



PLAN DE RESTAURATION  
PROJET DE MINE D'APATITE DU LAC À PAUL  
SAGUENAY, QUÉBEC  
EN VERTU DE L'ARTICLE 232.2  
DE LA LOI SUR LES MINES



PLAN DE RESTAURATION DU  
PROJET DE MINE D'APATITE DU LAC À PAUL  
SAGUENAY, QUÉBEC  
EN VERTU DE L'ARTICLE 232.2 DE LA LOI SUR LES MINES

Présenté à

Arianne Phosphate inc.

Par

GENIVAR inc.

Préparé par :



---

Nathalie Chevé, ing.  
Chargée de projet  
No de membre OIQ : 143459

Approuvé par :



2013-12-18

---

Simon Latulippe, ing.  
Directeur de projet  
No de membre OIQ : 121692



## ÉQUIPE DE RÉALISATION

---

### **Arianne Phosphate inc.**

Chef de l'exploitation : Jean-Sébastien David, géo, MGP

### **GENIVAR inc.**

Directeur de projet : Simon Latulippe, ing.  
Membre OIQ : 121692

Chargée de projet : Nathalie Chevé, ing.  
Membre OIQ : 143459

Collaborateurs : Marie-Christine Cantin, ing. jr  
Valérie Fortin, ing. jr  
Isabelle Liard, ing

Cartographie et géomatique : Jean-Marc Tremblay  
Melissa Gaudreault

Traitement de texte et édition : Linette Poulin

---

### **Référence à citer :**

GENIVAR. 2013. *Plan de restauration du projet de mine d'apatite du Lac à Paul, Saguenay, Québec, en vertu de l'article 232.2 de la Loi sur les mines. Version préliminaire.* Rapport de GENIVAR inc. à Arianne Phosphate inc. 68 p. et annexes.



# TABLE DES MATIÈRES

	<i>Page</i>
Équipe de réalisation .....	i
Table des matières .....	iii
Liste des tableaux.....	ix
Liste des figures.....	ix
Liste des annexes.....	xi
1. INTRODUCTION .....	1
2. INFORMATIONS GÉNÉRALES .....	3
2.1 Résumé du plan de restauration .....	3
2.2 Identification du requérant et des personnes ressources.....	3
2.2.1 Requérant et titulaire de la propriété .....	3
2.2.2 Consultant mandaté .....	4
2.3 Localisation du projet .....	4
2.4 Historique minier .....	5
2.5 Types d'activités minières et répercussions économiques.....	6
2.6 Description du milieu ambiant .....	6
2.6.1 Sols .....	6
2.6.2 Milieu hydrique .....	7
2.6.3 Air.....	8
2.6.4 Milieu biologique.....	9
2.6.4.1 Flore .....	9
2.6.4.2 Ichtyofaune .....	9
2.6.4.3 Communautés d'invertébrés benthiques .....	10
2.6.4.4 Herpétofaune .....	11
2.6.4.5 Avifaune .....	11
2.6.4.6 Mammifères .....	12
2.6.5 Milieu humain .....	13
2.6.5.1 Administration et aménagement du territoire .....	13
2.6.5.2 Population, économie et activités .....	14

## **TABLE DES MATIÈRES (suite)**

	<b>Page</b>
2.6.5.3 Puits d'alimentation en eau potable.....	15
2.6.5.4 Climat sonore .....	15
2.6.5.5 Patrimoine et archéologie.....	16
2.7 Autorisations diverses .....	16
3 DESCRIPTION DU SITE MINIER.....	17
3.1 Activités futures.....	18
3.1.1 Taux de production, extraction et traitement.....	18
3.1.2 Dépôts meubles et sol végétal.....	18
3.1.3 Parc à résidus miniers et halde à stériles .....	18
3.1.4 Calendrier de réalisation des travaux .....	19
3.1.5 Calendrier d'exploitation et de production.....	20
3.2 Géologie et minéralogie .....	21
3.2.1 Minéralisation et minéraux .....	21
3.2.2 Potentiel de génération d'acide et de lixiviation .....	22
3.3 Exploitation du gisement.....	22
3.4 Bâtiments et infrastructures de surface.....	23
3.4.1 Secteur du concasseur .....	23
3.4.2 Usine de traitement du minerai .....	23
3.4.2.1 Broyage .....	23
3.4.2.2 Épaississement de la pulpe .....	24
3.4.2.3 Flottation .....	24
3.4.2.4 Épaississement du concentré et des résidus .....	27
3.4.2.5 Filtration et séchage du concentré.....	28
3.4.2.6 Réactifs et média de broyage.....	29
3.4.3 Bâtiments administratifs et de services.....	29
3.4.4 Infrastructures électriques.....	29
3.4.5 Infrastructures routières du site minier.....	30
3.4.6 Complexe d'habitation et de services .....	31

## TABLE DES MATIÈRES (suite)

	<i>Page</i>
3.5 Haldes à stériles et à minerai .....	31
3.5.1 Halde à stériles.....	31
3.5.2 Halde à minerai .....	32
3.6 Parc à résidus miniers .....	32
3.7 Site d'entreposage des dépôts meubles et du sol végétal .....	33
3.8 Gestion des eaux .....	33
3.8.1 Bilan hydrique de l'usine de traitement du minerai et du parc à résidus miniers .....	34
3.8.1.3 Prise d'eau .....	34
3.8.1.2 Procédé .....	34
3.8.1.3 Épaississage des résidus .....	34
3.8.1.4 Bassin de polissage et effluent .....	35
3.8.2 Eaux de ruissellement.....	35
3.8.2.1 Complexe minier .....	35
3.8.2.2 Halde à stériles .....	36
3.8.2.3 Parc à résidus miniers .....	36
3.8.3 Eaux d'exhaure .....	37
3.9 Traitement des eaux usées .....	37
3.9.1 Eaux usées minières.....	37
3.9.2 Eaux usées sanitaires .....	37
3.9.2 Effluents .....	37
3.10 Autres terrains utilisés .....	38
3.11 Produits chimiques .....	39
3.11.1 Explosifs .....	39
3.11.2 Produits pétroliers .....	39
3.11.3 Produits utilisés dans le procédé de flottation .....	39
3.12 Déchets solides .....	41
3.13 Déchets dangereux .....	42

## **TABLE DES MATIÈRES (suite)**

	<b>Page</b>
4. RESTAURATION DES LIEUX .....	43
4.1 Sécurité des lieux.....	43
4.1.1 Sécurisation des lieux .....	43
4.1.2 Stabilité des murs .....	43
4.2 Bâtiments, infrastructures de surface et sous-poste électrique .....	43
4.3 Halde à stériles .....	44
4.3.1 Évaluation des méthodes de restauration.....	44
4.3.2 Description de la méthode de restauration retenue .....	45
4.3.3 Gestion des eaux .....	45
4.4 Parc à résidus minier .....	46
4.4.1 Évaluation des méthodes de restauration.....	46
4.4.2 Description de la méthode de restauration retenue .....	46
4.4.3 Gestion des eaux .....	47
4.5 Haldes à mort-terrain .....	47
4.6 Haldes à minerai de basse teneur .....	47
4.7 Fosse .....	48
4.8 Installations sanitaires.....	48
4.9 Lieux d'enfouissement en tranchée .....	48
4.10 Équipement et machinerie lourde .....	48
4.11 Produits pétroliers et chimiques, déchets solides et dangereux, sols et matériaux contaminés .....	48
5. PLAN D'URGENCE.....	49
6. PROGRAMME DE SURVEILLANCE .....	51
6.1 Intégrité des ouvrages.....	51
6.2 Suivi environnemental.....	51
6.3 Suivi agronomique .....	52

## **TABLE DES MATIÈRES (suite)**

	<i>Page</i>
7. CONSIDÉRATIONS ÉCONOMIQUES ET TEMPORELLES.....	53
7.1 Coût de la restauration .....	53
7.2 Garantie financière .....	53
7.3 Ordonnancement et calendrier des activités .....	53
8. RÉFÉRENCES .....	55



## **LISTE DES TABLEAUX**

	<b>Page</b>
Tableau 3-1	Calendrier d'exploitation et de production – Fosse Paul ..... 20
Tableau 3-2	Consommation des réactifs..... 29
Tableau 3-4	Caractéristiques des principaux effluents au site minier ..... 38
Tableau 7-1	Coûts de restauration pour les aires d'accumulation et le suivi environnemental..... 53
Tableau 7-2	Calendrier de versements de la garantie financière..... 53

## **LISTE DES FIGURES**

	<b>Page</b>
Figure 3-1	Schéma de procédé simplifié ..... 25

## **LISTE DES CARTES**

	<b>Page</b>
Carte 1	Localisation du projet ..... 59
Carte 2	Titres miniers..... 61
Carte 3	Dépôts de surface de la zone d'étude locale..... 63
Carte 4	Plan d'aménagement général ..... 65
Carte 5	Plan d'aménagement du secteur de l'usine..... 67



## ***LISTE DES ANNEXES***

Annexe 1	Claims miniers actifs détenus par Ariane Phosphate inc.
Annexe 2	Évaluation du comportement géochimique des résidus de concentrateur, du minerai et des stériles du projet Lac-à-Paul
Annexe 3	Conception de la fosse du lac à Paul
Annexe 4	Plans de la halde à stériles
Annexe 5	Plans du parc à résidus
Annexe 6	Coûts de restauration



# 1. INTRODUCTION

---

Le projet de mine du Lac à Paul de la compagnie minière Ariane Phosphate inc. (API)<sup>1</sup> se situe à environ 200 km au nord du Saguenay–Lac-St-Jean. Il consistera en l'exploitation d'une fosse à ciel ouvert et en la transformation du minerai en un concentré d'apatite.

Afin de se conformer à l'article 232.2 de la Loi sur les mines (LM) (L.R.Q., ch. M-13.1), API a mandaté GENIVAR inc. (GENIVAR) afin de préparer la première version du plan de restauration du site minier. Ce dernier a été élaboré selon les spécifications du document intitulé « Guide et modalités de préparation du plan et exigences générales en matière de restauration des sites miniers au Québec (MRN, 1997) » (Guide). Il sera mis à jour tous les cinq ans tel que prescrit par la LM. Ainsi, les informations n'étant actuellement pas disponibles seront intégrées aux versions révisées du plan de restauration.

Le présent document s'articulera principalement autour des éléments suivants :

- description du site minier et des activités minières qui y seront réalisées;
- programme de restauration des lieux;
- plan d'urgence;
- programme de surveillance postrestauration;
- échéancier et coûts des travaux de restauration;
- évaluation de la garantie financière.

Afin de faciliter la lecture du document, les cartes citées ont été regroupées et présentées à l'annexe 1.

---

1 Anciennement Ressources d'Ariane. Ariane Phosphate inc. depuis mai 2013.



## **2. INFORMATIONS GÉNÉRALES**

---

### **2.1 Résumé du plan de restauration**

Le plan de restauration du projet de mine d'apatite du Lac à Paul s'articulera principalement autour des éléments suivants :

- les routes secondaires et chemins seront scarifiés;
- les bâtiments et infrastructures de surface seront démantelés. Les surfaces seront ensuite recouvertes de terre végétale puis revégétalisées;
- la fosse sera remplie naturellement par les eaux de surface et souterraines;
- les rejets de concentrateur et les roches stériles sont classifiés comme étant à faible risque. La restauration du parc à résidus et de la halde à stériles consistera donc uniquement en un profilage et une revégétation de ces aires d'accumulation;
- les aires d'accumulation du mort-terrain et du minerai basse teneur, une fois vidées de leur contenu, seront nivelées et scarifiées, au besoin, puis ensemencées;
- l'usine de traitement des eaux usées d'origine domestique sera démantelée;
- le lieu d'enfouissement en tranchée sera recouvert et végétalisé;
- des mesures de sécurisation des lieux seront mises en place;
- un suivi postfermeture sera réalisé.

L'exploitation du gisement d'apatite est prévue sur une période de 25 ans. Une restauration progressive de la halde à stériles et du parc à résidus minier débutera à la 5<sup>e</sup> année d'exploitation du projet.

Le coût total de la restauration du site est estimé à 42 117 692 \$.

### **2.2 Identification du requérant et des personnes ressources**

#### **2.2.1 Requérant et titulaire de la propriété**

Nom de l'entreprise : Ariane Phosphate inc.

Adresse du siège social : 30, rue Racine Est, bureau 160  
Saguenay (Québec) G7H 1P5

### ***Nom et qualité du signataire***

Nom et qualité du signataire : Monsieur Jean-Sébastien David  
Chef de l'exploitation  
Téléphone : 418 549-7316  
Télécopieur : 418 549-5750  
Courriel : [j.s.david@arianne-inc.com](mailto:j.s.david@arianne-inc.com)

### ***Numéro CIDREQ***

Le numéro du code du Centre informatique du registre des entreprises du Québec (CIDREQ) assigné par le Registraire des entreprises est 114 346 3736 pour la compagnie Arianne Phosphate inc.

#### **2.2.2 Consultant mandaté**

La firme GENIVAR a été mandatée pour la présentation du présent plan de restauration.

#### **GENIVAR inc.**

5355, boul. des Gradins  
Québec (Québec) G2J 1C8  
Téléphone : 418 623-2254  
Télécopieur : 418 623-2434

#### ***Personnes responsables***

M. Simon Latulippe, ing. Directeur de projet Courriel : <a href="mailto:simon.latulippe@genivar.com">simon.latulippe@genivar.com</a>	Mme Nathalie Chevé, ing. Chargée de projet Courriel : <a href="mailto:nathalie.cheve@genivar.com">nathalie.cheve@genivar.com</a>
--	--

### **2.3 Localisation du projet**

Le projet de mine d'apatite du Lac à Paul se situe à environ 200 km au nord de la ville de Saguenay, dans la région administrative du Saguenay-Lac-St-Jean. Il est situé en totalité en territoire public non cadastré, dans le territoire non organisé (TNO) de Mont-Valin, faisant partie de la municipalité régionale de comté (MRC) du Fjord-du-Saguenay. La totalité du projet est localisée à l'intérieur des limites de la pourvoirie du Lac à Paul, qui appartient à API.

La propriété est desservie par un réseau de chemins forestiers. Les principaux accès routiers sont le chemin forestier de Chute-des-Passes (R0250) et les chemins forestiers R0251 et R0253 (carte 1).

API est détenteur de plusieurs blocs de claims dans le secteur du Lac à Paul. La zone d'étude du présent plan de restauration est composée de 206 claims couvrant une superficie de 11 380 ha, listés à l'annexe 1 et localisés à la carte 2.

Les coordonnées géographiques du centre du projet sont :

- 49° 54' 12" de latitude nord;
- 70° 44' 04" de longitude ouest.

Les coordonnées de projection MTM, zone 7, Nad 83, de ce même lieu, sont :

- X : 7 287 959 m E ;
- Y : 5 529 568 m N.

Le secteur visé pour le projet de mine d'apatite du Lac à Paul n'est pas situé dans une zone agricole au sens de la Loi sur la protection du territoire et des activités agricoles du Québec.

Selon le règlement de zonage en TNO de la MRC du Fjord-du-Saguenay, les usages industriels d'extraction minière sont autorisés à l'intérieur de la zone dont fait partie le projet de mine d'apatite du Lac à Paul (Dessau, 2012).

Selon le schéma d'aménagement et de développement (SADR) de la MRC du Fjord-du-Saguenay, le secteur du projet est affecté forestier. Dans cette dernière affectation, les usages autorisés sont l'exploitation des ressources naturelles, les télécommunications et l'industrie extractive (Dessau, 2012).

## **2.4 Historique minier**

Le site minier du lac à Paul est connu depuis la fin des années 1990. Bien que le site ait été originalement exploré pour le nickel, des forages réalisés en 1997 par Mines Virginia inc. et la Société québécoise d'exploration minière (SOQUEM) au nord du Lac à Paul ont permis de percevoir des teneurs minérales très intéressantes telles que 7,56 % en oxyde de phosphore ( $P_2O_5$ ) et 9,65 % en dioxyde de titane ( $TiO_2$ ).

En 1999, Ressources d'Arianne, conjointement avec le Fonds minier du Saguenay–Lac-Saint-Jean, a pris position sur trois blocs de claims identifiés comme étant les Zones 1, 2 et 3. Des travaux de prospection et de forage ont alors été réalisés en 2000 et 2001. À cette époque, le prix de la ressource ne permettait pas d'envisager une exploitation rentable. Toutefois, en 2007-2008, le prix du phosphore a fortement augmenté. Des campagnes de forage et d'échantillonnage ont donc repris en 2008 et se poursuivent depuis.

## 2.5 Types d'activités minières et répercussions économiques

Le projet de mine d'apatite du Lac à Paul consiste à exploiter un gisement d'apatite à partir d'une fosse à ciel ouvert. Environ 472 Mt de minerai seront prélevées en 25 ans. La fosse aura une profondeur maximale de 450 m et des dimensions maximales en surface d'environ 2 300 m de longueur et 600 m de largeur.

Les activités de concentration du minerai seront réalisées au complexe minier situé à proximité de la fosse. Les résidus miniers produits seront dirigés vers un parc à résidus situé à environ 2 km au sud du complexe.

Le projet de mine d'apatite du Lac à Paul devrait impliquer des investissements initiaux de 1214,7 M\$ et des investissements lors de la production de 385,8 M\$, soit un investissement de près de 1599,5 M\$ au cours de la vie de la mine. La main-d'œuvre nécessaire en période de construction atteindra une pointe de 700 employés, avec en moyenne 500 employés durant les deux années de construction, tandis qu'un peu plus de 365 employés devraient travailler en période d'exploitation, excluant les employés pour le transport du produit fini à l'aide de 40 camions hors norme.

## 2.6 Description du milieu ambiant

La description détaillée du milieu ambiant est présentée dans l'étude d'impact sur l'environnement (GENIVAR, 2013). Les sections qui suivent sont un résumé des principaux éléments.

La zone d'étude locale du projet de mine d'apatite du Lac à Paul englobe les limites actuelles de la pourvoirie du Lac-Paul. Elle est ainsi délimitée au nord par la rivière Manouane, à l'ouest par la rivière Naja et les berges ouest des lacs à Paul et du Remous, tandis que la portion sud-est correspond au titre minier de API. La superficie de la zone d'étude locale couvre environ 126,6 km

### 2.6.1 Sols

Faisant partie de la province géologique de Grenville, le socle rocheux au droit du site à l'étude est caractérisé par des faciès enrichis en apatite (gabbronorites, norites et leuconorites).

Les dépôts meubles, quant à eux, se composent surtout de dépôts glaciaires et fluvioglaciaires d'épaisseur variable selon l'élévation. D'une épaisseur généralement inférieure à 1 m, les dépôts glaciaires consistent en un till indifférencié allant de

l'argile au bloc, lâche ou compact, tandis que les dépôts fluvioglaciers sont stratifiés et sont composés matériau hétérométriques (sable, gravier et cailloux) de forme subarrondie à arrondie. Ces dépôts incluent des dépôts d'épandage en bordure des cours d'eau, ainsi que des eskers orientés plus ou moins dans l'axe nord-sud. Ces dépôts sont généralement bien drainés. La carte 3 présente les dépôts de surface de la zone d'étude.

