



Photo : Christian Tremblay.

FELDSPATHS ET NÉPHÉLINE

MARS 2016

Feldspaths et Néphéline

Exploration

Fiche d'information minérale

par Consortium de recherche en exploration minérale (CONSOREM), Saguenay—Lac-Saint-Jean

Introduction

Les feldspaths désignent un groupe de minéraux silicatés qui entrent dans la composition d'un grand nombre de roches ignées intrusives. Ils font parties de la famille des silicates d'aluminium avec des proportions variées de potassium, de calcium et/ou de sodium. Il existe deux types de feldspaths : les feldspaths potassiques (feldspaths-K) et les feldspaths plagioclases. Les feldspaths potassiques (orthose et microcline) ont une composition dominée par le potassium (tableau 1). La néphéline est un feldspatoïde qui diffère des feldspaths par son contenu élevé en aluminium, sodium et potassium. Les plagioclases forment une solution solide mixte d'albite (feldspath-Na) et d'anorthite (feldspath-Ca) (tableau 1).

Utilisation

L'industrie du verre utilise de grande quantité de feldspaths pour leur apport élevé en alumine

et par leur point de fusion assez bas.

Ils sont aussi utilisés dans la fabrication de céramique, de porcelaine et de poterie émaillée. Plus spécifiquement le feldspath potassique entre dans la fabrication d'articles en faïence, d'articles sanitaires, d'isolateurs électriques et de spath dentaire (MERN, 2013). Les syénites à néphéline, qui sont des roches composées principalement de feldspatoïdes (néphéline) et de feldspaths, peuvent servir à des usages similaires à ceux des concentrés de feldspaths seuls (Tanner, 2012).

Les usages des feldspaths calciques sont à l'étape du développement. Des recherches sont en cours pour extraire l'aluminium et le calcium par des procédés d'hydrométallurgie (Nordic Mining, 2014). Une percée technologique dans ce domaine pourrait avoir des retombées majeures sur l'industrie de l'aluminium (Nordic Mining, 2014a).

Production mondiale

La production mondiale de feldspath a été de 18,3 millions de tonnes métriques (Mt) en 2012 (Tanner, 2012). Entre 2000 et 2012 la production a plus que doublée au niveau mondial. L'Italie est le plus important producteur avec 4,7 Mt suivi de la Turquie avec 3,5 Mt et la Chine avec 2,1 Mt. Le feldspath étant un minéral commun, sa production est largement répandue dans le monde (Tanner, 2012).

Entre 2000 et 2011, la production de néphéline provenant de syénite a beaucoup augmenté avec l'arrivée de nouveaux producteurs comme la Chine et la Turquie (Fig 1).

Tableau 1 : Composition chimique (%) des feldspaths et feldspatoïdes
(Source des données : Harben, 2002).

Minéral	SiO ₂	Al ₂ O ₃	K ₂ O	Na ₂ O	CaO	Remarques
Orthose-Microcline	64,7	18,4	16,9			Parfois un peu de Na et Ca.
Albite	68,7	19,5		11,8		Rarement exempte de Ca.
Anorthite	43,2	36,7			20,1	Rarement exempte de Na.
Néphéline	44,0	33,0	7,0	16,0		Composition variable.
Leucite	55,0	23,5	21,5			Traces de Na et Ca.

Production mondiale de feldspath
et de néphéline en 2012 (18,3 Mt)

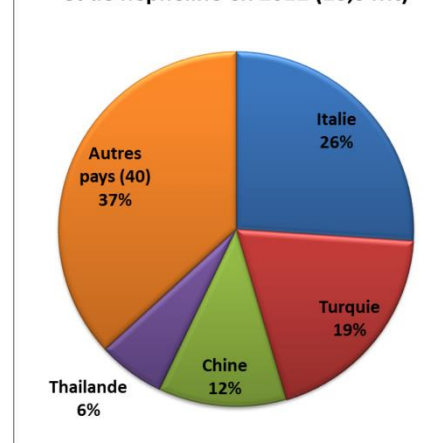


Figure 1: Production mondiale de feldspath et néphéline par pays en 2012 (Tanner, 2012).

Le Canada est un producteur de néphéline provenant de syénite avec 610,000 t en 2011. Deux gîtes sont exploités par *Unimin corporation (Sibelco)* à 175 Km au nord-est de Toronto : Blue Montain et Nephon (Tanner, 2012).

