



Photos: Ressources d'Arianne Inc, 2010a



# Phosphore

## Exploration et Mise en valeur

PHOSPHORE

RÉVISION MAI 2021

## Fiche d'information minérale

par Table Régionale de Concertation Minière (TRCM) du Saguenay—Lac-Saint-Jean

### Introduction

Le phosphore (P) est un élément essentiel à la vie et ne possède aucun substitut dans la nature. L'intérêt pour le phosphore réside dans le fait qu'il entre dans la composition des fertilisants en combinaison avec l'azote (N) et le potassium (K).

Lorsqu'il se retrouve dans la nature, il est fréquemment associé à l'oxygène (O) sous forme de phosphate ( $\text{PO}_4$ ). L'apatite ( $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{OH},\text{Cl},\text{F})$ ), un phosphate de calcium, est le principal minéral contenant le phosphate (Arianne Phosphate, 2015a). Ce minéral se présente souvent en cristaux prismatiques de forme hexagonale et de couleur variant de blanchâtre à verdâtre et parfois bleutée. Une des apatites les plus communes est la fluorapatite ( $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{F}$ ).

Les teneurs en phosphore de la roche et du concentré sont exprimées sous forme de pentoxyde de phosphore ( $\text{P}_2\text{O}_5$ ) (ex. : concentré à 39 %  $\text{P}_2\text{O}_5$ ).

Tableau 1: Propriétés physiques et chimiques de l'apatite (source : Le petit musée minéralogique de l'UQAC, 2008).

APATITE	
Formule chimique	$\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{OH},\text{Cl},\text{F})$
Couleur	Blanc, gris, vert brun ou bleu
Éclat	Vitreux
Dureté (Mohs)	5
Densité ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ )	3,17
Forme cristalline	hexagonale

### Contexte de formation

Dans les contextes de roches ignées, le phosphate se concentre dans des minéraux (p.ex. apatite) qui cristallisent pendant le refroidissement d'un magma ultramafique. Plus spécifiquement, dans la région du Saguenay—Lac-Saint-Jean, les gîtes sont contenus au sein de gabbros et gabbronorites à apatite et de nelsonites minéralisées en fer et titane faisant partie de la Suite anorthositique du Lac-Saint-Jean (MERN, 2013).

Le phosphate exploité mondialement provient surtout d'environnements sédimentaires. Il se concentre alors dans les séquences de roches évaporitiques pour former des phosphorites. Contrairement aux concentrés phosphatés issus de roches ignées, les concentrés sédimentaires contiennent des teneurs élevées en uranium et métaux lourds, notamment en chrome et cadmium.

À la fin de 2018, les institutions européennes se sont entendues pour limiter la quantité de cadmium, dans les fertilisants à 60mg/kg. De plus, un label « low cadmium » pourra être appliqué aux fertilisants contenant moins de 20mg/kg (European Commission, 2018). Ceci pourrait favoriser le développement de nouvelles sources d'approvisionnement en phosphate plus propres provenant de roches ignées.

**Utilisation de la roche phosphatée**

L'utilisation principale de la roche phosphatée est comme fertilisant dans le domaine de l'agriculture. Elle est aussi utilisée dans des produits alimentaires animaliers, dans la fabrication de détergents et autres besoins industriels. Tel qu'indiqué à la figure 1, les autres utilisations sont marginales, mais des débouchés intéressants existent (ex. : alimentation, métallurgie, traitement de l'eau, dentifrices; Arianne Phosphate, 2021.).

Au niveau de l'hygiène dentaire, les Japonais ont mis au point une pellicule anticarie produite à partir d'hydroxyapatite, principal composant minéral de l'émail dentaire (Kinki University, 2015).

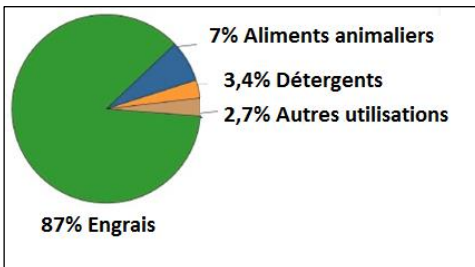


Figure 1 : Utilisation de la roche phosphatée (Fertilizer International 460, 2014).

Le concentré d'apatite est non soluble dans l'eau ce qui représente un avantage sur le plan de la sécurité environnementale.

