criticité et aux coûts très élevés et qui ne sont pas extraits en grande quantité au Québec.

Cette conférence abordera les enjeux d'approvisionnement et géopolitiques relatifs aux minéraux critiques et stratégiques (MCS) nécessaires à la fabrication des électrolyseurs et des piles à combustible.

Les enjeux de sécurité relatifs à l'hydrogène

Nick Smith (International Association for Hydrogen Safety et Department for Energy and Mining de l'Australie-Méridionale)

L'Australie-Méridionale est en train de mettre sur pied une importante industrie de l'hydrogène propre basée sur ses ressources éoliennes et solaires colocalisées de classe mondiale. Cela représente des projets d'électrolyseurs d'hydrogène totalisant plus de 40 GW. Le développement d'une industrie de l'hydrogène à cette échelle n'avait jamais été envisagé auparavant. L'Australie-Méridionale élabore actuellement un ensemble de lois et règlements sur l'hydrogène dans le but d'appuyer l'utilisation sécuritaire et l'acceptation sociale nécessaires pour saisir cette occasion et assurer l'harmonisation des principaux codes et normes au niveau mondial.

Pourquoi investir dans l'hydrogène : la perspective d'ArcelorMittal Produits longs Canada

Stéphane Brochu (ArcelorMittal Produits longs Canada)

Début avril 2022, ArcelorMittal Produits longs a testé avec succès l'utilisation de l'hydrogène vert dans le processus de réduction directe du minerai de fer à son aciérie de Contre-cœur en Montérégie. En réalisant ce premier essai, qui a permis de réduire la consommation de gaz naturel traditionnellement utilisé dans ce procédé, ArcelorMittal Produits longs Canada ouvre la voie à la production d'acier vert au Québec. Toutefois, il reste beaucoup de chemin à parcourir pour généraliser cet essai, ce qui nécessitera une approche coordonnée et pragmatique.

Cette conférence sera l'occasion pour ArcelorMittal Produits longs de faire part de son expérience sur la consommation d'hydrogène vert et de présenter la stratégie de décarbonation dans laquelle son utilisation s'inscrit.

Partage d'expérience sur la mise en place des écosystèmes territoriaux hydrogène en France

Philippe Masset (Agence de la transition écologique, France) et Alex Bigouret (Bureau du développement de l'hydrogène vert et des bioénergies, France)

Dans le cadre de la mise en œuvre de la stratégie nationale pour le développement de l'hydrogène annoncée le 9 septembre 2020, l'Agence de la transition écologique (ADEME) accompagne en France le déploiement d'écosystèmes hydrogène dans les territoires par un appel à projets qui vise à faire émerger les usages de l'hydrogène dans l'industrie, la mobilité et les applications stationnaires ainsi que les infrastructures de production et de recharge de l'hydrogène à faible émission de GES et renouvelable associées. L'objectif de ces écosystèmes territoriaux est de faire émerger des partenariats entre les collectivités et les industries afin de maximiser les synergies et ainsi synchroniser au mieux l'émergence de l'offre avec le déploiement d'usages et d'infrastructures hydrogène.

Le Congrès Québec Mines + Énergie sera l'occasion pour l'ADEME de partager l'expérience française acquise lors de cet appel à projets, clôt depuis le mois de septembre 2021, pour la création d'écosystèmes territoriaux hydrogène, à l'heure où le gouvernement du Québec se lance à son tour dans la mise en place d'écosystèmes énergétiques régionaux.

SÉANCE 15

LA RESPONSABILITÉ SOCIALE DES ENTREPRISES AU QUÉBEC ŒUVRANT DANS LES DOMAINES MINIERS ET ÉNERGÉTIQUES

Profiter de la transition vers une économie verte pour accélérer sa compétitivité

Nicolas Turgeon (Investissement Québec) et Lyne Dubois (CRIQ)

La responsabilité sociale des entreprises, le développement durable et la prise en compte des facteurs environnementaux, sociaux et de gouvernance (ESG) sont aujourd'hui des éléments essentiels à la prise de décision des investisseurs, des employés et des clients. Ils ont un impact sur l'ensemble des orientations des sociétés et influencent la façon dont elles établissent leurs priorités et gèrent leurs opérations.

La transition vers une économie verte comporte un grand nombre de défis pour les entreprises, mais offre aussi un large spectre d'occasions d'affaires. En effet, le secteur industriel est responsable de 30 % des émissions de GES au Québec, ce qui en fait le deuxième plus grand secteur émetteur de la province. Il est donc évident qu'elles doivent contribuer à l'effort de réduction des GES. En contrepartie, le secteur des technologies propres représentera un marché mondial de 23 000 G\$ d'ici 2030, offrant ainsi un énorme potentiel!

Il est clair que les entreprises qui se seront positionnées stratégiquement par rapport à ces enjeux pourront en tirer des retombées positives importantes. Il est démontré que la transition verte sera une occasion pour elles d'améliorer leur compétitivité par l'adoption de technologies propres et de pratiques écoresponsables. Elle constitue aussi une occasion pour les sociétés qui conçoivent ces technologies de se positionner et de conquérir des parts de marché à travers le monde.

Investissement Québec souhaite être un acteur de changement auprès des entreprises dans ce virage, pour à la fois les rendre plus performantes grâce à une productivité durable et les aider à tirer le plein potentiel du marché porteur que représentent les technologies propres.

L'efficacité énergétique, les nouveaux carburants et énergies renouvelables, le recyclage et la valorisation du plastique ainsi que l'économie circulaire sont des avenues d'innovation à considérer pour les entreprises québécoises.

Mme Dubois et M. Turgeon partageront la vision d'Investissement Québec par rapport à la RSE et aux facteurs ESG ainsi que la façon dont la Société accompagne les entreprises afin qu'elles puissent tirer profit des possibilités qu'engendre la transition vers une économie verte pour être encore plus compétitives.

Avancer dans un monde en transformation

Frédéric Krikorian (Énergir)

Énergir s'est engagée à jouer un rôle actif dans la transition énergétique. Ainsi, elle transforme son modèle d'affaires en mettant la décarbonation au cœur de celui-ci. Récemment, elle a complété l'intégration des facteurs ESG dans sa planification stratégique, ce qui lui permet d'aligner ses actions sur ses grands objectifs d'affaires et ainsi démontrer le sérieux de son engagement climatique et social. Au cours de cette séance, Énergir présentera sa démarche et la manière dont elle a intégré ses priorités ESG dans les différentes facettes de son organisation, et ce, jusqu'à la rémunération de ses employés.

Mieux bâtir ensemble

Daniel Paré (Mines Agnico Eagle)

Agnico Eagle est une grande société canadienne d'exploitation aurifère qui produit des métaux précieux à partir d'exploitations au Canada, en Australie, en Finlande et au Mexique. Elle dispose d'une variété de projets d'exploration et de mise en valeur de grande qualité dans ces pays, ainsi qu'aux États-Unis et en Colombie. L'entreprise se positionne comme le premier producteur d'or au Canada et le troisième plus important au monde. Elle est reconnue comme un chef de file mondial pour ses pratiques sur les plans environnemental, sociétal et de la gouvernance.

Au cours de ses 65 années d'existence, Agnico Eagle a bâti une culture basée sur un comportement responsable et l'atteinte de standards élevés en matière de développement durable. L'organisation a établi sa réputation de partenaire de choix au sein de l'industrie minière en exerçant ses activités dans le respect des autres, en instaurant la confiance, en partageant les occasions d'affaires et en contribuant à la prospérité de ses employés, de leurs familles et des communautés qui entourent ses exploitations.

S'appuyant sur son leadership, ses valeurs traditionnelles et ses idées audacieuses, Agnico Eagle considère le développement durable comme un état d'esprit et une occasion de toujours faire mieux, de s'améliorer continuellement et d'assumer ses responsabilités dans son engagement envers les parties prenantes. À cet effet, la modernisation et l'implantation de nouvelles technologies au sein de ses exploitations ont permis des gains appréciables du point de vue de la sécurité, de la productivité et de la protection de l'environnement et des collectivités. Au fil du temps, ses équipes ont mis en œuvre des mécanismes d'échanges, de communication et de consultation qui ont fait leurs preuves et qui permettent de bâtir et de maintenir des relations saines et durables avec ses partenaires, dont les membres des collectivités avoisinantes et les communautés autochtones. Agnico Eagle intègre des pratiques exemplaires dans le cadre de la planification et de la conception technique de ses projets ainsi que de l'exploitation de ses mines afin de réduire autant que possible son empreinte environnementale et d'assurer des fermetures et des restaurations stables et sécuritaires à long terme.

Sous le thème « Mieux bâtir ensemble », M. Paré s'entretiendra sur les bénéfices de bâtir une culture d'inclusion et un sentiment d'appartenance à l'échelle de l'entreprise afin d'améliorer les gains en ce qui concerne le développement durable et d'accroître le leadership de l'entreprise en matière d'environnement, de responsabilité sociale et de gouvernance. Il expliquera comment l'exploitation aurifère, lorsqu'elle est menée de façon responsable, peut jouer un rôle important et positif dans le développement socio-économique durable des communautés.

SÉANCE 16

MINÉRAUX CRITIQUES ET STRATÉGIQUES (MCS) : MINÉRAUX À VALEUR AJOUTÉE

Les métaux critiques comme sous-produits : sécuriser les approvisionnements et comprendre le potentiel de valeur ajoutée

Simon Jowitt (University of Nevada)

Les métaux critiques sont vitaux pour la vie moderne, les utilisations stratégiques, militaires et énergétiques et pour une transition vers la production, le stockage et le transport d'énergie à production faible ou nulle en CO₂. Ces éléments ont toutefois des chaînes d'approvisionnement intrinsèquement peu sûres pour diverses raisons de nature géologique, économique, géopolitique ou autres. Ce manque de sécurité dans l'approvisionnement est particulièrement vrai pour les éléments constituant des sous-produits de l'extraction d'autres substances. Ces éléments accessoires (notamment Bi, Cd, Co, Ga, Ge, In, Mo, Re, Sc, Se, Ta, Te et V) sont généralement obtenus à différentes étapes du traitement (fusion, affinage ou autre) utilisé pour extraire les éléments principaux ou coproduits, des activités qui se déroulent généralement en dehors de l'environnement minier. Cela implique que les exploitants miniers ignorent souvent la valeur économique de ces substances. Étant donné leur nature de sous-produits et de coproduits, l'approvisionnement de ces éléments est compromis par le fait que leur production dépend de la production d'autres produits. Ainsi, toute modification de la production des principaux éléments a nécessairement un effet sur l'approvisionnement des produits secondaires et souvent celui des coproduits. L'estimation des ressources et des réserves mondiales de ces éléments est également difficile étant donné qu'elles ne sont généralement pas déclarées dans les estimations de ressources et de réserves, qu'elles ne sont pas publiées dans les rapports annuels de production minière et que ces éléments proviennent parfois de la production de fonderie et d'affinage non quantifiée. Cela signifie que, bien que des quantités importantes de ces sous-produits soient extraites des exploitations minières et soient en fait susceptibles d'être présentes dans les chaînes d'approvisionnement en métaux usuels et précieux existantes, la majorité de ces métaux et minéraux critiques sont probablement perdus dans les résidus miniers. Cette présentation décrira certains des défis liés à l'augmentation de la production des sous-produits de métaux critiques ainsi que le potentiel de valorisation associé à une meilleure production de ces sous-produits.

Batteries, magmas et fluides : l'histoire de Kobold

Anthony E. Williams-Jones et Olga V. Vasyukova (Université McGill)

Le cobalt est en forte demande en raison de son utilisation dans les batteries à cobalt-lithium-ion pour répondre à l'enjeu du réchauffement climatique, notamment dans le cadre de la transition des véhicules à moteur à combustion interne vers les véhicules à moteur électrique. Les gisements économiques de cobalt doivent leur origine à la nature compatible du Co²⁺, à sa concentration dans l'olivine dans le manteau et à sa libération associée à fort degré de fusion partielle dans les magmas komatiitiques et, dans une moindre mesure, basaltiques. La mise en place des gisements magmatiques primaires, dans lesquels le Co est subordonné au Ni, est le résultat de la séparation des liquides sulfurés immiscibles des magmas mafiques et ultramafiques, ainsi que de la très forte affinité des métaux pour ces liquides. De façon prévisible, les plus fortes teneurs dans les gisements de Co sont associées aux roches ultramafiques riches en olivine.

Plus de 50 % des ressources mondiales de cobalt sont d'origine hydrothermale et sont contenues dans des gisements de cuivre associés à des roches sédimentaires en République démocratique du Congo. En utilisant les données thermodynamiques et les informations géologiques, nous avons élaboré un modèle pour ces gisements où le cobalt est lessivé des roches mafiques et ultramafiques par des fluides hydrothermaux oxydés et riches en chlorures issus de l'évaporation, puis est déposé en réponse à la diminution de la fO₂ dans les sédiments carbonés qui s'accumulent dans les bassins de rift intracratoniques.

Le cobalt est également concentré dans des veines hydrothermales, notamment dans le *Cobalt Embayment* de l'Ontario et dans le district de Bou Azzer au Maroc, lequel fournit actuellement 2 % du cobalt mondial. Les minéralisations sont composées d'arséniures et de sulfarséniures, les roches hôtes sont felsiques et le fluide minéralisé est constitué de saumure oxydée à forte salinité. À Bou Azzer, la source de Co est une ophiolite serpentinisée adjacente, alors que dans le Cobalt Embayment, la source probable est la diabase de Nipissing. Nous proposons que le Co ait été mobilisé à partir des roches mafiques ou ultramafiques sous forme de CoCl₄²⁻ et déposé en réaction à la neutralisation du pH par les roches hôtes felsiques. La source de l'arsenic est inconnue.

La dernière catégorie importante de gisements de Co est celle des gisements associés aux latérites qui se développent dans les roches ultramafiques riches en olivine. La modélisation thermodynamique révèle que le Co est lessivé de la source ultramafique par des fluides légèrement acides sous forme de Co²⁺ et qu'il est transporté vers le bas du profil latéritique, pour finalement se concentrer par une combinaison d'adsorption sur les oxydes de Mn, d'incorporation dans l'absolane, un oxyde de Mn et de précipitation sous la forme d'hétérogénite, un oxyhydroxyde de cobalt. La dissolution du cobalt en surface et son accumulation en profondeur sont contrôlées principalement par le pH, qui diminue vers le bas. La fugacité de l'oxygène, qui diminue également vers le bas, a cependant l'effet inverse, en inhibant la dissolution du cobalt à la surface et en la favorisant en profondeur.

Le Corridor de Rex : une province minérale émergente à métaux critiques et stratégiques au Nunavik, Nord du Québec

Jean-Marc Lulin (Exploration Azimut)
et Tony Brisson (SOQUEM Inc.)

Le Corridor de Rex est défini par une anomalie géochimique linéaire géante en cuivre et en terres rares dans les sédiments de fond de lac spatialement associée au linéament crustal Allemand-Tasiat de la Sous-province archéenne de Minto de la Province géologique du Supérieur. Dans ce corridor N-S d'environ 330 km de long par 30 à 50 km de large, les travaux d'exploration d'envergure entrepris par Azimut depuis 2010 se poursuivent avec SOQUEM depuis 2019 dans le cadre d'une alliance stratégique sur les projets Rex et Rex Sud.

À la suite d'une modélisation prévisionnelle initiale d'Azimut, plus de 150 indices minéralisés ont été découverts par prospection de surface, dont plusieurs zones de longueur kilométrique. Ils révèlent un important potentiel régional, encore largement sous-exploré, en métaux critiques et stratégiques incluant le cuivre, les terres rares, le tungstène, l'étain et d'autres sous-produits (bismuth, tellure, molybdène, cobalt, rhénium, indium).

Trois principaux types gîtologiques distincts sont identifiés :

- ▶ *Iron Oxide Copper Gold* (IOCG) à Cu dominant avec Mo, Co, Re, In : cinq zones minéralisées bréchiques avec magnétite et/ou hématite contrôlées par des failles cassantes majeures et distribuées sur près de 100 km de long et 30 km de large au sein du corridor. Plusieurs dykes de carbonatite, localement minéralisés en Cu, ont été identifiés dans le même environnement structural.
- ▶ Greisen-skarn en bordure d'une intrusion granitoïde à fluorite-topaze de 15 km sur 5 km avec des minéralisations en Cu, Au, Ag, W, Sn, Bi, Mo et Te. L'enveloppe favorable est reconnue dans un rayon de près de 30 km autour de l'intrusion. La mise en place de cette intrusion semble être contrôlée par une zone de faible pression associée au décrochement senestre le long du Corridor de Rex.
- ▶ Zones de cisaillement à Au (Cu, Te, Ag) au sein de ceintures volcano-sédimentaires incluant des formations de fer.

Le Corridor de Rex, situé dans le Domaine supracrustal de Qalluviartuuq, longe une zone de suture crustale liée à son accréation avec le Domaine d'Utsalik dominé par les intrusions de TTG. Lors du blocage de l'accréation, la formation d'un bourrelet crustal à la base de la croûte, puis la délamination de ce bourrelet et la fusion partielle résultante pourraient expliquer la mise en place d'intrusions alcalines et de carbonatites et la formation de circuits hydrothermaux-magmatiques d'ampleur régionale de type IOCG. Le caractère post-tectonique des systèmes IOCG, liés à des failles cassantes, suggère un important potentiel d'extension verticale des minéralisations. De nombreuses cibles géochimiques et géophysiques, déterminées par les levés systématiques, restent à évaluer en forages.

Explorer les terres rares dans les carbonatites : l'exemple du Complexe alcalin de Saint-Honoré

L. Paul Bédard (UQAC)

Quels sont les critères qui permettent d'identifier les conditions favorables à la formation d'une concentration de terres rares dans les carbonatites? Les carbonatites sont des roches hôtes potentielles et le Complexe alcalin de Saint-Honoré s'avère une localité exceptionnelle pour définir un contexte favorable.

Le Complexe alcalin de Saint-Honoré est localisé à une dizaine de kilomètres au nord de la ville de Saguenay, dans la Province géologique de Grenville. Il est âgé à $582 \pm 1,8$ Ma. Ce complexe se compose de syénites périphériques qui entourent trois zones de carbonatites concentriques : carbonatite calcique, magnésienne et ferrugineuse. La carbonatite ferrugineuse, localisée au centre du complexe alcalin, se compose principalement de dolomite cernée d'ankérite associée à un peu de calcite et de sidérite. Les minéraux accessoires importants sont la barytine et les fluorocarbonates de terres rares (bastnaésite, parisite), la monazite-(Ce), l'halite et le quartz. Verticalement, le gisement se divise en 4 zones de la surface vers la profondeur : 1) zone sublatéritique (0 à 100 m), 2) zone riche en fluorocarbonates de terres rares et pauvre en halite (100 à 500 m), 3) zone riche en fluorocarbonates de terres rares et en halite (500 à 1000 m) et 4) zone inférieure riche en fluorocarbonates de terres rares. Les minéraux de terres rares se présentent sous la forme de petites aiguilles de 5 à 20 μm de long qui se trouvent en amas globuleux violacés avec de l'halite, du quartz, de l'apatite, du rutile-(Nb) et de la thorianite.

La zone à terres rares de Saint-Honoré a été forée, mais elle demeure non exploitée. Les ressources sont de 1059 Mt à 1,75 % terres rares totales, ce qui en fait un gisement de classe mondiale.

Il est proposé que le gisement a été formé par une combinaison de processus magmatiques et hydrothermaux. L'altération hydrothermale prononcée, l'augmentation du nombre d'inclusions fluides dans les carbonates vers la surface, l'appauvrissement des teneurs en Cl et la préservation des textures ignées primaires en profondeur suggère une plus grande influence des fluides hydrothermaux dans la portion supérieure du gisement. À grande profondeur (> 1000 m), dans la zone à terres rares, la bastnaésite-(Ce) se présente en inclusions dans les cristaux de barytine magmatique, suggérant une préconcentration ignée des terres rares. Cette préconcentration représente un facteur important dans la formation d'un gisement de terres rares dans les carbonatites. Les teneurs élevées en baryum pourraient également représenter un critère important permettant d'identifier les carbonatites ayant un plus grand potentiel de former un gisement.

Le projet Lac Crater Scandium du Groupe minier Imperial

Pierre Guay (Groupe minier Imperial)

L'utilisation du scandium (Sc) comme réducteur de la granulométrie et comme durcisseur dans les alliages d'aluminium est bien connue grâce aux travaux de recherche et de développement des dernières années. Cependant, son utilisation a été limitée en raison du manque de sources d'approvisionnement en dehors de la Chine et de la Russie, ainsi que des prix excessifs des matériaux. Les efforts du Groupe Minier Impérial se concentrent sur le développement de son projet de Sc-ETR du Lac Crater dans le nord-est du Québec, situé près des grandes alumineries du Québec.

À ce jour, la minéralisation définie sur la propriété est liée à une série de dykes mafiques annulaires mis en place lors de l'effondrement d'une caldeira. Les corps intrusifs sont composés de dykes et de divers corps de ferrosyénite riche en pyroxène, amphibole, olivine et magnétite. La minéralisation de scandium est liée aux pyroxènes et aux amphiboles, ce qui permet de l'identifier sur les cartes magnétométriques en raison de la forte susceptibilités magnétique de ces minéraux. Des quantités importantes d'éléments de terres rares sont également associées aux ferrosyénites. Le projet a été avancé au niveau de l'évaluation économique préliminaire (EEP). Impérial a maintenant l'intention de procéder à une étude de faisabilité.

La présentation passera en revue la géologie, la minéralogie et la minéralisation du complexe du Lac Crater, les ressources minérales de la zone TG, le potentiel minéral, l'examen des travaux métallurgiques accomplis à ce jour et les faits saillants des résultats de l'étude économique préliminaire.

SÉANCE 17

INDUSTRIE MINIÈRE AU QUÉBEC : DÉFIS, SOLUTIONS, PERSPECTIVES

Le concentré de fer de haute pureté du Lac Bloom au cœur de la décarbonation de l'industrie de l'acier

Alexandre Belleau (Minerai de fer Québec)

Après avoir mené à terme avec succès la reprise des actifs du site minier du Lac Bloom, Minerai de fer Québec produit avec ses partenaires innus, la communauté de Fermont et ses différents collaborateurs, un concentré de fer de haute pureté avec l'une des plus faibles intensités de carbone au monde.

Découlant de plusieurs années d'expertise québécoise en matière de recherche et de développement minier, ce produit de classe mondiale est devenu une solution incontournable dans la décarbonation de l'industrie de l'acier.

Alors que la phase II d'expansion du site minier du Lac Bloom a été mise en service en mai dernier, quels sont les projets de croissance évalués par Minerai de fer Québec pour maximiser ses retombées sur la Côte-Nord et s'inscrire dans la chaîne d'approvisionnement de l'acier vert?

Une des meilleures occasions de remise en valeur à court terme au Canada dans une administration favorable à l'exploitation minière, le Québec

Ernest Mast (Doré Copper Mining)

Doré Copper Mining vise à devenir le prochain producteur de cuivre au Québec avec pour cible une production initiale de plus de 50 M de livres d'équivalent en cuivre annuellement. À cette fin, elle compte mettre en œuvre un modèle d'exploitation en étoile où plusieurs actifs de cuivre-or à haute teneur alimentent son usine de traitement centrale de Copper Rand. La Société a publié une étude économique préliminaire (« EEP ») en mai 2022 et prévoit entreprendre une étude de faisabilité et soumettre l'information préliminaire de l'étude d'impacts sur l'environnement et le milieu social (« EIES ») au troisième trimestre de 2022.

Doré Copper a assemblé un vaste portefeuille de propriétés dans les prolifiques camps miniers de Lac Doré-Chibougamau et de Joe Mann, qui ont produit un total de 1,6 milliard de livres de cuivre et 4,4 millions d'onces d'or. Le portefeuille de propriétés comprend 13 anciennes mines, gisements, gîtes et zones cibles dans un rayon de 60 km autour de l'usine de Copper Rand.

Présentation de Voyager Metals et de son projet de fer et de vanadium du Mont Sorcier

Clifford Hale-Sanders (Voyager Metals)

Voyager Metals est une société canadienne cotée à la Bourse de Toronto (TSX.V). La société est dirigée par une équipe de cadres ayant une vaste expérience dans le développement, l'exploitation et le financement de projets miniers.

Le principal actif de Voyager est le projet de minerai de fer et de vanadium du Mont Sorcier, situé à proximité de la ville de Chibougamau, au Québec. Le projet Mont Sorcier vise à produire un concentré de fer à haute teneur en magnétite de 65 % ou plus, faible en impuretés. Ce produit de fer de première qualité est recherché sur le marché actuel, étant donné les avantages ESG (critères environnementaux, sociaux et de gouvernance) importants par rapport aux matériaux de qualité inférieure. Le vanadium contenu dans le concentré devrait apporter un crédit supplémentaire important. Le projet est idéalement situé avec un accès aux infrastructures clés déjà en place telles qu'une capacité ferroviaire suffisante, de l'énergie hydroélectrique et un accès direct au port de Saguenay pour l'exportation vers les marchés mondiaux.

En juillet 2022, la société a effectué une mise à jour de ses ressources minérales selon la norme NI 43-101, qui a mis en évidence des ressources indiquées pour la zone Nord et la zone Sud de 679 Mt avec une teneur de 27,7 % de magnétite et 0,20 % de V_2O_5 , avec le potentiel de produire 195 Mt de concentré de magnétite avec une teneur d'au moins 65 % Fe et 0,52 % V_2O_5 . En outre, Voyager a également défini des ressources inférées supplémentaires pour la zone Nord et la zone Sud de 547 Mt avec une teneur de 26,1 % de magnétite et 0,17 % V_2O_5 , avec la possibilité de produire 148 Mt de concentré de magnétite avec une teneur d'au moins 65 % Fe et 0,52 % V_2O_5 . En s'appuyant sur la mise à jour des ressources, Voyager a également réalisé une évaluation économique préliminaire (EEP) actualisée, axée sur les ressources indiquées de la zone Nord uniquement, qui démontre une économie robuste. L'EEP indique un taux de production de 5 Mt par an sur une durée de vie de la mine de 20 ans à un coût de maintien tout compris (AISC) moyen de 66 \$ US/tonne de concentré, avec une valeur actuelle nette (VAN) de 1,6 G\$ US et un taux de rentabilité interne (TRI) après impôts de 43 %. Compte tenu de l'importance des ressources globales, l'extension de la durée de vie de la mine ou une expansion future est considérée comme hautement probable.

Voyager est en train de terminer une étude de faisabilité bancaire complète d'ici le premier trimestre 2023, ainsi qu'une évaluation environnementale qui devrait être soumise peu de temps après, afin de commencer le processus officiel d'autorisation. Les consultations avec les différentes parties prenantes régionales ont commencé et se poursuivent.

En résumé, Mont Sorcier est bien placé pour devenir le prochain grand projet d'exploitation de minerai de fer au Québec, fournissant un concentré de fer de haute qualité aux marchés mondiaux.

Galaxy Lithium (Canada), filiale d'Allkem : le projet de mine de lithium Baie-James

Denis Couture (Allkem)

Allkem propose de développer le projet Baie-James, situé dans le nord du Québec, à environ 130 km à l'est de la baie James et de la communauté crie d'Eastmain. Cette exploitation durable vise à maximiser l'emploi de l'énergie renouvelable en utilisant l'expertise en matière d'extraction du spodumène acquise à la mine Mount Cattlin en Australie.

La stratégie de mise en œuvre consiste à avancer l'exploitation de la mine et du concentrateur en amont tout en étudiant simultanément les options de mise en valeur du minerai en aval.

L'estimation des ressources et des réserves du projet Baie-James publiées le 21 décembre 2021 indique des ressources minérales de 40,3 Mt à 1,4 % Li_2O et des réserves de 37,2 Mt à 1,3 % Li_2O . L'étude de faisabilité de 2021 prévoit une production annuelle moyenne de 321 kt/an de concentré de spodumène à une teneur de 5,6 % Li_2O avec une durée de vie de la mine d'environ 19 ans.

Ce gisement de pegmatite à spodumène à haute teneur est affleurant, ce qui permet une exploitation à ciel ouvert pour la durée de vie de la mine utilisant des méthodes d'extraction conventionnelles avec un faible rapport de décapage de 3,5:1. La minéralisation reste également ouverte au nord et à l'est du corps minéralisé.

Tout comme l'exploitation de Mount Cattlin, l'usine de traitement est conçue pour produire un concentré d'une teneur de 6,0 % Li_2O avec une souplesse de fonctionnement permettant d'augmenter la récupération du spodumène en réduisant la teneur à 5,6 % Li_2O .

Le schéma de traitement est également similaire à celui de Mount Cattlin et comprend un concassage et une séparation en milieu dense. La granulométrie grossière du minerai permet d'éviter les étapes de broyage et de flottation, ce qui contribue à réduire les coûts d'exploitation.

L'étude de faisabilité indique des coûts d'exploitation de 333 \$ US/t (FOB Montréal) pour un concentré de spodumène à 5,6 % Li_2O et des estimations de coûts d'investissement de 285,8 M\$ US. Les données économiques du projet sont solides, avec une valeur actuelle nette avant impôt de 1,42 G\$ US à un taux d'actualisation de 8 %, un taux de rendement interne avant impôt de 45,8 % et une période de récupération avant impôt de 2,4 ans.

Le projet est bien desservi par des infrastructures clés, notamment les lignes de transport l'électricité d'Hydro-Québec, qui fournit une source d'énergie propre et à faible coût pour environ 45 % des besoins du site. Il est également situé à proximité de la route Billy-Diamond qui le rattache aux principales routes et voies ferrées de la région.

La ville de Matagami, située à environ quatre heures de route au sud du projet Baie-James, est reliée au réseau du Canadien National, ce qui permettra d'acheminer la future production par voie ferrée partout en Amérique du Nord ou vers les ports du fleuve Saint-Laurent pour une expédition outre-mer.

Projet Windfall : évolution et perspectives d'un projet de classe mondiale

Mathieu Savard (Minière Osisko)

La conférence traitera de l'évolution du projet Windfall depuis son acquisition par Minière Osisko, des moments clés dans l'évolution de projet, des prochaines étapes ainsi que des perspectives.

SÉANCE 18

TRAVAUX D'ACQUISITION DE CONNAISSANCES GÉOSCIENTIFIQUES DU MRNF ET DE SES PARTENAIRES UNIVERSITAIRES — PROVINCE DE GRENVILLE

Nouveaux levés géophysiques publiés par le MRNF en 2021-2022

Rachid Intissar et Julie Vallières (MRNF)

Poursuivant sa mission d'acquisition et de traitement des données géoscientifiques, Géologie Québec diffusera à l'occasion du congrès Québec Mines + Énergie 2022 les données de trois nouveaux levés géophysiques réalisés durant l'année 2021-2022. Le but ultime de ces levés de haute résolution est de fournir un outil de soutien à la cartographie géologique autant pour les projets de Géologie Québec que pour les compagnies d'exploration minières. Ces données permettent également de stimuler l'investissement privé en générant de nouvelles zones favorables à l'exploration minérale. Les résultats de ces levés avec quelques éléments d'interprétation qualitative préliminaire seront présentés. Les documents suivants comportant les données numériques ainsi que les rapports techniques seront publiés dans Examine :

- ▶ DP 2022-02: Levé aéromagnétique de haute résolution dans le secteur du lac Fressel, Eeyou Istchee Baie-James et Nunavik (espacement entre les traverses de 200 m, superficie de 16 900 km²).
- ▶ DP 2022-03: Levé gradiogravimétrique de haute résolution dans le secteur de la rivière Eastmain, Eeyou Istchee Baie-James (espacement entre les traverses de 250 m, superficie de 2800 km²).
- ▶ DP 2022-04: Levé de haute résolution combiné aéromagnétique et spectrométrique dans le secteur de la rivière Saint-Augustin, Côte-Nord (espacement entre les traverses de 200 m, superficie de 11 418 km²).

Implication tectonique d'une zone de cisaillement décrochante durant l'Orogène grenvillienne (Saguenay-Lac-Saint-Jean, Québec)

Eve Gosselin, Renaud Soucy La Roche (INRS-ETE), Abdelali Moukhsil (MRNF), Kyle Larson (UBC Okanagan), Joshua Davies (UQAM) et Morgann Perrot (Université McGill)

Les zones de cisaillement de l'Ottawan tardif (1060 à 1020 Ma) dans la Province de Grenville sont couramment associées à l'effondrement gravitaire de l'orogène. Toutefois, l'une d'entre elles, la Zone de cisaillement de Saint-François-de-Sales (ZCSFS), apporte un nouvel éclairage sur le contexte tectonique suivant l'effondrement. Ce corridor de déformation anastomosé d'environ 70 km de long et d'une dizaine de kilomètres de large affecte des unités magmatiques intermédiaires à felsiques du secteur au sud du Lac-Saint-Jean, dont la Suite de Travers (1076 Ma). La fabrique de cisaillement protomylonitique à ultramylonitique Sn à fort pendage vers le NE est associée à un décrochement senestre développé dans les conditions de métamorphisme du faciès inférieur des amphibolites à schistes verts. De rares zones de mylonite dextres à pendage vers le SE, synchrones au décrochement senestre, se sont développées dans un système conjugué. De plus, une déformation cassante tardive caractérisée par des fractures, des cataclasites et des pseudotachylites d'orientation semblable aux zones de décrochement senestre recoupe les zones mylonitiques. Ces dernières structures se sont formées dans les conditions du faciès inférieur des schistes verts. Les fabriques de cisaillement affectent une fabrique métamorphique Sn-1 à pendage vers le SE formée aux faciès des amphibolites à granulites. Cette dernière est peu exprimée et est préservée dans les zones les moins déformées.

L'âge de la déformation dans la ZCSFS a pu être déterminé par des datations U-Pb de zircons d'une intrusion pegmatitique et de titanites provenant de bandes de mylonite senestres coupant la Suite de Travers. La datation à ~1041 Ma d'une intrusion pegmatitique recoupée par des mylonites senestres et dextres fournit un âge maximal pour la fabrique de cisaillement. Des titanites ayant (re)cristallisé pendant le décrochement senestre sont datées à ~1036 Ma et ~1002 Ma. À l'extérieur des bandes mylonitiques, des titanites datées à ~1016 Ma remplacent l'ilménite et indiquent des conditions métamorphiques rétrogrades aux faciès des amphibolites à schistes verts durant la déformation associée à la ZCSFS.

Régionalement, la ZCSFS (< 1041 à 1002 Ma) accommode principalement un mouvement latéral senestre NW-SE et un raccourcissement WNW-ESE durant une transition tectonique tardi-Ottawan à syn-Rigolet, soit entre une phase d'extension (exhumation) et une phase de contraction (chevauchement/décrochement). Jusqu'à maintenant, l'activité tectonique durant cette période était peu documentée. Selon les interprétations géophysiques et les observations de terrain, la ZCSFS semble être associée à une zone de cisaillement en chevauchement oblique-dextre parallèle au front orogénique. Cette dernière se situe à l'extrémité sud de la ZCSFS et pourrait être reliée à la Zone de cisaillement de Saint-Fulgence.

Nouveau regard sur la tectonique au Mésoprotérozoïque : l'Orogénie grenvillienne

Félix Gervais, Alexandre Beaudry, Charles Kavanagh-Lepage (Polytechnique Montréal), Carl Guilmette (U. Laval), Abdelali Moukhsil (MRNF) et Kyle Larson (UBC Okanagan)

Un débat fait actuellement rage dans la communauté scientifique sur la nature, voire l'existence même, de la tectonique des plaques au Mésoprotérozoïque. Au cœur de ce débat réside la signification à donner aux différentes évidences indirectes des processus tectoniques, par exemple la composition chimique des zircons détritiques à cette période ou la composition estimée en Sr des paléo-océans. Cette contribution montre en effet que ces données indirectes, de même qu'une panoplie de données géologiques provenant de la Province de Grenville, ne sont pas compatibles avec le paradigme qui soutient que, durant la période de plusieurs centaines de millions d'année précédant l'Orogenèse de Grenville, le contexte géologique du SE de la Laurentie se comparait au contexte actuel des Andes. Cette orogénèse serait en fait le résultat d'une collision continentale en deux phases entre 1090 et 980 Ma.

