

Metallogeny, mineralogy and isotopic geochemistry of Kipawa rare-earth deposit: genetic implications and comparison with other rare-earth deposits in peralkaline syenites.

Matte, Simon¹, Constantin, Marc¹, Stevenson Ross²

¹ Département géologie et génie géologique, Université Laval, Québec, Qc

² Département des sciences de la Terre et de l'atmosphère, UQAM, Montréal, Qc

Abstract :

We propose to study the Kipawa peralkaline complex, a rare-earth deposit principally composed of eudialyte, mosandrite and britholite. The Kipawa complex is situated in the Parautochton zone of the Grenville Province in the Tasmiscamingue region of Quebec, 55 km south of contact with Superior Province. The complex consists of peralkaline syenites, amphibolites, gneisses that are intercalated with calc-silicate rocks and marble, and overlain by a peralkaline gneissic granite.

The Kipawa complex differs geochemically and petrologically from other well-known peralkaline complexes such as the Illimausaq, Lovozero, Thor Lake or Strange Lake complexes. Classic peralkaline complexes are large, circular igneous complexes, with or without volcanism and have an isotopic signature reflecting mantle origin with different degrees of assimilation and crustal contamination (for example Illimausaq has ϵNd values of 0.4 and - 5.7; Borst et al., 2018).

The Kipawa Complex is a thin, folded stack of sheet imbricates between Kikwissi Suite rocks, McKillop Lake sequence and Red Pine Chute gneiss, suggesting a regional tectonic control (Currie and Van Breemen 1996, Van Breemen and Currie 2004). Isotopic analyses carried out by Fleury and Stevenson (2016) indicate a strong crustal signature ($\epsilon Nd = -8.7$). Several hypotheses are possible: crustal contamination, hydrothermal activity, fluids alteration during formation, metamorphism or dominant crustal origin.

Our objective is to characterize the geochemical and isotopic composition of the Kipawa complex in order to improve our understanding of the age and formation of the complex. Analyses of both whole rocks, eudialytes and zircons will be made to obtain isotopic signatures and determine formation ages and/or post-formation processes.

Oral Presentation

Descriptor Extraction and Image Enhancement on the Optical Borehole Televiewer data for mineralogical purposes

Farnaz Ghoraishi¹, Christian Dupuis¹, Erwan Gloaguen²

¹ *Department of Geology and Geological Engineering, Université Laval*

² *Institut National de la Recherche Scientifique (INRS-ETE)*

Several factors control the physical properties measured for a given rock-mass, including the crystallographic texture of the rock. Texture, the spatial relationship amongst rock components, can be quantified by crystal size distribution, grain size, shape, and mineral arrangement. As known by all geologists, visual texture is one essential characteristic to infer the lithology types of rock samples. To study the physical appearance of a rock, it is possible to produce reproducible quantitative textural interpretation by using cameras. In-hole imaging systems like Optical Borehole Televiewers (OTV) allow for continuous high-quality and high-resolution imaging of the wall of a drill-hole in 24 bits RGB true colors. In order to evaluate the potential of OTV measurements to predict lithology, we collected OTV data on the Kipawa project, a rare earths deposit enriched in heavy REEs. To fully use the feature of color in the OTV images, we manipulated the RGB images in two different color-spaces, L*a*b* and RGB. The main segmentation process was performed in the L*a*b* color-space, where automatic pixel clustering based on color produced the anticipated mineral maps. Then, the performance of the segmentation was enhanced by different masks (on the red, green, and blue planes), and multiple functions for minor corrections, in the RGB color-space. The percentage of minerals in the ore was also calculated by pixel counting on these mineral maps, which is equal to the rough estimate of the ore revealed on the drill-hole wall. Borehole conditions, however, can still affect the clarity of OTV images and their quantitative description. To overcome this obstacle, we developed an algorithm to remove the visual effect of substances that partially covered the OTV camera window. These enhanced images permit to improve the textural description. Our prediction was compared with visual description and showed a good agreement.

Author to contact: Farnaz Ghoraishi (farnaz.ghoriashi.1@ulaval.ca)

Dispersion à distance des minéraux indicateurs et leur signature géochimique : le cas d'Amaruq (Nunavut)

Alexandre Mendizabal (Université Laval), Georges Beaudoin (Université Laval), Isabelle McMartin (CGC-O), Olivier Côté-Mantha et Marjorie Simard (Agnico Eagle)

Dans cette présentation sur une campagne d'échantillonnages, on se penchera sur les levés de terrain et l'échantillonnage de carottes de forages durant l'été 2018 à Amaruq, propriété d'Agnico Eagle Mines Ltd située au Nunavut (Canada). Pour cela, on a obtenu 67 échantillons de till représentatif de la minéralisation à travers des ostioles. Ils ont été prélevés parallèlement au sens de l'écoulement glaciaire le long de 2 transects de 4 km jusqu'à 8 km en aval et jusqu'à 4 km en amont du gisement d'Amaruq, avec des intervalles d'environ 250 m. La signature des minéraux indicateurs dans des carottes de forages de la minéralisation servira à mieux définir l'origine des minéraux érodés du gisement Amaruq. De même, 50 échantillons de 26 forages ont été prélevés de manière représentative sur toute la minéralisation.