**Production mondiale de phosphate**

Les gisements sédimentaires fournissent de 80 % à 90 % de la production mondiale alors que les gisements de roches ignées en fournissent de 10 % à 20 % (FAO, 2004). La capacité de production de phosphate dans le monde est passée de 218 Mt en 2014 à 263 Mt en 2017 pour revenir à 240Mt en 2019. Les principaux pays producteurs sont la Chine avec 110 Mt, les États-Unis avec 23 Mt, et le Maroc et le Sahara occidental avec 36 Mt. Ces pays produisent à eux seuls environ les trois quarts de la production mondiale. Les autres pays dont la production est significative sont la Russie (14 Mt) et la Jordanie (8 Mt) (Fig.2) (USGS, 2020).

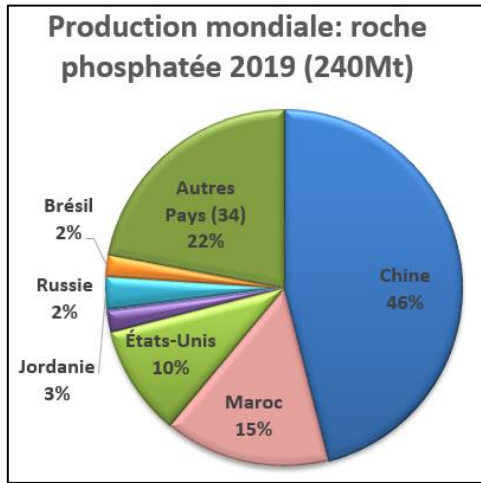


Figure 2 : Production mondiale de roche phosphatée, 2018, sur un total de 240 millions de tonnes (Données tirées de USGS, 2020).

**Réserve**

Le Maroc possède environ 75 % des réserves mondiales connues en phosphate (Fig.3)

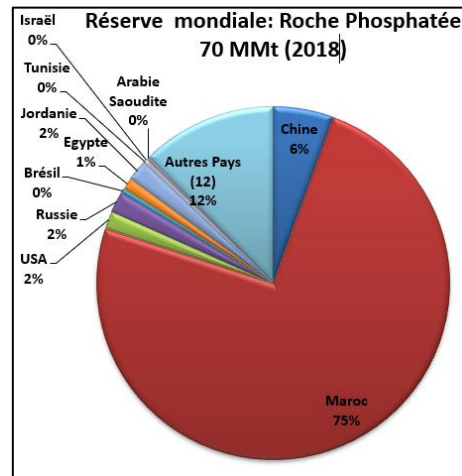


Figure 3 : Réserve mondiale roche phosphatée. (Données tirées de USGS, 2020).

**Prix**

La demande mondiale d'engrais a mené à une forte augmentation de la production dans la

deuxième moitié du XX<sup>e</sup> siècle. La figure 4 montre la tendance des prix en \$US/t pour les concentrés phosphatés (32 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) entre 2010 et 2020.

Le marché est contrôlé par les producteurs du Moyen-Orient et de l'Afrique du Nord. Ainsi, le prix du concentré phosphaté (32 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) produit en Afrique du Nord a atteint un sommet au début 2008 à 425\$US/t pour revenir à moins de 100\$US/t en 2009 suite à la crise économique de 2008. Le prix de ce concentré phosphaté s'est stabilisé entre 120-200 \$US la tonne entre 2010 et 2015 (Fig.4). Depuis 2015, le prix a baissé pour atteindre un creux à 70\$US/t au cours du premier trimestre de 2020, mais a par la suite remonté pour atteindre 83\$US/t en novembre 2020 (Index Mundi, 2020).

**Localisation géographique des gîtes et indices de phosphore au Saguenay-Lac-Saint-Jean**

La région du Saguenay-Lac-Saint-Jean compte plusieurs indices et gîtes de phosphore, certains au stade préliminaire de l'exploration, mais d'autres, comme celui d'Arianne Phosphate sur la propriété du Lac à Paul, sont à un stade beaucoup plus avancé correspondant à la mise en valeur.

Mentionnons également le gîte du Lac Orignal défini par la compagnie Glen Eagle Resources et celui à Saint-Charles-de-Bourget (feuillelet 22 E02) (Fig.5). Plusieurs autres indices de phosphore ont été découverts par les travaux des prospecteurs dans les dernières années (CH-343, CH-300, Mirepoix, etc.) (Fig.5).



Figure 4 : Historique des prix en \$US à la tonne des concentrés phosphatés (32 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) –Afrique du Nord de 2010 à 2020 (modifié de : Index Mundi, 2020).

### Où chercher la substance au Saguenay-Lac-Saint-Jean?

Le potentiel de découverte dans la région du Saguenay-Lac-Saint-Jean est élevé comme en témoignent les travaux des prospecteurs réalisés au cours des dernières années, qui ont permis d'identifier plusieurs indices de phosphore.