L'hypothèse impliquant la formation d'un microcontinent formé de plusieurs arcs juvéniles qui serait entré en collision avec la Laurentie 60 Ma après la période actuellement acceptée pour le début de l'Orogenèse de Grenville permet l'intégration d'un ensemble plus large de données géologiques multidisciplinaires et de données tectoniques indirectes dans un modèle tectonique cohérent. Cette démarche démontre que la tectonique des plaques était active au Mésoprotérozoïque.

Distribution spatiale des minéralisations de niobium et de terres rares dans la carbonatite de Girardville, une piste pour l'exploration minérale

Charles Saint-Laurent, L. Paul Bédard, Renée-Luce Simard (UQAC) et Abdelali Moukhsil (MRNF)

Les carbonatites peuvent être hôtes de minéralisations d'intérêt économique en éléments de terres rares (ETR), Nb, Ta, Ti, Cu ou P. Comme la distribution des minéralisations dans ces unités peut être très hétérogène, la compréhension des processus qui la contrôlent est importante afin de bien localiser les faciès minéralisés. Depuis le printemps 2021, la carbonatite de Girardville fait l'objet d'un projet de maîtrise (UQAC et MRNF) qui vise à comprendre la genèse des minéralisations en ETR et en Nb de cette intrusion.

La carbonatite de Girardville est localisée à environ 4,5 km au nord de Girardville (NW du Lac-Saint-Jean). Le dyke principal (40 m x 5 m) est orienté N-S avec un fort pendage. Le dyke est composé de carbonatite à calcite, avec des zones à biotite et/ou apatite. La carbonatite contient plusieurs enclaves de syénite à biotite et des mégacristsaux de feldspath K concentrés près des contacts avec la roche encaissante. Des mégacristsaux d'ilménite sont distribués plus aléatoirement dans la carbonatite. Les zones à biotite et apatite sont principalement concentrées près des enclaves de syénite à biotite ou sont associées aux structures d'écoulement au centre du dyke.

Des teneurs intéressantes en ETR et Nb ont été observées dans cette carbonatite. La distribution de ces valeurs est toutefois hétérogène. Les analyses de la carbonatite à calcite présentent des teneurs atteignant 1304 ppm ETR légères et 212 ppm ETR lourdes. Un échantillon principalement composé d'apatite présente des teneurs de 38,23 % P_2O_5 , 6027 ppm ETR légères et 498 ppm ETR lourdes. Des échantillons d'ilménite montrent des teneurs entre 4740 à 6010 ppm Nb concentrées dans de petites exolutions d'oxyde de niobium. Du pyrochlore $[(Na,Ca)_2Nb_2O_6(OH,F)]$ a aussi été observé dans des ombres de pression autour de gros cristaux de biotite dans la carbonatite à calcite-biotite.

Les observations suggèrent que la distribution des teneurs en ETR est contrôlée par les carbonates d'ETR dans la carbonatite à calcite et par l'apatite dans les zones à apatite. Le lien spatial entre les enclaves de syénite à biotite, l'apatite, la biotite et le pyrochlore semble indiquer que les enclaves jouent un rôle important dans la distribution des minéraux économiques. La source du Nb dans l'ilménite demeure cependant inconnue.

Géologie de la région des lacs Bellemare et Chausson, Province de Grenville, région du Saguenay–Lac-Saint-Jean

Abdelali Moukhsil et Mhamed El Bourki (MRNF)

Durant l'été 2022, la région des lacs Bellemare (feuillelet SNRC 32H08) et Chausson (feuillelet 22E05), située dans la région du Saguenay–Lac-Saint-Jean, a fait l'objet d'un levé géologique à l'échelle 1/50 000. La nouvelle carte illustre plusieurs unités stratigraphiques d'âge mésoprotérozoïque (1,45 Ga à 0,99 Ga) mises en place dans l'Allochtone de la Province de Grenville. L'unité la plus étendue est la Suite anorthositique de Lac-Saint-Jean (1169-1135 Ma) qui occupe principalement le feuillelet 22E05 et la partie est du feuillelet 32H08. Cette suite est injectée par d'autres massifs intrusifs comme l'Intrusion de Gicopec (granite, granite à feldspath alcalin, syénite quartzifère roses et porphyroïdes); le Pluton de Malfait (anorthosite, leuconorite, syénite quartzifère à feldspath alcalin, syénite quartzifère et faible quantité de monzonite quartzifère et de syénite) et le Batholite de Nepton composé de faciès felsique, intermédiaire et mafique. Les autres intrusions mésoprotérozoïques cartographiées dans la région sont la Suite intrusive de Sainte-Hedwidge (1017,6 ± 36 Ma, granite, syénite, mangérite, gabbronorite), les suites plutoniques de la Vertu et de Grondin et les batholites du Coin et de Long. De même, des roches supracrustales du Complexe de Barrois (<1224 ± 18 Ma, roches volcano-sédimentaires) ont été cartographiées dans la partie ouest de la région. À l'échelle de la région, plusieurs dykes de pegmatite de composition granitique à syénitique recoupent ces différentes unités.

Les roches cartographiées sont, en général, déformées, plissées et coupées par plusieurs failles et localement par des zones de cisaillement. Le grain structural est principalement orienté NNW-SSE à NNE-SSW. Le secteur est caractérisé par un métamorphisme régional prograde du faciès des granulites au faciès supérieur des amphibolites. La région contient plusieurs types de minéralisations offrant un potentiel minéral prometteur permettant de définir plusieurs zones favorables à l'exploration minière :

- ▶ minéralisations en éléments de terres rares ± Th ± Nb ± Ta dans les roches intrusives syénitiques et granitiques à feldspath alcalin et dans les dykes pegmatitiques de composition granitique ou syénitique;
- ▶ minéralisations de Fe-Ti ± P ± V dans les anorthosites, leuconorites, gabbronorites et/ou norites;
- ▶ minéralisations de Ni ± Cu dans les roches intrusives ultramafiques;
- ▶ pierre architecturale et minéralisations de minéraux industriels (anorthosite à labradorite).

Géologie de la région du lac de la Fourche, Province de Grenville, régions du Saguenay–Lac-Saint-Jean et de la Haute Mauricie

Francis Talla Takam et Abdelali Moukhsil(MRNF)

Au cours de l'été 2022, un levé géologique à l'échelle 1/50 000 a été effectué dans la région du lac de la Fourche (feuillelet SNRC 32A03), au NW de La Tuque, à la limite des régions du Saguenay–Lac-Saint-Jean et de la Haute-Mauricie. La région cartographiée est composée de roches de l'Allochtone de la Province de Grenville. La Suite plutonique de Bardeau (1364 ± 9 Ma) affleure à l'extrême est et constitue le socle cristallin de la région. Elle est en contact cisailé avec la Suite plutonique de Pope (1350 ± 4 Ma) qui représente l'unité la plus importante de la région et sur laquelle reposent les unités supracrustales du Complexe de Wabash (< 1204 ± 4 Ma). Toutes ces unités sont injectées par d'autres intrusions nouvellement définies : les Intrusions de Windigo, le Pluton de Wenache et le Batholite de Cristal. Cette dernière intrusion est polyphasée et présente une structure porphyroïde. D'autres intrusions dont la Suite plutonique de Bonhomme (1030 ± 19 Ma), la Suite intrusive de Rhéaume (1019 ± 2 Ma) et la Suite de Roc (1012 ± 1 Ma) affleurent dans la région. Toutes ces roches sont coupées par des dykes de pegmatite granitique à syénitique.

Le grain structural régional, orienté principalement NE-SW, a contrôlé la mise en place des intrusions. Dans la partie ouest, on trouve un important couloir de déformation N-S d'environ 25 km de long sur 18 km de large. Les roches de la région d'âge mésoprotérozoïque ont connu plusieurs phases de déformation et sont coupées par des failles et des zones de cisaillement. Le métamorphisme régional est au faciès des granulites à celui supérieur des amphibolites. On observe par endroits un métamorphisme rétrograde associé à une ouralitisaiton de l'orthopyroxène et localement à une structure coronitique à bordure de clinopyroxène ± amphibole ± grenat. Ce phénomène est observé dans le couloir de déformation de la partie ouest de la région qui est également affecté par une altération hydrothermale.

Plusieurs zones minéralisées et favorables à l'exploration ont été mises au jour dans ce couloir d'altération et dans le Batholite de Cristal :

- ▶ la zone du Lac du Relais dans des dykes de pegmatites granitiques minéralisés en ETR ± Th;
- ▶ la zone du Lac Fogh associée à des dykes granitiques ou syénitiques décimétriques à ETR ± Th;
- ▶ les zones à graphite :
 - ▶ rivière Windigo nord
 - ▶ lac du Relais
 - ▶ rivière Windigo sud
- ▶ les minéralisations de Fe-Ti ± P ± V dans les gabbronorites du Batholite de Cristal.

Un protocole pour améliorer la reproductibilité et la qualité d'acquisition d'images pour les applications de l'apprentissage machine en minéralogie

Arnaud Back, L. Paul Bédard, Julien Maître et Kévin Bouchard (UQAC)

L'identification des minéraux est essentielle pour la géologie, l'exploration minière, les sciences de l'environnement et l'ingénierie. L'apprentissage automatisé basé sur des photographies ou des photomicrographies offre un moyen rapide, rentable et fiable d'identification des minéraux. Malgré une augmentation rapide du nombre d'articles détaillant la reconnaissance des minéraux à l'aide d'algorithmes d'apprentissage automatisé, peu de recherches ont porté sur le processus d'acquisition d'images. L'apprentissage machine a besoin de données reproductibles et de haute qualité pour effectuer des tâches complexes telles que l'identification de minéraux. Pour répondre à cette exigence, nous proposons un protocole d'acquisition d'images pour les microscopes optiques. Notre protocole vise deux objectifs principaux : (1) assurer la reproductibilité et (2) améliorer la qualité des images de minéraux. En ce qui concerne la reproductibilité des images, le protocole détaille les aspects touchant : la gestion des erreurs de l'appareil photo, l'utilisation d'une jauge de couleur comme référence et les paramètres expérimentaux, tels que la lumière externe et sa température. Pour l'amélioration des images, nous précisons le choix de l'éclairage et son impact sur la précision de l'algorithme, le choix de l'objectif et la calibration de la balance des blancs. Cette méthode d'acquisition a ensuite été testée lors d'une étude de cas portant sur la reconnaissance automatisée de minéraux dans des tills à partir de photomicrographies et d'un algorithme d'apprentissage automatisé. L'échantillon étudié est un concentré de minéraux lourds provenant de tills comprenant 20 espèces minérales. Ce protocole assurera la fiabilité de l'acquisition et augmentera la qualité des images pour les applications de l'apprentissage machine en minéralogie dont la reconnaissance des minéraux fait partie.

SÉANCE 19

DÉFIS ET INNOVATIONS EN EXPLOITATION MINIÈRE : MASSIF ROCHEUX ET HYDROGÉOLOGIE

Le béton projeté — une solution flexible et écoresponsable

François Gagnon (Interventions SWATcrete)

Les défis associés aux réalités du secteur minier nécessitent de constantes innovations. Les techniques et les procédés d'application de produits cimentaires ne font pas exception. Interventions SWATcrete a implanté un réseau de distribution qui a permis de faciliter et d'optimiser la distribution des produits cimentaires servant à l'application du béton projeté.

L'optimisation des procédés existants, la conception de nouvelles techniques, l'utilisation d'équipements adaptés aux produits cimentaires secs, ainsi que l'expertise d'une main-d'œuvre qualifiée ont favorisé la mise sur pied d'un réseau efficace, flexible et adapté aux besoins de notre partenaire. Ce nouveau système de distribution permet d'améliorer l'ergonomie et les performances d'approvisionnement, de limiter les risques touchant la santé et la sécurité et de réduire les émissions de gaz à effet de serre.

Avancées du LIBS pour le transfert de l'industrie 4.0 vers le domaine minier : occasions, défis et avenir

Mohamad Sabsabi (Conseil national de recherches Canada)

L'industrie minière est confrontée aux défis du déclin du minerai à haute teneur, des marchés des produits de base, des facteurs de coût et des considérations environnementales. Il est de plus en plus nécessaire de réduire les coûts tout en améliorant l'efficacité et la productivité des exploitations grâce à l'innovation, comme l'analyse et le contrôle en ligne, l'automatisation et la robotique, le forage et l'aide à la décision en temps réel. Afin de résoudre ces problèmes et d'avancer vers l'industrie 4.0, des efforts continus vers l'automatisation de la fabrication et des pratiques industrielles par l'utilisation de la technologie intelligente devront être entrepris. L'industrie minière recherche des solutions pratiques pour concevoir des technologies de mesure et de contrôle plus précises et efficaces afin de surveiller la qualité de minerai, d'améliorer l'efficacité de la récupération et de réduire les émissions de GES et les déchets.

La technique LIBS (Laser-Induced Breakdown Spectroscopy) est une forme de spectroscopie d'émission atomique d'un plasma induit par laser sur le matériau à analyser. La technique LIBS a évolué au cours des 50 dernières années pour devenir une technologie émergente adaptée à de nombreuses applications. L'avènement de nouveaux composants compacts (laser, spectromètre et détecteur) a rendu la technologie plus accessible en termes de robustesse, de faible coût, de performances analytiques et permet d'en concrétiser les avantages pour l'analyse en temps réel.

Dans cet exposé, nous donnerons un aperçu de la technique LIBS et de sa conception. Nous présenterons une analyse critique de son application pour l'analyse en temps réel dans la chaîne de valeur minière. Nous discuterons de quelques percées au CNRC pour l'analyse en temps réel des métaux précieux, du bitume, de la minéralogie, etc., et de leur impact sur le processus d'automatisation dans le domaine minier.

Stabilisation de résidus à haute teneur en jarosite provenant d'un procédé de biolixiviation de la pyrrhotite

Kristie Tarr, Rory Cameron et Terry Cheng (CanmetMINES, Ressources naturelles Canada)

Dans la plupart des cas, les déchets miniers, y compris les résidus miniers, sont stockés en surface, ce qui peut entraîner un drainage minier acide (DMA). Le remblayage souterrain permet un stockage efficace de ces résidus. Cependant, ce matériel doit être en mesure de supporter une certaine charge, car il est communément utilisé comme matériau de construction souterrain, par exemple dans la méthode d'exploitation par déblais et remblais. Par conséquent, les résidus miniers, une fois mélangés à un agent liant et pompés sous terre, doivent avoir une composition qui permettra à la boue ou la pâte ainsi obtenue de durcir après un certain temps, généralement 7 ou 28 jours, dans le but de résister à une charge d'au moins 1 MPa. Des résidus à haute teneur en pyrrhotite sont communs dans les sites miniers de l'Ontario et du Québec. La pyrrhotite contenue dans ces résidus peut entraîner une dégradation de la résistance du matériau si elle est présente en trop forte concentration dans le remblai de mine.

Les résidus à forte teneur en pyrrhotite sont réactifs et peuvent facilement s'oxyder et produire de l'acidité et/ou un drainage riche en métaux en fonction des conditions de stockage. De plus, ce matériau peut contenir des concentrations métalliques importantes. CanmetMINES a mis au point un nouveau procédé de biolixiviation dans un réservoir à agitation pour récupérer le nickel et le cobalt (tous deux essentiels à l'électrification des véhicules) qui permet une neutralisation partielle et l'élimination du fer du matériau. Les essais en laboratoire ont révélé une excellente récupération du nickel et du cobalt dans diverses conditions de température. Le résidu du procédé contient cependant une proportion importante de jarosite, ce qui peut être un problème pour le stockage à long terme. Cette présentation fait état des recherches visant à évaluer différentes options pour le stockage des résidus à forte teneur en jarosite, notamment l'ajout du matériau dans un remblai approprié et la conversion à basse température en une forme plus stable.

Les enjeux du soutènement minier en milieu nordique

Jean-François Dorion (Mine Raglan)

La mine Raglan est localisée au Nunavik où le pergélisol atteint une profondeur moyenne de 500 m. Avec l'avancement de l'exploitation, la profondeur des mines se situe maintenant sous le pergélisol, ce qui a mené à des changements au mode de soutènement minier. Ainsi, les boulons à friction ont été remplacés par des barres d'armature et des câbles d'ancrage résinés ou cimentés. Dans cet environnement nordique où les températures sous terre sont généralement sous le point de congélation, l'utilisation de saumure est requise. Dans cette présentation, nous traiterons de la gestion du soutènement en lien avec les contraintes thermiques ainsi que la corrosion reliée à l'utilisation de saumure.

Les défis de conception des réseaux de ventilation minière

Charles Gagnon (CGM Expert)

Cette présentation fait un survol des enjeux liés à la conception des réseaux de ventilation des projets miniers en cours de valorisation. De l'estimation des besoins en air frais à la conception et au dimensionnement des infrastructures, les responsables de la mise en services des systèmes de ventilation doivent faire face à plusieurs problèmes : changement d'équipement, surdilution, court-circuit, chaleur et autres.

SÉANCE 20

DÉFIS ET INNOVATIONS EN EXPLOITATION MINIÈRE : MINES SOUTERRAINES ET À CIEL OUVERT

La gestion des boues minières : la technologie Mudwizard

Eric Boucher (Mudwizard)

L'accès à l'eau potable est un droit fondamental pour tous les êtres humains. C'est pourquoi l'industrie minière a un rôle à jouer pour optimiser l'utilisation de cette précieuse ressource et en protéger l'accès pour les générations futures. L'approche technologique de Mudwizard permet aux exploitants de mettre en œuvre un moyen simple qui a un impact positif sur l'utilisation de l'eau. Au cœur de cette technologie, des polymères biologiques et non toxiques conçus pour ne pas nuire aux environnements fragiles et une approche globale et collaborative.

Dans cette présentation, nous discuterons des aspects économiques et techniques de la solution Mudwizard dans la perspective que celle-ci représente un moyen pour les entreprises de fournir des avantages intangibles, durables et responsables aux communautés où elles travaillent par une meilleure gestion de la ressource.

Contrôle de la dilution par l'intelligence artificielle : résultats encourageants

Kilian Bao (DT Solutions Services)

Aujourd'hui, la plupart des mines au Canada utilisent la méthode de minage par « chambres remblayées et longs trous » caractérisée par de grandes ouvertures, ce qui entraîne des bris sous-profils et hors-profils importants.

Le projet SmartDil utilise l'intelligence artificielle pour améliorer les prédictions des bris sous-profils et hors-profils dans les chantiers d'abattage. Il s'agit d'un outil d'aide aux ingénieurs miniers dans la prise de décisions qui propose des simulations intégrant diverses variations des paramètres concrets (p. ex. le schéma de forage et sautage, la méthode de câblage, etc.) afin de contrôler la dilution minière.

À la suite d'un premier projet pilote au Canada, malgré les énormes défis techniques et organisationnels, nous avons obtenu des résultats encourageants :

- ▶ une estimation de la dilution avec une marge d'erreur de ± 6 % en moyenne lorsque les données sont complètes;
- ▶ une diminution de 5 % de la dilution pour une mine montrant déjà une dilution de 25 %. Cette performance est réalisable dès la première année lorsque la totalité des recommandations est appliquée.

L'intelligence artificielle a déjà démontré son potentiel dans l'automatisation de l'industrie minière, mais SmartDil confirme de façon concrète les bénéfices importants qui peuvent être tirés de l'analyse des données minières!

Les étapes vers l'optimisation géomécanique d'un projet minier – De la collecte de données aux applications concrètes

Sébastien Tanguay (InnovExplo)

Afin d'optimiser un projet minier, l'aspect de la mécanique des roches est particulièrement important, mais souvent négligé. Par exemple, la mécanique des roches exerce une influence directe sur le dimensionnement des chantiers, la dilution et la récupération du minerai. Elle a également un impact sur la conception des excavations et leur position ainsi que sur la séquence de minage et la performance des équipements.

Afin d'obtenir des résultats de qualité et d'optimiser les performances des projets miniers, il est nécessaire d'avoir une bonne compréhension du massif rocheux et des divers mécanismes qui influencent son comportement. Le contexte hydrogéologique du site est un autre paramètre important à considérer. Pour ce faire, une collecte de données géomécaniques de qualité est requise, lesquelles seront combinées, si possible, à l'expérience acquise lors de l'exploitation de la mine.

Ces données doivent ensuite être compilées avec minutie pour créer des modèles qui permettront de représenter et d'identifier les principaux mécanismes responsables. Combinées à un modèle lithostructural, ces informations constituent des intrants importants dans toutes analyses géomécaniques. D'autre part, les informations acquises sur un site en activité représentent des données de grande importance qui peuvent servir à créer et à valider les modèles prédictifs.

Le processus de collecte et d'interprétation des données et leur utilisation appropriée pour optimiser les projets miniers seront résumés et démontrés à l'aide de trois exemples concrets. Nous traiterons ainsi de la création du modèle lithostructural, de l'optimisation du dimensionnement des chantiers et de l'optimisation du support de terrain.

Mesure de l'écoulement ambiant par profil de dilution d'un traceur artificiel afin d'optimiser le dénoyage minier : le cas de Los Gatos au Mexique

Amadou Oury Diallo (Hydro-Ressources)

Le dénoyage des mines constitue un défi pour certains producteurs miniers. Les méthodes traditionnelles utilisées pour caractériser l'hydrogéologie et planifier le dénoyage sont souvent inadéquates ou mal adaptées au milieu rocheux fracturé. Hydro-Ressources a conçu et breveté à l'international une méthode qui permet de mesurer l'écoulement ambiant à l'aide d'un traceur artificiel. Il est ainsi possible de localiser les failles ou autres discontinuités de la roche dans lesquelles l'eau souterraine s'écoule de manière préférentielle. Depuis une décennie, des centaines de ces essais de traçage ont été effectués dans diverses mines à travers le monde. L'exemple de la mine de Los Gatos sera brièvement présenté dans le cadre de cette conférence. Dans ce cas précis, les mesures de dilution dans une quinzaine de forages ont permis de définir un modèle hydrostructural et ainsi positionner deux puits de captage souterrains qui produisent plus de 26 000 l/min en continu.

Essais statiques et dynamiques des systèmes de contrôle de terrain au Laboratoire d'essais de contrôle de terrain de CanmetMINES

Renée Royer (CanmetMINES, Ressources naturelles Canada)

Les systèmes de soutènement sont essentiels pour garantir un environnement sécuritaire aux travailleurs des mines en maintenant, retenant et renforçant les masses rocheuses. Les systèmes typiques de soutènement comprennent les boulons d'ancrage, les plaques de boulons d'ancrage, les treillis métalliques, les revêtements de soutien structurel et le béton projeté. Afin d'optimiser la densité d'implantation des boulons d'ancrage et le facteur de sécurité, les propriétés physiques et le comportement mécanique de ces systèmes doivent être déterminés avec précision pour une variété de scénarios. Des essais en laboratoire sont nécessaires dans des conditions de charge statique et dynamique pour caractériser l'efficacité du soutien. Avec l'approfondissement des exploitations minières, la demande s'intensifie pour la conception de nouvelles technologies de soutènement visant à contrer les charges toujours plus importantes rencontrées à ces profondeurs. Cet effort continu comprend notamment la conception de nouvelles méthodes d'essai en laboratoire et l'adaptation de méthodes existantes afin de simuler les conditions de plus en plus exigeantes imposées aux systèmes de soutènement.

Le laboratoire de contrôle de terrain CanmetMINES est un établissement de pointe situé à Ottawa, en Ontario, qui se spécialise dans les essais de soutènement uniques et fondamentaux pour les sociétés minières, les fournisseurs de soutènement, les entrepreneurs et les instituts de recherche. Cette présentation donnera un aperçu des services que le laboratoire de contrôle de terrain CanmetMINES offre à l'industrie, des projets de recherche et de développement récents et en cours, de certaines adaptations et améliorations du laboratoire ainsi que des projets à venir.

SÉANCE 21

LES NOUVELLES FRONTIÈRES DE L'EXPLORATION POUR LE NICKEL AU QUÉBEC

Exploration pour les gisements de Ni-Cu-Co-(EGP) magmatiques au Québec

**C. Michael Lesher (Université Laurentienne)
et Michel G. Houlé (CGC-Québec)**

L'abondance en sulfures ou en alliages et les rapports de métaux des gisements magmatiques de Ni-Cu-Co-(EGP) sont très variables. De plus, ces gisements se sont formés dans tous les temps géologiques (du Mésoarchéen au Cénozoïque) à partir d'un large éventail de magmas primitifs (komatiitique à dioritique quartzifère) et dans une grande variété de contextes tectoniques (extensionnel à convergent), de sorte qu'aucun de ces attributs ne constitue un critère d'exploration particulièrement utile. Une classification plus pratique pour l'exploration est basée sur la nature des unités hôtes : 1) nappes de fusion d'impact (p. ex. Sudbury en Ontario); 2) intrusions mafiques-ultramafiques stratifiées (p. ex. Muscox au Nunavut, Bushveld en Afrique du Sud, Duluth et Stillwater aux É.-U.); 3) laves/filons-couches/dykes mafiques-ultramafiques canalisés (p. ex. Raglan-Expo au Québec, Thompson au Manitoba, Voisey's Bay à Terre-Neuve-et-Labrador, Kambalda-Mt Keith en Australie-Occidentale, Norilsk en Russie); 4) cheminées volcaniques/culots/stocks mafiques-ultramafiques (p. ex. Lynn Lake au Manitoba, Montcalm en Ontario, Giant Mascot en Colombie-Britannique); et 5) péridotites orogéniques (p. ex. Decar en Colombie-Britannique).

Ces gisements présentent des variations de forme, d'orientation originale (et actuelle), de composition et de degrés de zonation/différenciation/stratification/bréchification qui sont difficiles à prévoir lors des premiers stades de l'exploration, mais qui présentent des contextes tout aussi prometteurs. Cependant, dans la plupart des cas, la minéralisation de Ni-Cu-Co-(EGP) est préférentiellement associée aux roches les plus magnésiennes de tous les groupes, aux parties subhorizontales des unités du Groupe 3 et aux bordures des unités des groupes 1 et 2. Les groupes 1 et 3 contiennent souvent (mais pas toujours) des quantités plus importantes de sulfures. Les minéralisations à faible teneur en soufre dans les dunités/péridotites serpentinisées ne nécessitent pas d'apport de soufre externe, alors que cela est nécessaire pour les variétés à forte teneur en S. Dans ce dernier cas, le soufre provient le plus souvent d'unités situées à peu près au même niveau stratigraphique que les unités minéralisées. Les sulfures de Fe-Ni-Co-(Cu) disséminés dans les dunités/péridotites du Groupe 3 ont peut-être été enrichis en Ni-Co pendant la serpentinisation de l'olivine. Certaines minéralisations du Groupe 5 semblent s'être formées ou ont été modifiées dans des conditions de fO_2 qui ont favorisé la stabilisation des alliages Ni ± Pt ± Ir-Os.

Les nappes de fusion d'impact du Groupe 1 (p. ex. Manicouagan) et les intrusions stratifiées du Groupe 2 reconnues au Québec ne semblent pas avoir été assez grandes et/ou contenir suffisamment de sulfures dans les roches cibles/encaissantes pour former des minéralisations économiques. Les laves/filons-couches/dykes canalisés du Groupe 3 connus (p. ex. Raglan-Expo, Marbridge, Grasset, Dumont) sont abondants et représentent actuellement les cibles d'exploration les plus intéressantes. Toutefois, avec le besoin croissant de Ni-Cu-Co-EGP dans le cadre de la transition vers l'énergie verte, les petits gisements associés aux cheminées volcaniques/culots/stocks mafiques-ultramafiques du Groupe 4 au Québec (p. ex. Lac Rocher, Lac Édouard, Renzy) deviendront des cibles beaucoup plus attrayantes. Les péridotites orogéniques du Groupe 5 au Québec ne semblent pas être aussi prometteuses que celles des autres régions.

Origine du gisement de Renzy et incidences sur l'exploration des minéralisations magmatiques de Ni-Cu-Co-EGP dans la Province de Grenville

David Corrigan (Consultant)

Le gisement de Renzy se trouve dans la partie SW de la Province de Grenville, à environ 80 km au NW de Mont-Laurier, au Québec. Il a été exploité à ciel ouvert entre 1969 et 1972 par Renzy Mine qui y a extrait un total de 716 000 tonnes courtes de minerai de Ni-Cu à une teneur de 0,72 % Cu et 0,70 % Ni. Le gisement est logé dans des intrusions mafiques à ultramafiques comparables à des filons-couches qui font partie du Terrane de Renzy, lequel, dans la littérature actuelle, est interprété comme étant traversé par la Zone de cisaillement en décrochement de Renzy orientée ENE. Cependant, des observations plus récentes suggèrent que le Terrane de Renzy représente une klippe tectonique reposant sur le socle archéen du Parautochtone. Cet ensemble allochtone a donc subi un déplacement important et s'est formé à l'origine en bordure de la Laurentia. Il est principalement composé de roches métasédimentaires clastiques à hornblende d'origine volcanique, intercalées de niveaux mineurs de métapélites graphitiques et de carbonates, ainsi que de roches métavolcaniques de composition principalement intermédiaire. Des filons-couches mafiques et ultramafiques, dont les unités encaissantes du gisement de Ni-Cu, composés de gabbro à grain moyen à grossier, de diorite, de péridotite et de pyroxénite, ont été injectés dans cet assemblage supracrustal. La pyroxénite est principalement constituée de webstérite à olivine et d'orthopyroxénite avec d'abondants oïkocristaux d'orthopyroxène. Une méta-andésite de la séquence supracrustale a donné un âge U-Pb de 1478 ± 3 Ma (LA-ICP-MS), alors que des filons-couches granodioritique et granitique ont été datés à 1468 et 1458 Ma, respectivement. Aucune des unités datées ne contient de zircon ou de noyau plus anciens, ce qui suggère une origine juvénile pour le Terrane de Renzy. La séquence entière a été métamorphosée au faciès des éclogites et est donc probablement liée à la Zone de charriage de l'Allochtone (ABT), qui prend racine dans la partie sud de la propriété de Renzy, sur le flanc sud d'une antiforme intercalée du socle. Le Terrane de Renzy fait donc partie d'un vaste système d'arcs et d'arrière-arcs océaniques et d'arcs continentaux formés en bordure de la Laurentia au début du Mésoprotérozoïque, qui comprend notamment les arcs de Montauban et d'Escoumins dans le centre et l'est de la Province de Grenville. L'âge et le contexte tectonique du gisement de Renzy sont similaires à ceux du gisement de Nova-Bollinger dans le SW de l'Australie, ce qui laisse entrevoir l'utilité potentielle de tels métallotectes dans le Terrane de Renzy et ailleurs dans la Province de Grenville.

Aperçu des gisements de Ni-Cu-(EGP) associés aux systèmes mafiques à ultramafiques dans la Province du Supérieur

Michel G. Houlié (CGC-Québec)
et C. Michael Lesher (Université Laurentienne)

Les minéralisations de Ni-Cu-(EGP) dans la Province du Supérieur sont associées à des magmas komatiitiques (p. ex. Eagle's Nest, Alexo, Marbridge, Grasset, Crawford, Dumont,) et basaltiques (p. ex. Kenbridge, Montcalm, Lorraine) formant une grande variété d'intrusions/coulées ultramafiques à mafiques. La plupart des unités hôtes komatiitiques semblent être des conduits de lave/magma à cumulats d'olivine, mais certaines se sont mises en place tardivement et ont formé des corps de dunité ± péridotite peu différenciés (p. ex. Eagle's Nest, Alexo, Marbridge), tandis que d'autres se sont mises en place tôt et ont formé des corps de dunité ± péridotite ± pyroxénite-gabbro plus différenciés (p. ex. Crawford, Dumont). Certains contiennent un spectre de type de minéralisations comprenant des sulfures massifs, semi-massifs, à texture réticulée et disséminée (p. ex. Alexo, Marbridge), tandis que d'autres contiennent principalement des sulfures disséminés à grain fin (p. ex. Crawford, Dumont). Les gisements connus se trouvent principalement dans le Terrane d'Abitibi-Wawa (p. ex. Shebandowan, Alexo, Marbridge, Grasset, Crawford, Dumont, Montcalm) et dans le Superdomaine de Bird River-Uchi-Oxford-Stull-La Grande Rivière-Eastmain (BUOGE) (p. ex. Makwa, Eagle's Nest, Nisk). Les découvertes les plus récentes (Eagle's Nest en 2007; Grasset en 2014; Crawford en 2019) présentent des styles contrastants de minéralisation de Ni-Cu-(EGP). L'intrusion d'Eagle's Nest, qui fait partie de la suite intrusive du Ring of Fire dans le Domaine Oxford-Stull en Ontario, a été mise en place dans des roches encaissantes tonalitiques sous la forme d'un dyke subhorizontal en forme de lame pour ensuite subir une rotation qui explique son orientation subverticale actuelle. La minéralisation en sulfures de Ni-Cu-(EGP) se trouve le long de la marge NW d'un corps d'harzburgite ± lherzolite ± wehrlite d'environ 500 m de large (N-S), 85 m d'épaisseur (E-W) et de plus de 1500 m de profondeur. Elle est dominée par des sulfures à texture réticulée, mais présente un large éventail de faciès de sulfures à texture réticulée et des sulfures disséminés, semi-massifs et massifs. Le gisement de Grasset se trouve dans le Complexe ultramafique de Grasset, lequel est composé de plusieurs filons-couches et coulées komatiitiques distincts d'une longueur d'environ 8,5 km qui se sont mis en place dans une succession volcanique mafique à felsique dans la partie nord de l'Abitibi au Québec. Le gisement comprend un niveau inférieur (H1) près de la base et un niveau supérieur (H3) près de la partie sommitale de cette unité de cumulats indifférenciés riches en olivine. Ces niveaux sont tous deux composés de sulfures à texture réticulée et de sulfures disséminés avec une quantité moindre de sulfures semi-massifs et massifs. Le gisement Crawford, situé dans la partie nord de l'Abitibi, en Ontario, est encaissé dans une unité ultramafique-mafique comportant une épaisse zone dunitique-péridotitique inférieure et une zone gabbroïque supérieure plus mince. La minéralisation de très

faible teneur est dominée par la pyrrhotite, la pentlandite, l'heazlewoodite et l'awaruite disséminées ou sous la forme d'inclusions pœcilitiques.

Les récentes découvertes de ces gisements mettent en évidence le grand potentiel du Terrane d'Abitibi-Wawa et du Superdomaine BUOGE pour les minéralisations à forte et à faible teneur en Ni-Cu-(EGP).

Le Projet Nickel Baie-James : 200 nouvelles cibles hautement prospectives dans une région sous-explorée

**Jean-Marc Lulin, Mathieu Landry
et Marc Philippin (Exploration Azimut)**

Le nickel est l'un des métaux irremplaçables de la transition énergétique. De nouveaux gisements doivent être découverts pour répondre à une demande estimée en 2050 à près de 5 fois la production mondiale actuelle. Face à cet énorme défi, le Québec se positionne de façon compétitive avec une géologie favorable, une excellente base de données géoscientifiques et un environnement d'affaires fiable.

Azimut place au cœur de ses activités la réalisation d'évaluations prévisionnelles du potentiel minéral et la génération de projets majeurs, ensuite explorés seuls ou en partenariat. Cette approche consiste dans le traitement numérique des données géoscientifiques via son système expert AZtechMine™. Depuis 2003, plusieurs évaluations sur le potentiel en nickel à l'échelle du Québec ont été conduites par la Société. La région Eeyou Istchee Baie James apparaît comme l'une des plus prospectives, mais est considérée par Azimut comme sous-explorée. L'existence d'infrastructures de qualité est, par ailleurs, un avantage marquant de la région.

Depuis 2021, Azimut a acquis 200 cibles de nickel distinctes, réparties en 95 blocs de claims détenus à 100 % par la Société (2,636 claims, 1376 km²). Ces blocs n'ont, pour la plupart (88 %), jamais fait l'objet d'exploration préalable, mais résultent d'une démarche de ciblage régionale rigoureuse et systématique.