Les trois quarts de cette production sont exportés principalement sur le marché américain. En Russie, des concentrés de néphéline sont utilisés comme source d'alumine servant à la production d'aluminium métal. En 2011, la Russie a produit 4,6 Mt de syénite à néphéline pour la production d'aluminium (Tanner, 2012).

En ce qui concerne les feldspaths calciques, deux entreprises ont des projets en développement pour extraire l'alumine (Al_2O_3) et d'autres composés d'anorthosite. Il s'agit de *Hudson Ressources* au Groenland (Hudson ressources, 2014) et *Nordic Mining* (Nordic Mining, 2014) avec le dépôt de Gudvangen en Norvège. Ces projets sont au niveau de la recherche et développement surtout sur les

procédés d'extractions hydrométallurgiques (Nordic Mining, 2014a). Le gouvernement de l'Ontario a réalisé une étude en 1995 sur la possibilité d'utiliser les feldspaths de certains gîtes situés en Ontario pour la production d'aluminium (Veldhuyzen, 1995).

Prix (feldspaths et néphéline)

La valeur à la tonne payée en 2011 pour la syénite à néphéline était en moyenne de 105\$ alors que le feldspath-K atteignait à peine 60\$ la tonne (Tanner, 2012). Les prix payés vont varier en fonction de la pureté du matériel, de la granulométrie et d'un grand nombre de paramètres physiques et chimiques en fonction des usages projetés.

Localisation des indices de feldspaths-K et de néphéline au Saguenay-Lac-Saint-Jean

Les indices de feldspath-K sont associés à des dykes de pegmatite qui recoupent les roches plus anciennes (MERN, 2013). Il y a trois indices anciens au Saguenay-Lac-St-Jean : la mine de Chicoutimi-Sud découverte en 1921 et actuellement fermée, l'indice de la Rivière-aux-Foins découvert en 1960 et celui du lac Proulx découvert en 1933. Un indice plus récent a été

découvert en 1999 à Larouche. Ce dyke a une épaisseur importante de plus de 100 m (Fig. 2). La néphéline est associée à des intrusions de syénite où elle peut constituer jusqu'à la moitié des composants minéralogiques de ces intrusions. La région du Saguenay-Lac-Saint-Jean renferme un gîte majeur de néphéline, celui de Crevier et un indice nommé Lac Albanel (Fig. 2). Pour les feldspaths calciques, une partie importante du complexe anorthositique du Lac-St-Jean est dominée par une roche qui contient plus de 95% de ce minéral avec un contenu d'anorthite d'environ 50 % (Martin, 1983).

Où chercher ces substances au Saguenay-Lac-Saint-Jean?

Au Saguenay-Lac-Saint-Jean, les intrusions de roche de la suite syénite-carbonatite se localisent principalement le long d'un couloir allant de l'indice de la Rivière-aux-Foins jusqu'au Lac Albanel (Fig.2, ligne pointillée). Ce couloir est propice à la découverte d'autres intrusions similaires.

Potentiel de développement au Saguenay-Lac-Saint-Jean

Feldspath-K et néphéline

La région renferme un dépôt de syénite à néphéline qui est actuellement évalué pour son contenu en niobium et tantalum. En effet, le cas de minéraux Crevier est particulier puisque si ce dépôt est un jour exploité pour le niobium-tantale, les résidus d'extraction produits seraient alors composés de néphéline et de feldspath. Ces derniers pourraient être valorisés comme matière première pour l'industrie du verre ou de la céramique ou autres.

La qualité chimique de l'indice de feldspath de Larouche ne répond pas aux spécifications de l'industrie (fiche de gîte 22Do6-Larouche).

Feldspath calcique comme source d'aluminium

L'anorthosite du Lac-Saint-Jean est une intrusion polyphasée qui couvre environ 20000km² de superficie. L'anorthosite est une roche qui contient plus de 95% de feldspaths plagioclases calciques (Hébert et Otto, 2004). La composition de la roche est donc très proche de celle du minéral qui lui contient environ 30% d' Al_2O_3 , 11% de CaO, 5% de Na₂O et 53% de SiO₂.

