

## Annexe 10

Modification du chapitre 5.4 de l'étude d'impact sur l'environnement



## NOTE TECHNIQUE

**DESTINATAIRE :** Madame Marie-France Therrien, Mine Arnaud

**COPIE CONFORME À :** Monsieur Hugo Latulippe, Mine Arnaud  
Monsieur Bernard Massicotte, GENIVAR inc.

**EXPÉDITEURS :** Simon Latulippe, ing., GENIVAR inc.  
Denis Lord, ing. M. Sc, GENIVAR inc.

**DATE :** 21 novembre 2012

**OBJET :** **Modification du chapitre 5.4 de l'étude d'impact sur l'environnement – Projet minier Arnaud**  
**N/Réf. : 121-17926-00**

---

### Contexte

Mine Arnaud inc. (Mine Arnaud) a déposé une étude d'impact<sup>1</sup> sur l'environnement du projet minier Arnaud en mars 2012. Des demandes d'information ont été émises en avril 2012 par le comité fédéral, à la suite de l'analyse préliminaire de cette étude d'impact. Des questions ont également été adressées par le ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (MDDEP)<sup>2</sup> en juillet 2012.

GENIVAR inc. (GENIVAR) a été mandatée par Mine Arnaud à l'été 2012 afin de l'assister dans les réponses aux commentaires et questions permettant de compléter l'étude d'impact du projet minier Arnaud déposée par Roche ltée en mars 2012. Parmi les commentaires des autorités gouvernementales, la mise à jour de la section 5.4 était requise.

Ainsi, l'interprétation des résultats et les tableaux de résultats d'analyses chimiques ont été refaits par GENIVAR. Plusieurs questions du MDDEP portaient sur l'interprétation des résultats réalisés à partir de la moyenne des résultats et cette approche a été modifiée. Il est important de préciser que la section 5.4 a été réalisée par Roche ltée et que GENIVAR ne souhaite pas se l'approprier. Toutefois, GENIVAR accepte de réinterpréter les résultats dans le cadre de son mandat avec Mine Arnaud.

GENIVAR souhaite également se dissocier de la méthodologie d'échantillonnage et du laboratoire d'analyse. Dans le cas présent, le mandat de GENIVAR consiste uniquement à réinterpréter les résultats et ajuster la section en conséquence.

---

<sup>1</sup> Roche Ltée, Groupe Conseil, Projet minier Arnaud, Étude d'impact sur l'environnement, Rapport principal volume 1, réf : 059858-600-661 mars 2012)

<sup>2</sup> Ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs (MDDEFP) depuis septembre 2012.



## 5.4 Caractéristiques et gestion des solides (minerais, mort-terrain, stériles et résidus)

### 5.4.1 Généralités

Cette section présente les résultats des analyses du programme de caractérisation environnementale du matériel d'excavation (mort-terrain, stériles et minerais) ainsi que des résidus miniers<sup>3</sup> (phase solide et liquide) qui seront générés dans le cadre du projet.

Précisons d'abord la définition de résidus miniers tel que décrite dans la Directive 019. La définition complète est détaillée à l'annexe 1 de la Directive 019. Il s'agit de « toute substance solide ou liquide, à l'exception de l'effluent final, rejetée par l'extraction, la préparation, l'enrichissement et la séparation d'un minerai... »

Cette définition exclut les sols excavés considérés comme mort-terrain. La section 2.6 de la Directive précise que le mort-terrain doit être géré selon la version la plus récente de la Politique de protection des sols et de réhabilitation des terrains contaminés du MDDEP.

Ces analyses ont été réalisées afin de déterminer si le matériel va présenter des risques pour l'environnement à cause de son contenu en métaux totaux (fraction disponible dans l'environnement) ou de la teneur élevée en certains éléments (fluorures, sélénium, et hydrocarbures), leur lixivibilité et/ou de son potentiel à générer du drainage minier acide. Les objectifs de ce programme de caractérisation géochimique sont de :

- Classifier les déchets miniers selon la Directive 019 sur l'industrie minière et du Guide de valorisation des matières résiduelles inorganiques non dangereuses de source industrielle comme matériau de construction pour la préparation d'un plan de gestion (incluant de possibles options de valorisation);
- Déterminer la qualité de l'effluent minier probable et d'identifier des aspects chimiques environnementaux en rapport avec la gestion de l'eau et des déchets miniers.

En plus d'aider à une conception appropriée des aires d'accumulation qui prend en compte les propriétés des matériaux à accumuler, et à une évaluation des impacts du projet, la caractérisation du minerai et des résidus miniers (stériles et résidus miniers) permet de déterminer comment ces matériaux peuvent être valorisés.

Les méthodes utilisées pour caractériser les matériaux sont conformes à celles indiquées dans le *Guide de valorisation des matières résiduelles inorganiques non dangereuses de source industrielle comme matériau de construction* (Ministère de l'Environnement du Québec, 2002) ainsi que les récentes méthodes préconisées par le centre d'expertise en

---

<sup>3</sup> Des essais pilotes ont été réalisés afin de déterminer la meilleure méthode de traitement du minerai permettant de maximiser la récupération tout en ayant un produit de qualité. Durant ces essais pilotes, des échantillons de résidus ont été récoltés.

analyse environnementale du Québec (CEAEQ). Les différents résidus sont classés en fonction du risque qu'ils représentent pour l'environnement. Tout d'abord, d'après la Directive 019, les résidus miniers dont les concentrations en métaux n'excèdent pas les critères génériques « A »<sup>4</sup> de la Politique<sup>5</sup> du MDDEP et dont le lixiviat présente des concentrations inférieures aux valeurs les faisant classer comme « lixiviables » sont dits « à faibles risques ». Les résidus miniers excédant les critères « A » peuvent tout de même être considérés « à faibles risques » si leurs concentrations en métaux ne dépassent pas la teneur de fond à l'endroit de l'aire d'accumulation de résidus miniers. Si le lixiviat produit présente des concentrations supérieures aux limites maximales indiquées dans le tableau 1 de l'annexe 2 de la Directive 019, les résidus miniers sont classés comme étant « à risques élevés ».

D'autre part, les résidus miniers sont considérés comme « lixiviables » si, lorsque soumis à l'essai TCLP (EPA 1311), leur lixiviat présente des concentrations supérieures aux critères applicables pour la protection des eaux souterraines.

Afin de vérifier la lixivabilité des résidus miniers, les résultats d'essai TCLP ont donc été comparés aux critères de RESIE<sup>6</sup> du MDDEP.

De plus, les essais de lixiviation permettant de simuler des conditions similaires à ce que l'on retrouve dans la nature ont aussi été réalisés sur les échantillons soumis à l'essai TCLP. Ainsi, des essais de lixiviation SPLP (EPA 1312) simulant une pluie acide ainsi que des essais CTEU-9 simulant une lixiviation à l'eau ont ainsi été effectués. Ces analyses permettent le classement des matières résiduelles selon le guide préparé à cet effet.

#### **5.4.1.1 Processus de génération des matières résiduelles**

La description du processus de génération des matières résiduelles à gérer permet une évaluation préliminaire des différents contaminants susceptibles d'être présents sur le site.

Le mort-terrain sera enlevé de la fosse à l'aide d'excavatrices, alors que l'extraction des stériles et du minerai nécessitera l'usage d'explosifs à base de nitrate d'ammonium et de diesel (ANFO). Ces matériaux seront acheminés aux diverses aires d'accumulation qui leur sont réservées; le minerai sera empilé à l'aire d'accumulation située à côté du concasseur, alors que les stériles et le mort-terrain seront envoyés dans les aires d'accumulation situées autour de la fosse.

---

<sup>4</sup> Le critère « A » représente les teneurs de fond pour les métaux et métalloïdes établies statistiquement à partir de l'étude des distributions, issues des cinq provinces géologiques du Québec, calculées par le MRNF. Les valeurs attribuées sont généralement de l'ordre du 90<sup>e</sup> centile des distributions. Les valeurs de critère A retenues dans le cadre de ce projet sont celles de la province géologique de Grenville.

<sup>5</sup> Politique de protection des sols et de réhabilitation des terrains contaminés (MDDEP, 1998, révisée en 2001).

<sup>6</sup> Résurgence dans les eaux de surface ou infiltration dans les égouts.

Il faut préciser que le mort-terrain ne doit pas être considéré comme une matière résiduelle. Les résidus miniers sont pour leur part considérés comme des matières résiduelles, tel que spécifié dans le guide de valorisation des matières résiduelles inorganiques non dangereuses de source industrielle comme matériau de construction. Le mort-terrain est pour sa part exclu de la définition de résidus miniers, de la Directive 019 et de celle du guide de valorisation.

Le minerai sera traité au concentrateur où il sera concassé, broyé et fera l'objet d'une séparation magnétique et d'une séparation par flottation en milieu basique. Le broyage va permettre d'atteindre une granulométrie équivalente à celle du sable fin (environ 125 µm). La séparation magnétique permettra d'enlever la portion magnétique du minerai (magnétite et titanomagnétite). Suite à la flottation, le concentré d'apatite sera épaissi puis filtré à l'aide d'un filtre à bandes et séché dans un four électrique. Il sera ensuite stocké dans des silos situés près de l'aire de chargement, pour être ensuite acheminé dans des wagons fermés vers des silos situés au port de Sept-Îles.

Les deux rejets produits durant la concentration de l'apatite (résidus magnétiques et résidus de flottation) seront acheminés sous forme de pulpe dans des conduites vers des cellules séparées du parc à résidus. Le circuit de traitement du minerai permet la récupération et/ou la neutralisation des réactifs avant la déposition des résidus au parc à résidus à travers une recirculation de l'eau.

#### **5.4.1.2 Réactifs**

Les réactifs utilisés lors de la flottation sont: l'amidon de blé<sup>7</sup>, l'huile de soya (une huile végétale naturelle), l'hydroxyde de sodium<sup>8</sup> et un flocculant (possiblement le Flomin 905, un polymère anionique soluble à l'eau et non toxique). Les fiches signalétiques (MSDS) et la codification employées par le *Système d'information des matières dangereuses utilisées au travail* (SIMDUT) qui apparaissent, entre autres sur les contenants de matières dangereuses, constituent une source de renseignements qui permet de faciliter la classification et de diminuer le recours éventuel à des analyses chimiques (annexe 5.3.1). Ainsi, l'hydroxyde de sodium est le seul réactif pouvant être assimilé à une matière dangereuse.

#### **5.4.1.3 Matières dangereuses**

En considérant les propriétés des matières dangereuses telles que définies à l'article 3 (ainsi que les exclusions indiquées à l'article 2) du *Règlement sur les matières dangereuses*, on peut conclure que le mort-terrain et les résidus miniers ne peuvent être considérés comme matières dangereuses.

---

<sup>7</sup> L'amidon de blé est un produit purement naturel souvent utilisé en alimentation.

<sup>8</sup> L'hydroxyde de sodium ou soude caustique (NaOH) est utilisé en grande quantité par plusieurs industries, principalement en tant que base notamment pour la fabrication des pâtes et papiers, de produits chimiques et plastiques, du savon et de produits détergents en général, de certains textiles artificiels, de l'aluminium (traitement de la bauxite). La soude sert à réguler le pH et régénérer les résines échangeuses d'ions des stations de traitement des eaux. Ce produit est cependant corrosif.

## 5.4.2 Caractéristiques environnementales du minerai

### 5.4.2.1 Composition chimique élémentaire

La composition chimique des échantillons de minerai a été évaluée afin de comparer les résultats avec les critères de niveau A de la Politique tel que spécifié dans la Directive 019.