Les travaux de forage réalisés lors d'études hydrogéologiques sur le site des futures infrastructures minières indiquent que l'épaisseur des dépôts meubles y dépasse rarement 5 à 6 m (Hydro-Ressources inc., 2013). Toutefois, sous le futur parc à résidus, l'épaisseur des dépôts meubles peut dépasser 40 m. Les échantillons de sol prélevés lors de ces forages ont obtenu des concentrations en hydrocarbures pétroliers C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub> (HP C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub>) inférieures aux critères génériques A de la Politique.

Le potentiel de vulnérabilité des sols à l'érosion dans la zone d'étude locale est réduit par la présence de végétation.

#### 2.6.2 Milieu hydrique

Le réseau hydrographique de la zone d'étude comporte une forte densité de cours d'eau et de lacs se déversant dans le lac à Paul et dans la rivière Manouane, au nord-est. Le lac à Paul est le plan d'eau ayant la plus grande superficie du secteur, avec environ 16 km<sup>2</sup>. Ce plan d'eau a comme exutoire principal le lac du Remous, suivi de la rivière Naja, qui coule en direction nord-nord-est sur une longueur de plus de 6 km jusqu'au confluent avec la rivière Manouane. Le réseau hydrographique de la rivière Manouane a été affecté par sa dérivation partielle vers le lac Grand-Détour en 2003 dans le cadre d'un projet d'Hydro-Québec.

Des analyses physicochimiques ont été réalisées en 2011 et en 2012 (Dessau-Nutshimit, 2012) sur des échantillons d'eau de surface prélevés dans des cours ou plans d'eau susceptibles d'être affectés par le projet, soit les lacs à Paul, du Grizzli, Naja et du Coyote et la rivière Manouane. À la lumière des résultats d'analyse, les eaux de surface ne montrent aucun dépassement des critères de protection de la vie aquatique – effet chronique (MDDEP, 2012), à l'exception de légers dépassements en aluminium et/ou en zinc pour quatre des cinq stations à au moins une reprise en 2011 ou 2012. Ainsi, avant le développement du projet de mine d'apatite du Lac à Paul, la qualité des eaux de surface est considérée comme bonne.

En ce qui concerne les sédiments, les critères applicables sont les concentrations seuil produisant un effet (CSE) et la concentration produisant des effets probables (CEP) des critères pour l'évaluation de la qualité des sédiments au Québec

(Environnement Canada et MDDEP, 2007). Les échantillons, prélevés aux mêmes stations que les échantillons d'eau de surface, n'ont présenté aucun dépassement à l'exception du cadmium, du plomb et/ou du mercure aux stations des lacs du Coyote et du Grizzli.

En ce qui a trait aux eaux souterraines, la nappe phréatique dans les dépôts meubles sur le site à l'étude est relativement peu profonde (2 à 3 m) et l'écoulement souterrain calque vraisemblablement l'écoulement de la topographie de surface. Dans les dépôts meubles, l'écoulement converge vers le lac à Paul et la rivière Naja. L'influence du pompage est évidente au niveau du roc et sans incidence au niveau des dépôts meubles. La conductivité hydraulique ( $10^{-7}$  m/min) et la fracturation du roc sont assez faibles, ce qui limiterait les échanges verticaux entre l'eau souterraine dans les dépôts meubles et dans le roc. Les résultats de qualité de l'eau obtenus lors des essais de pompage (Hydro-Ressources inc., 2013) indiquent que l'eau respecte les critères de la Politique de protection des sols et de réhabilitation des terrains contaminés (MENV, 2001). Les aquifères en place dans le secteur de la fosse et du parc à résidus ont été déterminés comme appartenant à la classe II (MEF, 1999). Enfin, d'après les simulations réalisées avec le modèle MIKE SHE, le rabattement induit par le dénoyage de la fosse ne devrait pas générer de baisse significative du niveau de l'eau dans les cours d'eau et les lacs environnement.

### 2.6.3 Air

Selon l'échantillonnage effectué par Dessau-Nutshimit en 2011-2012, la teneur en particules totales de l'air ambiant de la zone d'étude locale dépasse la valeur limite fixée par le Règlement sur l'assainissement de l'atmosphère (RAA), ainsi que la concentration initiale présentée à l'annexe K de ce règlement au droit des trois stations d'échantillonnage. Aucun abat-poussière n'est toutefois utilisé à ces emplacements. Lors de l'échantillonnage, les résultats obtenus indiquent que l'air ambiant contenait des particules fines, mais en concentration dont l'importance est relativement plus faible que pour les particules totales. En effet, aucune des concentrations mesurées en  $PM_{2,5}$  jugées représentatives des secteurs à l'étude n'est supérieure à la valeur limite de l'annexe K du RAA. Les concentrations représentatives des trois emplacements des stations avoisinent plutôt la concentration initiale de l'air ambiant de  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$  proposée dans le RAA.

Une étude de modélisation atmosphérique est actuellement en cours de réalisation. Les résultats de cette étude seront intégrés à une version ultérieure du plan de restauration.

#### 2.6.4 Milieu biologique

Un inventaire de terrain a été réalisé en 2011-2012 par Dessau-Nutshimit pour les aspects du milieu biologique. Un inventaire de terrain complémentaire a été réalisé par GENIVAR en 2013.

##### 2.6.4.1 Flore

La zone d'étude locale est constituée en majeure partie de peuplements forestiers; la forêt y couvre 76,8 % du territoire. Le couvert forestier est composé à 66,5 % de peuplements résineux dominés surtout par l'épinette noire (*Picea mariana*) et le sapin baumier (*Abies balsamea*). Les peuplements mélangés et feuillus (essentiellement des bétulaies blanches matures en fin de cycle) occupent respectivement 9,8 % et 1,0 % de ce territoire. Sont également présents quelques peuplements à couvert indéterminé en raison de leur jeune âge (22,6 %). La superficie forestière productive totale de la zone d'étude est occupée par les forêts matures (41 ans et plus) à 46,3 %, les forêts jeunes (21 à 40 ans) à 9,1 % et les peuplements en régénération (0 à 20 ans) à 44,5 %. Une zone de brûlis récent (2010) est répertoriée au sud et à l'ouest du lac Épinette et des travaux de scarifiage et de remise en production (reboisement) y sont prévus par le ministère des Richesses naturelles (MRN).

Hormis un secteur localisé à l'est de la pourvoirie du Lac-Paul où des tourbières sont présentes, les milieux humides de la zone d'étude locale sont plutôt dispersés et de faible étendue. Globalement, ils couvrent 990,1 ha, ce qui correspond à 7,8 % de la superficie totale de ce territoire.

La zone d'étude locale renferme des peuplements forestiers d'intérêt particulier, mais aucun écosystème forestier exceptionnel, îlot de vieillissement, forêt d'expérimentation ou forêt de haute valeur pour la conservation (Boisseau, 2011).

Après vérification auprès du ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs (MDDEFP) et du Comité sur la situation des espèces en péril au Canada (COSEPAC), et la réalisation d'inventaires en 2011-2013, aucune espèce floristique à statut particulier ne serait présente dans la zone d'étude.

##### 2.6.4.2 Ichtyofaune

L'ichtyofaune des lacs de la zone d'étude locale est peu diversifiée. Seulement cinq espèces de poissons ont été répertoriées dans les cours d'eau existants. Ces espèces sont : l'omble de fontaine (*Salvelinus fontinalis*), le meunier noir

(*Catostomus commersoni*), le meunier rouge (*Catostomus catostomus*), le méné de lac (*Couesius plumbeus*) et le méné jaune (*Notemigonus crysoleucas*). L'omble de fontaine domine la communauté piscicole des lacs du Kodiak, de l'Ours polaire, Loup, Lynx et à Paul. Pour les autres lacs, les communautés sont dominées par le meunier noir. De ces espèces, seul l'omble de fontaine représente une espèce d'intérêt pour la pêche sportive et aucune des espèces capturées ne possède de statut particulier en vertu de la Loi sur les espèces menacées ou vulnérables.

Les chenaux, les méandres et les rapides sont les habitats aquatiques les plus répandus dans les cours d'eau de la zone d'étude. Les cascades et les bassins sont peu répandus, tandis que les chutes et les seuils représentent une proportion négligeable des habitats aquatiques des cours d'eau. Dans presque tous les cours d'eau caractérisés, des barrages de castor ont été observés, dont la plupart sont abandonnés, formant des obstacles infranchissables.

Plusieurs frayères potentielles ou existantes ont été observées dans les tributaires. Les nombreux herbiers observés en bordure des tributaires et des émissaires constituent des habitats importants pour la faune aquatique. Les herbiers situés près des superficies de gravier constituent des sites d'alevinage pour l'omble de fontaine.

#### 2.6.4.3 Communautés d'invertébrés benthiques

En 2011, trois stations d'échantillonnage, localisées dans des zones d'herbiers riverains des lacs du Coyote, du Grizzli et Naja ont fait l'objet de prélèvements d'échantillons de sédiments pour l'identification des organismes benthiques. Peu d'organismes ont été dénombrés dans les échantillons recueillis aux trois stations.

En 2012, deux secteurs ont été visés pour la détermination des communautés benthiques, soit la rivière Manouane et le lac à Paul. La station de l'embouchure de la rivière Naja sur la rivière Manouane présente le plus faible nombre d'organismes dénombrés pour les stations de ce secteur, soit deux taxons où les nématodes dominent. Les chironomidae représentent 45 % des organismes benthiques dénombrés à la station du pont de la rivière Manouane, alors qu'à la station située en amont, ceux-ci représentent 44 %. Les organismes de la famille Probezzi (*Ceratopogonidae*) représentent 25 % des organismes de la station de l'amont de la rivière Manouane. La station du lac du Grizzli présente le plus grand nombre d'organismes benthiques dénombrés, avec 12 individus, comparativement aux stations des lacs du Coyote et à Paul. Deux taxons sont retrouvés dans l'échantillon de la station du lac du Grizzli, dont 92 % des organismes identifiés appartiennent à la famille des Chironomus (*Chironomidae*).

#### 2.6.4.4 Herpétofaune

Lors des différentes sessions d'inventaires réalisées en 2012, il a été possible de repérer six espèces d'amphibiens et une espèce de reptile, dont la grenouille du Nord, rainette crucifère, la grenouille des bois, grenouilles vertes et crapaud d'Amérique. À l'exception des anoues, seulement deux autres observations (un squamate et un urodèle) ont été effectuées durant les différentes sessions d'inventaire. Une couleuvre rayée a été observée traversant une route forestière alors qu'une salamandre à deux lignes a été capturée dans un petit tributaire lors d'une session de pêche électrique.

Aucune des 12 espèces d'amphibiens et de reptiles pouvant être présentes à l'intérieur de la zone d'étude locale ne figure sur les listes provinciale ou fédérale des espèces à statut particulier.

#### 2.6.4.5 Avifaune

En combinant les résultats d'inventaires d'oiseaux réalisés en juin 2012, le nombre total d'espèces observées dans la zone d'étude s'élève à 83.

Les principales espèces observées incluent 10 espèces de sauvagine, dont le canard noir (*Anas rubripes*), le garrot à œil d'or (*Bucephala clangula*), le grand harle (*Mergus merganser*) et la bernache du Canada (*Branta canadensis*). De toutes les espèces de sauvagine observées, il y en a cinq dont la nidification a été confirmée dans la zone d'étude locale sur la rivière Manouane entre les PK 75 et 89 (bernache du Canada, grand harle, canard colvert et canard noir). La présence de couvées de canard noir a aussi été confirmée sur les lacs Lynx, Naja et du Coyote et une couvée de garrot à œil d'or a été repérée sur le lac à Paul.

Une vingtaine d'espèces d'oiseaux associées aux milieux aquatiques, autres que la sauvagine, seraient susceptibles de fréquenter les milieux humides et les cours d'eau du territoire à l'étude. Parmi les espèces les plus fréquemment observées depuis 2009 se retrouvent le chevalier grivelé (*Actitis macularius*), quelques espèces de goélands, la sterne pierregarin (*Sterna hirundo*), le grand héron (*Ardea herodias*), le martin-pêcheur d'Amérique (*Megaceryle alcyon*) et le plongeon huard (*Gavia immer*).

Les inventaires et la recherche dans la littérature révèlent la présence possible de neuf espèces d'oiseaux de proie diurnes dans la zone d'étude, soit le balbuzard pêcheur (*Pandion haliaetus*), le busard Saint-Martin (*Circus cyaneus*), la buse à queue rousse (*Buteo jamaicensis*), l'épervier brun (*Accipiter striatus*), le pygargue à

tête blanche (*Haliaeetus leucocephalus*) et la crécerelle d'Amérique (*Falco sparverius*). De ce groupe, le pygargue à tête blanche retient l'attention par son statut d'espèce vulnérable au Québec. Deux espèces de rapaces nocturnes ont aussi été observées dans la zone d'étude, soit le grand-duc d'Amérique (*Bubo virginianus*) et la petite nyctale (*Aegolius acadicus*).

Les inventaires des oiseaux forestiers réalisés en juin 2012 ont permis de recenser 56 espèces d'oiseaux dans sept types d'habitats.

La consultation de la base de données SOS-POP (Suivi de l'occupation des stations de nidification des populations d'oiseaux en péril du Québec) a révélé la présence de huit aires de nidification d'oiseaux en péril dans la portion sud de la zone d'étude locale. De ce nombre, cinq ont été rapportées à la limite nord du lac de la Tête, une au sud de ce lac et deux autres au sud du lac F. Un site de nidification connu pour le moucherolle à côtés olive (*Contopus cooperi*) a été rapporté dans le secteur du lac de la Tête et un individu a été repéré en 2011. En ce qui concerne le quiscale rouilleux (*Euphagus carolinus*), sa présence a été rapportée et confirmée dans le secteur du lac de la Tête et au sud du lac F en 2012, ainsi que dans le secteur de la rivière Naja, juste en amont du lac du même nom. L'équipe d'observateurs a repéré l'engoulevent d'Amérique (*Chordeiles minor*) lors des inventaires de 2012, qui constitue une espèce d'oiseau à statut particulier. La présence de pygargue à tête blanche (*Haliaeetus leucocephalus*) dans la zone d'étude a été observée en 2012 près du lieu d'enfouissement en tranchée de la pourvoirie du Lac-Paul, soit juste au nord du lac de l'Ourson. Le site de nidification serait localisé sur le territoire de cette pourvoirie, sur une île située à l'extrémité sud du lac Guy.

À l'intérieur d'un rayon de 15 km de la zone d'étude locale, des observations de paruline du Canada (*Wilsonia canadensis*) ont été faites lors d'inventaires effectués dans le cadre du deuxième Atlas des oiseaux nicheurs du Québec (2010-2014). Mentionnons également des observations d'hirondelle rustique (*Hirundo rustica*) à proximité de la zone d'étude. Aucune occurrence de ces deux espèces n'a été rapportée dans la zone d'étude lors des inventaires de 2012.

#### 2.6.4.6 Mammifères

L'observation de nombreux indices (pistes, fèces, brouts) lors des campagnes d'échantillonnage des étés 2011 et 2012 a permis de confirmer la présence de deux espèces de la grande faune à l'intérieur des limites de la zone d'étude locale, soit l'orignal (*Alces alces*) et l'ours noir (*Ursus americanus*). De manière générale, la zone d'étude locale ne présente pas des conditions d'habitat optimales pour l'orignal, mais les lacs Naja et du Grizzli s'avèrent cependant des habitats adéquats pour l'orignal en période estivale. La zone d'étude locale présente des conditions

d'habitats favorables à l'ours noir, particulièrement le secteur du brûlis de 2010 et les parterres de coupe forestière localisés à proximité des lacs de la Tête et du Portage. La présence de cerf de Virginie (*Odocoileus virginianus*) dans le secteur à l'étude est peu probable. En ce qui concerne le caribou forestier (*Rangifer tarandus*), qui possède un double statut d'espèce en péril au Canada et au Québec, la portion nord-est de la zone d'étude locale, à l'est de la pourvoirie du Lac-Paul ainsi qu'au nord du lac du Portage, semble offrir les conditions les plus propices pour le caribou forestier en termes d'habitat, mais aucun caribou n'a encore été observé. Des occurrences ont toutefois été rapportées en 1999 et en 2012 à moins de 15 km des infrastructures projetées.

Vingt-deux (22) espèces de petite faune sont susceptibles de fréquenter la zone d'étude locale. Des observations ponctuelles d'individus et d'indices (pistes, fèces, brouts et carcasses) en 2011 et 2012 ont permis de confirmer la présence de 10 espèces à l'intérieur de la zone d'étude. Le lièvre d'Amérique (*Lepus americanus*) est présent surtout dans la portion nord de la zone d'étude ainsi qu'à son extrémité sud-est, dans le secteur du lac de la Tête, tandis que le castor (*Castor canadensis*) serait présent un peu partout dans la zone d'étude.

Parmi les micromammifères, la présence de trois espèces a été confirmée par les inventaires de 2012 : la grande musaraigne (*Blarina brevicauda*), le campagnol à dos roux de Gapper (*Clethrionomys gapperi*) et la souris commune (*Mus musculus*). Quinze (15) autres espèces de micromammifères sont potentiellement présentes dans la zone d'étude, mais n'ont pas été observées.

Hormis les lacs et les cours d'eau qui constituent des habitats du poisson au sens du Règlement sur les habitats fauniques (R.R.Q, c. C-61.1, r. 18) et de la Loi sur la conservation et la mise en valeur de la faune (LCMVF), aucun autre habitat faunique désigné n'est présent dans la zone d'étude.

Enfin, le Centre de données sur le patrimoine naturel du Québec (CDPNQ) ne répertorie aucune occurrence d'espèce de mammifère à statut particulier dans la zone d'étude locale. D'après la littérature spécialisée et l'examen des habitats favorables, 10 autres espèces fauniques à statut particulier sont potentiellement présentes dans la zone d'étude.

## 2.6.5 Milieu humain

### 2.6.5.1 Administration et aménagement du territoire

La zone d'étude locale est située entièrement sur les terres du domaine de l'État, à l'intérieur des limites administratives du TNO Mont-Valin. La responsabilité de l'aménagement et de la gestion de la zone d'étude locale est partagée entre deux

mandataires, le MRN et la MRC du Fjord-du-Saguenay. À cela s'ajoutent d'autres intervenants tels que le MDDEFP, la Conférence régionale des élus (CRÉ) du Saguenay–Lac-Saint-Jean ainsi que l'organisme de bassin versant (OBV) Lac-Saint-Jean. Elle recoupe également les Nitassinan de Mashteuiatsh et de Pessamit.

Selon le Plan d'affectation du territoire public (PATP) révisé du Saguenay–Lac-Saint-Jean, trois zones d'affectation recoupent la zone d'étude locale. Il s'agit des zones d'aménagement de l'habitat du caribou forestier (sous-zone Réservoir Pipmuacan), des pourvoiries avec droits exclusifs (sous-zone des pourvoiries du Lac-Paul et du Lac Duhamel inc.) et le territoire résiduel (sous-zone nord).

Selon le Plan régional de développement du territoire public – Saguenay–Lac-Saint-Jean (PRDTP) du MRN, la zone d'étude locale chevauche le secteur de planification n° 05 (Les Grands Réservoirs) dont l'orientation vise le développement de l'hébergement lié aux activités de prélèvement faunique.

