

## RÉSUMÉ DES PROJETS DE RECHERCHE 2016-2017

PROGRAMME DE RECHERCHE EN PARTENARIAT SUR LE DÉVELOPPEMENT DURABLE DU SECTEUR MINIER - 3<sup>E</sup> CONCOURS, SUBVENTIONNÉ PAR LE FRONT ET LE MERN :

« Épaississement des pulpes de résidus miniers destinés à la déposition en surface ou à la fabrication des remblais en pâte cimentés à l'aide des polymères superabsorbants »

Projet dirigé par Tikou Belem, professeur à l'UQAT



### Équipe de recherche :

- Abdelkabar Maqsood (UQAT)
- Mamert Mbonimpa (UQAT)
- Jean-François Lemay (Centre national en électrochimie et en technologie environnementales)
- Ammar Yahia (Université de Sherbrooke)

Montant obtenu : 300 000 \$ pour 3 ans

### Mise en contexte

Les résidus miniers provenant des usines de traitement des minerais sont souvent transportés vers les parcs à résidus sous forme de pulpes (particules solides en suspension dans l'eau de procédé de traitement). L'eau et les résidus exercent une pression sur les digues qui peuvent céder si cette pulpe n'est pas gérée correctement. La bonne gestion de l'eau contenue dans les parcs est donc essentielle pour assurer l'intégrité des digues. À noter qu'une alternative de gestion des résidus pour les mines souterraines consiste à les utiliser sous forme de remblais en pâte cimentés pour le remplissage des excavations souterraines.

La disposition des résidus sous forme épaissis est une autre technique de gestion des résidus. Cet épaississement exige une grande réduction du contenu en eau dans la pulpe et cette technique constitue une alternative de plus en plus utilisée pour le stockage des résidus miniers en surface. Cette technologie possède plusieurs avantages par rapport à la disposition conventionnelle des résidus. En effet, elle permet d'optimiser la consommation d'eau, d'améliorer les propriétés mécaniques des résidus et de réduire l'empreinte environnementale des parcs à résidus en occupant un volume moindre. Diverses techniques existent pour épaissir les pulpes de résidus. Toutefois, ces techniques s'avèrent souvent incapables d'atteindre les contenus en eau visés tout en étant économiquement envisageables. L'objectif de ce projet est d'évaluer le recours à l'utilisation des polymères super-absorbants (PSAs) qui pourraient constituer une alternative prometteuse, car ces super-absorbants peuvent absorber et immobiliser de très grandes quantités de fluide.

### Objectif

L'objectif principal de ce projet de recherche est donc d'évaluer expérimentalement l'utilisation des PSAs dans l'épaississement des pulpes de résidus miniers destinés soit à la déposition en surface dans des parcs à résidus, soit à la fabrication de remblais épaissis cimentés en pâte destinés au remplissage des chantiers sous terre. Des recommandations seront émises en vue de l'application de cette nouvelle technique d'épaississement des pulpes de résidus à l'échelle du site minier. En termes de retombées escomptées, ce projet permettra l'acquisition de connaissances théoriques et techniques sur le potentiel d'utilisation des PSAs pour l'épaississement des pulpes de résidus. La réalisation de ce projet pourrait permettre à terme de réduire les coûts liés à la gestion des parcs à résidus ainsi qu'à celle des eaux minières. Ce projet sera réalisé à l'Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue (UQAT) en collaboration avec le Centre National en Électrochimie et en Technologies Environnementales (CNETE) du Collège Shawinigan, l'Université de Sherbrooke. Il permettra de former du personnel hautement qualifié et de développer de nouvelles connaissances qui seront transférées à l'industrie minière et à tous les autres utilisateurs des secteurs publics et privés œuvrant en environnement minier.

