

# **Caractérisation environnementale des rejets miniers du projet Authier aux fins de valorisation**

*Rapport préliminaire 2 PARIDM*

**Préparé pour :**

Sayona Québec inc.  
169, Chemin du Quai, La Motte, Québec, J0Y 1T0, Canada

**Rédigé par :**

Iuliana Laura Calugaru, Ph.D., Chargée de projets, Professeure de chimie

**Coordonné par :**

Sara Magdouli, Ph.D., Coordinatrice Environnement

**14 Décembre 2020**



## **REMERCIEMENT**

Ce projet bénéficie du soutien financier du Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles du Québec (MERN) via le Programme d'appui à la recherche et à l'innovation du domaine minier (PARIDM).

## TABLE DES MATIERES

<b>REMERCIEMENT .....</b>	<b>I</b>
<b>TABLE DES MATIERES .....</b>	<b>II</b>
<b>LISTE DES TABLEAUX .....</b>	<b>III</b>
<b>LISTE DES FIGURES .....</b>	<b>IV</b>
<b>1. RÉSUMÉ DU PROJET .....</b>	<b>1</b>
<i>Liste des activités et de leurs responsables (entreprises/institutions de recherche) : .....</i>	<i>2</i>
<i>i. Résultats attendus/livrables : .....</i>	<i>3</i>
<b>2. INTRODUCTION .....</b>	<b>4</b>
<b>3. DÉMARCHE MÉTHODOLOGIQUE .....</b>	<b>6</b>
3.1 ÉCHANTILLONS ÉTUDIÉS .....	6
3.2 ANALYSE CHIMIQUE ÉLÉMENTAIRE .....	7
3.3 ANALYSE MINÉRALOGIQUE .....	7
3.4 ESSAIS STATIQUES DE PRÉDICTION DU POTENTIEL DE GÉNÉRATION D'ACIDITÉ (PGA) .....	7
<b>4. RÉSULTATS ET DISCUSSION .....</b>	<b>12</b>
4.1 ANALYSE CHIMIQUE ÉLÉMENTAIRE .....	12
4.2 ANALYSE MINÉRALOGIQUE .....	13
4.3 ESSAIS STATIQUES DE PRÉDICTION DU POTENTIEL DE GÉNÉRATION D'ACIDITÉ (PGA) .....	15
<b>5. CONCLUSION .....</b>	<b>22</b>
<b>6. TRAVAUX EN COURS ET À VENIR .....</b>	<b>23</b>
<b>7. RÉFÉRENCES .....</b>	<b>24</b>
<b>8. ANNEXE .....</b>	<b>25</b>

## LISTE DES TABLEAUX

<i>Tableau 1. Volume de HCl à ajouter selon le degré Fizz .....</i>	<i>9</i>
<i>Tableau 2. Taux de réaction des minéraux selon Kwong (1993) .....</i>	<i>11</i>
<i>Tableau 3. Taux de réaction des minéraux selon Lawrence et Scheske (1996).....</i>	<i>11</i>
<i>Tableau 4. Résultat de l'analyse chimique par ICP-MS.....</i>	<i>13</i>
<i>Tableau 5. Résultat de l'analyse Soufre / Carbone .....</i>	<i>13</i>
<i>Tableau 6. Résultat de l'analyse minéralogique pour les échantillons .....</i>	<i>14</i>
<i>Tableau 7. pH de la pâte selon la méthode MA. 100 – pH 1.1 du CEAEQ .....</i>	<i>15</i>
<i>Tableau 8. pH de la pâte selon la méthode du «ARD Test Handbook».....</i>	<i>15</i>
<i>Tableau 9. Comparaison pH final du test NAG vs pH de la pâte .....</i>	<i>17</i>
<b>Tableau 10. Essai PN (Sobek et al., 1978 modifié par Lawrence et Wang, 1997).....</b>	<b>19</b>
<i>Tableau 11. Résultat des calculs selon le taux de réaction des minéraux Kwong 1993 (Tableau 2) .....</i>	<i>20</i>
<i>Tableau 12. Résultat des calculs selon le taux de réaction des minéraux Lawrence et Scheske 1996 (Tableau 3).....</i>	<i>20</i>
<i>Tableau 13. Résultat des calculs selon l'approche de Paktunc .....</i>	<i>21</i>

## LISTE DES FIGURES

Figure 1. Échantillons étudiés.....	6
Figure 2. Suivi du pH du test NAG cinétique.....	16
Figure 3. Suivi de la température du test NAG cinétique .....	17
Figure 4. Classification et plan stratégique selon le pH de la pâte et pH du test NAG ....	18

## **1. Résumé du projet**

Le projet Authier de Sayona Québec vise l'exploitation d'un gisement de lithium par une mine à ciel ouvert. L'exploitation laissera en place plus de 80 millions de tonnes de stériles et 10 millions de tonnes de résidus miniers. Les essais de caractérisation ont permis de démontrer la faible teneur en soufre des roches qui sont par conséquent, non génératrices d'acide. Des essais de caractérisation statiques réalisés sur des échantillons représentatifs ont cependant laissé planer un doute quant à la possibilité d'utiliser les roches ou les résidus pour des applications industrielles. Comme les résultats des essais ne sont pas cohérents avec la minéralogie, il est soupçonné que les protocoles d'essais ont causé des faux-positifs. Une étude détaillée de certains protocoles a permis de mettre en évidence certaines étapes des essais qui pourraient provoquer éventuellement des réactions chimiques qui ne peuvent se produire dans la nature. Par conséquent, pour atteindre ses objectifs de développement durable et dans le but de favoriser une économie circulaire, Sayona souhaite participer au développement de protocoles adaptés aux conditions géologiques du projet afin de mettre en place toutes les conditions pour assurer une bonne valorisation de ses rejets miniers.

### **\*Rappel sur Les objectifs visés dans le projet PARIDM**

Les objectifs sont les suivants :

- 1- Évaluer la pertinence des essais de lixiviation statique et les essais cinétiques pour la prédiction du comportement hydrogéochimique des rejets miniers. Réaliser, en plus, des essais d'extraction séquentielle afin de déterminer : les contaminants en phase soluble et échangeables, les contaminants solubles dans l'acide (carbonates, ou liés par chemisorption), les contaminants liés aux phases réductibles, aux phases oxydantes, ainsi que la fraction minérale résiduelle.
- 2- Établir des protocoles d'essais cinétiques (plusieurs rinçages) à différentes échelles qui permettraient d'obtenir plus d'informations sur la durée de lixiviation d'éléments pour les roches typiques d'un gisement de lithium. Réaliser la modélisation des données.
- 3- Évaluer l'effet d'échelle sur les concentrations de métaux et d'autres éléments lixiviés sur la base de tests effectués à trois échelles différentes.

- 4- Évaluer l'effet de la taille des particules et de la nature de la matrice solide sur les résultats de la lixiviation (deux types de résidus feront l'objet de l'étude (stérile et résidu).
- 5- Identifier les principaux éléments susceptibles de lixivier à des concentrations dépassant les critères pour une exploitation minière pour les roches typiques d'un gisement de lithium.
- 6- Évaluer la lixiviation et la spéciation du chrome ( $\text{Cr}^{6+}$ ) en utilisant des protocoles adaptés et qui incluront des manières différentes de préparation des échantillons et de conservation des lixiviats, afin de s'assurer que des protocoles tels que ceux de l'essai CTEU-9 ne provoquent pas de faux positifs ni de faux problèmes sur la prédiction de la qualité de l'eau.

**Liste des activités et de leurs responsables (entreprises/institutions de recherche) :**

1. Sélection des échantillons de roches stériles et résidus pour la caractérisation : **Sayona Québec, Maude Lévesque Michaud (Lamont) et Kevin Morin (MDAG)**
2. Échantillonnage des roches stériles et résidus : **Sayona Québec et Maude Lévesque Michaud (Lamont)**
3. Caractérisation minéralogique (diffraction des rayons X – DRX, analyse des métaux par ICP et densité relative - Gs), granulométrie, analyse de la teneur en soufre et carbone (S/C), essais statiques au laboratoire (pH de la pâte, test NAG, ABA), essais statiques chimiques et essais statiques minéralogiques, potentiel de neutralisation: **CTRI**
4. Montage et suivi des essais cinétiques en cellules humides selon la norme l'ASTM (American Society for Testing and Materials, ASTM D 5744-96, 2007) : **CTRI**
5. Montage et suivi des essais cinétiques en colonnes de percolation (protocole adapté selon Villeneuve et al., 2004, 2009, MEND 1991) : **CTRI**
6. Montage et suivi des essais cinétiques en barils sur le site : **CTRI, Sayona Québec et Maude Lévesque Michaud (Lamont)**

7. Analyses des qualités d'eau en laboratoire (pH, Eh, conductivité, l'analyse des métaux par ICP-MS, acidité et alcalinité): **CTRI**
  8. Essai de lixiviation pour l'analyse des métaux en général et du  $\text{Cr}^{6+}$  en particulier. Les essais de lixiviation utilisés dans l'étude sont : l'essai TCLP ((U.S. EPA Method 1311), l'essai SPLP (U.S. EPA Method 1312) et l'essai CTEU-9 ((Stegemann and Cote 1991): **CTRI**.
  9. Essais d'extraction séquentielle pour déterminer et quantifier la spéciation (présence des contaminants en phase soluble et/ou échangeables, les contaminants solubles dans l'acide (carbonates, ou liés par chemisorption), les contaminants liés aux phases réductibles, aux phases oxydantes, ainsi que la fraction minérale résiduelle. (Tessier et al. 1979). **CTRI**
  10. Rapport intérimaire sur la lixiviation des métaux en général et du  $\text{Cr}^{6+}$  en particulier : **CTRI, Kevin Morin (MDAG) et Maude Lévesque Michaud (Lamont)**
  11. Rapport intérimaire des résultats d'analyse pour les essais statiques et cinétiques : **CTRI, Maude Lévesque Michaud (Lamont) et Kevin Morin (MDAG)**
  12. Interprétation des résultats : **CTRI, Kevin Morin (MDAG) et Maude Lévesque Michaud (Lamont)**
  13. Rédaction du rapport final : **CTRI, Ann Lamontagne et Maude Lévesque Michaud (Lamont), Kevin Morin et Sayona Québec**
- i. *Résultats attendus/livrables :*
1. Rapport intermédiaire portant sur la présentation des résultats de la caractérisation, des essais statiques et des résultats des essais cinétiques. Cette compilation permettra de présenter les données collectées à leur état brut, et d'identifier s'il y a des problématiques liées à la méthodologie ou aux analyses en laboratoire (contrôle de qualité).
  2. Rapport intermédiaire portant sur les essais de lixiviation des métaux en général et le chrome en particulier.