Cette minéralisation est couverte principalement par des dépôts de surface de la dernière glaciation du Wisconsinien. Ce gisement se trouve dans la ceinture archéenne de roches vertes du groupe Woodburn Lake. Ici, la minéralisation aurifère est associée à des roches mafiques à ultramafiques et des roches sédimentaires (greywacke, chert et formation de fer). Des témoins géologiques confirment l'érosion glaciaire du gisement et le transport de roches minéralisées telles que des stries et des cannelures observées sur le substrat rocheux, donnant des ensembles de directions d'écoulement des glaces. On a pu observer trois types de till, le till distal, proximal et hybride, mais aussi des sédiments fluvio-glaciaires et des champs de blocs sur le terrain. Des échantillons de carottes de forages avec présence de tourmaline visible et/ou avec une forte teneur d'or ont été prélevé sur toute la minéralisation et dans des lithologies différentes afin d'avoir une représentation complète du gisement.

Les minéraux indicateurs dans le till et la minéralisation seront investigués pour leur géochimie par microsonde électronique et par ablation laser et spectrométrie de masse à plasma à couplage inductif. La composition chimique des minéraux indicateurs provenant du gisement sera alors comparée avec celle des grains des échantillons de till.

Exploration des ressources géothermiques: développement d'un modèle de température 3D pour le bassin sédimentaire d'Anticosti (Québec)

Violaine GASCUEL, Karine BÉDARD, Félix-Antoine COMEAU, Jasmin RAYMOND,
Michel MALO

INRS (Institut national de la recherche scientifique), Centre Eau Terre Environnement, Québec,
Canada

Résumé :

L'île d'Anticosti, située dans le golfe du Saint-Laurent, est entièrement dépendante des énergies fossiles. Pour réduire cette dépendance, une évaluation de la possibilité d'utiliser l'énergie géothermique a été réalisée sous forme de modélisation numérique 3D de la température du sous-sol.

Le bassin sédimentaire d'Anticosti est constitué d'une plateforme carbonatée d'âge ordovicien-silurien, reposant en discontinuité sur le Bouclier canadien. Un modèle géologique 3D, intégrant les données de 24 puits d'exploration pétrolière et gazière, de lignes sismiques et de cartes géologiques a été construit, différenciant 9 unités géologiques. La conductivité thermique et la génération de chaleur interne associées à ces unités ont été estimées en pondérant des valeurs théoriques de lithologies-types (calcaire, shale, dolomie ou grès) issues de la littérature.

Un modèle numérique 3D, simulant la conduction de chaleur en régime permanent, a ensuite été développé avec le logiciel FEFLOW. Les conditions frontières du modèle sont : (1) une température constante en surface calculée à partir de données météorologiques (5,6 °C), et (2) un flux de chaleur uniforme de 15 mW m⁻² imposé à la base du modèle à 40.5 km de profondeur (Moho).

Les données de température enregistrées en fond de puits (24) ont été corrigées pour éliminer les perturbations dues aux opérations de forage, ainsi que l'effet du paléoclimat (100 000 ans). Elles ont permis de calculer analytiquement une valeur de génération de chaleur théorique dans le socle au niveau de chaque puits, ensuite interpolées en 2D et incluses dans le modèle 3D.

Les premiers résultats indiquent que la profondeur requise (5 km) pour atteindre une température de 120 °C favorable à la production d'électricité est importante. L'usage direct de la chaleur géothermique est à considérer, avec une température d'environ 60°C à 2 km sous le seul village de l'île, dans l'unité qui serait, *à priori*, la plus perméable.

Simulations géostatistiques : risque et estimation des ressources minérales

M. Raymond¹, M. Constantin², M. Laflamme¹

¹ Département de génie des mines, de la métallurgie et des matériaux, Université Laval, Québec, Canada.

² Département de géologie et de génie géologique, Université Laval, Québec, Canada.

INTRODUCTION: L'industrie minière représente un secteur économique important au Canada [1]. Toutefois, au cours des dernières années, un nombre restreint de gisements de classe mondiale ont été découverts [2]. Cette réalité force l'industrie à revoir les méthodes traditionnelles de mise en valeur de sites miniers. Ce projet de recherche se concentre sur l'évaluation du risque/incertitude relié à l'estimation des ressources minérales. Ce risque peut être quantifié grâce à l'utilisation de simulations géostatistiques. Bien acceptées au sein de l'industrie pétrolière, ces méthodes se développent, depuis quelques années, dans l'industrie minière [3]. La quantification de l'incertitude sur l'estimation des ressources vise à intégrer la gestion du risque au sein de l'évaluation de projets miniers en vue d'une création de valeur et d'opportunités. Le site à l'étude: complexe syénitique de Kipawa, Témiscamingue, Québec, est un gîte porteur d'éléments des terres rares composé de 14 lanthanides (lanthane à lutécium, excluant le prométhium) et de l'yttrium. Un nombre limité de travaux de ce genre ont été réalisés sur ce type de gisement [4].