La zone d'étude locale est entièrement comprise dans la zone 20-2F de la MRC du Fjord-du-Saguenay (2012) dont les usages autorisés comprennent notamment les usages industriels d'extraction minière. La MRC du Fjord-du-Saguenay ne prévoit aucun projet de développement de la villégiature dans la zone d'étude locale.

#### 2.6.5.2 Population, économie et activités

La zone d'étude locale est entièrement incluse dans la MRC du Fjord-du-Saguenay qui comprend 13 municipalités et trois TNO et dont le poids démographique représente environ 21 000 habitants.

Le secteur primaire est fortement présent dans l'économie du Saguenay–Lac-Saint-Jean. En 2006, les emplois de ce secteur représentaient une proportion de 11,4 % dans la MRC Fjord-du-Saguenay, 16,0 % dans la MRC de Maria-Chapdelaine et 8,6 % dans la MRC de Lac-Saint-Jean-Est. L'économie du Saguenay–Lac-Saint-Jean repose en grande partie sur les activités forestières, le tourisme et aussi les activités métallurgiques et minières.

Les activités récréotouristiques présentes dans la zone d'étude locale sont majoritairement associées à la pêche et, dans une moindre mesure, la chasse. Ces activités sont principalement pratiquées sur le territoire de la pourvoirie du Lac-Paul. La zone d'étude locale chevauche le territoire de la pourvoirie avec droits exclusifs du Lac-Paul qui s'étend sur 98 km<sup>2</sup>, soit sur près de 74 % de la superficie de la zone d'étude locale. API détient le bail exclusif d'exploitation de la pourvoirie pour des activités de chasse et de pêche depuis novembre 2011. Les activités offertes sont associées principalement à la pêche à l'omble de fontaine et au brochet dans la

rivière Manouane. Les activités de pêche se font majoritairement sur le lac à Paul, mais également sur la rivière Manouane et les lacs Siamois, Naja, Épinette, du Grizzli, de l'Ours Polaire, du Kodiak, du Coyote, Loup, de l'Ourson et Lynx, tous localisés dans la zone d'étude locale. Le territoire de la pourvoirie avec droits exclusifs du Lac-Duhamel inc. se trouve à la limite ouest de la zone d'étude locale, mais l'accès terrestre s'effectue par un chemin forestier situé dans la zone d'étude.

La zone d'exploitation contrôlée (ZEC) des Passes sera traversée sur toute sa longueur par les camions qui effectueront le transit du produit fini de la mine vers Alma. La zone offre une pêche diversifiée, basée principalement sur l'omble de fontaine, le doré jaune, le grand brochet et le touladi. Le niveau d'exploitation de l'omble de fontaine y est relativement peu élevé.

Au total, huit tronçons de sentiers de motoneige traversent les routes qui seraient empruntées par le trajet des camions. Le sentier de quad provincial n° 90, reconnu par la Fédération québécoise des clubs quads (FCCQ), ainsi qu'un sentier local se trouvent dans la zone de transit des camions via la route 169. La Route verte, le réseau provincial cyclable, traverse également la zone d'étude.

#### 2.6.5.3 Puits d'alimentation en eau potable

La zone d'étude locale inclut un puits d'eau potable implanté en 2012 pour l'alimentation en eau du campement de travailleurs temporaire de API au nord du lac à Paul (ancien camp forestier). Ce même puits dessert la pourvoirie du Lac-Paul en eau potable. Il est échantillonné périodiquement pour s'assurer de toujours avoir une eau de qualité. Une prise d'eau de surface, située dans le lac à Paul, est utilisée pour l'approvisionnement en eau non potable des diverses installations (douches, toilettes et autres) de la pourvoirie du Lac-Paul.

#### 2.6.5.4 Climat sonore

Pour le transport du concentré, les zones sensibles (zones résidentielles) considérées sont comprises entre le village de Saint-Fulgence et le site du centre de chargement à la mine d'Arianne Phosphate.

Une étude du climat sonore est actuellement en cours de réalisation. Les résultats de cette étude seront intégrés à une version ultérieure du plan de restauration.

#### 2.6.5.5 Patrimoine et archéologie

Aucun site, monument ou bâtiment historique reconnu en vertu de la Loi sur le patrimoine culturel (L.R.Q., c. B-4) ou désigné par la Commission des lieux et des monuments historiques du Canada de même qu'aucun site archéologique connu de l'Inventaire des sites archéologiques du Québec ne se trouve dans la zone d'étude locale. Une soixantaine de sites archéologiques reconnus se trouvent à l'extérieur de la zone d'étude locale, soit dans le bassin de la rivière Péribonka.

Une étude de potentiel archéologique réalisée dans le cadre du projet en 2012 a permis d'identifier 110 zones de potentiel archéologique à l'intérieur de la zone d'étude locale. Aucune infrastructure ne recouvrera un site avec potentiel archéologique.

### 2.7 Autorisations diverses

API a obtenu des autorisations du MRN en 2011 et 2013 afin de prélever des échantillons en vrac de 50 t.m et 120 t.m respectivement.

Des permis d'intervention sur le territoire pour des travaux d'exploitation incluant la coupe d'arbres pour les chemins de foreuses ont également été obtenus.

### **3 DESCRIPTION DU SITE MINIER**

---

Les principales composantes du projet de mine d'apatite du Lac à Paul sont les suivantes :

- fosse d'exploitation à ciel ouvert;
- aire de concassage du minerai;
- complexe industriel;
- halde à stériles;
- parc à résidus;
- sites d'approvisionnement en eau;
- route d'accès au site et chemins miniers;
- réseau électrique et poste électrique;
- campement pour les travailleurs;
- site d'entreposage d'explosifs;
- poste de distribution de produits pétroliers;
- installations de gestion des matières résiduelles;
- bassins de traitement des eaux usées (eaux de procédé, de ruissellement d'exhaure ou eaux sanitaires).

Le plan d'aménagement des infrastructures du complexe minier est présenté à la carte 4.

Le projet comprend également d'autres aménagements connexes qui seront réalisés par API, comme :

- l'ouverture de deux bancs d'emprunt (une carrière et une sablière);
- une ligne électrique pour alimenter le complexe minier.

Par ailleurs, API sera utilisateur d'un site de transbordement (déchargement des camions et chargement des trains) à proximité d'Alma, mais API ne sera qu'un client pour la compagnie qui en fera la réalisation. Des précisions concernant le site de transbordement seront apportées lors de la révision du plan de restauration.

### 3.1 Activités futures

#### 3.1.1 Taux de production, extraction et traitement

En février 2013, le nouveau calcul de ressources a démontré que les ressources mesurées et indiquées de la Zone Paul atteignaient 590,2 Mt, avec une teneur de 7,1 %  $P_2O_5$  (coupure à 4 %).

Lors des cinq premières années d'exploitation, le ratio minéral / stérile (strip ratio) sera d'environ 1,08 et il sera de 1,22 pour la durée de vie du projet. Après un démarrage progressif sur deux ans, 3 Mt de concentré d'apatite seront produites annuellement, ce qui nécessitera en moyenne l'extraction de 18 Mt (120 000 t/j) de minéral et la disposition de 18 Mt de stériles annuellement. À ce rythme, il est estimé que 15 Mt ou 9,8 Mm<sup>3</sup> de résidus miniers devront être annuellement disposés dans le parc à résidus miniers.

L'usine traitera environ 50 000 t/jour de minéral et produira, par un procédé de flottation, environ 10 000 t/jour d'un concentré ayant un contenu de 39 % en oxyde de phosphore ( $P_2O_5$ ). La mine sera en activité 24 h par jour, 350 jours par année, avec quatre équipes qui travailleront 12 heures par quart de travail en rotation (deux équipes en fonction et deux équipes en congé). Pour la maintenance, il est prévu d'effectuer des arrêts pour une durée d'environ 15 jours par année.

#### 3.1.2 Dépôts meubles et sol végétal

Environ 9 Mt de mort-terrain (sol végétal et dépôts meubles) seront excavées et entreposées dans des sites aménagés à cette fin tout au long de la vie de la mine. Ces divers sites totalisent une superficie de 51 ha et sont illustrés à la carte 4. Une partie du mort-terrain sera toutefois utilisée dès l'an 5 du projet, dans le cadre des activités de restauration progressive du parc à résidus miniers et de la halde à stériles.

La gestion du mort-terrain est présentée plus en détail à la section 3.7.

#### 3.1.3 Parc à résidus miniers et halde à stériles

Basé sur le traitement de 18 Mt de minéral par année, il est estimé que 15 Mt ou 9,8 Mm<sup>3</sup> de résidus miniers devront être annuellement disposés dans le parc à résidus miniers. Le parc a été conçu pour avoir une capacité d'environ 240 Mm<sup>3</sup> afin de recevoir les résidus miniers pour une période de 25 ans. Il pourra contenir 35 Mt de stériles, soit les quantités nécessaires pour la construction des cellules et le rehaussement des digues. La superficie du parc à résidus miniers dans sa pleine expansion aura une superficie d'environ 5,0 km<sup>2</sup>.

Les stériles, quant à eux, seront déposés dans une halde à stériles ayant une capacité de 180 Mm<sup>3</sup>. La halde occupera une superficie de 5,4 km<sup>2</sup> et atteindra, une fois complétée, l'élévation de 550 m.

Davantage d'informations concernant le parc à résidus miniers et la halde à stériles seront présentées aux sections 3.5 et 3.6.

#### 3.1.4 Calendrier de réalisation des travaux

API espère débiter les étapes d'audiences publiques avec le Bureau d'audiences publiques sur l'environnement (BAPE) à l'automne 2013. Après l'obtention des autorisations environnementales (décrets, certificats, autorisations) prévue pour avril 2014, la préparation du site pourra débiter en juin 2014, le début de la construction à proprement parler étant prévu pour août 2014 (durée de 24 mois). L'exploitation pourra commencer au quatrième trimestre de 2016.

Les grandes lignes du calendrier de réalisation du projet de mine d'apatite du Lac à Paul sont les suivantes :

- compléter le déboisement, construction des chemins de mine et accès aux futures infrastructures et aménagements de la carrière;
- sautage et excavation des différentes infrastructures;
- construction du campement permanent des travailleurs, aménagement de l'usine de béton mobile, construction du lieu d'enfouissement en tranchée (LEET) et d'un nouveau puits d'eau potable;
- construction du bassin de polissage au parc à résidus, ainsi que de la berme de départ du parc;
- travaux de fondation de l'usine et construction d'une aire de réception des pièces pour la construction (l'aire d'entreposage de pièces sera l'aire de stockage de produits finis);
- construction de la ligne 120 KV (Chute des passes) et excavation du site du concasseur giratoire;
- construction et bétonnage du circuit de broyage, mise en place du garage;
- installation du broyeur SAG et préparation du terrain usine de densification;
- montage de l'acier à l'usine, travaux de décapage du site de la fosse et préparation du site de la halde à stériles;

- préparation et installation des sites d'entreposage d'explosifs, de la station de pompage et des aires d'entreposage;
- construction de la sous-station électrique et installation des équipements dans les différents bâtiments;
- construction des différentes conduites inter-bâtiments et branchement des différents équipements;
- mise en énergie;
- livraison des consommables;
- démantèlement du camp de construction;
- pré-production.

Parallèlement à ces activités, divers sous-traitants réaliseront :

- l'aire de réception à St-Fulgence;
- l'aménagement des équipements de chargement des navires;
- l'installation d'un quai de type duc-d'albe.

### 3.1.5 Calendrier d'exploitation et de production

Le tableau 3-1 présente le calendrier d'exploitation et de production du projet de mine d'apatite du Lac à Paul.

Tableau 3-1 Calendrier d'exploitation et de production – Fosse Paul

Période (année)	Minerai (Mt)	Résidus miniers (Mt)	Stérile (Mt)	Mort-terrain (Mt)
0 (pré-production)	2,88	2,39	24,39	3,47
1	11,61	9,64	9,95	1,19
2	15,73	13,06	15,58	0,60
3	18,07	15,00	18,50	0,27
4	18,07	15,00	18,02	0,75
5	18,07	15,00	20,28	0,11
6	18,07	15,00	25,71	---
7	18,07	15,00	29,70	---
8	18,07	15,00	40,29	---
9	18,07	15,00	38,19	2,09
10	18,07	15,00	41,35	---
11	18,07	15,00	30,04	0,57
12	18,07	15,00	24,31	---

Tableau 3-1 (suite) Calendrier d'exploitation et de production – Fosse Paul

Période (année)	Minerai (Mt)	Résidus miniers (Mt)	Stérile (Mt)	Mort-terrain (Mt)
13	18,07	15,00	23,77	---
14	18,07	15,00	23,18	---
15	18,07	15,00	23,00	---
16	18,07	15,00	21,78	---
17	18,07	15,00	19,78	---
18	18,07	15,00	19,78	---
19	18,07	15,00	19,78	---
20	18,07	15,00	19,78	---
21	18,07	15,00	19,26	---
22	18,07	15,00	11,56	---
23	18,07	15,00	5,13	---
24	18,07	15,00	2,65	---
25	18,07	15,00	1,45	---
26	6,01	5,00	0,30	---
<b>Total</b>	<b>451,92</b>	<b>375,09</b>	<b>547,48</b>	<b>9,05</b>

## 3.2 Géologie et minéralogie

### 3.2.1 Minéralisation et minéraux

La propriété du lac Paul se situe dans la suite Anorthositique du Lac-Saint-Jean, qui appartient à la province géologique du Grenville. Les roches présentes sur la propriété du lac à Paul se composent de plusieurs lobes différenciés. Les lithologies rencontrées sont de composition mafique (anorthosites, norites, gabbros, etc.) et quelques fois ultramafique (pyroxénites, péridotites, dunités, etc.). La propriété est couverte à environ 85 % par un faciès se caractérisant par la présence de norite et leuconorite ayant de 2 à 5 % de magnétite, ainsi que de gabbro à olivine et des niveaux de roches ultramafiques. La plupart de ces lithologies, à l'exception de la norite et de la leuconorite, ont un contenu en magnétite-ilménite variant de 8 à 20 %, et d'apatite variant de 2 à 20 %. Sur le terrain, diverses autres lithologies ont été observées, comme des pegmatites, des granites, des syénites, des schistes, des nelsonites, des ferrogabbros et des diorites. Les roches ignées phosphatées du site contiennent de grandes quantités de minéraux phosphatés soit de 4 à 15 % de phosphate ( $P_2O_5$ ) et les roches sédimentaires, de 15 à 35 % de  $P_2O_5$ . D'après le tableau 6.4 de l'étude préféabilité (MET-CHEM, 2012), un échantillon de minerai de la Zone Paul serait composé de  $P_2O_5$  à 39 %, de CaO à 52 % et d'autres composés (notamment :  $Fe_2O_3$ ,  $Al_2O_3$ , du MgO, du  $Na_2O$ , du  $K_2O$  et F) en proportions inférieures à 2 %.

### 3.2.2 Potentiel de génération d'acide et de lixiviation

Une évaluation du comportement géochimique des résidus de concentrateur, du minerai et des stériles du projet de mine d'apatite du Lac à Paul est en cours de réalisation par l'unité de recherche et de service en technologie minérale (URSTM). Un rapport présentant les résultats de la caractérisation des matériaux, les résultats partiels des essais en colonnes ainsi qu'une interprétation préliminaire et partielle des résultats (URSTM, 2013) est inséré à l'annexe 2.

Les éléments identifiés comme dépassant le critère A ne présentent aucun dépassement lors de l'essai de lixiviation (TCLP). Les échantillons testés sont donc considérés comme étant à faible risque.

Les résultats des essais statiques indiquent que les stériles testés ne sont pas générateurs de drainage minier acide (DMA), mais que les échantillons de Nelsonite (minerai) et de rejet de concentrateur (résidu) sont classés comme incertains. Les résultats partiels des essais cinétiques disponibles en mai 2013 indiquent toutefois que le Nelsonite et le rejet de concentrateur ne sont pas générateurs de DMA à long terme. Cette conclusion sera confirmée lorsque les essais en colonne seront complétés.

### 3.3 **Exploitation du gisement**

La fosse aura, en surface, des dimensions d'environ 2 300 m de longueur pour une largeur maximale de près de 600 m, et sa profondeur maximale sera d'environ 450 m.

Pour minimiser la quantité de roches stériles produites dans les premières années de production, la fosse Paul sera exploitée en trois fosses emboîtées. La progression des fosses emboîtées, qui seront réunies en une seule avec la progression de l'exploitation, est présentée à l'annexe 3. L'optimisation de la fosse a été effectuée à l'aide du logiciel Gemcom Whittle, sur la base de l'algorithme Lerchs-Grossman. La géométrie des bancs d'exploitation a été modifiée pour obtenir un angle de pente global de 54 °. Le concept minier inclut le minage double banquette avec une hauteur finale de banquette de 20 m et avec une berme entre chaque banquette.

L'accès à la fosse se fait via une rampe de 30 m de largeur et 10 % d'inclinaison. Cette largeur de rampe inclut un chemin de 20 m de largeur avec une berme de sécurité de 3 m vers le côté extérieur de la rampe et un fossé de drainage de 2 m.

### **3.4 Bâtiments et infrastructures de surface**

#### **3.4.1 Secteur du concasseur**

Le minerai dynamité est transporté par camion de 240 t et acheminé vers un concasseur giratoire de 1 400 mm par 2 100 mm, mu par un moteur 600 kW. La taille maximale du minerai brut sera de 1 200 mm. Le minerai trop grossier à l'alimentation du concasseur sera brisé à l'aide d'un brise-roches. Juste avant le concasseur giratoire, il y aura un empilement de minerai d'une capacité de 500 000 t.

Le concasseur sera en opération 18 heures par jour, pour un taux de concassage de 2 778 t/h. Le minerai est concassé jusqu'à environ 150 mm et moins et est transporté par un convoyeur radial vers une aire d'entreposage de minerai située en amont du circuit de broyage. L'aire d'entreposage consiste en un dôme d'une capacité de 33 000 tonnes construit sur une dalle étanche.

Les infrastructures du secteur du concasseur seront construites sur des fondations faites de stériles miniers.

Le secteur du concasseur est illustré aux cartes 4 et 5.

#### **3.4.2 Usine de traitement du minerai**

Les activités de concentration du minerai sont réalisées au complexe minier. Elles incluent le concassage, le broyage, la flottation, la filtration et le séchage du concentré. Les installations de traitement sont illustrées aux cartes 4 et 5. Le schéma de procédé simplifié est présenté à la figure 3-1.

##### **3.4.2.1 Broyage**

Le minerai concassé est transporté par convoyeur vers le circuit de broyage primaire. Le minerai est repris sous la pile par un convoyeur situé dans un tunnel, alimenté par six alimentateurs à tablier.

Ce broyage est effectué par un broyeur semi-autogène (SAG), qui opère en circuit fermé avec un tamis. De l'eau est ajoutée au broyeur SAG afin de contrôler la densité de pulpe dans le broyeur à approximativement 70-75 % solides.

À la décharge du broyeur, le refus du tamis, environ 20 % du tonnage alimenté au broyeur, est retourné au broyeur par une série de trois convoyeurs. Le matériel suffisamment fin (le passant du tamis, d'une dimension 80 % plus petite que 2,5 mm) est dirigé vers une étape de broyage secondaire, via une boîte de pompe qui alimente les deux broyeurs à boulets qu'on y retrouve.