Azimut cible principalement de petites intrusions ultramafiques de type conduit magmatique, synvolcaniques ou post-tectoniques, pouvant contenir des accumulations substantielles de sulfures massifs à Ni-Cu-Co-EGP. Plusieurs exemples de gisements servent de référence, en particulier Eagle's Nest (Ring of Fire, Ontario), Voisey's Bay (Labrador) et Eagle (Michigan).

La génération de cibles est réalisée selon une méthodologie de traitement des données régionales combinant les données géochimiques multiélémentaires des sédiments de fond de lac et les données géophysiques (magnétisme, gravimétrie). Cette approche permet de reconnaître de façon très discriminante la signature des indices de nickel déjà connus sur l'ensemble du territoire analysé (174 208 km²) : une combinaison de critères capture la signature spécifique de 49 % des indices sur 0,98 % du territoire et, plus largement, de 60 % des indices sur 1,88 % du territoire. Ainsi, près de 98 % du territoire présente, selon cette

approche, relativement moins de potentiel. L'apport clé de cette modélisation est qu'elle permet d'identifier, dans les portions de territoire reconnues comme favorables, des secteurs inexplorés avec des signatures comparables qui sont, potentiellement, de nouvelles cibles. L'analyse est également appuyée par un traitement très discriminant des données magnétiques.

Les résultats récents obtenus sur le Projet Wapatik (Azimut Option Mont Royal) valident de façon indirecte ce ciblage. Une intrusion ultramafique kilométrique, découverte dès le début des travaux en 2021, livre des résultats initiaux encourageants en forage (2,68 % Ni, 1,30 % Cu, 0,09 % Co sur 3,30 m).

Les 200 cibles du Projet Nickel Baie-James peuvent contribuer à positionner le Québec dans la course aux métaux stratégiques. Une importante phase de levés hélicoportés et un suivi de validations sur le terrain sont en préparation.

Pétrogenèse des intrusions gabbroïques de la Suite intrusive de Soisson : implications pour les minéralisations en Ni-Cu-Co dans le sud-est de la Province de Churchill

Anne-Aurélié Sappin, Michel G. Houlé, Marie-Pier Bédard (CGC-Québec), David Corrigan, Nicole Rayner, Natasha Wodicka (CGC-Ottawa) et Cynthia Brind'Amour-Côté (Fonds d'exploration minière du Nunavik)

La Suite intrusive de Soisson regroupe des intrusions gabbroïques d'envergure kilométrique bien préservées qui affleurent le long d'une bande NW-SE d'environ 180 km de long dans la Zone Noyau (sud-est de la Province de Churchill). Ces intrusions sont principalement composées de gabbro à olivine, de gabbro, de gabbronorite et de norite massives à subophitiques. Elles présentent des structures de cumulat avec des cristaux cumulus de plagioclase, d'olivine et, localement, de clinopyroxène et d'orthopyroxène, ainsi que des oïkocristaux de clinopyroxène et, dans certains cas, d'orthopyroxène et d'olivine. Les intrusions de Soisson présentent des âges semblables (environ 1312 à 1311 Ma) et des caractéristiques pétrographiques, géochimiques et minéralogiques comparables, ce qui suggère que ces intrusions gabbroïques sont cogénétiques. Elles se sont formées à partir de magmas parents basaltiques à faible teneur en MgO (~6 à 7 % en poids). Ces intrusions ont incorporé des quantités variables de matériel crustal pendant leur mise en place, comme en attestent les observations de terrain (p. ex. la présence de xénolites) et les données géochimiques (p. ex. l'appauvrissement en Nb et Ta). Elles contiennent des concentrations subéconomiques de Ni, Cu et Co. Parmi les intrusions qui constituent la Suite intrusive de Soisson, l'Intrusion de Papavoine semble représenter la cible d'exploration la plus prometteuse. Celle-ci est composée des roches les plus primitives de la suite intrusive, en particulier une mince unité de péridotite serpentinisée, et présente des accumulations de sulfures magmatiques notables le long des contacts avec les roches encaissantes avec des teneurs allant jusqu'à 1,2 % Ni et 0,5 % Cu. De plus, cette suite partage de nombreuses similitudes pétrologiques, géochimiques et minéralogiques avec les cumulats de troctolite et de gabbro à olivine des intrusions de Voisey's Bay et de Mushuau de la Suite plutonique de Nain au Labrador. Elle est également contemporaine de la phase intrusive mafique la plus jeune de la Suite plutonique de Nain (p. ex. l'Intrusion de Mushuau, 1317 à 1313 Ma). Ces intrusions se seraient mises en place le long de failles crustales dans des zones d'anisotropie régionale. Ces similarités suggèrent donc que la Suite intrusive de Soisson et les intrusions gabbroïques et troctolitiques de la Suite plutonique de Nain ont été formées par des processus pétrologiques comparables, favorables à la formation de minéralisation en Ni-Cu-Co, mais elles soulèvent également des questions sur leur lien génétique potentiel et leur connectivité en profondeur.

Analyse géochimique et pétrogénétique du système volcanique-subvolcanique-intrusif de Ni-Cu-(EGP) de Raglan-Expo, Ceinture de Cape Smith, Nunavik, Québec

C. Michael Leshner, Dylan McKevitt (Université Laurentienne) et Michel G. Houlé (CGC-Québec)

Les gisements de Ni-Cu-(EGP) des parties centre est (camp de Raglan) et sud-est (camp d'Expo) de la Ceinture de Cape Smith (CCS, ~1,88 Ga) sont parmi les exemples de minéralisations de sulfure magmatique associées à des komatiites les mieux préservées et les mieux exposées dans le monde. La stratigraphie volcano-sédimentaire de l'est de la CCS comprend (de base vers le sommet) : 1) des roches siliciclastiques et carbonatées, des basaltes tholéïitiques et des semipélites sulfurées du Groupe de Povungnituk; et 2) des coulées et des filons-couches de péridotite minéralisée (faciès d'écoulement en chenal) à pyroxénite-gabbro à olivine (faciès d'écoulement en nappe; par ex. Cross Lake), des chenaux de lave extrusifs/invasifs à péridotite-pyroxénite minéralisée (p. ex. Katinniq), des basaltes à phénocristaux d'olivine, de pyroxène et de plagioclase du Groupe de Chukotat. Des filons-couches et des coulées de pyroxénite-gabbro différenciés de la Suite du Lac Bélanger et des dykes en forme de lame de péridotite à pyroxène-mélagabbro (p. ex. Expo, Méquillon) se sont mis en place dans la partie supérieure du Groupe de Povungnituk.

Les basaltes à phénocristaux d'olivine, de pyroxène et de plagioclase du Groupe de Chukotat, les chenaux de lave minéralisés, les coulées en nappe chenalées et les dykes en forme de lame (collectivement le Système de Chukotat) ont des teneurs en éléments compatibles (Mg, Cr et Ni) plus élevées et des teneurs en éléments incompatibles (Th, Nb, TR légères, Zr et Ti) plus faibles que les basaltes du Povungnituk et les coulées et filons-couches de la Suite du Lac Bélanger (collectivement le Système de Povungnituk). Le comportement des éléments Th-Nb-Yb suggère que les magmas du Chukotat sont issus d'un fort degré de fusion partielle d'une source mantellique appauvrie avec un niveau variable de contamination par les semipélites de la partie supérieure du Povungnituk, alors que les magmas du Povungnituk seraient issus d'un degré faible à modéré de fusion partielle d'une source mantellique appauvrie. Les roches mafiques à grain plus grossier de la Suite du Lac Bélanger ne se distinguent pas géochimiquement des basaltes environnants du Povungnituk, ce qui indique qu'il s'agit de coulées épaisses refroidies lentement et pas nécessairement des filons-couches synvolcaniques superficiels.

Les péridotites et les bordures pyroxénitiques des unités de Raglan (jusqu'à 43 % et 20 % en poids MgO, respectivement) sont plus magnésiennes que les pyroxénites à olivine et les bordures mélagabbroïques des unités d'Expo (jusqu'à 35 % et 16 % poids MgO, respectivement). Les minerais de Raglan ont des rapports Ni/Cu plus élevés (moyenne ~ 5) que ceux d'Expo (moyenne ~ 1). Contrairement à certaines interprétations antérieures, ces différences géochimiques semblent indiquer que les dykes plus évolués en forme de lame dans

le camp d'Expo n'ont pas alimenté les chenaux de lave moins évoluée du camp de Raglan et qu'ils représentent des parties distinctes du système de conduits éruptifs qui a alimenté les basaltes de Chukotat. Les concentrations en Th et les rapports La/Sm plus élevés des unités de Raglan suggèrent que celles-ci ont été plus contaminées par les sédiments du Povungnituk, ce qui est cohérent avec leurs plus grandes épaisseurs et leurs températures inférées plus élevées.

Les caractéristiques lithogéochimiques des diverses composantes magmatiques du système de Chukotat fournissent des contraintes importantes sur les relations pétrogénétiques et métallogéniques et donc sur la nature du système de conduits volcanique-subvolcanique-intrusif et devraient aider à identifier les unités potentiellement favorables dans les zones situées dans l'extension latérale des gisements de sulfures connus.

SÉANCE 22

TRAVAUX D'ACQUISITION DE CONNAISSANCES GÉOSCIENTIFIQUES DU MRNF ET DE SES PARTENAIRES UNIVERSITAIRES — SOUS-PROVINCES D'ABITIBI ET DU PONTIAC

Géologie de la région du lac la Trêve, Sous-Province de l'Abitibi, Eeyou Istchee Baie-James

Yannick Daudene et Mélanie Beaudette (MRNF)

Ce levé géologique préliminaire de la région du lac la Trêve (feuilles 32G13-NE et 32J04-SE) vise à raffiner la stratigraphie de cette région. Ce secteur est situé à la limite des sous-provinces d'Opatika au nord et de l'Abitibi au sud. Dans la moitié sud de la carte, la séquence de roches volcaniques et sédimentaires de l'Abitibi débute avec le Groupe de Roy. Celui-ci se compose principalement de basaltes coussinés et massifs appartenant aux formations d'Obatogamau et de Bruneau ainsi que de filons-couches de gabbro. Il présente aussi des ensembles de roches volcaniques felsiques ou intermédiaires et de roches sédimentaires attribués aux formations de Waconichi et de Blondeau, la première surmontant localement la formation d'Obatogamau, alors que la seconde marque le sommet du Groupe de Roy. Le Groupe d'Opémisca sus-jacent est formé essentiellement des roches sédimentaires détritiques. À la base du Groupe d'Opémisca, la Formation de la Trêve présente des interstratifications de conglomérat polygénique et de grès. Au sommet, la Formation de Daubrée se compose de bancs de grès (arénite et wacke) et de mudstone. La plupart des polarités observées dans les groupes de Roy et d'Opémisca indiquent des sommets stratigraphiques vers le SE. Des plutons arrondis de syénite et de granite d'envergure kilométrique, peu ou non déformés, coupent l'ensemble volcano-sédimentaire. Bien que les roches sont généralement métamorphosées au faciès des schistes verts, elles montrent en bordure des plutons des assemblages minéralogiques typiques du faciès des amphibolites, voire des évidences de fusion partielle. Des dykes de diabase orientés NE-SW, d'épaisseur décimétrique et d'extension kilométrique, coupent l'ensemble des unités décrites précédemment. D'un point de vue métallogénique, plusieurs environnements géologiques favorables méritent d'être soulignés :

- ▶ les roches volcanoclastiques des formations de Blondeau et de Waconichi pour les métaux usuels et précieux associés aux minéralisations de type SMV;
- ▶ le gabbro de l'un des Dykes de l'Abitibi et de la bordure du Stock de Mildred pour les minéralisations magmatiques de Ni-Cu (\pm EGP);
- ▶ la syénite du Stock de Saussure pour les minéralisations d'or et d'ETR.

Géologie du ruisseau aux Alouettes, Sous-Province de l'Abitibi, Eeyou Istchee Baie-James

Mélanie Beaudette et Yannick Daoudene (MRNF)

La nouvelle carte géologique préliminaire de la région du ruisseau aux Alouettes (feuille 32G13-SE), localisée à ~60 km à l'ouest de la ville de Chapais, résulte d'une campagne de terrain menée durant l'été 2022. Dans la carte géologique précédente, presque toutes les roches volcaniques de la moitié sud de la région constituaient un ensemble indifférencié assigné à Formation de Blondeau, laquelle constitue le sommet du second cycle volcanique du Groupe de Roy. Nos observations permettent maintenant de subdiviser Blondeau en sept unités informelles composées de coulées mafiques à felsiques à structure massive, coussinée et bréchique, de roches volcanoclastiques intermédiaires à felsiques et de roches sédimentaires détritiques. Au sud, le Blondeau est en contact stratigraphique avec les roches volcaniques mafiques de la Formation de Bruneau, qui représente la base du second cycle volcanique du Groupe de Roy. Cette dernière formation est en contact tectonique au sud avec la Suite intrusive de Lapparent, formée de différentes unités de roches intrusives intermédiaires à felsiques. Au nord, les roches sédimentaires détritiques de la Formation de Daubrée, du Groupe d'Opémisca, sont en contact tectonique avec le Blondeau. Toutes les unités volcaniques et sédimentaires de la région sont coupées par des filons-couches mafiques d'envergure régionale : le Complexe d'Esturgeon dans le Groupe de Roy et le Filon-couche de Rita dans le Groupe d'Opémisca. Des plutons kilométriques intermédiaires à felsiques, de forme arrondie et peu ou pas déformés, coupent les unités décrites précédemment.

La plupart des critères de polarité observés dans le Blondeau indiquent un sommet stratigraphique vers le NW, ce qui, considérant l'orientation grossièrement E-W de la stratification, pourrait rappeler une séquence monoclinale. Cependant, quelques polarités vers le sud, ainsi que des trajectoires structurales et des linéaments magnétiques localement courbes évoquent la présence de plis serrés aux axes faiblement plongeants et aux traces de plan axial orientées parallèlement au grain structural régional.

En plus des indices en métaux usuels et précieux déjà reportés dans la région, nos travaux mettent en évidence quatre secteurs prometteurs qui sont associés à la présence : 1) de zones d'altération volcanogènes et de sulfures massifs à la base d'une unité de roches volcaniques intermédiaires coussinées du Blondeau; 2) de fragments de sulfures massifs compris dans des roches volcanoclastiques intermédiaires du Blondeau; 3) de sulfures disséminés dans les gabbros du Complexe d'Esturgeon; et 4) de zones d'altération à épidote ± sulfures distribuées autour du Pluton de La Ribourde montrant des similitudes avec un contexte métallogénique de type skarn.

Géologie de la région du lac Dickson, Sous-Province de l'Abitibi, Eeyou Istchee Baie-James

Maxym-Karl Hamel-Hébert et Antoine Brochu (MRNF)

Une nouvelle carte géologique préliminaire de la région du lac Dickson (moitié sud du feuillet SNRC 32G11, échelle 1/50 000), à une trentaine de kilomètres au SW de la ville de Chapais, a été réalisée à la suite d'une campagne de terrain effectuée durant l'été 2022.

La région comprend les roches métasédimentaires de la Formation de Caopatina et les unités volcano-sédimentaires de la Formation d'Obatogamau, à la base du Groupe de Roy, qui sont principalement formées de coulées massives et coussinées de basalte porphyrique. Les travaux de cartographie montrent également la présence d'une nouvelle unité au sein de l'Obatogamau regroupant des coulées andésitiques massives, localement coussinées, des rhyolites et des tufs à lapillis. Les roches volcaniques situées immédiatement au NE de cette nouvelle unité présentent des compositions variant d'andésite à basalte andésitique. Celles-ci contiennent beaucoup moins de phénocristaux de plagioclase qu'ailleurs dans la Formation d'Obatogamau et sont plus déformées. L'ensemble des unités volcaniques et sédimentaires est bordé au nord par les unités tonalites et dioritiques de la Suite intrusive de Lapparent et du Complexe d'Eau Jaune. Dans la portion SW de la zone cartographiée, le Complexe anorthositique d'Opawica est en contact concordant et localement déformé avec les roches volcaniques de l'Obatogamau. Toutes les unités archéennes de la région sont recoupées par des dykes mafiques NE-SW d'âge protérozoïque.

Les unités volcaniques et sédimentaires sont orientées WNW-ESE. Les indicateurs de polarité stratigraphique semblent montrer des sommets généralement dirigés vers le NE. La limite entre l'ensemble intrusif constitué par la Suite intrusive de Lapparent et le Complexe d'Eau Jaune, d'une part, et l'ensemble volcanique de la Formation d'Obatogamau, d'autre part, est marquée par une zone de forte déformation, le « couloir de Guercheville ». À l'intérieur de celui-ci, les roches présentent une foliation très bien développée, localement mylonitique. Le couloir montre une orientation WNW-ESE et se poursuit sur une longueur de plus d'une vingtaine de kilomètres pour une largeur atteignant 2 kilomètres.

Nos observations mettent en évidence plusieurs secteurs qui présentent un potentiel certain pour des minéralisations de type :

- ▶ volcanogènes (« SMV » et/ou filoniennes) encaissées dans des roches volcaniques felsiques ou basaltiques et associées à des anomalies magnétiques positives et électromagnétiques de type INPUT (p. ex le gîte de Fenton);
- ▶ hydrothermales-magmatiques associées à la circulation de fluides en bordure d'intrusions tardives de composition intermédiaire (p. ex en bordure du Pluton de Drouet);
- ▶ orogénique le long du couloir de déformation

Roches volcaniques mafiques à intermédiaires du Groupe de Blake River : géochimie, pétrogenèse et lien avec les SMV

Octavio Vite-Sánchez, Pierre-Simon Ross (INRS-ETE) et Patrick Mercier-Langevin (CGC-Québec)

Les minéralisations de sulfures massifs volcanogènes (SMV) se forment depuis l'Archéen et présentent un contrôle stratigraphique et structural à l'échelle des districts miniers. La fertilité plus importante de certains centres volcaniques n'est expliquée que partiellement, réduisant l'efficacité des modèles d'exploration pour ce type de minéralisation. Par exemple, le Groupe de Blake River (GBR), le plus jeune et l'un des plus restreints de la Ceinture de roches vertes de l'Abitibi, contient près de la moitié du tonnage total de SMV de la ceinture. Ceci suggère des contrôles locaux et possiblement temporels sur les SMV à l'échelle de l'Abitibi.

La géochimie des roches volcaniques peut aider à comprendre les processus géologiques majeurs. C'est pourquoi la présente étude utilise les données géochimiques existantes sur les roches volcaniques à intermédiaires du GBR pour définir des groupes géochimiques, identifier les processus pétrogénétiques en cause et associer ceux-ci à la fertilité en SMV. La compilation utilisée contient 2241 échantillons comprenant des données géochimiques complètes (éléments majeurs et en traces incluant des éléments immobiles clés). Nous avons extrait à partir de cette base de données un sous-ensemble d'échantillons moins altérés afin d'étudier le comportement des éléments majeurs. Les interprétations préliminaires montrent que certaines roches volcaniques mafiques à intermédiaires du GBR montrent un enrichissement en Ti et Fe qui résulterait d'un magma relativement anhydre au moment de la mise en place (< 0,4 % H₂O), alors que d'autres ne montrent pas l'enrichissement en Fe-Ti et se seraient formés à partir d'un magma plus riche en eau (0,4 à 2 % H₂O).

Les rapports d'éléments immobiles sont utilisés pour classifier les roches en plusieurs groupes et interpréter leur pétrogenèse. Nous identifions deux sources mantelliques principales pour les magmas mafiques du GBR, une source appauvrie (comparable aux N-MORB modernes) et une source relativement enrichie (ressemblant aux E-MORB). Ces magmas ont interagi avec une croûte existante (de type TTG?), un processus que nous modélisons grâce à des courbes d'assimilation et de cristallisation fractionnée sur le diagramme Th/Yb versus Nb/Yb. Les basaltes résultants sont divisés en six groupes sur la base des deux sources mantelliques mentionnées précédemment et du degré de contamination crustale allant de très faible (jusqu'à 5 %), faible (5 à 20 %) à modérée (plus de 20 %). Les andésites sont groupées selon la même approche et montrent des résultats similaires. Les roches mafiques à intermédiaires de type N-MORB sont plus abondantes que celles provenant de la source E-MORB. Les unités du GBR montrent divers degrés d'assimilation crustale. Les SMV du GBR semblent préférentiellement associés aux roches contaminées de source E-MORB, comme celles de la Formation de Noranda.

Contrôles lithologiques et structuraux sur la minéralisation lithinifère du secteur de La Motte-La Corne, Sous-province de l'Abitibi, Québec, Canada

Hubert Mvondo (MRNF)

La région de La Motte-La Corne est constituée de roches supracrustales et intrusives de la Ceinture de roches vertes de l'Abitibi. Les roches supracrustales (environ 2730 à 2680 Ma) sont principalement composées de metabasaltes contenant des intercalations mineures de roches métasédimentaires. Cette séquence est déformée par deux événements D1 et D2 responsables des fabriques régionales S1 et S2. Les roches plutoniques (environ 2680 à 2641 Ma) forment un complexe de roches monzonitiques à granitiques et de granodiorites syn-D2 à tardi-D2 de taille et de forme variées. Cet ensemble rocheux est recoupé par des essaims de dykes mafiques protérozoïques d'orientation NE. Les foliations S1-S2 et les plis F2 orientés E-W, ainsi que les failles et les joints de direction NW-SE, NE-SW, E-W et N-S sont les éléments structuraux majeurs de la région.

La minéralisation lithinifère est associée à des corps felsiques (environ 2640 à 2628 Ma) à spodumène de 5 cm à 250 m de large et de quelques dizaines à centaines de mètres de long généralement localisés dans une zone de transition d'environ 3 km de large entre le complexe batholitique et les roches supracrustales. Des corps felsiques similaires sont également présents par endroits dans les batholites. Dans tous les cas, les corps felsiques sont orientés parallèlement aux structures régionales. En général, ils montrent un rubanement de composition et comprennent des dykes et des intrusions diapiriques. Les premiers se caractérisent par un rubanement à pendage abrupt, alors que les seconds montrent un rubanement subhorizontal à faiblement incliné. La stratification est généralement parallèle aux épontes des corps felsiques. Les filons-couches felsiques sont rares et se trouvent surtout dans les charnières des plis P2 affectant les roches supracrustales. La plupart des dykes se sont mis en place dans un régime extensif. Les veines de tension subhorizontales dans les structures diapiriques sont courantes par rapport aux dykes hybrides plus rares.

Dans tous les cas, les corps stratifiés peuvent être subdivisés en diverses unités lithologiques pegmatitiques, aplitiques, à quartz fumé et porphyriques à équigranulaires. Les proportions de ces quatre composantes lithologiques varient longitudinalement au sein d'une même intrusion et d'un corps intrusif à l'autre. Plusieurs générations de veines felsiques qui se recoupent sont également observées par endroits.

Les filons à spodumène semblent résulter de réactions entre des fluides hydrothermaux alcalins et des filons de quartz fumé préexistants. Ces réactions hydrothermales semblent avoir procédé par bréchification, dissolution et précipitation. Il est proposé que les corps felsiques de la région sont le résultat de multiples phases hydrothermales (ou magmatiques) qui suivent la mise en place des complexes batholitiques de La Motte et de La Corne.

Origine, nature, et évolution du nord de la Sous-province de Pontiac : ce que nous disent les ensembles intrusifs

Antoine Godet, Carl Guilmette, Bertrand Rottier, Isaac Siles Malta, Diogo Ribeiro, Georges Beaudoin (U. Laval), Jeff H. Marsh, Douglas Tinkham (Université Laurentienne), Adrian Rehm, Taus R.C. Jørgensen (Université Laurentienne) et Mike A. Hamilton (University of Toronto)

Les sous-provinces métasédimentaires de la Province du Supérieur contiennent des informations essentielles sur le style tectonique et l'état thermique prévalant au cours de l'assemblage de ce craton néoarchéen. La Sous-province de Pontiac, dans le sud-est de la Province du Supérieur, est constituée de séquences turbiditiques métamorphosées associées à des intercalations mineures de roches volcaniques, le tout injecté par des suites de roches plutoniques de diverses affinités géochimiques. La source, la chronologie et les relations de ces intrusions avec le métamorphisme, la déformation et la minéralisation sont encore mal définies. De nouvelles observations de terrain ainsi que des données géochronologiques de nature pétrologique, géochimique et isotopique (Lu-Hf sur zircons et U-Pb sur zircons et monazites) révèlent l'existence de trois événements plutoniques consistant en 1) des gneiss d'affinité TTG de moyenne pression datés à environ 2764 Ma, interprétés comme le socle local des séquences supracrustales du Pontiac; 2) des filons-couches et des plutons monzonitiques syndépositions datés entre 2700 et 2680 Ma (moyenne $\epsilon_{\text{Hf}} = 4,02$; $2\text{SE} = 1,12$) d'affinité sanukitoïde et calco-alcalins hautement potassiques juvéniles; et 3) un magmatisme granitique de type S provenant d'une fusion partielle prolongée des roches sédimentaires en profondeur daté entre environ 2675 et 2620 Ma. L'histoire magmatique de la Sous-province de Pontiac est compatible avec un modèle d'inversion tectonique impliquant une transition d'un rifting continental au-dessus d'un panache mantellique vers un épaississement de la croûte par l'assemblage de terranes ou par imbrication tectonique. Les caractéristiques génétiques globalement similaires partagées par les provinces métasédimentaires du craton du Supérieur, notamment des épisodes de déposition des épaisses séquences de turbidites largement contemporains rapidement suivis par le plutonisme, la déformation, le métamorphisme et la migmatitisation, suggèrent que leur évolution s'est déroulée dans des conditions tectoniques comparables et remettent en question les modèles connus impliquant une accréation séquentielle d'arcs.

Découvrir l'architecture métamorphique et structurale du nord de la Sous-province de Pontiac (Province du Supérieur, Canada)

Isaac Siles Malta, Antoine Godet, Carl Guilmette (U. Laval), Douglas Tinkham, Jeff H. Marsh (Université Laurentienne), Mathijs A. Smit (UBC Vancouver), Georges Beaudoin, Bruna Coldebella, Crystal LaFlamme et Bertrand Rottier (U. Laval)

La Sous-province de Pontiac (SP) représente une ceinture métasédimentaire néoarchéenne localisée dans le SE du craton du Supérieur, au Canada. Dans sa partie nord, le métamorphisme prograde est enregistré dans les séquences de turbidite par l'apparition progressive vers le sud de minéraux indicateurs, d'abord la biotite (près de la zone de Faille de Cadillac-Larder Lake, ZFCLL), puis le grenat, suivis de la staurotide, de la kyanite et de la sillimanite, définissant ainsi une zone de gradient métamorphique (ZGM) de type barrovien ~25 km de large. Bien que des travaux d'analyse structurale antérieurs dans le nord de la SP aient décrit un style de déformation par plis et chevauchements à vergence vers le SE, il est toujours difficile de savoir si le ZGM forme un seul bloc tectonique cohérent ou s'il est affecté par une faille de chevauchement d'importance régionale séparant deux nappes.

Afin de préciser l'évolution tectonothermique néoarchéenne du nord de la SP, cette étude combinera une nouvelle cartographie des zones métamorphiques et des isogrades à des analyses microstructurales et pétrologiques, à la chimie des roches et des minéraux et à la modélisation des équilibres de phases pour déterminer quantitativement les trajectoires pression-température-temps-déformation (P-T-t-D) pour les diverses zones métamorphiques. Les assemblages minéraux successifs suggèrent une histoire polymétamorphique comprenant 1) un événement M1 de BP/HT reconnu dans la zone à sillimanite en raison de la présence de cordiérite précoce, et 2) un événement M2 de MP/MT responsable du métamorphisme barrovien. Les relations texturales et la chimie minérale suggèrent que ces roches ont suivi des trajectoires P-T-t-D horaires et que la cristallisation de la biotite, du grenat, de la staurolite, de la kyanite et de la sillimanite M2 est synchrone avec l'événement de déformation responsable du développement de la fabrique principale (D2). Le pic métamorphique est estimé à 5,6 kbar/550 °C dans la zone à grenat, 6 kbar/600 °C dans la zone à staurotide, 7,5 kbar/680 °C dans la zone à kyanite et 6,5 kbar/675 °C dans la zone à sillimanite. Les formes et les amplitudes similaires des trajectoires P-T-t-D ainsi que l'absence d'une faille de chevauchement régionale suggèrent une ZGM continue formant un bloc tectonique cohérent. Les données sont compatibles, bien que pas entièrement, avec l'existence d'un complexe de noyau métamorphique où la partie nord de la SP aurait été enfouie au niveau de la croûte moyenne pour être ensuite exhumée et juxtaposée aux roches faiblement métamorphosées de la Sous-province de l'Abitibi. Dans ce contexte, le noyau de croûte médiane de la partie nord de la SP serait séparé des roches adjacentes faiblement métamorphosées de la croûte supérieure par une possible faille de détachement régionale, peut-être la ZFCLL. Ce modèle

implique que le nord de la SP a enregistré une succession complexe d'événements comprenant 1) une extension et une subsidence associées à une sédimentation clastique et au volcanisme, 2) un plutonisme abondant durant la fin de la sédimentation éventuellement associé au métamorphisme BP-HT, suivi de 3) une inversion du bassin, un épaississement de la croûte et un métamorphisme barrovien et enfin 4) une extension dans un régime tectonique en compression qui juxtapose la croûte moyenne de la SP à la croûte supérieure de l'Abitibi.

SÉANCE 23

LE FINANCEMENT, LA PIERRE ANGULAIRE DE LA TRANSITION ÉNERGÉTIQUE

La SOFIAC, un mécanisme innovant d'accompagnement et de financement de projets de transition énergétique et de décarbonation

Pierre Langlois (SOFIAC)

La SOFIAC est une nouvelle initiative lancée en 2021 par Econoler et Fondation qui vise à offrir une approche à valeur ajoutée aux entreprises du secteur commercial, industriel et multirésidentiel situées au Québec et ailleurs au Canada. Cette approche combine un mécanisme de financement de projets innovant et une prise en charge complète des projets de transition énergétique et de décarbonation. Elle permet aux entreprises de rembourser les travaux à partir des économies d'énergie générées par les projets, sans investissement initial, tout en dégagant une trésorerie positive dès le démarrage.

La SOFIAC dispose de près de 200 M\$ pour investir dans des projets structurants grâce au financement de Fondation, du Mouvement Desjardins, de la Banque de l'infrastructure du Canada et de Fiera Capital.

Le financement de projet appliqué aux usines de biométhanisation et autres bioénergies

Gérard Mounier (GNR Québec Capital)

Les projets de biométhanisation, de bioénergies et autres énergies renouvelables font généralement appel à une approche par financement de projet. L'objectif de cette présentation est de rappeler les principes généraux d'un financement de projet et de voir comment ils s'appliquent plus spécifiquement au cas des projets de biométhanisation. Au-delà des principes techniques, nous ferons un bref état des lieux du marché, des attentes des investisseurs et des prêteurs, ainsi que des conditions généralement observées. Nous ferons également quelques comparaisons avec d'autres secteurs des énergies renouvelables, les projets d'infrastructure, le secteur minier et les projets industriels.

Le financement de l'innovation comme clé du développement technologique

Andrée-Lise Méthot (Cycle Capital)

Le financement des technologies stimulantes de portée mondiale peut changer le profil de rentabilité et la performance environnementale des secteurs minier et de l'énergie. Lors de cette présentation, nous verrons deux exemples d'entreprises innovantes, soit celui de MineSense qui conçoit des outils numériques de précision pour l'exploitation minière et ESS qui œuvre dans le stockage de l'énergie verte.

SÉANCE 24

PLUS QUE JAMAIS, LES BIOÉNERGIES

La bioénergie dans le secteur des produits forestiers : synergies technologiques, logistiques et d'affaires

Jean Hamel (FPInnovations)

Nous ferons ici une mise en contexte de la production de l'énergie provenant de la biomasse forestière dans le contexte d'une demande croissante pour les produits biosourcés. Plusieurs secteurs y trouveront des possibilités d'affaires et des synergies possibles.

De nouvelles stratégies d'approvisionnement devront être élaborées en tenant compte des nouvelles synergies envisageables tant au niveau des usines, de l'approvisionnement forestier, de l'utilisation des produits et de leur mise en marché. Cette conférence permettra de présenter la perspective de différents secteurs industriels concernant la mise en œuvre de la stratégie bioénergie et d'identifier les facteurs pouvant faciliter et accélérer son exécution.

Perspectives des producteurs canadiens de carburant sur la production et l'intégration des biocarburants

Bob Larocque (Association canadienne des carburants)

Cette conférence touchera les points suivants :

- ▶ Comment les producteurs de carburant au Canada envisagent-ils la production et l'intégration des biocarburants dans les chaînes de valeur?
- ▶ Quels sont les plus gros défis, potentiel et occasions pour accélérer la production et l'utilisation des biocarburants?

Perspectives internationales

Le développement de la filière biocarburants avancés chez TotalEnergies : l'expérience BioTfuel (Synergies et partenariat technologiques) et développement des nouvelles filières

Michael Hecquet (TotalEnergies)

Le consortium BioTfuel (Axens, Avril, CEA, IFPEN, tkIS-Udhe, TotalEnergies) a permis de mettre en œuvre deux usines de démonstration pour appuyer et sécuriser le développement d'une chaîne de procédés intégrés permettant la production industrielle de biocarburants de 2^e génération (ou solutions avancées) à partir de biomasses lignocellulosiques.

Il s'agit d'un exemple concret d'une approche collaborative, intégrant l'ensemble des acteurs de la chaîne de valeur en vue de relever efficacement les défis inhérents au développement d'une nouvelle filière technologique. Il illustre, à son échelle, l'engagement de TotalEnergies dans sa stratégie de transition énergétique multiénergies (segments du pétrole, du gaz naturel, de l'électricité et des énergies renouvelables [biomasse, éolien, solaire, hydrogène, etc.]) pour atteindre la neutralité carbone en 2050. La recherche de synergies avec les acteurs directs et indirects des écosystèmes de production de carburants avancés sera discutée à différents niveaux (approvisionnement, techniques, mise en marché).

Perspectives des produits forestiers

Les synergies et les défis de développement des bioénergies dans le secteur des produits forestiers

Robert Dufresne (Produits forestiers Résolu)

Les entreprises de produits forestiers possèdent des infrastructures et des moyens logistiques d'accès à la forêt. Plusieurs synergies sont possibles à plusieurs niveaux avec la filière des bioénergies. Cette conférence permettra de présenter la perspective d'une entreprise forestière sur le développement de cette filière.

Perspectives du développement économique régional

Les centres de valorisation de la biomasse forestière, une solution pour solidifier la chaîne de valeur forestière : l'expérience de la MRC Domaine-du-Roy

Jean Simard (MRC Domaine-du-Roy)

Cette conférence décrira un projet de développement de la filière des bioproduits et sa mise en œuvre dans une perspective régionale.

Bénéficiant de l'un des plus grands territoires forestiers du Québec et forte de l'expertise et du savoir-faire acquis par les entreprises du secteur forestier, la MRC du Domaine-du-Roy a tous les atouts nécessaires pour accueillir des projets novateurs dans les nouvelles filières en développement telles que la bioéconomie.

Conscients de l'urgence de mettre en œuvre des modèles d'affaires alternatifs qui valorisent l'ensemble des ressources du milieu forestier, nous misons sur le remplacement graduel des produits fossiles par les bioproduits. À titre d'exemple, mentionnons la mise sur pied de la filière du biocharbon en partenariat avec la communauté de Mashteuiatsh qui se manifeste par le projet Biochar Boréal, une vitrine technologique de développement de biocharbon et des bioproduits à partir de biomasse forestière.

Les défis, les enjeux et les potentiels du développement de cette filière du point de vue de la MRC seront discutés.