3. Rapport final (livré au partenaire Mai 2021) intégrant tous les aspects, dont l'interprétation de l'effet d'échelle pour la prédiction à échelle terrain d'une exploitation minière dans un contexte similaire à la géologie du projet Authier.
4. Formation de personnel hautement qualifié et possibilité de création d'emplois chez Sayona. Comme mentionné à la section 2.6, un stagiaire postdoctoral sera engagé et deux étudiants collégiaux participeront activement aux différentes manipulations, à l'implantation des dispositifs expérimentaux et à la prise de données afin de les sensibiliser à la démarche scientifique. Ce projet permettra également aux propriétaires et aux employés des entreprises participantes d'acquérir des connaissances en recherche dans le domaine de prédiction de drainage minier acide et valorisation des résidus.

## **2. Introduction**

Dans le cadre d'un projet préliminaire réalisé sur 6 mois (juillet à décembre) en 2019, neuf échantillons ont été analysés parmi les lithologies les plus problématiques à savoir;

- Volcanique ultramafique, 3 échantillons identifiés : V4-1, V4-2 et V4-3
- Basalte, 3 échantillons identifiés : V3B-1, V3B-2 et V3B-3
- Péridotite, 3 échantillons identifiés: I4I-1, I4I-2 et I4I-3

Les 3 échantillons pour chacune de ces lithologies provenaient des endroits différents du site.

La démarche méthodologique a compris les suivants :

- Analyse chimique élémentaire par ICP-MS suite à une digestion complète ( $\text{HNO}_3$ ,  $\text{HF}$ ,  $\text{Br}_2$  et  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) des échantillons solides
- Analyse élémentaire Soufre/Carbon par four à induction
- pH de la pâte
- Test NAG cinétique
- Potentiel de neutralisation
- Minéralogie par diffraction de rayons X (DRX)

Les interprétations suivantes ont été effectués :

- Potentiel de neutralisation net selon la méthode ABA modifiée (Acid Base Accounting, Sobek et al., 1978, modifié par Lawrence et Wang, 1997)
- Essais statiques basées sur la minéralogie – approche de Kwong (1993)
- Essais statiques basées sur la minéralogie – approche de Paktunc

Les conclusions en lien avec le présent rapport ont été les suivantes :

- 1) Afin de déterminer correctement la teneur en Chrome, la digestion complète des échantillons (silicates, minéraux réfractaires) par HF, HCl, HNO<sub>3</sub> et Br<sub>2</sub> (oxydant) est à privilégier. Le mélange de HCl et HNO<sub>3</sub> ne solubilise pas complètement des silicates et les métaux peuvent rester piégés dans la phase solide. Par conséquent, leurs teneurs en métaux des échantillons (objet d'étude) pourront être sous-estimées.
- 2) Les échantillons étudiés ne sont pas générateurs de DMA (non PGA), ceci est principalement dû aux faibles teneurs en Soufre (<0,3%). Advenant un cas d'oxydation des sulfures, les teneurs en silicates d'altération rapide (anorthite, olivine, diopside) et intermédiaire (hornblende, trémolite, talc, chlorite, biotite) sont suffisantes pour la neutralisation d'un éventuel drainage. Pour le cas actuel, les teneurs en Soufre étant faibles, la mobilisation des métaux pourrait être moindre que dans le cas d'un drainage issu de la neutralisation *in situ* (par des carbonates, silicates) d'un éventuel drainage acide.

Pour le présent rapport, la même démarche méthodologique sera appliquée. Différents échantillons représentatifs des 4 différentes phases de la future fosse, soient : secteur sud (phase 1), secteur ouest (phase 2), secteur nord (phase 3) et secteur centre (phases 4 et 5). Chaque échantillon représentatif d'un secteur (phase) sera un composite des stériles présents dans chacune de ces secteurs, soit : roches mafiques et ultramafiques, basalte et périclote.

### 3. Démarche méthodologique

#### 3.1 Échantillons étudiés

Pour ce projet, les 4 échantillons ont été étudiés. Chacun de ces échantillons est représentatif d'un secteur (phase) de la future fosse (Figure 1)::

- Sud (phase 1), contenant : roches volcaniques ultramafiques (54%), roches volcaniques mafiques (21%), basalte (18%) et péridotite (6%);
- Ouest (phase 2), contenant : roches volcaniques ultramafiques (59%), basalte (32,5%) et péridotite (8,5%);
- Nord (phase 3), contenant : roches volcaniques ultramafiques (16,5%), roches volcaniques mafiques (83,5%);
- Centre (phases 4 et 5), contenant : roches volcaniques ultramafiques (8%), roches volcaniques mafiques (92%).

Les échantillons ont été concassés et broyés selon les granulométries exigées par les essais.



**Figure 1.** Échantillons étudiés

### **3.2 Analyse chimique élémentaire**

Des échantillons de 0,5 g (taille des particules  $<75\ \mu\text{m}$ ) ont été complètement solubilisés à chaud avec  $\text{HNO}_3$ ,  $\text{HF}$ ,  $\text{Br}_2$  et  $\text{HCl}$ . Après l'évaporation à sec, le résidu a été redissout et analysé par ICP-MS.

L'analyse Soufre / Carbone a été réalisée par four à induction. La limite de détection de la méthode est de 0,05% pour le Carbone et de 0,009% pour le Soufre.

### **3.3 Analyse minéralogique**

L'analyse minéralogique a été réalisée par diffraction des rayons X sur des particules de taille  $<10\ \mu\text{m}$ . La quantification a été réalisée par calage mathématique du diffractogramme expérimental, selon le modèle Rietveld. La limite de détection de la méthode est 0,5% massique. La précision de la méthode est 0,5% massique.

### **3.4 Essais statiques de prédiction du potentiel de génération d'acidité (PGA)**

#### **a) pH de la pâte**

Un premier essai a été réalisé selon la méthode MA. 100 – pH 1.1 (de 2014) du Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec (CEAEQ). Cette méthode permet une évaluation précise de la teneur en sels acides sans interférence avec des possibles réactions de neutralisation. Les conditions suivantes ont été appliquées : ratio solide (granulométrie  $<75\ \mu\text{m}$ ) : liquide 1 :2; un temps de contact solide : liquide et sous agitation 5 minutes. Le pH final, du surnageant a été mesuré avec le pH-mètre. À des fins de contrôle qualité, tous les échantillons ont été analysés en duplicata.

Un deuxième essai a été réalisé selon «ARD Test Handbook», du Ian Wark Research Institute, Environmental Geochemistry International Pty Ltd.

Les conditions suivantes ont été appliquées : ratio solide (granulométrie  $<75\ \mu\text{m}$ ) : liquide 1 :2; un temps de contact solide : liquide; sous agitation 12 à 16h (ou d'une journée à l'autre). Le pH et la conductivité électrique du surnageant ont été mesurés avec le multimètre. À des fins de contrôle qualité, tous les échantillons ont été analysés en duplicata.

Cette méthode permet les réactions de neutralisation des éventuels sels acides présentes dans l'échantillon. Elle donne aussi une indication de la salinité inhérente des matériaux lorsqu'ils sont exposés dans une zone de stockage. Un matériau classé comme non PGA (non générateur d'acidité) peut présenter des risques de salinité le rendant impropre à un emplacement en surface ou non contrôlé en raison de ses effets potentiels sur le drainage et la végétation.

### **b) Test NAG cinétique**

Les tests NAG (net acid generation) se déroulent en une seule étape qui renseigne simultanément sur le PA et le PN. L'addition de  $H_2O_2$  permet l'oxydation des sulfures présents dans l'échantillon, et l'acide produit (le cas échéant) est neutralisé par les minéraux neutralisants (carbonates et silicates) également présents dans l'échantillon. Le pH final renseigne sur le potentiel de génération d'acide (PGA) de l'échantillon testé : si le  $pH < 4,5$  l'échantillon est potentiellement générateur d'acide.

L'essai NAG cinétique comporte une seule addition de  $H_2O_2$ , mais le pH et la température sont enregistrés durant les réactions d'oxydation et de neutralisation. Une diminution rapide du pH indique la présence des sulfures réactifs et/ou sulfates acides. À l'opposé, un pH final  $> 6,0$  indique un excès de capacité neutralisante vs la capacité de génération d'acidité. Après la stabilisation du pH et de la température (le lendemain), les échantillons à l'étude sont chauffés à  $110^\circ C$  jusqu'à la disparition de l'effervescence (afin d'éliminer le  $H_2O_2$  restant / excès). Finalement, la solution refroidie à la température de la pièce est titrée avec NaOH à pH 4,5 et après, à pH 7,0 afin de calculer la capacité nette de génération d'acide.

### **c) Potentiel de neutralisation net (PNN)**

L'essai a été réalisé selon la méthode ABA modifiée (Acid Base Accounting, Sobek et al., 1978, modifié par Lawrence et Wang, 1997), sur des particules de taille  $< 74 \mu m$  ( $< 200$  mesh). Le test Fizz a été réalisé premièrement, sur des échantillons de 2g, avec du HCl 25% (3 à 4 gouttes).

**Tableau 1.** Volume de HCl à ajouter selon le degré Fizz

Degré Fizz	Volume (mL) 1,0N HCl	
	Début (t=0 h)	Après 2h
Aucun	1,0	1,0
Faible	2,0	1,0
Modéré	2,0	2,0
Fort	3,0	2,0

Afin de déterminer le PN (potentiel de neutralisation), 2,00 g de chacun d'échantillons ont été placés dans des erlenmeyers de 250 mL, avec 90 mL eau distillée. Au début du test (t = 0h), le volume de HCl 1,0N indiqué selon le degré Fizz a été ajouté.

Après 2h d'agitation, le pH a été mesuré et le deuxième volume de HCl 1,0 N a été ajouté, seulement pour les échantillons de pH > 2,5. Après environ 22h, le pH a été mesuré et du HCl 1,0 N a été ajouté seulement pour les échantillons de pH > 2,5 afin de le ramener dans l'intervalle 2,0 à 2,5. Après 24h, l'eau distillée a été ajoutée pour ramener le volume à 125 mL. Le pH a été mesuré en s'assurant qu'il se trouve dans l'intervalle 2,0 à 2,5. Tous les volumes de HCl 1,0 N ajoutés / échantillons ont été notés à des fins des calculs.

Finalement, les échantillons ont été titrés avec 0,1 N NaOH jusqu'à pH 8,3.