Le circuit de broyage secondaire est composé de deux broyeurs à boulets opérant en parallèle. La granulométrie visée pour la concentration du minerai est de 80 % passant 210 microns. La densité de pulpe est ajustée à 65-70 % solides. Les broyeurs opèrent chacun en circuit fermé avec un ensemble d'hydrocyclones qui retournent aux broyeurs le minerai trop grossier (la sousverse des cyclones) et dirigent le minerai suffisamment fin (la surverse des cyclones) vers la première étape de concentration.

#### 3.4.2.2 Épaississement de la pulpe

Le minerai suffisamment fin est déchargé dans une boîte de pompe qui alimente deux ensembles d'hydrocyclones opérant en série. Ces cyclones sont ajustés pour récupérer le minerai sous forme d'une pulpe épaissie et rejetés de l'eau afin de contrôler la densité de pulpe à l'étape de flottation qui suit.

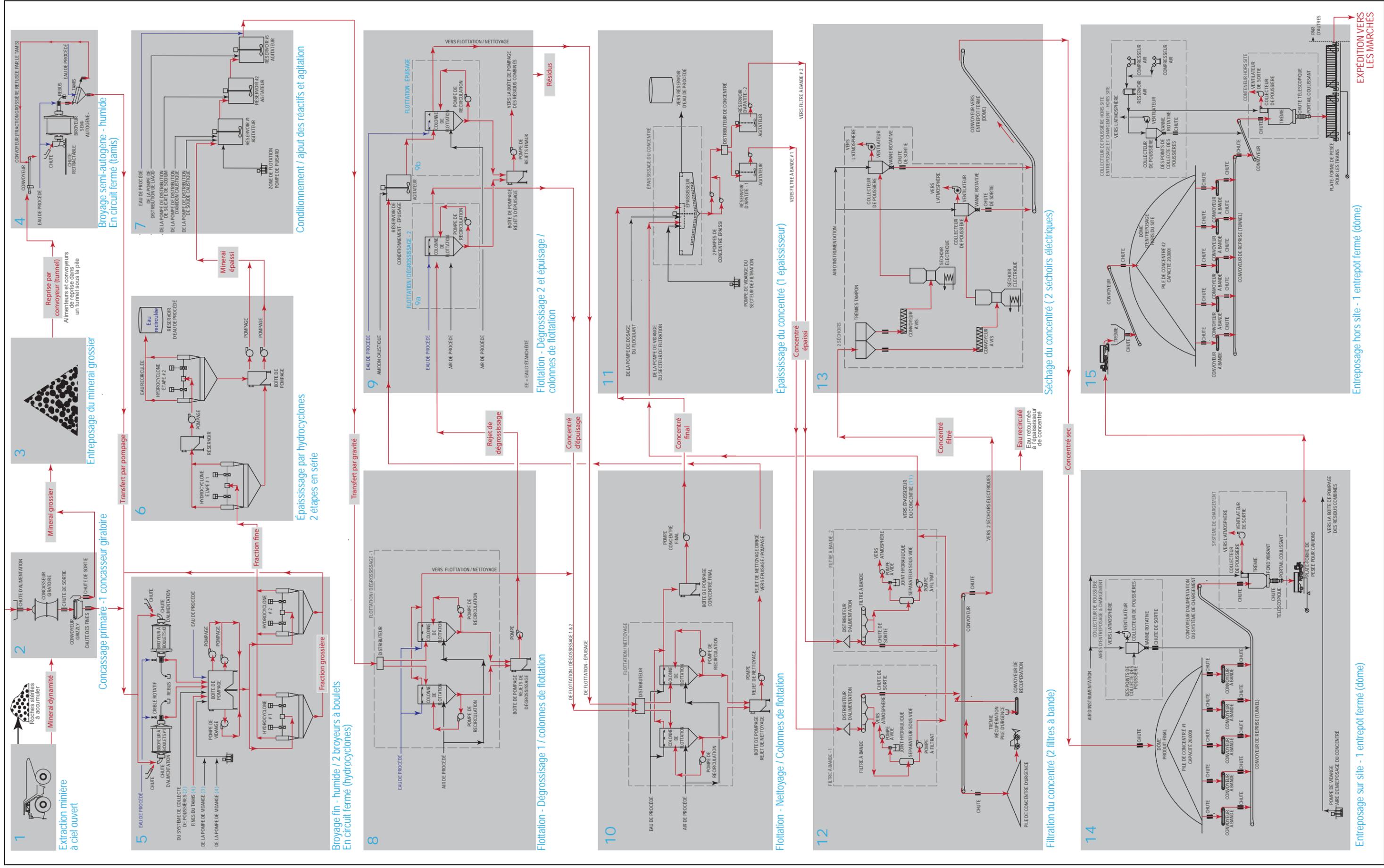
La sousverse du premier ensemble est dirigée vers la flottation par une pompe; sa surverse est pompée vers la deuxième étape d'hydrocyclones. La sousverse du second train de cyclones est également pompée vers la flottation, alors que sa surverse, essentiellement composée d'eau, est retournée vers le procédé via un réservoir d'eau de procédé.

#### 3.4.2.3 Flottation

Les réactifs utilisés dans le circuit de flottation sont les suivants :

- le liacid, une huile de soya qui agit comme un collecteur d'apatite;
- le silicate de sodium, un déprimant pour les silicates et aluminates;
- l'amidon, un déprimant pour l'ilménite et les minéraux de fer;
- l'hydroxyde de sodium pour ajuster le pH et à la préparation d'une solution caustique d'amidon.

La pulpe épaissie par les hydrocyclones est pompée vers le premier de trois réservoirs de conditionnement opérant en série, à une densité de 55-65 % solides.





Le premier réservoir est alimenté avec de la soude caustique et de l'amidon; le pH est ajusté à 10-10,7 pour optimiser l'action des réactifs. Le contenu de ce premier réservoir est acheminé vers un deuxième réservoir de conditionnement où le silicate de sodium est ajouté. Le troisième réacteur reçoit le collecteur. À sa décharge, de l'eau de procédé est ajoutée pour contrôler la densité de pulpe à une valeur de 35 % solides pour la flottation primaire (dégrossissage).

Le circuit de flottation est entièrement composé de colonnes. Ce sont des équipements sans agitation mécanique où de l'air est ajouté au bas d'une haute colonne et la pulpe au haut. La circulation à contre-courant des bulles d'air ascendantes et de la pulpe fournit l'agitation. L'écume contenant les minéraux à collecter est évacuée par la partie supérieure et les minéraux non flottés sont extraits à la base.

La première étape, le dégrossissage, vise à récupérer un maximum d'apatite. Elle comprend des colonnes de 4,88 m de diamètre et 14 m de hauteur :

- le concentré est dirigé, par gravité, vers une étape de nettoyage, pour en augmenter la teneur;
- le rejet est pompé vers une seconde étape de dégrossissage.

La seconde étape de dégrossissage comprend des colonnes de même dimension, dont le concentré est dirigé, par gravité également, vers l'étape de nettoyage, alors que le rejet, de faible teneur en apatite, constitue un résidu final.

L'étape de nettoyage est composée de colonnes de 4,88 m de diamètre et 8 m de hauteur. Leur concentré est final et pompé vers un épaisseur de concentré.

Le rejet de nettoyage a une teneur en apatite trop élevée pour être rejeté. Il subit une étape de flottation additionnelle, dans des colonnes épaisseur de 3,67 m de diamètre et 14 m de hauteur. Le rejet d'épuisage constitue un résidu final, alors que son concentré est recirculé aux colonnes de nettoyage

#### 3.4.2.4 Épaississement du concentré et des résidus

Le concentré du circuit de flottation est pompé vers un épaisseur à haute performance (19 m de diamètre). La surverse de l'épaisseur est acheminée vers le réservoir d'eau de procédé pour être recyclée dans l'usine. La sousverse, soit le concentré d'apatite, est épaissie à 65-70 % de solides et pompée vers un circuit de filtration.

Les résidus du circuit de flottation sont acheminés vers un épaisseur des résidus (38 m de diamètre). La sousverse de l'épaisseur est pompée vers l'usine d'épaississage sous forme d'une pulpe épaissie à 68-70 % solides. La surverse est recirculée vers le réservoir d'eau de procédé.

#### 3.4.2.5 Filtration et séchage du concentré

La sousverse de l'épaisseur d'apatite est pompée vers deux réservoirs tampons munis d'agitateurs. Ces réservoirs permettent d'alimenter à un taux contrôlé, par pompage, un circuit de deux filtres à vide à bande opérant en parallèle. Un filtre est normalement en opération, le second servant d'unité de rechange. Les filtres permettent de diminuer la teneur en eau à une valeur de 4-10 %. Les réservoirs en amont des filtres ont chacun une capacité d'entreposage de 12 heures.

Le filtrat est pompé vers l'épaisseur à concentré pour récupérer toute perte éventuelle d'apatite. Le gâteau filtré est déchargé sur un convoyeur et dirigé vers deux silos tampons à la section de séchage du concentré.

Le séchage vise à diminuer l'humidité du concentré à un maximum de 1,5 %. Il est constitué de deux séchoirs opérant en parallèle. À la décharge des filtres, des convoyeurs à vis sont utilisés pour contrôler l'alimentation des séchoirs.

Le concentré séché est déchargé sur un convoyeur. Les séchoirs sont munis de dépoussiéreurs. Les poussières captées sont déchargées sur le convoyeur de concentré séché.

Le concentré final, à une humidité nominale de 1 %, est déchargé sur un convoyeur de reprise pour transfert dans deux silos fermés. Ces derniers auront une capacité totale d'entreposage de 21 jours.

Un tunnel sous la pile, muni de cinq alimentateurs à courroie, permet la reprise du concentré pour expédition. Le concentré ainsi repris par un convoyeur est déchargé dans une trémie de chargement de camions, d'une capacité de 100 t. Une chute télescopique, sous la trémie, permet le chargement de camions, d'une capacité unitaire prévue de 120 t. Le système de chargement comprend une balance de camions pour le contrôle des opérations. Cette installation de chargement de concentré est située à l'intérieur d'un bâtiment.

Le concentré d'apatite chargé à la mine sera transporté par les camions vers un site de chargement des navires situé à St-Fulgence.

### 3.4.2.6 Réactifs et média de broyage

Six réactifs sont utilisés dans le procédé de flottation d'apatite, incluant un flocculant pour assister la sédimentation lors de l'étape d'épaississement. Le tableau 3-2 présente les consommations prévues.

Tableau 3-2 Consommation des réactifs

Réactif	Rôle	Forme à la réception	Consommation		
			g/t de minerai	t/jour	t/année
Liacid 1800	Collecteur de minéraux phosphatés	Liquide	150	7,50	2 738
Silicate de sodium	Déprimant de minéraux silicatés	Liquide	400	20,00	7 300
Amidon de maïs	Déprimant des oxydes de fer	Poudre en sacs	250	12,50	4 563
Hydroxyde de sodium	Ajustement de pH	Liquide	Variable – environ 700	35,07	12 800
Floculant	Aide à la décantation des particules à l'épaississage	Poudre en sacs	40 à 80	2 à 4	7,3 à 14,6

### 3.4.3 Bâtiments administratifs et de services

Les bâtiments administratifs et de services seront adjacents au complexe minier. Il s'agit de :

- un laboratoire, un bureau et un atelier mécanique adjacents au bâtiment principal, près de la zone de flottation;
- un bâtiment administratif (bureaux, infirmerie, salle de conférence, laboratoire et salle à manger);
- un bâtiment pour la maintenance des équipements miniers (garage);
- un entrepôt;
- un bâtiment pour les véhicules d'urgence;
- un bâtiment avec un vestiaire et des douches pour les employés.

### 3.4.4 Infrastructures électriques

Les besoins en électricité pour le projet sont estimés à 1155 MW. API réalisera une ligne électrique à 161 kV sur une longueur d'environ 30 km pour alimenter l'usine en 2016. Le tracé envisagé traverserait la rivière Manouane au départ de la centrale Chute des Passes et longerait les chemins existants sur une bonne partie de son tracé, jusqu'au site minier.

Cette ligne sera supportée par des portiques de bois avec traverses en acier espacés à une moyenne de 180 m, dans une emprise projetée de 30 m de largeur. La longueur des poteaux sera de 18,3 m et ils seront enfoncés dans le sol à une profondeur moyenne de 2,8 m, ce qui donnera une hauteur hors sol moyenne de 16 m. La ligne et les portiques seront construits par un entrepreneur spécialisé dans ce type d'ouvrage selon les normes applicables.

Un sous-poste électrique sera installé avec trois transformateurs pour assurer la poursuite des opérations en cas de bris d'équipement. Une sous-station sera installée près du secteur usine (nord). De là diverses lignes de moyenne tension seront en mesure d'alimenter les divers secteurs et équipements du site minier

Trois génératrices au diesel, totalisant une puissance de 8,2 MW, seront installées en cas d'urgence importante. Ces génératrices ne serviront aucunement à faire fonctionner l'usine, mais plutôt pour maintenir les équipements essentiels (chauffage d'appoint, fils chauffants, etc.).

La localisation de ces infrastructures est illustrée aux cartes 4 et 5.

#### 3.4.5 Infrastructures routières du site minier

L'accès au site de la mine se fera principalement par le chemin forestier existant de Chutes-des-Passes (R0250 et R0251). Il s'agit d'une route publique qui est utilisée par des villégiateurs et des industriels.

L'accès à l'usine se fera par un nouvel accès depuis le chemin forestier R0251. Si nécessaire, des améliorations pourront être apportées sur certains tronçons. Également, des élargissements du chemin seront réalisés environ à tous les 15 km pour permettre des zones de dépassement avec signalisation adéquate. Un système de feux de signalisation sera mis en place pour assurer la sécurité des véhicules empruntant le chemin forestier R0251.

Tous les chemins miniers auront une largeur maximale de 30 m afin d'accommoder les camions miniers. Le chemin de roulage de la fosse Paul au site de concassage aura une longueur d'environ 2 km. Ce chemin de roulage donnera accès à des chemins menant aux infrastructures de maintenance d'équipement. Un chemin de service donnera accès au site d'entreposage d'explosifs. Un chemin de service d'environ 2,5 km sera requis pour rejoindre le point le plus éloigné de dépôt du parc à résidus. Un chemin de service rejoindra les stations de pompage d'eau du lac à Paul. Tous ces chemins de service auront une largeur de 10 m. Un réseau de chemins d'accès secondaires sera implanté pour rejoindre les différents aménagements reliés aux installations minières du projet.

La localisation de ces infrastructures est illustrée à la carte 4.

#### 3.4.6 Complexe d'habitation et de services

Un campement de travailleurs sera aménagé à l'emplacement de l'actuel campement, au nord du lac à Paul, pour le temps de la construction. Un deuxième campement temporaire ainsi que le campement permanent pour les travailleurs sera localisé à proximité du lac du Grizzli, approximativement à un peu moins de 500 m du complexe industriel.

Le campement de travailleurs est illustré à la carte 4.

### 3.5 **Haldes à stériles et à minerai**

La description des sols sous-jacents aux haldes à stérile et à minerai a été réalisée à la section 2.6.1, tandis que les propriétés géochimiques ont été décrites à la section 3.2.2. Les haldes à stériles et à minerai sont illustrées à la carte 4.

#### 3.5.1 Halde à stériles

Les roches stériles seront transportées par camion de la fosse à la halde. Ils seront ensuite déchargés de leur contenu puis étendus par un bouteur qui servira également à profiler les pentes.

La halde à stérile sera aménagée au nord des lacs Kodiak, de l'Ours Polaire, du Coyote et D, et à environ 1,1 km à l'ouest du complexe industriel. La halde aura une capacité d'environ 180 Mm<sup>3</sup>, couvrira une superficie d'environ 5,4 km<sup>2</sup> et atteindra une élévation maximale de 550 m lors de sa pleine extension. L'épaisseur de roche stérile mise en place sera en tout temps inférieure à 80 m.

La halde sera généralement faite de berme de 10 m de hauteur ayant une pente de 1.5 H : 1V, séparées par des paliers horizontaux de 5 m de largeur. La pente globale de la halde sera donc de 2 H : 1V. Les paliers horizontaux auront une largeur de 25 m dans le secteur nord-est, ce qui correspond à une pente moyenne de 4 H : 1V, afin de limiter l'épaisseur de stérile en place dans ce secteur à moins de 80 m.

Afin d'améliorer la stabilité de la halde et d'atteindre des facteurs de sécurité satisfaisant à court et long terme, une berme de stabilisation sera installée en pied de talus tout autour de la halde à stérile.

Les plans et coupes-types de la halde à stérile sont insérés à l'annexe 4.

### 3.5.2 Halde à minerai

Immédiatement à l'est de la halde à stériles, une superficie de 0,94 km<sup>2</sup> servira à accumuler du minerai basse teneur (*low grade ore*) qui sera conservé pour être traité à l'usine ultérieurement, approximativement entre la 7<sup>e</sup> et la 13<sup>e</sup> année d'exploitation, le cas échéant.

### 3.6 **Parc à résidus miniers**

La description des sols sous-jacents au parc à résidus a été réalisée à la section 2.6.1, tandis que les propriétés géochimiques des résidus ont été décrites à la section 3.2.2.

Les résidus seront acheminés par conduites à partir de l'usine sur une distance d'environ 2,5 km. Les conduites pour le transport des résidus miniers seront hors terre et longeront le chemin de service du parc à résidus. Par l'entremise de pompes à déplacement positif, les résidus seront déposés dans le parc.

Dans le parc à résidus, deux sites de déposition seront utilisés en alternance afin de maximiser l'utilisation du site et obtenir une meilleure gestion de cette infrastructure. Des chemins d'accès seront construits dans le parc. Ils seront construits à l'aide de stériles.

Une digue périphérique sera nécessaire pour contenir les résidus, avec des ouvrages plus importants sur les côtés est, ouest et nord, le côté sud étant accolé à une colline rocheuse. Les digues seront perméables et les matériaux pour l'ériger proviendront au départ des matériaux issus de la carrière localisée à l'intérieur des limites du futur parc. Par la suite, elles seront érigées au fur et à mesure par des rehaussements de l'ordre de 3 m, à l'aide de stériles de la mine.

Basé sur le traitement de 18 Mt de minerai par année, il est estimé que 15 Mt ou 9.8 Mm<sup>3</sup> de résidus miniers devront être annuellement disposés dans le parc à résidus miniers. Le parc a été conçu pour avoir une capacité d'environ 240 Mm<sup>3</sup> afin de recevoir les résidus miniers pour une période de 25 ans. Il pourra contenir 35 Mt de stériles, soit les quantités nécessaires pour la construction des cellules et le rehaussement des digues. À partir de la deuxième année d'exploitation, environ 1 Mm<sup>3</sup> de stériles seront utilisés annuellement pour la construction des digues. Le parc à résidus miniers sera situé au sud du lac Épinette et couvrira une surface de 5,1 km<sup>2</sup>.

Le parc à résidus minier est illustré à la carte 4. Les plans et coupes-types du parc à résidus minier sont insérés à l'annexe 5.