MÉTHODOLOGIE: Les simulations géostatistiques seront réalisées à l'aide du logiciel: *Stanford Geostatistical Modeling Software (SGeMS)*. L'estimation des ressources minérales passera par la simulation du volume et de la teneur en éléments des terres rares du gisement de Kipawa. Les deux principales familles d'algorithmes du domaine seront étudiées: simulations statistiques à 2-points (approche standard) et les simulations statistiques à points multiples. Cette dernière méthode repose sur la création et l'utilisation d'images d'entraînement.

RÉSULTATS ATTENDUS: La Fig. 1 illustre la principale différence entre l'estimation et la simulation des ressources par méthode géostatistique.

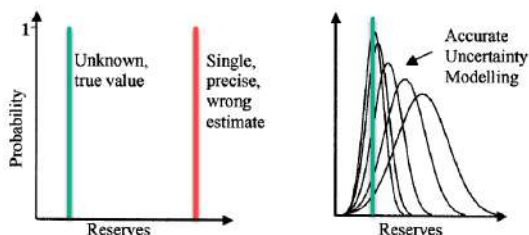


Fig. 1: Estimation traditionnelle versus simulations géostatistiques (modifié de Dimitrakopoulos [5])

Ainsi, autant pour l'évaluation du volume que la teneur du gisement, une multitude de simulations seront réalisées. La Fig. 2 illustre un exemple de la

valeur actualisée nette en fonction de différentes enveloppes minéralisées. Dans le cas conventionnel, une seule série d'enveloppes peut être générée. Dans le cas des simulations, chacune d'entre elles possède sa courbe. Il est ainsi possible d'évaluer statistiquement le cas le plus probable tout en y associant une incertitude.

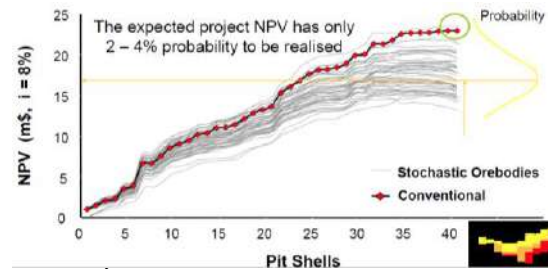


Fig. 2: Évaluation du risque sur l'estimation des ressources [6].

CONCLUSION: Une maxime célèbre utilisée par Warren Buffett déclare: "I would rather be approximately right than precisely wrong", illustre bien l'intérêt porté envers les simulations géostatistiques. L'intégration de la notion de risque/incertitude au processus d'évaluation des ressources minérales permettrait aux investisseurs d'entrevoir de nouvelles opportunités de mise en valeur de gisements connus. Ces nouvelles opportunités aideraient à pallier le manque de découvertes de gisements de classe mondiale tout en contribuant à l'effervescence économique de l'industrie minière canadienne.

RÉFÉRENCE:

- [1] (2016). *Mining Sector Performance Report 2006-2015*.
- [2] R. Schodde, "Recent Trends and Outlook for Global Exploration," presented at the PDAC 2017, 2017.
- [3] X. Emery, J. M. Ortiz, and A. M. Cáceres, "Geostatistical modelling of rock type domains with spatially varying proportions: application to a porphyry copper deposit," vol. 108, no. 5, pp. 284-292, 2008.
- [4] M. Quigley, R. Dimitrakopoulos, and T. Grammatikopoulos, "Risk-resilient mine production schedules with favourable product quality for rare earth element projects," *Mining Technology*, vol. 127, no. 1, pp. 41-55, 2017.
- [5] R. Dimitrakopoulos, C. Farrelly, and M. Godoy, "Moving forward from traditional optimization: grade uncertainty and risk effects in open-pit design," *Mining Technology*, vol. 111, no. 1, pp. 82-88, 2002.
- [6] R. Dimitrakopoulos, "Stochastic Mine Planning Concepts, Applications and Contributions: From past developments to production scheduling with 'future data'," ed. COSMO Stochastic Mine Planning Laboratory.

REMERCIEMENT:

Fonds de recherche du Québec – Nature et technologies (FRQNT)

Composition chimique de la chalcopryrite comme critère de discrimination de types de gîtes à l'échelle mondiale

Caraballo, Enzo¹, Beaudoin, Georges¹

¹Département géologie et génie géologique, Université Laval, Québec, Qc (enzo.caraballo-rojas.1@ulaval.ca)