Le tableau 5.4.1 montre la composition chimique du minerai. Tous les paramètres analysés présentent des concentrations inférieures aux valeurs actuelles des critères « C » de la Politique du MDDEP.

De façon plus particulière, pour le cobalt, tous les échantillons analysés ont présenté des concentrations supérieures au critère « A » de la Politique. Six des 11 échantillons analysés pour le cuivre ont présenté des concentrations supérieures au critère « A » de la Politique. De même, les résultats de six des 11 échantillons soumis à l'analyse pour le manganèse ont présenté des concentrations supérieures au critère « A » et trois autres présentent des valeurs égales au critère « A » de la Politique. Enfin deux échantillons analysés pour le nickel présentent des résultats supérieurs au critère « A » de la Politique. Les résultats de tous les autres métaux et paramètres inorganiques analysés ont donné des résultats inférieurs aux valeurs du critère « A » de la Politique.

Il est à noter qu'actuellement, les valeurs des critères « A » et « B » pour le manganèse sont identiques pour la province géologique de Grenville. Cependant, le MDDEP est en démarche pour revoir les valeurs des teneurs de fond naturelles pour le manganèse<sup>9</sup>. La valeur de la teneur de fond en manganèse pour la province géologique de Grenville, correspondant au critère « A », passerait de 1 000 ppm à 1 445 ppm. Avec cette nouvelle valeur, il n'y aurait plus qu'un seul échantillon dont la concentration serait supérieure au critère « A ». Les valeurs des critères « B » et « C » seraient identiques et passeraient à la valeur de 3 000 ppm.

En somme, puisque tous les échantillons ont présenté des concentrations supérieures aux critères « A » de la Politique pour au moins un des métaux suivants, cobalt, cuivre, manganèse et nickel, l'ensemble des échantillons analysés a été soumis à des essais de lixiviation TCLP.

### 5.4.2.2 Essais de lixivabilité

Tel qu'indiqué par le Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec dans son document intitulé *MA. 100 – Lix.com. 1.1 – Protocole de lixiviation pour les espèces inorganiques*, il existe différents protocoles de lixiviation<sup>10</sup> reconnus par la USEPA (Agence pour la protection de l'environnement des États-Unis) et/ou Environnement Canada pour évaluer les caractéristiques d'un échantillon solide, notamment :

<sup>9</sup> MDDEP, Cadre de gestion des teneurs naturelles en manganèse dans le sol, 5<sup>e</sup> conférence environnementale MAXXAM, Québec, 20 septembre 2012

<sup>10</sup> Dans tous les cas, afin de favoriser la lixiviation des éléments chimiques, le solide est broyé à moins de 9,5 mm (pour le TCLP et le SPLP), voire 0,149 mm (pour le CTEU-9).



Tableau 5.4.1 Composition élémentaire chimique du minerai

Élément	Unité	Critères de comparaison				Résultats				Résultats						
						Échantillons analysés par COREM en Juin 2011				Échantillons analysés par COREM en Novembre 2011						
		A <sup>[1]</sup>	B <sup>[1]</sup>	C <sup>[1]</sup>	D <sup>[2]</sup>	S2 Carotte de forage	S3 Carotte de forage	RR Carotte de forage	RR/S2/S3 (Composite Carotte de forage)	S2 (Échantil lon en vrac)	S3 (Échantil lon en vrac)	S4 (Échantil lon en vrac)	S2 Carotte de forage	S3 Carotte de forage	S4 Carotte de forage	Chemin de fer Carotte de forage
<b>Métaux et métalloïdes</b>																
Aluminium	mg/kg	-	-	-	-	3 600	2 900	3 000	3 100	3 700	3 000	2 800	5 400	3 600	2 300	3 900
Argent	mg/kg	2	20	40	200	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,8	< 0,8	< 0,8	< 0,8	< 0,8	< 0,8	< 0,8
Arsenic	mg/kg	10	30	50	250	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Baryum	mg/kg	200	500	2 000	10 000	13	46	23	34	65	50	50	19	56	29	28
Cadmium	mg/kg	0,9	5	20	100	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Calcium	mg/kg	-	-	-	-	77 000	65 000	76 000	73 000	56 000	48 000	37 000	55 000	58 000	53 000	66 000
Chrome	mg/kg	45	250	800	4000	4	3	4	4	12	9	< 2	8	5	2	7
Cobalt	mg/kg	15	50	300	1500	<b>43</b>	<b>45</b>	<b>54</b>	<b>51</b>	<b>34</b>	<b>37</b>	<b>24</b>	<b>39</b>	<b>44</b>	<b>37</b>	<b>50</b>
Cuivre	mg/kg	50	100	500	2500	32	<b>70</b>	43	48	<b>240</b>	<b>200</b>	<b>130</b>	26	<b>57</b>	<b>78</b>	37
Étain	mg/kg	5	50	300	1500	1	2	1	2	< 4	< 4	< 4	< 4	< 4	< 4	< 4
Fer	mg/kg	-	-	-	-	41 000	76 000	72 000	75 000	70 000	80 000	69 000	59 000	95 000	75 000	86 000
Manganèse	mg/kg	1 000	1 000	2 200	11 000	460	<b>1 300</b>	<b>1 100</b>	1 000	1 000	<b>1 300</b>	<b>1 100</b>	530	<b>1 500</b>	1 000	<b>1 200</b>
Mercure	mg/kg	0,4	2	10	50	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
Molybdène	mg/kg	6	10	40	200	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Nickel	mg/kg	30	100	500	2500	19	10	20	16	<b>47</b>	<b>32</b>	4	21	13	8	23
Plomb	mg/kg	50	500	1 000	5 000	< 1	< 1	< 1	< 1	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Sélénium	mg/kg	3	3	10	50	1,1	1,3	1	1,1	1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Strontium	mg/kg	-	-	-	-	180	140	190	170	-	-	-	-	-	-	-
Titane	mg/kg	-	-	-	-	830	760	1 100	1 500	1 500	1 300	1 400	1 600	1 000	1 100	850
Uranium	mg/kg	-	-	-	-	< 2	< 2	< 2	< 2	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Zinc	mg/kg	100	500	1 500	7 500	49	63	65	61	70	77	76	73	90	87	88
<b>Autres</b>																
Chlorures	mg/kg	-	-	-	-	-	-	-	-	3	4	1	13	8	5	63
Sulfures	mg/kg	-	-	-	-	-	-	-	-	0,45	0,74	1,89	572	107	33,6	168
Fluor	mg/kg	-	-	-	-	-	-	-	-	340	3 040	2 750	2 980	3 820	3 720	3 400
Fluorure	mg/kg	200	400	2000	10000	-	-	-	-	< 1	1	2	< 1	< 1	< 1	< 1
pH	pH	-	-	-	-	-	-	-	-	5,76	5,32	5,20	9,03	9,11	7,31	8,59
Phosphore total	mg/kg	-	-	-	-	-	-	-	-	24 000	20 000	15 000	23 000	24 000	23 000	27 000

<sup>[1]</sup> Les critères utilisés proviennent de la politique de protection des sols et de réhabilitation des sites contaminés (MDDEP, 2001). Ces critères sont utilisés pour guider la gestion des sites contaminés et des résidus miniers. Le critère A représente les teneurs de fond pour les métaux et métalloïdes établie statistiquement à partir de l'étude des distribution issues de cinq provinces géologiques du Québec, calculées par le MRNF. Les valeurs attribuées sont généralement de l'ordre du 90e centile de distribution. Les valeurs du critère "A" présentées dans ce tableau sont celle de la province géologique de Grenville.

<sup>[2]</sup> Valeurs de l'Annexe I du Règlement sur l'enfouissement des sols contaminés (RESC)

**LÉGENDE:**

-	: Non défini ou non analysé
100	: Concentration < A
<u>100</u>	: Concentration = A
<b>100</b>	: Concentration > A et ≤ B
<b>100</b>	: Concentration > B et ≤ C
<b>100</b>	: Concentration > C et ≤ D
<b>100</b>	: Concentration > D



- La lixiviation pour l'évaluation de la mobilité des espèces inorganiques (Toxicity Characteristic Leaching Procedure (TCLP) ou EPA 1311) sert à évaluer si un résidu industriel est considéré comme une matière lixiviable. Cette lixiviation se fait à pH très acide (pH = 2,88 ou 4,93, selon le pouvoir neutralisant de l'échantillon, déterminé préalablement à l'essai TCLP lui-même);
- La lixiviation simulant l'effet des pluies acides (Synthetic Precipitation Leaching Procedure (SPLP) ou EPA 1312), qui sert à déterminer la concentration des espèces inorganiques susceptibles d'être lixiviées par les pluies acides afin d'évaluer les possibilités de valorisation des résidus industriels non dangereux. Cette lixiviation se fait à pH acide (pH = 4,20);
- La lixiviation à l'eau (CTEU-9), qui sert à déterminer la concentration des espèces inorganiques susceptibles d'être lixiviées en contact avec l'eau afin d'évaluer les possibilités de valorisation des résidus industriels non dangereux. Cette lixiviation se fait à pH neutre (pH = 7,0).

Les résultats des essais de lixivabilité TCLP, SPLP et CTEU-9 réalisés sur les échantillons de minerai ont été comparés aux critères de résurgence dans les eaux de surface et infiltration dans les égouts (RESIE) ainsi qu'aux fins de consommation de la Politique, de même qu'aux valeurs du tableau 1 de l'annexe 2 de la Directive 019 sur l'industrie minière. Le critère de comparaison RESIE sert d'abord à catégoriser les résidus miniers selon la Directive 019 (ex. : lixiviable, à risque élevé).

Les autres critères sont utilisés pour déterminer le potentiel de valorisation de ces matières résiduelles. Ils ne seront donc pas considérés dans l'analyse puisqu'il n'est pas envisagé de valoriser le minerai. Rappelons que le minerai est la base de l'exploitation minière et qu'il sera traité pour extraire l'apatite. Aucune valorisation n'est donc prévue.

Les résultats sont présentés au tableau 5.4.2. On y constate que :

- les résultats des essais TCLP (EPA 1311) obtenus dépassent la valeur de RESIE du cuivre pour six des 11 échantillons et de l'aluminium pour un seul échantillon;
- aucun résultat supérieur aux valeurs du tableau 1 de l'annexe 2 de la Directive 019 n'a été obtenu.

À la lumière de ces résultats, six des 11 échantillons de minerai ayant des composants en concentrations supérieures aux critères génériques « A » de la Politique ont montré des concentrations pour certains métaux supérieures aux critères de RESIE lors d'essais de lixiviation TCLP.

Le minerai est donc généralement caractérisé comme étant « lixiviable », mais n'est pas considéré « à risques élevés ».

#### **5.4.2.3 Potentiel de génération d'acide**

Les résultats du test de potentiel de génération d'acide des échantillons de minerai sont présentés au tableau 5.4.3.

Un résidu minier peut être défini comme potentiellement générateur d'acide quand :

- son contenu en soufre total est supérieur à 0,3 %;
- il montre un potentiel net de neutralisation d'acide<sup>11</sup> inférieur à 20 kg CaCO<sub>3</sub>/t ou un ratio PN/PA inférieur à 3.

D'après les résultats, le minerai n'a aucun potentiel de génération d'acide.