Les gisements retrouvés au Saguenay-Lac-Saint-Jean sont associés à des roches gabbroïques riches en fer et donc ayant une empreinte magnétique distincte. La Suite anorthositique du Lac-Saint-Jean demeure la principale occurrence pour ce type de roche, particulièrement à sa périphérie, bien que d'autres unités semblables puissent être retrouvées ailleurs dans la région.

### Potentiel de développement au Saguenay-Lac-Saint-Jean

Le potentiel de développement de l'apatite au Saguenay-Lac-Saint-Jean est excellent. Le gisement du secteur de la Zone Paul et les travaux de forage réalisés depuis 2008 ont permis d'augmenter les quantités des ressources mesurées et indiquées passant de 78Mt à 7,24 %  $P_2O_5$ , à 702 Mt à 7,16 %  $P_2O_5$ <sup>1</sup> (Ariane Phosphate, 2015a), ce qui en fait l'un des plus importants gisements d'apatite ignée au monde. Plusieurs autres gîtes ont également été identifiés autour du gisement principal.

Avec les gîtes du Lac à Paul, le Saguenay-Lac-Saint-Jean se positionne comme un fournisseur potentiel de phosphate extrait à partir de roches ignées sous forme d'un concentré phosphaté de grande qualité. Avec une production projetée de 3 millions de tonnes par année, le Saguenay-Lac-Saint-Jean pourrait être le plus important producteur de concentré phosphaté au Canada et ainsi concourir à un meilleur positionnement mondial (Ariane Phosphate, 2015b). Également, cela contribuerait de manière significative à l'économie du Saguenay-Lac-Saint-Jean. En effet, plusieurs producteurs canadiens d'engrais ont importé des concentrés phosphatés pour la fabrication de leurs engrais. Ceci s'explique par l'épuisement, en 2013, de la seule mine en exploitation au Canada, soit la mine de Kapuskasing de la compagnie Agrium Inc., et par la diminution de la production des autres mines aux États-Unis (ex : les mines de phosphate de la Floride de Mosaic). Selon Raymond Chabot Thornton (2014), le projet du Lac à Paul pourrait créer environ 1000 emplois/année (directs et indirects) durant sa phase d'exploitation.

Le concentré phosphaté qui devrait être produit au Lac à Paul titre 39 % de  $P_2O_5$ , ce qui est supérieur aux concentrations des gisements sédimentaires de l'Afrique du Nord, soit autour de 32 %. De plus, les teneurs en uranium et en métaux lourds (cadmium et chrome notamment) dans le concentré phosphaté du Lac à Paul sont près ou sous la limite de détection.