Formule pour le calcul du PN (potentiel de neutralisation):

$$PN \text{ (kg CaCO}_3\text{/ tonne)} = \frac{(Normalité \text{ HCl} \times volume) - (Normalité \text{ NaOH} \times volume)}{masse \text{ échantillon (g)}} \times 50$$

Formule pour le calcul du PA (potentiel d'acidité) :

$$PA \text{ (kg CaCO}_3\text{/ tonne)} = \% S^{2-} \times 31,25$$

Formules pour le calcul du PNN (potentiel de neutralisation net) et du ratio PN/PA :

$$PNN \text{ (kg CaCO}_3\text{/ tonne)} = PN - PA$$

$$PN/PA$$

Le soufre associé aux sulfures est calculé à partir du soufre total (déterminé par analyse Carbone / Soufre, par four à induction) en soustrayant le soufre sulfate.

### Essais statiques basées sur la minéralogie

Il s'agit de calculs basés sur la sommation des contributions individuelles de chaque minéral dans la production d'acidité et sa neutralisation. Permettent l'intégration de la minéralogie de l'échantillon dans l'évaluation du PA, PN et PNN. Ces essais considèrent la contribution des silicates neutralisants, en plus des carbonates.

Approche de Kwong (1993) - Essentiellement, cette approche utilise le taux de réaction des minéraux.

Formule de calcul :

$$M = 2x(1 - r + p) - 2 \sum_{n=1}^6 x_{mn} w_n$$

x : fraction molaire de chaque sulfure

r : rapport molaire métal / soufre

p : proportion de  $\text{Fe}^{2+}$  dans le minéral sulfuré

$x_{mn}$  : proportion molaire des minéraux dans le groupe n

$w_n$  : réactivité relative des minéraux dans le groupe n

M : Index minéralogique, si  $M > 0$  le résidu est générateur de DMA, si  $M < 0$  le résidu est non générateur de DMA.

Le taux de réaction des minéraux est présenté dans le Tableau 2. Les minéraux du groupe «*altération rapide*» seront considérés dans le calcul si  $\geq 5\%$ . Les minéraux du groupe «*altération intermédiaire*» seront considérés dans le calcul si  $\geq 10\%$ .

Cependant, Lawrence et Scheske (1996) recommandent des réactivités relatives des minéraux à pH 5 plus faibles dans les cas des silicates, tel qu'indiqué dans le Tableau 3.

**Tableau 2.** Taux de réaction des minéraux selon Kwong (1993)

Groupe minéral	Minéraux	Réactivité relative
Dissolution	<b>Calcite</b> , aragonite, dolomite, magnésite, brucite	1,0
Altération rapide	<b>Anorthite</b> , néphéline, olivine, <b>grenat</b> , jadéite, leucite, spodumène, <b>diopside</b> , wollastonite	0,6
Altération intermédiaire	Épidote, zoisite, enstatite, hypersthène, augite, hédénbergite, amphiboles, <b>hornblende</b> , glaucophane, <b>trémolite</b> , <b>actinolite</b> , anthophyllite, serpentine, chrysotile, <b>talc</b> , <b>chlorite</b> , <b>biotite</b>	0,4
Altération lente	<b>Albite</b> , oligoclase, labradorite, vermiculite, montmorillonite, gibbsite, kaolinite	0,02
Altération très lente	Feldspaths potassiques, muscovite	0,01
Inerte	<b>Quartz</b> , rutile, zircon	0,004

**Tableau 3.** Taux de réaction des minéraux selon Lawrence et Scheske (1996)

Groupe minéral	Minéraux	Réactivité relative
Dissolution	<b>Calcite</b> , aragonite, dolomite, magnésite, brucite	1,0
Altération rapide	<b>Anorthite</b> , néphéline, forsterite, olivine, <b>grenat</b> , jadéite, leucite, spodumène, <b>diopside</b> , wollastonite	0,4
Altération intermédiaire	Épidote, zoisite, enstatite, hypersthène, augite, hédénbergite, <b>hornblende</b> , glaucophane, <b>trémolite</b> , <b>actinolite</b> , anthophyllite, serpentine, chrysotile, <b>talc</b> , <b>chlorite</b> , <b>biotite</b>	0,02
Altération lente	<b>Albite</b> , oligoclase, labradorite, vermiculite, montmorillonite	0,01
Altération très lente	Feldspaths potassiques, muscovite	0,01
Inerte	<b>Quartz</b> , rutile, zircon	0,004

**Approche de Paktunc** - cette approche considère essentiellement, la somme des coefficients stœchiométriques des cations oxydables.

Formules de calcul :

$$PN = \sum_{i=1}^k \frac{10 X_i \omega_a c_i}{n_{M,i} \omega_i}$$

$$PA = \sum_{i=1}^k \frac{10 n_{M,a} X_i \omega_a}{\omega_i}$$

10 : facteur de conversion (1000 kg / tonne / 100 %)

PN, PA : exprimés en kg H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> / tonne

X<sub>i</sub> : concentration du minéral i (% massique)

ω<sub>a</sub> et ω<sub>i</sub> : masse molaire de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> et du minéral i (g/mol)

c<sub>i</sub> : somme des coefficients stœchiométriques des cations non oxydables et/ou hydrolysables

n<sub>M,i</sub> : nombre de moles du minéral i pour neutraliser 1 mole de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>

n<sub>M,a</sub> : nombre de moles de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> formées par l'oxydation d'une mole du sulfure i

k = nombre de minéraux neutralisants ou générant de l'acide

## 4. Résultats et discussion

### 4.1 Analyse chimique élémentaire

Le résultat de l'analyse chimique élémentaire par ICP-MS est présenté dans le Tableau 4.

Les teneurs des éléments sont exprimés en mg/kg.

Pour le Cr, les teneurs sont assez homogènes pour les 4 régions de la fosse, étant comprises entre 1791 mg/kg et 1866 mg/kg. Les teneurs en Ni varient de 1047 à 1425 mg/kg. Les teneurs en Cu et Zn sont faibles (maximum 136 et respectivement 145,8 mg/kg). Les teneurs en Pb sont très faibles (maximum 23,9 mg/kg). Les teneurs en As et Cd étaient sous la limite de détection (<0,0005 et <0,00002) dans la phase liquide. Les teneurs en Si pourraient ne pas être représentatifs, car le HF employé pour la digestion complète des

silicates évapore le Si sous la forme de  $\text{SiF}_4$ . Le résultat de l'analyse Soufre / Carbone est présenté dans le Tableau 5.

**Tableau 4.** Résultat de l'analyse chimique par ICP-MS

	Al	Sb	Ag	As	Ba	Be	Bi	B	Cd	Ca	Cr	Co	Cu	Sn
<b>Sud</b>	31875	9,36	0,3	SLD	497,5	2,10	SLD	94786	SLD	33228	1802	93,0	126,2	6,13
<b>Nord</b>	12100	9,09	0,6	SLD	518,6	9,67	SLD	96855	SLD	33656	1791	92,7	125,1	8,90
<b>Ouest</b>	16312	SLD	0,6	SLD	62,3	1,25	5,68	82376	SLD	32536	1817	98,9	136,0	10,98
<b>Centre</b>	45111	SLD	0,9	SLD	155,9	3,39	SLD	86858	SLD	41332	1866	88,1	121,8	6,66
	Fe	Mg	Mn	Mo	Ni	Pb	K	Se	Si	Na	Ti	U	V	Zn
<b>Sud</b>	61313	113467	1107	9,02	1425	22,3	12393	3,0	8580	58544	1758	0,40	116	145,8
<b>Nord</b>	50290	78727	1166	9,26	1197	23,9	12544	0,8	2584	50484	1723	0,39	104	141,0
<b>Ouest</b>	60760	91944	1198	5,66	1326	11,8	1405	1,6	3142	57820	1915	0,39	131	94,1
<b>Centre</b>	66601	112539	1202	5,48	1047	11,5	5849	1,4	8537	67189	1976	0,39	139	97,2

**Tableau 5.** Résultat de l'analyse Soufre / Carbone

	<b>C<sub>total</sub>, % massique</b>	<b>S<sub>total</sub>, % massique</b>
Fosse Sud	0,09	0,148
Fosse Nord	0,09	0,157
Fosse Ouest	0,27	0,146
Fosse Centre	0,09	0,084
Fosse Centre Duplicata	0,09	0,086

Le  $S_{\text{total}}$  est inférieur à 0,3%. Par conséquent, les échantillons sont classés non générateurs de DMA, selon la D019. Cependant, le  $C_{\text{total}}$  est faible. Par conséquent, d'autres tests pourront confirmer le caractère non générateur de DMA pour les échantillons à l'étude.

## 4.2 Analyse minéralogique

Les résultats des analyses minéralogiques sont présentés dans le Tableau 6 (les diffractogrammes sont présentés en annexe). Les formules chimiques des minéraux sont tirées du site [www.webmineral.com](http://www.webmineral.com). Il est à noter que seulement 3 minéraux se retrouvent dans toutes les 4 échantillons représentatifs des phases de la fosse, soit le Magnésio-Hornblende

(minimum 12,0%), la Chlorite (minimum 21,8%) et le Talc (minimum 5,0%). Aussi, plusieurs éléments chimiques relevés et quantifiés par l'analyse chimique élémentaire (ICP-MS, analyse Soufre / Carbone) ne se retrouvent pas dans le Tableau 6.

La limite de détection de la méthode d'analyse minéralogique par diffraction des rayons X (DRX) étant de 0,5% massique. Certains éléments chimiques peuvent se trouver dans des minéraux présents en faible quantité (< 0,5% massique), dans les échantillons étudiés. De plus, des éléments chimiques relevés par l'ICP-MS peuvent se trouver dans les silicates, leur identification demande des investigations plus poussées (exemple, microscopie électronique à balayage (MEB)).