### **3.7 Site d'entreposage des dépôts meubles et du sol végétal**

Le mort-terrain excavé sera d'abord ségrégué, puis temporairement empilé en trois piles principales situées au sud et au nord-est de la fosse ainsi qu'au nord-ouest du parc à résidus et quatre petites piles complémentaires mises en place près du site industriel et le long du chemin menant au parc à résidus.

Ce matériel servira dès l'an 10 du projet pour des besoins de restauration des haldes à stériles et du parc à résidus. Au total, environ 9 Mt de mort-terrain seront à entreposer dans les sites aménagés à cette fin (50 ha). Aucun fossé ne ceinturera ces sites, mais des mesures seront prises en cours d'exploitation afin de contrôler le ruissellement, pour éviter la formation de rigoles et de crevasses et ainsi limiter le transport sédimentaire sur les pentes.

Les haldes à mort-terrain sont illustrées à la carte 4.

### **3.8 Gestion des eaux**

L'hydrologie et l'hydrogéologie de la zone d'étude du projet de mine d'apatite du lac à Paul ont fait l'objet de rapports détaillés annexés à l'étude d'impact sur l'environnement (GENIVAR, 2013 ; HYDRO-RESSOURCES INC. 2013). La section 2.6.2 résume les informations présentées dans ces documents.

Le plan de gestion des eaux a été élaboré pour assurer le maintien des opérations dans un contexte de protection de l'environnement. Les principaux objectifs ont été :

- d'assurer un approvisionnement d'eau fiable au procédé;
- de minimiser le prélèvement d'eau fraîche dans le lac à Paul;
- de maximiser la réutilisation d'eau dans le procédé et minimiser le rejet d'effluents miniers;
- de limiter le nombre de sous-bassins versants recevant les eaux rejetées à l'environnement après traitement;
- de collecter et traiter toute eau de surface qui pourrait affecter la qualité du milieu récepteur;
- d'assurer le contrôle des matières en suspension;
- de faciliter les opérations minières en limitant l'entrée d'eau dans la fosse et en évacuant rapidement toutes les eaux d'infiltration ou issues des précipitations.

### 3.8.1 Bilan hydrique de l'usine de traitement du minerai et du parc à résidus miniers

#### 3.8.1.3 Prise d'eau

Une prise d'eau de procédé sera construite au Lac à Paul. Elle alimentera le procédé à raison de 10 m<sup>3</sup>/h.

Le bâtiment abritant la prise d'eau sera en contact avec le lac et l'empiètement dans le lac a été estimé à environ 50 m<sup>2</sup>. La longueur du tuyau dans le fond du lac sera déterminée en fonction de la bathymétrie.

#### 3.8.1.2 Procédé

Le besoin journalier en eau pour le procédé à l'usine est estimé à 11 235 m<sup>3</sup>/h. L'eau qui sert au procédé provient de la prise d'eau dans le lac à Paul (10 m<sup>3</sup>/h) et essentiellement de l'épaississage des résidus (6 290 m<sup>3</sup>/h) et de l'eau récupérée du procédé (4 935 m<sup>3</sup>/h).

Il y aura également, dans l'usine une unité de filtration pour l'eau en provenance des épaisseurs qui traitera 345 m<sup>3</sup>/h, mais dont la capacité sera de 500 m<sup>3</sup>/h.

Outre le procédé proprement dit, diverses opérations ou équipements utiliseront de l'eau, comme les garnitures de pompes (248 m<sup>3</sup>/h) ou la préparation des produits chimiques (107 m<sup>3</sup>/h).

#### 3.8.1.3 Épaississage des résidus

L'objectif primaire de l'épaississeur des résidus miniers est d'épaissir les résidus à un pourcentage en solides élevé. L'objectif secondaire est de produire une surverse avec un bas niveau de solides en suspension et de recirculer ces eaux à l'usine de traitement du minerai. Les épaisseurs seront du type « *deep cone thickener* » pour rencontrer ces besoins.

L'installation consistera en deux épaisseurs en parallèle, chacun opérant normalement avec 50 % du volume des résidus, mais avec la possibilité de prendre le tonnage complet dans un épaisseur en cas d'urgence. La division des débits entre les deux épaisseurs sera contrôlée par des valves de contrôle à l'alimentation de chaque épaisseur.

La surverse sera transférée par gravité dans un réservoir de surverse commun aux deux épaisseurs, puis ces surverses seront pompées à l'usine de traitement du minerai.

Les sousverses à 70 % solides seront pompées dans un bac de pompage pressurisé commun aux deux épaisseurs avant d'être dirigées vers le parc à résidus miniers.

#### 3.8.1.4 Bassin de polissage et effluent

Le bassin de polissage reçoit 352 m<sup>3</sup>/h d'eau du parc à résidus (eau interstitielle contenue dans les résidus) et les précipitations apportent 410 m<sup>3</sup>/h.

L'eau du bassin de polissage sera rejetée dans le tributaire du lac Épinette à un débit moyen horaire de 110 m<sup>3</sup>/h. Avant tout rejet, l'eau sera traitée afin de respecter la Directive 019 sur l'industrie minière du MDDEFP et tenter d'atteindre les objectifs environnementaux de rejet (OER) qui seront établis par le MDDEFP.

Selon les informations actuellement disponibles, seul un traitement des MES semble être requis. Le traitement des eaux pourrait être modifié en cours d'exploitation si les performances requises ne sont pas atteintes.

#### 3.8.2 Eaux de ruissellement

Sur le site minier, les eaux de ruissellement seront captées par des fossés de drainage. Ces derniers seront conçus pour atteindre une vitesse maximale d'environ 2 m/s, de manière à éviter toute problématique d'érosion des sols.

Divers bassins récupéreront ces eaux et permettront de faire sédimenter les eaux avant de les rejeter dans le milieu récepteur. Les rejets respecteront la Directive 019 sur l'industrie minière du MDDEFP et tenteront de respecter les OER.

Les ouvrages de gestion des eaux de ruissellement ainsi que les divers points de rejet à l'environnement sont illustrés à la carte 4 et détaillés dans les paragraphes qui suivent.

##### 3.8.2.1 Complexe minier

Un système de fossés de drainage sera mis en place pour desservir le complexe minier. Les eaux de ruissellement du complexe industriel seront acheminées vers un bassin de rétention et de traitement situé au sud du complexe. Après traitement, les eaux seront rejetées dans un cours d'eau sans nom situé à l'est du bassin de rétention et traitement. Le rejet à l'environnement est estimé à 277 m<sup>3</sup>/j

En ce qui a trait aux eaux en provenance de la baie de lavage du garage, elles seront au préalable traitées (séparateur d'huile) avant d'être retournées vers l'épaisseur de l'usine de traitement du minerai.

### 3.8.2.2 Halde à stériles

La halde à stérile sera entourée de fossés périphériques captant les résurgences de la halde et les eaux de ruissellement. Les eaux captées seront dirigées soit vers un des trois bassins d'accumulation, soit vers un des deux bassins de sédimentation (voir carte 4). Les eaux accumulées seront pompées vers un réseau de drainage acheminant ultimement les eaux vers un bassin de sédimentation. Ainsi, le bassin de sédimentation A recevra les eaux du bassin d'accumulation B par pompage et son point de rejet sera la rivière Naja. Les eaux des bassins d'accumulation C et E seront pompées vers le bassin de sédimentation D et rejetées dans la rivière Manouane.

### 3.8.2.3 Parc à résidus miniers

Un fossé de drainage ceinturera le parc à résidus. L'eau des fossés périphériques sera acheminée vers le bassin de polissage via des stations de pompage localisées aux points bas.

Le réseau de drainage environnant le parc à résidus sera conçu pour évacuer adéquatement une crue ayant une récurrence de 100 ans. Différentes digues ont donc été localisées autour du parc à résidus pour la récupération des eaux de pluie en contact avec les résidus.

Le dimensionnement des fossés de chacune des digues est basé sur les volumes générés par des orages courts et intenses. Pour chacun des points bas du terrain naturel au droit des digues, des bassins de rétention seront aménagés afin de récupérer les eaux acheminées par les fossés. Le dimensionnement des bassins de rétention est basé sur le volume d'eau qui pourrait être généré en 24 heures, le tout pour une période de retour de 100 ans.

Un bassin de rétention d'une capacité de 63 368 m<sup>3</sup> sera construit dès le début de l'exploitation du parc à résidus et sera utilisé tout au long de la vie de la mine. Une station de pompage sera prévue afin de pomper l'eau du bassin de rétention vers le bassin de polissage. Le calcul de la capacité maximale de la station de pompage est basé sur l'évacuation du volume maximal du bassin, soit 63 368 m<sup>3</sup> sur une période de 12 heures. Ceci correspond donc à un débit de 5 281 m<sup>3</sup>/h. Quatre pompes seront prévues dont une en redondance. Chaque pompe aura une capacité d'au moins 1 761 m<sup>3</sup>/h.

D'autres bassins de rétention seront construits en cours d'exploitation, selon la séquence d'exploitation du parc à résidus. Une station d'échantillonnage est prévue à chaque bassin. L'eau sera rejetée à l'environnement lorsqu'elle sera conforme aux

normes applicables. La localisation et la capacité de ces ouvrages n'étant pas encore déterminées, elles seront présentées plus en détail lors d'une révision du plan de restauration.

Pour des conditions moyennes, les eaux collectées par les fossés et dirigées vers le bassin de polissage auront un débit d'environ 130 m<sup>3</sup>/h, tandis que les eaux qui seront rejetées à l'environnement après traitement auront un débit de 30 à 50 m<sup>3</sup>/h.

### 3.8.3 Eaux d'exhaure

API ne fera pas de pompage de l'eau souterraine dans le but de rabattre l'élévation de celle-ci. Toutefois, après environ cinq ans d'opération dans la fosse, de l'eau pourrait s'y accumuler. Ces accumulations seront constituées des eaux de ruissellement et celles qui auront fait résurgence dans la fosse. L'eau d'exhaure sera captée dans les points bas de la fosse, puis envoyée à l'aide de pompes submersibles vers un bassin de sédimentation. Les volumes d'eau pompée augmenteront au fur et à mesure de l'exploitation de la fosse. Cette dernière sera d'ailleurs gérée de manière à pouvoir laisser accumuler de l'eau en condition de forte hydraulité (pluie, fonte).

## 3.9 **Traitement des eaux usées**

### 3.9.1 Eaux usées minières

Les eaux usées minières seront principalement chargées en matière en suspension. Seul un traitement passif à l'aide de bassins de sédimentation est actuellement prévu à chaque site de rejet.

### 3.9.2 Eaux usées sanitaires

Les eaux usées en provenance des égouts sanitaires du campement permanent (capacité de 325 personnes), seront amenées vers un système de traitement de type contacteur biologique rotatif. Le rejet au lac du Grizzli sera de 284 m<sup>3</sup>/jour en période de construction et de 94 m<sup>3</sup>/jour en période d'exploitation.

L'eau sanitaire et l'eau des douches provenant de chaque bâtiment seront acheminées vers ce système de traitement au travers des tuyaux souterrains. Les boues devront être disposées par un entrepreneur local, deux fois par année.

### 3.9.2 Effluents

Le tableau 3-4 synthétise les principaux effluents anticipés dans le cadre du projet de mine d'apatite du Lac à Paul et présente les débits moyens journaliers attendus. Les effluents sont localisés à la carte 4.

Tableau 3-4 Caractéristiques des principaux effluents au site minier

Secteur	Débit moyen horaire (m <sup>3</sup> /h)	Méthode de gestion des eaux	Site de rejet
Concasseur	0,13 sanitaire 0,12 bâtiment 2,91 ruissellement	Sanitaire : fosse septique Bâtiment et ruissellement : réseau de drainage avec fossés et ponceaux; bassin de rétention et de traitement	Sanitaire : infiltration dans le sol après traitement. Ruissellement : cours d'eau sans nom à proximité
Complexe minier	11,54	Réseau d'égout pluvial avec conduites souterraines; bassin de rétention et traitement; station de mesure de débit et d'échantillonnage	Cours d'eau sans nom au sud du complexe minier
Prise d'eau	0,16	Réseau de drainage avec fossés et ponceaux; bassin de rétention et traitement	Lac à Paul
Dépôt d'explosifs	0,50	Réseau de drainage avec fossés et ponceaux; bassin de rétention et traitement	Fossé du côté sud du chemin
Entrepôt de préparation des explosifs	0,50 ruissellement 0,13 sanitaire	Réseau de drainage avec fossés et ponceaux; bassin de rétention et traitement; Fosse septique avec éléments épurateurs pour les eaux usées sanitaires	Eaux de ruissellement : fossé sud de la route Eaux sanitaires : rejet dans le sol après traitement
Site de traitement des eaux usées	11,83 construction 4,00 opération	Contacteur biologique rotatif	Lac à Paul
Réservoir et station d'eau potable et campement	2,55	Réseau de drainage avec fossés et ponceaux; bassin de rétention et traitement	Cours d'eau sans nom à l'ouest du campement
Bassin de polissage	110,0	Digues et exutoire	Tributaire du lac Épinette
Halde à stériles	307,0	Réseau de fossés et bassins de sédimentation	Rivières Naja et Manouane
Eaux de dénoyage	218 (année 5)	Pompe et bassin de décantation	La rivière Naja est actuellement envisagée

### 3.10 Autres terrains utilisés

Une carrière sera localisée à l'intérieur du futur site de résidus miniers.

Une sablière sera aménagée pour les besoins de construction et d'entretien des routes.

Une usine de béton sera mise en place dans la sablière localisée à l'ouest du lac Lynx.

Ces éléments sont illustrés à la carte 4.

### 3.11 Produits chimiques

#### 3.11.1 Explosifs

Les explosifs et détonateurs seront entreposés dans deux entrepôts séparés. Ces entrepôts seront clôturés et l'accès y sera contrôlé. Les caractéristiques de ces entrepôts sont les suivantes :

- un entrepôt de 12 m de longueur par 3,7 m de largeur et 2,1 m de hauteur, pour l'entreposage des amorces et des explosifs servant aux tirs périmétriques et aux tirs secondaires. L'entrepôt va contenir au maximum 30 000 kg d'explosifs. Ce site servira aussi à remplir les camions dédiés au transport de l'émulsion;
- un entrepôt de 3,7 m de longueur par 2,4 m de largeur avec une hauteur de 2,1 m pour y entreposer les détonateurs électroniques servant à la mise à feu des amorces. L'inventaire ne pourra dépasser 10 000 détonateurs. Cela équivaut à environ 10 kg d'explosif.

L'approvisionnement se fera par voie terrestre jusqu'aux entrepôts. Le transport des explosifs et de l'émulsion vers la fosse sera assuré par deux camions-citernes à explosifs munis d'une pompe et d'un boyau permettant de charger les trous.

Les entrepôts sont illustrés à la carte 4.

#### 3.11.2 Produits pétroliers

Le carburant diesel pour les équipements miniers sera stocké dans six des réservoirs horizontaux à double paroi localisés à proximité du garage, dans le secteur du concasseur. Les réservoirs auront une capacité totale de 600 000 litres, soit une quantité suffisante pour couvrir jusqu'à 8 jours de stockage.

L'entreposage et le ravitaillement en produits pétroliers seront réalisés dans le respect des normes de la Régie du bâtiment et des législations en vigueur.

#### 3.11.3 Produits utilisés dans le procédé de flottation

Les réactifs utilisés dans le procédé de flottation d'apatite ont été présentés à la section 3.4.1.7. Le détail de leur réception, entreposage et mélange est décrit dans les paragraphes qui suivent. Tous ces produits sont entreposés dans l'usine de traitement. La section de réception/déchargement et manutention des réactifs est munie de systèmes pour la récupération et le traitement des fuites éventuelles.

### ***Liacid***

Le Liacid est une huile de soya contenant des acides gras qui agissent comme collecteur d'apatite. Ce réactif est reçu sous forme d'une solution liquide à une concentration de 50 %, dans des citernes de 30 000 L; il est pompé dans un réservoir de stockage d'une capacité de 190 000 L. Le Liacid est ensuite pompé vers un réservoir de dilution où l'ajout d'eau diminue sa concentration à 25 %. Une pompe assure la distribution vers un des réservoirs de conditionnement qui précède la flottation. La consommation annuelle est estimée à environ 2 750 t.

### ***Silicate de sodium***

Le silicate de sodium ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ) est une substance chimique inodore et très soluble dans l'eau. C'est une base forte formant des solutions très alcalines.

Le silicate de sodium est reçu en solution, par camion-citerne de 23 000 L. Il sera déchargé par pompage dans un réservoir agité. Le silicate doit être dilué à une concentration de 10 % pour l'utilisation dans le circuit de flottation. Cette dilution est effectuée par transfert dans un réservoir agité et ajout d'eau. Deux réservoirs sont présents : un en phase de dilution, pendant que le second alimente le procédé par pompage.

La consommation annuelle de silicate de sodium estimée est d'un peu moins de 7 500 t.

### ***Amidon***

L'amidon est un glucide provenant de diverses parties de certaines plantes. Il s'agit ainsi d'une substance naturelle (ou artificielle) composée de carbone, d'hydrogène et d'oxygène et ayant la structure chimique d'un alcool-aldéhyde ou d'un alcool-cétone. Un amidon de maïs sera utilisé dans le procédé.

L'amidon en poudre est reçu dans des sacs (conteneurs souples « *big bags* »), par lots d'environ 25 000 kg. Les sacs sont entreposés sur une dalle de béton, à l'intérieur de l'usine.

L'amidon doit être mis en solution, à une concentration de 2,5 %, et à pH élevé. Cette opération demande de vider les sacs dans une trémie qui alimente un réservoir de mélange. De l'eau et de la soude caustique sont ajoutées. Une fois la solution diluée et homogénéisée, elle est transférée, par pompage, dans un réservoir tampon, lequel alimente, à la demande, un réservoir de distribution. Ce réservoir a une capacité d'une journée de consommation.

La solution est distribuée à travers le circuit de flottation par des pompes doseuses. Sa consommation annuelle sera de l'ordre de 4 600 t.

### ***Hydroxyde de sodium***

L'hydroxyde de sodium est reçu sous forme liquide, une solution de concentration 50 %, dans des iso-conteneurs de 26 000 L. Il est déchargé par pompage vers un des deux réservoirs de stockage chauffés, étant donné que cette solution gèle à environ 10 °C. Ces réservoirs auront une capacité de stockage de l'ordre de 21 jours.

La solution est pompée vers un réservoir de dilution, où sa concentration est réduite à 10 % en ajoutant de l'eau fraîche. Le réactif est distribué au procédé par pompage à partir de ce réservoir.

La consommation annuelle d'hydroxyde de sodium estimée est de 12 800 t.

### ***Floculant***

Le floculant est reçu en poudre dans des sacs souples (1 000 kg) qui seront entreposés sur une dalle de béton en entrepôt. L'entreposage prévu (livraisons de 21 sacs à la fois par conteneur) a une capacité de six semaines.

Son utilisation demande une dilution jusqu'à une concentration très faible, de l'ordre de 0,05 %, avec de l'eau fraîche. Le vidage des sacs et cette dilution sont effectués à l'aide d'un système spécialisé du fournisseur, qui pompe la solution diluée vers un réservoir de distribution d'où il est distribué aux épaisseurs par pompage. La demande annuelle de floculant estimée varie entre 7 et 15 t.

Plusieurs types de floculant peuvent être utilisés. Celui qui est considéré est un polymère de type polyacrilamide, dont le fournisseur reste à déterminer.