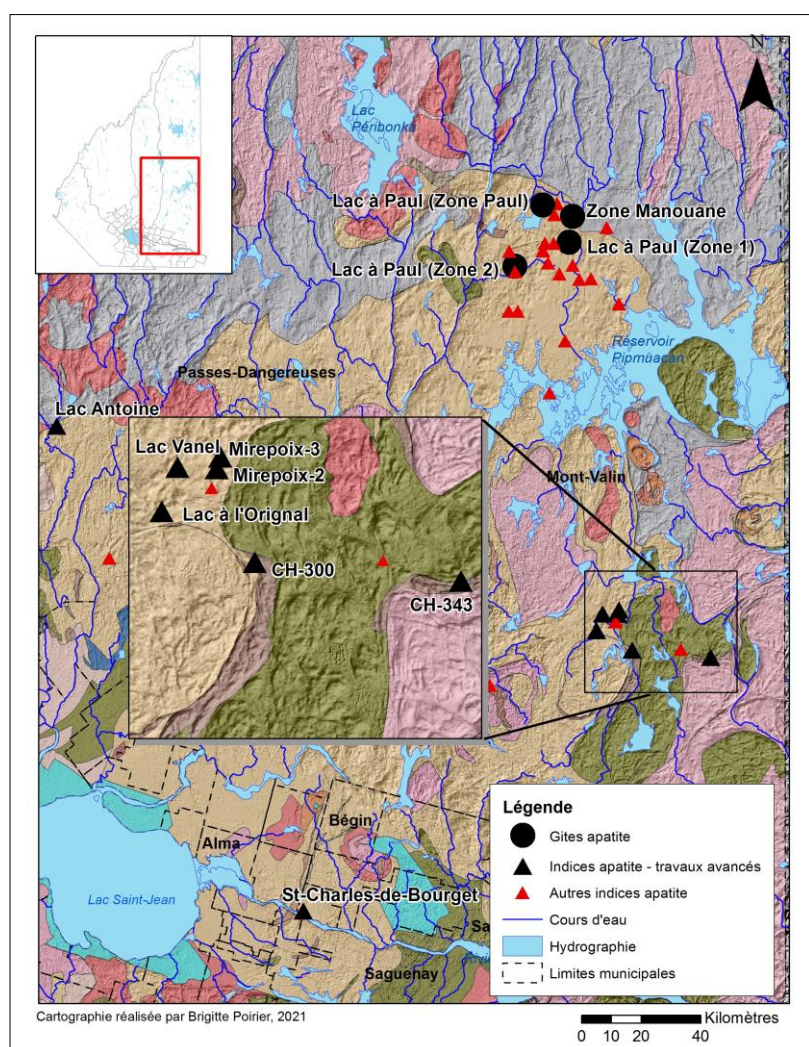


Figure 5: Localisation des indices et gîtes (SIGÉOM, 2021 ; carte géologique CERM-PACES 2013).

<sup>1</sup> Mise en garde : Les ressources minérales présentées ici ne sont pas des réserves minérales, car elles n'ont pas été démontrées par une étude de viabilité économique.

### Défis techniques

Un des défis techniques concerne l'assimilation du phosphore par les sols agricoles. L'industrie utilise des roches phosphatées en les traitant avec de l'acide sulfurique pour générer de l'acide phosphorique. Cette technique nécessite de grandes quantités d'énergie et génère des déchets encombrants. Une autre avenue serait d'extraire le phosphate des roches ignées en utilisant des micro-organismes (champignons mycorhiziens en symbiose avec des bactéries). Cette avenue pourrait constituer une révolution agricole et faire baisser la demande mondiale pour les engrais phosphatés (Fortin, 2014).

### Récupération de l'ilménite-magnétite

Parmi les composantes du minerai, qui pourraient être valorisées, on retrouve l'ilménite et la magnétite. Leur contenu est variable dans le gisement, mais la teneur moyenne est estimée à 17 % pour l'ilménite et 20 % pour la magnétite (Ariane phosphate, 2015a). Ces deux minéraux peuvent avoir des applications en métallurgie.

L'ilménite est de bonne qualité chimique, mais sa récupération est faible à 51,5 % (Ressources d'Ariane Inc., 2010b). La magnétite est facile à concentrer, mais impropre pour la métallurgie conventionnelle, car elle contient trop de titane dans sa structure. Il pourrait y avoir un potentiel de valorisation future avec la mise au point de nouveaux procédés métallurgiques ou le développement de nouveaux marchés. La récupération de l'ilménite des rejets pourrait représenter tout de même quelques milliers de tonnes par jour de concentré d'ilménite ce qui est considérable.

## GLOSSAIRE

Anorthositique ou anorthosite: Roche magmatique plutonique formée à 80-90 % de plagioclases (ex. : labradorite) et de cristaux isolés (ex. : grenat) » (Foucault et Raoult, 1992).

Évaporites: n.f. « Terme général désignant des dépôts riches en chlorures et sulfates alcalins. La précipitation de ces sels succède à des concentrations par évaporation intense, généralement dans des lagunes peu ou pas reliées à la mer, ou encore dans des lacs salés ». Adj. évaporitique, (Foucault et Raoult, 2010).

Phosphorites: n.f. – « Roche sédimentaire des cavités karstiques correspondant à un encroûtement compact, blanc à jaune, riche en phosphates » (Foucault et Raoult, 2010).

## RÉFÉRENCES

Arianne Phosphate, 2015a. *Arianne annonce une nouvelle estimation des ressources minérales (M + I) présentes sur la zone Paul*, Communiqué de presse du 18 février 2015, [En ligne][<http://www.arianne-inc.com/fr/salle-de-presse/communiqués-de-presse/arianne-annonce-une-nouvelle-estimation-ni-43-101-des-ressources-minerales-mi-presentes-su>]

Arianne Phosphate, 2015b. *Le marché du phosphate*. [En ligne][<http://www.arianne-inc.com/fr/investisseurs/le-marche-du-phosphate>]

Arianne Phosphate, 2021. *Qu'est-ce que le phosphore?* [En ligne][<http://www.arianne-inc.com/fr/projet-minier/produit/quest-ce-que-le-phosphore>]

CERM-PACES 2013 – Géologie du roc du territoire municipalisé du Saguenay–Lac-Saint-Jean, Programme d'acquisition de connaissances sur les eaux souterraines de la région Saguenay–Lac-Saint-Jean. Carte #13 – Rapport final. Centre d'études sur les ressources minérales, Université du Québec à Chicoutimi.