**Tableau 6.** Résultat de l'analyse minéralogique pour les échantillons

Phase minérale, %	Formule chimique	Centre	Sud	Nord	Ouest
Actinolite	$\text{Ca}_2(\text{Mg}, \text{Fe}^{2+})_5\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$	41,9	15,9	/	18,2
Magnesio-Hornblende	$\text{Ca}_2[\text{Mg}_4(\text{Al}, \text{Fe}^{3+})]\text{Si}_7\text{AlO}_{22}(\text{OH})_2$	12,0	24,5	37,7	19,7
Tremolite	$\text{Ca}_2\text{Mg}_5\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$	/	18,4	12,0	14,8
Magnetite	$\text{Fe}^{2+}\text{Fe}^{3+}_2\text{O}_4$	0,6	1,3	1,2	0,4
Biotite Mica	$\text{K}(\text{Mg}, \text{Fe}^{2+})_3\text{AlSi}_3\text{O}_{10}(\text{OH}, \text{F})_2$	5,8	/	/	/
Phlogopite Mica	$\text{KMg}_3\text{AlSi}_3\text{O}_{10}(\text{F}, \text{OH})_2$	/	0,9	0,8	1,9
Chlorite	$(\text{Ni}, \text{Mg}, \text{Fe}^{2+})_5\text{AlSi}_3\text{AlO}_{10}(\text{OH})_8$	23,0	21,8	31,4	31,0
Talc	$\text{Mg}_3\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2$	6,0	5,3	6,8	5,0
Antigorite	$(\text{Mg}, \text{Fe}^{2+})_3\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$	/	7,1	3,8	2,7
Anorthite	$\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$	6,1	2,0	/	/
Albite	$\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$	/	1,4	/	/
Forsterite	$(\text{Mg}, \text{Fe}^{2+})_2\text{SiO}_4$	0,6	/	1,9	1,9
Fayalite	$\text{Fe}^{2+}_2\text{SiO}_4$	/	1,1	/	/
Diopside	$\text{CaMgSi}_2\text{O}_6$	2,3	/	1,5	2,5
Calcite	$\text{CaCO}_3$	0,6	/	/	/
Almandine	$\text{Fe}^{2+}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_4)_3$	0,3	/	/	1,7
Pyrope	$\text{Mg}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_4)_3$	/	/	2,2	/
Quartz	$\text{SiO}_2$	0,7	/	/	/

### 4.3 Essais statiques de prédiction du potentiel de génération d'acidité (PGA)

#### a) pH de la pâte

Les résultats de l'essai pH de la pâte selon la méthode MA. 100 – pH 1.1 (2014) du Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec sont présentés dans le Tableau 7.

**Tableau 7.** pH de la pâte selon la méthode MA. 100 – pH 1.1 du CEAEQ

Identification Échantillon	Masse, g	pH	Masse duplicata, g	pH, duplicata
Fosse Sud	10,00	9,02	10,00	9,00
Fosse Nord	10,00	9,42	10,00	9,41
Fosse Ouest	10,00	9,25	10,00	9,28
Fosse Centre	10,00	9,35	10,00	9,38

Il est à observer que les résultats du pH de la pâte pour chacun des échantillons vs. leur duplicata sont cohérents. Les valeurs sont généralement comprises entre 9,00 et 9,42 pour tous les échantillons représentatifs des 4 phases de la fosse. Ces valeurs sont conformes avec la réglementation (D019 et REMM) qui exigent des valeurs de pH comprises entre 6,0 et 9,5 pour les effluents miniers relâchés dans l'environnement.

Les résultats de l'essai pH de la pâte selon la méthode du «ARD Test Handbook», du Ian Wark Research Institute, Environmental Geochemistry International Pty Ltd. sont présentés dans le Tableau 8.

**Tableau 8.** pH de la pâte selon la méthode du «ARD Test Handbook»

Identification échantillon	Test			Duplicata		
	Masse, g	pH	Conductivité $\mu\text{S}/\text{cm}$	Masse, g	pH	Conductivité $\mu\text{S}/\text{cm}$
Fosse Sud	10,00	8,69	518	10,00	8,70	522
Fosse Nord	10,00	7,60	1004	10,00	7,59	1006
Fosse Ouest	10,00	8,73	355	10,00	8,70	371
Fosse Centre	10,00	8,70	667	10,00	8,70	655

Il est à observer que les résultats du pH de la pâte et de la conductivité pour chacun des échantillons vs. leur duplicata sont cohérents.

Il est à noter aussi que le temps de contact liquide : solide dans le cas de cet essai a été de 16h. Comparativement à l'essai selon la méthode MA. 100 – pH 1.1 (de 2014) du CEAEQ, dont les résultats sont présentés dans le Tableau 12 (temps de contact 5 minutes). Une

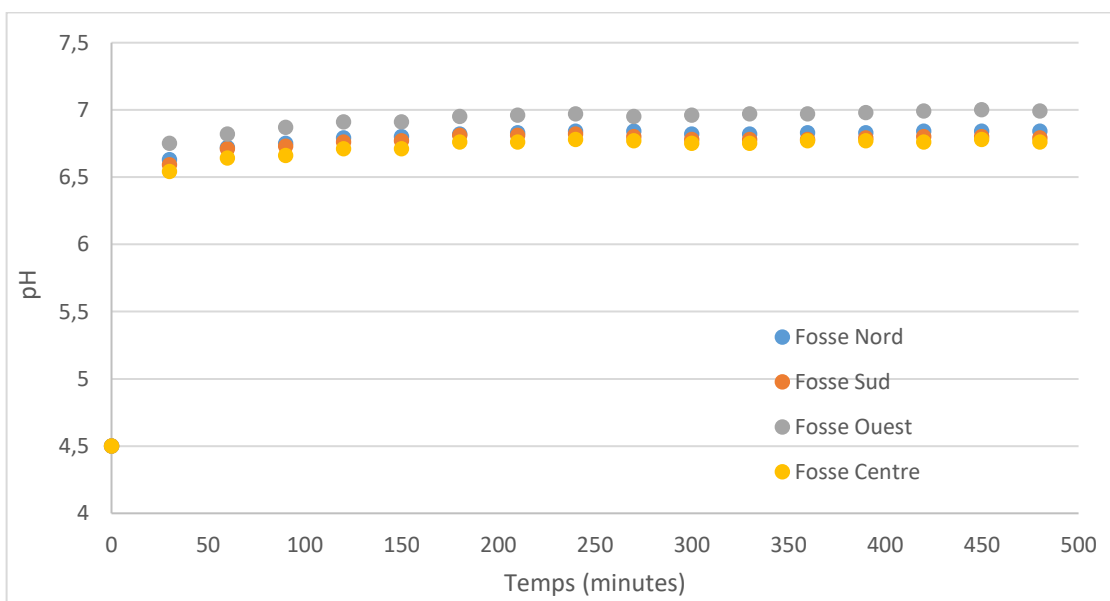
différence de 0,3 à 1,8 unités de pH peut être observée entre le pH de la pâte évalué selon les deux méthodes, le pH diminuant avec le temps pour tous les échantillons étudiés. Comme la teneur en soufre est faible, la diminution du pH peut être due à la dissolution du CO<sub>2</sub> atmosphérique.

Pour les mesures de conductivité, d'une manière générale, les résultats sont cohérents entre eux. Les valeurs varient entre 355 et 1006 µS/cm. La Conductivité pour l'eau souterraine dans la région à l'étude était comprise entre 34 et 259 µS/cm, avec une moyenne de 148 µS/cm. Cependant, les données de conductivité enregistrées dans le cadre de cette étude résultent du contact de l'eau avec des solides de granulométrie très fine, soit < 75 µm.

### b) Test NAG cinétique

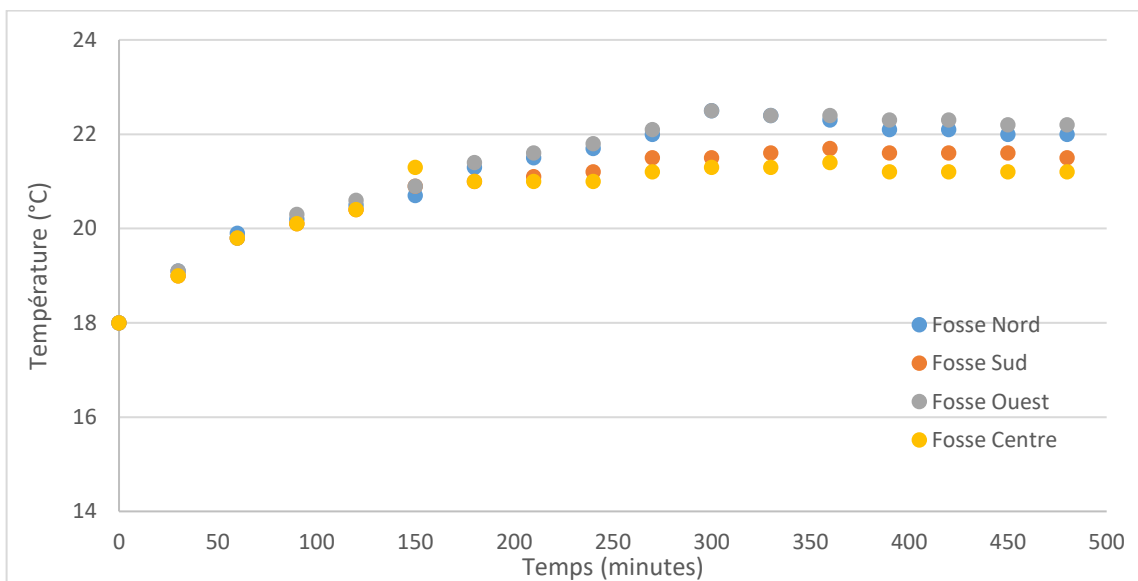
Pour le test NAG cinétique, tel qu'exigé par la méthode, les solides de granulométrie très fine (< 75µm) ont été mis en contact en ratio solide : liquide 1 :100 avec du H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 15%. La solution initiale de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> avait une concentration de 50%. La concentration de 15% a été donc obtenue par dilution, et le pH de la solution H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 15% employée a été de 4,50.

Les résultats du suivi du pH et de la température à toutes les 30 min sont présentés dans les graphiques suivants.



**Figure 2.** Suivi du pH du test NAG cinétique

Tel qu'indiqué par la Figure 2, les valeurs de pH se stabilisent à des valeurs supérieures à 6,5 unités de pH pour les 4 échantillons étudiés. Aussi, la température des solutions se stabilise à partir de 300 minutes (Figure 3).



**Figure 3.** Suivi de la température du test NAG cinétique

Après la stabilisation du pH et de la température (le lendemain), les échantillons à l'étude (sous forme de pulpe) ont été chauffés à 110°C dans le but d'éliminer le H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> restant.

Le pH du surnageant refroidi à la température de la pièce a été mesuré sans ajout d'eau.

**Tableau 9.** Comparaison pH final du test NAG vs pH de la pâte

Échantillon	NAG pH, 8h	NAG pH, final (24h) avant chauffage	NAG pH, final (24h) après chauffage	pH pâte, 16h
Fosse Sud	6,79	6,92	7,21	8,69
Fosse Nord	6,84	6,93	7,11	7,59
Fosse Ouest	6,99	7,22	7,69	8,70
Fosse Centre	6,76	6,88	7,27	8,70

Tel que montré dans le Tableau 9, le pH des échantillons a monté légèrement le lendemain. Le chauffage aussi a favorisé la réaction des silicates pour augmenter le pH davantage. Les valeurs du pH NAG sont cependant plus faibles que le pH de la pâte car dans le cas de l'essai NAG, la solution employée pour le contact avec le solide avait un pH acide (4,5).