SÉANCE 25

LA MOBILITÉ EN PLEINE MUTATION

Transport de marchandises, aménagement du territoire et enjeux climatiques

Benoît Rigaud (Comité consultatif sur les changements climatiques)

Le Comité consultatif sur les changements climatiques a présenté un avis sur l'aménagement du territoire en mai 2022. Il élabore actuellement un avis à l'attention du ministre de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques concernant la décarbonation du transport de marchandises dont la publication est prévue à l'hiver 2023. La présentation permettra de faire un état de situation des tendances d'émission de ce secteur et des différentes options de politiques publiques envisageables dans un contexte de carboneutralité à l'horizon 2050. Les recommandations rendues publiques en mai 2022 concernant l'aménagement du territoire, la densification du tissu urbain, la localisation des pôles de services et le développement des transports actifs, collectifs et partagés seront également abordées.

Alimentation dynamique par caténaire sur les autoroutes

Alan Morris (Siemens Canada)

Même un scénario ambitieux de passage au rail verrait le secteur du fret routier émettre plus de CO₂ qu'aujourd'hui et rester ainsi la plus grande source de gaz à effet de serre du transport terrestre de marchandises.

Évolution de la consommation du parc automobile de 2013 à 2021

Pierre-Olivier Pineau (HEC Montréal)

Le parc automobile grandit au Québec. Il est bien documenté que la province accueille chaque année de plus en plus de véhicules de plus en plus gros et cela dans toutes les régions. La consommation d'énergie de ces véhicules est cependant bien moins suivie. Cette présentation veut rendre compte de l'évolution de la consommation d'énergie des véhicules de promenade entre 2013 et 2021. Les données de la SAAQ concernant le parc automobile immatriculé au Québec ont été jumelées aux informations compilées par Ressources naturelles Canada sur l'efficacité énergétique des véhicules. Les améliorations de l'efficacité énergétique des nouveaux véhicules sont en partie éliminées par l'accroissement de la proportion de véhicules plus énergivores, ce qui a des implications sur les objectifs énergétiques et de transition.

Stratégie d'électrification des transports de la ville de Montréal 2021-2023

Jonathan Robichaud (Ville de Montréal)

En 2021, la Ville de Montréal publiait sa deuxième Stratégie d'électrification des transports, déclinée en sept orientations. Cette stratégie définit un cadre d'intervention unifié pour une série d'actions diverses, mais toutes orientées vers la transition énergétique. Près de 18 mois après son adoption, quelles leçons peut-on tirer de cette démarche alors que la collectivité montréalaise accélère son virage vers l'électromobilité? Quels obstacles se dressent face à cette tendance et quelles sont les possibilités pour les municipalités et pour l'écosystème de la mobilité durable et électrique?

Quoi de neuf en transport chez Hydro-Québec

France Lampron (Hydro-Québec)

À l'horizon de 2030, le Québec souhaite voir circuler 1,6 million de véhicules électriques sur nos routes. Pour atteindre cet objectif ambitieux, l'infrastructure de recharge devra être considérablement élargie. Premier réseau de recharge publique canadien et toujours en croissance rapide, le Circuit électrique examinera dans cette conférence les solutions qu'il entrevoit aux grands défis à relever pour réussir ce déploiement. Comment servir les orphelins de bornes dans les centres urbains ou encore les personnes vivant en multilogements? Quel sera le modèle de recharge pour le transport lourd? Comment accueillir intelligemment cette flotte de véhicules électriques sur le réseau? Plusieurs initiatives et projets pilotes sont en cours ou seront lancés sous peu par HQ et seront présentés en primeur lors de cette présentation!

SÉANCE 25

LE CAPTAGE ET LE STOCKAGE DE CARBONE (CSC), OÙ EN SOMMES-NOUS?

L'interdiction de rechercher ou de produire des hydrocarbures : un virage vert

Nicolas Juneau et Pascal Perron (MRNF)

La Loi mettant fin à la recherche d'hydrocarbures ou de réservoirs souterrains, à la production d'hydrocarbures et à l'exploitation de la saumure, entrée en vigueur le 23 août 2022, interdit la recherche et la production d'hydrocarbures, l'exploitation de la saumure, la recherche de réservoirs souterrains et elle révoque certains droits. Elle impose également de procéder à la fermeture définitive des puits et à la restauration des sites. La Loi prévoit aussi la possibilité de réaliser des projets pilotes balisés par des conditions fixées par le biais d'arrêtés ministériels. De tels projets pilotes pourraient avoir lieu dans les puits d'hydrocarbures afin d'acquérir de nouvelles données, et ce, avant la fermeture définitive obligatoire de ces derniers. Ces projets doivent être conçus dans une optique où aucun hydrocarbure ne peut être extrait.

Captage et transport de CO₂ : revue des options possibles pour l'industrie québécoise

Philippe Navarri
(CanmetÉNERGIE, Ressources naturelles Canada)

L'atteinte des objectifs de carboneutralité nécessite la mise en œuvre de plusieurs stratégies, incluant l'efficacité et la sobriété énergétique, l'utilisation de sources d'énergie décarbonées, l'électrification, ainsi que le captage et le stockage géologique du CO₂. Pour les émetteurs industriels dont les émissions ne peuvent pas être réduites à la source, le captage du CO₂ demeure la seule possibilité. Mais avant de pouvoir le stocker, le CO₂ doit être capté et transporté jusqu'à un site de séquestration. Plusieurs technologies de captage et modes de transport du CO₂ sont possibles et doivent être adaptées aux particularités de la source d'émission et à son emplacement. Après une revue des options possibles, des scénarios de captage et de transport de CO₂ qui pourraient être considérés au Québec seront abordés.

Une synthèse du stockage géologique au Québec

Karine Bédard, Félix-Antoine Comeau, Bernard Giroux et Louis-César Pasquier (INRS-ETE)

Depuis plus d'une quinzaine d'années, le milieu québécois de la recherche s'intéresse aux défis technologiques que posent le stockage géologique du CO₂ et la carbonatation minérale. Cette présentation se veut un survol des travaux universitaires sur le sujet. Nous traiterons notamment du potentiel de stockage de la province, des secteurs présentant des conditions géologiques favorables, de la surveillance de l'injection et de la minéralisation du carbone.

Une industrie québécoise plus compétitive grâce à la capture de carbone

Richard Surprenant (Saipem)

Plusieurs pays pratiquent la capture de carbone de façon sécuritaire et voient l'essor de réseaux de capture comme l'une des solutions importantes pour atteindre leurs objectifs de neutralité carbone tout en augmentant la compétitivité de leurs industries. La neutralité carbone du Québec passe certes par l'électrification et l'hydrogénation de ses sources d'énergie, mais il ne pourra pas atteindre cet objectif par ces seuls moyens. Comment décarboner les émissions importantes de procédés de décarbonation comme les cimenteries ou les pâtes et papiers? Comment le Québec, avec un sous-sol moins favorable et une faible culture de l'extraction des hydrocarbures, peut-il tirer son épingle du jeu?

SÉANCE 26

LA GÉOCHIMIE DANS TOUS SES ÉTATS! NOUVEAUTÉS ET PERSPECTIVES POUR LA MÉTALLOGÉNIE ET L'EXPLORATION

Analyse des inclusions fluides par spectrométrie de masses à sonde solide : contributions à la métallogénie et l'exploration minérale et développements futurs

Damien Gaboury (UQAC)

Le but de cette conférence est de présenter le développement et les avancées scientifiques d'une technique permettant l'analyse des composés volatils dans les inclusions fluides des minéralisations aurifères de type orogénique. Les contributions scientifiques et leurs implications seront détaillées. Ces résultats sont issus de l'analyse de centaines d'échantillons de veines de quartz en provenance de gisements de tous les continents mis en place durant les différentes périodes de minéralisations aurifères de type orogénique, soit l'Archéen, le Paléoprotérozoïque, le Néoprotérozoïque et le Mésozoïque.

Une première contribution scientifique a été de valider le modèle de source sédimentaire de l'or, un modèle proposé initialement par les Australiens. À partir d'échantillons du gisement de Detour Gold (Ontario - Archéen) et du district minier de Mana (Burkina Faso - Paléoprotérozoïque), il est possible de démontrer que l'éthane (C₂H₆) dans les inclusions fluides constitue un traceur de la maturation thermique (métamorphisme) de shales pyriteux en profondeur. Les pyrites primaires, anormales en or et autres métaux, libèrent l'or et le soufre (lignant HS⁻) lors de la transformation métamorphique de la pyrite en pyrrhotite. Les fluides riches en CO₂ dans les gisements volumineux ou très riches en or proviendraient de réactions chimiques qui consomment l'éthane, suggérant ainsi la possibilité d'une source sédimentaire. Des réactions similaires au sein des fluides hydrothermaux sont également à l'origine de la composition unique des fluides (faible en CO₂, C₂H₆, CH₄ et H₂) des minéralisations mésozoïques dans les Schistes d'Otago (Nouvelle-Zélande) et appuient également une source sédimentaire. Au Néoprotérozoïque, les minéralisations aurifères du désert nubien du Soudan montrent aussi la présence d'éthane.

L'importance d'une source sédimentaire pour l'or est démontrée par le retour des minéralisations aurifères au Néoprotérozoïque après une absence relative entre 1800 et 800 Ma (« the boring period »). Cette reprise est expliquée par une modification de la chimie des océans permettant la concentration de l'or dans la pyrite nodulaire.

D'autre part, la présence d'éthane et de méthane dans les inclusions fluides semble indiquer que les hydrocarbures plus lourds et d'autres composés organiques pourraient jouer un rôle dans le transport de l'or. Dans le cas du gisement exceptionnellement riche en or de Perron (AMEX Exploration) en Abitibi, les calculs démontrent que les conditions physicochimiques de mise en place de ce gisement se situent dans la plage optimale de solubilité de l'or dans les fluides aqueux. Toutefois, les analyses des inclusions fluides indiquent que les fluides minéralisateurs sont dépourvus d'eau. Cette absence implique des conditions particulières favorisant le transport de l'or. À Perron, nous proposons que l'or ait été transporté par des complexes Au-hydrocarbures ou sous la forme de nanoparticules d'or. Ces deux concepts sont d'actualité et font l'objet de recherches expérimentales.

Finalement, l'analyse des composés volatils dans les inclusions fluides contribue à l'avancement des connaissances sur les processus à l'origine des minéralisations de type orogénique. Cette méthode est aussi appropriée pour l'exploration, car elle permet de sélectionner les secteurs où les veines de quartz renferment des composés favorables. Avec le système actuel, le nombre d'analyses est limité à 5 échantillons par jour. Des améliorations sont en cours en collaboration avec Laurentia Exploration pour rendre la technique accessible commercialement.

Sources et transport des métaux dans les systèmes magmatiques-hydrothermaux actifs : perspectives soulevées par l'analyse des fluides profonds

Marion Saby (UQAM)

Les systèmes magmatiques-hydrothermaux présentent un grand intérêt en tant que sondes de la dynamique intérieure de la Terre. Ils constituent des sites de mobilisation et de redistribution des éléments dans la croûte et représentent donc une voie préférentielle de transfert des éléments des profondeurs vers la surface. Le comportement des métaux dans ces milieux a conduit à reconnaître les systèmes magmatiques-hydrothermaux actifs comme des analogues des gisements magmatiques-hydrothermaux fossiles. Bien que notre compréhension de ces systèmes se soit améliorée ces dernières années, il existe encore des incertitudes concernant les sources de fluides et de métaux, en particulier la contribution relative du dégazage du magma et des interactions eau-roche. Dans cette étude, nous combinons les données d'analyse des gaz rares et des métaux volatils dans les fluides et les roches du champ géothermique de Theistareykir (NE de l'Islande) pour mieux préciser la contribution relative de ces deux sources. Les données sur les isotopes de l'hélium suggèrent que 80 à 85 % de l'hélium provient du dégazage du magma. De même, la signature élémentaire du dégazage magmatique et de l'interaction eau-roche démontre que le fluide du réservoir géothermique profond est dominé par l'apport magmatique à 80 %, le lessivage de la roche hôte contribuant pour les 20 % restants. La libération estimée d'éléments provenant du dégazage du magma par rapport à la composition des fluides profonds montre que la source dominante des éléments est le fluide libéré par le magma, à l'exception de Mn, Fe, Co, Cu, Ti et V. Le rapport $^3\text{He}/^4\text{He}$, corrigé pour la contamination de l'air (Rc/Ra), est corrélé positivement avec la concentration des métaux volatils et indique que le Bi et le Hg sont principalement dérivés du dégazage du magma. Les variations des rapports Rc/Ra et des teneurs en métaux volatils entre les puits suggèrent l'influence des structures locales et régionales sur le cheminement des fluides de la profondeur vers la surface.

Application de la multi-isotopie du soufre au traçage des gisements de SMV archéens

Guillaume Barré, Crystal LaFlamme, Georges Beaudoin (U. Laval), Jean Goutier (consultant) et Pierre Cartigny (U. Laval)

On considère que la source du soufre des minéralisations de sulfures massifs volcanogènes (SMV) est principalement d'origine magmatique avec une contribution d'autres réservoirs, en particulier les sulfates de l'eau de mer et les sulfures des roches encaissantes. Les sulfates de l'eau de mer peuvent être incorporés dans le fluide hydrothermal grâce au phénomène de thermoréduction des sulfates (TSR), lequel peut être mis en évidence dans les sulfures massifs par des analyses multi-isotopiques du soufre ($\delta^{33}\text{S}$, $\delta^{34}\text{S}$, $\delta^{36}\text{S}$). Bien que l'apport de sulfates dans les gisements de SMV archéens ait déjà été suggéré, aucune preuve directe ou quantification de cette influence en fonction du type de SMV n'est disponible.

Le projet présenté ici vise à quantifier l'incorporation des sulfates de l'eau de mer lors de la formation des différents types de SMV afin de concevoir un nouvel outil de ciblage des SMV archéens. Pour cela, nous avons réalisé des analyses multi-isotopiques du soufre de gisements de SMV et d'exhalites néoarchéens faiblement à modérément métamorphisés du camp de Noranda et de la mine McLeod Deep dans le camp de Matagami. Ce dernier correspond à un SMV de type remplacement sous-marin, alors que les exhalites et les SMV du camp de Noranda sont intercalés avec des laves coussinées, indiquant un lien direct avec l'eau de mer. Nos analyses montrent que chaque type de gisement possède une signature isotopique distincte. Le dépôt de remplacement sous-marin McLeod Deep présente une signature typiquement magmatique, sans influence de sulfate d'eau de mer, avec des valeurs de $\delta^{34}\text{S}$ et de $\Delta^{33}\text{S}$ proches de 0 ‰ ($-0,51 \text{ ‰} \pm 0,57$ et $-0,04 \text{ ‰} \pm 0,02$, respectivement). En revanche, les exhalites du camp de Noranda donnent des valeurs de $\delta^{34}\text{S}$ de $+3,03 \text{ ‰} \pm 0,54$ et de $\Delta^{33}\text{S} = -0,78 \text{ ‰} \pm 0,11$, qui sont interprétées comme une indication d'un apport significatif de sulfate d'eau de mer. Les dépôts de SMV du camp de Noranda montrent des signatures intermédiaires entre les deux autres types avec des valeurs de $\delta^{34}\text{S}$ de $+1,34 \text{ ‰} \pm 0,49$ et de $\Delta^{33}\text{S} = -0,14 \text{ ‰} \pm 0,05$, correspondant à une contribution moins importante de sulfate d'eau de mer. Ces variations isotopiques sont directement associées à la distance des gisements par rapport au panache de fluides hydrothermaux principal et à leur profondeur. Si le gisement est le résultat d'un remplacement sous-marin, aucune influence de sulfate n'est attendue, à l'inverse des gisements se formant sur le plancher océanique. Plus on s'éloigne du conduit hydrothermal principal, moins l'influence de l'eau de mer sera importante. Ces signatures isotopiques particulières peuvent ainsi être utilisées pour mieux localiser les gisements de SMV archéens.

Composition en éléments en traces de la chalcopryrite : variation et implications pour l'exploration minière

Enzo Caraballo, Georges Beaudoin (U.Laval), Sarah Dare (UQAC), Dominique Genna (CONSOREM), Sven Petersen (Helmholtz Centre for Ocean Research Kiel), Jorge M.R.S. Relvas (Universidade de Lisboa) et Stephen J. Piercey (Memorial University of Newfoundland)

La chalcopryrite est un sulfure de cuivre et de fer commun dans une grande variété de gîtes minéraux magmatiques et hydrothermaux. Sa composition en éléments en traces est très variable. La structure cristalline, le coefficient de partage entre les minéraux et la composition du magma/fluide hydrothermal sont les facteurs les plus importants qui contrôlent le contenu en éléments en traces dans la chalcopryrite et qui reflètent les conditions physicochimiques de l'environnement géologique de formation. Ces caractéristiques ainsi que les propriétés physiques de ce minéral favorisent le choix de la chalcopryrite comme minéral indicateur potentiel pour l'exploration.

Dans les dernières années, une grande variété de minéraux indicateurs a été étudiée (or, scheelite, magnétite, etc.). Néanmoins, très peu d'études ont été menées sur la chalcopryrite en utilisant une approche statistique multivariée ou d'apprentissage automatique. Dans cette étude, un total de 1832 grains de chalcopryrite, appartenant à 8 différents types de gisements à l'échelle mondiale, ont été analysés par LA-ICP-MS (*Laser Ablation-Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry*) avec l'objectif de déterminer des critères géochimiques permettant l'utilisation de la chalcopryrite comme un minéral indicateur. Les données ont été examinées à l'aide de méthodes statistiques afin de comprendre le lien entre les variations de composition des éléments en traces dans la chalcopryrite et les différents types de dépôts. Des modèles de classification par analyse discriminante par les moindres carrés partiels (PLS-DA) et par *Random Forest* (RF) ont été conçus afin de prédire la provenance d'échantillons inconnus en utilisant ces éléments.

En général, la chalcopryrite des minéralisations magmatiques est caractérisée par des valeurs significativement plus élevées de Ni par rapport à celles de minéralisations hydrothermales. L'analyse par PLS-DA montre que le contenu en éléments en traces dans les dépôts d'EGP lités est principalement contrôlé par les rapports élevés de liquide sulfuré/magma pendant la cristallisation, ce qui conduit à un enrichissement en Se dans la chalcopryrite en comparaison à celles des dépôts de sulfures à Ni-Cu. Les variations des éléments en traces dans la chalcopryrite sont également influencées par les processus de cristallisation fractionnée du liquide sulfuré dans les dépôts de sulfures de Ni-Cu. Ainsi, la chalcopryrite issue d'une solution solide intermédiaire (iss) est enrichie en Ag, Bi, Cd, Pb, Se, Sn et Tl par rapport à celle provenant d'une solution solide de monosulfure (mss).

Dans un contexte de dépôts de sulfures massifs volcano-gènes (SMV), les éléments en traces dans la chalcopryrite varient en fonction de la composition de la roche encaissante, déterminée à son tour par le sous-type de minéralisation. La chalcopryrite provenant de SMV du sous-type ultramafique est riche en Ni, Co et Te, alors que celle des SMV siliciclastiques-felsiques présente des teneurs élevées en Sb, Bi et In. Dans les sous-types mafique et pélitique-mafique, la chalcopryrite est respectivement enrichie en Pb et Mn, tandis que les dépôts bimodaux-mafiques et bimodaux-felsiques montrent des compositions similaires. Dans une moindre mesure, la composition de la chalcopryrite est aussi contrôlée par le rapport $Ccp/(Ccp + Sp)$ des échantillons.

Ces résultats démontrent que la composition en éléments en traces de la chalcopryrite peut être utilisée aux fins d'exploration minérale pour diverses substances.

Empreinte des gîtes métallifères dans l'eau souterraine du Bouclier canadien : études de cas et perspectives pour l'exploration

Silvain Rafini (CONSOREM et UQAC)

L'amélioration des capacités de détection analytique apportée par la spectroscopie de masse à haute résolution a permis l'émergence d'une nouvelle méthode d'exploration minérale, l'hydrogéochimie souterraine. Celle-ci consiste à détecter dans l'eau souterraine les halos chimiques émanant de gîtes métallifères. D'abord confinée au domaine de la recherche universitaire dans les années 2000, cette méthode est progressivement transférée au secteur industriel à partir du milieu des années 2010. Depuis 2016, le CONSOREM a testé puis développé cet outil d'exploration dans le contexte spécifique des aquifères de roc fracturé du Bouclier canadien recouvert totalement ou partiellement de sédiments glaciaires transportés. Sept études de cas ont été réalisées dans l'environnement de six gisements zincifères et aurifères archéens de l'Abitibi à des profondeurs comprises entre 50 et plus de 1200 m. Ces études ont révélé les empreintes de ces minéralisations dans l'eau souterraine à toutes les profondeurs investiguées (jusqu'à 1200 m), leurs compositions en éléments majeurs, en traces et en ultratrace, leurs fractionnements géochimiques, la géométrie des halos et les contrôles hydrogéologiques. Ces empreintes sont plus prononcées à forte profondeur en raison de l'augmentation de la solubilité de la plupart des métaux de transition, due à la disponibilité des ligands chlorurés dans les eaux saumâtres continentales dont la salinité dépasse celle de l'eau de mer à partir d'une profondeur d'un kilomètre.

Les halos hydrogéochimiques mesurés en contexte de minéralisations zincifères présentent un enrichissement en Zn, Co, Sb, Ni, Sn et V. Dans le cas des gîtes aurifères, on observe une empreinte enrichie en Au, Ag, Sb, Pt, W, Zn, Sn, Hg et Y et, dans certains cas, en terres rares (Ce et La). Les anomalies en or dans l'eau souterraine sont détectées en concentrations ultratrace, de l'ordre de 10 à 100 ppt. Elles montrent néanmoins un enrichissement très marqué et spatialement très cohérent par rapport à la teneur de fond qui est de l'ordre de 0,1 ppt. La géométrie des halos révèle un

contrôle très net par les réseaux de fractures perméables, caractérisés par une forte anisotropie et une compartimentation hydraulique. Dans la direction aval des fractures recoupant les minéralisations, les empreintes sont détectables jusqu'à des distances dépassant 2 km. Ces travaux ont démontré sans équivoque que l'analyse de l'eau dans les forages d'exploration peut révéler la présence de minéralisation là où aucun signal n'est détectable dans la roche. Cette méthode est efficace tout particulièrement dans les contextes où les autres méthodes de géochimie de l'environnement secondaire perdent leur efficacité, c'est-à-dire pour l'exploration profonde et/ou sous couverture transportée épaisse. Les tests réalisés au cours des campagnes successives d'échantillonnage ont permis d'élaborer et de valider des protocoles opératoires et d'interprétation adaptés aux terrains québécois nordiques ainsi qu'aux conditions d'exploration active (forages en cours). La méthode est maintenant mûre pour un usage en exploration. Ainsi, un échantillonnage systématique des forages devrait permettre de vérifier la présence de corps minéralisés non interceptés dans l'environnement du forage. Elle contribue donc à augmenter, à un coût modique, la portée des informations accessibles par les forages.

SÉANCE 27

LA TRANSITION ÉNERGÉTIQUE DU BÂTIMENT, L'AFFAIRE DE TOUS!

Les données au service de la réglementation climatique

Jonathan Théorêt (Ville de Montréal)

Pour réduire les émissions des bâtiments, lesquels sont responsables en 2018 de plus de 26 % des émissions de GES de la collectivité montréalaise, des actions décisives doivent être mises en œuvre rapidement. Le nouveau règlement sur la divulgation et la cotation des émissions de GES des grands bâtiments, adopté en 2021, vise à sensibiliser les propriétaires à réduire de façon continue et généralisée leurs émissions de GES par la mise en commun et la comparaison de l'information touchant la consommation d'énergie de leurs édifices. Le règlement vient ainsi poser les fondations du système de divulgation, cotation et performance annoncé dans le Plan climat et détaillé lors du Sommet climat Montréal.

L'analytique de données : un outil précieux au service de la transition énergétique

François Dussault (CQ3E)

La pérennité des performances énergétiques et des efforts de décarbonation passe par la collecte et l'analyse judicieuse de données probantes, la comparaison avec des cibles, la mise en lumière des tendances et l'application des actions proactives pour maintenir le cap. Cette conférence sera l'occasion de présenter un outil dynamique afin d'appuyer les meilleures pratiques de gestion de l'énergie.

Stockage thermique : conjuguer gestion de pointe électrique et décarbonation

Vincent Chabot (École de technologie supérieure)

Le stockage thermique constitue un outil à considérer pour la transition énergétique dans le domaine du chauffage des bâtiments commerciaux et institutionnels. Cette conférence présente les constats et les recommandations sur l'utilisation efficiente des accumulateurs thermiques centralisés tirés d'études de cas effectuées dans des établissements scolaires. Ces résultats sont issus du travail réalisé au Laboratoire thermique et science du bâtiment de l'École de technologie supérieure, pour le compte du ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles.

Quand transition énergétique rime avec exemplarité de l'État!

Michel Fournier (MRNF)

Le gouvernement du Québec s'est fixé des cibles ambitieuses en matière de consommation énergétique et d'émissions de gaz à effet de serre pour son propre parc immobilier (plus de 12 000 bâtiments). Un changement de culture est ainsi en cours. Il mobilise les acteurs et les amène à contribuer aux efforts de réduction dans chacun des gestes touchant l'immobilier. Au cœur de ces stratégies : le virage vers l'usage prioritaire de l'énergie renouvelable. La présentation fera état de cette orientation et présentera les critères concrets qui l'encadrent.

SÉANCE 28

LA TRANSITION ÉNERGÉTIQUE DES MINES : PERSPECTIVES, DÉFIS ET SOLUTIONS

Défis et occasions dans la gestion de l'énergie et du contrôle des émissions de GES

Alain Beauséjour (Groupe MISA)

L'industrie minière est un grand consommateur d'énergie. Les divers complexes miniers en exploitation sur le territoire québécois présentent une variété de profils énergétiques. Quels sont ces profils? Quels sont les défis partagés par ces exploitations pouvant mener à des occasions technologiques et d'affaires susceptibles d'améliorer le bilan énergétique de l'industrie? Quels sont les défis particuliers qui risquent d'allonger la durée d'une transition énergétique? Comment de telles analyses permettront-elles d'améliorer la compréhension des initiatives actuelles et futures dans le domaine de la gestion de l'énergie et de la réduction des émissions de GES?

Les engins hybrides et électriques dans le secteur minier au Québec : perspectives, analyses et besoins de formation

Nicolas Thérault (Institut national des mines)

Cette conférence constitue l'occasion d'en apprendre davantage sur les engins miniers hybrides et électriques dans le secteur minier québécois. Une présentation sommaire du contenu du rapport de l'Institut national des mines, publié au printemps 2022 sur le sujet et intitulé *Engins hybrides et électriques dans le secteur minier au Québec : perspectives, analyses et besoins de formation* sera offerte. Dans le cadre de cette communication seront présentés plus spécifiquement un portrait de la planification des mines et des projets miniers du Québec en ce qui a trait à l'introduction de ces engins dans leurs activités ainsi qu'une analyse des besoins de formation découlant de l'introduction de ces engins dans les exploitations minières. Les données dévoilées proviennent en majeure partie d'une collecte de données réalisées auprès des mines et des projets miniers du Québec en 2021 : 83 % des mines actives ou en maintenance ainsi que 56 % des projets miniers du Québec ont participé à l'enquête. Cette dernière dévoile une foule d'informations stratégiques quant à la planification des sociétés minières à l'égard de la transition de leurs parcs vers des modèles d'engins miniers hybrides ou électriques, la proportion de ces engins dans les mines québécoises en date de 2021 et les besoins de formation actuels et futurs des entreprises du secteur en regard à l'entretien de ces engins. Une conférence à ne pas manquer dans un contexte où les engins miniers hybrides et électriques font d'ores et déjà une entrée remarquée dans le secteur minier.

Un camion minier de 40 tonnes et 100 % électrique : premières conclusions d'un projet québécois de R et D collaborative

Romain Gayet (Propulsion Québec)

Alors que les véhicules diesel sont responsables d'importantes émissions de gaz à effet de serre en plus de générer des coûts d'exploitation élevés, l'Institut du véhicule innovant (IVI), Propulsion Québec et le Conseil national de recherches du Canada (CNRC), en collaboration avec CanMET Mines, Adria Power Systems, Dana TM4, Fournier et Fils, ainsi que Nouveau Monde Graphite et Simard Suspensions, travaillent depuis 2020 à concevoir un camion minier 100 % électrique entièrement conçu et assemblé au Québec et destiné à l'industrie minière à ciel ouvert.

Dans le cadre de cette conférence, nous présenterons les étapes du projet consistant à convertir un camion Western Star 6900XD d'une capacité de chargement de 40 tonnes, de la phase de recherche et développement à celle des tests du véhicule, mais aussi de son infrastructure de recharge. Nous aborderons les enjeux du projet et les solutions apportées en lien avec les composantes du véhicule (moteur, batterie, infrastructures de recharge) ainsi qu'à la mise en œuvre sur le terrain.

Microturbinage de l'eau de service dans les mines souterraines

Norman Lévesque (Bearstream)

Le projet de microturbinage de l'eau proposé par Bearstream consiste à produire de l'énergie électrique en récupérant l'énergie potentielle présente dans l'eau de service utilisée pour les différentes opérations minières souterraines. Des microturbines hydrauliques sont installées sur des conduites d'eau existantes de manière à récupérer l'énergie actuellement dissipée au travers de valves régulatrices de pression (VRP).

Un projet de démonstration à la mine Raglan est en cours. La puissance des turbines installées pourrait atteindre 14 kW par unité et présente un potentiel de production d'énergie de 102 MWh par année.

Pour répondre aux besoins de Raglan, la turbine développée devra fournir les mêmes caractéristiques de régularisation de pression que les valves actuellement utilisées, en plus de produire de l'énergie électrique sans affecter le réseau de distribution électrique interne.

Les turbines seront branchées sur les transformateurs de services existants qui sont localisés non loin de la rampe d'accès.

Genset-Synchro : comment sauver la planète, un litre de diesel à la fois

Jean-Pierre Fournier (Technologie Genset-Synchro)

Le moteur à combustion interne est l'ennemie. Et dans un monde idéal, il ne devrait plus exister. On trouve toutefois des situations où, malheureusement, son utilisation restera inévitable : communautés éloignées, transport maritime, exploitations minières non connectées au réseau.

Venez apprendre comment Technologie Genset Synchro aborde ce problème, avec une technologie innovante qui permet aux équipements actuels de diminuer leur consommation de diesel de 10 %.

Suivi dynamique de l'empreinte carbone des compagnies minières

Florent Bouguin (Groupe Optel)

La transformation numérique permet à la fois aux PME et aux grandes entreprises d'évaluer les impacts de leur chaîne de valeurs sur l'environnement et sur la société tout entière en les guidant dans la prise de meilleures décisions d'affaires. Dans cette conférence, plusieurs cas seront présentés qui permettront d'illustrer comment le Québec se positionne comme un acteur incontournable de l'industrie minière tant par ses richesses naturelles que par son fort potentiel en pratiques durables. Nous discuterons des occasions et des obstacles susceptibles de se présenter dans le processus de transition de la chaîne d'approvisionnement vers plus de durabilité et plus de performance.