## **3.12 Déchets solides**

Dans le but de diminuer l'empreinte environnementale du projet, le plan de gestion des déchets favorisera l'adoption de pratiques basées sur la réduction à la source, le réemploi, le recyclage et la valorisation des matières résiduelles (3RV). Lorsqu'il n'est pas possible de suivre les 3RV, les déchets restants sont envoyés dans un lieu d'enfouissement sur le site minier.

Pour la phase de construction, le lieu d'enfouissement en territoire isolé (LETI) actuellement utilisé, au nord du lac de l'Ourson, aura une capacité suffisante. Toutefois, un nouveau lieu d'enfouissement en tranchées (LEET) devra être construit pour être utilisé en phase d'exploitation. Il sera localisé à l'est-sud-est de l'usine, le long d'un chemin existant qui connecte avec le chemin R0251. Il respectera notamment l'article 88 du Règlement sur l'enfouissement et l'incinération des matières résiduelles (REIMR) concernant le respect des distances minimales avec tout plan ou cours d'eau (150 m), la distance par rapport à toute installation de captage d'eau superficielle ou souterraine destinée à la consommation humaine (500 m). Également, le fond des tranchées sera à une distance minimale de 1 m au-dessus du roc et du niveau des eaux souterraines.

En fonction de la durée de vie du projet, la capacité du LEET a été estimée à 8 100 m<sup>3</sup>. Le site aura une superficie totale de 215 m par 145 m (3,1 ha).

Les matières résiduelles seront gérées en conformité avec les lois et règlements provinciaux et fédéraux ainsi qu'en conformité avec les conditions stipulées dans la future attestation d'assainissement. Le mode de gestion des matières résiduelles non dangereuses (débris ligneux lors de la construction, résidus miniers, déchets domestiques, etc.) impliquera l'enfouissement pour les déchets domestiques ainsi que les résidus de bois et la récupération pour les équipements électroniques, les matières issues d'un procédé (sauf les résidus miniers), les métaux, le cuivre et l'aluminium, le papier et le carton ainsi que les pneus.

### **3.13 Déchets dangereux**

En ce qui concerne les matières résiduelles dangereuses, les huiles, graisses, filtres à l'huile usés, les solvants organiques non halogénés, les batteries et autres accumulateurs, les verres activés, les autres boues et solides inorganiques non spécifiés, les équipements et contenants et toutes autres composantes contaminées ainsi que les carburants seront entreposés selon la réglementation en vigueur et récupérés par une compagnie qui gère ce type de déchets.

## **4. RESTAURATION DES LIEUX**

---

Le programme de restauration inclut des travaux de restauration progressive et des travaux à réaliser à la fin des opérations minières. L'objectif est de retourner le site à un état naturel le plus rapidement possible.

La durée de vie du projet étant estimée à 25 ans, il importe de souligner que les techniques et les méthodes de restauration mentionnées dans cette section sont sujettes à changement et à bonification en fonction de l'évolution des connaissances et des technologies liées à la restauration des sites miniers.

Le plan de restauration devant être révisé minimalement aux cinq ans, il sera possible d'y apporter des ajustements en fonction des résultats des suivis environnementaux réalisés en cours d'opération et des avancées technologiques.

### **4.1 Sécurité des lieux**

#### **4.1.1 Sécurisation des lieux**

Les voies d'accès à la fosse seront fermées de manière permanente par la construction d'un merlon fait de matériaux prélevés de la halde à stériles. Il n'est pas prévu d'installer des clôtures ou des barrières au pourtour de la fosse, le secteur étant peu visité quelle que soit la saison.

Pendant les travaux de restauration, des barricades seront mises en place pour sécuriser les endroits potentiellement dangereux et pour minimiser les risques en réduisant le trafic aux endroits non fréquentés. Les barricades utilisées seront soit des blocs de béton, soit des glissières rigides de béton de type Jersey.

#### **4.1.2 Stabilité des murs**

Avant l'envoie de la fosse, la stabilité des murs sera évaluée par un ingénieur qualifié. Tout risque d'effondrement des parois fera l'objet de mesures correctives.

### **4.2 Bâtiments, infrastructures de surface et sous-poste électrique**

Les infrastructures de surface seront démantelées à moins qu'il ne soit possible de valoriser certains bâtiments en place ou de les vendre.

Les fondations et les aires de travaux ou d'entreposage extérieurs seront recouvertes de dépôts meubles ou de sol végétal puis seront revégétalisées.

Les fossés et bassins aménagés en périphérie des bâtiments et infrastructure de surface seront nivelés et recouverts de dépôts meubles avant d'être revégétalisés.

Les routes d'accès principales seront maintenues en place, mais les routes secondaires, les autres chemins et les stationnements seront scarifiés et revégétalisés.

Les matériaux issus du démantèlement seront séparés de façon à optimiser la quantité de matériaux sujets à la revente sur le marché du recyclage, tandis que les autres débris seront transportés vers des lieux d'élimination ou de valorisation autorisés. La gestion des matériaux de démantèlement s'effectuera selon le *Guide des bonnes pratiques sur la gestion des matériaux de démantèlement* du MDDEFP.

### **4.3 Halde à stériles**

#### **4.3.1 Évaluation des méthodes de restauration**

Tel qu'indiqué à la section 3.2.2, les stériles miniers sont classés comme étant à faible risque. Ce type de résidus ne présente donc pas de problématique environnementale nécessitant une méthode de restauration particulière.

La méthode de restauration retenue devra principalement :

- limiter la concentration en MES dans les eaux de surface due à l'érosion hydrique;
- limiter l'émission de poussière due à l'érosion éolienne;
- limiter les besoins en inspection et en entretien;
- être sécuritaire;
- limiter les coûts à court et long terme;
- limiter les risques d'impact environnementaux.

Deux scénarios de restauration ont ainsi été considérés. Le premier consiste en la revégétalisation de la halde à stérile et le second en l'entreposage des stériles miniers dans la fosse. À cause de la séquence d'exploitation de cette dernière qui ne permet pas un remplissage progressif, la totalité des stériles devrait être transportée de la halde à stérile vers la fosse à la fin du projet.

Bien que le confinement des stériles dans la fosse présente des avantages au niveau de l'érosion éolienne et atmosphérique, des besoins en entretien et de la sécurité, le premier scénario a été retenu puisque le second présentait les inconvénients majeurs suivants :

- Des mesures temporaires de contrôle de l'érosion hydrique et éoliennes devront être mises en place en cours d'exploitation. Les coûts associés à ces mesures combinés au coût de double manutention de la totalité de la roche stérile emmagasiné dans la halde rendent ce scénario non viable économiquement. En effet, le coût de manutention des stériles vers la fosse à lui seul coûterait 520 000 000 \$.
- Le remplissage de la fosse par les stériles en utilisant la flotte de camions disponible en période d'exploitation prendrait environ huit ans. Tel que mentionné précédemment, le remplissage de la fosse ne pourrait débuter avant la fin de l'exploitation de celle-ci. La durée des travaux de fermeture serait donc d'au minimum huit ans.
- D'autres ressources ont été identifiées à proximité du projet de mine d'apatite du Lac à Paul. La fosse ne serait plus disponible pour accumuler les roches stériles générées par l'exploitation des autres gisements potentiels du secteur.

Le scénario de restauration retenu permet une restauration progressive de la halde à stériles. Les travaux de restauration du secteur nord-est de la halde pourront débuter dès la 5<sup>e</sup> année d'exploitation.

#### 4.3.2 Description de la méthode de restauration retenue

La revégétalisation de la halde à stérile consistera en l'épandage d'environ 15 cm de sol apte à la végétation sur la halde, puis à l'ensemencement hydraulique de celui-ci. Des arbustes seront également plantés sur les plateaux de 5 m de large séparant les paliers de roches stériles. Le sol mis en place, une fois colonisé par les plantes, limitera l'infiltration d'eau de surface tout en favorisant l'établissement de la flore naturelle.

La restauration progressive de la halde permettra de vérifier l'efficacité des techniques de revégétalisation et de les optimiser au besoin en cours d'exploitation.

#### 4.3.3 Gestion des eaux

Il est attendu que la revégétalisation de la halde à stérile limite fortement l'apport en sédiments dans le réseau de gestion des eaux périphériques.

Le système de gestion et de traitement des eaux utilisé en période d'exploitation sera toutefois maintenu en période postfermeture tant que la qualité des eaux ne permettra pas leur rejet directement à l'environnement.

Lorsque la qualité des eaux le permettra, les eaux du bassin d'accumulation B seront dirigées vers le Lac du Kodiak, celles du bassin d'accumulation C vers le lac D et celles du bassin d'accumulation E vers la rivière Manouane. Les bassins d'accumulation A et D conserveront le même point de rejet.

Ultimement, les digues des bassins de sédimentation et d'accumulation seront poussées vers l'intérieur des bassins pour combler la dépression, niveler le secteur et permettre sa revégétalisation.

#### **4.4 Parc à résidus minier**

##### **4.4.1 Évaluation des méthodes de restauration**

Tel qu'indiqué à la section 3.2.2, les rejets de concentrateur sont classés comme étant à faible risque. Ce type de résidus ne présente donc pas de problématique environnementale nécessitant une méthode de restauration particulière.

La méthode de restauration retenue devra principalement :

- limiter la concentration en MES dans les eaux de surface due à l'érosion hydrique;
- limiter l'émission de poussière due à l'érosion éolienne;
- limiter les besoins en inspection et en entretien;
- être sécuritaire;
- limiter les coûts à court et long terme;
- limiter les risques d'impact environnementaux.

Considérant que les résidus miniers sont à faible risque, la restauration uniquement par épandage de sol végétal et revégétalisation des surfaces a été retenue puisqu'elle performe aussi bien, sinon mieux, que les autres méthodes de restauration existantes au niveau de l'érosion éolienne et hydrique, des besoins en inspection et entretien et des risques environnementaux, tout en offrant les coûts à court et long terme les plus faibles. De plus, cette méthode de restauration permet une restauration progressive du parc à résidus.

##### **4.4.2 Description de la méthode de restauration retenue**

La revégétalisation du parc à résidus miniers consistera au nivellement de résidus favorisant le ruissellement de surface, en l'épandage d'environ 15 cm de sol apte à la végétation, puis à l'ensemencement hydraulique de celui-ci. La surface de chaque cellule du parc sera profilée, au besoin, de manière à diriger les eaux vers les ouvrages de gestion des eaux périphériques.

Le sol mis en place, une fois colonisée par les plantes, limitera l'infiltration d'eau de surface tout en favorisant l'établissement de la flore naturelle. Une hétérogénéité dans la composition et l'épaisseur du substrat peut s'avérer souhaitable, car cela créera des conditions similaires à l'état naturel.

#### 4.4.3 Gestion des eaux

Le système de gestion et de traitement des eaux utilisé en période d'exploitation sera maintenu en période postfermeture tant que la qualité des eaux ne permettra pas leur rejet directement à l'environnement. Ainsi, les eaux ruisselant sur les résidus du parc seront dirigées vers le système de gestion des eaux périphériques et transiteront par le bassin de polissage avant d'être rejetées à l'environnement.

Lorsque le bassin de polissage ne sera plus requis, il sera remplacé par un fossé acheminant les eaux captées par le réseau périphérique directement vers le point de rejet à l'environnement. Les digues du bassin seront poussées vers l'intérieur et le reste de la surface qu'il occupait sera revégétalisée.

#### 4.5 **Haldes à mort-terrain**

Le mort-terrain mis en halde sera utilisé lors des activités de restauration du site minier. La restauration des sites ayant accueilli des empilements de mort-terrain consistera à du nivellement, au besoin, et de la mise en végétation. La restauration des sites d'accumulation s'effectuera au fur et à mesure qu'ils seront vidés de leur contenu.

#### 4.6 **Haldes à minerai de basse teneur**

La restauration finale de la halde de minerai de basse teneur ne pourra être complétée qu'à la fin de la vie du projet (année 25). L'exploitation de la halde à minerai basse teneur se traduira par une diminution graduelle de la hauteur de la halde sur l'ensemble de sa superficie, de sorte que son empreinte au sol ne sera dégagée que vers la fin de la vie du projet.

La restauration de l'aire de la halde à minerai de basse teneur consistera principalement en du nivellement, si nécessaire, et de la remise en végétation du terrain. Le sol naturel aura été compacté, ce qui pourrait demander de le labourer et de l'amender, ou d'ajouter du sol végétal pour favoriser la mise en végétation.

Un programme de caractérisation des sols sous-jacents à cette halde sera réalisé avant le début des travaux de restauration, afin de s'assurer que leur qualité environnementale respecte les normes en vigueur.

#### **4.7 Fosse**

Le remplissage de la fosse par l'accumulation naturelle de l'eau de surface et souterraine est prévu. La durée de ce remplissage n'a toujours pas été évaluée. Cette estimation sera éventuellement réalisée spécifiquement pour le site du lac à Paul à l'aide d'une modélisation hydrogéologique et sera intégrée aux versions ultérieures du plan de restauration.

#### **4.8 Installations sanitaires**

Le système de traitement des eaux sanitaires sera de type contacteur biologique rotatif. Les bassins seront vidés de leurs boues avant d'être démantelés de la même manière que les bâtiments et infrastructures de surface. Le site accueillant les bassins sera par la suite végétalisé.

#### **4.9 Lieux d'enfouissement en tranchée**

Le LEET sera complètement recouvert à la fin des travaux de fermeture, puis végétalisé.

#### **4.10 Équipement et machinerie lourde**

Tous les équipements mobiles et véhicules seront acheminés hors du site pour vente ou récupération.

#### **4.11 Produits pétroliers et chimiques, déchets solides et dangereux, sols et matériaux contaminés**

Toutes les matières résiduelles dangereuses seront gérées conformément à la réglementation en vigueur et seront acheminées dans un site autorisé pour traitement et disposition finale.

À la fin des activités minières, une évaluation environnementale de site (phase I) sera réalisée afin de fournir un portrait de l'historique environnemental du site et d'identifier les zones potentiellement affectées par les activités de la mine.

Une étude de caractérisation environnementale visera ensuite à établir les niveaux de contamination sur le site et à évaluer les volumes de sols excédant les valeurs limites réglementaires applicables au site. Un programme de réhabilitation pourra ensuite être élaboré et mis en œuvre. Ces étapes seront réalisées conformément au Guide de caractérisation et de réhabilitation des terrains du MDDEFP.

## **5. PLAN D'URGENCE**

---

Le plan de prévention et de réponses aux urgences de API qui aura été mis en place pendant les activités minières sera adapté aux travaux de fermeture et de restauration, puis aux activités postfermeture.

Le plan identifiera, entre autres :

- les incidents possibles;
- les seuils d'alerte;
- les procédures de réponse pour chaque incident potentiel;
- la liste des équipements disponibles;
- la structure de communication;
- les coordonnées des responsables du site minier.

Le plan de santé et sécurité utilisé en période d'opération sera également adapté aux travaux de fermeture et aux activités postfermeture.

Le plan d'urgence sera révisé régulièrement afin que l'information transmise soit toujours à jour par rapport à l'évolution du projet (changement de responsabilité, de poste, secteurs plus à risque, etc.).



## **6. PROGRAMME DE SURVEILLANCE**

---

Le programme de surveillance sera instauré à la suite de la restauration du site minier. Il est proposé de réaliser ce programme sur une période de 10 ans.

### **6.1 Intégrité des ouvrages**

Tous les travaux de restauration auront été réalisés pour assurer une stabilité physique à long terme des ouvrages. Il est proposé d'effectuer un suivi en ce sens sur une période minimale de cinq ans suivant la fermeture du site minier.

Le système de surveillance du parc à résidus sera utilisé après la fermeture du site. Le système comprendra des piézomètres et des balises stationnaires afin de faire respectivement le suivi de la pression hydrostatique, de la température dans les dépôts et des mouvements à l'intérieur du parc à résidus.

Des inspections visuelles des ouvrages seront également réalisées afin de noter toute anomalie qui pourrait remettre en cause leur stabilité. Les inspections visuelles seront documentées et viseront, entre autres, à identifier des zones érodées ou ayant des déformations anormales et vérifier l'efficacité du système de drainage du site.

Il est proposé de procéder à l'inspection visuelle des ouvrages au printemps, à l'été et à l'automne au cours des cinq premières années suivant les travaux de restauration, et de n'effectuer qu'une inspection estivale au cours des cinq années suivantes.

### **6.2 Suivi environnemental**

Le suivi environnemental consiste à caractériser et à contrôler la qualité des eaux de surface et d'infiltration sortant du secteur de la fosse, des haldes à stériles et du parc à résidus miniers.

Des campagnes de collecte d'échantillons d'eaux de surface et souterraines seront planifiées afin de surveiller l'évolution des conditions environnementales. Ce suivi sera réalisé dans le but de démontrer l'efficacité des mesures de restauration mises en œuvre.

Les paramètres analysés dans les eaux seront déterminés en fonction des lois et règlements en vigueur, ainsi que des résultats de qualité d'eau obtenus en cours d'exploitation de la mine.

Au cours des cinq années suivant la fermeture du site minier, il est proposé d'effectuer un suivi environnemental au moins trois fois par année. Par la suite, la fréquence du suivi environnemental pourra être réduite à une fois par année pour une autre période de cinq ans.

### **6.3 Suivi agronomique**

Tel que mentionné précédemment, la restauration progressive de la halde permettra de vérifier l'efficacité des techniques de révégétalisation et de les optimiser au besoin en cours d'exploitation. Il est donc prévu d'effectuer un suivi agronomique des secteurs ensemencés au cours des cinq années suivant la fermeture du site minier.

Le suivi du couvert végétal se fera par inspection visuelle lors des visites estivales au site. S'il devait y avoir une lacune dans l'implantation de la végétation après les deux premières années, des semences supplémentaires et/ou des produits d'amendement seraient appliqués. API s'assurera que la végétation devienne autosuffisante après une période maximale de cinq ans.

## 7. CONSIDÉRATIONS ÉCONOMIQUES ET TEMPORELLES

### 7.1 Coût de la restauration

Les coûts sont estimés pour des travaux réalisés par un tiers. Le détail des coûts est inséré à l'annexe 6 et le tableau 7-1 résume ces derniers. Le total se chiffre présentement à 42 117 692 \$ en dollars canadiens de 2013.

Tableau 7-1 Coûts de restauration pour les aires d'accumulation et le suivi environnemental

Activité	Coût (\$)
Restauration des aires d'accumulation	34 092 313
Restauration de l'usine et infrastructures connexes	6 838 587
Autres activités de restauration	1 186 792
<b>Total</b>	<b>42 117 692</b>

### 7.2 Garantie financière

Le Règlement sur les substances minérales autre que le pétrole, le gaz naturel et la saumure a été modifié le 23 juillet dernier. Cette modification au règlement indique que la garantie financière correspond désormais aux coûts anticipés pour la réalisation des travaux de restauration (article 111) et que la garantie doit être versée en trois versements (article 113) correspondant à 50 % du montant dans les 90 jours suivant l'approbation du plan, puis 25 % du montant les deux années suivantes, à la date d'anniversaire de l'approbation du plan

Dans le cadre du projet de mine d'apatite du Lac à Paul, la garantie financière correspond à 42 117 692 \$. Le calendrier de versement de la garantie financière est présenté au tableau 7-2.