### **5.4.3 Caractéristiques environnementales du mort-terrain**

#### **5.4.3.1 Composition chimique élémentaire**

Le mort-terrain excavé lors de la préparation du site minier, en particulier la terre végétale, doit être conservé et entreposé pour les travaux de restauration ultérieurs. Si une contamination anthropique de mort-terrain est constatée ou suspectée, les quantités identifiées doivent être gérées en tenant compte des recommandations préconisées dans la Politique ainsi que des dispositions de la Directive 019 et des règlements applicables, soit : le Règlement sur l'enfouissement des sols contaminés (RESC) et le Règlement sur le stockage et les centres de transfert de sols contaminés (RSCTSC). Les valeurs de comparaison à utiliser à des fins de classement en vue d'une gestion appropriée du mort-terrain excavé sont les critères génériques de la Politique ainsi que les valeurs limites de l'annexe I du RESC.

Le tableau 5.4.4 présente la composition chimique élémentaire du mort-terrain. L'analyse des résultats inscrits indique que six des neuf échantillons analysés pour le baryum présentent des concentrations supérieures au critère « A » de la Politique. Des dépassements du critère « A » sont aussi observés en cobalt, puis en cobalt et en chrome pour deux de ces six échantillons.

Ces résultats impliquent que le mort-terrain peut être géré sans restriction sur le site même de la mine. Par contre, des limitations seront à considérer pour tenir compte de la réglementation applicable si des volumes de mort-terrain doivent être éliminés à l'extérieur du site.

#### **5.4.4 Caractéristiques environnementales des stériles**

Afin de respecter les principes des 3RVE (réduction, recyclage et récupération avant la valorisation et l'élimination), l'exploitant devrait évaluer le potentiel de réutilisation des résidus miniers, notamment les stériles.

---

<sup>11</sup> Le potentiel net de neutralisation est défini comme PN-PA, où PN représente « le Potentiel de Neutralisation d'Acide » et PA « le Potentiel de Génération d'Acide » tous deux exprimés en kgCaCO<sub>3</sub>/t. Un essai statique de génération d'acide, comme le test de Sobek modifié utilisé ici, permet la détermination à la fois de PN et PA d'un échantillon de roche.





Tableau 5.4.3 Potentiel de génération d'acide du minerai

Paramètre	Unité	Critère <sup>[1]</sup>	Résultats						
			SGS - Lakefield			COREM			
			PP-16 S2/3 Minerai composite / carottes de forage	PP-21 S2 Minerai	PP-23 S4 Minerai	S2 - Carotte de forage	S3 - Carotte de forage	RR - Carotte de forage	RR/S2/S3 Mélange Minerai
<b>Potentiel de génération d'acide</b>									
pH	unité pH	-	7,85	8,65	8,31	8,76	8,66	8,82	8,69
Potentiel de Neutralisation d'Acide (PN)	kg CaCO <sub>3</sub> /t	-	32,9	33,0	27,4	37,00	37,06	40,44	40,07
Potentiel de Génération d'Acide (PA)	kg CaCO <sub>3</sub> /t	-	1,75	0,40	1,91	8,44	7,50	7,50	8,44
Potentiel Net de Neutralisation d'Acide (PN-PA)	kg CaCO <sub>3</sub> /t	> 20	31,2	32,6	25,5	28,56	29,56	32,94	31,63
Ratio (PN/PA)	sans unité	> 3	18,8	83,1	14,4	4,38	4,94	5,39	4,75
Soufre total	%	< 0,3	0,132	0,036	0,136	0,27	0,24	0,24	0,27

<sup>[1]</sup> Directive 019 sur l'industrie minière (MDDEP, 2005)

Valeur ne rencontrant pas un des critères

Tableau 5.4.4 Composition élémentaire du mort-terrain

Élément	Unité	Critères de comparaison				Résultats								
		Mort-Terrain (n=9)												
		A [1]	B [1]	C [1]	D [2]	BH-4, SS-7, 23'6"-25'6"	BH-5, SS-5, 15'-17'	BH-6, SS-25, 68'-70'	BH-6, SS-5, 13'-15'	BH-10, SS-15, 68'3"-70'3"	BH-10, ST-8, 33'3"-35'3"	BH-10, ST-4, 13'3"-15'3"	BH-9, ST-4, 13'6"-13'8"	BH-9, ST-9, 38'6"-40'6"
Aluminium	mg/kg	-	-	-	-	4 300	5 500	3 800	14 000	19 000	21 000	20 000	21 000	23 000
Argent	mg/kg	2	20	40	200	0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Arsenic	mg/kg	10	30	50	250	0,5	<0,5	<0,5	<0,5	3,3	<0,5	4,0	<0,5	<0,5
Baryum	mg/kg	200	500	2 000	10 000	29	38	35	240	310	340	320	330	390
Cadmium	mg/kg	0,9	5	20	100	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Calcium	mg/kg	-	-	-	-	2 100	2 400	2 700	6 200	7 100	8 100	7 500	7 400	7 400
Chrome	mg/kg	45	250	800	4000	7	8	8	29	37	43	42	42	46
Cobalt	mg/kg	15	50	300	1500	5	4	6	12	15	16	15	15	17
Cuivre	mg/kg	50	100	500	2500	16	16	8	39	25	29	25	30	31
Étain	mg/kg	5	50	300	1500	1	2	1	2	2	2	1	1	1
Fer	mg/kg	-	-	-	-	8 200	9 600	9 200	29 000	35 000	43 000	38 000	41 000	52 000
Plomb	mg/kg	50	500	1 000	5 000	2	3	2	8	8	7	7	7	8
Manganèse	mg/kg	1 000	1 000	2 200	11 000	92	110	98	480	620	690	630	660	770
Mercuré	mg/kg	0,4	2	10	50	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Molybdène	mg/kg	6	10	40	200	<0,5	<0,5	<0,5	0,9	0,9	1,1	0,8	0,8	0,8
Nickel	mg/kg	30	100	500	2500	5,8	5,1	5,4	11	13	14	14	22	14
Sélénium	mg/kg	3	3	10	50	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Strontium	mg/kg	-	-	-	-	9	12	10	44	47	56	49	49	51
Titane	mg/kg	-	-	-	-	410	450	490	2 200	2 800	3 100	2 800	3 000	3 400
Uranium	mg/kg	-	-	-	-	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Zinc	mg/kg	100	500	1 500	7 500	16	18	16	63	76	76	76	77	85

[1] Les critères utilisés proviennent de la politique de protection des sols et de réhabilitation des sites contaminés (MDDEP, 2001). Ces critères sont utilisés pour guider la gestion des sites contaminés et des résidus miniers. Le critère A représente les teneurs de fond pour les métaux et métalloïdes établie statistiquement à partir de l'étude des distribution issues de cinq provinces géologiques du Québec, calculées par le MRNF. Les valeurs attribuées sont généralement de l'ordre du 90e centile de distribution. Les valeurs du critère "A" présentées dans ce tableau sont celle de la province géologique de Grenville.

[2] Valeurs de l'Annexe I du Règlement sur l'enfouissement des sols contaminés (RESC)

**LÉGENDE:**

-	: Non défini ou non analysé
100	: Concentration < A
100	: Concentration = A
100	: Concentration > A et ≤ B
100	: Concentration > B et ≤ C
100	: Concentration > C et ≤ D
100	: Concentration > D



#### 5.4.4.1 Composition chimique élémentaire

La caractérisation des stériles en regard des critères génériques de la Politique, de la Directive 019 et du Guide de valorisation des matières résiduelles inorganiques non dangereuses de source industrielle comme matériaux de construction a été réalisée.

Le tableau 5.4.5 présente la composition élémentaire des stériles. L'analyse des résultats inscrits indique que 10 des 12 échantillons analysés ainsi qu'un duplicata présentent des concentrations supérieures au critère « A » de la Politique pour le cobalt, quatre pour le cuivre et le nickel, un pour le chrome et un pour le sélénium. Il est à noter que pour ce dernier paramètre, les critères « A » et « B » sont identiques. Finalement, deux échantillons présentent des résultats supérieurs au critère « A » pour le manganèse. Il est à noter qu'actuellement les critères « A » et « B » sont identiques pour le manganèse et qu'un des résultats obtenus pour ce paramètre égale le critère « C » (2 200 ppm). Rappelons que le MDDEP est en démarche pour revoir les valeurs des teneurs de fond naturelles pour le manganèse. La valeur de la teneur de fond en manganèse pour la province géologique de Grenville, correspondant au critère « A », passerait de 1 000 ppm à 1 445 ppm. Les valeurs des critères « B » et « C » seraient identiques et passeraient à la valeur de 3 000 ppm. Avec ces nouvelles valeurs, il n'y aurait plus qu'un seul échantillon dont la concentration serait supérieure au critère « A », mais inférieure au critère « B ».

Plusieurs des résultats présentent des concentrations supérieures aux valeurs du critère « A » pour le chrome, le cobalt, le cuivre, le manganèse, le nickel et le sélénium et même supérieures au critère « B » pour le cobalt, le cuivre, le manganèse et le sélénium. Un résultat est actuellement égal au critère « C » pour le manganèse. Des essais de lixiviation ont donc été effectués sur les échantillons de stériles pour déterminer le niveau de risque que présentent les stériles pour l'eau souterraine.

#### 5.4.4.2 Essais de lixivabilité

*Caractérisation afin de prévoir le mode de gestion (Directive 019)*

Les résultats des essais de lixivabilité TCLP réalisés sur les échantillons de stériles ont été comparés aux critères de résurgence dans les eaux de surface et infiltration dans les égouts (RESIE) de même qu'aux valeurs du tableau 1 de l'annexe 2 de la Directive 019 sur l'industrie minière. Ils sont présentés au tableau 5.4.6. On y constate que :

- les résultats des essais TCLP (EPA 1311) obtenus dépassent la valeur de RESIE de l'aluminium pour 11 des 12 échantillons, du cuivre pour trois échantillons;
- aucun résultat supérieur aux valeurs du tableau 1 de l'annexe 2 de la Directive 019 n'a été obtenu.

À la lumière de ces résultats, 11 des 12 échantillons de stériles ayant des composants en concentrations supérieures aux critères génériques « A » de la Politique ont montré des concentrations pour certains métaux supérieures aux critères de RESIE lors d'essais de lixiviation TCLP. Les stériles sont caractérisés comme étant « lixiviables », mais ne sont pas considérés « à risque élevé ».

#### *Évaluation du potentiel de valorisation*

Les résultats des essais de lixivabilité TCLP, SPLP et CTEU-9 réalisés sur les échantillons de stériles ont été comparés aux critères d'eau potable, de même qu'aux valeurs du tableau 1 de l'annexe 2 de la Directive 019 sur l'industrie minière. Ils sont présentés au tableau 5.4.6. On y constate que :

- les résultats des essais TCLP (EPA 1311) obtenus dépassent les valeurs d'eau de consommation du manganèse pour tous les échantillons;
- les résultats des essais SPLP (EPA 1312) obtenus dépassent la valeur d'eau de consommation du manganèse pour un échantillon;
- les résultats des essais CTEU-9 obtenus n'indiquent aucun dépassement des valeurs d'eau de consommation pour tous les métaux analysés. Par contre, les valeurs d'eau de consommation du phosphore total sont dépassés pour cinq des 12 échantillons analysés.

À la lumière de ces résultats, tous les échantillons ont montré des concentrations supérieures aux critères d'eau de consommation pour au moins un métal.

Selon le guide de valorisation, les stériles ne sont pas dangereux. Cependant, ils ne passent pas le test de mobilité dû aux dépassements de la norme de potabilité. Ils sont donc classés de catégorie III.