European Commission, 2018. *Circular Economy: Agreement on Commission proposal to boost the use of organic and waste-based fertilisers*. [En ligne][[http://europa.eu/rapid/press-release\\_IP-18-6161\\_en.htm](http://europa.eu/rapid/press-release_IP-18-6161_en.htm)]

Fao, 2004. *Use of phosphate rocks for sustainable agriculture*, FAO Fertilizer and Plant Nutrition Bulletin, no.13, 149 p.

Fertilizer International 460, 2014. *Hopes renewed, Phosphore 2014*, May-June 2014 pages 45 à 51.

Fortin, A.J., 2014. *L'avenir de l'agriculture biologique* Le Soleil, 29 août 2014 [En ligne][[www.lapresse.ca/le-soleil/opinions/points-de-vue/2014/08/](http://www.lapresse.ca/le-soleil/opinions/points-de-vue/2014/08/)]

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

Foucault, A. et Raoult, J.-F., 2010. *Dictionnaire de géologie*, Collections : UniverSciences, Sciences de la terre, 7e édition, Paris : Dunod, 388 pages.

Index Mundi, 2020. *Rock Phosphate Monthly Price - US Dollars per Metric Ton*. [En ligne][<https://www.indexmundi.com/commodities?commodity=rock-phosphate&months=120>]

Kinki University, 2015. *Ultra-Thin Flexible Hydroxyapatite Film*: Kinki University Faculty of Biology-Oriented Science and Technology, [En ligne][<http://www.kindai.ac.jp/english/research/apatite.html>]

Le petit musée minéralogique de l'UQAC, 2008. <http://mineraux.uqac.ca/>

MERN, 2013. *Ministère de l'Énergie et Ressources naturelles Québec, Apatite: propriétés, usages et types de gisement* [En ligne][<https://www.mern.gouv.qc.ca/mines/industrie/mineraux/mineraux-proprietes-apatite.jsp>] consulté en février 2015.

Raymond Chabot Grant Thornton, 2014. *Évaluation des retombées économiques du projet minier du Lac à Paul* [En ligne][[http://www.arianne-inc.com/files\\_user/bloc\\_document/vf2\\_rapport\\_retombees\\_economiques\\_arianne\\_phosphate.pdf](http://www.arianne-inc.com/files_user/bloc_document/vf2_rapport_retombees_economiques_arianne_phosphate.pdf)]

Ressources d'Arianne Inc, 2010a. *Arianne dépose son étude d'opportunité économique du Lac à Paul*, Communiqué de presse du 27 janvier 2010, [En ligne][<http://www.arianne-inc.com/fr/salle-de-presse/communiqués-de-presse/arianne-depose-son-etude-dopportunit-economique-du-lac-a-paul>].

Ressources d'Arianne Inc., 2010b. *NI 43-101 Technical report on the pre feasibility study update (50 ktpd milling rate) Lac à Paul apatite project*. [En ligne][[www.arianneinc.com/files\\_user/bloc\\_document/lac\\_a\\_paul\\_pfs\\_43101.pdf](http://www.arianneinc.com/files_user/bloc_document/lac_a_paul_pfs_43101.pdf)]

SIGÉOM, 2021. *Données vectorielles du Système d'information géominière du Québec*, Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles, [En ligne][[http://sigeom.mines.gouv.qc.ca/signet/classes/l1102\\_indexAccueil?l=f](http://sigeom.mines.gouv.qc.ca/signet/classes/l1102_indexAccueil?l=f)]

USGS U.S. Geological Survey, 2020, *Mineral commodity summaries 2019: U.S. Geological* [En ligne][<https://pubs.usgs.gov/periodicals/mcs2020/mcs2020-phosphate.pdf>].

**TABLE**  
**RÉGIONALE**  
**de**  
**CONCERTATION**  
**MINIÈRE**



SAGUENAY – LAC-SAINT-JEAN

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.

Révisé en 2021

**Équipe de réalisation** et de révision

Christian Tremblay, . géo., M.Sc., CONSOREM

Brigitte Poirier, Géographe, M.Sc., CONSOREM

Stéphanie Lavaure, géo., Ph.D., Arianne Phosphate

Daniel Boulianne géo., Arianne Phosphate

Réal Daigneault, ing. géo., Ph.D. CONSOREM

Marie-Line Tremblay, ing. M.Sc., CONSOREM

**Équipe de révision :**

Stéphanie Lavaure géo., Ph.D, Arianne Phosphate

Daniel Boulianne géo., Arianne Phosphate

Christian Tremblay, géo., M.Sc., TRCM

Brigitte Poirier, Géographe, M., Sc., TRCM

Benoit Lafrance , géo., Ph.D., TRCM

**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. La TRCM ne peut être tenue responsable de toute perte ou dommage occasionné par l'utilisation du présent document.