Toutefois, la composition de l'anorthosite n'est pas homogène au sein du complexe. Le contenu en CaO et en Na₂O dans la roche varie selon la composition du feldspath (Hébert et Otto, 2004). Afin d'extraire l'aluminium du minéral, une attaque à l'acide est nécessaire pour séparer l'aluminium de la structure du feldspath. Un minimum de 10% en CaO dans la roche est nécessaire pour avoir une solubilité

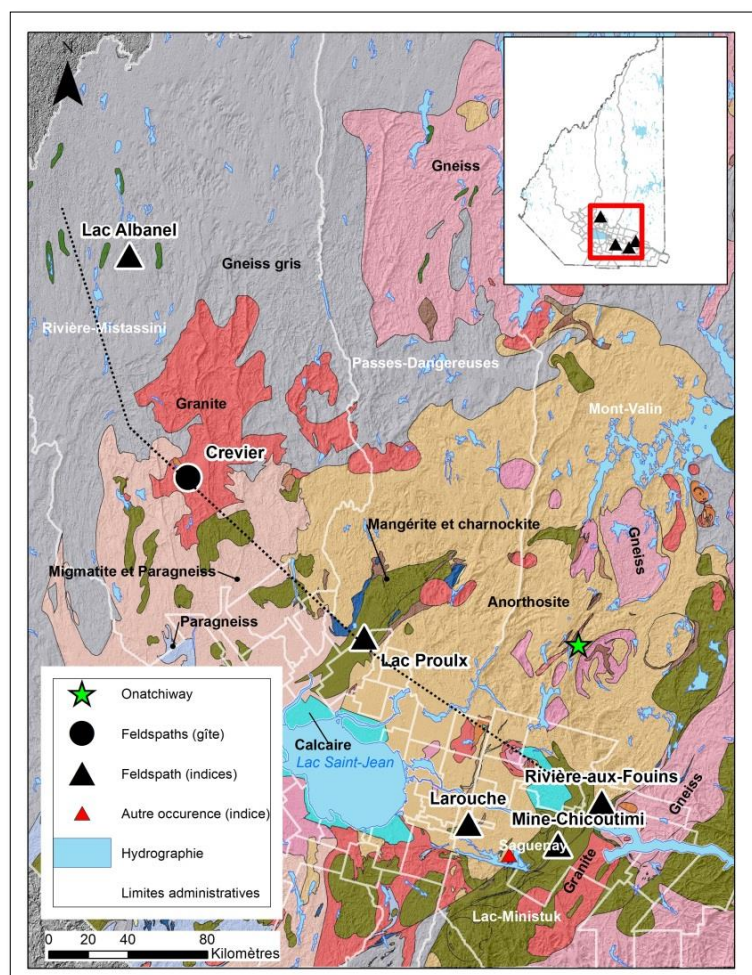
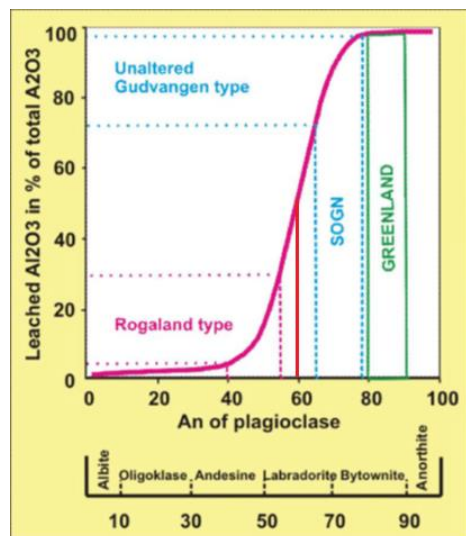


Figure 2: Localisation des indices et gîtes de feldspath-K et syénite à néphéline (SIGÉOM, 2015 et CRRNT, 2011 /carte géologique : Intégration CONSOREM 2016, modifiée de SIGEOM 2015 et de CERM-PACES 2013). Carte géologique en ligne à www.crm-slsj.ca.

suffisante du feldspath dans des conditions ambiantes. Dans ces conditions, la performance de l'extraction devient optimale (Fig. 3) (Wanvik, 2010). Les anorthosites contenant des feldspaths de type anorthite (Ca) seront plus favorables donc que celles contenant le type albite (Na) (Wanvik, 2010).