#### **5.4.4.3 Potentiel de génération d'acide**

Les résultats du test de détermination du potentiel de génération d'acide réalisé sur les échantillons de stériles, qui sont présentés au tableau 5.4.7 indiquent que les stériles ne présentent aucun potentiel de génération d'acide, excepté pour un échantillon (échantillon 24574) sur les 12 analysés. Notons que quatre autres échantillons montrent un potentiel net de neutralisation d'acide inférieur à 20 kg CaCO<sub>3</sub>/t. L'échantillon n° 24574 provient d'un forage qui se situe entre les métrages 185,5 m et 186,9 m. Cet échantillon se situe stratigraphiquement sous l'horizon de Nelsonite, soit dans la magnétite du mur inférieur de la fosse projetée. Étant donné la position de cet échantillon, à savoir dans l'encaissant du mur inférieur de la fosse, les matériaux provenant de cet horizon seront dirigés vers le concentrateur et traités comme du minerais.

Tableau 5.4.5 Composition élémentaire des stériles

Elément	Unité	Critères de comparaison				Résultats													
		A <sup>[1]</sup>	B <sup>[1]</sup>	C <sup>[1]</sup>	D <sup>[2]</sup>	Stériles (n=12)													
						26350	27294	27266	26334	24561 Dup	24561	24574	21205	24541	21293	21282	24519	21261	
Aluminium	mg/kg	-	-	-	-	3 800	4 300	2 300	3 400	9 200	9 200	1 500	2 500	3 400	5 700	5 500	4 600	3 100	
Arsenic	mg/kg	10	30	50	250	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	1,0	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	
Baryum	mg/kg	200	500	2 000	10 000	7	110	57	15	17	17	6	34	42	11	35	46	57	
Cadmium	mg/kg	0,9	5	20	100	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	
Calcium	mg/kg	-	-	-	-	2 700	8 100	85 000	12 000	17 000	17 000	8 400	33 000	21 000	13 000	11 000	6 500	13 000	
Chrome	mg/kg	45	250	800	4000	21	41	4	12	11	11	1	<1	11	4	29	<b>58</b>	25	
Cobalt	mg/kg	15	50	300	1500	<b>44</b>	<b>21</b>	<b>32</b>	<b>24</b>	<b>30</b>	<b>30</b>	<b>78</b>	<b>20</b>	15	<b>32</b>	<b>43</b>	14	<b>21</b>	
Cuivre	mg/kg	50	100	500	2500	13	41	<b>100</b>	<b>52</b>	12	12	<b>55</b>	4	<b>380</b>	11	34	11	36	
Étain	mg/kg	5	50	300	1500	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	1	<1	1	1	<1	
Fer	mg/kg	-	-	-	-	84 000	41 000	53 000	39 000	56 000	56 000	51 000	100 000	30 000	57 000	75 000	23 000	36 000	
Plomb	mg/kg	50	500	1 000	5 000	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	
Manganèse	mg/kg	1 000	1 000	2 200	11 000	820	500	740	610	510	510	270	<b>2 200</b>	200	430	<b>1 100</b>	180	420	
Mercure	mg/kg	0,4	2	10	50	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	
Molybdène	mg/kg	6	10	40	200	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	
Nickel	mg/kg	30	100	500	2500	24	<b>34</b>	7,3	<b>46</b>	8,3	8,3	<0,5	<0,5	16	<0,5	<b>75</b>	<b>51</b>	23	
Sélénium	mg/kg	3	3	10	50	<0,5	<0,5	<b>3,9</b>	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	1	0,8	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	
Argent	mg/kg	2	20	40	200	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	
Strontium	mg/kg	-	-	-	-	23	32	180	47	74	74	24	81	57	38	57	31	32	
Titanium	mg/kg	-	-	-	-	5 100	980	1 000	680	550	550	2 200	830	810	2 700	490	950	1 100	
Uranium	mg/kg	-	-	-	-	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	
Zinc	mg/kg	100	500	1 500	7 500	42	53	62	32	52	52	48	68	43	44	52	32	30	

<sup>[1]</sup> Les critères utilisés proviennent de la politique de protection des sols et de réhabilitation des sites contaminés (MDDEP, 2001). Ces critères sont utilisés pour guider la gestion des sites contaminés et des résidus miniers. Le critère A représente les teneurs de fond pour les métaux et métalloïdes établie statistiquement à partir de l'étude des distribution issues de cinq provinces géologiques du Québec, calculées par le MRNF. Les valeurs attribuées sont généralement de l'ordre du 90e centile de distribution. Les valeurs du critère "A" présentées dans ce tableau sont celle de la province géologique de Grenville.

<sup>[2]</sup> Valeurs de l'Annexe I du Règlement sur l'enfouissement des sols contaminés (RESC)

**LÉGENDE:**

-	: Non défini ou non analysé
100	: Concentration < A
<u>100</u>	: Concentration = A
<b>100</b>	: Concentration > A et ≤ B
<b>100</b>	: Concentration > B et ≤ C
<b>100</b>	: Concentration > C et ≤ D
<b>100</b>	: Concentration > D



Tableau 5.4.6 Résultats des tests de lixiviation (1311, 1312 et CTEU-9) sur les stériles:

Paramètre	Unité	Critères			Résultats																																					
		Eaux souterraines <sup>[1]</sup>		Critère pour les résidus miniers à risques élevés <sup>[3]</sup>	26350			27294			27266			26334			24561			24574			21205			24541			21293			21282			24519			21261				
		RESIE <sup>[2]</sup>	Normes québécoises d'eau de consommation.		EPA 1311	EPA 1312	CTEU-9	EPA 1311	EPA 1312	CTEU-9	EPA 1311	EPA 1312	CTEU-9	EPA 1311	EPA 1312	CTEU-9	EPA 1311	EPA 1312	CTEU-9	EPA 1311	EPA 1312	CTEU-9	EPA 1311	EPA 1312	CTEU-9	EPA 1311	EPA 1312	CTEU-9	EPA 1311	EPA 1312	CTEU-9	EPA 1311	EPA 1312	CTEU-9	EPA 1311	EPA 1312	CTEU-9					
<b>Métaux et métalloïdes</b>																																										
Aluminium	mg/l	0,75	-	-	2,7	0,94	0,71	1,8	0,81	1,4	0,49	0,15	<0,08	1,4	0,78	0,78	1,1	1,2	0,61	3,4	0,79	0,20	1,1	0,79	0,45	1,3	0,79	0,67	0,98	0,28	<0,08	1,3	0,30	0,38	1,7	1,2	2,4	1,7	0,53	0,90		
Argent	mg/l	0,00062 <sup>aaa</sup>	0,1	-	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Arsenic	mg/l	0,34	0,025	5,0	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004
Baryum	mg/l	5,3 <sup>aaa</sup>	1	100	0,053	<0,005	<0,005	0,14	<0,005	0,12	<0,005	0,23	<0,005	<0,005	0,14	<0,005	<0,005	0,18	0,18	<0,005	0,076	<0,005	<0,005	0,42	<0,005	<0,005	0,20	<0,005	<0,005	0,070	<0,005	<0,005	0,068	<0,005	<0,005	0,13	<0,005	0,013	0,13	<0,005	0,005	
Cadmium	mg/l	0,0021 <sup>aaa</sup>	0,005	0,5	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Chrome	mg/l	-	0,05	5,0	<0,007	<0,007	<0,007	<0,007	<0,007	<0,007	<0,007	<0,007	<0,007	<0,007	<0,007	<0,007	<0,007	<0,007	<0,007	<0,007	<0,007	<0,007	<0,007	<0,007	<0,007	<0,007	<0,007	<0,007	<0,007	<0,007	<0,007	<0,007	<0,007	<0,007	<0,007	<0,007	<0,007	<0,007	<0,007	<0,007	<0,007	<0,007
Cobalt	mg/l	0,5	-	-	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,02	0,02	<0,01	0,09	<0,01	<0,01	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,10	<0,01	<0,01	0,04	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Cuivre	mg/l	0,0073 <sup>aaa</sup>	1	-	0,04	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,15	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Étain	mg/l	-	-	-	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Fer	mg/l	-	-	-	11	<2	<2	12	<2	3	10	<2	<2	9	<2	<2	7,5	8	<2	10	<2	<2	8	<2	<2	8	<2	<2	17	<2	<2	18	<2	<2	8	<2	3	17	<2	<2		
Manganèse	mg/l	-	0,05	-	0,98	<0,01	<0,01	1,6	<0,01	0,05	3,1	<0,01	<0,01	0,80	<0,01	0,01	1,1	1,0	0,01	0,62	<0,01	<0,01	0,86	<0,01	<0,01	0,93	<0,01	0,01	2,0	<0,01	<0,01	1,5	<0,01	<0,01	0,72	0,01	0,03	0,98	<0,01	0,02		
Mercure	mg/l	0,00013	0,001	0,1	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0002	<0,0001	<0,0001	1E-04	<0,0001	1E-04	<0,0001	<0,0001	1E-04	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	1E-04	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Molybdène	mg/l	2	0,07	-	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	
Nickel	mg/l	0,260 <sup>aaa</sup>	0,02	-	0,018	<0,006	<0,006	0,020	<0,006	<0,006	0,013	<0,006	<0,006	0,018	<0,006	<0,006	0,01	0,01	<0,006	0,011	<0,006	<0,006	0,009	<0,006	<0,006	0,016	<0,006	<0,006	0,020	<0,006	<0,006	0,015	<0,006	<0,006	0,019	<0,006	<0,006	0,014	<0,006	<0,006		
Plomb	mg/l	0,034 <sup>aaa</sup>	0,01	5,0	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Sélénium	mg/l	0,020	0,01	1,0	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	
Zinc	mg/l	0,067 <sup>aaa</sup>	5	-	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	
<b>Autres</b>																																										
Fluorures	mg/l	4	1,5	150	<0,1	<0,1	<0,1	0,2	<0,1	0,5	0,4	0,2	0,8	0,2	<0,1	0,3	0,1	<0,1	0,2	0,4	<0,1	0,2	0,5	0,1	0,5	0,2	<0,1	0,3	0,1	<0,1	0,1	<0,1	0,1	<0,1	0,2	0,1	<0,1	0,1	0,3	0,1	0,6	
Phosphore total (P)	mg/l	3 <sup>bbb</sup>	-	-	<0,02	0,03	0,33	<0,02	0,14	4,7	0,55	0,18	0,74	0,05	0,1	4,8	0,03	0,085	4,05	0,1	<0,02	0,07	0,3	0,15	0,36	0,1	0,13	11	<0,02	<0,02	0,17	0,04	0,1	1,2	0,04	0,18	2,1	0,14	0,29	12		

<sup>[1]</sup> Politique de protection des sols et de la réhabilitation des sites contaminés (MDDEP, 2001).

<sup>[2]</sup> Résurgence dans les eaux de surface ou infiltration dans les égouts

<sup>[3]</sup> Directive 019 sur l'industrie minière (MDDEP, 2005).

<sup>aaa</sup> Ce critère varie avec la dureté. La valeur indiquée correspond à une dureté de 50 mg CaCO<sub>3</sub> / l.

<sup>bbb</sup> Le critère de phosphore total vise à la base à limiter la croissance excessive d'algues et de plantes aquatiques dans les cours d'eau. Un critère plus sévère s'appliquerait à l'occasion de la résurgence de l'eau souterraine dans un cours d'eau s'écoulant vers un lac ou à l'occasion de la résurgence de l'eau souterraine dans un lac. Ces situations sont traitées sur une base de cas par cas.