RÉSUMÉS DES PHOTOPRÉSENTATIONS

Évolution tectonique de l'Orogène de l'Ungava : objectifs de recherche	72	Géologie de la région du ruisseau aux Alouettes, Sous-Province de l'Abitibi, Eeyou Istchee Baie-James.....	77
Cristina Accotto, Mehdi Jouhari, Simon Tournier (U. Laval), Isabelle Therriault (UBC Okanagan), Carl Guilmette, Crystal Laflamme (U. Laval), Kyle Larson (UBC Okanagan), Marc-Antoine Vanier et Guillaume Mathieu (MRNF)		Mélanie Beaudette et Yannick Daoudene (MRNF)	
Acclimatation de plantes indigènes au territoire Eeyou Istchee Baie-James pour la restauration minière.....	72	Géologie de la région de l'Île-du-Grand-Calumet, Province de Grenville, Québec, Canada.....	77
Olivier Alix-Paré, Jean-Philippe Bellenger (Université de Sherbrooke), Line Rochefort (U. Laval), Isabelle Laforest-Lapointe, Bill Shipley et Sébastien Roy (Université de Sherbrooke)		Carl Bilodeau (MRNF)	
Pegmatites granitiques à allanite enrichie en terres rares dans le Grenville central — Description de terrain et premiers résultats ..	73	Inventaire des ressources en granulats de la région de Mont-Laurier.....	78
Pedro Alves, Bertrand Rottier (U. Laval), Abdelali Moukhsil (MRNF) et Crystal Laflamme (U. Laval)		André Brazeau (MRNF) et Florian Hastir (U. Laval)	
Synthèse géologique de la Sous-province de Nemiscau, Eeyou Istchee Baie-James	73	Cartographie de la géologie et surveillance des risques de radiation par l'amélioration de la qualité et l'interprétabilité des données spectrométriques.....	78
Daniel Bandyayera, Emmanuel Caron-Côté (MRNF), Rocio Pedreira Perez (UQAM), Myriam Côté-Roberge et William Chartier-Montreuil (MRNF)3		Li Zhen Cheng, Bahman Abbassi et Chong Liu (UQAT)	
Géologie de la région du lac Le Vilin, Eeyou Istchee Baie-James.....	74	Évolution magmatique du Complexe intrusif d'Upper Beaver et implications pour les minéralisations Au-Cu	79
Daniel Bandyayera et Emmanuel Caron-Côté (MRNF)		Michael Cloutier, Bertrand Rottier (U. Laval), Ross Sherlock (Université Laurentienne), George Beaudoin (U. Laval), Jonathan Sutton et Olivier Côté-Mantha (Mines Agnico Eagle)	
Géologie de la région du lac de la Marée, Eeyou Istchee Baie-James.....	75	Géologie de la région du lac Conviac, Eeyou Istchee Baie-James	80
Daniel Bandyayera et Emmanuel Caron-Côté (MRNF)		Myriam Côté-Roberge, William Chartier-Montreuil, Maxym-Karl Hamel-Hébert et Daniel Bandyayera (MRNF)	
Stratigraphie, volcanologie, sédimentologie et géochimie de la Formation de Blondeau à l'ouest de Chapais (SNRC 32G13), Sous-province de l'Abitibi	75	Géologie de la région du lac Cadet, Eeyou Istchee Baie-James.....	80
Guillaume Bats, Pierre-Simon Ross (INRS-ETE), Yannick Daoudene et Mélanie Beaudette (MRNF)		Myriam Côté-Roberge et William Chartier-Montreuil (MRNF)	
Carte aéromagnétique à haute résolution utilisant l'apprentissage profond : une étude de cas au Québec, Canada	76	Âge et source des magmas de Blanchette : une pegmatite granitique riche en terres rares du Grenville central	81
Mojtaba Bavandsavadkoohi (INRS-ETE), Shiva Tirdad (CGC-Québec) et Erwan Gloaguen (INRS-ETE)		Samuel Coulombe, Bertrand Rottier (U. Laval), Abdelali Moukhsil (MRNF), Carl Guilmette (U. Laval) et Jeffrey Marsh (Université Laurentienne)	
Examen des inversions 3D des données aéroma- gnétiques par l'apprentissage machine.....	76	Géologie de la région du lac la Trêve, Sous-Province de l'Abitibi, Eeyou Istchee Baie-James.....	81
Mojtaba Bavandsavadkoohi (INRS-ETE), Shiva Tirdad (CGC-Québec) et Erwan Gloaguen (INRS-ETE)		Yannick Daoudene et Mélanie Beaudette (MRNF)	

L'utilisation des méthodes d'apprentissage automatique pour la quantification de l'incertitude dans la cartographie prédictive minérale : une étude de cas dans la province minérale de Juruena, Brésil	82	Avancement et nouveautés — Levés de sédiment de fond de lac	86
Victor Silva dos Santos, Erwan Gloaguen, Vinicius Louro et Martin Blouin (INRS-ETE)		Olivier Lamarche (MRNF)	
Géologie de la région des lacs Bellemare et Chausson, Province de Grenville, région du Saguenay–Lac-Saint-Jean	82	Les bryophytes, une solution à l'importante mortalité en revégétalisation de site minier?	87
Mhamed El Bourki et Abdelali Moukhsil (MRNF)		Samuel Malo, Olivier Alix-Paré, Sébastien Roy, Isabelle Laforest-Lapointe (Université de Sherbrooke), Line Rochefort (U. Laval) et Jean-Philippe Bellenger (Université de Sherbrooke)	
Automatisation de la caractérisation des minéraux indicateurs avec la μXRF	83	Géologie de la région du lac Spartan, Orogène de l'Ungava, Nunavik, Québec, Canada	87
Léa Géring et Antoine Nadeau (U. Laval)		Guillaume Mathieu, Marc-Antoine Vanier et Thomas Debruyne (MRNF)	
Géologie de la région du lac Dickson, Sous-Province de l'Abitibi, Eeyou Istchee Baie-James	83	Pétrogenèse de la minéralisation Fe-Ti-P du Lac à l'Original : un aperçu des variations géochimiques des minéralisations d'oxydes-apatite dans la partie centrale de la Province de Grenville, Québec	88
Maxym-Karl Hamel-Hébert et Antoine Brochu (MRNF)		Pedro Miloski, Sarah Dare (UQAC), Caroline-Emmanuelle Morisset (Agence spatiale canadienne), Joshua S. Davis et Morgann Perrot (UQAM)	
Contexte géologique des minéralisations Ni-Cu et Fe-V-Ti-P de la Suite anorthositique de Lac-Saint-Jean, Province de Grenville central, Québec.....	84	Les minéralisations en éléments de terres rares dans les intrusions précurseurs (suites de Nekuashu et Pelland) au gisement d'ETR-Zr-Nb de Strange Lake dans le nord du Canada, Québec-Labrador.....	88
Théo Hassen Ali, Sarah Dare, Renée-Luce Simard (UQAC) et Abdelali Moukhsil (MRNF)		Nadia Mohammadi (CGC-Ottawa), David Corrigan (CGC-Ottawa, retraité), Anne-Aurélien Sappin (CGC-Québec) et Nicole Rayner (CGC-Ottawa)	
Nouveaux levés géophysiques publiés par le MRNF en 2021-2022	84	Géologie de la région de Dolbeau-Blondelas, Province de Grenville, région du Saguenay–Lac-Saint-Jean	89
Rachid Intissar et Julie Vallières (MRNF)		Abdelali Moukhsil et Mhamed El Bourki (MRNF)	
Les apatites des intrusions mafiques litées : de l'enregistrement des processus magmatiques à leur utilisation pour l'exploration des minéralisations en Fe-Ti-P	85	Contrôles lithologiques et structuraux sur la minéralisation lithinifère du secteur de La Motte-La Corne, Sous-province de l'Abitibi, Québec, Canada	90
Marie Kieffer, Sarah Dare (UQAC) et Olivier Namur (KU Leuven)		Hubert Mvondo (MRNF)	
Association spatiale entre les minéralisations de Cr et de Ni-Cu-(EGP) dans les intrusions du Lac des Montagnes et de Levack (Nisk) de la Ceinture du Lac des Montagnes, Eeyou Istchee Baie-James, Québec, Canada.....	85	Révision de la géologie de la région de Matagami, Sous-province de l'Abitibi	90
Klaus Kuster (Université Laurentienne), Michel G. Houlié (CGC-Québec) et C. Michael Leshner (Université Laurentienne)		Pierre Pilote (MRNF) et Julie-Anaïs Debreil (INRS-ETE)	
Réanalyse de sédiment de ruisseaux, secteur de Causapscal, Province des Appalaches	86	Caractérisation chimique du zircon et de l'apatite comme outil de corrélation stratigraphique : Exemple des bentonites ordoviciennes de la région de Montréal.....	91
Olivier Lamarche (MRNF)		Héloïse Pinon (UQAM), Vanessa Sanchez (UQAM et WSP), Joshua H.F.L. Davies, Alain Tremblay et Morgann Perrot (UQAM)	
Géologie des dépôts de surface de la région du lac des Montagnes — Rapport préliminaire	86		
Olivier Lamarche et Marc-Antoine Lévesque (MRNF)			

Cartographie des dépôts quaternaires de la péninsule d'Ungava (Québec) : implications pour les modèles paléogéographiques et la prospection glaciocédimentaire 91

Alex Proulx (UQAM), Simon Hébert (MRNF)
et Martin Roy (UQAM)

**Évaluation du potentiel en pegmatite
Li-Ta du secteur du Batholite de La Motte,
Sous-province de l'Abitibi 92**

Sabrina Rajhi, Marc Legault (UQAT), Hubert Mvondo (MRNF)
et Robin Potvin (CEGEP de l'Abitibi-Témiscamingue)

**Mobilité des métaux et des ligands durant le
métamorphisme prograde des bassins clastiques
néoarchéens : les ceintures métasédimentaires
comme sources possibles pour les minéralisations
de type or orogénique de la
Province du Supérieur 92**

Diogo Ribeiro, Bertrand Rottier (U. Laval), Clifford Patten
(Karlsruher Institut für Technologie), Georges Beaudoin,
Antoine Godet, Carl Guilmette (U. Laval)
et Jochen Kolb (Karlsruher Institut für Technologie)

**Chronologie et minéralogie des épisodes
hydrothermaux à la propriété Rouyn
(Faille de Cadillac-Larder Lake, Abitibi) :
une étude préliminaire 93**

Rita Rodrigues, Georges Beaudoin, Bertrand Rottier,
Guillaume Raymond (U. Laval)
et Baptiste Chapon (Ressources Yorbeau)

**Évolution géochimique du magmatisme grenvillien
des régions de la Haute Mauricie et du sud-est
du Lac-Saint-Jean 94**

Bertrand Rottier (U. Laval), Abdelali Moukhsil (MRNF) et
Samuel Coulombe (U. Laval)

**Radiométrie des unités stratigraphiques
et des minéralisations du camp minier
de Chibougamau-Chapais 95**

Christian Sasseville (MRNF)

**Lire et comprendre le métamorphisme polyphasé
dans la monazite et le xénotime, de la Cordillère
canadienne à la Province de Grenville 95**

Renaud Soucy La Roche (INRS-ETE), Alexandre Zagorevski
(CGC-Ottawa) et John M. Cottle (University of California in
Santa Barbara)

**L'étude des processus de concentration du
niobium et des éléments de terres rares dans la
carbonatite de Girardville, Québec, Canada 96**

Charles Saint-Laurent, L. Paul Bédard, Renée-Luce Simard
(UQAC) et Abdelali Moukhsil (MRNF)

**Caractérisations géochimique, géochronologique
et métamorphique de l'indice zincifère de Moncou
(Grenville central, Lac-Saint-Jean) : exemple de
remobilisation polyphasée du zinc
durant l'Orogenèse grenvillienne 96**

Gaëlle Saint-Louis, Bertrand Rotier, Carl Guilmette (U. Laval),
Abdelali Moukhsil (MRNF) et Kyle Larson (UBC Okanagan)

**Géologie de la région du lac de la Fourche,
Province de Grenville, régions du Saguenay-Lac-
Saint-Jean et de la Haute-Mauricie 97**

Francis Talla Takam et Abdelali Moukhsil (MRNF)

La tourmaline : un minéral indicateur 97

Eduardo Valentin dos Santos, Georges Beaudoin
et Bertrand Rottier (U. Laval)

**Potentiel pour les minéralisations
en silice au Québec 98**

N'Golo Togola (MRNF)

Évolution tectonique de l'Orogène de l'Ungava : objectifs de recherche

Cristina Accotto, Mehdi Jouhari, Simon Tournier (U. Laval), Isabelle Therriault (UBC Okanagan), Carl Guilmette, Crystal Laflamme (U. Laval), Kyle Larson (UBC Okanagan), Marc-Antoine Vanier et Guillaume Mathieu (MRNF)

L'Orogène de l'Ungava (OU), Nunavik, Québec, est situé dans la portion nord-est de l'Orogène transhudsonien. Il est interprété comme le résultat de la collision entre la plaque de Churchill et le craton du Supérieur au Paléoprotérozoïque. Malgré qu'il soit l'hôte de deux mines actives (Raglan et Nunavik Nickel) et qu'il soit régulièrement cité comme l'une des plus anciennes archives d'un cycle de Wilson complet, sa stratigraphie et son évolution tectonométamorphique demeurent mal définies à ce jour.

Dans l'état actuel des connaissances, l'OU est interprété comme étant constitué de quatre domaines séparés par des chevauchements majeurs à vergence sud : (i) le craton du Supérieur, autochtone, variablement déformé et métamorphisé et exposé au niveau de la fenêtre tectonique du Complexe de Kovik, sur lequel s'est déposé (ii) une séquence paraautochtone à allochtone de roche volcano-sédimentaire, les Groupes de Povungnituk et de Chukotat, chevauchée par (iii) des assemblages exotiques issus du paléo-océan Manikewan, incluant les groupes de Watts, de Parent et de Spartan, avec (iv) l'arc de Narsajuaq et son socle néoarchéen, fortement métamorphisés et séant au sommet structural. Bien que la plupart des études supposent que l'OU se soit formé lors d'un cycle de Wilson complet, les modèles tectoniques spécifiques aux différents domaines sont souvent conflictuels. Comme la région abrite un fort potentiel en minéraux critiques et stratégiques (Ni-Cu-EGP-Co), une révision du modèle tectonique actuel est hautement souhaitable.

Pour ce programme de recherche, nous nous sommes associés au MRNF, qui est au cœur d'une campagne de cartographie de 5 ans dans l'OU. Les principaux projets de recherche de cette collaboration sont :

- ▶ Une étude tectonothermale afin de contraindre l'intensité et la chronologie des différents épisodes de déformation et de métamorphisme, reposant sur des analyses structurales (domaines structuraux, pétrofabriques), géochimiques, et pétrochronologique (zircon, monazite, titanite, apatite, grenat) ainsi que sur la modélisation d'équilibres de phases.
- ▶ Une étude géochimique et géochronologique des lithologies magmatiques, notamment grâce à des analyses isotopiques du soufre et du système Sm-Nd des roches mafiques et ultramafiques.
- ▶ Une étude des zircons détritiques des différentes unités métasédimentaires afin de déterminer leur provenance, leur âge et leur environnement dépositionnel.

Les données acquises et leurs interprétations seront intégrées aux nouvelles cartes géologiques du MRNF afin de tester et d'affiner le modèle tectonique actuel, un résultat nécessaire pour cette partie riche en ressources minérales du Nunavik.

Acclimatation de plantes indigènes au territoire Eeyou Istchee Baie-James pour la restauration minière

Olivier Alix-Paré, Jean-Philippe Bellenger (Université de Sherbrooke), Line Rochefort (U. Laval), Isabelle Laforest-Lapointe, Bill Shipley et Sébastien Roy (Université de Sherbrooke)

Les entreprises minières ont l'obligation de procéder à la restauration écologique de leur site d'exploitation lorsqu'elles mettent fin à leurs activités. Dans le cas de l'entreprise Nemaska Lithium, celle-ci a comme objectif de procéder à la restauration écologique progressive de la halde de codisposition composée d'amphibolite noire et de résidus fins provenant du procédé d'extraction du spodumène. Cette entreprise est spécialisée dans l'extraction minière de spodumène jusqu'à la production d'hydroxyde de lithium. Son site minier (Whabouchi) est situé sur le territoire du gouvernement régional d'Eeyou Istchee Baie-James.

Le projet de recherche consiste à étudier le potentiel de plusieurs espèces végétales indigènes à la région pour la restauration de sites miniers (un environnement limité en eau et en nutriments). Le projet vise donc à mesurer la tolérance de semis commerciaux (pin gris, peuplier baumier, myrique baumier, bouleau blanc et thé du Labrador) au stress hydrique, puis d'améliorer leur survie et leur croissance sur haldes par une préacclimatation aux conditions biotiques et abiotiques du site. Ainsi, des semis ont été plantés sur un banc d'acclimatation composé de till glaciaire et de diverses combinaisons de stériles miniers concassés, de bryophytes et de tourbe avant de les transplanter sur une halde l'année suivante. Cette approche permettrait l'implantation de semis sur des haldes sans devoir auparavant y appliquer d'amendement organique.

Les résultats à ce jour montrent que l'ensemble des méthodes d'acclimatation et des espèces testées produisent des semis viables, utilisables pour la transplantation sur une halde de stériles. Ces divers semis ont été transplantés à l'été 2022 et les taux de survie après 3 mois sont très élevés. Nous présenterons ces résultats. Notre étude inclut la caractérisation des populations microbiennes qui accompagnent les semis et qui aident les plantes à s'adapter aux environnements difficiles (par le biais de symbioses, etc.). Les connaissances acquises durant ce projet multidisciplinaire nous permettront d'identifier les éléments clés qui contribuent au succès en restauration minière, de valoriser le patrimoine végétal de la région et d'élaborer de nouvelles approches en restauration écologique au Québec.

Pegmatites granitiques à allanite enrichie en terres rares dans le Grenville central — Description de terrain et premiers résultats

Pedro Alves, Bertrand Rottier (U. Laval), Abdelali Moukhsil (MRNF) et Crystal Laflamme (U. Laval)

Les dykes de pegmatite granitique qui recoupent les ceintures alloctones sont répandus dans la région située au NW de Shawinigan, La Tuque et le lac Saint-Jean, dans la Province de Grenville centrale. La plupart de ces pegmatites sont stériles, mais d'autres affichent des teneurs élevées en éléments de terres rares (ETR), jusqu'à 2,7 % poids d'ETR totaux, en particulier légers (ETR-L). Des études antérieures portant sur des dykes de pegmatite similaires riches en ETR-L localisés à environ 300 km au NE du lac Saint-Jean ont lié ce magmatisme à une fusion partielle à environ 1005 à 1000 Ma de roches métasédimentaires archéennes et paléoprotozoïques au cours des phases tectonométamorphiques Ottawa tardif et Rigolet précoce de l'Orogenèse grenvillienne. Cependant, la pétrogenèse des pegmatites enrichies en terres rares d'une zone d'environ 300 km x 100 km entre la région au NW de Shawinigan et le lac Saint-Jean demeure mal définie. Ces dykes de pegmatite d'échelle décimétrique à métrique (jusqu'à 10 m d'épaisseur pour certains affleurements) sont non déformés et recoupent des gabbro-norites métamorphosées et déformées, des granites, des mangérites et des paragneiss du terrane allochtone de Mékinac-Taureau et des domaines de Portneuf-Saint-Maurice et du Parc des Laurentides. Certaines des roches encaissantes sont partiellement fondues (migmatitisées) et présentent des leucosomes *in situ* qui s'injectent le long de la foliation tectonique ou la recoupent. Les occurrences vont de dykes métriques isolés à de grands essaims de dykes kilométriques. Les dykes sont de composition monzogranitique à granitique à feldspath alcalin. Les minéraux accessoires sont présents en quantité variable et comprennent la biotite, l'amphibole, la magnétite, le grenat et l'allanite. Leur distribution dans ces roches est hétérogène. Les dykes minéralisés présentent localement de l'allanite à grain grossier à très grossier (jusqu'à 7 cm) à laquelle les teneurs en ETR sont principalement associées. Les textures porphyriques sont omniprésentes, tandis que les intercroissances graphiques et les zonations symétriques bilatérales sont plus communes dans les dykes métriques à décimétriques. Aucune intrusion parentale n'a été reconnue lors des travaux de terrain. Afin de déterminer les sources et les âges de cet événement de minéralisation en ETR reconnu dans une grande partie du centre de la Province de Grenville, les dykes étudiés seront caractérisés par la géochronologie U-Pb couplée à la géochimie Lu-Hf des zircons et par la composition isotopique du soufre dans la pyrite. De plus, pour mieux définir les relations entre ces dykes pegmatitiques à ETR et les événements de fusion partielle qui ont affecté la région, des leucosomes *in situ* provenant des roches encaissantes de ces dykes seront datés par la méthode U-Pb sur zircons et monazites. Ces résultats permettront de mieux situer ce magmatisme pegmatitique à ETR dans l'évolution géodynamique de l'Orogenèse grenvillienne.

Synthèse géologique de la Sous-province de Nemiscau, Eeyou Istchee Baie-James

Daniel Bandyayera, Emmanuel Caron-Côté (MRNF), Rocío Pedreira Perez (UQAM), Myriam Côté-Roberge et William Chartier-Montreuil (MRNF)

La synthèse de la Sous-province de Nemiscau a permis de mettre à jour les limites de cette unité lithotectonique, de produire une carte géologique uniformisée et d'établir un schéma stratigraphique. Le Nemiscau, situé à l'est de la baie James, constitue une sous-province essentiellement métasédimentaire qui représente la jonction entre les sous-provinces de La Grande, au nord, et d'Opatca, au sud. Elle est séparée de ces grands ensembles par des zones de cisaillement dont les plus importantes sont celles de la Basse-Eastmain, de Rupert, de Causabiscou, de Colomb-Chaboullié et de Lucky Strike.

Les nouveaux résultats de cartographie et de compilation géologiques, en association avec les cartes géophysiques récentes, permettent de conclure que 1) le Nemiscau représente une sous-province distincte indépendante de l'Opinaca; 2) la bande du lac des Montagnes constitue le prolongement vers le sud de la Ceinture de la Basse et de la Moyenne Eastmain et que, par conséquent, elle fait partie intégrante de la Sous-province de La Grande; 3) la Formation d'Auclair est restreinte à la Ceinture de la Basse et de la Moyenne Eastmain.

Le Nemiscau est subdivisé en 3 domaines : 1) le domaine de Nemiscau-NW; 2) le domaine de Nemiscau-centre; et 3) le domaine de Nemiscau-sud.

L'interprétation de données géologiques, structurales et métamorphiques suggère que la mise en place de la Sous-province du Nemiscau est associée à un contexte géotectonique en extension, suivi d'une formation d'un rift, à la suite de la montée d'un panache mantellique au-dessus d'un manteau lithosphérique sous le bloc crustal formé par le socle mésoarchéen La Grande-Opatca.

Le contexte géologique du Nemiscau est favorable à la mise en place de différents types de minéralisations aurifères et polymétalliques, de minéralisations magmatiques de Ni-Cu ± EGP, ainsi qu'aux minéralisations de métaux rares, critiques et stratégiques associées aux pegmatites granitiques blanches. Les minéralisations aurifères et polymétalliques de type sulfures massifs volcanogènes, dont l'indice Marcourt, sont intimement associées aux unités mafiques et volcanoclastiques felsiques à intermédiaires du Groupe de Colomb-Chaboullié (Domaine de Nemiscau-sud).

Les minéralisations aurifères de type orogénique sont observées un peu partout dans le Nemiscau. Les plus importantes se trouvent en bordure du Domaine de Nemiscau-nord, à proximité des zones de cisaillement de la Basse-Eastmain et de Causabiscou, et dans le Domaine de Nemiscau-sud, en association avec un couloir de déformation qui comprend la Zone de cisaillement de Colomb.

Les minéralisations magmatiques de Ni-Cu ± EGP sont associées aux intrusions mafiques et ultramafiques du Groupe du Groupe de Colomb-Chaboullié, localisées le long de la Zone de cisaillement de Colomb.

Les minéralisations en métaux rares, critiques et stratégiques (Li, Nb, Ta, Be, etc.) sont associées aux pegmatites granitiques blanches de type S et hyperalumineuses de la Suite de Causabiscou.

Géologie de la région du lac Le Vilin, Eeyou Istchee Baie-James

Daniel Bandyayera et Emmanuel Caron-Côté (MRNF)

Une nouvelle carte géologique de la région du lac Le Vilin a été produite à l'échelle 1/50 000 à la suite d'un levé réalisé au cours de l'été 2021. Nos travaux modifient radicalement la limite entre les sous-provinces de La Grande et d'Opatca et confirment le prolongement vers l'est de la Ceinture du Lac des Montagnes (CLM). Cette dernière est désormais interprétée comme faisant partie de la Sous-province de La Grande en raison des similitudes stratigraphiques et métamorphiques avec la Ceinture de roches vertes de la Moyenne et de la Basse-Eastmain (CRVMBE) localisée plus au nord.

La partie nord de la région à l'étude expose un ensemble métasédimentaire transitionnel entre le La Grande et l'Opinaca (Formation de Prosper) qui contient d'importantes injections de pegmatite granitique blanche assignées à la Suite intrusive de Pacifique. Cet ensemble métasédimentaire repose stratigraphiquement sur les gneiss tonalitiques du Complexe de Champion. Au centre, la CLM repose probablement sur le socle tonalitique du Complexe de la Hutte.

La ceinture est formée des roches métasédimentaires de la Formation de Voirdye et des roches métavolcaniques du Groupe du Lac des Montagnes. Ce dernier forme une bande d'épaisseur kilométrique de > 30 km de longueur injectée de roches intrusives mafiques-ultramafiques assignées à la Suite mafique-ultramafique de Nasacauso. La partie sud de la région d'étude se trouve dans la Sous-province d'Opatca. Bordé au nord par la Zone de cisaillement de Poste Albanel, cet ensemble de roches plutono-gneissiques de composition intermédiaire à felsique est assigné au Complexe de Théodat. Une nouvelle unité désignée comme la Suite migmatitique de Le Vilin a également été reconnue au sein du Complexe de Théodat.

Du point de vue structural, nos travaux ont permis de prolonger vers l'est la Zone de cisaillement de Poste Albanel qui constitue la limite entre le La Grande et l'Opatca, ainsi que la Zone de cisaillement de Nisk, localisée entre la CLM et la CRVMBE. Dans l'Opatca, les unités localisées à proximité du contact avec la Sous-province de La Grande sont localement caractérisées par de faibles pendages, suggérant un chevauchement du sud vers le nord.

La région du lac Le Vilin présente des zones favorables pour cinq types de minéralisation :

- ▶ minéralisations de sulfures massifs de métaux usuels associées aux roches volcaniques;
- ▶ minéralisations magmatiques de nickel-cuivre (± cobalt ± éléments du groupe du platine) associées aux roches intrusives mafiques à ultramafiques;
- ▶ minéralisations de sulfures exhalatifs dans les roches sédimentaires (Sedex);
- ▶ minéralisations aurifères stratiformes dans les formations de fer;
- ▶ minéralisations de lithium associées aux pegmatites granitiques.

Géologie de la région du lac de la Marée, Eeyou Istchee Baie-James

Daniel Bandyayera et Emmanuel Caron-Côté (MRNF)

Le levé géologique de la région du lac de la Marée, effectué durant l'été 2022, couvre un secteur situé à environ 220 km au nord de Chibougamau et 140 km à l'est de Nemaska, au sud de la rivière Eastmain.

Avant nos travaux, la partie nord de la région était assignée à l'Opinaca et considérée comme étant formée essentiellement de migmatites. Le présent levé révèle qu'elle constitue l'extension orientale de la Ceinture du Lac des Montagnes (Sous-province de La Grande). Cette ceinture est formée à la base d'une séquence de roches volcaniques et volcanoclastiques surmontée d'un ensemble métasédimentaire (wacke à cordiérite-sillimanite-grenat, arénite, quartzite, formations de fer), localement migmatitisé, et contenant d'importantes injections de pegmatite blanche à muscovite ± grenat. La séquence volcanique forme une bande orientée E-W qui s'étend sur plus de 30 km de longueur et 500 m à 3 km de largeur. Des intrusions mafiques-ultramafiques (péridotite, pyroxénite et gabbro) kilométriques sont observées au sein des séquences volcaniques et métasédimentaires.

La partie SE, représentée par l'Opatica, est constituée d'un ensemble de gneiss tonalitique, de tonalite, de granodiorite, de monzodiorite quartzifère, de granodiorite porphyroïde et de granite assigné au Complexe de Théodat.

L'ensemble des roches de la région, à l'exception des roches intrusives tardives, présentent une déformation diffuse et relativement homogène caractérisée par une foliation pénétrative. Celle-ci est majoritairement orientée E-W à NE-SW avec un fort pendage dans le La Grande, alors qu'elle est communément orientée vers le NW, le nord et le NE dans l'Opatica.

Nos travaux montrent que le contact La Grande-Opatica constitue un métallotecte régional important, qui s'étend sur des centaines de kilomètres. Des zones favorables en différents types de minéralisations ont été identifiées :

- ▶ minéralisations polymétalliques de type SMV;
- ▶ minéralisations aurifères associées aux formations de fer rubanées;
- ▶ minéralisations en Ni-Cu-EGP associées aux intrusions mafiques-ultramafiques;
- ▶ potentiel en lithium-tantale-césium associé aux pegmatites blanches;
- ▶ minéralisations aurifères associées aux couloirs de déformation.

Stratigraphie, volcanologie, sédimentologie et géochimie de la Formation de Blondeau à l'ouest de Chapais (SNRC 32G13), Sous-province de l'Abitibi

Guillaume Bats, Pierre-Simon Ross (INRS-ETE), Yannick Daudene et Mélanie Beaudette (MRNF)

Les roches de la Formation de Blondeau du second cycle volcanique du Groupe du Roy, dans la Sous-province de l'Abitibi, sont d'âge néoarchéen et affleurent principalement dans la région de Chapais-Chibougamau. Les roches sont de nature volcanique et volcanoclastique (intermédiaire à felsique) ainsi que sédimentaire. La Formation de Blondeau montre une épaisseur connue sur ~1 km dans le Synclinal de Chibougamau. Elle est coupée par des filons couchés de la Suite intrusive de Cummings.

La présente étude, commencée en juin 2022, est réalisée dans le cadre d'une maîtrise de recherche à l'INRS-ETE parallèlement aux travaux de cartographie géologique de la région du Ruisseau aux Alouettes du MRNF. Les principaux travaux touchant la Formation de Blondeau sont antérieurs aux années 2000 et les travaux les plus récents se localisent essentiellement dans la région de Chibougamau. La présente étude s'intéresse à la Formation de Blondeau dans le feuillet SNRC 32G13, située à l'ouest de Chapais. Dans ce secteur affleure une bande d'environ 6 à 9 km d'épaisseur apparente, cartographiée comme du Blondeau, où sont encaissés des indices de sulfures.

Les objectifs sont de préciser la stratigraphie, la volcanologie et la sédimentologie de la Formation de Blondeau dans ce feuillet. Nous visons aussi à établir le potentiel du secteur pour les sulfures massifs volcanogènes et d'autres types de gîtes. Les méthodes employées incluent la cartographie régionale, la cartographie de détail et les profils stratigraphiques, les analyses géochimiques, la pétrographie et la géochronologie U-Pb.

La campagne de terrain a permis de lever un transect stratigraphique mettant en évidence les unités suivantes, de la base au sud vers le sommet au nord :

- ▶ L'unité 1 de roche volcanoclastique felsique à intermédiaire contenant du quartz, sur ~1,2 km d'épaisseur;
- ▶ L'unité 2 composée d'un filon-couche gabbroïque épais de ~0,7 km;
- ▶ L'unité 3 de coulées de lave felsique et de roches volcanoclastiques intermédiaires à felsiques de 250 à 500 m d'épaisseur sur quelques centaines de mètres d'extension latérale;
- ▶ L'unité 4 de roches sédimentaires (grès, siltstone, mudstone) de 250 m à ~1 km d'épaisseur;
- ▶ L'unité 5 de roches volcanoclastiques intermédiaires à mafiques, sans quartz, avec des intercalations de lave, atteignant 500 m à 1 km d'épaisseur;
- ▶ L'unité 6 de laves intermédiaires à mafiques coussinées et massives de ~2,5 km d'épaisseur.

Cette stratigraphie préliminaire sera validée avec les données géochimiques, pétrographiques et géochronologiques à venir.

Carte aéromagnétique à haute résolution utilisant l'apprentissage profond : une étude de cas au Québec, Canada

Mojtaba Bavandsavadkoochi (INRS-ETE),
Shiva Tirdad (CGC-Québec) et Erwan Gloaguen (INRS-ETE)

En raison de leur rapport coût-efficacité intéressant, les données aéromagnétiques sont acquises depuis des années pour guider l'exploration minière. Les améliorations apportées à la carte aéromagnétique sont extrêmement bénéfiques, car elles permettent de bien mettre en évidence les failles, les dykes et les autres structures géologiques, aidant ainsi le géologue à mieux comprendre les processus géologiques. Au cours des dernières années, les progrès technologiques ont permis d'accroître la sensibilité des systèmes d'acquisition de données magnétiques aéroportés et la précision des instruments de navigation, ce qui a permis d'obtenir des cartes de plus haute résolution (HR). Ces levés de ce type nécessitent des lignes de vol plus rapprochées, ce qui implique généralement des dimensions plus faibles. D'autre part, les levés aéromagnétiques plus anciens couvrent de grandes superficies, mais avec une résolution beaucoup plus faible. L'interprétation géologique dans les régions où seules des données aéromagnétiques de basse résolution (BR) sont disponibles constitue une tâche difficile pour les géologues. Pour résoudre ce problème, nous avons adapté et formé un réseau de neurones profond par l'apprentissage des relations statistiques entre les données magnétiques aéroportées BR et HR localisées. Nous avons entraîné tout d'abord un réseau à super-résolution (SR) basé sur un SRGAN adapté (ASRGAN) pour cartographier les cartes BR à partir des cartes HR. Par la suite, à partir de ce réseau, nous avons généré des cartes HR dans le domaine cible (test) où seules les cartes LR étaient disponibles, avec une résolution multipliée par 4. Nous avons validé la généralisation de ce modèle d'apprentissage profond à l'aide de cartes aéromagnétiques de plusieurs régions du Québec en calculant le rapport signal de crête sur bruit (PSNR) et l'indice de similarité structurelle (SSIM) entre les sorties GAN à super-résolution et les cartes aéromagnétiques HR existantes. Les performances du système proposé permettent d'imager des linéaments et des structures difficiles à détecter uniquement sur les cartes BR. Ainsi, cet outil pourrait aider les géologues dans leur interprétation des données magnétiques BR dans les zones non couvertes.

Examen des inversions 3D des données aéromagnétiques par l'apprentissage machine

Mojtaba Bavandsavadkoochi (INRS-ETE),
Shiva Tirdad (CGC-Québec) et Erwan Gloaguen (INRS-ETE)

Les méthodes d'apprentissage profond sont des outils efficaces largement utilisés pour résoudre des problèmes d'optimisation dans différentes disciplines. Récemment, des approches d'apprentissage profond ont été appliquées avec succès dans le domaine de l'inversion de données sismiques et électromagnétiques. Cette étude s'intéresse à l'utilisation de l'apprentissage profond (AP) pour modéliser la distribution spatiale 3D du champ de susceptibilité magnétique à partir de données magnétiques aéroportées. Pour résoudre ce problème, nous employons une approche d'apprentissage machine qui combine un réseau de neurones convolutif et un réseau de neurones récurrent. Comme dans toutes les approches d'apprentissage machine, un réseau de neurones à convolution profonde nécessite un ensemble de données relativement important et de hautes qualités pour être entraîné. Nous avons conçu un flux de travail d'augmentation de données géostatistiques qui utilise en entrée un modèle conceptuel 3D lithologique et de susceptibilité magnétique. Ce flux de travail utilise des statistiques multi-points (MPS) conditionnelles pour créer des modèles géologiques 3D synthétiques. La simulation gaussienne séquentielle (SGS) est ensuite utilisée pour alimenter ces modèles avec une distribution spatiale de susceptibilité magnétique géologiquement réaliste. Par la suite, les réponses magnétiques aéroportées ainsi calculées sont modélisées pour chaque modèle de susceptibilité synthétique. Nous avons utilisé ce flux de travail pour créer un modèle 3D réel de la région de la mine Malartic afin d'obtenir un ensemble relativement volumineux de données magnétiques aéroportées synthétiques et des données géologiques correspondantes. Enfin, le réseau convolutif Inception Recurrent (IRCNN) a été optimisé pour reconstruire le modèle de susceptibilité 3D à partir de données magnétiques aéroportées. Les résultats sont prometteurs et montrent que les modèles de susceptibilité 3D ainsi construits sont comparables aux « vrais » modèles synthétiques. En effet, les contacts, l'intensité et l'occurrence des anomalies inversées dans les modèles de susceptibilité étaient généralement compatibles avec les modèles initiaux.

Géologie de la région du ruisseau aux Alouettes, Sous-Province de l'Abitibi, Eeyou Istchee Baie-James

Mélanie Beaudette et Yannick Daoudene (MRNF)

La nouvelle carte géologique préliminaire de la région du ruisseau aux Alouettes (feuille 32G13-SE), localisée à ~60 km à l'ouest de la ville de Chapais, résulte d'une campagne de terrain menée durant l'été 2022. Dans la carte géologique précédente, presque toutes les roches volcaniques de la moitié sud de la région constituaient un ensemble indifférencié assigné à Formation de Blondeau, laquelle constitue le sommet du second cycle volcanique du Groupe de Roy. Nos observations permettent maintenant de subdiviser Blondeau en sept unités informelles composées de coulées mafiques à felsiques à structure massive, coussinée et bréchique, de roches volcanoclastiques intermédiaires à felsiques et de roches sédimentaires détritiques. Au sud, le Blondeau est en contact stratigraphique avec les roches volcaniques mafiques de la Formation de Bruneau, qui représente la base du second cycle volcanique du Groupe de Roy. Cette dernière formation est en contact tectonique au sud avec la Suite intrusive de Lapparent, formée de différentes unités de roches intrusives intermédiaires à felsiques. Au nord, les roches sédimentaires détritiques de la Formation de Daubrée, du Groupe d'Opémisca, sont en contact tectonique avec le Blondeau. Toutes les unités volcaniques et sédimentaires de la région sont coupées par des filons-couches mafiques d'envergure régionale : le Complexe d'Esturgeon dans le Groupe de Roy et le Filon-couche de Rita dans le Groupe d'Opémisca. Des plutons kilométriques intermédiaires à felsiques, de forme arrondie et peu ou pas déformés, coupent les unités décrites précédemment.

La plupart des critères de polarité observés dans le Blondeau indiquent un sommet stratigraphique vers le NW, ce qui, considérant l'orientation grossièrement E-W de la stratification, pourrait rappeler une séquence monoclinale. Cependant, quelques polarités vers le sud, ainsi que des trajectoires structurales et des linéaments magnétiques localement courbes évoquent la présence de plis serrés aux axes faiblement plongeants et aux traces de plan axial orientées parallèlement au grain structural régional.

En plus des indices en métaux usuels et précieux déjà reportés dans la région, nos travaux mettent en évidence quatre secteurs prometteurs qui sont associés à la présence :

- ▶ de zones d'altération volcanogènes et de sulfures massifs à la base d'une unité de roches volcaniques intermédiaires coussinées du Blondeau;
- ▶ de fragments de sulfures massifs compris dans des roches volcanoclastiques intermédiaires du Blondeau;
- ▶ de sulfures disséminés dans les gabbros du Complexe d'Esturgeon;
- ▶ de zones d'altération à épidote ± sulfures distribuées autour du Pluton de La Ribourde montrant des similitudes avec un contexte métallogénique de type skarn.

Géologie de la région de l'Île-du-Grand-Calumet, Province de Grenville, Québec, Canada

Carl Bilodeau (MRNF)

Ce nouveau levé géologique à l'échelle 1/20 000 a été réalisé à l'été 2021 dans la région de l'Île-du-Grand-Calumet (moitié est du feuillet 31F10), située à environ 90 km au NW de la ville de Gatineau. Le projet avait pour objectif l'acquisition de nouvelles connaissances géologiques dans cette partie de la Province de Grenville reconnue pour son potentiel en minéraux critiques et stratégiques (MCS). La nouvelle carte géologique intègre également les résultats des travaux de cartographie et d'exploration minière réalisés depuis près d'un siècle dans cette région.

La majeure partie du socle rocheux de la région cartographiée est formée des roches métasédimentaires de la Séquence supracrustale des Outaouais essentiellement composée de marbre et de paragneiss. L'île du Grand Calumet expose principalement des amphibolites dérivées de basaltes du Complexe de Grand-Calumet (1232 Ma) et des intrusions mafiques associées. Les roches métasédimentaires sont recoupées par les intrusions mafiques de la Suite de Chenaux (1231 Ma), de suites intrusives intermédiaires à felsiques de Schwartz (1240 Ma), Litchfield (1222 Ma) et de Rocher-Fendu (1195 Ma). Les roches ont subi une évolution structurale complexe et sont affectées par au moins deux phases de déformation et d'un épisode de métamorphisme régional de grade modéré à élevé. La région se subdivise en différents domaines structuraux, tous délimités par des failles ou des zones de cisaillement.