La chalcopryrite est un des sulfures les plus répandus dans les gisements à l'échelle mondiale. Cependant, sa très variable composition en éléments traces a été peu étudiée. Avec des propriétés physiques favorables pour la préservation et l'identification dans des systèmes sédimentaires, tels que les environnements fluviaux ou glaciaires, la chalcopryrite offre une possibilité en tant que minéral indicateur pour différents types de gîtes et pourrait ainsi servir de vecteur dans l'exploration minière. Ce projet de recherche a comme objectif principal d'identifier les critères compositionnels de la chalcopryrite qui permettent la discrimination des différents types de gîtes à l'échelle mondiale. Ces critères seront identifiés et définis à partir de méthodes statistiques multivariées effectuées sur un ensemble de données géochimiques en éléments traces. L'identification des assemblages minéraux et l'analyse texturale seront menées avec le microscope optique à lumière réfléchie et le microscope électronique à balayage. La composition chimique sera déterminée avec une microsonde électronique, l'ablation laser et spectrométrie de masse à plasma à couplage inductif (LA-ICP-MS) et un spectromètre de masse à ions secondaires (SIMS). Les états d'oxydation du Fe et du Cu seront déterminés par spectroscopie d'absorption de rayons X (XAS). Le microscope électronique à transmission (TEM) sera utilisé pour l'identification de nano-inclusions dans la chalcopryrite. Les données seront traitées par des analyses en composantes principales (ACP), classification de données (*cluster analysis*) et des analyses discriminantes (AD) pour détecter les sources de variabilité, ainsi qu'identifier les éléments discriminants permettant la classification des différents types de gîtes.

POSTER - Développement d'un procédé de granulation pour la valorisation d'un résidu minier d'apatite

Elisabeth Viry¹, Lan Huong Tran¹, Louis-César Pasquier¹, Jean-François Blais¹, Guy Mercier¹

¹*Institut National de la Recherche Scientifique, Centre Eau Terre Environnement*

Ce projet de recherche s'insère dans une démarche de réflexion sur la stabilisation et la valorisation des déchets après exploitation minière, appliquée ici au projet minier Arnaud, situé dans la commune de Sept-Îles, sur le territoire du Plan Nord. En effet, un procédé de valorisation est envisagé pour les 250 millions de tonnes de résidus générés après exploitation et extraction du concentré, afin de diminuer l'impact environnemental du stockage sur site des résidus et de réutiliser ce déchet comme granulat pour des applications de génie civil. L'objectif sous-jacent de ce projet est d'appliquer un procédé de carbonatation aux granulats fabriqués, afin de canaliser le CO₂ rejeté par une aluminerie située à 30 km du canton minier.

La première phase de développement du procédé a permis la fabrication de granulats à partir de la boue de résidus à $14,5 \pm 1,5$ % d'humidité, et à partir de ciment portland dans des concentrations massiques de 2 à 10%. Une deuxième phase expérimentale permettra d'évaluer l'impact de l'injection de dioxyde de carbone dans les granulats, et de conclure sur la possibilité d'utiliser des rejets industriels de CO₂ pour la carbonatation des résidus miniers Arnaud.

Afin d'évaluer les types d'usages possibles pour ces sous-produits, les propriétés physiques des granulats obtenus sont évaluées après 7, 14, 28, 56 et 112 jours de cure après leur fabrication. La répartition granulométrique, la résistance à la compression et la densité renseignent sur la résistance à l'usure et à l'érosion des granulats. Les caractéristiques chimiques doivent elles être aussi évaluées pour garantir la stabilité des phases formées ainsi que la non-toxicité de ce nouveau sous-produit.

Auteur à contacter : **Elisabeth Viry** (Elisabeth.Viry@ete.inrs.ca)

Lava lakes filling phreatomagmatic craters at Twin Peaks, Hopi Buttes volcanic field, Navajo Nation, Arizona

Benjamin Latutrie, Pierre-Simon Ross

Institut national de la recherche scientifique, Centre Eau Terre Environnement, 490 rue de la Couronne, Québec (QC), G1K 9A9, Canada

Abstract

The Hopi Buttes volcanic field (HBVF) is located on the Colorado Plateau in Arizona (USA). This Miocene volcanic field provides excellent exposures of maar-diatreme volcanoes. In the HBVF, the variable erosion level allows the study of maar-diatremes from top to bottom. The Twin Peaks volcanic complex consists of two hills with thick coherent rocks at their summits, informally called the north peak and south peak. In the HBVF, such features have received little scientific attention so far. Our overall interpretation is that each peak represents a maar-diatreme volcano which evolved into a lava lake filling the crater, possibly all the way to the pre-eruptive surface. The bottom of the lava lakes lies about 60 m below the current summits and corresponds to the contact between the Jurassic Moenave Formation and the Miocene Bidahochi Formation. One month of field mapping allowed us to distinguish four volcanic units, the first three being pyroclastic and the final one coherent. We named these units according to their stratigraphic order, Unit 1 being at the bottom and Unit 4 at the top. Unit 1 is only visible in the north peak but the others occur on both peaks. Componentry measurements and field descriptions suggest that Unit 1 is phreatomagmatic, Unit 2 is transitional with a phreato-strombolian style, Unit 3 is spatter-rich and Unit 4 is effusive, forming the lava lakes. We propose a six steps model to illustrate the change in eruptive regime from phreatomagmatic to magmatic at Twin peaks.

Keywords:

Hopi Buttes, maar-diatremes, lava lakes, phreatomagmatic, magmatic

Title: Geophysical interpretation of deformation events in the Superior province.