## « Développement d'une approche méthodologique visant à intégrer les changements climatiques à la conception des ouvrages de rétention des résidus miniers et de restauration »

Projet dirigé par Bruno Bussière, professeur titulaire à l'UQAT



### Équipe de recherche :

- Isabelle Demers (UQAT)
- Michel Aubertin (Polytechnique Montréal)
- Michael James (Polytechnique Montréal)
- Thomas Pabst (Polytechnique Montréal)
- Li Li (Polytechnique Montréal)
- Philippe Roy (Ouranos)

Montant obtenu : 300 000 \$ pour 3 ans

### Mise en contexte

En raison des changements climatiques, les ouvrages de restauration et de rétention des résidus miniers seront exposés à des réalités climatiques différentes qui n'ont habituellement pas été prises en considération lors de leur conception. En raison de leur longue durée de vie (plusieurs centaines d'années) et du fait qu'il n'existe actuellement aucun outil permettant de prendre en considération les changements climatiques dès leur conception, le comportement post-exploitation de ces ouvrages est considéré comme l'un des principaux défis associés à la longévité et la performance des ouvrages. Face à cette situation, le secteur minier québécois se doit de réagir rapidement et d'adapter certaines de ces approches afin de minimiser les risques environnementaux, économiques et sociaux.

Au Québec, le réchauffement climatique impliquera un accroissement des températures et des événements de précipitation (moyennes et extrêmes). L'augmentation de la durée des événements de sécheresse ainsi que de la fréquence et de l'intensité des précipitations pourraient effectivement conduire à un accroissement des risques environnementaux à long terme. Cela pourrait se traduire par une diminution de la performance des méthodes de restauration et un risque accru d'instabilité des parcs à résidus miniers.

### Objectif

L'objectif du projet de recherche consiste à proposer une approche méthodologique concrète permettant de considérer les changements climatiques dès la phase de conception des infrastructures minières méridionales du Québec. Les principaux résultats attendus sont : (i) une amélioration des connaissances actuelles sur la performance à long terme des ouvrages de rétention et de restauration; (ii) la modification et le développement de critères de conception intégrant les changements climatiques; (iii) des propositions pratiques pour l'intégration des changements climatiques dans la conception des parcs à résidus miniers et des méthodes de restauration.

Dans le cadre de ce projet, l'évaluation de l'impact des changements climatiques sur les ouvrages de restauration et de rétention des résidus miniers sera réalisée à partir d'études de cas concrètes en Abitibi-Témiscamingue. Toutefois, l'approche méthodologique proposée sera applicable à d'autres sites au Québec. À la fin du projet, les gestionnaires des sites miniers pourront alors anticiper, dès la phase de conception, les effets des changements climatiques sur la performance et l'intégrité des infrastructures les plus vulnérables. L'implication des partenaires industriels et l'accès à des laboratoires à la fine pointe (UQAT, Polytechnique Montréal, Ouranos) garantiront un environnement de recherche de grande qualité pour les étudiants formés dans le cadre de ce projet.

## « Nouvelle stratégie de mesures géophysiques souterraines dédiée au développement des mines profondes »

Projet dirigé par Li Zhen Cheng, professeure à l'UQAT



### Équipe de recherche :

- Li Zhen Cheng (UQAT)
- Pierre Bérubé, (Abitibi Géophysique)
- Marc Legault (Cégep de l'Abitibi-Témiscamingue)
- Michel C. Chouteau (Université de Montréal)
- Jean-Claude Mareschal (UQAM)
- Patrick Mercier-Langevin (Ressources naturelles Canada)

Montant obtenu : 300 000 \$ pour 3 ans

### Résumé du projet

Les mines, notamment celles dans le nord-ouest québécois, exploitent le minerai à des profondeurs de plus en plus grandes, ce qui pose un défi grandissant en termes d'évaluation des ressources en métaux, de méthodes d'exploitation, influençant grandement les coûts et, conséquemment, la prise de décision. Le projet proposé mise sur l'application de techniques géophysiques souterraines novatrices mises en œuvre en milieu souterrain et combinant les informations provenant des mesures géophysiques à la surface, en forages et dans des galeries souterraines.