La région est reconnue pour abriter plusieurs sites minéralisés, notamment les anciennes exploitations de New Calumet, un gisement polymétallique exploité pour ses ressources en zinc, ainsi que la minéralisation de nickel de la mine Cowan. D'autres indices et gîtes de zinc et de minéraux industriels ont été découverts dans les roches métasédimentaires carbonatées et ont depuis fait l'objet de travaux d'exploitation ou de mise en valeur. Ce nouvel inventaire géologique permet de bonifier le potentiel minéral dans la région avec la découverte de nouveaux indices pour quatre types de minéralisation :

- ▶ minéralisations polymétalliques dans les roches métasédimentaires;
- ▶ filons cuprifères;
- ▶ minéralisations d'argent dans les intrusions porphyriques;
- ▶ potentiel pour les minéralisations de Cu-Ni et de Fe-Ti-V dans les intrusions mafiques.

Inventaire des ressources en granulats de la région de Mont-Laurier

André Brazeau (MRNF) et Florian Hastir (U. Laval)

Durant l'été 2022, des travaux d'inventaire des ressources en granulats ont été effectués dans la région de Mont-Laurier. Ces travaux ont couvert, en partie ou en totalité les feuillets SNRC 31J04, 31J05, 31J06, 31J07, 31J10, 31J11, 31J12 et 31J14 à l'échelle 1/50 000. Le territoire regroupe entre autres, les municipalités de Grand-Remous, Maniwaki, Aumond, Déléage, Mont-Laurier, Saint-Aimé-des-Lacs, Lac-des-Écorces, Kiamika, Ferme-Neuve, Nomingue, Lac Saguy et Rivière-Rouge. Les résultats de ces travaux devrait permettre de localiser et de caractériser les sources en granulats du secteur et d'en évaluer l'importance.

Les activités de terrain ont surtout consisté en de nombreux sondages à la pelle et en visites de sablières, gravières, coupes naturelles et déblais de routes. Plus de 450 sites ont été examinés et 34 échantillons de sable ou de gravier ont été prélevés et expédiés en laboratoire pour déterminer leurs propriétés physico-mécaniques.

Le socle rocheux appartient à la Province géologique de Grenville. On y trouve une grande diversité de roches métamorphiques et intrusives. Parmi les roches métamorphiques, on recense des gneiss et des paragneiss, des quartzites, des marbres, des roches calcosilicatées et des amphibolites. Les roches intrusives sont également abondantes dans la région. Les principales forment des filons-couches de gabbro appartenant à la Suite intrusive mafique de Tic-Tac-Toc, à la Suite intrusive de Lac-Saguy et à la Suite magmatique de Lacoste. Les autres types de roches intrusives comprennent l'assemblage anorthosite-gabbro-norite leucocrate-monzonite-granite porphyroïde associé à la Suite de Morin, le Granite de Lanthier, la Suite granitique de Chute-Saint-Philippe, les roches syénitiques du Complexe annulaire de Sainte-Véronique, la Suite monzonitique de Mont-Laurier et la Suite granitique de Guénette (Lacoste, 2001).

Les principales vallées de la région sont celles de la rivière Gatineau, de la rivière du Lièvre, de la rivière Kiamika et de la rivière Rouge. Des épaisseurs considérables de sédiments se sont accumulées dans ces vallées et on y trouve de nombreuses exploitations de sable et gravier. Les dépôts susceptibles de fournir des granulats sont principalement d'origine fluvioglacière et glaciolacustre (deltaiques) avec des sédiments glaciomarins dans la vallée de la rivière Gatineau. Certains de ces dépôts ont été exploités intensivement. Les granulats de la région semblent de bonne qualité. Ces matériaux, qui ont été arrachés du socle par l'action des glaciers, reflètent bien la diversité des roches sous-jacentes.

Cartographie de la géologie et surveillance des risques de radiation par l'amélioration de la qualité et l'interprétabilité des données spectrométriques

Li Zhen Cheng, Bahman Abbassi et Chong Liu (UQAT)

Les technologies géophysiques aéroportées accélèrent la réalisation des levés géophysiques et permettent l'acquisition d'une grande quantité de données et d'images nécessaires à la cartographie géologique et à la prospection des ressources minérales. Une grande part des zones rurales du Québec est couverte par des sédiments quaternaires, de l'eau et de la végétation et le pourcentage de surface exposant le socle rocheux est faible. Dans un tel contexte, les levés géophysiques aéroportés jouent donc un rôle important pour améliorer la cartographie géologique et pour optimiser les stratégies de découverte de nouvelles ressources minérales. Ces technologies génèrent de très grandes quantités de données qui augmentent d'année en année. L'extraction de connaissances pertinentes et l'interprétation de ces données représentent un réel besoin pour les gouvernements et l'industrie minière.

Le défi à relever dans ce projet est d'améliorer l'efficacité du processus de traitement et d'interprétation des données de spectrométrie des rayons gamma, un processus sous-développé et parfois inexistant pour plusieurs organisations mandataires des données. Malgré le très fort potentiel de la spectrométrie gamma, les données issues de cette méthode multidisciplinaire (géochimie et géophysique) ne sont pas pleinement exploitées. Le manque d'outils d'interprétation est la principale cause de cette situation. Dans un tel contexte, il est temps de proposer des méthodes de traitement quantitatif des données spectrométriques afin d'en extraire des interprétations géologiques et environnementales robustes. Ce projet visent deux objectifs spécifiques : 1) élaborer une nouvelle méthodologie de nivellement et de corrections complémentaires pour améliorer la qualité des données spectrométriques; 2) créer une interface utilisateur graphique (IUG) comportant des algorithmes de traitement d'images multidisciplinaires pour améliorer la capacité d'interprétation géologique des données spectrométriques. La réalisation de ces outils informatiques sera réalisée principalement par deux chercheurs postdoctoraux. Ils contribueront au développement de la cartographie numérique au MRNF dont les produits sont intensément utilisés dans les travaux d'exploration de l'industrie minière du Québec. La plate-forme de traitement des données sera également utile pour les études en santé publique (radon) et aussi pour les études environnementales et de sécurité publique dans le cas de fuites de composés radioactifs (ex. déchets nucléaires).

Évolution magmatique du Complexe intrusif d'Upper Beaver et implications pour les minéralisations Au-Cu

Michael Cloutier, Bertrand Rottier (U. Laval), Ross Sherlock (Université Laurentienne), George Beaudoin (U. Laval), Jonathan Sutton et Olivier Côté-Mantha (Mines Agnico Eagle)

La rareté des grands gisements archéens Au-Cu de type magmatique-hydrothermal a entravé les études sur les processus contrôlant la fertilité en métaux de ces minéralisations. Comparé au Phanérozoïque, ce type de dépôt est rare dans les terrains archéens, ce qui a été attribué de manière variable à des différences de milieu géodynamique, à un faible potentiel de préservation et/ou à des différences de conditions physicochimiques (concentration de P, T, fO_2 , fS_2 , Cl et S) au cours de l'évolution magmatique. Le gisement Au-Cu archéen magmatique-hydrothermal d'Upper Beaver (réserves ~1,4 Moz Au et 20 kt Cu), localisé dans la partie sud de la Ceinture de roches vertes de l'Abitibi, représente une rare occasion de vérifier ces hypothèses. Ce gisement relativement bien préservé est situé à environ 8 km au nord de Larder Lake (Ontario) et à environ 5 km au nord de la Faille de Larder Lake-Cadillac. Le gisement et les roches intrusives associées du Complexe intrusif d'Upper Beaver (CIUB) sont encaissés dans des roches volcaniques mafiques tholéitiques, volcanoclastiques et sédimentaires de l'assemblage Blake River inférieur (environ 2704 à 2701 Ma). Le CIUB comprend cinq phases dioritiques à monzonitiques quartzifères texturalement et temporellement distinctes qui sont elles-mêmes recoupées par au moins deux phases de dykes de porphyre à plagioclase (FP). Deux événements de minéralisation en Au sont reconnus, le premier (moins important) est associé aux phases intrusives dioritiques à monzonitiques quartzifères et le second est associé au premier épisode de dykes de FP. Les nouvelles données géochronologiques U-Pb par LA-ICPMS sur zircons obtenues pour les différentes phases intrusives du CIUB indiquent une mise en place autour de 2680 Ma, compatible avec les âges Re-Os sur molybdénite connus pour la minéralisation et un âge de cristallisation d'environ 2679 Ma pour les derniers dykes de FP post-minéralisations.

La géochimie de roche totale est cohérente avec la formation du CIUB par le mélange de magmas mafiques de type sanukitoïde et felsiques de type TTG. La chimie des amphiboles indique que les premières phases intrusives à amphibole ± plagioclase ont cristallisé à des températures de $915\text{ °C} \pm 30\text{ °C}$ avec des valeurs de fO_2 comprises entre ΔNNO 0 et +1. Les températures de cristallisation de la première phase de dykes FP étaient inférieures à $800\text{ °C} \pm 30\text{ °C}$ avec des valeurs de fO_2 plus élevées entre ΔNNO +0,5 et +1,6. Les concentrations de soufre de l'apatite dans les phases intrusives à amphibole ± plagioclase sont variables, mais l'apatite riche en S (0,18 % à 0,33 % S poids) est associée aux phases les plus volumineuses. Parallèlement, les apatites des phases FP, y compris celle associée au second événement de minéralisation, montrent de faibles concentrations de soufre (0,00 % à 0,15 % S poids). Le CIUB présente des caractéristiques similaires aux systèmes Cu-Au magmatiques-hydrothermaux du Phanérozoïque, ce qui suggère que les différences de conditions physicochimiques n'expliquent pas la rareté des gisements Au-Cu magmatiques-hydrothermaux archéens.

Géologie de la région du lac Conviac, Eeyou Istchee Baie-James

Myriam Côté-Roberge, William Chartier-Montreuil, Maxym-Karl Hamel-Hébert et Daniel Bandyayera (MRNF)

Un levé réalisé au cours de l'été 2021 a mené à la production d'une nouvelle carte géologique à l'échelle 1/50 000 de la région du lac Conviac, localisée sur la rivière Eastmain, à 100 km au NE de Nemiscau. La cartographie a permis de préciser la limite entre les sous-provinces d'Opinaca et de La Grande et de déplacer le contact d'une trentaine de kilomètres vers le NE. La Ceinture de roches vertes de la Moyenne et de la Basse-Eastmain (CRVMBE) est prolongée vers l'est sur une dizaine de kilomètres. On y retrouve la Formation de Natel, composée d'amphibolite rubanée d'origine basaltique et de tuf felsique à intermédiaire, ainsi que les paragneiss à nodules et les formations de fer de la Formation d'Auclair. Une nouvelle unité transitionnelle de paragneiss stratifié peu métamorphisé, la Formation de Prosper, occupe l'extrême sud de la carte. Des ensembles intrusifs appartenant au Batholite de Village, à la Suite intrusive de Pacifique et au Complexe de Champion coupent ces roches volcaniques et sédimentaires. Au SE du secteur à l'étude, les paragneiss de la Formation de Voirdye sont coupés par les roches intrusives du Complexe de La Hutte. Les paragneiss variablement migmatitisés du Complexe de Laguiche de la Sous-province d'Opinaca occupent le NE de la région. Ils sont coupés par les roches intrusives felsiques à intermédiaires de la Suite de Féron. L'Intrusion de Bauerman, composée de roches intermédiaires, est située à marque le contact entre les sous-provinces.

La région est découpée par plusieurs zones de cisaillement orientées plus ou moins E-W, qui reprennent par endroits le cisaillement régional majeur correspondant au contact entre les sous-provinces de La Grande et d'Opinaca. Au SE, la Zone de cisaillement de Nisk sépare les paragneiss de la Formation de Prosper de ceux de la Formation de Voirdye. La présence de structures en dômes et bassins ainsi qu'une série de plissements isoclinaux caractérisent la tectonique de la région.

Les travaux ont permis mettre en valeur des secteurs favorables à l'exploration pour trois différents types de minéralisations :

- ▶ des sulfures massifs de métaux usuels (SMV) associés aux roches volcaniques dans le prolongement vers l'est de la Ceinture volcano-sédimentaire de la Moyenne Eastmain et dans une bande de basalte du Complexe de Laguiche (nAlgi1);
- ▶ des minéralisations aurifères associées aux formations de fer à silicates et oxydes de la Formation de Prosper
- ▶ des minéralisations associées aux pegmatites granitiques de la Suite intrusive de Pacifique.

Géologie de la région du lac Cadet, Eeyou Istchee Baie-James

Myriam Côté-Roberge et William Chartier-Montreuil (MRNF)

Un levé réalisé au cours de l'été 2022 a mené à la production d'une nouvelle carte géologique à l'échelle 1/50 000 de la région du lac Cadet (feuillelet SNRC 33B06, 33B10 et 33B11), à environ 60 km à l'est de la mine Éléonore. La cartographie avait comme objectif de préciser la limite entre les sous-provinces d'Opinaca et de La Grande qui coïncide dans le secteur avec une grande zone de cisaillement NNE-SSW, la Zone de cisaillement de Prosper (ZCpro).

Au nord de la ZCpro, la Sous-province d'Opinaca est principalement constituée par le Complexe de Laguiche. Cette unité est formée de paragneiss peu à moyennement migmatitisés où l'orthopyroxène est commun. Elle est injectée par des intrusions de pegmatite de type S associées à la Suite de Janin, particulièrement à l'ouest du secteur. Le Laguiche est coupé par la monzodiorite quartzifère du Pluton de Cadet, une nouvelle unité de taille importante particulièrement homogène et bien déformée.

Au sud de la ZCpro, la Formation de Low définit une unité métasédimentaire transitionnelle entre les roches de la Sous-province de La Grande et les paragneiss du Complexe de Laguiche. Ces paragneiss sont caractérisés par la présence locale d'aluminosilicates et par un faciès métamorphique moins élevé que dans le Laguiche. Ces roches métasédimentaires sont fortement injectées par des roches plutoniques de composition felsique à intermédiaire (tonalite, granodiorite et monzodiorite quartzifère) du Pluton d'Uskawasis.

Plusieurs zones de cisaillement importantes traversent la région d'étude. Outre la ZCpro qui définit le contact entre les sous-provinces, une dizaine de zones de cisaillement E-W délimitent divers domaines structuraux dans la Sous-province d'Opinaca. Une importante zone de déformation d'épaisseur kilométrique et d'orientation NW-SE affecte les roches de la Formation de Low et du Pluton d'Uskawasis, dans la partie nord de la Sous-province de La Grande.

Du point de vue métallogénique, la découverte dans le feuillelet 33B06 de roches volcaniques étroitement associées à des conglomérats dans la Formation de Low, reconnue pour être l'hôte du gisement de la mine Éléonore, rehausse le potentiel de la région pour les minéralisations aurifères de remplacement. Des veines de quartz aurifères montrant une altération proximale à hornblende-grenat, des indices cuprifères et des pegmatites granitiques de type S sont aussi présents dans le secteur à l'étude.

Âge et source des magmas de Blanchette : une pegmatite granitique riche en terres rares du Grenville central

Samuel Coulombe, Bertrand Rottier (U. Laval),
Abdelali Moukhsil (MRNF), Carl Guilmette (U. Laval) et
Jeffrey Marsh (Université Laurentienne)

La Province de Grenville présente un grand potentiel pour les éléments de terres rares (ETR). Dans la région de La Tuque, les minéralisations en ETR se divisent en deux catégories : 1) les minéralisations associées à des magmas alcalins, telles les suites intrusives de Toad et de Rhéaume et 2) les minéralisations associées à des pegmatites granitiques (p. ex. Bardy, Lac du Relais, Blanchette). Les mécanismes de formation et la source des magmas de ces pegmatites enrichies en ETR demeurent toutefois peu compris.

Cette étude porte sur l'indice Blanchette-1 situé à 25 km au NE de La Tuque. Celui-ci consiste en un dyke de pegmatite riche en ETR (> 2,7 %, principalement légères) de 2 m de large encaissé dans des paragneiss migmatitisés du Complexe du Wabash. La minéralisation en ETR est distribuée inégalement au sein du dyke et se concentre principalement au sein d'une zone métrique riche en allanite (> 5 à 10 % de la roche), le principal porteur des ETR. Ce projet vise à déterminer la source du magma et l'âge de mise en place de cette pegmatite à ETR pour mieux caractériser cet événement minéralisateur et sa relation avec l'évolution géodynamique de la Province de Grenville.

Pour caractériser l'âge et la source des magmas à l'origine de ce dyke de pegmatite, les zircons de quatre échantillons ont été datés (U/Pb, LA-ICP-MS) parallèlement à des analyses isotopiques du hafnium : (1) la syénite de Toad représentant l'intrusion alcaline riche en ETR la plus proche (1009,7 ± 1,7 Ma); (2) le dyke de pegmatite de Blanchette (1060,8 ± 3,5 Ma), et (3) deux injections granitiques (1057,9 ± 4,1 Ma et 1075,1 ± 2,0 Ma). Ces âges démontrent que les minéralisations en ETR associées aux syénites et aux pegmatites constituent deux événements distincts. La pegmatite et les deux injections granitiques présentent un nombre important de zircons hérités présentant une fourchette d'âges continue entre 1100 et 1500 Ma. La composition isotopique du hafnium des zircons non hérités de la pegmatite et des injections granitiques varie entre $-4 \pm 2 \text{ } \epsilon\text{Hf}$ (1060-1070 Ma). La signature $\epsilon\text{Hf}(t)$ des zircons hérités montre une augmentation linéaire avec leurs âges de cristallisation jusqu'à des valeurs de +13. Ces observations sont cohérentes avec l'évolution isotopique d'un magma mantellique (manteau appauvri) formé à 1400 ± 50 Ma et suggèrent la génération de magmas issus de la fusion partielle d'une même source crustale sans apport mantellique durant 400 Ma dans la région.

Géologie de la région du lac la Trêve, Sous-Province de l'Abitibi, Eeyou Istchee Baie-James

Yannick Daudene et Mélanie Beaudette (MRNF)

Ce levé géologique préliminaire de la région du lac la Trêve (feuilles 32G13-NE et 32J04-SE) vise à raffiner la stratigraphie de cette région. Ce secteur est situé à la limite des sous-provinces d'Opatoca au nord et de l'Abitibi au sud. Dans la moitié sud de la carte, la séquence de roches volcaniques et sédimentaires de l'Abitibi débute avec le Groupe de Roy. Celui-ci se compose principalement de basaltes coussinés et massifs appartenant aux formations d'Obatogamau et de Bruneau ainsi que de filons-couches de gabbro. Il présente aussi des ensembles de roches volcaniques felsiques ou intermédiaires et de roches sédimentaires attribués aux formations de Waconichi et de Blondeau; la première surmontant localement les formations d'Obatogamau et de Bruneau, alors que la seconde marque le sommet du Groupe de Roy. Le Groupe d'Opémisca sus-jacent est composé essentiellement des roches sédimentaires détritiques. À la base du Groupe d'Opémisca, la Formation de La Trêve présente des interstratifications de conglomérat polygénique et de grès. Au sommet, la Formation de Daubrée se compose de bancs de grès (arénite et wacke) et de mudstone. La plupart des polarités observées dans les groupes de Roy et d'Opémisca indiquent des sommets stratigraphiques vers le SE. Des plutons arrondis de syénite et de granite d'envergure kilométrique, peu ou non déformés, coupent l'ensemble volcano-sédimentaire. Bien que les roches présentent généralement un métamorphisme au faciès des schistes verts, elles montrent en bordure des plutons des assemblages minéralogiques typiques du faciès des amphibolites, voire des évidences de fusion partielle. Des dykes de diabase orientés NE-SW, d'épaisseur décimétrique et d'extension kilométrique, coupent l'ensemble des unités décrites précédemment.

D'un point de vue métallogénique, plusieurs environnements géologiques favorables méritent d'être soulignés :

- ▶ les roches volcanoclastiques des formations de Blondeau et de Waconichi pour les métaux usuels et précieux associés aux minéralisations de type SMV;
- ▶ le gabbro de l'un des Dykes de l'Abitibi et de la bordure du Stock de Mildred pour les minéralisations magmatiques de Ni-Cu (\pm EGP);
- ▶ la syénite du Stock de Saussure pour les minéralisations d'or et d'ETR.

L'utilisation des méthodes d'apprentissage automatique pour la quantification de l'incertitude dans la cartographie prédictive minérale : une étude de cas dans la province minérale de Juruena, Brésil

Victor Silva dos Santos, Erwan Gloaguen, Vinicius Louro et Martin Blouin (INRS-ETE)

La cartographie prédictive minérale (CPM), comme d'autres domaines géoscientifiques, est sujette à diverses incertitudes. Les modèles d'apprentissage automatique utilisent la position des sites favorables et défavorables à la découverte de gisements pour guider l'entraînement. Lorsque la position des sites défavorables (exemples négatifs) est inconnue, la génération synthétique d'ensembles de données négatives est souvent nécessaire. Plusieurs approches ont été proposées dans le passé; on ne peut cependant jamais être certain que les points choisis sont de vrais négatifs ou, à tout le moins, qu'ils sont optimaux pour l'entraînement des modèles. Afin de vérifier l'impact de la génération des exemples négatifs dans la CPM, nous avons comparé deux critères de sélection des zones défavorables : 1) les sites éloignés de gisements connus; 2) les zones où les roches ne sont pas favorables au type de gisement recherché. Pour cela, nous avons généré 400 cartes potentielles en utilisant différents exemples négatifs pour chacune des trois méthodes d'apprentissage automatique utilisées (200 cartes pour chaque critère), soit les méthodes *Random Forest* (RF), *Support Vector Machines* (SVM) et *k-Nearest Neighbors* (KNN). Dans cette étude, nous avons utilisé le cas de la province minérale de Juruena, située dans le nord du Mato Grosso au Brésil.

Géologie de la région des lacs Bellemare et Chausson, Province de Grenville, région du Saguenay–Lac-Saint-Jean

Mhamed El Bourki et Abdelali Moukhsil (MRNF)

Durant l'été 2022, la région des lacs Bellemare (feuillelet SNRC 32H08) et Chausson (feuillelet 22E05), située dans la région du Saguenay–Lac-Saint-Jean, a fait l'objet d'un levé géologique à l'échelle 1/50 000. La nouvelle carte illustre plusieurs unités stratigraphiques d'âge mésoprotérozoïque (1,45 Ga à 0,99 Ga) mises en place dans l'Allochtone de la Province de Grenville. L'unité la plus étendue est la Suite anorthositique de Lac-Saint-Jean (1169-1135 Ma) qui occupe principalement le feuillelet 22E05 et la partie est du feuillelet 32H08. Cette suite est injectée par d'autres massifs intrusifs comme l'Intrusion de Gicopec (granite, granite à feldspath alcalin, syénite quartzifère roses et porphyroïdes); le Pluton de Malfait (anorthosite, leuconorite, syénite quartzifère à feldspath alcalin, syénite quartzifère et faible quantité de monzonite quartzifère et de syénite) et le Batholite de Nepton composé de faciès felsique, intermédiaire et mafique. Les autres intrusions mésoprotérozoïques cartographiées dans la région sont la Suite intrusive de Sainte-Hedwidge (1017,6 ± 36 Ma, granite, syénite, mangérite, gabbronorite), les suites plutoniques de la Vertu et de Grondin et les batholites du Coin et de Long. De même, des roches supracrustales du Complexe de Barrois (< 1224 ± 18 Ma, roches volcano-sédimentaires) ont été cartographiées dans la partie ouest de la région. À l'échelle de la région, plusieurs dykes de pegmatite de composition granitique à syénitique recoupent ces différentes unités.

Les roches cartographiées sont, en général, déformées, plissées et coupées par plusieurs failles et localement par des zones de cisaillement. Le grain structural est principalement orienté NNW-SSE à NNE-SSW. Le secteur est caractérisé par un métamorphisme régional prograde du faciès des granulites au faciès supérieur des amphibolites. La région contient plusieurs types de minéralisations offrant un potentiel minéral prometteur permettant de définir plusieurs zones favorables à l'exploration minière :

- ▶ minéralisations en éléments de terres rares ± Th ± Nb ± Ta dans les roches intrusives syénitiques et granitiques à feldspath alcalin et dans les dykes pegmatitiques de composition granitique ou syénitique;
- ▶ minéralisations de Fe-Ti ± P ± V dans les anorthosites, leuconorites, gabbronorites et/ou norites;
- ▶ minéralisations de Ni ± Cu dans les roches intrusives ultramafiques;
- ▶ pierre architecturale et minéralisations de minéraux industriels (anorthosite à labradorite).

Automatisation de la caractérisation des minéraux indicateurs avec la μ XRF

Léa Géring et Antoine Nadeau (U. Laval)

Bien que les minéraux recueillis dans les sédiments ait conduit dès l'Antiquité à la découverte de gisements, par ex. l'or dans les sédiments fluviatiles en Égypte qui a mené à la découverte des placers aurifères, c'est surtout au cours des 30 dernières années que la méthode des minéraux indicateurs (MI) s'est développée et qu'elle a vu son champ d'application se diversifier. Aujourd'hui, cette méthode est appliquée pour la recherche de ressources d'origine magmatique (par ex. intrusions Ni-Cu-EGP, Sn-W, kimberlites diamantifères), magmatique-hydrothermale (par ex. porphyre Cu-Mo-Au), hydrothermales (or de type orogénique) et volcano-sédimentaire (par ex. amas sulfurés polymétalliques de type SMV).

Au Quaternaire, une grande partie de l'hémisphère nord, dont la totalité du Québec, était recouverte d'immenses calottes glaciaires qui ont façonné le paysage canadien, si bien que la très grande majorité des dépôts meubles dans ces régions sont d'origine glaciaire. C'est pourquoi la méthode des MI dans les tills et les eskers a été utilisée dans ces contextes, ce qui a conduit à la découverte de plusieurs kimberlites diamantifères (par ex. Lac de Gras, Kirkland Lake) et dépôts aurifères de type orogénique (par ex. Casa Berardi, Rainy River).

La méthode consiste d'abord en la collecte d'échantillons de dépôts glaciaires ou fluvioglaciaires et à la séparation gravimétrique de la fraction de minéraux lourds (FML). Le nombre de grains séparés varie en fonction du substrat rocheux de la région d'échantillonnage. Par la suite, on procède à l'analyse visuelle des grains de la FML à la loupe binoculaire, afin d'identifier les MI, les compter et, éventuellement, déterminer leur composition chimique au MEB par exemple. Théoriquement, la proportion de MI dans la FML diminue avec l'éloignement de la source, pouvant être réduite à 1 grain sur plusieurs milliers.

Par conséquent, l'examen visuel représente une étape très laborieuse et chronophage, soumise à l'expertise du minéralogiste. La μ XRF est une méthode d'imagerie élémentaire avec une résolution de pixel de 25 μ m. Elle fournit une cartographie de l'abondance des éléments par la lecture du spectre de fluorescence X associé à chaque pixel. Le traitement de ce type de données (hypercube avec z canaux d'énergie en keV) fournit des informations sur la minéralogie et la composition des grains. La méthode de caractérisation des MI par μ XRF pourrait servir à améliorer les normes QA/QC, voire remplacer le minéralogiste. Le projet a non seulement pour but d'automatiser la reconnaissance et le calcul de l'abondance des MI dans la FML, mais aussi de caractériser leur forme et d'obtenir leur composition.

Géologie de la région du lac Dickson, Sous-Province de l'Abitibi, Eeyou Istchee Baie-James

Maxym-Karl Hamel-Hébert et Antoine Brochu (MRNF)

Une nouvelle carte géologique préliminaire de la région du lac Dickson (moitié sud du feuillet SNRC 32G11, échelle 1/50 000), à une trentaine de kilomètres au SW de la ville de Chapais, a été réalisée à la suite d'une campagne de terrain effectuée durant l'été 2022.

La région comprend les roches métasédimentaires de la Formation de Caopatina et les unités volcano-sédimentaires de la Formation d'Obatogamau, à la base du Groupe de Roy, qui sont principalement formées de coulées massives et coussinées de basalte porphyrique. Les travaux de cartographie montrent également la présence d'une nouvelle unité au sein de l'Obatogamau regroupant des coulées andésitiques massives, localement coussinées, des rhyolites et des tufs à lapillis. Les roches volcaniques situées immédiatement au NE de cette nouvelle unité présentent des compositions variant d'andésite à basalte andésitique. Celles-ci contiennent beaucoup moins de phénocristaux de plagioclase qu'ailleurs dans la Formation d'Obatogamau et sont plus déformées. L'ensemble des unités volcaniques et sédimentaires est bordé au nord par les unités tonalites et dioritiques de la Suite intrusive de Lapparent et du Complexe d'Eau Jaune. Dans la portion SW de la zone cartographiée, le Complexe anorthositique d'Opawica est en contact concordant et localement déformé avec les roches volcaniques de l'Obatogamau. Toutes les unités archéennes de la région sont recoupées par des dykes mafiques NE-SW d'âge protérozoïque.

Les unités volcaniques et sédimentaires sont orientées WNW-ESE. Les indicateurs de polarité stratigraphique semblent montrer des sommets généralement dirigés vers le NE. La limite entre l'ensemble intrusif constitué par la Suite intrusive de Lapparent et le Complexe d'Eau Jaune, d'une part, et l'ensemble volcanique de la Formation d'Obatogamau, d'autre part, est marquée par une zone de forte déformation, le « couloir de Guercheville ». À l'intérieur de celui-ci, les roches présentent une foliation très bien développée, localement mylonitique. Le couloir montre une orientation WNW-ESE et se poursuit sur une longueur de plus d'une vingtaine de kilomètres pour une largeur atteignant deux kilomètres.

Nos observations mettent en évidence plusieurs secteurs qui présentent un potentiel certain pour des minéralisations :

- ▶ volcanogènes (« SMV » et/ou filoniennes) encaissées dans des roches volcaniques felsiques ou basaltiques et associées à des anomalies magnétiques positives et électromagnétiques de type INPUT (p. ex le gîte de Fenton);
- ▶ hydrothermales-magmatiques associées à la circulation de fluides en bordure d'intrusions tardives de composition intermédiaire (p. ex en bordure du Pluton de Drouet);
- ▶ de type orogénique le long du couloir de déformation de Guercheville.

Contexte géologique des minéralisations Ni-Cu et Fe-V-Ti-P de la Suite anorthositique de Lac-Saint-Jean, Province de Grenville central, Québec

Théo Hassen Ali, Sarah Dare, Renée-Luce Simard (UQAC) et Abdelali Moukhsil (MRNF)

Les massifs anorthositiques protérozoïques sont des cibles d'exploration minières importantes, car elles contiennent nombre de minéraux critiques et stratégiques présents dans les minéralisations de Ni-Cu-Co et de Fe-Ti-V-P. Cependant, la mise en place de ces minéralisations et leurs relations génétiques avec les massifs anorthositiques sont mal comprises.

La Suite anorthositique de Lac-Saint-Jean (SALSJ), située dans la Province de Grenville, est le plus grand complexe anorthositique au monde, avec une superficie de 20 000 km². Depuis le printemps 2022, la SALSJ et les minéralisations en Fe-Ti-V-P et Ni-Cu±Co présentes le long de ses marges ouest et sud font l'objet d'un projet de doctorat à l'UQAC qui vise à mieux comprendre la genèse et la mise en place de ces minéralisations dans les massifs anorthositiques en combinant la cartographie détaillée des faciès, la détermination de la calcicité du plagioclase par XRF portative, la géochronologie et la géochimie isotopique.

Une première campagne de cartographie et d'échantillonnage a été menée dans la marge ouest de la SALSJ afin de décrire les différentes minéralisations et les faciès anorthositiques des feuillettes SNRC 22E04, 32H01 et 32H08. Nous nous sommes principalement intéressés aux indices de sulfures de Ni-Cu-Co (Mistass, Yenevac, McNickel) et à un indice d'oxyde-apatite (Lac Perron). Durant ces 22 jours de terrain, 221 géofiches ont été produites et 141 échantillons ont été récupérés, dont 15 échantillons de sulfures massifs ou de nelsonites et 29 échantillons contenant des sulfures disséminés.

Les observations préliminaires semblent suggérer un lien entre le type d'encaissant et la minéralisation. En effet, les indices de sulfures (pyrrhotite et chalcopryrite ± pentlandite ± pyrite) massifs à semi-massifs (Yenevac et McNickel) et massifs à disséminés (Mistass) semblent se mettre en place dans des leuconorites à granulométrie grossière à mégacristique. En revanche, l'indice d'oxyde-apatite (Lac Perron), constitué de magnétite, ilménite et d'apatite massive, est encaissée dans une anorthosite massive. Les analyses géochimiques, pétrographiques et géochronologiques à venir devraient permettre de vérifier cette parenté.

Ces nouveaux travaux tenteront d'établir le cadre géologique et utiliseront de nouveaux outils de cartographie (analyseur XRF portatif) pouvant identifier des intrusions individuelles, des structures de conduits et/ou des zones de cisaillement dans les massifs anorthositiques pour aider à prédire la localisation de minéralisations potentielles.

Nouveaux levés géophysiques publiés par le MRNF en 2021-2022

Rachid Intissar et Julie Vallières (MRNF)

Poursuivant sa mission d'acquisition et de traitement des données géoscientifiques, Géologie Québec diffusera à l'occasion du congrès Québec Mines + Énergie 2022, les données de trois nouveaux levés géophysiques réalisés durant l'année 2021-2022. Le but ultime de ces levés de haute résolution est de fournir un outil de soutien à la cartographie géologique autant pour les projets de Géologie Québec que pour les compagnies d'exploration minières. Ces données permettent également de stimuler l'investissement privé en générant de nouvelles zones favorables à l'exploration minière. Les résultats de ces levés avec quelques éléments d'interprétation qualitative préliminaire seront présentés.

Les documents suivants comportant les données numériques ainsi que les rapports techniques seront publiés dans Examine :

- ▶ DP 2022-02: Levé aéromagnétique de haute résolution dans le secteur du lac Fressel, Eeyou Istchee Baie-James et Nunavik (espacement entre les traverses de 200 m, superficie de 16 900 km²).
- ▶ DP 2022-03: Levé gradiogravimétrique de haute résolution dans le secteur de la rivière Eastmain, Eeyou Istchee Baie-James (espacement entre les traverses de 250 m, superficie de 2800 km²).
- ▶ DP 2022-04: Levé de haute résolution combiné aéromagnétique et spectrométrique dans le secteur de la rivière Saint-Augustin, Côte-Nord (espacement entre les traverses de 200 m, superficie de 11 418 km²).

Les apatites des intrusions mafiques litées : de l'enregistrement des processus magmatiques à leur utilisation pour l'exploration des minéralisations en Fe-Ti-P

Marie Kieffer, Sarah Dare (UQAC) et Olivier Namur (KU Leuven)

L'apatite est un minéral résistant à l'altération et commun dans la majorité des roches ignées, sédimentaires, métamorphiques et hydrothermales. Sa chimie est couramment utilisée afin de tracer des processus magmatiques, mais aussi comme indicateur de provenance pour des études sédimentaires. L'apatite a également le potentiel d'être employée comme minéral indicateur pour l'exploration, car sa signature chimique semble varier selon les types de gisements d'où elle provient. Toutefois, les apatites des intrusions mafiques litées, hôtes d'importantes ressources en Fe-Ti-V-P, ne sont à ce jour pas prises en compte dans les diagrammes de discrimination. Cette étude applique donc une approche pétrogénétique visant à améliorer notre compréhension des variations chimiques de l'apatite dans les intrusions mafiques litées afin de permettre leur utilisation comme indicateur de provenance et pour l'exploration.