Comme tous les échantillons avaient un pH NAG supérieur à 4,5, le titrage avec NaOH n'a pas été effectué (les échantillons sont classés non PGA).

Tirée de la référence *Short-term Acid Rock Drainage Characteristics Determined by Paste pH and Kinetic Nag Testing* (Weber et al., 2006), la Figure 4, classe les échantillons à l'étude selon leur pH NAG final et leur pH de la pâte comme étant non PGA, et propose ainsi une stratégie de gestion / utilisation future.

Classification	Test Criteria	Strategic Plan
NAF	Paste pH > 6 NAG pH > 4	Possibly suitable for use as an engineering material (further testing required)
PAF - Lag to ARD	Paste pH > 6 NAG pH < 4	Encapsulation to reduce subsequent oxygen-water ingress prior to ARD formation
PAF – Medium risk	Paste pH 4 - 6 NAG pH < 4	Neutralisation dose required followed by immediate encapsulation
PAF – High risk	Paste pH < 4 NAG pH < 4	Neutralisation dose required followed by immediate encapsulation. Dose rate is greater than medium risk.

**Figure 4.** Classification et plan stratégique selon le pH de la pâte et pH du test NAG

### c) Potentiel de neutralisation net (PNN)

Pour tous les échantillons à l'étude, le  $\text{SO}_4^{2-}$  a été trouvé sous la limite de détection de la méthode analytique, soit < 0,1 %. Le S associé au  $\text{SO}_4^{2-}$  est donc < 0,033 %.

Tenant compte de la nature des échantillons (carottes de forage), le  $S_{\text{total}}$  a été associé aux sulfures pour les calculs de PA, PNN et PN/PA. Tel que présenté dans le Tableau 10, le pourcentage de S est inférieur à 0,3% (même il est inférieur à 0,2%) pour tous les échantillons à l'étude. Ceci permet de classer tous les échantillons comme étant non PGA.

Seulement pour l'échantillon représentatif de la fosse Ouest, le PNN dépasse 20 kg  $\text{CaCO}_3$  / tonne. Pour les autres échantillons, le PNN est positif (dépasse 10 kg  $\text{CaCO}_3$  / tonne) et le ratio PN/PA est supérieur à 3.

**Tableau 10.** Essai PN (Sobek et al., 1978 modifié par Lawrence et Wang, 1997)

	Fosse Sud	Fosse Nord	Fosse Ouest	Fosse Centre
Fizz	Faible	Faible	Faible	Faible
Masse, g	2,07	2,04	2,00	2,00
ml sol HCl t=0h	2,00	2,00	2,00	2,00
pH / t=2h	2,01	2,00	2,17	2,00
ml sol HCl t=2h	0,00	0,00	0,00	0,00
pH après 22h	2,11	2,03	2,33	2,10
ml sol HCl	0,00	0,00	0,00	0,00
pH à 125 ml, après 24h	2,23	2,17	2,46	2,25
ml sol HCl	0,00	0,00	0,00	0,00
pH avant titrage	2,23	2,17	2,46	2,25
Normalité sol NaOH	0,1	0,1	0,1	0,1
ml sol NaOH	11,2	12,4	7,7	11,7
PN	21,256	18,627	30,75	20,75
%S <sup>2-</sup>	0,148	0,157	0,146	0,086
PA	4,625	4,906	4,562	2,688
PNN	16,631	13,721	26,188	18,062
PN/PA	4,596	3,797	6,740	7,719

**d) Essais statiques basées sur la minéralogie – approche de Kwong (1993)**

Essentiellement, cette approche utilise le taux de réaction des minéraux.

Formule de calcul :

$$M = 2x(1 - r + p) - 2 \sum_{n=1}^6 x_{m_n} w_n$$

M : Index minéralogique, si M>0 le résidu est générateur de DMA, si M<0 le résidu est non générateur de DMA.

**Tableau 11.** Résultat des calculs selon le taux de réaction des minéraux Kwong 1993 (Tableau 2)

	$\Sigma 2x(1-r+p)$	$\Sigma X_{mn} \cdot W_n$	M			Conclusion
Fosse Sud	0,041	0,245	-0,449	<	0	Non PGA
Fosse Nord	0,042	0,248	-0,454	<	0	Non PGA
Fosse Ouest	0,040	0,260	-0,480	<	0	Non PGA
Fosse Centre	0,022	0,314	-0,606	<	0	Non PGA

**Tableau 12.** Résultat des calculs selon le taux de réaction des minéraux Lawrence et Scheske 1996 (Tableau 3)

	$\Sigma 2x(1-r+p)$	$\Sigma X_{mn} \cdot W_n$	M			Conclusion
Fosse Sud	0,041	0,012	0,016	>	0	PGA
Fosse Nord	0,042	0,012	0,018	>	0	PGA
Fosse Ouest	0,040	0,013	0,014	>	0	PGA
Fosse Centre	0,022	0,090	-0,158	<	0	Non PGA

Selon l'approche de Kwong, les échantillons sont tous non PGA (le calcul est effectué avec le taux de réaction des minéraux selon Kwong 1993 (Tableau 2 & Tableau 11)). Si le calcul est effectué avec le taux de réaction des minéraux selon Lawrence et Scheske 1996 (Tableau 3), un seul échantillon est non PGA et c'est celui représentatif de la Fosse Centre (Tableau 12). Il est aussi à noter que les minéraux du groupe «*altération rapide*» ont été considérés dans le calcul (seulement si présentes  $\geq 5\%$ ), tandis que les minéraux du groupe «*altération intermédiaire*» ont été considérés dans le calcul seulement si présentes  $\geq 10\%$ . Cependant, selon le critère de la Directive 019, puisque le pourcentage de S est inférieur à 0,3%, tous les échantillons sont classifiés non PGA.

#### e) Essais statiques basés sur la minéralogie – approche de Paktunc

Essentiellement, cette approche considère la somme des coefficients stœchiométriques des cations oxydables.

Formules de calcul :

$$PN = \sum_{i=1}^k \frac{10 X_i \omega_a c_i}{n_{M,i} \omega_i}$$

$$PA = \sum_{i=1}^k \frac{10 n_{M,a} X_i \omega_a}{\omega_i}$$

**Tableau 13.** Résultat des calculs selon l'approche de Paktunc

	PA	PN	PNN	Conclusion
Fosse Sud	4,53	588,51	583,99	Non PGA
Fosse Nord	4,82	673,41	668,58	Non PGA
Fosse Ouest	4,46	566,34	561,88	Non PGA
Fosse Centre	2,63	488,54	485,91	Non PGA

Selon l'approche de Paktunc, les échantillons sont tous non PGA.

La colonne PNN indique la quantité théorique en kg de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> pouvant neutraliser une tonne échantillon.

## 5. Conclusion

1. Les échantillons étudiés dans le cadre de ce projet ne sont pas générateurs de DMA (non PGA). Ce pouvoir non PGA est dû aux faibles teneurs en S ( $<0,3\%$ ).
2. Le résultat de l'analyse chimique élémentaire (digestion complète avec  $\text{HNO}_3$ , HF,  $\text{Br}_2$  et HCl, puis scan ICP-MS) indique des teneurs comparables en Cr pour les 4 régions de la fosse, et comprises entre 1791 mg/kg et 1866 mg/kg. Cependant, le Cr a été trouvé stable selon l'extraction séquentielle réalisée sur des lithologies antérieurement identifiées comme étant les plus problématiques (Rapport 1 PARIDM). De plus, le Cr n'a pas été trouvé associé aux sulfures selon l'extraction séquentielle (Rapport 1 PARIDM). Une association aux sulfures aurait pu engendrer une lixiviation du Cr suite à l'oxydation des sulfures. Les échantillons étant non générateurs de DMA, le risque de lixiviation du Cr par dissolution des minéraux suite à la rencontre d'une solution acide sont ainsi limités.
3. Les teneurs en Ni varient de 1047 à 1425 mg/kg pour les 4 régions de la fosse. Ce métal a été trouvé plus mobile que le Cr suite à l'extraction séquentielle réalisée sur des lithologies antérieurement identifiées comme étant les plus problématiques (Rapport 1 PARIDM). D'autres éléments potentiellement problématiques ont été trouvés dans des teneurs faibles : Cu et Zn (maximum 136 et respectivement 145,8 mg/kg) ou très faibles : Pb (maximum 23,9 mg/kg). Tandis que l'As et le Cd étaient sous la limite de détection ( $<0,0005$  et  $<0,00002$ ) dans la phase liquide.

## **6. Travaux en cours et à venir**

- A. Essais cinétiques en laboratoire : cellules humides (en cours depuis 31 août 2020) et colonnes de percolation (en cours depuis 5 août 2020) et sur le terrain : barils (en cours depuis 27 août 2019) sur des échantillons représentatifs pour les 4 phases de la fosse, soient : secteur sud (phase 1), secteur ouest (phase 2), secteur nord (phase 3) et secteur centre (phases 4 et 5). Paramètres de suivi : pH, Eh, Conductivité, température, volume d'eau de rinçage et lixiviat, analyse élémentaire qualitative et quantitative (scan ICP-MS), spéciation du Chrome, sulfate, acidité et alcalinité. Évolution (graphique) et modélisation.
- B. Essai de lixiviation pour l'analyse des métaux en général, et du  $\text{Cr}^{6+}$  en particulier sur des échantillons représentatifs pour les 4 phases de la fosse, soient : secteur sud (phase 1), secteur ouest (phase 2), secteur nord (phase 3) et secteur centre (phases 4 et 5). Les essais de lixiviation utilisés dans l'étude sont : l'essai TCLP, l'essai SPLP et l'essai CTEU-9. Des tests supplémentaires tels : microscopie électronique à balayage – MEB (afin de déterminer l'association minérale du Cr et du Ni) et le dosage du Cr VI dans la phase solide seront effectués afin de mieux interpréter les résultats des essais de lixiviation et l'origine éventuelle du Cr VI dans le lixiviat.

## 7. Références

Ian Wark Research Institute and Environmental Geochemistry International (2002). *ARD Test Handbook. AMIRA P387A Project; Prediction and Kinetic Control of Acid Mine Drainage*. AMIRA International, Melbourne, Australia.