L'objectif visé est d'accroître la profondeur d'investigation en trois dimensions et d'ainsi contribuer à augmenter, à moindre coût, la précision de l'évaluation des ressources et des réserves en profondeur. Ces développements s'inscrivent directement dans la perspective du Créneau 1 du Programme de recherche en partenariat sur le développement durable du secteur minier du FRONT. La mine LaRonde (puits Penna), qui atteint une profondeur de 3,1 km, est parmi les dix mines les plus profondes au monde. Une telle profondeur constitue un environnement de travail complexe, notamment en ce qui concerne : 1) le renouvellement des réserves, lesquelles dépendent de la quantité de minerai et aussi de sa teneur, et 2) l'évaluation des conditions physiques du massif rocheux. Tout ceci amène à la nécessité de développer des techniques permettant/facilitant l'exploration profonde. Ceci permettra de prolonger la durée de vie des mines souterraines, d'optimiser les installations existantes, et de réduire les risques pour la sécurité des travailleurs. L'avantage net des méthodes géophysiques est leur capacité à fournir des informations géologiques entre et sous les galeries souterraines de même que d'augmenter le rayon d'investigation des forages. Les résultats attendus du projet seront une nouvelle méthodologie des mesures géophysiques qui s'adapte à la situation de l'exploration et l'exploitation minière à très grande profondeur; l'identification des impacts sur les mesures, un nouvel algorithme sur l'élimination de bruits typiques dans les mines profondes; et une amélioration des algorithmes d'interprétation de données électriques et électromagnétiques adoptés pour des configurations de mesure non conventionnelles. L'ensemble des résultats sera intégré dans un protocole novateur. Ce protocole sera diffusé aux compagnies minières au Canada et dans le monde, le défi étant commun à toutes les mines souterraines profondes.

Ces développements sont basés sur une collaboration multidisciplinaire entre les chercheurs de l'Institut de recherche en mines et en environnement de l'Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue, de Ressources naturelles Canada et du Cégep de l'Abitibi-Témiscamingue. Deux partenaires industriels (Abitibi Géophysique inc. et Mines Agnico Eagle Ltée, division LaRonde) et leur personnel se greffent également à cette équipe. Une telle collaboration multidisciplinaire peut nous assurer un encadrement de haute qualité des étudiants de deuxième et troisième cycles, et du Cégep.

## PROGRAMME DE RECHERCHE EN PARTENARIAT SUR LE DÉVELOPPEMENT DURABLE DU SECTEUR MINIER – VALORISATION DES RÉSIDUS MINIERS, SUBVENTIONNÉ PAR LE FRONT ET LE MERN :

« *Optimisation de la production de rejets désulfurés en vue de leur valorisation dans la restauration de sites miniers* »  
Projet dirigé par Isabelle Demers, professeure à l'UQAT.



### Équipe de recherche :

- Mostafa Benzaazoua (UQAT)
- Mamert Mbonimpa (UQAT)
- Thomas Pabst (Polytechnique Montréal)
- John Molson (Université Laval)

Montant obtenu : 210 000 \$ pour 3 ans

### Mise en contexte

L'exploitation minière génère des résidus, dont les rejets de concentrateur, qui contiennent souvent des sulfures pouvant entraîner la génération d'effluents miniers contaminés. La désulfuration environnementale vise à retirer la majeure partie des sulfures présents dans ces rejets pour réduire grandement leur potentiel polluant. L'objectif principal du projet de recherche est de valoriser les rejets désulfurés comme matériau de recouvrement pour la restauration des parcs à résidus et de s'assurer de leur efficacité à long terme. En plus d'éviter la génération de drainage minier contaminé, cette utilisation de rejets désulfurés comme matériel de recouvrement permet de limiter l'empreinte environnementale en évitant d'avoir à prélever des matériaux naturels dans le milieu environnant. En plus des bénéfices environnementaux, l'utilisation de rejets désulfurés pourrait aussi avoir des avantages économiques pour les entreprises en limitant les coûts associés à l'utilisation d'autres sources de matériaux de recouvrement.