Authors: Parham Adiban (INRS-ETE), Lyal Harris (INRS-ETE)

Abstract

The purpose of this study is to investigate the deformation regime and tectonic history of the region encompassing the boundary between the Ashuanipi, La Grande, and Minto subprovinces in the Superior Province. The study utilizes geophysical datasets overlooking the structures at a regional scale. The main dataset is the aeromagnetic data provided by MERN. Supplementing this data are regional gravity measurements provided by the GSC and regional geological maps provided by MERN. Various mathematical enhancements are applied to the magnetic map in order to highlight lineaments and other geological features that display a change in magnetics (aeromagnetic data) or density (gravity data). Features found in either dataset are then compared to other data available in order to provide an accurate geological explanation. The majority of the high-resolution data is made up of the La Grande and Ashuanipi subprovinces. The Ashuanipi subprovince has a history of intense magmatism (Simard, 2008) therefore making it difficult to identify geological structures in the magnetic data. Overall, lineaments in the Ashuanipi indicate ductile deformation judging from the on the magnetic map. The axial traces of the folds vary from trending E-W to N-E indicating that there have been multiple deformation events. Majority of the lineaments in the La Grande are linear and oriented NW-SE. Linear features are usually associated with fault zones or intrusions depending on the magnetic signature. The features on the La Grande appear to have developed in a period of N-S shortening, which can also explain folding in the Ashuanipi region that exhibited axial traces oriented E-W. However, it is likely that this period of deformation followed an earlier event of E-W shortening that can explain some of the older folds and the nature of the boundary between Ashuanipi and La Grande subprovinces.

Reference

Simard, M. (2008). *Synthèse du Nord-Est de la Province du Supérieur.*

Présentation d'une affiche

Devenir et comportement environnemental d'une nouvelle formulation d'explosifs PAX-48

Marc-Alexandre Fillion¹ (Étudiant à la maîtrise), Richard Martel¹, Émilie Batailler¹, Kévin Houle¹
et Sonia Thiboutot²

¹Institut National de la Recherche Scientifique (INRS), Centre Eau Terre Environnement, Québec (Québec),
Canada.

²Recherche et Développement pour la Défense Canada – Centre de recherche Valcartier (RDDC-Valcartier),
Québec (Québec), Canada.

L'entraînement des militaires se caractérise par des tirs réels pouvant déposer des résidus de munitions, composés de métaux et de matériaux énergétiques (explosifs et propulsifs) dans les champs de tir et aux points de détonation. En grande majorité, les tirs fonctionnent tel que prévu et génèrent très peu de résidus au point d'impact. Cependant, la détonation incomplète ou nulle de la charge explosive des projectiles est aussi possible. Lorsque cela se produit, de plus haut niveau de résidus d'explosifs peuvent être possiblement dispersé dans l'environnement. Les matériaux énergétiques (MÉ) déposés peuvent se dégrader et former des sous-produits toxiques tels que le nitrate (NO_3^-), qui peut se transformer en nitrite (NO_2^-) et causer de l'anoxie cellulaire.

L'armée canadienne prévoit l'utilisation du PAX-48 dans les munitions et souhaite connaître son comportement environnemental avant de le déployer afin d'assurer la pérennité des secteurs d'entraînement. Notre mandat est d'évaluer le devenir environnemental de cette nouvelle formulation et, ce mémoire décrit les diverses expériences en laboratoire, représentatif des conditions de terrains, qui ont été effectuées. Les différents processus pouvant dégrader les composés du PAX-48 et leurs importances dans l'environnement sont discutés. Le programme expérimental se compose d'essais de dégradation en milieu alcalin, de photodégradation, de dissolution par gouttes, de solubilité, de biodégradation aérobie ainsi que de coefficients d'adsorption (K_D) et partition octanol-eau (K_{ow}). Les résultats préliminaires montrent que l'hydrolyse alcaline du PAX-48 est pertinente aux différents pH testés (8, 9 et 10), que les valeurs de solubilité dans l'eau sont comparables à celles de la littérature et que la cinétique de photodégradation est élevée.

Auteur à contacter : Marc-Alexandre Fillion (marc-alexandre.fillion@ete.inrs.ca)

Évaluation du potentiel de lixiviation des résidus miniers issus de l'extraction des minéraux des terres rares en climat nordique

Sophie Costis¹; Jean-François Blais¹; Carmen Mihaela Neculita²; Lucie Coudert²; Emmanuelle Cecchi¹; Kristin Muller¹

1. Institut national de la recherche scientifique-Centre Eau Terre Environnement

2. Université du Québec en Abitibi Témiscamingue

Résumé

Les éléments de terres rares (ÉTRs) sont présents dans de nombreuses applications et suscitent de plus en plus d'intérêt. Bien que la Chine ait un quasi-monopole sur la production des ÉTRs dans le monde, d'autres acteurs potentiels commencent à émerger. Le gisement d'ÉTRs d'Ashram est l'un de ces projets considérés comme ayant un fort potentiel de développement. Située dans le nord du Québec, avec un climat subarctique (fortes précipitations, température extrême et période de gel et de dégel), la roche d'intérêt est la carbonatite qui contient environ 1,9% d'oxydes de terres rares totaux. Le matériel étudié sont des résidus de flottation générés par une échelle pilote.