**LÉGENDE:**

-	: Non défini ou non analysé
100	: Concentration > critère eau de consommation
100	: Critère RESIE < Concentration ≤ Directive 019
100	: Concentration > Directive 019



Tableau 5.4.7 Potentiel de génération d'acide du stériles

Paramètre	Unité	Critère <sup>[1]</sup>	Résultats											
			Échantillons de stériles											
			26350	27294	27266	26334	24561	24574	21205	24541	21293	21282	24519	21261
<b>Potentiel de génération d'acide</b>														
pH de la pâte	Unités pH	-	9,08	9,79	9,05	9,65	9,66	8,95	9,26	9,69	8,68	8,97	9,69	9,53
Potentiel de Neutralisation d'Acide (PN)	kg CaCO <sub>3</sub> /t	-	24,1	19,2	32,2	22,7	23,3	18,4	27,8	19,5	30,0	47,7	12,2	21,5
Potentiel de Génération d'Acide (PA)	kg CaCO <sub>3</sub> /t	-	1,56	<0.6	7,50	0,31	2,81	11,25	1,88	2,50	3,75	5,94	<0.6	1,56
Potentiel Net de Neutralisation d'Acide (PN-PA)	kg CaCO <sub>3</sub> /t	> 20	22,5	19,2	24,7	22,4	20,5	7,2	25,9	17,0	26,3	41,7	12,2	19,9
Ratio (PN/PA)	sans unités	> 3	15,4	> 31,9	4,3	72,6	8,3	1,6	14,8	7,8	8,0	8,0	> 20,3	13,7
Soufre sulfates	%	-	0,02	0,02	0,01	0,02	0,01	0,18	0,10	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Soufre sulfure	%	-	0,05	<0.02	0,24	0,01	0,09	0,36	0,06	0,08	0,12	0,19	<0.02	0,05
Soufre total	%	< 0,3	0,07	<0.02	0,25	0,03	0,10	0,54	0,16	0,08	0,12	0,19	<0.02	0,05

<sup>[1]</sup> Directive 019 sur l'industrie minière (MDDEP, 2005)

Valeur ne rencontrant pas un des critères

## 5.4.5 Caractéristiques environnementales des résidus

### 5.4.5.1 Composition chimique élémentaire

Le tableau 5.4.8 montre la composition chimique élémentaire des résidus de flottation. Les résultats obtenus pour le manganèse, le cobalt, le cuivre excèdent fréquemment le critère « B » de la Politique, alors que le nickel, le chrome et le zinc excèdent occasionnellement le critère « A ». Le contenu en soufre se retrouve généralement sous le critère « A ». Un seul échantillon se retrouve dans la plage « B-C » pour ce paramètre. Ces résultats demeurent bien en dessous du critère de 0,3 % utilisé pour déterminer si un matériau a un potentiel pour générer de l'acide<sup>12</sup> (voir section 5.4.5.3).

Pour les résidus magnétiques (tableau 5.4.9), trois échantillons ont été analysés. Les résultats montrent que le cobalt excède le critère « B » de la Politique pour deux échantillons et le critère « A » pour l'autre, alors que le chrome et le cuivre excèdent le critère « A » pour tous les échantillons, et le zinc pour deux d'entre eux.

### 5.4.5.2 Essais de lixivibilité

Flottation

Les résultats des essais de lixivibilité TCLP, SPLP et CTEU-9 réalisés sur les échantillons de résidus de flottation ont été comparés aux critères de résurgence dans les eaux de surface et infiltration dans les égouts (RESIE) ainsi qu'aux fins de consommation de la Politique, de même qu'aux valeurs du tableau 1 de l'annexe 2 de la Directive 019 sur l'industrie minière.

Les normes du Règlement sur les effluents des mines de métaux (REMM) ont été ajoutées. Ils sont présentés au tableau 5.4.10. On y constate que :

- les résultats des essais TCLP (EPA 1311) obtenus dépassent la valeur de RESIE du cuivre pour tous les échantillons. On note un dépassement de la norme canadienne du REMM pour le cuivre pour un seul échantillon (Rejet final/Épouseur). On note un dépassement des valeurs d'eau de consommation pour tous les échantillons en manganèse et pour sept des huit échantillons en nickel analysés;
- les résultats des essais SPLP (EPA 1312) obtenus respectent les valeurs d'eau de consommation et de la norme canadienne du REMM pour tous les métaux analysés;
- les résultats des essais CTEU-9 obtenus dépassent les valeurs d'eau de consommation pour cinq échantillons pour le manganèse et un pour le plomb, mais aucun dépassement de la norme canadienne du REMM pour tous les métaux analysés;
- aucun résultat supérieur aux valeurs du tableau 1 de l'annexe 2 de la Directive 019 n'a été obtenu.

---

<sup>12</sup> On peut aussi noter que les concentrations en sulfures restent très basses.



Tableau 5.4.8 Composition chimique élémentaire des résidus de flottation

Élément	Unité	Critères			Résultats										
		Québec - Critères de protection des sols <sup>(1)</sup>			Échantillons de minerai analysés par COREM en Novembre 2011										
		Critère A	Critère B	Critère C	Rejet nettoyeur/épuiseur	40276-5 (Rejet final/ Mélange)	40276-6 (Produit Magnétique)	40276-7 (Produit Magnétique et Rejet final)	Rejet final (pail1/3)	Final tails Dup. De Lab.	Rejet final (pail1/3)	Final tails Dup. De Lab.	Rejet final (A)	Rejet final (B)	Rejet final /Epuiseur
<b>Métaux et métalloïdes</b>															
Aluminium	mg/kg	-	-	-	4 200	1 800	2 400	1 600	2 900	-	3 100	3 400	3 700	7 700	
Argent	mg/kg	2	20	40	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,8	-	<0,8	<0,8	<0,8	<0,8	
Arsenic	mg/kg	10	30	50	7	6	<5	<5	<5	-	<5	<5	<5	<5	
Barium	mg/kg	200	500	2 000	99	40	14	34	51	-	54	61	70	130	
Cadmium	mg/kg	0,9	5	20	0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,5	-	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	
Calcium	mg/kg	-	-	-	25 000	7 700	2 400	5 700	5 300	-	5 900	11 000	13 000	40 000	
Chrome	mg/kg	45	250	800	91	22	69	14	19	-	22	29	29	120	
Cobalt	mg/kg	15	50	300	57	42	32	40	49	-	51	55	52	75	
Cuivre	mg/kg	50	100	500	320	130	55	110	150	-	150	150	150	440	
Étain	mg/kg	5	50	300	2	2	2	1	<4	-	<4	<4	<4	<4	
Fer	mg/kg	-	-	-	100 000	100 000	180 000	100 000	110 000	-	110 000	120 000	110 000	120 000	
Manganèse	mg/kg	1 000	1 000	2 200	1 400	1 700	840	1 700	2 000	-	2 100	2 300	2 100	1 900	
Mercuré	mg/kg	0,4	2	10	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,02	-	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	
Molybdène	mg/kg	6	10	40	1	<0,5	2	<0,5	<1	-	<1	<1	<1	<1	
Nickel	mg/kg	30	100	500	29	22	23	23	29	-	31	34	32	47	
Plomb	mg/kg	50	500	1 000	8	2	<1	1	<5	-	<5	<5	<5	9	
Sélénium	mg/kg	3	3	10	0,9	<0,5	<0,5	<0,5	<1	-	<1	<1	<1	1	
Strontium	mg/kg	-	-	-	69	23	8	17	-	-	-	-	-	-	
Thorium	mg/kg	-	-	-	1,6	0,8	<0,5	<0,5	-	-	-	-	-	-	
Titane	mg/kg	-	-	-	1 100	660	10 000	590	870	-	960	980	1 000	1 500	
Uranium	mg/kg	-	-	-	<2	<2	<2	<2	<5	-	<5	<5	<5	<5	
Zinc	mg/kg	100	500	1 500	80	67	89	66	98	-	100	110	100	140	
<b>Autres</b>															
Chlorures (Cl)	mg/kg	-	-	-	-	-	-	-	5	-	7	7	8	10	
Fluor	mg/kg	-	-	-	-	-	-	-	310	-	310	420	480	1 700	
Fluorure	mg/kg	200	400	2000	-	-	-	-	3	-	2	2	2	2	
pH	pH	-	-	-	-	-	-	-	7,98	-	7,95	7,97	8,31	8,38	
Phosphore	mg/kg	-	-	-	-	-	-	-	2 100	-	2 400	4 100	5 100	14 000	
Soufre (S)	mg/kg	400	1000	2000	-	-	-	-	330	-	340	330	350	950	
Sulphures	mg/kg	-	-	-	-	-	-	-	0,56	-	0,52	0,77	0,54	0,30	

<sup>(1)</sup> Les critères utilisés proviennent de la politique de protection des sols et de réhabilitation des sites contaminés (MDDEP, 2001). Ces critères sont utilisés pour guider la gestion des sites contaminés et des résidus miniers. Le critère A représente les teneurs de fond pour les métaux et métalloïdes établies statistiquement à partir de l'étude de distribution issues de cinq provinces géologiques du Québec, calculées par le MRNF. Les valeurs attribuées sont généralement de l'ordre du 90e centile de distribution. Les valeurs du critère "A" présentées dans ce tableau sont celles de la province géologique de Grenville.

**LÉGENDE:**

-	: Non défini ou non analysé
100	: Concentration < A
100	: Concentration = A
100	: Concentration > A et ≤ B
100	: Concentration > B et ≤ C
100	: Concentration > C et ≤ D
100	: Concentration > D

Tableau 5.4.9 Composition élémentaire des résidus magnétiques

Élément	Unité	Critères			Résultats (Échantillons COREM)		
		Québec - Critères de protection des sols <sup>[1]</sup>			Échantillons analysés en Juin 2011	Échantillons analysés en Novembre 2011	
		Critère A	Critère B	Critère C		40276-6 (Rési. Mag.)	Rejet Magnétique (11/04/2011) (A)
<b>Métaux et métalloïdes</b>							
Aluminium	mg/kg	-	-	-	2 400	3 200	3 200
Argent	mg/kg	2	20	40	<0,5	< 0,8	< 0,8
Arsenic	mg/kg	10	30	50	<5	< 5	< 5
Baryum	mg/kg	200	500	2 000	14	18	16
Cadmium	mg/kg	0,9	5	20	<0,1	< 0,5	< 0,5
Calcium	mg/kg	-	-	-	2 400	6 900	5 500
Chrome	mg/kg	45	250	800	<b>69</b>	<b>110</b>	<b>100</b>
Cobalt	mg/kg	15	50	300	<b>32</b>	<b>72</b>	<b>68</b>
Cuivre	mg/kg	50	100	500	<b>55</b>	<b>93</b>	<b>89</b>
Étain	mg/kg	5	50	300	2	< 4	< 4
Fer	mg/kg	-	-	-	180 000	170 000	170 000
Manganèse	mg/kg	1 000	1 000	2 200	840	930	960
Mercure	mg/kg	0,4	2	10	<0,01	< 0,02	< 0,02
Molybdène	mg/kg	6	10	40	2	1	1
Nickel	mg/kg	30	100	500	23	23	23
Plomb	mg/kg	50	500	1 000	<1	< 5	< 5
Sélénium	mg/kg	3	3	10	<0,5	< 1	< 1
Strontium	mg/kg	-	-	-	8	-	-
Thorium	mg/kg	-	-	-	<0,5	-	-
Titane	mg/kg	-	-	-	10 000	9 300	10 000
Tungstène	mg/kg	-	-	-	-	-	-
Uranium	mg/kg	-	-	-	<2	< 5	< 5
Vanadium	mg/kg	-	-	-	-	-	-
Yttrium	mg/kg	-	-	-	-	-	-
Zinc	mg/kg	100	500	1 500	89	<b>160</b>	<b>160</b>

<sup>[1]</sup> Les critères utilisés proviennent de la politique de protection des sols et de réhabilitation des sites contaminés (MDDEP, 2001). Ces critères sont utilisés pour guider la gestion des sites contaminés et des résidus miniers. Le critère A représente les teneurs de fond pour les métaux et métalloïdes établie statistiquement à partir de l'étude des distributions issues de cinq provinces géologiques du Québec, calculées par le MRNF. Les valeurs attribuées sont généralement de l'ordre du 90e centile de distribution. Les valeurs du critère "A" présentées dans ce tableau sont celle de la province géologique de Grenville.