### Objectif

Pour qu'un rejet désulfuré soit utilisé comme matériau de recouvrement pour la restauration de parcs, il doit posséder les caractéristiques chimiques et hydrogéologiques appropriées. Il n'est donc pas suffisant de désulfurer les rejets, il faut que le procédé produise un rejet dont les propriétés physicochimiques correspondent aux critères d'un bon recouvrement. Ce projet identifiera les facteurs à considérer pour la désulfuration environnementale afin de produire un rejet désulfuré qui aura les propriétés hydrogéologiques et géochimiques requises pour être utilisé comme matériau de recouvrement. Le projet fournira aussi des outils pour évaluer la performance à long terme des recouvrements faits de rejets désulfurés. Au final, les entreprises minières seront mieux outillées pour produire un rejet désulfuré en vue de sa valorisation dans la restauration, autant pour des sites actifs que fermés.

Ce projet de recherche est une collaboration entre l'Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue (UQAT), l'École Polytechnique de Montréal, l'Université Laval et les partenaires industriels de l'IRME UQAT-Polytechnique. Il permettra de former des étudiants aux trois cycles universitaires à l'UQAT, au cœur d'une région minière où les résultats de la recherche pourront être appliqués rapidement.

## « Valorisation des boues pour le contrôle de la dispersion de poussières par l'érosion éolienne et la restauration des sites miniers »

Projet dirigé par Mamert Mbonimpa, professeur à l'UQAT



### Équipe de recherche :

- Tikou Belem (UQAT)
- Mostafa Benzaazoua (UQAT)
- Bruno Bussière (UQAT)
- Isabelle Demers (UQAT)
- Abdelkadir Maqsoud (UQAT)
- Ammar Yahia (Université de Sherbrooke)

Montant obtenu : 300 000 \$ pour 3 ans

### Mise en contexte

Parmi les résidus produits par l'industrie minière, on retrouve les rejets de concentrateur, les roches stériles et les boues de traitement du drainage minier acide (DMA). Leur gestion et la restauration des aires d'accumulation de ces résidus sont des défis environnementaux communs à toute l'industrie minière. Une valorisation ciblée et optimale de ces résidus peut contribuer à en réduire les impacts environnementaux. Étant donné que les boues de traitement peuvent avoir une capacité à maintenir un pH alcalin à neutre pendant des décennies, voire des siècles, il est alors pensable que ces boues puissent constituer un matériau à valoriser pour des applications spécifiques sur les sites miniers.

Ce projet vise à développer des outils pour une valorisation des boues pour le contrôle des poussières soulevées par l'érosion éolienne sur des aires d'entreposage de rejets de concentrateur, mais aussi pour la restauration de ces aires. Dans un premier temps, des investigations de laboratoire et de terrain seront réalisées pour déterminer dans quelle mesure les boues seules ou amendées peuvent constituer des matériaux non érodables. Les matériaux confirmés seraient alors utilisés pour le contrôle des poussières soulevées par l'érosion éolienne sur les aires d'entreposage de rejets de concentrateur. Ces matériaux à base de boues constitueraient alors une alternative avantageuse par rapport aux abat-poussières chimiques auxquels l'industrie minière recourt actuellement, sans garantie d'efficacité. Dans un deuxième temps, ce projet cherchera à optimiser et maximiser la quantité de boues dans les mélanges sols-boues dans le but de former des matériaux ayant les caractéristiques hydrogéotechniques appropriées pour être utilisés comme matériaux de recouvrement pour la restauration des sites miniers.