Ligne rouge Anorthosite Onatchiway

Figure 3: Condition de solubilité de l'aluminium dans le feldspath plagioclase en fonction de sa composition (Modifiée de Wanvik, 2010).

Les défis techniques

Néphéline

Une caractérisation des propriétés physiques de la néphéline des gîtes régionaux serait d'intérêt dans le but de tester ces potentielles applications industrielles.

Les études d'opportunité économique et de faisabilité qui seront réalisées pour la mise en production du projet Crevier, un gîte de tantale-niobium dans la région du Saguenay-Lac-St-Jean, pourraient aussi évaluer le potentiel de production d'un concentré de syénite à néphéline pour différents usages.

Feldspath calcique

Les défis sont immenses puisqu'il faut solubiliser le feldspath dans des acides pour en extraire des précipités d'alumine, de CaO et de silice (Fig.4).

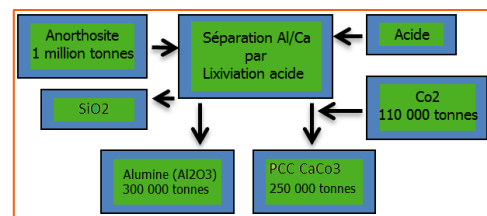


Figure 4 : Schéma de procédé (Modifiée de Nordic Mining, 2014a).

Cela implique, a priori, d'obtenir une plus grande solubilité des feldspaths en modulant les teneurs en acide et les conditions du procédé (Gjelsvik, 1980).

En matière d'acquisitions de connaissances, il serait important de mieux connaître la variation des compositions en éléments majeurs sur l'ensemble de l'anorthosite du Lac-Saint-Jean afin d'être en mesure d'évaluer son potentiel d'alumine.

Des données préliminaires montrent que la composition d'un spécimen de l'anorthosite d'Onatchiway (Fig.2) a une composition qui est moyenne en regard de sa solubilité dans l'acide (Fig. 3). Plus de recherches et d'analyses géochimiques sur ces types de roche seront nécessaires pour arriver à une évaluation du potentiel de cette filière industrielle.

Advenant des percées technologiques au niveau des procédés métallurgiques qui permettraient d'extraire l'aluminium des feldspaths calciques à coûts avantageux, le complexe anorthositique du Lac-Saint-Jean offrirait alors une source quasi-illimitée d'aluminium. La région Saguenay-Lac-Saint-Jean pourrait alors être avantageusement positionnée pour devenir un producteur d'aluminium extrait des feldspaths.

GLOSSAIRE

Carbonatite: Roche magmatique, composée essentiellement de carbonates de calcium, de magnésium et associée aux syénites néphéliniques (Dictionnaire Larousse en ligne).

Dyke: Lame épaisse de quelques dizaines ou centaine de mètres de roche magmatique recoupant les structures de l'encaissant (Foucault et Raoult, 1992).

Gîte: Masse minéralisée qui peut avoir une valeur économique, mais dont la connaissance des caractéristiques exige l'obtention de plus d'informations détaillées (on dit aussi gisement) (Ministère des affaires indiennes et du Nord Canada, 2005).

Hydrométallurgie: Procédé de purification des métaux qui consiste à mettre en solution les différents métaux contenus dans un minerai ou un concentré afin de les séparer pour les valoriser.

Indice: Pour une substance donnée, traces en un point permettant d'envisager que cette substance existe non loin en plus grande abondance (GDT, 1988).

Syénite: Roche plutonique riche en feldspaths alcalins, pouvant contenir un peu de quartz ou de feldspathoïde ainsi que des minéraux ferromagnésiens alcalins tels que le pyroxène sodique, l'amphibole alcaline, la biotite (Dictionnaire Larousse en ligne).

RÉFÉRENCES

Dictionnaire de français Larousse en ligne. 2015.

Foucault, A., Raoult, J.-F., 1992. Dictionnaire de géologie. 3^e édition. Masson, Paris, 352 pages.

GDT, 1988. Grand dictionnaire de terminologique, Office de la langue française, Gouvernement du Québec, [En ligne] [http://www.granddictionnaire.com/ficheOqlf.aspx?id_Fiche=8410243]

Gjelsvik, N. 1980: *Extracting alumina from acid soluble anorthosite by the Anortal process. Light metals. Proceedings of the 109 th AIME Annual Meeting in Las Vegas, Nevada*, 133-148.