**LÉGENDE:**

-	: Non défini ou non analysé
100	: Concentration < A
<u>100</u>	: Concentration = A
<b>100</b>	: Concentration > A et ≤ B
<b>100</b>	: Concentration > B et ≤ C
<b>100</b>	: Concentration > C et ≤ D
<b><u>100</u></b>	: Concentration > D





À la lumière de ces résultats, les résidus de flottation sont donc caractérisés comme étant « lixiviables », mais ne sont pas considérés « à risque élevé » selon la Directive 019.

En fonction du guide de valorisation, ils sont classifiés non dangereux et de catégorie III. Pour l'instant, il n'est pas prévu de valoriser ces matériaux.

### Magnétique

Les résultats des essais de lixiviation réalisés sur les résidus magnétiques sont indiqués au tableau 5.4.11. On y constate que :

- les résultats des essais TCLP (EPA 1311) obtenus dépassent la valeur de RESIE du cuivre pour tous les échantillons et du zinc pour deux échantillons. On ne note aucun dépassement de la norme canadienne du REMM pour tous les métaux analysés;
- les résultats des essais SPLP (EPA 1312) obtenus dépassent les valeurs d'eau de consommation de tous les échantillons pour le manganèse et d'un seul échantillon pour le nickel, mais aucun dépassement de la norme canadienne du REMM pour tous les métaux analysés;
- les résultats des essais CTEU-9 obtenus dépassent les valeurs d'eau de consommation de tous les échantillons pour le manganèse et de deux échantillons pour le nickel, mais aucun dépassement et de la norme canadienne du REMM pour tous les métaux analysés;
- aucun résultat supérieur aux valeurs du tableau 1 de l'annexe 2 de la Directive 019 n'a été obtenu.

À la lumière de ces résultats, tous les échantillons de résidus magnétiques ayant des composants en concentrations supérieures aux critères génériques « A » de la Politique ont montré des concentrations en cuivre et à deux reprises en zinc supérieures aux critères de RESIE lors d'essais de lixiviation TCLP.

Les résidus magnétiques sont caractérisés comme « lixiviables », mais ne sont pas considérés « à risque élevé » selon la Directive 019.

Selon le guide de valorisation, ils ne sont pas dangereux et sont classés de catégorie III.

#### **5.4.5.3 Potentiel de génération d'acide**

Les résultats du test de potentiel de génération d'acide réalisé sur des échantillons composites de résidus, qui sont présentés au tableau 5.4.12 indiquent que les résidus ne présentent aucun potentiel de génération d'acide. Ces résultats ne sont pas surprenants puisque le minerai ne présente aucun potentiel de génération d'acide.

Tableau 5.4.11 Résultats des essais de lixiviation sur les résidus magnétiques

Paramètre	Unité	Critères				Résultats								
		Eaux souterraines <sup>[1]</sup>		Critère pour les résidus miniers à risques élevés <sup>[3]</sup>	Concentrations moyennes mensuelles maximales permises <sup>[4]</sup>	Échantillons analysés en Juin 2011			Échantillons analysés en Novembre 2011					
		RESIE <sup>[2]</sup>	Eau de consommation <sup>[2]</sup>			(Produit magnétique)	Résidus magnétiques (2011/04/11) (A)	Résidus magnétiques (2011/04/11) (B)						
<b>Métaux et métalloïdes</b>														
Aluminium	mg/l	0,75	-	-	-	0,3	<0,08	0,12	0,43	<0,08	<0,8	0,44	0,27	<0,8
Argent	mg/l	0,00062 <sup>aaa</sup>	0,1	-	-	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,1	<0,01	<0,01	<0,1
Arsenic	mg/l	0,34	0,025	5,0	0,5	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,04	<0,004	<0,004	<0,04
Baryum	mg/l	5,3 <sup>aaa</sup>	1	100	-	0,11	0,01	0,029	0,14	0,010	0,05	0,14	<0,005	<0,05
Cadmium	mg/l	0,0021 <sup>aaa</sup>	0,005	0,5	-	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,02	<0,002	<0,002	<0,02
Chrome	mg/l	-	0,05	5	-	<0,007	<0,007	<0,007	<0,007	<0,007	<0,07	<0,007	<0,007	<0,07
Cobalt	mg/l	0,5	-	-	-	0,07	0,06	0,31	0,19	0,06	0,3	0,19	0,01	<0,1
Cuivre	mg/l	0,0073 <sup>aaa</sup>	1	-	0,3	<b>0,19</b>	<b>0,03</b>	<b>0,08</b>	<b>0,06</b>	<0,02	<b>0,2</b>	<b>0,09</b>	<0,02	<0,2
Étain	mg/l	-	-	-	-	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,5	<0,05	<0,05	<0,5
Fer	mg/l	-	-	-	-	<2	<2	<2	<2	<2	<20	<2	<2	<20
Manganèse	mg/l	-	0,05	-	-	<b>0,98</b>	<b>0,97</b>	<b>4,1</b>	<b>0,97</b>	<b>0,54</b>	<b>3,5</b>	<b>0,82</b>	<b>0,11</b>	<b>0,6</b>
Mercurure	mg/l	0,00013	0,001	0,1	-	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,1	<0,01	<0,01	<0,1
Molybdène	mg/l	2	0,07	-	-	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,1	<0,01	<0,01	<0,1
Nickel	mg/l	0,260 <sup>aaa</sup>	0,02	-	0,5	<b>0,044</b>	<b>0,034</b>	<b>0,17</b>	<b>0,044</b>	0,014	<b>0,09</b>	<b>0,046</b>	<0,006	<0,06
Plomb	mg/l	0,034 <sup>aaa</sup>	0,01	5	0,2	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,1	<0,01	<0,01	<0,1
Sélénium	mg/l	0,02	0,01	1	-	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,05	<0,005	<0,005	<0,05
Zinc	mg/l	0,067 <sup>aaa</sup>	5	-	1	<0,2	<0,2	<b>0,3</b>	<b>0,5</b>	<0,2	<2	<b>0,2</b>	<0,2	<2
<b>Autres</b>														
Fluorures	mg/l	4	1,5	150	-	0,2	<0,1	0,2	0,1	<0,1	0,1	0,2	0,1	0,2
Phosphore total (P)	mg/l	3 <sup>bbb</sup>	-	-	-	0,56	0,22	0,17	<0,02	<0,02	0,03	0,02	0,26	0,02

<sup>[1]</sup> Politique de protection des sols et de la réhabilitation des sites contaminés (MDDEP, 2001). Pour la résurgence des eaux de surface

<sup>[2]</sup> Résurgence dans les eaux de surface ou infiltration dans les égouts

<sup>[3]</sup> Directive 019 sur l'industrie minière (MDDEP, 2005).

<sup>[4]</sup> Règlement sur les effluents des mines de métaux (REMM), Ministère de la Justice Canada

<sup>aaa</sup> Ce critère augmente avec la dureté. La valeur indiquée correspond à une dureté de 50 mg CaCO<sub>3</sub>/l. Voir « Critères de qualité de l'eau de surface au Québec » (MDDEP, 2009).

<sup>bbb</sup> Le critère de phosphore total vise à la base à limiter la croissance excessive d'algues et de plantes aquatiques dans les cours d'eau. Un critère plus sévère s'appliquerait à l'occasion de la résurgence de l'eau souterraine dans un cours d'eau s'écoulant vers un lac ou à l'occasion de la résurgence de l'eau souterraine dans un lac. Ces situations sont traitées sur une base de cas par cas.

**LÉGENDE:**

-	: Non défini ou non analysé
100	: Concentration > critère eau de consommation
100	: Critère RESIE < Concentration ≤ Directive 019
100	: Concentration > Directive 019

Tableau 5.4.12 Potentiel de génération acide des résidus

Paramètre	Unité	Critère [1]	Résultats				Moyenne (n = 3)
			SGS - Lakefield (Résidus combinés)				
			PP-16C	PP-21	PP-23		
pH	unité de pH	-	8,79	9,30	8,43	-	
Potentiel de neutralisation acide (PNA)	kg CaCO <sub>3</sub> /t	-	30,5	23,1	19,2	24,3	
Potentiel de génération acide (PGA)	kg CaCO <sub>3</sub> /t	-	1,34	0,31	1,57	1,07	
Potentiel net de neutralisation acide (PNA-PGA)	kg CaCO <sub>3</sub> /t	> 20	29,2	22,8	<b>17,6</b>	23,2	
Ratio (PNA/PGA)	-	> 3	22,7	74,5	12,3	36,5	
Soufre total	%	< 0,3	0,094	0,025	0,096	0,072	

[1] Directive 019 sur l'industrie minière (MDDEP, 2005)

**Valeur ne rencontrant pas un des critères**

#### **5.4.6 Caractéristiques environnementales de l'eau associée aux résidus**

Les échantillons d'eau<sup>13</sup> correspondant au surnageant de la pulpe de résidus ont été analysés et les résultats sont présentés au tableau 5.4.13.

Les eaux associées aux résidus présentent un pH de 10,4 à 10,7, correspondant au pH auquel l'apatite est flottée. Durant l'exploitation, ce pH devrait chuter naturellement sous la valeur de 9,5 avant que l'effluent final ne soit déversé dans l'environnement, notamment à cause des pluies acides qui tombent sur les aires d'accumulation et les eaux acides de surface<sup>14</sup>.

Les solides totaux en suspension (MES) dans l'eau associée aux résidus sont demeurés au-dessus de 15 mg/l parce que le temps de sédimentation requis pour la préparation des échantillons de surnageant a été trop court pour permettre aux solides contenus dans les échantillons de pulpe de sédimenter suffisamment.

Les concentrations en aluminium sont demeurées relativement élevées dans l'eau associée aux résidus, et sont habituellement au dessus du critère pour la protection des eaux souterraines. La majeure partie (environ 90 %) de cet aluminium se rapporte à la phase dissoute, ce métal étant relativement soluble à de tels pH (10,5). La réduction des pH sous 9,5 avant le rejet de l'effluent final aidera à réduire ces concentrations en aluminium dissous. Tous les autres paramètres sont restés sous les critères environnementaux de qualité en dépit des concentrations relativement élevées de solides en suspension.

Ces résultats permettent de croire que la qualité de l'effluent final respectera les normes environnementales en vigueur sans même qu'il y ait besoin d'un quelconque traitement (si ce n'est pour le contrôle des matières en suspension). Un traitement sera néanmoins effectué sur cet effluent avant son rejet dans le milieu et des essais sur la qualité seront effectués régulièrement pour assurer la qualité de celui-ci.