Ce projet sera réalisé à l'UQAT en collaboration avec l'Université de Sherbrooke et les partenaires industriels de l'IRME UQAT-Polytechnique. Il permettra de former du personnel hautement qualifié et de développer de nouvelles connaissances qui seront transférées à l'industrie minière et à tous les autres utilisateurs des secteurs publics et privés œuvrant en environnement minier.

**PROGRAMME DE RECHERCHE EN PARTENARIAT SUR L'AGRICULTURE NORDIQUE AU SAGUENAY LAC ST-JEAN, SUBVENTIONNÉ PAR LE FRQNT ET LE FRAN-02 :**

*« Évaluation des mélanges fourragers complexes pour la mise en réserve sur pied pour leur rendement et leur valeur alimentaire »*

Projet dirigé par Carole Lafrenière, professeure à l'UQAT



**Équipe de recherche :**

- Carole Lafrenière (UQAT)
- Robert Berthiaume (Valacta)
- Julie Lajeunesse (Agriculture et Agroalimentaire Canada)
- Nicolas St-Pierre (Agrinova)

Montant obtenu : 57 000 \$ pour 2 ans

**Résumé du projet**

La production de veaux d'embouche repose presque essentiellement sur l'utilisation des fourrages pâturés et récoltés. Un des principaux défis de ces entreprises est de diminuer les coûts de production reliés à l'alimentation, lesquels représentent près de 50 % des charges variables et 70 % de ces charges sont attribuables à la récolte pour l'hivernage des animaux. Une bonne stratégie pour diminuer les coûts de production serait d'optimiser l'utilisation et la qualité des pâturages. Le projet vise à prolonger la saison de paissance à l'automne en utilisant la technique de mise en réserve sur pied avec des mélanges complexes (luzerne + 4 graminées). Cette étude regroupe trois sites dans l'Est du Canada dont les objectifs sont de : 1- Déterminer l'effet des mélanges complexes, de la période d'accumulation et des sites géographiques (Normandin au Québec, Nappan en Nouvelle-Écosse et New-Liskeard en Ontario) sur la concentration en minéraux pour la paissance en septembre et en octobre. 2- Déterminer l'impact économique du contenu en minéraux avec l'augmentation de la saison de paissance en septembre et octobre pour des entreprises de veaux d'embouche.

Les résultats générés par ce projet augmenteront les connaissances sur le potentiel des mélanges complexes de plantes de climat frais pour la mise en réserve sur pied pour les conditions du Saguenay-Lac-St-Jean mais aussi pour les conditions de l'Est du Canada. Ils permettront également de déterminer le ou les meilleurs mélanges, la période d'accumulation nécessaire pour assurer une bonne paissance. La détermination des concentrations en minéraux sur ces mélanges à l'automne servira à optimiser la nutrition minérale pour la paissance dans ces conditions.

Les producteurs de veaux d'embouche du Saguenay-Lac-Saint-Jean auront ainsi accès à une nouvelle stratégie pour prolonger la saison de paissance à l'automne. Pour la ferme bovine de veaux d'embouche, cette technique avec des mélanges complexes augmentera le nombre de jours de paissance tout en diminuant les quantités de fourrages récoltées nécessaires pour l'alimentation en enclos. Cela aura un impact positif significatif sur la diminution des coûts d'alimentation tout en assurant des rendements élevés et une bonne valeur alimentaire. Avec une hypothèse d'un allongement de la saison de paissance de 60 jours, cette stratégie générerait des économies de 877 000 \$ pour la région du Saguenay-Lac-Saint-Jean. Des économies supplémentaires pourraient être réalisées avec une meilleure complémentation en minéraux. Cela peut, à moyen et à long termes avoir un impact important sur la rentabilité de l'entreprise.

Ce projet est soutenu par la Fédération des producteurs de bovins du Québec, la Fondation de l'Université en Abitibi-Témiscamingue, Agriculture et Agroalimentaire Canada (Programme PAI), l'organisme Agriculture Nordique axée sur la Production Bovine.