Tableau 7-2 Calendrier de versements de la garantie financière

Année	Versement (% du total)	Montant versé (\$)
1	50	21 058 846
2	25	10 529 429
3	25	10 529 429
<b>TOTAL</b>	<b>100</b>	<b>42 117 692</b>

### 7.3 Ordonnancement et calendrier des activités

La restauration progressive de la halde à stérile, du parc à résidus minier et des aires d'accumulation débutera aux environs de l'an 5 du projet de mine d'apatite du projet minier du lac à Paul. Les autres travaux seront entrepris à la fin de l'exploitation, à l'an 26 du projet, sur une période estimée de 2 à 5 ans.



## 8. RÉFÉRENCES

---

- BOISSEAU, G. 2011. *Forêts de haute valeur pour la conservation dans l'UAF 024-52*. Rapport préparé pour Rébec inc. 133 p.
- DESSAU-NUTSHIMIT. 2012. Mine à ciel ouvert d'apatite. Lac à Paul. Inventaire du milieu. Rapport principal. 160 p. + annexes.
- ENVIRONNEMENT CANADA et MDDEP. 2007. Critères pour l'évaluation de la qualité des sédiments au Québec et cadres d'application : prévention, dragage et restauration. 39 p.
- GENIVAR. 2013. Projet de mine d'apatite du lac à Paul. Étude d'impact sur l'environnement. Rapport principal. Pagination multiple + 2 volumes annexes.
- HYDRO-RESSOURCES INC. 2013. Étude hydrogéologique. Ressources d'Arianne. 56 p. et annexes.
- MET-CHEM. 2012. NI 43-101 Technical report on the pre-feasibility study update (50 ktpd milling rate) Lac à Paul Apatite Project. 259 p.
- MRN. 1997. Guide de préparation du plan de restauration des sites miniers au Québec. 56 p. et annexes
- MDDEP. Mars 2012. Directive 019 sur l'industrie minière. 66 p. et annexes.
- MDDEP. 2012. Critères de la qualité de l'eau de surface. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs. 504 p. et annexes.
- MEF. 1999. Guide de classification des eaux souterraines du Québec. Ministère de l'environnement et de la Faune du Québec. Service des pesticides et des eaux souterraines. Direction des politiques des secteurs agricole et naturel. 12 p.
- MENV. 2001. Politique de protection des sols et de réhabilitation des terrains contaminés. Ministère de l'Environnement du Québec, Les Publications du Québec, Québec, 124 p.
- MRC DU FJORD-DU-SAGUENAY. 2012. Extrait du schéma d'aménagement et de développement révisé de la MRC du Fjord-du-Saguenay concernant l'implantation d'éoliennes. Projet de parc éolien de Rivière-du-Moulin dans les MRC du Fjord-du-Saguenay et de Charlevoix. No de document 6211-24-052.

MRC DE LAC-SAINT-JEAN-EST. 2011. Planification intégrée de développement et d'utilisation du territoire public intramunicipal révisée de la MRC de Lac-Saint-Jean-Est – version préliminaire de consultation. 58 p. et annexes.

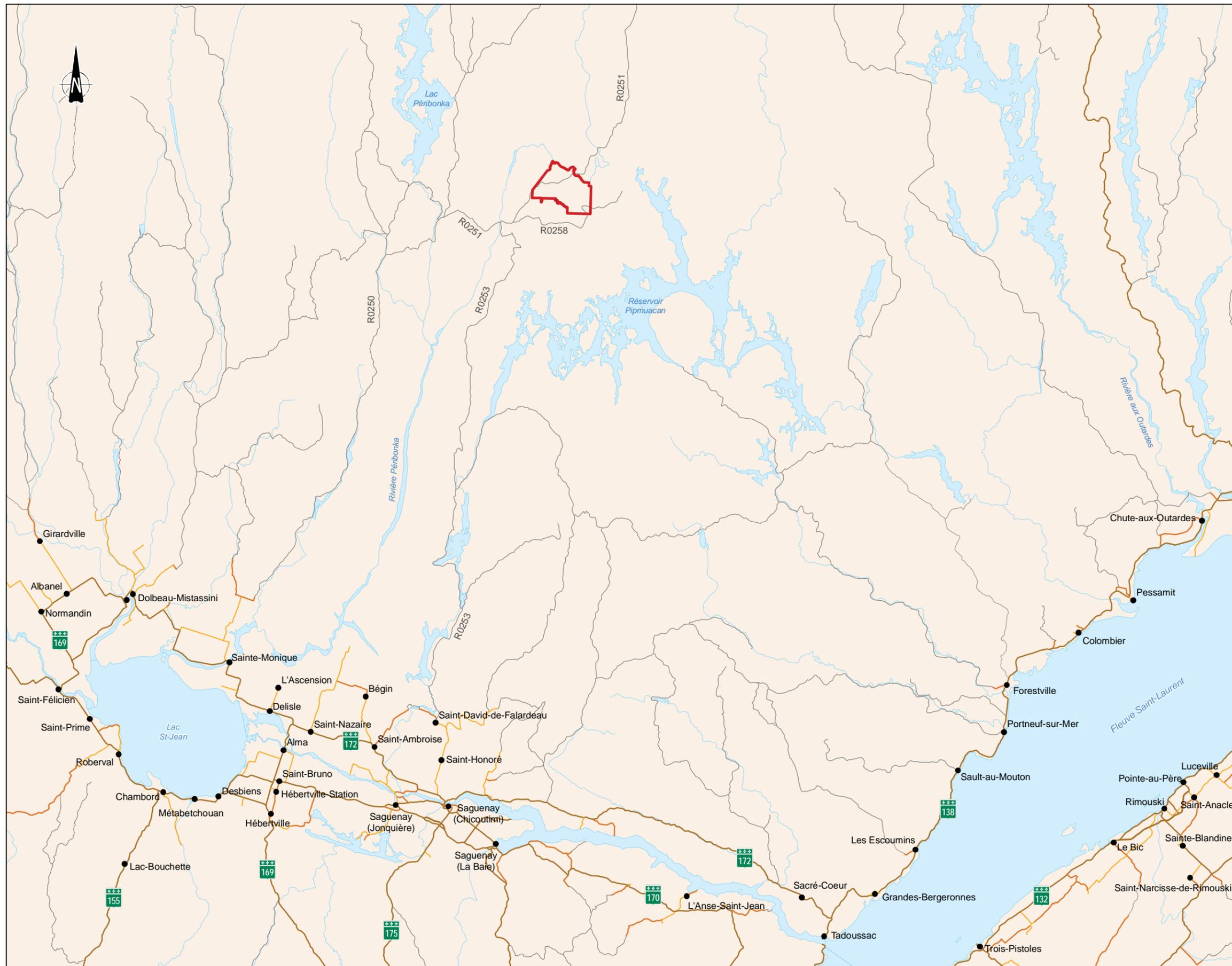
MRC DE MARIA-CHAPDELAINE. 2006. Plan général d'aménagement forestier 2006-2011. TPI de la MRC de Maria-Chapdelaine. 164 p.

Géologie de la région du Lac à Paul (rapport SIGEOM)

URSTM. 2013. Évaluation du comportement géochimique des résidus de concentrateur, du minerai et des stériles du projet Lac-à-Paul. Rapport intermédiaire. Unité de recherche et de service en technologie minérale. 33 p. et annexes.

CARTES





**Limite**

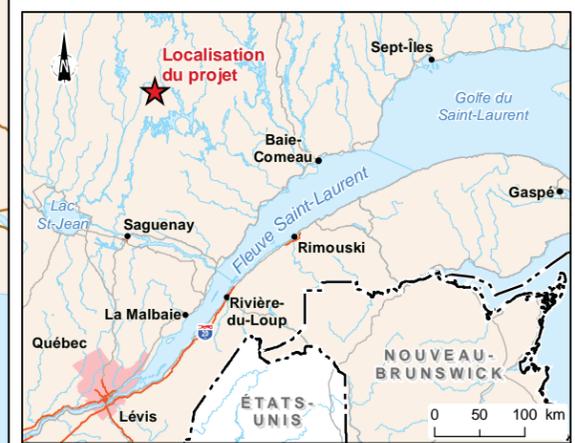
 Zone à l'étude

**Voies de communication**

 Route principale  
 Route secondaire  
 Chemin forestier

**Hydrographie**

 Cours d'eau permanent  
 Étendue d'eau



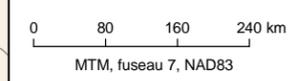
Projet de mine de phosphate du lac à Paul  
 Plan de restauration

**Carte 1**  
**Localisation du projet**

**Sources :**

• BDGA, 1 : 000 000, MRN, 2010 et 2011

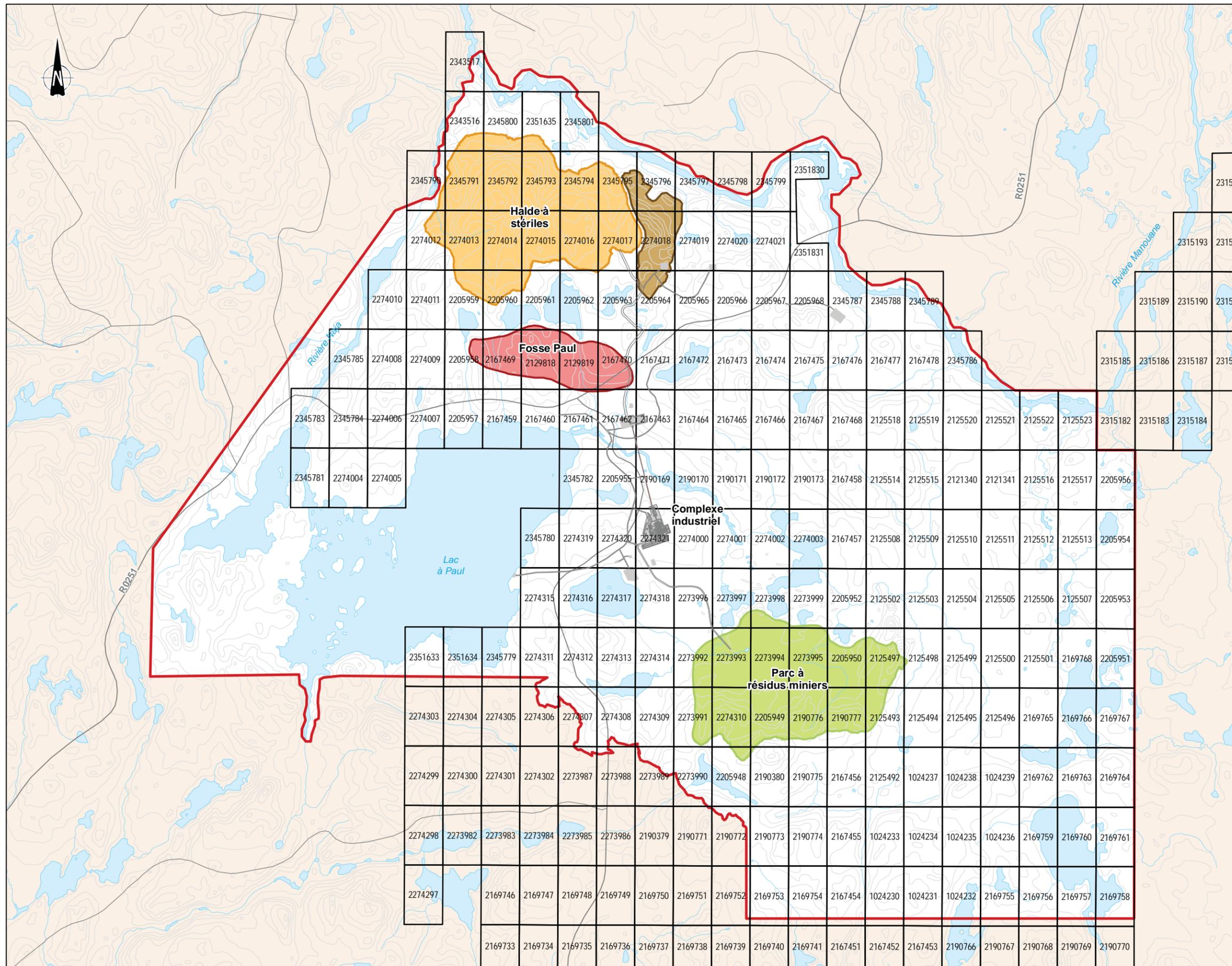
Cartographie et inventaires : GENIVAR  
 Fichier : 121\_26570\_PR\_c1\_loc\_130923.mxd



Septembre 2013







- Limites**
- 2205966 Numéro de claim minier
  - Claim minier
  - Zone à l'étude
  - Infrastructure minière proposée
  - Halde à minerai basse teneur
  - Bassin de sédimentation
  - Halde à stériles
  - Fosse
  - Parc à résidus miniers
- Voies de communication**
- Chemin forestier principal
  - Chemin forestier secondaire
- Hydrographie**
- Cours d'eau permanent
  - Étendue d'eau
- Topographie**
- Courbe de niveau, équidistance : 50'

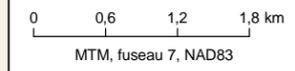


Projet de mine de phosphate du lac à Paul  
Plan de restauration

**Carte 2**  
**Titres miniers**

- Sources :**
- Gestion des titres miniers, MRN, 2013
  - BDTQ, 1 : 20 000, MRN, 2007.
  - BDGA, 1 : 000 000, MRN, 2010 et 2011
  - Relevé LiDAR, Rousseau Babin, 2012.
  - Données de projet DESSAU, 2012.

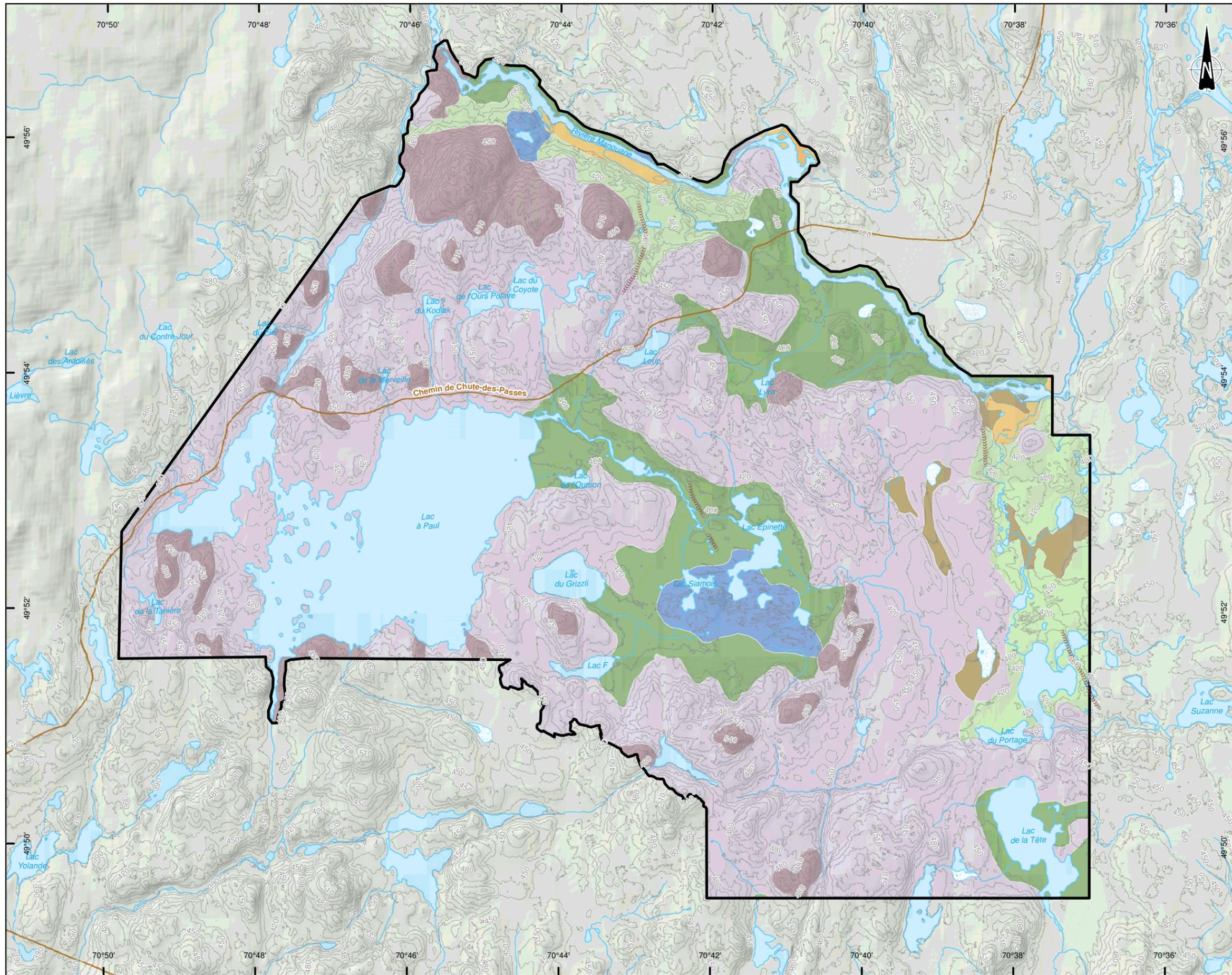
Cartographie et inventaires : GENIVAR  
Fichier : 121\_26570\_PR\_c2\_titres\_130923.mxd



Septembre 2013





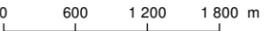


- Dépôts de surface**
- 1A Till indifférencié
  - 1AR Till mince sur roc
  - 2A Dépôt juxtaglaciaire
  - 2BE Épandage fluvioglaciaire
  - 3 Dépôt fluvialite
  - 7 Dépôt organique
  - 9 Dépôt éolien
  - Esker
- Infrastructures**
- Route secondaire
- Limites**
- Zone d'étude locale


**Projet de mine d'apatite du lac à Paul**  
 - Plan de restauration -

**Dépôts de surface de la zone d'étude locale**

**Sources :**  
 Base : CanVec, 1/50 000, RNCan, 2007  
 Cartographie : GENIVAR  
 Fichier : 121-24005-00\_gcb\_C3\_DSU\_130911.mxd

Échelle 1 : 60 000  
  
 MTM, Fuseau 7, NAD83  
 Équidistance des courbes: 10 m





Projet de mine de phosphate du lac à Paul  
- Plan de restauration -

Plan d'aménagement général

Sources :  
6070, 120 000, 4569F Québec, 2010  
Cartographie et inventaires : GENIVAR  
Fichier : 121-26570-00\_gph\_C4\_composantes\_131030.mxd

Echelle 1 : 20 000  
0 200 400 600 m  
MTM, fuseau 7, NAD83

Carte 4

Novembre 2013



Composantes du projet

- Fosse Paul
- Zone d'exclusion de 600 m
- Bassin de sédimentation
- Bassin de polissage
- Parc à résidus miniers
- Halde à stériles
- Halde de minéral de basse teneur
- Emplissement de dépôts meubles
- Carrière
- Sablière
- Lieu d'enfouissement en tranchées (LEET)
- Lien hydrique
- Fossé de drainage
- Pompe
- Campement permanent
- Effluent
- Fossé
- Convoyeur
- Chemin d'accès aux infrastructures (largeur 10 m)
- Chemin d'accès aux infrastructures (largeur 30 m)