<http://www.ceaeq.gouv.qc.ca/index.asp>

Kwong, Y.T.J. (2018). *Prediction and prevention of acid rock drainage from a geological and mineralogical perspective*. MEND Project 1.32.1

Lawrence, R.W., Wang, Y. (1996). *Determination of neutralization potential for acid rock drainage prediction*. MEND/NDEM report 1.16.3, Canadian Centre for Mineral and Energy Technology, Ottawa, Canada. *Modified Acid Base Accounting Procedure* p. 78-79.

Ministère du Développement Durable, Environnement et Lutte contre les Changements Climatiques du Québec MDDELCC (2012) Directive 019 sur l'industrie minière, [http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/milieu\\_ind/directive019/](http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/milieu_ind/directive019/).

Plante B., Bussière B., Bouzahzah H., Benzaazoua M., Demers I., Kandji E-H B. (2015). *Revue de littérature en vue de la mise à jour du guide de caractérisation des résidus miniers et du minerai*. UQAT – URSTM, Rapport PU-2013-05-806, 72p.

Price W.A., Y.T.J. Kwong (1997). Waste rock weathering, sampling and analysis: Observations from the British Columbia Ministry of Employment and Investment database, Proceedings of the Fourth International Conference on Acid Rock Drainage, Vancouver, B.C., Canada, May 31-June 6, 1997, p. 31-45.

Sayona Québec Inc. (2018). Plan de réaménagement et de restauration du site minier pour le projet Authier. 251 pages.

Smith K.S., Ramsey C.A., Hageman P.L. (2000). Sampling strategy for the rapid screening of mine-waste dumps on abandoned mine lands. In Proceedings from the Fifth International Conference on Acid Rock Drainage. SME, Littleton, CO. p. 1453-1461.

Takeno N. (2005). *Atlas of Eh- pH diagrams*. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, Japan, 287 p.

Weber, P.A. , Hughes, J.B., Conner, L.B., Lindsay, P., Smart, R.St.C. (2006). *Short-term Acid Rock Drainage Characteristics Determined by Paste pH and Kinetic Nag Testing: Cypress Prospect, New Zealand*. The 7<sup>th</sup> International Conference on Acid Rock Drainage (ICARD), March 26-30, 2006, St. Louis MO. R.I. Barnhisel (ed.) Published by the American Society of Mining and Reclamation (ASMR), 3134 Montavesta Road, Lexington, KY 40502.

[www.webmineral.com](http://www.webmineral.com)

## 8. Annexe

**URSTM** Unité de recherche et de service en technologie minérale  
Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue (UQAT)  
445, boul. de l'Université, Rouyn-Noranda, Québec, J9X 5E4  
tél. 819.762.0971 poste 2378-2569 | fax 819.797.6672 | [uqat.ca](http://uqat.ca)

Phases Minérales		91579 - Teneur (%)	91580	91581	91582
Actinolite	Amphibole	41.9	15.9		18.2
Magnésio-hornblende		12	24.5	37.7	19.7
Tremolite			18.4	12	14.8
Magnetite	Mica Noir	0.6	1.3	1.2	0.4
Biotite		5.8			
Phlogopite			0.9	0.8	1.9
Chlorite		23	21.8	31.4	31.0
Talc		6	5.3	6.8	5.0
Antigorite			7.1	3.8	2.7
Anorthite	Feldspath Plagioclase	6.1	2.0		
Albite			1.4		
Forsterite	Olivine	0.6		1.9	1.9
Fayalite			1.1		
Diopside		2.3		1.5	2.5
Calcite		0.6			
Almandine	Grenat	0.3			1.7
Pyrope				2.2	
Quartz		0.7			
Total		100.0	99.8	99.2	99.9

Il est important de noter que les trois amphiboles sont difficiles à différencier sur le spectre. La chimie pourrait aider à discriminer lequel des trois est véritablement majoritaire. De même, les phases minérales suivantes : Olivine, Grenat et F. Plagioclase sont des solutions solides. Là encore, afin de mieux discriminer de quelle phase il s'agit, une comparaison avec la chimie serait l'idéal.

Approuvé par : \_\_\_\_\_  
Emmanuelle Cecchi

# échantillon URSTM	Nom échantillon
91579	Sayona Fosse Centre
91580	Sayona Fosse Sud
91581	Sayona Fosse Nord
91582	Sayona Fosse Ouest

## Analyse du soufre et carbone totaux par fournaise à induction

**Préparation:**

**Analyse:** Madeleine Mayrand  
**Date d'analyse:** 20 août 2020  
**Méthode:** PE3-AC-26  
**Vérification:** Marc Paquin  
**Projet:** PU-2018-01-1182

Élément Unités LDM	C <sub>total</sub> % p/p 0,05	S <sub>total</sub> % p/p 0,009
Sayona fosse sud (U91225)	0,09	0,148
Sayona fosse nord (U91226)	0,09	0,157
Sayona fosse ouest (U91227)	0,27	0,146
Sayona fosse centre (U91228)	0,09	0,084
Sayona fosse centre (U91228) duplicata	0,09	0,086

**Notes:**

LDM : Limite de détection de la méthode

Marc Paquin

2020.09.01

14:07:43 -04'00'

**Approuvé par:**

Marc Paquin, Chimiste



SGS Canada Inc.  
P.O. Box 4300 - 185 Concession St.  
Lakefield - Ontario - K0L 2H0  
Phone: 705-652-2000 FAX: 705-652-6365

**Centre Technologique des résidus industriels**  
Attn : Juliana Laura Calugaru

433, boul. du Collège  
Rouyn-Noranda, QC  
J9X 0E1,

Phone: 819-762-0931  
Fax:

15-September-2020

Date Rec. : 26 August 2020  
LR Report: CA15544-AUG20

Copy: #1

## CERTIFICATE OF ANALYSIS

### Final Report

Sample ID	Sample Date & Time	Temp Upon Receipt °C	SO4 %
1: Analysis Start Date		---	04-Sep-20
2: Analysis Start Time		---	18:12
3: Analysis Completed Date		---	08-Sep-20
4: Analysis Completed Time		---	14:47
5: Seyone Fosse Nord	Na	22.0	< 0.1
6: Seyone Fosse Sud	Na	22.0	< 0.1
7: Seyone Fosse Centre	Na	22.0	< 0.1
8: Seyone Fosse Ouest	Na	22.0	< 0.1

*Catharine Arnold*  
Catharine Arnold, B.Sc., C.Chem  
Project Specialist,  
Environment, Health & Safety





125, boul Industriel  
Rouyn-Noranda (Québec) J9X 8P2  
Tél. : 819 797-0550  
Sans frais: 1 877 328-8890  
www.h2lab.ca

N° certificat : RNC10583  
N° client : 1233  
Réf. Client : Baril ouest

### CERTIFICAT D'ANALYSES

CTRI  
433, boulevard du Collège  
Rouyn-Noranda  
Québec J9X 0E1

Date de réception: 2020/09/01  
Date de prélèvement: 2020/08/31 10:00, 2020/08/28 10:00,  
2020/08/24 10:00  
Matrice: Eaux Usées  
Lieux de prélèvement CTRI  
# de commande: CMA3024

Identification des échantillons: BARIL OUEST, BARIL NORD, BARIL SUD, BARIL CENTRE, FOSSE OUEST, FOSSE SUD, FOSSE NORD, FOSSE CENTRE,  
CELLULE OUEST, CELLULE SUD, CELLULE NORD, CELLULE CENTRE

Préleveur : Calugaru Iuliana Laura

L'appréciation des échantillons et leur conformité aux normes sont établies dans la limite des paramètres analysés, si applicable. Ce rapport ne peut être reproduit,  
sinon en entier, sans l'autorisation écrite du laboratoire. Les résultats ne se rapportent qu'aux échantillons soumis à l'essai.



Date d'émission du certificat : 2020-09-21  
Page 1 de 10



**CERTIFICAT D'ANALYSES**

**RÉSULTATS**

ID Labo		293922	293923	293924	293925	293926	293927	293928	293929
ID Client		Baril ouest	Baril nord	Baril sud	Baril centre	Fosse ouest	Fosse Sud	Fosse Nord	Fosse Centre
Matrice		Eaux Usées	Eaux Usées	Eaux Usées	Eaux Usées	Eaux Usées	Eaux Usées	Eaux Usées	Eaux Usées
Lieux de prélèvement		CTRI	CTRI	CTRI	CTRI	CTRI	CTRI	CTRI	CTRI
Prélevé le	unité	2020/08/24 10:00	2020/08/24 10:00	2020/08/24 10:00	2020/08/24 10:00	2020/08/28 10:00	2020/08/28 10:00	2020/08/28 10:00	2020/08/28 10:00
Aluminium (Al) a 2	mg/L	0,012	< 0,006	< 0,006	< 0,006	83,226	161,158	62,555	230,291
Antimoine (Sb) a 2	mg/L	0,0021	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0002	0,0473	0,0470	<0,0002
Argent (Ag) a 2	mg/L	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0030	0,0015	0,0033	0,0047
Arsenic (As) a 2	mg/L	0,0084	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005
Baryum (Ba) a 2	mg/L	0,0189	0,0095	0,0134	0,0092	0,3178	2,5154	2,6811	0,7960
Béryllium (Be) a 2	mg/L	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	0,0064	0,0106	0,0500	0,0173
Bismuth (Bi) 2	mg/L	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	0,0290	<0,0050	<0,0050	<0,0050
Bore (B) 2	mg/L	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	420,28	479,24	500,74	443,41
Cadmium (Cd) a 2	mg/L	<0,000020	<0,000020	<0,000020	<0,000020	<0,000050	<0,000050	<0,000050	<0,000050
Calcium (Ca) a 2	mg/L	50,3	60,9	74,6	23,0	166	168	174	211
Chrome (Cr) a 2	mg/L	0,0034	<0,0006	<0,0006	<0,0006	9,2682	9,1102	9,2597	9,5238
Cobalt (Co) a 2	mg/L	0,0020	0,0188	0,0549	0,0104	0,5046	0,4704	0,4794	0,4496
Cuivre (Cu) a 2	mg/L	0,0236	0,0033	0,0065	0,0033	0,694	0,638	0,647	0,622
Étain (Sn) a 2	mg/L	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,056	0,031	0,046	0,034
Fer (Fe) a 2	mg/L	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	310	310	260	340
Magnésium (Mg) a 2	mg/L	31,02	23,22	41,81	14,51	469,10	573,69	407,02	574,51
Manganèse (Mn) a 2	mg/L	0,0287	0,0819	0,1006	0,0365	6,1136	5,5986	6,0272	6,1351