La Suite Intrusive de Sept-Îles (Québec, Canada) représente l'une des plus volumineuses intrusions mafiques litées au monde. Elle constitue un laboratoire naturel pour étudier la différenciation d'un magma ferrobaltique ayant produit un magma felsique à la suite d'une cristallisation fractionnée extrême. L'immiscibilité a joué un rôle prépondérant dans la formation du niveau minéralisé en Fe-Ti-P au sommet de la séquence mafique (Zone Critique). La composition chimique détaillée des apatites provenant de la Série Litée mafique et de la Série Supérieure felsique a été déterminée par des analyses à la microsonde et par LA-ICP-MS (31 éléments; LabMaTer, UQAC). Les résultats montrent que les apatites cumulus enregistrent les changements de composition du magma ferrobaltique lors de son fractionnement, depuis les roches mafiques vers les roches felsiques (enrichissement en éléments de terres rares, Th, U, K, Pb, et appauvrissement en Sr, Ba, V et Mg dans les apatites). De plus, les différences chimiques entre les apatites des niveaux riches et pauvres en Fe-Ti-P de la Zone Critique sont attribuées à la répartition des éléments en traces entre deux liquides silicatés immiscibles riches en Fe et en Si, ainsi qu'aux différentes proportions cotectiques d'apatite qui cristallisent à partir de ces liquides (calculées à 5 à 8 % et 1 %, respectivement). L'abondance d'apatite (7 à 36 % en volume) dans les niveaux riches en Fe-Ti-P est alors expliquée par le tri et l'accumulation des cristaux. Enfin, la meilleure compréhension de la chimie des apatites à Sept-Îles a permis de proposer une nouvelle série de diagrammes de discrimination (mafique vs. felsique, cumulus vs. intercumulus), prouvant le potentiel de l'apatite comme minéral indicateur pour l'exploration de minéralisations en Fe-Ti-P associées aux intrusions mafiques litées.

Association spatiale entre les minéralisations de Cr et de Ni-Cu-(EGP) dans les intrusions du Lac des Montagnes et de Levack (Nisk) de la Ceinture du Lac des Montagnes, Eeyou Istchee Baie-James, Québec, Canada

Klaus Kuster (Université Laurentienne), Michel G. Houlié (CGC-Québec) et C. Michael Lesher (Université Laurentienne)

Les coulées et les intrusions magmatiques ultramafiques et mafiques hébergent couramment des gisements de Ni-Cu-(EGP) ou de Cr. Il est toutefois moins habituel de trouver des minéralisations de Cr et de Ni-Cu-(EGP) dans un même système magmatique. Dans la Province du Supérieur, quelques exemples de cette association spatiale se produisent dans le Filon-couche de Bird River au Manitoba et dans les intrusions du Ring of Fire, de Shebandowan et de Big Trout Lake en Ontario. Cette association de métaux se trouve également dans les intrusions du Lac des Montagnes (ILdM) et de Levack (IL) appartenant à la Suite mafique-ultramafique de Caumont au sein de la Ceinture de roches vertes du Lac des Montagnes. Cette ceinture orientée NE-SW est localisée dans la partie sud de la Sous-province de La Grande de la Province du Supérieur.

La IL présente une épaisseur totale de 150 m et s'étend sur une longueur d'environ 4 km. Elle se compose d'une unité inférieure de péridotite noire et d'une unité supérieure de péridotite grise/pyroxénite à olivine/pyroxénite feldspathique. Les sulfures de Ni-Cu-(EGP) massifs et disséminés du gisement de Nisk sont localisés au contact ou à proximité du contact entre les unités inférieure et supérieure. Des niveaux de chromitite semi-massive atteignant 15 cm d'épaisseur et des niveaux de chromitite disséminée jusqu'à 3 m d'épaisseur se trouvent près du sommet de l'unité supérieure, à environ 50 m au-dessus de la minéralisation sulfurée.

La ILdM est une unité différenciée d'une épaisseur totale allant jusqu'à 250 m et qui s'étend sur une longueur d'environ 5 km. Elle composée, de la base au sommet, de péridotite, de pyroxénite à olivine, de pyroxénite, de mésogabbro et de mélanogabbro. Plusieurs couches semi-continues riches en chromite sont intercalées dans la péridotite. On peut les regrouper en trois niveaux, inférieur, médian et supérieur. Le niveau médian est le plus épais (jusqu'à 2,4 m d'épaisseur) et le plus continu. Dans la partie centrale de l'intrusion, il est composé d'une seule couche de chromitite massive à semi-massive surmontée de chromitite stratifiée. Une minéralisation de sulfures semi-massifs à massifs de Ni-Cu-(EGP) (p. ex. indice Valiquette, 2,6 % Ni) est observée près de la base de l'intrusion et est surmontée par un niveau de chromitite massive à semi-massive (jusqu'à 1,2 m d'épaisseur), qui se situe, en moyenne, à environ 20 m au-dessus de la minéralisation sulfurée.

En résumé, ces intrusions présentent toutes deux une étroite association spatiale entre des minéralisations de sulfures et de chromite dans le même corps intrusif. De plus, les minéralisations de chromite sont toujours localisées stratigraphiquement au-dessus de la minéralisation de sulfures. Cette relation spatiale est également observée dans d'autres intrusions (p. ex. Shebandowan, Ring of Fire). Les travaux futurs tenteront d'établir s'il existe un lien génétique entre ces types de minéralisation et pourquoi certaines intrusions contiennent ces deux types et d'autres pas.

Réanalyse de sédiment de ruisseaux, secteur de Causapscal, Province des Appalaches

Olivier Lamarche (MRNF)

Le ministère des Ressources naturelles et des Forêts a entrepris en 2020 la réanalyse d'échantillons de sédiment de ruisseau provenant d'un levé dans le secteur d'Amqui-Causapscal (feuilles SNRC 21014, 22B02 à 22B07, 22B10 et 22B11), situé dans la Province des Appalaches. Les échantillons avaient été prélevés en 1974 avec une densité d'environ 2,6 échantillons/km² dans un territoire couvrant environ 2800 km². La réanalyse de ces échantillons a été réalisée en 2020 pour 64 éléments. Cette affiche présente les grandes lignes du projet, ainsi que les cartes des valeurs brutes interpolées par la méthode des voisins naturels pour les éléments suivants : Ag, As, Au, Cu, ETR, Li, Mo, Nb, Pb, Zn.

D'un point de vue géologique, le levé est situé dans les roches paléozoïques de la Province des Appalaches. Quelques indices minéralisés sont recensés dans le secteur, surtout le long de la Faille de Sainte-Florence, dans les volcanites de Sainte-Marguerite. On y trouve principalement des indices d'or et/ou polymétalliques. Des indices de cuivre sont également connus en périphérie de la zone étudiée.

La réanalyse des échantillons de ruisseaux dans le secteur de Causapscal a été effectuée par à l'ICP-MS à la suite d'une attaque à l'eau régale. Cette dissolution a permis de mesurer les concentrations des éléments contenus dans les phases minérales facilement dissoutes, notamment les métaux dans les sulfures. Les valeurs ont ensuite été comparées avec celles d'autres projets de réanalyses effectués depuis 2010 en utilisant des suites analytiques comparables. Les rangs centiles ont été mis en carte pour 10 éléments et ont permis d'identifier des zones d'intérêt pour l'or et les éléments de terres rares. Ces zones d'intérêt sont toutes identifiées à partir d'au moins 4 valeurs anormales contiguës. Des anomalies ponctuelles sont également observées pour plusieurs éléments analysés. Les données d'analyse sont disponibles sur la base de données du SIGÉOM.

Géologie des dépôts de surface de la région du lac des Montagnes — Rapport préliminaire

Olivier Lamarche et Marc-Antoine Lévesque (MRNF)

La région d'Eeyou Istchee Baie-James a été grandement affectée par les glaciations du Quaternaire qui y ont laissé une épaisse couverture de sédiments meubles. L'utilisation des outils de prospection glaciocédimentaire peut donc contribuer à établir un portrait plus complet du potentiel minéral de cette région où le potentiel en lithium est déjà bien connu. Une nouvelle carte des formations de surface à l'échelle 1/50 000 ainsi qu'un échantillonnage de sédiments d'origine glaciaire (till) et fluvioglaciaire (eskers) a été effectué à l'été 2021 dans une région à proximité de Nemiscau, de part et d'autre de la rivière Rupert. Les sédiments de surface de la région sont principalement constitués de sédiments glaciaires (till), lesquels ont été recouverts, érodés ou remaniés par la mise en place de sédiments fluvioglaciaires selon une orientation NE-SW, formant ainsi de longs axes principalement sablo-graveleux. Le drainage de l'eau de fonte a favorisé la formation de chenaux, soit associés à la vidange de lacs proglaciaires, soit qui traversent la zone cartographiée selon un axe similaire aux sédiments fluvioglaciaires tout en convergeant vers la rivière Rupert. Le terrain est traversé dans une orientation NW-SE par la Moraine de Sakami, un complexe morainique majeur représentant une stagnation du glacier vers 8,2 ka. Plusieurs moraines de De Geer sont observables dans les zones où la marge a recédé en contact avec un plan d'eau (p. ex. Lac Ojibway, Mer de Tyrrell). Ces plans d'eau ont remanié ou nappé les sédiments de la région, laissant par endroits des sédiments littoraux.

Cette publication préliminaire ne traite que de l'aspect cartographique du projet.

Avancement et nouveautés — Levés de sédiment de fond de lac

Olivier Lamarche (MRNF)

Le ministère des Ressources naturelles et des Forêts réalise depuis 2020 des levés géochimiques de sédiments de fond de lac de haute densité (1 échantillon par 1,5 km²) dans la région de la Baie-James. Ces projets devraient permettre d'identifier des zones favorables plus précises que celles décelées par les anciens levés (1 échantillon par 6 km²). Les résultats d'analyse devraient également être plus fiables pour une panoplie d'éléments, notamment pour l'or.

Venez-vous informer sur les projets en cours, ainsi que sur les nouvelles publications à venir.

Les bryophytes, une solution à l'importante mortalité en revégétalisation de site minier?

Samuel Malo, Olivier Alix-Paré, Sébastien Roy, Isabelle Laforest-Lapointe (Université de Sherbrooke), Line Rochefort (U. Laval) et Jean-Philippe Bellenger (Université de Sherbrooke)

L'industrie minière joue un rôle important dans le développement économique du Québec. À l'heure actuelle, tout exploitant doit produire un plan pour la restauration de son site minier qui implique notamment des travaux de végétalisation. L'établissement de végétaux sur des aires composées de stériles ou de résidus fins représente cependant un défi important. Ces substrats sont très pauvres en nutriments et ont une grande exposition au soleil et au vent, ce qui assèche rapidement les plantes. L'ajout de matière organique peut aider l'établissement de la végétation, mais s'avère coûteux et comporte une empreinte environnementale indéniable (GES des équipements mécanisés). Bien qu'il soit possible de planter des semis directement dans les stériles et résidus fins, on observe de forts taux de mortalité. Afin d'améliorer les taux de survie de semis plantés directement dans les stériles, des espèces de mousses (bryophytes) indigènes sont implantées pour accompagner les semis forestiers. Les mousses sont connues pour avoir des effets importants sur l'humidité et la température du sol. Leur partie verte héberge des cyanobactéries fixant l'azote atmosphérique, représentant une source potentielle de nutriment pour soutenir la croissance des plantes en milieu pauvre.

L'objectif principal de ce projet multidisciplinaire est d'évaluer la contribution des mousses à la survie et à la croissance de semis forestiers qui seront employés dans la restauration progressive de la future halde de codisposition de stériles et de résidus fins de la mine Whabouchi (Nemaska Lithium). Six espèces de mousses de début de succession ont été récoltées afin de créer un mélange de mousse qui a été dispersé sur une parcelle de till glaciaire située sur le site minier. D'autres traitements édaphiques (tourbe et stérile) ont également été testés pour évaluer l'effet d'une préacclimatation d'un an des semis aux conditions environnementales, avant leur transplantation sur une halde expérimentale. Les résultats obtenus à ce jour montrent que les mousses prélevées dans l'environnement naturel avoisinant sont capables de croître sur diverses surfaces préparées au sol (avec/sans tourbe, avec/sans stériles, directement sur le till glaciaire). Après seulement un an, la mousse couvre en moyenne 8 % des parcellesensemencées. Des taux de fixation d'azote comparables à ceux mesurés dans le milieu naturel ont également été observés, ce qui suggère que leurs populations microbiennes demeurent fonctionnelles. L'évaluation de l'effet de l'établissement de ces tapis de mousse sur la survie des semis ainsi que leur performance après transfert sur la halde est en cours.

Géologie de la région du lac Spartan, Orogène de l'Ungava, Nunavik, Québec, Canada

Guillaume Mathieu, Marc-Antoine Vanier et Thomas Debruyne (MRNF)

La campagne de terrain de l'été 2021 a touché la région du lac Spartan. Les parties est des feuillets 35G10 et 35G15 ont été cartographiées à une échelle hybride entre le 1/20 000 et le 1/50 000. La géologie de cette région est constituée de trois ensembles de roches paléoprotérozoïques : (1) roches volcaniques de composition mafique et complexe intrusif mafique lité (Groupe de Watts); (2) roches sédimentaires (Groupe de Spartan); et (3) roches intrusives (suites précoces d'Illuinaqtut, de Vanasse, de Foucault et d'Ippialuit; et suites ou plutons tarditectoniques de Sirluaq, de Niqituraaqiaruk et de Tiriranniatuuq).

Une discordance est présente au contact entre les roches volcaniques du Groupe de Watts et les roches sédimentaires du Groupe de Spartan. La Faille d'Ombilic, définie à la suite de ce levé, coïncide avec cette discordance. Plus au nord, la Zone de cisaillement inverse de Kuuk, également introduite lors de ces travaux, marque le passage des roches mafiques intrusives du Groupe de Watts aux intrusions précoces des suites de Foucault et de Vanasse. Cette zone de cisaillement affecte principalement les leucogabbros du Groupe de Watts. Elle se trouve en continuité avec le Domaine structural d'Inaaq caractérisé par des plis à plan axial NE-SW déversés vers le SE qui reprennent des plis droits à déversés à trace axiale E-W et à faible plongement vers l'ouest. La superposition de ces plis forme un schéma d'interférence hybride entre le type 2 et le type 3.

Le potentiel minéral de région est associé à trois épisodes de minéralisation : (1) des minéralisations primaires d'origine exhalative ou magmatique; (2) des minéralisations liées à une remobilisation mésothermale à épithermale; et (3) des minéralisations magmatiques et métasomatiques associées à des plutons post-tectoniques. L'épisode 1 est principalement représenté par les minéralisations exhalatives de Cu-Zn ou les minéralisations magmatiques de Cr, Fe-Ti-V ou Cr-Cu-Ni-Co associées aux intrusions mafiques à ultramafiques. L'épisode 2 est responsable de la remobilisation des minéralisations du premier épisode et de la mise en place d'une variété de veines principalement à quartz et carbonate montrant un contenu anormal en Au-Ag. Finalement, l'épisode 3 est associé à des valeurs anormales en Cu-Co dans une cornéenne au pourtour du Pluton de Tirianniatuuq, un contexte favorable à la formation d'un skarn.

Pétrogenèse de la minéralisation Fe-Ti-P du Lac à l'Original : un aperçu des variations géochimiques des minéralisations d'oxydes-apatite dans la partie centrale de la Province de Grenville, Québec

Pedro Miloski, Sarah Dare (UQAC), Caroline-Emmanuelle Morisset (Agence spatiale canadienne), Joshua S. Davis et Morgann Perrot (UQAM)

Les minéralisations magmatiques à oxydes-apatite (Fe-Ti-P) constituent d'importantes ressources stratégiques en TiO_2 (hémio-ilménite : $Fe_2O_3-FeTiO_3$) et P (apatite : $Ca_5(PO_4)_3(OH,F,Cl)$). Elles sont spatialement et temporellement associées à des anorthosites protérozoïques de type massif. Cependant, l'origine de ces minéralisations et leurs relations génétiques avec l'anorthosite hôte sont encore débattues. Dans la Province de Grenville au Québec, la nature des minéralisations de type d'oxydes de Fe-Ti (magnétite titanifère, ilménite, hémio-ilménite) semble varier avec la composition du plagioclase de l'unité anorthositique encaissante (labradorite ou andésine) et l'âge de celle-ci. Ainsi, les anorthosites de type andésine ($An < 48$), plus jeunes que 1100 Ma, ont tendance à contenir de l'orthopyroxène et présentent des minéralisations d'hémio-ilménite. Les anorthosites de type labradorite ($An > 48$), plus anciennes que 1100Ma, contiennent généralement de l'olivine et des minéralisations de magnétite titanifère. Nous proposons que ces variations du type d'oxydes en fonction du temps est peut-être lié à des magmas parentaux et/ou à des degrés de contamination crustale différents lors de la mise en place du magma partiellement cristallisé et riche en plagioclase dans la croûte. Afin de tester cette hypothèse, nous avons étudié plusieurs minéralisations de Fe-Ti-P dans les régions du Saguenay-Lac-Saint-Jean et de Labrieville au Québec.

Nous présentons ici une étude chiamostratigraphique détaillée des cumulats noritiques à oxydes et apatite du Lac à l'Original. Cette zone minéralisée forme un filon-couche de 300 m d'épaisseur localisé près de la bordure nord de l'Anorthosite de Mattawa (1010 Ma). Les bordures de cette zone sont dominées par l'hémio-ilménite (\pm magnétite), tandis que sa partie centrale est principalement constituée d'ilménite et de magnétite. L'apatite est présente dans toutes les minéralisations. Les analyses des éléments en traces du plagioclase, de l'apatite et des oxydes par ablation laser ICP-MS révèlent des variations cryptiques liées à la différenciation magmatique et à des injections multiples d'un magma parental de ferrodiorite. De nouveaux âges U-Pb sur zircons de deux échantillons indiquent deux âges de cristallisation différents entre la partie centrale plus jeune de l'intrusion ($993,15 \pm 12,97$ Ma) et sa bordure supérieure plus ancienne ($1068,69 \pm 12,42$ Ma). Ces deux âges sont proches des âges précédents obtenus pour les deux massifs d'anorthosite adjacents au Lac à l'Original (anorthosites de Mattawa et de Vanel). La minéralisation à oxydes-apatite du Lac à l'Original constitue une occasion intéressante d'étudier la formation des gisements Fe-Ti-P et les facteurs contrôlant la composition de la minéralisation (p. ex. cristallisation fractionnée; conditions de fugacité d'oxygène, rééquilibrage subsolidus) dans la partie centrale de la Province de Grenville.

Les minéralisations en éléments de terres rares dans les intrusions précurseurs (suites de Nekuashu et Pelland) au gisement d'ETR-Zr-Nb de Strange Lake dans le nord du Canada, Québec-Labrador

Nadia Mohammadi (CGC-Ottawa), David Corrigan (CGC-Ottawa, retraité), Anne-Aurélien Sappin (CGC-Québec) et Nicole Rayner (CGC-Ottawa)

Le Pluton du Lac Brisson (ou complexe hyperalcalin de Strange Lake; 1,24 Ga), un granite mésoprotérozoïque de type A super-enrichi en éléments de terres rares (ETR), Zr et Nb, se trouve à proximité de la Suite de Nekuashu et s'injecte dans la Suite de Pelland. Tous ces corps intrusifs sont situés dans la Zone noyau (Domaine lithotectonique de Mistinibi-Raude) du sud-ouest de la Province de Churchill, dans le nord du Canada (Québec et Labrador). Une histoire magmatique complexe a été définie pour les suites de Pelland et de Nekuashu à l'aide de données lithogéochimiques, en commençant par la formation d'une unité de hornblendite à partir d'un magma parent basaltique relativement hydraté, suivie par la mise en place de gabbro, de monzogabbro/monzodiorite, de monzonite et de syénite, et enfin celle de l'unité la plus évoluée, l'unité de syénite.

Un âge de cristallisation de 2551 ± 8 Ma a été établi pour la Suite de Nekuashu à l'aide d'analyses géochronologiques U-Pb sur zircons obtenues par la méthode SHRIMP. L'âge de mise en place de cette unité coïncide largement avec celui de l'intrusion d'Aucoin (environ 2580 à 2567 Ma), située à environ 250 km au sud-est, ce qui suggère un événement igné plus important, appelé ici événement Nekuashu-Aucoin. De multiples processus de refonte/remaniement dus à divers épisodes magmatiques reliés à un panache mantellique ou à des activités tectoniques/orogéniques lointaines sont probablement responsables du magmatisme hyperalcalin tardif et de la fertilité du Pluton du Lac Brisson pendant l'événement hyperalcalin d'âge mésoprotérozoïque à 1,24 Ga.

Les données géochimiques et géochronologiques suggèrent que les suites de Nekuashu et Pelland ont été générées à partir d'un même magma parent, à la suite d'un faible degré de fusion partielle d'une source mantellique métagénérée et hydratée. La source a hérité d'une signature liée à la subduction qui a entraîné un enrichissement initial en ETR, Zr, Nb et autres HFSE pour former le gisement de Strange Lake.

L'étude pétrographique détaillée des roches de la Suite de Nekuashu a révélé des évidences de micro-immiscibilité magmatique dans les unités monzonitiques qui se présentent sous la forme de gouttelettes riches en Fe considérablement enrichies en éléments de terres rares. Celles-ci sont définies ici comme des globules terminaux riches en Fe et se caractérisent par des formes irrégulières à arrondies (quelques millimètres au centimètre). Elles sont divisées en deux types : 1) globules riches en Fe de type I (magnétite + ilménite + augite + orthopyroxène + apatite) et 2) globules riches en Fe de type II (magnétite + ilménite + apatite + ETR). Les globules de ce dernier type sont enrichis en ETR et contiennent une abondance de minéraux porteurs d'ETR, dont la bastnaésite-Ce et l'allanite-Ce, associés au zircon, à la titanite et à des sulfures (pyrite + sphalérite + barytine). Bien que l'immiscibilité liquide à échelle microscopique dans les phases monzonitiques soit observée dans la région, l'effet global sur l'ensemble du pluton et sa minéralisation ainsi que les évidences d'immiscibilité à plus grande échelle en profondeur restent à démontrer. Une étude plus approfondie est donc recommandée pour l'exploration des ETR dans cette région.

Géologie de la région de Dolbeau-Blondelas, Province de Grenville, région du Saguenay-Lac-Saint-Jean

Abdelali Moukhsil et Mhamed El Bourki (MRNF)

À l'été 2021, les secteurs au nord de Dolbeau-Mistassini (feuillelet SNRC 32H01), de Girardville et du lac Blondelas (feuillelet 32H07), dans la région du Saguenay-Lac-Saint-Jean, ont fait l'objet d'une cartographie géologique à l'échelle 1/50 000. Les roches cartographiées sont d'âge mésoprotozoïque à néoprotozoïque (1,484 à 0,958 Ga) et se sont mises en place dans l'Allochtonne de la Province de Grenville. Située dans la partie est du feuillelet 32H01, la Suite anorthositique de Lac-Saint-Jean (1169 à 1135 Ma) représente l'unité couvrant la plus grande superficie. Cette suite est injectée par diverses intrusions comme le Batholite de l'Écluse (granite, syénite, gabbronorite, leuconorite), l'Intrusion de Rivière Noire, de composition ultramafique et enrichie en éléments de terres rares (ETR) ± P, et la Suite intrusive de Saint-Hedwidge (1017,6 ± 36 Ma, granite, syénite, mangérite, gabbronorite). Les autres roches intrusives mésoprotozoïques de la région comprennent les suites plutoniques de la Vertu, de Grondin, d'Adélarde et des Festins, les batholites du Coin et de Long, la Suite intrusive de Jean-Marie et le Pluton de Tommy. Des roches supracrustales ont également été cartographiées, soit la Séquence supracrustale de St-Onge (> 1160 Ma, paragneiss quartzofeldspathique, marbre à ± wollastonite, roches calcosilicatées, quartzite, roches métavolcaniques) et le Complexe de Barrois (< 1224 ± 18 Ma, roches volcano-sédimentaires). Mentionnons également la présence ici et là de dykes de pegmatite granitique à syénitique et de quelques dykes de carbonatite dans la région. L'Intrusion alcaline de Crevier, d'âge néoprotozoïque (957,5 ± 2,9 Ma), reconnue dans la partie nord du feuillelet 32H07, est composée de syénite néphélinique, de carbonatite et de dykes mégacristiques à albite, néphéline et pyrochlore. Des travaux d'exploration ont démontré son potentiel économique en Nb-Ta.

Les roches mésoprotozoïques sont généralement déformées et coupées par plusieurs failles et zones de cisaillement. Le grain structural régional, orienté principalement SW-NE et SE-NW, a contrôlé la mise en place finale des intrusions. L'orientation SE-NW est également liée à la mise en place postorogénique de l'Intrusion alcaline de Crevier. Le secteur se caractérise par un métamorphisme régional prograde au faciès supérieur des amphibolites à celui des granulites.

La région présente plusieurs zones minéralisées et de zones favorables à l'exploration :

- ▶ minéralisations en ETR ± Th dans les dykes granitiques, les roches intrusives syénitiques et granitiques à feldspath alcalin ainsi que dans les carbonatites;
- ▶ minéralisations en Nb-Ta dans les intrusions alcalines et les carbonatites;
- ▶ minéralisations de Fe-Ti ± P ± V dans les gabbronorites et les nelsonites;
- ▶ minéralisations en ETR et P dans les roches ultramafiques et syénitiques;
- ▶ minéralisations de Ni-Cu dans les roches mafiques et ultramafiques.

Contrôles lithologiques et structuraux sur la minéralisation lithinifère du secteur de La Motte-La Corne, Sous-province de l'Abitibi, Québec, Canada

Hubert Mvondo (MRNF)

La région de La Motte-La Corne est constituée de roches supracrustales et intrusives de la Ceinture de roches vertes de l'Abitibi. Les roches supracrustales (environ 2730 à 2680 Ma) sont principalement composées de metabasaltes contenant des intercalations mineures de roches métasédimentaires. Cette séquence est déformée par deux événements D1 et D2 responsables des fabriques régionales S1 et S2. Les roches plutoniques (environ 2680 à 2641 Ma) forment un complexe de roches monzonitiques à granitiques et de granodiorites syn-D2 à tardi-D2 de taille et de forme variées. Cet ensemble rocheux est recoupé par des essaims de dykes mafiques protérozoïques d'orientation NE. Les foliations S1-S2 et les plis F2 orientés E-W, ainsi que les failles et les joints de direction NW-SE, NE-SW, E-W et N-S sont les éléments structuraux majeurs de la région.

La minéralisation lithinifère est associée à des corps felsiques (environ 2640 à 2628 Ma) à spodumène de 5 cm à 250 m de large et de quelques dizaines à centaines de mètres de long généralement localisés dans une zone de transition d'environ 3 km de large entre le complexe batholitique et les roches supracrustales. Des corps felsiques similaires sont également présents par endroits dans les batholites. Dans tous les cas, les corps felsiques sont orientés parallèlement aux structures régionales. En général, ils montrent un rubanement de composition et comprennent des dykes et des intrusions diapiriques. Les premiers se caractérisent par un rubanement à pendage abrupt, alors que les seconds montrent un rubanement subhorizontal à faiblement incliné. La stratification est généralement parallèle aux épontes des corps felsiques. Les filons-couches felsiques sont rares et se trouvent surtout dans les charnières des plis P2 affectant les roches supracrustales. La plupart des dykes se sont mis en place dans un régime extensif. Les veines de tension subhorizontales dans les structures diapiriques sont courantes par rapport aux dykes hybrides plus rares.

Dans tous les cas, les corps stratifiés peuvent être subdivisés en diverses unités lithologiques pegmatitiques, aplitiques, à quartz fumé et porphyriques à équigranulaires. Les proportions de ces quatre composantes lithologiques varient longitudinalement au sein d'une même intrusion et d'un corps intrusif à l'autre. Plusieurs générations de veines felsiques qui se recoupent sont également observées par endroits.

Les filons à spodumène semblent résulter de réactions entre des fluides hydrothermaux alcalins et des filons de quartz fumé préexistants. Ces réactions hydrothermales semblent avoir procédé par bréchification, dissolution et précipitation. Il est proposé que les corps felsiques de la région sont le résultat de multiples phases hydrothermales (ou magmatiques) qui suivent la mise en place des complexes batholitiques de La Motte et de La Corne.

Révision de la géologie de la région de Matagami, Sous-province de l'Abitibi

Pierre Pilote (MRNF) et Julie-Anaïs Debreil (INRS-ETE)

Ce nouvel aperçu de la géologie de la région de Matagami est le résultat de plusieurs campagnes de cartographie réalisées au début des années 2010 par le MRNF et d'une révision/compilation des plus récents travaux réalisés par plusieurs sociétés d'exploration, comprenant des levés géophysiques, de la cartographie et des forages. Les résultats de ces travaux s'intègrent dans un projet multidisciplinaire touchant la compréhension géologique et métallogénique du camp minier de Matagami (ET 2021-01). Entre octobre 1963 et juin 2022, ce camp a produit 57,6 Mt de minerai à une teneur moyenne de 8,8 % Zn, 0,89 % Cu, 27 g/t Ag et 0,5 g/t Au, ce qui constitue une contribution majeure à la production minérale de l'Abitibi. Le gisement le plus important a été la mine Matagami Lake (production totale 1963 à 1988 de 25,64 Mt de minerai à une teneur moyenne de 8,2 % Zn, 0,56 % Cu, 20,9 g/t Ag et 0,4 g/t Au).

Les travaux de révision géologique à l'échelle 1/20 000 ont couvert les feuillets SNRC 32F13, 32F12 et quelques secteurs de 32E09 et 32E16, soit l'ensemble du camp minier historique. Cette révision a permis de préciser l'architecture stratigraphique, les éléments structuraux et la distribution des minéralisations de type sulfures massifs volcanogènes (« SMV »).

La région de Matagami appartient principalement à la Sous-province de l'Abitibi. Cette région peut être subdivisée en un Domaine Nord, un Domaine Sud-Ouest et un Domaine Sud, la démarcation entre ces trois domaines étant marquée par des zones de cisaillement orientées 070° (Rivière Allard, Rivière Waswanipi, Lac Matagami) et 135° (La Gauchetière). Le Domaine Sud est lui-même divisé en cinq sous-domaines : le Flanc Sud, le Flanc Nord, le Camp Ouest, la Plaine Centrale et le Complexe de la Rivière Bell. Les flancs Sud et Nord se situent de part et d'autre d'un dôme anticlinal faillé. La majorité des gisements de SMV découverts à Matagami se situent dans les Flancs Sud et Nord, alors que le Camp Ouest et la plaine Centrale représentent des secteurs au potentiel minéral à réévaluer. Comme plusieurs chercheurs l'avaient proposé antérieurement, le Flanc Sud, la Plaine Centrale et le Camp Ouest partagent des assemblages stratigraphiques globalement comparables qui partagent plusieurs caractéristiques communes.

La séquence stratigraphique régionale est composée de roches volcano-sédimentaires et plutoniques variées comprenant deux importantes unités volcaniques, le Groupe de Lac Watson (nAwt, 2727 à 2723 Ma) surmonté par le Groupe de Wabasse (nAws, 2726 à 2723 Ma). Le Lac Watson est recoupé par le Complexe de la Rivière Bell (nAcrb), une vaste intrusion stratiforme ultramafique à mafique subconcordante datée à 2724,6 ± 2,5 Ma. Cette séquence est surmontée par une unité de roches sédimentaires (Groupe de Matagami [nAma], < 2701 Ma) qui forme une bande étroite en contact de faille avec les roches gneisso-plutoniques de la Sous-province d'Opatca au nord et les roches volcaniques de l'Abitibi au sud. Toutes ces lithologies sont recoupées par des dykes de gabbro-diabase d'âge protérozoïque.

Caractérisation chimique du zircon et de l'apatite comme outil de corrélation stratigraphique : Exemple des bentonites ordoviciennes de la région de Montréal

Héloïse Pinon (UQAM), Vanessa Sanchez (UQAM et WSP), Joshua H.F.L. Davies, Alain Tremblay et Morgann Perrot (UQAM)

Les successions sédimentaires ordoviciennes de la région de Montréal contiennent des lits de cendres volcaniques altérées, connues sous le nom de K-bentonites, observables dans tout l'est de l'Amérique du Nord. Les caractéristiques géochronologiques, chimiques et isotopiques des zircons et des apatites contenus dans ces bentonites peuvent fournir des âges de formation et des signatures chimiques particulières et aider à corréliser ces niveaux de bentonite. Le zircon et l'apatite sont des minéraux qui résistent à l'altération et qui possèdent également des compositions caractéristiques. La stratigraphie de la région de Montréal présente, de la base au sommet, les grès cambriens du Groupe de Postdam, surmontés des groupes ordoviciens de Beekmantown, Chazy, Black River, Trenton, Utica et Lorraine. Les roches ordoviciennes sont essentiellement des alternances de calcaire, de shale et de dolomie. Les travaux effectués à ce jour ont permis d'identifier 8 niveaux centimétriques de K-bentonite. Des analyses géochimiques préliminaires de 2 niveaux interstratifiés avec les calcaires de la Formation de Tétéauville (Groupe de Trenton) ainsi que sur des échantillons de bentonite provenant des niveaux Deicke et Millbrig aux États-Unis (Kentucky et Tennessee) ont été effectuées. À l'aide d'images obtenues au MEB, des analyses à la microsonde électronique des éléments majeurs des apatites (Cl, F, Ca, P, Mg, Mn, Fe, Y), couplées à des analyses LA-ICP-MS des zircons et des apatites, ont permis de différencier chimiquement ces bentonites sur la base de leur composition individuelle. Les données des éléments en traces ont permis de construire des diagrammes de terres rares et de discrimination chimique basés sur certains rapports d'éléments. Les zircons du Groupe de Trenton et ceux des niveaux Deicke et Millbrig ne montrent pas de réelles différences géochimiques. Cependant, les apatites de chacune de ces localités montrent des compositions distinctes, particulièrement entre les bentonites de la région de Montréal et celles du niveau Deicke. Ainsi, les bentonites du Trenton dans la région de Montréal semblent distinctes de celles des États-Unis, suggérant que l'apatite représente possiblement un très bon outil discriminant pour la caractérisation des niveaux de bentonite et leur éventuelle corrélation sur de grandes distances. Les analyses chimiques des zircons et des apatites des bentonites de la Plate-forme du Saint-Laurent présentent donc un potentiel intéressant pour caractériser et corréliser les unités stratigraphiques de la région de Montréal, et possiblement sur de plus grandes distances. De plus, des analyses isotopiques additionnelles permettront de formuler des hypothèses quant à la source des éruptions volcaniques à l'origine du dépôt de ces bentonites.

Cartographie des dépôts quaternaires de la péninsule d'Ungava (Québec) : implications pour les modèles paléogéographiques et la prospection glaciocédimentaire

Alex Proulx (UQAM), Simon Hébert (MRNF) et Martin Roy (UQAM)

Les connaissances liées à la mise en place des dépôts glaciaires et l'histoire quaternaire dans les régions septentrionales du Québec sont encore fragmentaires, ce qui limite l'avancement des reconstructions paléogéographiques et des projets appliqués tels que la prospection glaciocédimentaire. Ce projet porte sur la cartographie quaternaire du feuillet 35G10 (1/50 000) dans le cœur de la péninsule d'Ungava et sur la mise en place d'un laboratoire pXRF (« Portable X-ray Fluorescence Spectrometry ») appliqué à la prospection glaciocédimentaire. Les différents ensembles sédimentaires de surface et éléments géomorphologiques ont été cartographiés à l'aide d'une combinaison d'images satellitaires et de modèles numériques de terrain de haute résolution. La cartographie a été validée par des travaux de terrain qui ont aussi permis l'échantillonnage de dépôts glaciaires. Les échantillons de tills ont été analysés par pXRF pour les fractions de 125 µm et 63 µm. Les résultats des travaux de cartographie indiquent que le secteur d'étude est principalement recouvert par un till en couverture continue, recoupé par des zones de till en couverture mince et des zones de roc sur les hauts topographiques. Les dépôts fluvioglaciaires sont généralement présents sous la forme d'eskers et de plaines d'épandages subaquatiques. Les principales marques d'érosion glaciaire (stries, cannelures) définissent deux systèmes d'écoulement glaciaires opposés qui sont séparés par une zone très étroite qui s'étend du SE vers le NW de la péninsule. Au nord de cette ligne de division glaciaire, l'écoulement s'oriente vers le NNE, alors qu'au sud, l'écoulement est vers l'est. Ces données et le contexte physiographique régional suggèrent que la ligne de division glaciaire résulterait d'un appel de glace en provenance du détroit d'Hudson et de la baie d'Hudson. Enfin, l'implantation d'un laboratoire pXRF sur le camp Esker a validé le potentiel des analyses géochimiques en milieu éloigné. Les processus associés à la préparation des échantillons et aux analyses géochimiques se sont avérés efficaces malgré les contraintes de temps. L'analyse géochimique du till a permis d'identifier différents secteurs qui présentent des valeurs significatives et anormales pour certains éléments.