La contamination que peut engendrer la production d'ÉTRs est connue et doit être contrôlée. Les principaux contaminants qui peuvent être rencontrés dans ce type de résidus miniers sont les éléments radioactifs, les métaux, les éléments organiques, une turbidité importante des rejets liquides provenant du traitement et, pour finir, la libération importante de poussières avec ses polluants associés ([Weber et Reisman, 2012](#)). Par ailleurs, la toxicité des ÉTRs est encore, quant à elle, peu documentée et aucune norme environnementale n'existe à ce jour. Donc, l'ensemble de ces contaminants potentiel est à suivre lors des expériences.

Dans ce contexte, l'objectif principal de la présente étude est d'évaluer le potentiel de lixiviation des éléments présents dans les résidus issus de l'extraction des minéraux de terres rares, permettant ainsi de cibler la contamination potentielle. Pour ce faire, une caractérisation physico-chimique et minéralogique détaillée, ainsi que des essais cinétiques en mini-cellules d'altération ont été réalisés. Puisque la mine envisagée serait située dans une région dominée par un climat subarctique, les essais en mini-cellules d'altération ont été effectués à deux températures (19 °C et 3 °C). Les résultats initiaux des lixiviats ont révélé des concentrations significatives de baryum dépassant les critères de toxicité aiguë aquatique (0,110 mg/L) ([MDDEFP, 2013](#)). De plus, suite à une congélation involontaire du matériau, une augmentation des concentrations de certains éléments a été observée. Ces résultats laissent supposer que le phénomène de gel-dégel peut avoir un impact significatif sur le potentiel de lixiviation des résidus ([Figure 1](#)). Par conséquent, lors de la gestion des résidus miniers, il sera probablement nécessaire de prendre en compte ce facteur afin de proposer une stratégie la plus adaptée à ce type de climat. Par la suite, des tests cinétiques en colonne de lixiviation, mais avec des périodes de gel et de dégel contrôlées dans le temps, seront complétés pour voir plus en détail l'impact de ce phénomène sur tous les éléments mobilisables. Ces essais seront ainsi plus représentatifs des conditions environnementales réelles. Cette première étape permettra d'aider au développement de techniques de stabilisation des résidus et de traitement des effluents miniers.

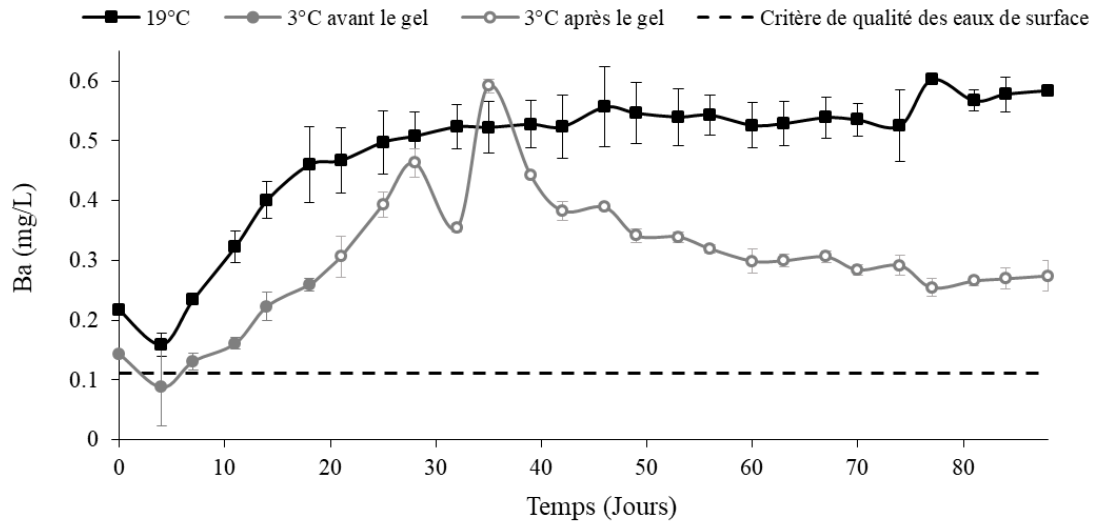


Figure 1. Impact du gel-dégel sur l'évolution des concentrations de Baryum au cours des cycles de lixiviation

Mots-clés

Éléments de terres rares, résidus minier, potentiel de lixiviation, mini-cellule d'altération, impact du gel-dégel.

Références

Ministère du Développement durable, de l'Environnement de la Faune et des Parcs (MDDEFP) (2013). Critères de qualité de l'eau de surface, 3e édition, Québec, Direction du suivi de l'état de l'environnement, 536p.

Weber R. J., et Reisman D. J. (2012). Rare earth elements: A review of production, processing, recycling, and associated environmental issues. US EPA Region. 135 p.

Development of a novel process of bioplastics production using pulp and paper mill activated sludge (PPMAS) with pure culture (microbial strain)

RAJWINDER KAUR, R. D. TYAGI

INRS-ETE, Université du Québec, 490 rue de la couronne, Québec G1K9A9

Pulp and paper mills produce large amounts of sludge, especially mills that have implemented activated sludge treatment. Pulp and paper mill sludge (PPMS) is the main organic residual generated from the wastewater treatments of the pulp and paper industry. Researchers started attempting and analyzing the ability of secondary raw sludge as biocatalyst for PHA production. Few of the recent studies reported high PHA accumulations (25-60% w/w of suspended solids) using raw sludge as it is. A close scrutiny of these processes reveals that these studies face inconsistencies in the process productivities due to large margin of variability of sludge used in the process.