125, boul Industriel  
Rouyn-Noranda (Québec) J9X 8P2  
Tél. : 819 797-0550  
Sans frais: 1 877 326-8690  
www.h2lab.ca

N° certificat : RNC10583  
N° client : 1233  
Réf. Client : Baril ouest

**CERTIFICAT D'ANALYSES**

ID Labo		293922	293923	293924	293925	293926	293927	293928	293929
ID Client		Baril ouest	Baril nord	Baril sud	Baril centre	Fosse ouest	Fosse Sud	Fosse Nord	Fosse Centre
Matrice		Eaux Usées	Eaux Usées	Eaux Usées	Eaux Usées	Eaux Usées	Eaux Usées	Eaux Usées	Eaux Usées
Lieux de prélèvement		CTRI	CTRI	CTRI	CTRI	CTRI	CTRI	CTRI	CTRI
Prélevé le	unité	2020/08/24 10:00	2020/08/24 10:00	2020/08/24 10:00	2020/08/24 10:00	2020/08/28 10:00	2020/08/28 10:00	2020/08/28 10:00	2020/08/28 10:00
Molybdène (Mo) a 2	mg/L	0,0051	0,0008	0,0024	0,0024	0,0289	0,0456	0,0479	0,0280
Nickel (Ni) a 2	mg/L	0,2139	0,8989	2,5640	0,4451	6,7650	7,2034	6,1907	5,3424
Plomb (Pb) a 2	mg/L	<0,00030	<0,00030	<0,00030	<0,00030	0,06010	0,11280	0,12340	0,05880
Potassium (K) 2	mg/L	14,59	5,99	9,60	8,43	7,17	62,66	64,85	29,86
Sélénium (Se) a 2	mg/L	0,002	0,004	0,007	0,001	0,008	0,015	0,004	0,007
Silicium (Si) 2	mg/L	18,06	7,58	10,11	5,66	16,03	43,38	13,36	43,58
Sodium (Na) a 2	mg/L	9,35	4,42	7,50	3,33	295	296	261	343
Tellure (Te) 2	mg/L	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	0,0150	0,0073	0,0005	<0,0005
Titane (Ti) 2	mg/L	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	9,77	8,89	8,91	10,09
Uranium (U) 2	mg/L	<0,001	0,002	<0,001	<0,001	0,002	0,002	0,002	0,002
Vanadium (V) a 2	mg/L	0,0023	<0,0005	<0,0005	0,0015	0,6683	0,5852	0,5392	0,7072
Zinc (Zn) a 2	mg/L	0,001	0,002	0,004	0,008	0,480	0,737	0,729	0,496



**CERTIFICAT D'ANALYSES**

ID Labo		293930	293931	293932	293933
ID Client		Cellule ouest	Cellule Sud	Cellule Nord	Cellule Centre
Matrice		Eaux Usées	Eaux Usées	Eaux Usées	Eaux Usées
Lieux de prélèvement		CTRI	CTRI	CTRI	CTRI
Prélevé le	unité	2020/08/31 10:00	2020/08/31 10:00	2020/08/31 10:00	2020/08/31 10:00
Aluminium (Al) a 2	mg/L	1,133	< 0,006	< 0,006	< 0,006
Antimoine (Sb) a 2	mg/L	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Argent (Ag) a 2	mg/L	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Arsenic (As) a 2	mg/L	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005
Baryum (Ba) a 2	mg/L	0,0062	0,0093	0,0013	0,0078
Béryllium (Be) a 2	mg/L	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005
Bismuth (Bi) 2	mg/L	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005
Bore (B) 2	mg/L	12,89	5,70	3,59	2,71
Cadmium (Cd) a 2	mg/L	<0,000020	<0,000020	<0,000020	<0,000020
Calcium (Ca) a 2	mg/L	9,46	32,6	8,83	4,48
Chrome (Cr) a 2	mg/L	0,0599	0,0022	0,0067	0,0063
Cobalt (Co) a 2	mg/L	0,0024	0,1107	<0,0005	<0,0005
Cuivre (Cu) a 2	mg/L	0,0081	0,0016	0,0019	0,0014
Étain (Sn) a 2	mg/L	0,014	0,007	0,010	<0,001
Fer (Fe) a 2	mg/L	1,9	0,07	0,05	0,02
Magnésium (Mg) a 2	mg/L	8,73	29,09	4,22	2,42
Manganèse (Mn) a 2	mg/L	0,0392	0,1062	0,0077	0,0009



125, boul Industriel  
Rouyn-Noranda (Québec) J9X 6P2  
Tél. : 819 797-0550  
Sans frais: 1 877 326-8690  
www.h2lab.ca

N° certificat : RNC10583  
N° client : 1233  
Réf. Client : Baril ouest

**CERTIFICAT D'ANALYSES**

ID Labo		293930	293931	293932	293933
ID Client		Cellule ouest	Cellule Sud	Cellule Nord	Cellule Centre
Matrice		Eaux Usées	Eaux Usées	Eaux Usées	Eaux Usées
Lieux de prélèvement		CTRI	CTRI	CTRI	CTRI
Prélevé le	unité	2020/08/31 10:00	2020/08/31 10:00	2020/08/31 10:00	2020/08/31 10:00
Molybdène (Mo) a 2	mg/L	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005
Nickel (Ni) a 2	mg/L	0,0512	7,9675	0,0927	0,0100
Plomb (Pb) a 2	mg/L	<0,00030	<0,00030	<0,00030	<0,00030
Potassium (K) 2	mg/L	4,52	3,42	2,85	11,60
Sélénium (Se) a 2	mg/L	< 0,001	0,004	< 0,001	< 0,001
Silicium (Si) 2	mg/L	7,67	6,63	6,39	4,42
Sodium (Na) a 2	mg/L	4,83	3,43	2,40	3,76
Tellure (Te) 2	mg/L	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005
Titane (Ti) 2	mg/L	0,06	<0,01	<0,01	<0,01
Uranium (U) 2	mg/L	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Vanadium (V) a 2	mg/L	0,0042	<0,0005	0,0008	0,0013
Zinc (Zn) a 2	mg/L	0,006	<0,001	<0,001	<0,001

**CERTIFICAT D'ANALYSES**

**Contrôle de qualité**

Paramètre (méthode)	*LDR	Unité	Blanc	Standard				Duplicata		Analysé le
				Nom	Obtenue	Attendue	Intervalle	#1	#2	
Aluminium (Al) (H2Lab-MET-211) a	0,006	mg/L	< 0,006	C00-046-705 _X_1000	0,856	1	[0,800,1,200]	< 0,006	< 0,006	2020-09-17
Aluminium (Al) (H2Lab-MET-211) a	0,006	mg/L	< 0,006	C00-046-705 _X_1000	1,070	1	[0,800,1,200]	—	—	2020-09-18
Antimoine (Sb) (H2Lab-MET-211) a	0,0001	mg/L	<0,0001	C00-046-705 _X_1000	0,0081	0.0100	[0,0080,0,012 0]	<0,0001	<0,0001	2020-09-17
Antimoine (Sb) (H2Lab-MET-211) a	0,0001	mg/L	<0,0002	C00-046-705 _X_1000	0,0082	0.0100	[0,0080,0,012 0]	—	—	2020-09-18
Argent (Ag) (H2Lab-MET-211) a	0,0001	mg/L	<0,0001	—	—	—	—	<0,0001	<0,0001	2020-09-17
Argent (Ag) (H2Lab-MET-211) a	0,0001	mg/L	<0,0005	MR-CEU-302- Ag	0,3945	0.4743	[0,3795,0,569 1]	—	—	2020-09-18
Arsenic (As) (H2Lab-MET-211) a	0,0005	mg/L	<0,0005	C00-046-705 _X_1000	0,1174	0,1000	[0,0700,0,130 0]	—	—	2020-09-17
Arsenic (As) (H2Lab-MET-211) a	0,0005	mg/L	<0,0005	C00-046-705 _X_1000	0,1199	0,1000	[0,0700,0,130 0]	—	—	2020-09-18
Baryum (Ba) (H2Lab-MET-211) a	0,0005	mg/L	<0,0005	C00-046-705 _X_1000	0,0941	0.1000	[0,0800,0,120 0]	0,0063	0,0078	2020-09-17
Baryum (Ba) (H2Lab-MET-211) a	0,0005	mg/L	< 0,0005	C00-046-705 _X_1000	0,0952	0.1000	[0,0800,0,120 0]	—	—	2020-09-18
Béryllium (Be) (H2Lab-MET-211) a	0,0005	mg/L	<0,0005	C00-046-705 _X_1000	0,0837	0.1000	[0,0800,0,120 0]	<0,0005	<0,0005	2020-09-17
Béryllium (Be) (H2Lab-MET-211) a	0,0005	mg/L	<0,0005	C00-046-705 _X_1000	0,1040	0.1000	[0,0800,0,120 0]	—	—	2020-09-18
Bismuth (Bi) (H2Lab-MET-211) 2	0,0005	mg/L	<0,0005	—	—	—	—	—	—	2020-09-17
Bismuth (Bi) (H2Lab-MET-211) 2	0,0005	mg/L	<0,0050	—	—	—	—	—	—	2020-09-18



125, boul Industriel  
Rouyn-Noranda (Québec) J9X 6P2  
Tél. : 819 797-0550  
Sans frais: 1 877 326-8890  
www.h2lab.ca