Harben, P. W., 2002. *The Industrial Minerals HandyBook. A guide to markets, specifications & prices*, 4th Edition.

Hébert, C. et Otto, V.B., 2004. *Mesoproterozoic basement of the Lac St. Jean Anorthosite Suite and younger Grenvillian intrusions in the*

Saguenay region, Québec: Structural relationships and U-Pb geochronology. Geological Society of America Memoirs 197 (2004): 65-79.

Hudson Ressources, 2014. *White Mountain calcium feldspar projet ; Grennland : A new source of anorthosite for E-Glass, Alumina and fillers, powerpoint presentation.* [En ligne] [http://www.hudsonresources.ca/files/Hudson_PDAC_2014.pdf], consulté en mars 2015.

Martin, E.L., 1983. *Modèle de formation et de mise en place de la partie sud-ouest du complexe anorthositique du Lac Saint-Jean.* Mémoire de Maîtrise U. du Québec à Chicoutimi. 143 pages.

MERN, 2013. *Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles, Gros plan sur les mines, Feldspaths: propriétés, usages et types de gisements* [En ligne] [http://www.mern.gouv.qc.ca/mines/industrie/mineraux/mineraux-proprietes-feldspaths.jsp] Consulté en mars 2015.

Ministère des Affaires indiennes et du Nord canadien, 2005. *Glossaire minier* [En ligne] [https://www.aadnc-aandc.gc.ca/fra/1100100028056/1100100028058]

Nordic mining, 2014. *New technology for production of alumina alternative feedstock, 20th Bauxite & Alumina Conference, Miami 26th of February 2014.* [En ligne] [http://www.nordicmining.com/getfile.php/Bilder/Innovation/Alumina/Mona%20Schanche.pdf] consulté en mars 2015.

Nordic mining, 2014a. *We are developing a new innovate process for envorenmentally friendly extraction of aluminafrom anorthosite with low wastes streams and substantial consumption of CO2, The process concept anf theoricla mass balances* [En ligne][http://www.nordicmining.com/alumina-from-anorthosite/category8.html], consulté en mars 2015.

SIGÉOM, 2015. *Carte Interactive, Système d'information géominière du Québec, Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles,* [En ligne][http://sigeom.mines.gouv.qc.ca/signet/classes/11108_afchCarteIntr?l=F]

Tanner, O.A., 2012. *Feldspar and Nepheline syenite. 2012 Minerals Yearbook, Feldspar and nepeline syenite[Advance Realease].* [En ligne][http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/feldspar/myb1-2011-felds.pdf], consulté en mars 2015.

Veldhuyzen, H., 1995. *Aluminium extraction from an Ontario calcic anorthosite by acid processes and result products-aluminium*

chemicals, coatings, fillers, absorbent and cement aditive : Ontario Geological Survey, Open File Report 5919, 281 pages [En ligne] [www.geologyontario.mndmf.gov.on.ca/mndmfiles/pub/.../OFR5919.pdf], consulté en mars 2015.

Wanvik, J.E., 2010. *Summary of knowledge about Norwegian anorthosite prospecting in relation to Greenland anorthosites.* Geological Survey of Greenland. [En ligne] [www.ngu.no/upload/Publikasjoner/Rapporter/2010/2010_020.pdf]



555, boul. de l'Université
Chicoutimi, Qc
G7H 2B1
(418) 545-5011, poste 2509

Les informations présentées dans cette fiche ont été collectées entre janvier 2015 et mars 2016.

Équipe de réalisation:

Christian Tremblay, M.Sc.Geo., CONSOREM
Brigitte Poirier, M.Sc.geog., CONSOREM
Réal Daigneault, Ph.D.Ing.Géo., CONSOREM
Marie-Line Tremblay, ing. M.Sc.A., CONSOREM

Avertissement :

La présente fiche fait partie d'un ensemble de fiches d'information minérale qui ont été construites dans le but de donner un portrait d'ensemble accessible et pratique sur le potentiel de développement des principales substances minérales de la région Saguenay-Lac-Saint-Jean. Bien qu'un soin raisonnable ait été pris afin de s'assurer de l'exactitude des informations contenues dans la présente fiche, certaines erreurs ou omissions peuvent s'y retrouver. CONSOREM ne peut être tenu responsable de toute perte ou dommage occasionné par l'utilisation du présent document.