The problem of variability in PHA accumulation using pulp and paper activated sludge has been addressed by using heat treated PPMAS as a substrate for PHA production using pure culture or single strain. Different optimization studies were performed using shake flasks such as washed and unwashed sludge, different suspended solids (SS) concentration (10, 15, 20, 25 and 30g/L) and optimization of sodium hydroxide dose (0.05, 0.07, 0.09, 0.11, 0.13 g of NaOH /g of suspended solids) for sludge hydrolysis. Maximum cell growth and PHA content was obtained using washed sludge with 15g/L of SS concentration. Dose of 0.133g of NaOH/g of SS was found optimum for maximum hydrolysis of sludge. However, toxic materials released during sludge hydrolysis using sodium hydroxide were found to inhibit PHA accumulation. Therefore, different detoxification techniques with Dose of 0.11g of calcium hydroxide/g of SS was found to be optimum for maximum cell growth and PHA accumulation. The PHA concentration was increased by 300% using calcium hydroxide treatment than using NaOH treated sludge in shake flasks study.

Glucose was used as additional carbon substrate in order to increase the PHA accumulation using fed batch strategy. Washed and sterilized sludge using calcium hydroxide with 15g/L initial SS gave maximum PHA content of 86.5% (w/w), biomass conc. of 51.97 g/L, PHA concentration of 44.97g/L and high PHA yield of 0.60g of PHA/g of glucose consumed was achieved in the current findings. In the further experiments, glucose was replaced by crude glycerol solution. The maximum biomass concentration of 41.2g/L, PHA content of 72.1% (w/w), PHA concentration of 29.7g/L and PHA yield of 0.54g/g of substrate consumed was obtained using washed sludge with initial SS of 15g/L.

These studies show PPMAS is a potential substrate to be used for pure culture in combination of waste substrates and the new process is able to respond to the problem of the issue of inconsistency of PHA concentration, lower PHA content and lower PHA yield attained during PHA production using mixed microbial culture and finally addresses sludge disposal problem.

Assessment of groundwater contribution to rivers in terms of water quantity, quality and temperature

Milad Fakhari¹, Jasmin Raymond², Richard Martel³

1- PhD student (INRS); 2- Supervisor (INRS); 3- Co-Supervisor (INRS)

Abstract

This PhD research is part of a larger project entitled “Towards restoration and protection of fish habitats affected by mining activities in northern Quebec: Focus on the Caniapiscou River watershed” supported by the Environmental Damages Fund of Environment and Climate Change Canada.

Caniapiscou River is recognized for its abundance of salmonids. The optimal temperature range for growth of Salmonidae varies according to species. In summer, salmonids experience thermal stress in some rivers, which affect their growth and even threaten their survival. Some specific zones in the rivers constitute thermal refuges allowing fish to be more comfortable, to grow and to survive in some extreme cases. In addition, contamination of the aquatic environments caused by metal mining is a widespread concern, as there are abandoned and active mines in northern Quebec. Effects of metals on fish health and metabolism and the bioaccumulation in fish are of importance for local communities.

The objectives are to evaluate the presence of thermal refuges in northern rivers and to characterize the groundwater contribution to the rivers' thermal budget. Furthermore, the movement of contaminants like heavy metals toward the river under different conditions (e.g. presence of permafrost layer), will be studied.

The methodology includes fieldwork and modelling. Instrumenting the river bed and banks with piezometers, underwater temperature and pressure sensors, is the main part of the fieldwork. In addition, hydraulic and thermal properties of geological materials will be measured in the laboratory. The model will couple the surface and subsurface components to reproduce conditions and predict heat and contaminant transport in the river. The collected data will be used for model calibration.

The expected result is a well-built model that can estimate and predict the contribution of groundwater to the river's thermal refuge, water quantity and quality.

Groundwater Level Modeling by Combining Gene Expression Programming (GEP) and M5 Model Tree with Wavelet Transform

Ramin Bahmani^{1*}, Abazar Solgi², Taha B. M. J. Ouarda¹

Abstract In order to understand and manage the groundwater, it is necessary to predict groundwater level accurately. So, in this study, the prediction of monthly groundwater levels is considered. To do so, two Artificial Intelligence (AI) based models, called Gene Expression Programming (GEP) and M5 model tree (M5), are selected for the prediction. Then, the wavelet transform is employed as a tool for forming hybrid models, WGEP and WM5. The results show the hybrid models, WGEP and WM5, have better performance than other models, GEP and M5, and it is proved that WGEP is the best model for predicting groundwater level. Moreover, to reach the highest accuracy it is necessary to choose a suitable mother wavelet with appropriate decomposition level. Finally, it is concluded that it is impossible to generalize a specific mother wavelet for decomposing groundwater level time series in order to obtain the highest performance for the prediction.