#### **5.4.7 Conclusion de la caractérisation environnementale**

Le tableau 5.4.14 présente une synthèse de tous les résultats en dépassement des critères utilisés pour la classification du matériel d'excavation (mort-terrain, stériles et minéral), ainsi que des résidus miniers (phase solide et liquide) qui seront générés dans le cadre du projet. Les principales conclusions qui en découlent sont décrites aux sections suivantes.

---

<sup>13</sup> Ces échantillons sont obtenus durant un essai pilote réalisé par COREM pour optimiser le traitement du minéral. Les analyses de l'eau associée aux résidus échantillonnées durant l'essai pilote réalisé par SGS Lakefield n'ont pas été utilisées, comme le traitement du minéral était tout à fait différent de celui sélectionné par le projet.

<sup>14</sup> Dans le cas d'un événement peu probable où le pH de l'effluent demeure au dessus de 9, dans le bassin de polissage, un traitement (barbotage de CO<sub>2</sub>) sera possible afin de réduire les niveaux de pH.



Tableau 5.4.13 Caractéristiques physico-chimiques de l'eau associée aux résidus (surnageant)

Paramètre	Unité	Critères			Résultats	
		Critère pour les résidus miniers à risques élevés [2]	Concentration maximale permise dans un échantillon instantané [4]	Protection de la vie aquatique [5]	Dir. 019	COREM
<b>Caractéristiques physico-chimiques de base</b>						
DBO <sub>5</sub> (Demande biochimique en	mg O <sub>2</sub> /l	-	-	-	45	61
pH		-	<b>6,0 - 9,5</b>	<b>6,5 - 9,0</b>	<b>6,5 - 9,0</b>	<b>10,6</b>
Alcalinité totale	mg CaCO <sub>3</sub> /l	-	-	-	110	130
Solides totaux en suspension (MES)	mg/l	-	30	-	14	<b>27</b>
Solides totaux dissous	mg/l	-	-	-	430	450
DOC (Demande chimique en oxygène)	mg/l	-	-	-	95	98
Dureté totale	mg CaCO <sub>3</sub> /l	-	-	-	54	68
Hydrocarbures pétroliers totaux (C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub> )	µg/l	-	-	-	<100	<100
<b>Nutriments et ions</b>						
Azote totale Kjeldahl (TKN)	mg/l	-	-	-	2	1
Chlorures	mg/l	-	-	-	63	61
Sulfates (SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> )	mg/l	-	-	-	89	93
Fluorures	mg/l	150	-	-	1,2	1,1
Nitrites (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> ) + Nitrates (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	mg N/l	-	-	-	<0,2	0,4
Phosphore total (P)	mg P/l	-	-	-	0,9	1,6
<b>Métaux et métalloïdes</b>						
Aluminium	mg/l	-	-	<b>0,005 [5]</b>	<b>0,21</b>	<b>0,31</b>
Arsenic	mg/l	5,0	1,00	0,005	<0,001	<0,001
Cadmium	mg/l	0,5	-	0,000017 [W]	<0,0003	<0,0003
Calcium	mg/l	-	-	-	21	26
Chrome	mg/l	5,0	-	-	<0,005	<0,005
Cobalt	mg/l	-	-	-	<0,005	<0,005
Cuivre	mg/l	-	0,60	0,002 [Z]	<0,005	<0,005
Fer	mg/l	-	-	-	0,65	1,1
Magnésium	mg/l	-	-	-	1,6	1,1
Manganèse	mg/l	-	-	-	0,013	0,022
Mercurure	mg/l	0,1	-	0,0001	<0,0001	<0,0001
Molybdène	mg/l	-	-	0,073	0,0072	0,0083
Nickel	mg/l	-	1,00	0,025 [CC]	<0,002	<0,002
Plomb	mg/l	5,0	0,40	0,001 [DD]	<0,001	<0,001
Potassium	mg/l	-	-	-	3,4	3,2
Silicium	mg/l	-	-	-	6,7	7,5
Sodium	mg/l	-	-	-	120	130
Zinc	mg/l	-	1,00	-	<0,007	<0,007

**Les valeurs excédant un des critères sont surlignées, en caractères gras et italiques.**

[1] Politique de protection des sols et de la réhabilitation des sites contaminés (MDDEP, 2001). Pour la résurgence des eaux de surface

[2] Directive sur l'industrie minière (MDDEP, 2005).

[3] Directives environnementales, sanitaires et sécuritaires pour les mines (IFC, December 2007)

[4] Règlement sur les effluents de mines de métaux

[5] Conseil canadien des ministres de l'environnement (CCME), 2007. Recommandations canadiennes pour la qualité des eaux: protection de la vie aquatique. Ce critère augmente avec la dureté. La valeur indiquée correspond à une dureté de 50 mg CaCO<sub>3</sub> / l. Voir « Critères de qualité de l'eau de surface a

[6] 0,005 mg/l, quand le pH est < 6,5, [Ca<sup>2+</sup>] < 4 mg/l et le COD < 2 mg/l; 0,100 mg/l quand le pH plus grand ou égal à 6,5, [Ca<sup>2+</sup>] est plus grand ou égal à 4 mg/l, et le COD est plus grand ou égal à 2 mg/l.

[W] Recommandation pour le Cadmium (µg/l) = 10<sup>(0,86 [log dureté]-3,2)</sup>

[Z] Ce critère varie en fonction de la dureté: 0,002 mg/l pour une dureté entre 0-120 mg/l CaCO<sub>3</sub>; 0,003 mg/l pour une dureté entre 120-180 mg/l CaCO<sub>3</sub>; 0,004 mg/l pour une dureté >180 mg/l CaCO<sub>3</sub>.

[CC] Ce critère varie en fonction de la dureté: 0,025 mg/l pour une dureté entre 0-60 mg/l CaCO<sub>3</sub>; 0,065 mg/l pour une dureté entre 60-120 mg/l CaCO<sub>3</sub>; 0,110 mg/l pour une dureté entre 120-180 mg/l CaCO<sub>3</sub>; 0,150 mg/l pour une dureté >180 mg/l CaCO<sub>3</sub>.

[DD] Ce critère varie en fonction de la dureté: 0,001 mg/l pour une dureté entre 0-60 mg/l CaCO<sub>3</sub>; 0,002 mg/l pour une dureté entre 60-120 mg/l CaCO<sub>3</sub>; 0,004 mg/l pour une dureté entre 120-180 mg/l CaCO<sub>3</sub>; 0,007 mg/l pour une dureté > 180 mg/l CaCO<sub>3</sub>.



Tableau 5.4.14 Tableau synthèse des dépassements

	Composition élémentaire >A 1	TCLP > RESIE 2	SPLP > RESIE 2	CTEU-9 > RESIE 2	TCLP > Eau consommation 3	SPLP > Eau consommation 3	CTEU-9 > Eau consommation 3
<b>Mineral</b>	Nombre d'échantillons analysés	11					
	Aluminium	-	1	-	-	-	-
	Cobalt	11	-	-	2	-	-
	Cuivre	6	6	1	1	-	-
	Manganèse	6	-	-	-	11	3
	Mercuré	-	-	1	1	-	-
	Nickel	2	-	-	1	9	1
	Fluorures	-	-	-	-	-	5
<b>Stériles</b>	Nombre d'échantillons analysés	14	12				
	Aluminium	-	11	8	4	-	-
	Chrome	1	-	-	-	-	-
	Cobalt	12	-	-	-	-	-
	Cuivre	4	3	-	1	-	-
	Manganèse	2	-	-	-	12	1
	Mercuré	-	-	1	-	-	-
	Nickel	4	-	-	-	-	-
	Sélénium	1	-	-	-	-	-
	Phosphore total	-	-	-	5	-	-
<b>Mort Terrain</b>	Nombre d'échantillons analysés	9					
	Aluminium	-	4	4	5	-	-
	Baryum	6	-	-	-	-	-
	Chrome	1	-	-	-	-	-
	Cobalt	2	-	-	-	-	-
	Cuivre	-	3	4	5	-	-
	Manganèse	-	-	-	-	9	7
	Mercuré	-	-	-	2	-	-
	Nickel	-	-	-	-	7	4
	Plomb	-	-	-	-	-	2
Fluorures	-	-	-	-	-	1	
<b>Résidus de flottation</b>	Nombre d'échantillons analysés	11	8				
	Aluminium	-	-	1	6	-	-
	Chrome	3	-	-	-	-	-
	Cobalt	9	-	-	-	-	-
	Cuivre	9	8	5	4	-	-
	Manganèse	8	-	-	-	8	5
	Nickel	4	-	-	-	7	-
	Plomb	-	-	-	-	-	1
	Zinc	2	-	-	-	-	-
	Soufre	1	-	-	-	-	-
Phosphore total	-	-	-	6	-	-	
<b>Résidus magnétiques</b>	Nombre d'échantillons analysés	3					
	Chrome	3	-	-	-	-	-
	Cobalt	3	-	-	-	-	-
	Cuivre	3	3	1	2	-	-
	Manganèse	-	-	-	-	3	3
	Nickel	-	-	-	-	3	1
	Zinc	2	2	-	1	-	-

[1] Les critères utilisés proviennent de la politique de protection des sols et de réhabilitation des sites contaminés (MDDEP, 2001). Ces critères sont utilisés pour guider la gestion des sites contaminés et des résidus miniers. Le critère A représente les teneurs de fond pour les métaux et métalloïdes établie statistiquement à partir de l'étude des distribution issues de cinq provinces géologiques du Québec, calculées par le MRNF. Les valeurs attribuées sont généralement de l'ordre du 90e centile de distribution. Les valeurs du critère "A" présentées dans ce tableau sont celle de la province géologique de Grenville.

[2] Résurgence dans les eaux de surface ou infiltration dans les égouts

[3] Normes québécoises d'eau de consommation.



#### 5.4.7.1 Minerai

- Tous les échantillons ont présenté des concentrations supérieures au critère « A » de la Politique pour au moins un des éléments suivants : cobalt, cuivre, manganèse et nickel. Ils ont donc tous été soumis à des essais de lixiviation.
- Six des 11 échantillons de minerai ayant des composants en concentrations supérieures aux critères génériques « A » de la Politique ont montré des concentrations pour certains métaux (principalement en Cu) supérieures aux critères de RESIE lors d'essais de lixiviation TCLP. Le minerai est donc caractérisé comme étant « lixiviable », mais n'est pas considéré « à risque élevé ».
- À cause de la possibilité de lixiviation du cuivre, de l'aluminium, les eaux de drainage de surface issues de l'aire d'accumulation devraient être collectées dans le but de s'assurer que cette eau transitera dans le bassin d'accumulation pour traitement si nécessaire. Ceci a été pris en compte dans la conception du projet.
- La mesure de protection requise à l'endroit de la halde de minerai lixiviable est le respect du taux de percolation de 3,3 l/m<sup>2</sup>/jr pour le fond de l'aire d'accumulation de résidus miniers.
- Le minerai n'a aucun potentiel de génération d'acide.
- Le minerai ne sera pas valorisé comme matériau de construction.