Les données cartographiques et les écoulements glaciaires améliorent le niveau de connaissances sur la géologie glaciaire du secteur et apportent de nouveaux éléments permettant une meilleure compréhension du cadre paléogéographique régional. L'élaboration d'un protocole d'analyse de till sur le terrain démontre l'intérêt pour l'acquisition rapide de données géochimiques qui pourrait s'avérer très utile à l'avancement des méthodes de prospection glaciocédimentaires.

Évaluation du potentiel en pegmatite Li-Ta du secteur du Batholite de La Motte, Sous-province de l'Abitibi

Sabrine Rajhi, Marc Legault (UQAT), Hubert Mvondo (MRNF) et Robin Potvin (CÉGEP de l'Abitibi-Témiscamingue)

Ce projet s'intéresse à l'évaluation du potentiel pour les pegmatites à lithium-tantale du secteur du Batholite de La Motte (BLM) en Abitibi qui se situe au cœur du triangle Rouyn-Noranda-Amos-Val d'Or et à 20 à 40 km à l'ouest de la mine North American Lithium (101,9 Mt à 1,06 % Li_2O ; Sayona Québec). En effet, ce secteur est l'hôte de plusieurs minéralisations en minéraux critiques et stratégiques (MCS), dont le gisement Authier (17,1 Mt à 1,01 % Li_2O ; Sayona Québec). Celles-ci sont exclusivement associées à des dykes de pegmatite LCT (Li-Cs-Ta) issus des dernières phases de cristallisation du BLM. Bien que ce secteur ait été caractérisé et évalué de façon assez intensive par le passé (Leduc, 1980; Boily *et al.*, 1989, 1990; Boily, 1992, 1995; Mulja, 1995; Boily et Gosselin, 2004), les zones hautement favorables pour les pegmatites riches en MCS n'ont pas été ciblées de façon spécifique. La compilation des travaux antérieurs et des différents indices du SIGÉOM a dévoilé que la plupart des corps pegmatitiques sont représentés par des dykes orientés E-W présentant des pendages variables. Ces dykes montrent une minéralisation en MCS constituée principalement de spodumène (Li) et de colombo-tantalite (Ta, Nb), mais contiennent également du béryl et de la molybdénite (\pm bismuthite [Bi]). Les dykes minéralisés en lithium se trouvent dans les parties centrale et orientale du BLM, à moins de 2 km de son contact, tandis que les dykes à molybdène-bismuth sont surtout localisés dans la partie ouest du BLM, à l'intérieur de celui-ci. En tenant compte de ces observations, une campagne de cartographie et d'échantillonnage a été réalisée à l'été 2022 dont les objectifs étaient de corriger la localisation de certaines analyses chimiques, d'ajouter des données (réanalyses, nouvelles analyses, lames minces) et de caractériser la minéralogie et la géochimie des dykes. Les résultats préliminaires indiquent que les rapports élémentaires K/Rb, K/Cs, Nb/Ta, Mg/Li et Zr/Hf sont très faibles pour les dykes lithinifères en comparaison des autres dykes granitiques et représentent donc un degré de fractionnement plus élevé (Cerný, 1989). Ces rapports peuvent donc être utilisés pour déterminer le potentiel économique des pegmatites qui ne présentent pas de spodumène en affleurement et ainsi cibler les secteurs les plus propices à la découverte de nouvelles minéralisations en MCS. De plus, les travaux de caractérisation minéralogique des indices lithinifères permettront de préciser les problématiques/occasions possibles pour la concentration du minerai et pour la gestion/valorisation des rejets miniers associés.

Mobilité des métaux et des ligands durant le métamorphisme prograde des bassins clastiques néoarchéens : les ceintures métasédimentaires comme sources possibles pour les minéralisations de type or orogénique de la Province du Supérieur

Diogo Ribeiro, Bertrand Rottier (U. Laval), Clifford Patten (Karlsruher Institut für Technologie), Georges Beaudoin, Antoine Godet, Carl Guilmette (U. Laval) et Jochen Kolb (Karlsruher Institut für Technologie)

Il est largement admis que les fluides impliqués dans la genèse des gisements d'or de type orogénique résultent de la dévolatilisation métamorphique des roches crustales lors du métamorphisme prograde. Des études antérieures ont montré la libération et la mobilité des éléments clés (par exemple S, Au, As et Sb) des roches métasédimentaires au cours du métamorphisme prograde, indiquant que celles-ci peuvent représenter une source viable de métaux et de ligands. Bien que les roches métasédimentaires soient généralement reconnues comme la source des métaux dans les gisements du Phanérozoïque, elles ont souvent été ignorées dans les ceintures de roches vertes archéennes compte tenu de leur faible abondance. Cependant, dans la Province du Supérieur, des ceintures métasédimentaires fortement métamorphisées (jusqu'au faciès des granulites) sont adjacentes aux ceintures de roches vertes modérément métamorphisées (jusqu'au faciès inférieur des amphibolites) et sont généralement chevauchées par celles-ci. Ce contexte tectonométamorphique suggère que la dévolatilisation des ceintures métasédimentaires pourrait avoir fourni des volumes importants de métaux et de ligands aux roches vertes sus-jacentes.

Cette étude porte sur les sous-provinces de Pontiac et de Quetico, deux ceintures métasédimentaires de la Province du Supérieur adjacentes et chevauchées respectivement par les ceintures de roches vertes d'Abitibi et de Wabigoon. Trois transects ont été échantillonnés, représentant des régions bien dotées en minéralisations aurifères (Rouyn-Noranda-Pontiac), moyennement dotées (Geraldton-Quetico) et peu dotées (Thunder Bay-Quetico). Nous rapportons ici des données géochimiques de roche entière pour les éléments en traces, ainsi que des analyses d'or avec limites de détection ultra-basses acquises par LA-ICP-MS sur des pastilles de poudre pressée (PPP) à partir d'une suite de roches métasédimentaires intercalées avec des roches volcaniques mafiques subordonnées. Les résultats suggèrent que les éléments As et Sb ont été libérés au cours du métamorphisme prograde dans toutes les zones d'étude. Cependant, la diminution des teneurs en or avec l'augmentation du degré de métamorphisme, une indication de la mobilisation de l'or au cours du métamorphisme prograde, n'a été observée que dans les zones riches en or, alors qu'aucune variation n'a été reconnue dans la zone faiblement dotée, ce qui suggère que l'or n'a pas été mobilisé dans ce dernier cas.

Pour comprendre ces différences dans la mobilité de l'or, il est nécessaire d'examiner l'évolution texturale et chimique des sulfures au cours du métamorphisme prograde, car ceux-ci sont considérés comme les principaux hôtes de ce métal dans les roches métasédimentaires. Des études antérieures sur le métamorphisme de protolites sédimentaires prédisaient la décomposition de la pyrite en pyrrhotite à la transition des faciès des schistes verts au faciès des amphibolites. Les résultats préliminaires obtenus pour le transect de Geraldton révèlent une évolution plus complexe des sulfures comprenant : 1) une transition pyrite-pyrrhotite (zones biotite à cordiérite) impliquant des phases sulfurées de transition mal cristallisées montrant une composition intermédiaire entre la pyrite et la pyrrhotite, suivies de 2) une transition pyrrhotite-pyrite à des degrés de métamorphisme plus élevés (c'est-à-dire zone à sillimanite) dans laquelle la pyrite euhédrale se développe à l'intérieur de la pyrrhotite, pour finalement la consommer complètement. Ces observations suggèrent que l'évolution prograde des sulfures est plus complexe qu'on ne le pensait auparavant.

Chronologie et minéralogie des épisodes hydrothermaux à la propriété Rouyn (Faille de Cadillac-Larder Lake, Abitibi) : une étude préliminaire

Rita Rodrigues, Georges Beaudoin, Bertrand Rottier, Guillaume Raymond (U. Laval) et Baptiste Chapon (Ressources Yorbeau)

Les minéralisations d'or de type orogénique (MOO) sont généralement constituées de veines de quartz \pm carbonate riches en Au spatialement associées à des discontinuités crustales majeures dans des contextes de compression à transpression et à leurs structures subsidiaires. Dans les MOO, la présence de plusieurs générations de veines montrant des concentrations en Au contrastées est un trait caractéristique. Le manque de compréhension de la distribution de l'or dans ces veines entrave la sélection efficace de cibles à haute teneur et, dans certains cas, contribue à une évaluation inexacte de la productivité du système réalisée à l'aide de pyroanalyses standard sur roche totale. À cheval sur la Faille de Cadillac-Larder Lake (FCLL), le transect Augmitto-Bouzan (propriété Rouyn) représente un excellent exemple d'une distribution irrégulière de l'or caractéristique des MOO. Sur la propriété, la minéralisation est apparemment confinée au Groupe de Piché et à son contact avec le Groupe de Timiskaming. Les teneurs en or varient latéralement le long de la FCLL, les valeurs économiques étant principalement limitées aux secteurs ouest de la propriété (Augmitto-Astoria). Dans les secteurs est (East Bay-Bouzan), les veines présumément équivalentes sont en grande partie stériles. Cependant, la distribution de l'or entre ces deux secteurs est difficilement comparable en raison du manque d'information touchant la chronologie et la paragenèse des différents événements de minéralisation aurifères.

Nous fournissons ici une chronologie relative préliminaire et une séquence paragénétique des différentes veines hydrothermales présentes dans le transect Augmitto-Bouzan. La description de 93 trous de forage et la caractérisation détaillée de 376 échantillons de veines distribués dans la propriété ont permis l'identification de 6 épisodes hydrothermaux distincts associés à la fois aux événements stériles et aurifères. Le premier événement de minéralisation en Au est lié à la mise en place de veines microcristallines de quartz-albite (MQA), suivi d'un second événement de minéralisation associé à des veines de quartz-carbonate \pm tourmaline (QCT), tous deux interprétés comme représentant des minéralisations aurifères de type orogénique. Les données pétrographiques et micro-XRF préliminaires portant sur les zones riches en or (Augmitto-Cendrillon) indiquent qu'une partie importante de la minéralisation est associée à des épisodes hydrothermaux tardifs qui se superposent aux veines de type MOO. Le premier épisode de superposition est associé à la majeure partie de l'or tardif et est associé à des remplissages carbonatés de composition ankéritique. Le second épisode, responsable d'une part mineure du contenu en or, est généralement marqué par un assemblage carbonate-chlorite-pyrite/pyrrhotite (CCP).

Ces résultats expliquent la présence de cibles d'exploration jusque-là non reconnues, associées aux derniers stades du système hydrothermal au niveau du transect Augmitto-Bouzan. Ces nouvelles cibles pourraient présenter un intérêt particulier dans les secteurs où l'on trouve des veines de type MOO apparemment stériles, comme dans la portion est de la propriété (East Bay-Bouzan). Ces résultats pourraient également contribuer à une meilleure évaluation/interprétation des modèles de distribution de l'or et donc à une meilleure évaluation de la productivité du transect Augmitto-Bouzan.

Évolution géochimique du magmatisme grenvillien des régions de la Haute Mauricie et du sud-est du Lac-Saint-Jean

Bertrand Rottier (U. Laval), Abdelali Moukhsil (MRNF) et Samuel Coulombe (U. Laval)

Les travaux géoscientifiques réalisés par le MRNF dans les régions de la Haute Mauricie et du sud-est du Lac-Saint-Jean ont généré un volume important de données géochronologiques et géochimiques permettant de tracer l'évolution géochimique du magmatisme affectant ces régions durant l'Orogenèse grenvillienne (1080 à 980 Ma). Une caractérisation de ce magmatisme est importante pour son implication géodynamique, mais aussi métallogénique, car de nombreux indices de minéralisations riches en éléments de terres rares (ETR) sont associés à ce magmatisme. Les données géochimiques montrent l'existence de deux différentes suites magmatiques ferreuses (Frost et Frost, 2008) caractérisées par des enrichissements en Na_2O et K_2O différents. La première, formée entre ≈ 1080 Ma et ≈ 980 Ma, est shoshonitique et caractérisée par un indice MALI ($\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} - \text{CaO}$; Frost et Frost, 2008) alcalin-calcique à alcalin. La seconde, formée entre ≈ 1040 Ma et ≈ 1005 Ma, est ultrapotassique avec un indice MALI fortement alcalin. L'ensemble des minéralisations en ETR du secteur sont associées aux suites intrusives ultrapotassiques. Le contexte tectonique dans lequel ces magmas ultrapotassiques se sont formés est encore débattu. En se basant sur des diagrammes de discrimination géochimique, des auteurs ont proposé que ces magmas se seraient formés dans un contexte intraplaque dans un environnement extensif post-collision. Cette hypothèse est en contradiction avec les données tectoniques et métamorphiques existantes. Une étude détaillée de l'évolution chimique de ces roches ultrapotassiques montre qu'elles se divisent en deux sous-groupes en fonction de leurs concentrations en éléments en traces. Le premier est caractérisé par un enrichissement en Nb et Ta, un appauvrissement en Zr et Hf et une affinité avec les intrusions intraplaques, alors que le second présente les mêmes caractéristiques que les roches provenant de la suite shoshonitique et montre, comme ces dernières, une affinité avec les intrusions d'arc volcanique. Les minéralisations en ETR sont associées aux suites intrusives provenant de ces deux sous-groupes. L'épisode de mise en place des roches ultrapotassiques riches en Nb et Ta est restreint entre ≈ 1015 Ma et ≈ 1005 Ma et est précédé par la mise en place des roches intrusives shoshonitiques d'arc volcanique, ce qui remet en question la validité de leurs signatures intraplaques. De plus ces roches ultrapotassiques riches en Nb et Ta ne présentent pas un enrichissement en Zr typique des magmas alcalins intraplaques. L'ensemble de ces observations démontre qu'un nouveau modèle géologique est nécessaire pour expliquer les caractéristiques chimiques de ces roches ultrapotassiques.

Radiométrie des unités stratigraphiques et des minéralisations du camp minier de Chibougamau-Chapais

Christian Sasseville (MRNF)

La mesure des rayons gamma naturellement émis par les roches constitue une approche géophysique efficace bien connue dans le domaine pétrolier. Connaître la réponse radiométrique des roches et des minéralisations d'un secteur à l'étude est essentiel à l'interprétation des résultats des levés radiométriques en surface comme en forage.

Des visites répétées d'affleurements clés exposant la stratigraphie et des minéralisations du secteur de Chibougamau-Chapais ont permis d'acquérir des données radiométriques de qualité (p. ex. coups/seconde et spectres radiométriques) à l'aide d'un scintillomètre RS-121. Les valeurs ont été recueillies durant une période de 30 secondes. La position des données était géoréférencée à l'aide d'un récepteur GPS de marque Quartz synchronisé au scintillomètre.

Les résultats présentés permettent d'illustrer l'intensité du rayonnement en coups par seconde (cps) et les spectres radiométriques des unités stratigraphiques et des minéralisations types des principales unités du camp minier de Chibougamau-Chapais. La Formation d'Obatogamau présente un spectre radiométrique plat et faible d'environ 30 cps. Ce spectre est utilisé pour normaliser les différents spectres de la séquence. Cette approche permet entre autres de distinguer les laves mafiques de la Formation de Bruneau (50 cps) des laves mafiques de la Formation d'Obatogamau (30 cps). Les niveaux d'exhalites de ces formations présentent des spectres distincts ainsi que des comptes nettement supérieurs (90 à 110 cps) aux roches hôtes avoisinantes. La répétition des données lors de différentes visites de terrain confirme la reproductibilité des résultats obtenus. Les comptes et les spectres présentés constituent des moyennes de résultats représentatifs de chaque unité.

Une meilleure connaissance des signatures radiométriques des unités stratigraphiques et des minéralisations du camp de Chibougamau-Chapais offre la possibilité d'utiliser la radiométrie pour l'exploration minérale en surface comme en diagraphie. Des tests sont d'ailleurs en cours afin de valider le potentiel de cette approche en diagraphie. En effet, des mesures effectuées sur les unités stratigraphiques du secteur d'Urban-Barry devraient contribuer à la corrélation régionale entre les roches volcaniques des formations d'Urban et de Macho dans le secteur du gisement aurifère de Windfall.

Lire et comprendre le métamorphisme polyphasé dans la monazite et le xénotime, de la Cordillère canadienne à la Province de Grenville

Renaud Soucy La Roche (INRS-ETE), Alexandre Zagorevski (CGC-Ottawa) et John M. Cottle (University of California in Santa Barbara)

La monazite et le xénotime sont des phosphates à éléments de terres rares qui peuvent être datés par géochronologie U-Pb. Ces phases sont généralement présentes comme minéraux accessoires dans les métapélites et permettent de déterminer l'âge d'événements métamorphiques. La datation par ablation laser permet de mesurer simultanément les rapports isotopiques et la composition chimique en éléments en traces avec une résolution spatiale de 5 à 10 μm . Ces analyses sont effectuées directement sur la lame mince en préservant le contexte textural et l'association du chronomètre avec les minéraux métamorphiques indicateurs. Il est ainsi possible de lier l'âge de la monazite à un segment de l'évolution métamorphique (p. ex : prograde, pic, rétrograde) à l'aide de sa composition chimique et de sa relation texturale avec les minéraux métamorphiques indicateurs (pétrochronologie).

L'application de cette approche à des métapélites de la Suite métamorphique de Florence Range dans le nord-ouest de la Colombie-Britannique a permis de reconstruire l'évolution métamorphique polyphasée du terrane de Yukon-Tanana. Nos données révèlent une évolution pression-température-temps (P-T-t) complexe étalée sur une période de 150 millions d'années qui implique trois épisodes métamorphiques traversant les champs de stabilité de la kyanite, de la sillimanite et de l'andalousite. L'événement métamorphique préservé le plus ancien est cryptique, atteignant le champ de stabilité de la kyanite ($> 600\text{ }^\circ\text{C}$, $> 0,6\text{ GPa}$) à 270–240 Ma, suivi de métamorphisme rétrograde à 240–215 Ma. Un second événement métamorphique prograde s'est produit à 195–185 Ma, suivi d'une décompression et/ou d'un refroidissement dans le champ de stabilité de la sillimanite et du feldspath potassique ($> 675\text{ }^\circ\text{C}$, $< 0,8\text{ GPa}$) à 185–170 Ma. Enfin, un troisième épisode métamorphique postérieur à 120 Ma est caractérisé par la croissance locale d'andalousite, puis de cordiérite ($> 600\text{ }^\circ\text{C}$, $< 0,3\text{--}0,4\text{ GPa}$). Nos données sont compatibles avec deux événements de compression distincts impliquant le terrane de Yukon-Tanana au cours du Permien-Trias et du Trias tardif au Jurassique précoce, suivis par un métamorphisme de contact au Crétacé.

La Province de Grenville a été le témoin de plusieurs épisodes tectoniques (orogènes Elzévirienne, de Shawinigan, d'Ottawan et de Rigolet) qui ont affecté en tout ou en partie les terranes métamorphiques qui la constituent. La caractérisation détaillée de l'évolution P-T-t de ces terranes est une étape essentielle pour comprendre le contexte géodynamique lors de la formation ou de la concentration des ressources minérales. La pétrochronologie sur monazite et xénotime combinée à des études pétrographiques détaillées devrait permettre d'acquérir des connaissances beaucoup plus complètes que la seule utilisation de chronomètres conventionnels comme le zircon.

L'étude des processus de concentration du niobium et des éléments de terres rares dans la carbonatite de Girardville, Québec, Canada

Charles Saint-Laurent, L. Paul Bédard, Renée-Luce Simard (UQAC) et Abdelali Moukhsil (MRNF)

Les carbonatites peuvent être hôtes de minéralisations d'intérêt économique en éléments de terres rares (ETR), Nb, Ta, Ti, Cu ou P. Comme la distribution des minéralisations dans ces unités peut être très hétérogène, la compréhension des processus qui la contrôlent est importante afin de bien localiser les faciès minéralisés. Depuis le printemps 2021, la carbonatite de Girardville fait l'objet d'un projet de maîtrise (UQAC et MRNF) qui vise à comprendre la genèse des minéralisations en ETR et en Nb de cette intrusion.

La carbonatite de Girardville est localisée à environ 4,5 km au nord de Girardville (NW du Lac-Saint-Jean). Le dyke principal (40 m x 5 m) est orienté N-S avec un fort pendage. Le dyke est composé de carbonatite à calcite, avec des zones à biotite et/ou apatite. La carbonatite contient plusieurs enclaves de syénite à biotite et des mégacristaux de feldspath potassique concentrés près des contacts avec la roche encaissante. Des mégacristaux d'ilménite sont distribués plus aléatoirement dans la carbonatite. Les zones à biotite et apatite sont principalement concentrées près des enclaves de syénite à biotite ou sont associées aux structures d'écoulement au centre du dyke.

Des teneurs intéressantes en ETR et Nb ont été observées dans cette carbonatite. La distribution de ces valeurs est toutefois hétérogène. Les analyses de la carbonatite à calcite présentent des teneurs atteignant 1304 ppm ETR légères et 212 ppm ETR lourdes. Un échantillon principalement composé d'apatite présente des teneurs de 38,23 % P_2O_5 , 6027 ppm ETR légères et 498 ppm ETR lourdes. Des échantillons d'ilménite montrent des teneurs entre 4740 à 6010 ppm Nb concentrées dans de petites exolutions d'oxyde de niobium. Du pyrochlore ($[Na,Ca]_2Nb_2O_6[OH,F]$) a aussi été observé dans des ombres de pression autour de gros cristaux de biotite dans la carbonatite à calcite-biotite.

Les observations suggèrent que la distribution des teneurs en ETR est contrôlée par les carbonates d'ETR dans la carbonatite à calcite et par l'apatite dans les zones à apatite. Le lien spatial entre les enclaves de syénite à biotite, l'apatite, la biotite et le pyrochlore suggère que les enclaves jouent un rôle important dans la distribution des minéraux économiques. La source du Nb dans l'ilménite demeure cependant inconnue.

Caractérisations géochimique, géochronologique et métamorphique de l'indice zincifère de Moncou (Grenville central, Lac-Saint-Jean) : exemple de remobilisation polyphasée du zinc durant l'Orogenèse grenvillienne

Gaëlle Saint-Louis, Bertrand Rotier, Carl Guilmette (U. Laval), Abdelali Moukhsil (MRNF) et Kyle Larson (UBC Okanagan)

La Province de Grenville contient plusieurs ceintures métasédimentaires refermant des gisements de métaux usuels (Cu, Pb, Zn) dont les modèles géologiques sont mal définis en raison d'une remobilisation polyphasée et du métamorphisme de haut grade. L'indice zincifère de Moncou (> 1 % Zn), localisé au NW du Lac-Saint-Jean, est un exemple de ces minéralisations. Cette dernière est encaissée dans des roches métavolcaniques interstratifiées avec des bancs de quartzite impur du Complexe de Barrois (< 1224 Ma; Papapavlou *et al.*, 2022), dont les conditions de pic métamorphique sont estimées à 905 ± 55 °C et $11,7 \pm 1,5$ kbar.

Malgré le métamorphisme, la signature géochimique des métavolcanites est préservée, ce qui permet d'identifier les protolites et d'y associer un environnement géodynamique probable. Les métavolcanites sont des basaltes et des basaltes andésitiques à caractère transitionnel (T-MORB) caractérisés par un faible enrichissement en éléments de terres rares légères, une absence de fractionnement des terres rares lourdes, un enrichissement en Th et une anomalie négative en Nb-Ta. Ces évidences suggèrent que les métavolcanites ont été formées par des magmas provenant de la fusion d'un manteau métagénésé, ce qui est compatible avec un environnement de bassin d'arrière-arc et cohérent avec les travaux récents effectués sur les roches métasédimentaires de la région.

La minéralisation zincifère, encaissée dans les métavolcanites, se présente sous forme de 1) une première génération de sphalérite (Sp1) pauvre en Fe (FeS 2,6 à 3,7 % poids) associée à de faibles quantités de Py-Po-Ccp-Gn, 2) de biotite zincifère et 3) de chlorite enrichie en Zn-Cu-Mn ainsi qu'une seconde génération de sphalérite (Sp2). Les observations pétrographiques montrent que la Sp1 a précédé la fusion partielle *in situ* puisqu'elle est systématiquement entourée de liquide anatectique et qu'elle présente des textures de haute température typiques (recristallisation statique, faible angle entre les sulfures). La seconde phase est caractérisée par une biotite zincifère déformée (température de cristallisation ≈ 575 à 735 °C synmétamorphique à postmétamorphique). Certains de ces cristaux sont recouverts par une titanite métamorphique datée à 1003 ± 4 Ma qui représente l'âge minimal du premier épisode de remobilisation du zinc. La dernière phase de minéralisation consiste en une remobilisation hydrothermale de basse température (≈ 75 à 200 °C), caractérisée par la cristallisation d'une chlorite zincifère et de la Sp2. Contrairement à la Sp1, la Sp2 est enrichie en terres rares, HFSE, Cr, V et Co, ce qui est probablement lié à la déstabilisation des silicates (p. ex. le clinopyroxène).

Ces résultats suggèrent que l'indice zincifère de Moncou représente probablement la partie distale d'une minéralisation de sulfures massifs volcanogènes dont la remobilisation est contemporaine à l'Orogenèse grenvillienne.

Géologie de la région du lac de la Fourche, Province de Grenville, régions du Saguenay–Lac-Saint-Jean et de la Haute-Mauricie

Francis Talla Takam et Abdelali Moukhsil (MRNF)

Au cours de l'été 2022, un levé géologique à l'échelle 1/50 000 a été effectué dans la région du lac de la Fourche (feuillelet SNRC 32A03), au NW de La Tuque, à la limite des régions du Saguenay–Lac-Saint-Jean et de la Haute-Mauricie. La région cartographiée est composée de roches de l'Allochtone de la Province de Grenville. La Suite plutonique de Bardeau (1364 ±9 Ma) affleure à l'extrême est et constitue le socle cristallin de la région. Elle est en contact cisailé avec la Suite plutonique de Pope (1350 ±4 Ma) qui représente l'unité la plus importante de la région et sur laquelle reposent les unités supracrustales du Complexe de Wabash (< 1204 ±4 Ma). Toutes ces unités sont injectées par d'autres intrusions nouvellement définies : les Intrusions de Windigo, le Pluton de Wenache et le Batholite de Cristal. Cette dernière intrusion est polyphasée et présente une structure porphyroïde. D'autres intrusions, dont la Suite plutonique de Bonhomme (1030 ±19 Ma), la Suite intrusive de Rhéaume (1019 ±2 Ma) et la Suite de Roc (1012 ±1 Ma), affleurent dans la région. Toutes ces roches sont coupées par des dykes de pegmatite granitique à syénitique.

Le grain structural régional, orienté principalement NE-SW, a contrôlé la mise en place des intrusions. Dans la partie ouest, on trouve un important couloir de déformation N-S d'environ 25 km de long sur 18 km de large. Les roches de la région d'âge mésoprotérozoïque ont connu plusieurs phases de déformation et sont coupées par des failles et des zones de cisaillement. Le métamorphisme régional est au faciès des granulites à celui supérieur des amphibolites. On observe par endroits un métamorphisme rétrograde associé à une ouralitis de l'orthopyroxène et localement à une structure coronitique à bordure de clinopyroxène ± amphibole ± grenat. Ce phénomène est observé dans le couloir de déformation de la partie ouest de la région qui est également affecté par une altération hydrothermale.

Plusieurs zones minéralisées et favorables à l'exploration ont été mises au jour dans ce couloir d'altération et dans le Batholite de Cristal :

- ▶ la zone du Lac du Relais dans des dykes de pegmatites granitiques minéralisés en ETR ± Th;
- ▶ la zone du Lac Fogh associée à des dykes granitiques ou syénitiques décimétriques à ETR ± Th;
- ▶ les zones à graphite :
 - ▶ Rivière Windigo nord
 - ▶ Lac du Relais
 - ▶ Rivière Windigo sud
- ▶ les minéralisations de Fe-Ti ± P ± V dans les gabbro-nites du Batholite de Cristal.

La tourmaline : un minéral indicateur

Eduardo Valentin dos Santos, Georges Beaudoin et Bertrand Rottier (U. Laval)

Les minéraux indicateurs sont utilisés en exploration minérale pour signaler la présence de différents types de gisements minéralisés. Cette méthode est basée sur l'identification de minéraux relativement lourds, colorés et résistants aux intempéries et au transport sédimentaire. La tourmaline est présente dans plusieurs environnements géologiques et est associée à de nombreux types de gisements. Le grand champ de stabilité de la tourmaline et son faible taux de diffusion pour les éléments majeurs et en traces dans sa structure expliquent la préservation des zonations chimiques d'origine. Les caractéristiques chimiques et structurales de la tourmaline constituent donc d'excellents témoins des environnements de cristallisation.

Des travaux récents ont montré que les données de composition (éléments majeurs et en traces) de la tourmaline provenant d'environnements minéralisés fournissent de nombreuses informations sur les processus hydrothermaux à l'origine du minerai et ont démontré le potentiel de la tourmaline comme indicateur pour différents types de gisements (par exemple l'or de type orogénique ou les porphyres). Toutefois, les ensembles de données sur les éléments en traces de la tourmaline dans les divers environnements géologiques sont incomplets et incohérents. Par conséquent, l'objectif principal de ce projet est de définir des critères discriminants pour utiliser la chimie de la tourmaline comme outil de prospection géochimique robuste en exploration minérale. La composition de la tourmaline sera déterminée en utilisant les méthodes EPMA (éléments majeurs et mineurs) et LA-ICP-MS (éléments mineurs et en traces). Les données seront traitées et analysées à l'aide de statistiques exploratoires et multivariées standard et de méthodes d'apprentissage automatique pour évaluer le potentiel de la tourmaline en tant que minéral indicateur pour différents environnements géologiques.

Les résultats préliminaires provenant des analyses par EPMA des tourmalines associées aux porphyres à Cu-Mo, aux granites à Sn-W, aux pegmatites à Li, à l'uranium lié aux discordances, aux roches intrusives felsiques à intermédiaires et aux métapélites indiquent des compositions comprises principalement entre le schorl et la dravite, sauf pour les minéralisations d'uranium liées aux discordances et les pegmatites lithinifères (ainsi qu'une partie des granites à Sn-W) dont la composition varie de la Mg-foïtite et l'elbaïte à la liddicoatite. L'analyse par PCA met également en évidence ces différentes espèces de tourmalines. Alors que les compositions des tourmalines de la plupart des environnements géologiques forment des regroupements, celles associées aux minéralisations d'uranium se distinguent par des teneurs plus élevées en Al, Si et Mg. Les environnements géologiques riches en Li (pegmatites, certains granites à Sn-W, les greisens) se distinguent par des teneurs plus élevées en Zn, K, Mn et F. Les données préliminaires pour les éléments en traces sont encore limitées et ne comprennent pas certains des environnements géologiques déjà analy-

sés par EPMA. Cependant, l'analyse par PCA des données obtenues par EPMA ou LA-ICP-MS ne semble pas constituer une méthode appropriée permettant de distinguer les différents environnements géologiques. En effet, la plupart des données sont regroupées et les trois premières composantes principales expliquent moins de 60 % de la variance des données. Les prochaines étapes de ce projet s'attacheront à la poursuite de la collecte de données et au test de différentes méthodes statistiques multivariées (PLS-DA) et d'apprentissage automatique (Random Forest, SVM).

Potentiel pour les minéralisations en silice au Québec

N'Golo Togola (MRNF)

Les sources de silice sont abondantes au Québec et comprennent des formations de grès ou de quartzite, des veines ou des amas de quartz massif et des dépôts de sable quartzeux. Ces substances siliceuses se trouvent dans les provinces géologiques de Grenville, de Supérieur, des Appalaches et des Basses Terres du Saint-Laurent.

Dans la Province géologique des Appalaches, les gisements de silice sont associés à des unités de grès quartzitique (arénite quartzitique). Il s'agit de niveaux épais et continus de grès qui présentent une teneur moyenne en silice généralement supérieure à 96 % SiO₂. Certains niveaux de grès quartzitique de haute pureté présentent des teneurs en silice atteignant 99,7 % SiO₂. Des veines de quartz massif recoupent les unités de roches sédimentaires (ardoise, phyllade). Elles présentent parfois des teneurs élevées en silice pouvant atteindre 98,6 à 99,9 % SiO₂. Ces veines de quartz hydrothermal sont des corps géologiques lenticulaires d'extension limitée et ne dépassant guère 200 m de long par 10 à 20 m de large.

Dans la Plate-forme du Saint-Laurent, les gisements de silice sont associés à des unités de grès quartzitiques. Les bancs les plus purs, dont ceux de la Formation de Cairnside (Groupe de Postdam), contiennent jusqu'à 99,5 % SiO₂.

La Province géologique de Grenville renferme de nombreux gisements de silice associés à des unités de quartzite associées à des ensembles de roches métasédimentaires. Celles-ci correspondent à des niveaux de quartzite pur à très pur qui présentent une teneur moyenne variant de 98,2 % à 99,5 % SiO₂. Certains niveaux de quartzite de haute pureté atteignent par endroits une teneur de 99,7 % SiO₂.

Les amas de quartz dans les pegmatites granitiques ainsi que les veines ou les lentilles de quartz que l'on trouve en plusieurs endroits dans la Province géologique de Grenville constituent également des sources potentielles de silice. Ces corps géologiques présentent localement des teneurs élevées variant de 97,6 à 99,2 % SiO₂. Le gisement de silice de Lac Bouchette, encaissé dans une veine de quartz, a déjà fait l'objet d'exploitation dans le passé.

Des gisements de silice dans la Province géologique de Supérieur sont associés à des unités de grès siliceux (lambeaux de roches sédimentaires) d'âge paléoprotérozoïque. On y trouve également des filons de quartz minéralisés en métaux qui peuvent constituer des sources potentielles de silice.

Des dépôts de sable naturel d'origine marine ou deltaïque (dépôts quaternaires), fortement remaniés ou dérivés de roches à forte teneur en silice, constituent également une source de silice au Québec. On extrait de ces dépôts un sable relativement pur par lavage et tamisage présentant une teneur de 95 % à 97 % SiO₂.

ACRONYMES

ADEME : Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie

AMQ : Association minière du Québec

AQPER : Association québécoise de la production d'énergie renouvelable

BRGM : Bureau de recherches géologiques et minières, France

CCQ : Commission de la construction du Québec

CGC-Ottawa : Commission géologique du Canada, Ottawa

CGC-Québec : Commission géologique du Canada, Québec

CONSOREM : Consortium de recherche en exploration minérale

CRITM : Consortium de recherche et d'innovation en transformation métallique

CRIQ : Centre de recherche industrielle du Québec

CQ3E : Conseil québécois des entreprises en efficacité énergétique

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

IRENA: International Renewable Energy Agency

IRME-UQAT : Institut de recherche en mines et environnement, Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue

LA-ICP-MS : Laser Ablation Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry

MCS: Minéraux critiques et stratégiques

MEIE : Ministère de l'Économie, de l'Innovation et de l'Énergie

MICA : Mining Innovation Commercialization Accelerator

MISA : Mines, innovations, solutions et applications

MRNF: Ministère des Ressources naturelles et des Forêts

SMV : sulfures massifs volcanogènes

SOFIAC : Société de financement et d'accompagnement en performance énergétique

SOQUEM : Société québécoise d'exploration minière

UBC Okanagan : University of British Columbia, Okanagan

UBC Vancouver : University of British Columbia, Vancouver

U. Laval: Université Laval

UQAC : Université du Québec à Chicoutimi

UQAM : Université du Québec à Montréal

UQAT : Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue

UQTR : Université du Québec à Trois Rivières