¹ Canada Research Chair in Statistical Hydro-climatology, INRS-ETE, Québec (Québec), Canada; ramin.bahmani@ete.inrs.ca

² Shahid Chamran University of Ahvaz, Faculty of Water Sciences Eng., Dept. of Water Resources Engineering, Ahvaz, Iran; abazar_solgi@yahoo.com

* Correspondence: ramin.bahmani@ete.inrs.ca

Caractérisation hydrogéologique du bassin versant d’Innisfil Creek : Une approche hydrogéochimique et isotopique

F. Proteau-Bedard¹, P. Baudron^{1,2}, N. Benoit³, R. Post⁴ and A. Mills⁴

¹École Polytechnique de Montréal, Montréal, Québec, Canada

²GEOTOP Res Ctr, Montréal, Québec, Canada

³ Geological Survey of Canada (NRCan), Québec, Québec, Canada

⁴ Nottawasaga Valley Conservation authority, Utopia, Ontario, Canada

Le bassin versant d’Innisfil Creek dans le sud de l’Ontario est un secteur agricole ayant subi une forte croissance démographique dans les dernières décennies. Les activités agricoles intensives font de l’eau un enjeu économique majeur pour la région.

Au cours des dernières décennies, des épisodes récurrents de sécheresse ont montré la sensibilité de l’approvisionnement en eau de surface. Les experts locaux ont donc conclu qu’un virage complet vers les eaux souterraines permettrait de combler les besoins en tout temps. Toutefois, le secteur présente un réseau hydrogéologique complexe et plusieurs incertitudes persistent concernant la dynamique d’écoulement des eaux du bassin versant.

Ce projet s’intéresse à l’hydrogéochimie et à l’étude d’isotopes naturels dans le but de comprendre les différents processus hydrogéologiques, comme la recharge, les échanges inter-aquifères et l’évolution spatiale et temporelle de l’eau. Ayant besoin d’un grand volume de données pour faire la caractérisation régionale, des données historiques ont dûes être ajoutées, uniformisées et validées pour être incorporées à l’étude. Pour combler les besoin d’Information résiduels, une campagne de terrain a permis d’acquérir l’information nécessaire à l’interprétation régionale. Après l’étude des premiers résultats, l’influence du contexte géologique du confinement, l’évolution géochimique des faciès et l’évolution temporelle ont pu être caractérisées pour former les bases du modèle conceptuel régional.

Cartographie et quantification des échanges gazeux ruisseau-atmosphère par expériences d'injection de traceurs gazeux et mesures en continu in-situ

Ronan Abhervé^{1,2}, Camille Vautier², Thierry Labasque², Eliot Chatton³, Christophe Petton², Pascal Dupont⁴, Anniel Laverman², Aurélie Guillou³, Virginie Vergnaud³, Luc Aquilina², Gilles Pinay⁴, Jean-Raynald de Dreuzy²

¹Institut national de la recherche scientifique, Centre Eau Terre Environnement (INRS-ETE), Québec, Canada

²Observatoire des Sciences de l'Univers de Rennes (OSUR), Université de Rennes 1, Rennes, France

³Plateforme Condote-Eau, Observatoire des Sciences de l'Univers de Rennes (OSUR), Université de Rennes 1, Rennes, France

⁴Institut national des sciences appliquées de Rennes (INSA), Rennes, France

⁵Institut national de recherche en sciences et technologies pour l'environnement et l'agriculture (IRSTEA), Lyon, France

La caractérisation des échanges gazeux à l'interface ruisseau-atmosphère est cruciale pour comprendre la dynamique biogéochimique et la position des cours d'eau de tête de bassin versant dans le bilan atmosphérique des gaz à effet de serre. Habituellement, dans les études ayant recouru à l'analyse des gaz en eau de surface, un coefficient de réaération est estimé en appliquant des équations empiriques préexistantes. Les incertitudes qui en découlent sont majeures. Ainsi, nous avons mis en place une méthode expérimentale in situ pour mesurer avec précision les coefficients de réaération des ruisseaux.

Les expériences de traçage ont été réalisées sur deux cours d'eau d'un bassin versant agricole d'environ 35 km² (Bretagne, France). Au cours de l'injection en continu d'hélium, la concentration en gaz dissout a été mesurée en continu à l'aide d'un spectromètre de masse (MIMS), à plusieurs distances en aval du site d'injection. Les mesures ont ensuite été calibrées grâce à des échantillons ponctuels analysés par chromatographie en phase gazeuse.

Cette méthode nous a permis de cartographier la perte d'hélium le long des tronçons d'une centaine de mètres. Nous avons identifié des zones de forte turbulence où le taux de dégazage était très élevé (e.g. cascades), et d'autres où les échanges gazeux étaient moins importants. Cette forte variabilité du dégazage explique probablement la difficulté d'estimer ce processus par le biais d'équations empiriques. La morphologie à petite échelle du lit du cours d'eau est un paramètre de contrôle majeur des processus d'échanges gazeux.

L'hétérogénéité spatiale des échanges gazeux a des conséquences directes pour les études et expériences reposant sur l'analyse des gaz en eaux de surface. La méthode innovante mise en place pourrait apporter des éléments de réponse sur le rôle des ruisseaux de tête de bassin versant en tant que puits ou sources de gaz à effet de serre.