#### 5.4.7.2 Mort-terrain

- Les résultats de six des neuf échantillons analysés présentent des concentrations supérieures aux valeurs du critère « A » pour le baryum, le cobalt (deux parmi les six) et le chrome (un seul parmi les six).
- Le « mort-terrain » ne fait pas partie des matières pouvant être considérées comme étant des « résidus miniers » selon la définition qui en est présentée dans la Directive 019 de l'industrie minière. De ce fait, ce sont les critères de la Politique et de la réglementation provinciale relative aux sols contaminés et à leur gestion environnementale qui s'appliquent.
- Le mort-terrain présente des concentrations en baryum, chrome et cobalt se situant dans la plage « A-B » des critères génériques de la Politique. Il peut donc être utilisé sans restriction sur la propriété de Mine Arnaud. D'autre part, si ces sols devaient être éliminés de la propriété de la mine, ceux-ci pourraient être acheminés :
  - sur des terrains à vocation commerciale ou industrielle, à la condition que leur utilisation n'ait pas pour effet d'augmenter le niveau de contamination du terrain récepteur;
  - dans un lieu d'enfouissement technique comme matériaux de recouvrement journalier;
  - dans un lieu d'enfouissement technique comme matériaux de recouvrement final à la condition qu'il soit recouvert de 15 cm de sol propre.

### 5.4.7.3 Stériles

- Les stériles présentent en général des concentrations en cobalt se situant dans la plage « A-B » des critères de la Politique ainsi qu'en chrome, en cuivre et en nickel à quelques occasions. Quelques-uns des éléments (cobalt, cuivre, manganèse et sélénium) excèdent à de rares occasions le critère provincial B pour la protection des sols.
- Onze (11) des 12 échantillons de stériles présentent des dépassements du critère RESIE pour au moins un métal. De plus, les essais de lixiviation ne montrent aucun dépassement en Cobalt, malgré qu'il soit en général présent dans le matériau à des concentrations excédant le critère « A » pour la qualité des sols.
- À cause de la possibilité de lixiviation du cuivre et de l'aluminium dans les stériles, les eaux de drainage de surface issues de l'aire d'accumulation seront collectées dans le but de s'assurer que cette eau transitera dans le bassin d'accumulation pour traitement. Ceci a été pris en compte dans la conception du projet.
- La mesure de protection requise à l'endroit de la halde à stérile lixiviable est le respect du taux de percolation de 3,3 l/m<sup>2</sup>/jr pour le fond de l'aire d'accumulation.
- Les stériles ne présentent aucun potentiel de génération d'acide à l'exception de l'échantillon 24574 dont la localisation est dans une zone qui ne sera pas exploitée .

#### **Valorisation des stériles miniers**

Comme les stériles :

- ne sont pas des matériaux dangereux;
- ne sont pas contaminés par des composés organiques;
- présentent un contenu en soufre total généralement inférieur à 0,2 % (sauf deux échantillons : 27266 et 24574) et n'ayant aucun potentiel de génération d'acide à l'exception d'un échantillon (24574);
- présentent en général des concentrations en cobalt se situant dans la plage « A-B » des critères de la Politique ainsi qu'en chrome, en cuivre et en nickel à quelques occasions, et que quelques-uns des éléments (cobalt, cuivre, manganèse et sélénium) excèdent à de rares occasions le critère provincial « B » pour la protection des sols
- présentent des lixiviats pour les deux essais réalisés (TCLP et SPLP) avec des concentrations au-dessus des normes du Québec pour l'eau potable;
- présentent une taille des grains supérieure à 2,5 mm (pour au moins 90 % en poids du matériau).

Il est classifié comme déchet de Catégorie III, selon le Guide de valorisation des matières résiduelles inorganiques non dangereuses de source industrielle comme matériau de construction. De ce fait certaines restrictions d'utilisation doivent être prises en compte selon le tableau 1 du Guide.

D'autre part, les résultats des analyses chimiques actuellement disponibles ne permettent pas de distinguer les stériles selon leur source géologique. Ces résultats sont suffisants à ce stade-ci du projet pour une caractérisation générale. Cependant, des analyses additionnelles pourraient être réalisées sur les différentes catégories de stériles selon leur provenance pour préciser les possibilités de valorisation de chacune.

Le gisement de Mine Arnaud recoupe quatre différents lits de stériles. Chacune de ces lithologies peut être différente en termes de signature géochimique et un programme est en développement afin de les caractériser indépendamment.

Considérant ces résultats, les stériles ne devraient pas être valorisés à l'extérieur du site minier pour l'instant. Cependant, si des opportunités se présentaient, les essais complémentaires devront être réalisés pour permettre la valorisation des stériles. Cette valorisation s'inscrit bien le cadre des motivations de développement durable du projet minier Arnaud.

#### 5.4.7.4 Résidus

- Des teneurs en manganèse et en cuivre dans les résidus de flottation excèdent le critère provincial « B » pour la protection des sols, alors que le cobalt excède le critère « A »;
- Comme pour les résidus magnétiques, les résultats montrent que le cobalt excède le critère « B » de protection des sols, pendant que le chrome, le cuivre et le zinc excèdent le critère « A ».
- Pour les résidus de flottation, les résultats des essais TCLP (EPA 1311) obtenus dépassent la valeur de RESIE du cuivre pour tous les échantillons. La concentration du phosphore totale dans les lixiviats des essais EPA 1311 et EPA 1312 demeure en dessous du critère de RESIE ;
- Pour les résidus magnétiques, le cuivre et le zinc montrent des concentrations supérieures aux critères RESIE. La concentration du phosphore total (et des fluorures) dans les trois types de lixiviats demeure toujours en dessous du critère de qualité de l'eau souterraine;
- Selon la Directive 019, et sur la base des résultats existants, les résidus de flottation doivent être considérés comme lixiviables (pour le cuivre)<sup>15</sup>. Par conséquent, des mesures de protection de niveau « A » doivent être mises en place au niveau des aires d'accumulation pour prévenir la migration des contaminants (cuivre) dans les eaux souterraines. Cependant, la modélisation hydrogéologique a montré que le parc à résidus est caractérisé par un taux quotidien de percolation dans le sol inférieur à 3,3 l/m<sup>2</sup>. Ainsi, aucune mesure particulière n'est requise pour prévenir la migration de contaminants dans les eaux souterraines;
- Les résidus miniers ne montrent aucun potentiel de génération d'acide.

<sup>15</sup> Les essais in situ à grande échelle avec des piles de résidus (ou du minerai concassé et broyé si les résidus ne sont pas disponibles) exposées aux agents d'altération naturelle pendant une longue période de temps (c.-à-d., 4 à 6 mois) sont recommandés pour infirmer/confirmer les résultats obtenus en laboratoire ce qui donnera une meilleure compréhension des dynamiques des phénomènes de lixiviation possibles et des facteurs impliqués.

### **Possibilité d'utilisation des résidus**

Comme les résidus de flottation et les résidus magnétiques :

- Ne sont pas des matériaux dangereux;
- Ne sont pas contaminés par des composés organiques;
- Présentent un contenu moyen en soufre total inférieur à 0,2 % et n'ont pas de potentiel de génération de drainage acide;
- Présentent un contenu en éléments chimiques en général dans la plage « B-C » des critères de la Politique de protection des sols pour le cuivre, le cobalt et le manganèse ;
- Présentent un contenu en éléments chimiques en général dans la plage « A-B » des critères de la Politique de protection des sols pour le chrome, le cuivre et le zinc, et « B-C » pour le cobalt dans les résidus magnétiques;
- Présentent des lixiviats dans les trois essais (TCLP, SPLP et CTEU-9) avec des concentrations au-dessus des normes du Québec pour l'eau potable pour le manganèse et le nickel;
- Présentent une taille des grains inférieure à 2,5 mm.

Ils sont classifiés comme déchets de Catégorie III selon le Guide de valorisation des matières résiduelles inorganiques non dangereuses de source industrielle comme matériau de construction. De ce fait, certaines restrictions d'utilisation doivent être prises en compte si le matériau est destiné à être valorisé dans des ouvrages sans protection de la nappe d'eau souterraine.

Il n'est toutefois pas prévu de valoriser ces matériaux. Par conséquent, les résidus seront gérés dans les parcs à résidus prévus à cet effet sur le site.

#### **5.4.7.5 Eau des résidus**

- Le pH de l'eau des résidus de flottation est d'environ 10,4 à 10,7, ce qui correspond au pH auquel l'apatite est récupérée. Ce pH élevé permet de maintenir une très faible concentration des métaux dissouts, comme leur solubilité est généralement au minimum à des niveaux de pH élevés. Ceci est particulièrement le cas pour le cadmium, le nickel et le zinc. Comme pour le cuivre, qui tend à être lixivié durant les essais de laboratoire en conditions acides (TCLP et SPLT) et neutre (CTEU-9), la précipitation maximale de l'hydroxyde cuprifère se fait à un pH de 8,1;
- Les concentrations en aluminium relativement élevées dans les échantillons d'eau des résidus sont supérieures au critère pour la protection des eaux souterraines; cet aluminium étant la plupart du temps sous forme dissoute. Au point de déversement de l'effluent final, les concentrations en aluminium devraient être naturellement réduites à des niveaux acceptables tant que des niveaux de pH (inférieures à 9,5) et un niveau de solides en suspension MES (inférieur à 15 mg/l) caractérisera l'effluent final.



- Par conséquent, des mesures de protection de niveau « A » devraient être mises en place au niveau des aires d'accumulation pour prévenir la migration des contaminants précipitation des métaux et Al dans les eaux souterraines. Le bassin d'accumulation est prévu à l'endroit du ruisseau Clet. Les études géotechniques dans ce secteur indiquent une importante épaisseur d'argile. Basé sur la modélisation, le respect du taux de percolation de 3,3 l/m<sup>2</sup>/jr sera respecté dans ce secteur.

#### 5.4.7.6 La question de l'uranium

Selon Wikipedia , *l'uranium est un élément naturel assez fréquent, d'abondance supérieure à celle de l'argent... il se trouve partout à l'état de traces, y compris dans l'eau de mer. L'uranium est présent dans toute l'écorce terrestre, surtout dans les terrains granitiques et sédimentaires, à des teneurs d'environ 3 g/tonne (3 mg/kg ou 3 ppm)... La gamme de valeurs est très large selon les roches et varie de 0,1 ppm dans les carbonates à 350 ppm dans les phosphates... L'eau de Vichy contiendrait 20 µg/l (0,02 mg/l) d'uranium.*

Il est connu que les dépôts de roche phosphatée peuvent contenir de l'uranium en concentrations suffisantes pour être exploité en tant que sous-produit. Cependant, les substances minérales se trouvant au sein de la propriété minière Arnaud sont pour ainsi dire dépourvues d'uranium.

Les résultats d'analyse présentés dans la section 5.4 montrent en effet que la teneur en uranium dans le minerai, les stériles et le mort-terrain demeure dans tous les cas sous la limite de détection de la méthode analytique (2 mg/kg)<sup>16</sup>. Ces concentrations sont au moins 10 fois inférieures aux recommandations canadiennes sur la qualité des sols pour la protection de l'environnement et de la santé humaine définies pour les milieux agricoles, les parcs (espaces verts) et les zones résidentielles (23 mg/kg).

En ce qui concerne l'uranium dans l'eau, les essais de lixiviation (EPA-1311, EPA-1312 et CTEU-9) réalisés sur le minerai et les stériles ont tous montré des teneurs en uranium dans les lixiviats sous la limite de détection de la méthode analytique utilisée (0,02 mg/l). Ces résultats sont 10 fois inférieurs à la norme québécoise en uranium pour l'eau potable (0,2 mg/l) et équivalents ou inférieurs à la teneur en uranium de l'eau de Vichy.

Dans le cadre du projet minier Arnaud, l'uranium ne peut donc constituer une préoccupation environnementale et de santé publique.

<sup>16</sup> Dans quelques cas, la limite de détection de la méthode analytique était de 5 mg/kg au lieu de 2 mg/kg.