N° certificat : RNC10583  
N° client : 1233  
Réf. Client : Baril ouest

**CERTIFICAT D'ANALYSES**

Paramètre (méthode)	*LDR	Unité	Blanc	Standard				Duplicata		Analysé le
				Nom	Obtenue	Attendue	Intervalle	#1	#2	
Bore (B) (H2Lab-MET-211) 2	0,01	mg/L	<0,01	C00-046-705 _X_1000	0,86	1.000	[0,80,1,20]	2,17	2,71	2020-09-17
Bore (B) (H2Lab-MET-211) 2	0,01	mg/L	< 0,01	C00-046-705 _X_1000	1,07	1.000	[0,80,1,20]	—	—	2020-09-18
Cadmium (Cd) (H2Lab-MET-211) a	0,00002 0	mg/L	<0,00002 0	C00-046-705 _X_1000	0,093	0.1000	[0,080,0,12]	<0,00002 0	<0,00002 0	2020-09-17
Cadmium (Cd) (H2Lab-MET-211) a	0,00002 0	mg/L	<0,00005 0	C00-046-705 _X_1000	0,090	0.1000	[0,080,0,12]	—	—	2020-09-18
Calcium (Ca) (H2Lab-MET-211) a	0,0300	mg/L	<0,0300	C00-046-705 _X_1000	0,910	1.000	[0,800,1,20]	4,01	4,48	2020-09-17
Calcium (Ca) (H2Lab-MET-211) a	0,0300	mg/L	< 0,0300	C00-046-705 _X_1000	0,970	1.000	[0,800,1,20]	—	—	2020-09-18
Chrome (Cr) (H2Lab-MET-211) a	0,0006	mg/L	<0,0006	C00-046-705 _X_1000	0,0944	0.1000	[0,0800,0,120 0]	—	—	2020-09-17
Chrome (Cr) (H2Lab-MET-211) a	0,0006	mg/L	< 0,0006	C00-046-705 _X_1000	0,1025	0.1000	[0,0800,0,120 0]	—	—	2020-09-18
Cobalt (Co) (H2Lab-MET-211) a	0,0005	mg/L	<0,0005	C00-046-705 _X_1000	0,0991	0.1000	[0,0800,0,120 0]	—	—	2020-09-17
Cobalt (Co) (H2Lab-MET-211) a	0,0005	mg/L	<0,0005	C00-046-705 _X_1000	0,1096	0.1000	[0,0800,0,120 0]	—	—	2020-09-18
Cuivre (Cu) (H2Lab-MET-211) a	0,00050 0	mg/L	<0,00050 0	C00-046-705 _X_1000	0,104	0.1000	[0,0800,0,120]	—	—	2020-09-17
Cuivre (Cu) (H2Lab-MET-211) a	0,00050 0	mg/L	<0,00050 0	C00-046-705 _X_1000	0,111	0.1000	[0,0800,0,120]	—	—	2020-09-18
Étain (Sn) (H2Lab-MET-211) a	0,001	mg/L	<0,001	C00-046-705 _X_1000	0,089	0.1000	[0,080,0,120]	<0,001	<0,001	2020-09-17
Étain (Sn) (H2Lab-MET-211) a	0,001	mg/L	< 0,001	C00-046-705 _X_1000	0,094	0.1000	[0,080,0,120]	—	—	2020-09-18

Date d'émission du certificat : 2020-09-21  
Page 7 de 10



125, boul Industriel  
Rouyn-Noranda (Québec) J9X 6P2  
Tél. : 819 797-0550  
Sans frais: 1 877 326-8690  
www.h2lab.ca

N° certificat : RNC10583  
N° client : 1233  
Réf. Client : Baril ouest

**CERTIFICAT D'ANALYSES**

Paramètre (méthode)	LDR	Unité	Blanc	Standard				Duplicata		Analysé le
				Nom	Obtenue	Attendue	Intervalle	#1	#2	
Fer (Fe) (H2Lab-MET-211) a	0,010	mg/L	<0,010	C00-046-705 _X_1000	0,86	1.000	[0,80,1,2]	—	—	2020-09-17
Fer (Fe) (H2Lab-MET-211) a	0,010	mg/L	<0,010	C00-046-705 _X_1000	1,1	1.000	[0,80,1,2]	—	—	2020-09-18
Magnésium (Mg) (H2Lab-MET-211) a	0,02	mg/L	<0,02	C00-046-705 _X_1000	0,95	1.000	[0,80,1,20]	—	—	2020-09-17
Magnésium (Mg) (H2Lab-MET-211) a	0,02	mg/L	< 0,02	C00-046-705 _X_1000	1,05	1.000	[0,80,1,20]	—	—	2020-09-18
Manganèse (Mn) (H2Lab-MET-211) a	0,0005	mg/L	<0,0005	C00-046-705 _X_1000	0,0935	0.1000	[0,0800,0,120 0]	<0,0005	0,0009	2020-09-17
Manganèse (Mn) (H2Lab-MET-211) a	0,0005	mg/L	< 0,0005	C00-046-705 _X_1000	0,1038	0.1000	[0,0800,0,120 0]	—	—	2020-09-18
Molybdène (Mo) (H2Lab-MET-211) a	0,0005	mg/L	<0,0005	C00-046-705 _X_1000	0,0877	0.1000	[0,0800,0,120 0]	<0,0005	<0,0005	2020-09-17
Molybdène (Mo) (H2Lab-MET-211) a	0,0005	mg/L	< 0,0005	C00-046-705 _X_1000	0,0895	0.1000	[0,0800,0,120 0]	—	—	2020-09-18
Nickel (Ni) (H2Lab-MET-211) a	0,0005	mg/L	<0,0005	C00-046-705 _X_1000	0,0994	0.1000	[0,0800,0,120 0]	—	—	2020-09-17
Nickel (Ni) (H2Lab-MET-211) a	0,0005	mg/L	<0,0005	C00-046-705 _X_1000	0,1057	0.1000	[0,0800,0,120 0]	—	—	2020-09-18
Plomb (Pb) (H2Lab-MET-211) a	0,0002	mg/L	<0,00030	C00-046-705 _X_1000	0,08820	0.1000	[0,08001,0,119 99]	—	—	2020-09-17
Plomb (Pb) (H2Lab-MET-211) a	0,0002	mg/L	<0,00030	C00-046-705 _X_1000	0,08800	0.1000	[0,08001,0,119 99]	—	—	2020-09-18
Potassium (K) (H2Lab-MET-211) 2	0,05	mg/L	<0,05	C00-046-705 _X_1000	0,98	1.000	[0,80,1,20]	—	—	2020-09-17
Potassium (K) (H2Lab-MET-211) 2	0,05	mg/L	<0,05	C00-046-705 _X_1000	1,08	1.000	[0,80,1,20]	—	—	2020-09-18

Date d'émission du certificat : 2020-09-21  
Page 8 de 10

**CERTIFICAT D'ANALYSES**

Paramètre (méthode)	*LDR	Unité	Blanc	Standard				Duplicata		Analysé le
				Nom	Obtenue	Attendue	Intervalle	#1	#2	
Sélénium (Se) (H2Lab-MET-211) a	0,001	mg/L	< 0,001	C00-046-705 _X_1000	0,103	0.1000	[0,080,0,120]	< 0,001	< 0,001	2020-09-17
Sélénium (Se) (H2Lab-MET-211) a	0,001	mg/L	< 0,001	C00-046-705 _X_1000	0,103	0.1000	[0,080,0,120]	—	—	2020-09-18
Silicium (Si) (H2Lab-MET-211) 2	0,01	mg/L	<0,01	—	—	—	—	—	—	2020-09-17
Silicium (Si) (H2Lab-MET-211) 2	0,01	mg/L	<0,01	—	—	—	—	—	—	2020-09-18
Sodium (Na) (H2Lab-MET-211) a	0,0500	mg/L	<0,0500	C00-046-705 _X_1000	0,980	1.000	[0,800,1,20]	—	—	2020-09-17
Sodium (Na) (H2Lab-MET-211) a	0,0500	mg/L	< 0,0500	C00-046-705 _X_1000	1,03	1.000	[0,800,1,20]	—	—	2020-09-18
Tellure (Te) (H2Lab-MET-211) 2	0,0005	mg/L	<0,0005	C00-046-705 _X_1000	0,0864	0.1000	[0,0800,0,120 0]	<0,0005	<0,0005	2020-09-17
Tellure (Te) (H2Lab-MET-211) 2	0,0005	mg/L	<0,0005	C00-046-705 _X_1000	0,0972	0.1000	[0,0800,0,120 0]	—	—	2020-09-18
Titane (Ti) (H2Lab-MET-211) 2	0,01	mg/L	<0,01	—	—	—	—	—	—	2020-09-17
Titane (Ti) (H2Lab-MET-211) 2	0,01	mg/L	<0,01	—	—	—	—	—	—	2020-09-18
Uranium (U) (H2Lab-MET-211) 2	0,001	mg/L	<0,001	C00-046-705 _X_1000	0,091	0.1000	[0,080,0,120]	<0,001	<0,001	2020-09-17
Uranium (U) (H2Lab-MET-211) 2	0,001	mg/L	< 0,001	C00-046-705 _X_1000	0,091	0.1000	[0,080,0,120]	—	—	2020-09-18
Vanadium (V) (H2Lab-MET-211) a	0,0005	mg/L	<0,0005	C00-046-705 _X_1000	0,0949	0.1000	[0,0800,0,120 0]	<0,0005	<0,0005	2020-09-17
Vanadium (V) (H2Lab-MET-211) a	0,0005	mg/L	< 0,0005	C00-046-705 _X_1000	0,1027	0.1000	[0,0800,0,120 0]	—	—	2020-09-18
Zinc (Zn) (H2Lab-MET-211) a	0,001	mg/L	<0,001	C00-046-705 X 1000	0,105	0.1000	[0,080,0,120]	—	—	2020-09-17



125, boul Industriel  
Rouyn-Noranda (Québec) J9X 6P2  
Tél. : 819 797-0550  
Sans frais: 1 877 328-8890  
www.h2lab.ca

N° certificat : RNC10583  
N° client : 1233  
Réf. Client : Baril ouest

### CERTIFICAT D'ANALYSES

Paramètre (méthode)	*LDR	Unité	Blanc	Standard				Duplicata		Analysé le
				Nom	Obtenue	Attendue	Intervalle	#1	#2	
Zinc (Zn) (H2Lab-MET-211) a	0,001	mg/L	< 0,001	C00-046-705 _X_1000	0,110	0.1000	[0,080,0,120]	—	—	2020-09-18

**Légende :**

a : Paramètre(s) accrédité(s)      2 : analyse effectuée au laboratoire H2Lab à Rouyn-Noranda      \*LDR : Limite de détection rapportée

**Remarques :**

(293925) Échantillon pour démontrer la conformité.

L'appréciation de l'échantillon et sa conformité aux normes sont établies dans la limite des paramètres analysés, si applicable. Ce rapport ne peut être reproduit, sinon en entier, sans l'autorisation écrite du laboratoire. Les résultats ne se rapportent qu'aux échantillons soumis à l'essai.

**FIN DU RAPPORT**

Il est à noter que des échantillons solides de 0,5 g ont été digérés avec  $\text{HNO}_3$ ,  $\text{HCl}$ ,  $\text{HF}$  et  $\text{Br}_2$  tel qu'indiqué dans la section méthodologie, puis la solution a été ramenée à 100 mL et envoyé pour analyse en solution chez H2Lab. Les teneurs présentés dans le Tableau 4 du rapport (exprimés en mg/kg) provient du calcul, en tenant compte des concentrations en solution, du volume de 100 mL, et de la masse initiale pour chacun d'échantillons solides.