Infrastructures existantes

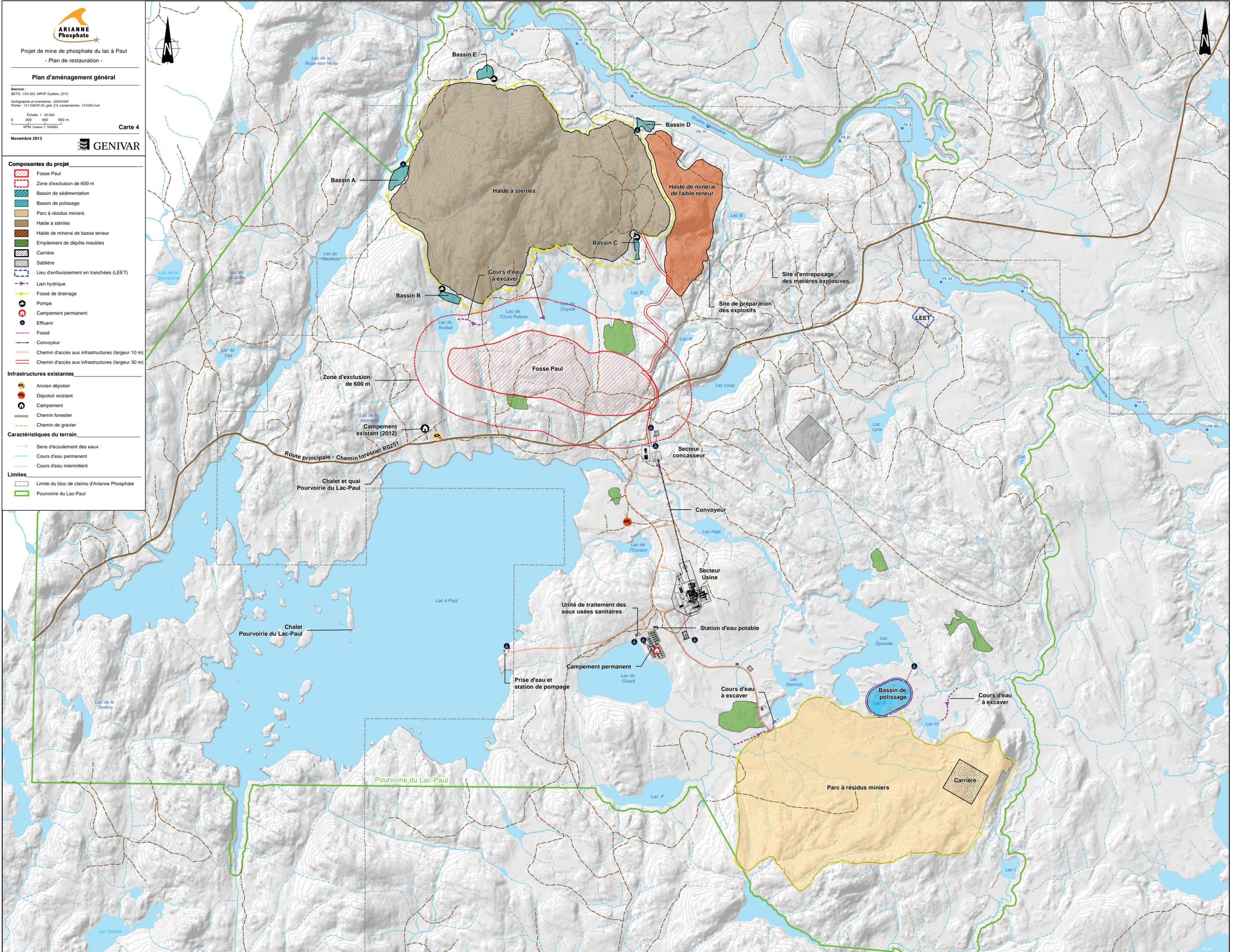
- Ancien dépotoir
- Dépotoir existant
- Campement
- Chemin forestier
- Chemin de gravier

Caractéristiques du terrain

- Sens d'écoulement des eaux
- Cours d'eau permanent
- Cours d'eau intermittent

Limites

- Limite du bloc de clairns d'Ariane Phosphate
- Pourvoirie du Lac-Paul









Annexe 1

Claims miniers actifs détenus par Ariane Phosphate inc.



## Annexe 1

## Claims miniers actifs détenus par Arienne Phosphate inc.

Numéro de titre	Numéro de feuillet SNRC	Superficie (ha)	Date d'émission du titre	Date d'expiration du titre	Nom, numéro et pourcentage du détenteur
2205964	22E15	55,46	2010-02-18	2014-05-01	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)
2125505	22E15	55,50	2007-10-02	2014-05-01	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)
2345794	22E15	55,44	2012-05-22	2014-05-21	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)
2345785	22E15	55,47	2012-05-22	2014-05-21	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)
2273989	22E15	55,53	2011-02-16	2014-05-01	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)
2169762	22E15	55,53	2008-08-08	2014-05-01	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)
2125507	22E15	55,50	2007-10-02	2014-05-01	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)
2315183	22E15	55,47	2011-10-03	2015-10-02	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)
1024237	22E15	55,53	2001-09-04	2014-05-01	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)
2345784	22E15	55,48	2012-05-22	2014-05-21	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)
2169767	22E15	55,52	2008-08-08	2014-05-01	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)
2190170	22E15	55,48	2009-09-29	2014-05-01	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)
2351635	22E15	55,43	2012-06-15	2014-06-14	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)
2167456	22E15	55,53	2008-07-24	2014-05-01	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)
2274309	22E15	55,52	2011-02-17	2014-05-01	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)
2274307	22E15	55,52	2011-02-17	2014-05-01	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)
2167472	22E15	55,46	2008-07-24	2014-05-01	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)
2169765	22E15	55,52	2008-08-08	2014-05-01	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)
2167463	22E15	55,47	2008-07-24	2014-05-01	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)
2125510	22E15	55,49	2007-10-02	2014-05-01	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)
2205958	22E15	55,47	2010-02-18	2014-05-01	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)
2167455	22E15	55,54	2008-07-24	2014-05-01	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)
2167474	22E15	55,46	2008-07-24	2014-05-01	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)
2345786	22E15	55,46	2012-05-22	2014-05-21	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)
2129818	22E15	55,47	2007-10-16	2014-05-01	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)
2125497	22E15	55,51	2007-10-02	2014-05-01	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)
2274021	22E15	55,45	2011-02-16	2014-05-01	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)
2125506	22E15	55,50	2007-10-02	2014-05-01	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)
2205962	22E15	55,46	2010-02-18	2014-05-01	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)
2351831	22E15	30,88	2012-06-19	2014-06-18	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)
2351633	22E15	55,51	2012-06-15	2014-06-14	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)
2274017	22E15	55,45	2011-02-16	2014-05-01	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)
2125514	22E15	55,48	2007-10-02	2014-05-01	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)
2125494	22E15	55,52	2007-10-02	2014-05-01	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)
2205967	22E15	55,45	2010-02-18	2014-05-01	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)

## Annexe 1

## Claims miniers actifs détenus par Arienne Phosphate inc.

Numéro de titre	Numéro de feuillet SNRC	Superficie (ha)	Date d'émission du titre	Date d'expiration du titre	Nom, numéro et pourcentage du détenteur
2345780	22E15	55,49	2012-05-22	2014-05-21	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)
2343517	22E15	55,42	2012-05-07	2014-05-06	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)
2167460	22E15	55,48	2008-07-24	2014-05-01	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)
2351634	22E15	55,51	2012-06-15	2014-06-14	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)
1024234	22E15	55,54	2001-09-04	2014-05-01	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)
2129819	22E15	55,47	2007-10-16	2014-05-01	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)
2125517	22E15	55,48	2007-10-02	2014-05-01	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)
2345788	22E15	55,45	2012-05-22	2014-05-21	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)
2274001	22E15	55,49	2011-02-16	2014-05-01	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)
2125500	22E15	55,51	2007-10-02	2014-05-01	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)
2167470	22E15	55,47	2008-07-24	2014-05-01	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)
2274310	22E15	55,52	2011-02-17	2014-05-01	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)
2169760	22E15	55,54	2008-08-08	2014-05-01	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)
2121341	22E15	55,48	2007-09-13	2014-05-01	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)
2315182	22E15	55,47	2011-10-03	2015-10-02	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)
2169766	22E15	55,52	2008-08-08	2014-05-01	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)
2274007	22E15	55,48	2011-02-16	2014-05-01	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)
2169768	22E15	55,51	2008-08-08	2014-05-01	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)
2190775	22E15	55,53	2009-10-05	2014-05-01	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)
2167457	22E15	55,49	2008-07-24	2014-05-01	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)
2205955	22E15	55,48	2010-02-18	2014-05-01	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)
2345793	22E15	55,44	2012-05-22	2014-05-21	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)
2167469	22E15	55,47	2008-07-24	2014-05-01	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)
2167466	22E15	55,47	2008-07-24	2014-05-01	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)
2274020	22E15	55,45	2011-02-16	2014-05-01	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)
2205963	22E15	55,46	2010-02-18	2014-05-01	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)
2345789	22E15	55,45	2012-05-22	2014-05-21	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)
2274003	22E15	55,49	2011-02-16	2014-05-01	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)
2125508	22E15	55,49	2007-10-02	2014-05-01	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)
2205965	22E15	55,46	2010-02-18	2014-05-01	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)
2205952	22E15	55,50	2010-02-18	2014-05-01	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)
2345782	22E15	55,48	2012-05-22	2014-05-21	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)
2345791	22E15	55,44	2012-05-22	2014-05-21	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)
2274004	22E15	55,49	2011-02-16	2014-05-01	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)
2125518	22E15	55,47	2007-10-02	2014-05-01	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)

## Annexe 1

## Claims miniers actifs détenus par Arienne Phosphate inc.

Numéro de titre	Numéro de feuillet SNRC	Superficie (ha)	Date d'émission du titre	Date d'expiration du titre	Nom, numéro et pourcentage du détenteur
2273991	22E15	55,52	2011-02-16	2014-05-01	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)
2190773	22E15	55,54	2009-10-05	2014-05-01	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)
2125520	22E15	55,47	2007-10-02	2014-05-01	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)
2205966	22E15	55,46	2010-02-18	2014-05-01	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)
2345797	22E15	55,44	2012-05-22	2014-05-21	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)
2125501	22E15	55,51	2007-10-02	2014-05-01	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)
2167458	22E15	55,48	2008-07-24	2014-05-01	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)
2274009	22E15	55,47	2011-02-16	2014-05-01	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)
2345779	22E15	55,51	2012-05-22	2014-05-21	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)
1024239	22E15	55,53	2001-09-04	2014-05-01	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)
2167477	22E15	55,46	2008-07-24	2014-05-01	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)
2190771	22E15	55,54	2009-10-05	2014-05-01	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)
2125504	22E15	55,50	2007-10-02	2014-05-01	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)
2274005	22E15	55,49	2011-02-16	2014-05-01	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)
2125515	22E15	55,48	2007-10-02	2014-05-01	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)
2125498	22E15	55,51	2007-10-02	2014-05-01	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)
1024230	22E15	55,55	2001-09-04	2014-05-01	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)
2205959	22E15	55,46	2010-02-18	2014-05-01	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)
2273996	22E15	55,50	2011-02-16	2014-05-01	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)
2273995	22E15	55,51	2011-02-16	2014-05-01	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)
2274317	22E15	55,50	2011-02-17	2014-05-01	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)
2190171	22E15	55,48	2009-09-29	2014-05-01	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)
2190169	22E15	55,48	2009-09-29	2014-05-01	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)
2274016	22E15	55,45	2011-02-16	2014-05-01	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)
2169756	22E15	55,55	2008-08-08	2014-05-01	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)
2169761	22E15	55,54	2008-08-08	2014-05-01	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)
2274019	22E15	55,45	2011-02-16	2014-05-01	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)
2169759	22E15	55,54	2008-08-08	2014-05-01	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)
2274320	22E15	55,49	2011-02-17	2014-05-01	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)
2274015	22E15	55,45	2011-02-16	2014-05-01	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)
2273988	22E15	55,53	2011-02-16	2014-05-01	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)
2125496	22E15	55,52	2007-10-02	2014-05-01	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)
2273993	22E15	55,51	2011-02-16	2014-05-01	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)
2169757	22E15	55,55	2008-08-08	2014-05-01	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)
2167454	22E15	55,55	2008-07-24	2014-05-01	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)

## Annexe 1

## Claims miniers actifs détenus par Arienne Phosphate inc.

Numéro de titre	Numéro de feuillet SNRC	Superficie (ha)	Date d'émission du titre	Date d'expiration du titre	Nom, numéro et pourcentage du détenteur
2190772	22E15	55,54	2009-10-05	2014-05-01	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)
2190774	22E15	55,54	2009-10-05	2014-05-01	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)
2273999	22E15	55,50	2011-02-16	2014-05-01	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)
2125521	22E15	55,47	2007-10-02	2014-05-01	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)
2345781	22E15	55,49	2012-05-22	2014-05-21	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)
2343516	22E15	55,43	2012-05-07	2014-05-06	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)
2169754	22E15	55,55	2008-08-08	2014-05-01	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)
2169755	22E15	55,55	2008-08-08	2014-05-01	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)
2167467	22E15	55,47	2008-07-24	2014-05-01	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)
2274316	22E15	55,50	2011-02-17	2014-05-01	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)
2125516	22E15	55,48	2007-10-02	2014-05-01	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)
2205968	22E15	55,45	2010-02-18	2014-05-01	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)
2345798	22E15	55,44	2012-05-22	2014-05-21	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)
2274000	22E15	55,49	2011-02-16	2014-05-01	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)
2190172	22E15	55,48	2009-09-29	2014-05-01	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)
2125495	22E15	55,52	2007-10-02	2014-05-01	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)
2274006	22E15	55,48	2011-02-16	2014-05-01	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)
2125502	22E15	55,50	2007-10-02	2014-05-01	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)
2167478	22E15	55,46	2008-07-24	2014-05-01	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)
2169758	22E15	55,55	2008-08-08	2014-05-01	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)
2169753	22E15	55,55	2008-08-08	2014-05-01	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)
2190380	22E15	55,53	2009-09-30	2014-05-01	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)
2205957	22E15	55,48	2010-02-18	2014-05-01	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)
2205956	22E15	55,48	2010-02-18	2014-05-01	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)
2190173	22E15	55,48	2009-09-29	2014-05-01	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)
2205953	22E15	55,50	2010-02-18	2014-05-01	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)
2167476	22E15	55,46	2008-07-24	2014-05-01	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)
2274313	22E15	55,51	2011-02-17	2014-05-01	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)
2351830	22E15	29,69	2012-06-19	2014-06-18	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)
2205949	22E15	55,52	2010-02-18	2014-05-01	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)
2205948	22E15	55,53	2010-02-18	2014-05-01	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)
2205961	22E15	55,46	2010-02-18	2014-05-01	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)
2125522	22E15	55,47	2007-10-02	2014-05-01	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)
2125519	22E15	55,47	2007-10-02	2014-05-01	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)
1024236	22E15	55,54	2001-09-04	2014-05-01	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)

## Annexe 1

## Claims miniers actifs détenus par Arienne Phosphate inc.

Numéro de titre	Numéro de feuillet SNRC	Superficie (ha)	Date d'émission du titre	Date d'expiration du titre	Nom, numéro et pourcentage du détenteur
2273998	22E15	55,50	2011-02-16	2014-05-01	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)
2121340	22E15	55,48	2007-09-13	2014-05-01	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)
1024233	22E15	55,54	2001-09-04	2014-05-01	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)
2125523	22E15	55,47	2007-10-02	2014-05-01	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)
2274012	22E15	55,45	2011-02-16	2014-05-01	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)
2274011	22E15	55,46	2011-02-16	2014-05-01	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)
2274013	22E15	55,45	2011-02-16	2014-05-01	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)
2125499	22E15	55,51	2007-10-02	2014-05-01	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)
2345800	22E15	55,43	2012-05-22	2014-05-21	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)
2169752	22E15	55,55	2008-08-08	2014-05-01	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)
2315185	22E15	55,46	2011-10-03	2015-10-02	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)
2125511	22E15	55,49	2007-10-02	2014-05-01	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)
2167464	22E15	55,47	2008-07-24	2014-05-01	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)
2345790	22E15	55,44	2012-05-22	2014-05-21	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)
2205960	22E15	55,46	2010-02-18	2014-05-01	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)
2167471	22E15	55,47	2008-07-24	2014-05-01	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)
2274014	22E15	55,45	2011-02-16	2014-05-01	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)
2274314	22E15	55,51	2011-02-17	2014-05-01	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)
2345801	22E15	55,43	2012-05-22	2014-05-21	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)
2167462	22E15	55,47	2008-07-24	2014-05-01	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)
2169763	22E15	55,53	2008-08-08	2014-05-01	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)
2205954	22E15	55,49	2010-02-18	2014-05-01	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)
2273992	22E15	55,51	2011-02-16	2014-05-01	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)
2274319	22E15	55,49	2011-02-17	2014-05-01	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)
1024235	22E15	55,54	2001-09-04	2014-05-01	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)
2274321	22E15	55,49	2011-02-17	2014-05-01	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)
2274308	22E15	55,52	2011-02-17	2014-05-01	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)
1024232	22E15	55,55	2001-09-04	2014-05-01	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)
2274010	22E15	55,46	2011-02-16	2014-05-01	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)
2273990	22E15	55,53	2011-02-16	2014-05-01	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)
2167461	22E15	55,47	2008-07-24	2014-05-01	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)
2274311	22E15	55,51	2011-02-17	2014-05-01	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)
2167459	22E15	55,48	2008-07-24	2014-05-01	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)
2274306	22E15	55,52	2011-02-17	2014-05-01	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)
2273997	22E15	55,50	2011-02-16	2014-05-01	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)

## Annexe 1

## Claims miniers actifs détenus par Arienne Phosphate inc.

Numéro de titre	Numéro de feuillet SNRC	Superficie (ha)	Date d'émission du titre	Date d'expiration du titre	Nom, numéro et pourcentage du détenteur
2274018	22E15	55,45	2011-02-16	2014-05-01	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)
2125512	22E15	55,49	2007-10-02	2014-05-01	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)
2274315	22E15	55,50	2011-02-17	2014-05-01	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)
2167468	22E15	55,47	2008-07-24	2014-05-01	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)
2274318	22E15	55,50	2011-02-17	2014-05-01	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)
2125509	22E15	55,49	2007-10-02	2014-05-01	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)
2125492	22E15	55,53	2007-10-02	2014-05-01	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)
2274008	22E15	55,47	2011-02-16	2014-05-01	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)
2169764	22E15	55,53	2008-08-08	2014-05-01	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)
2273987	22E15	55,53	2011-02-16	2014-05-01	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)
1024231	22E15	55,55	2001-09-04	2014-05-01	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)
2125503	22E15	55,50	2007-10-02	2014-05-01	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)
2167475	22E15	55,46	2008-07-24	2014-05-01	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)
2345796	22E15	55,44	2012-05-22	2014-05-21	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)
2345787	22E15	55,45	2012-05-22	2014-05-21	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)
2167465	22E15	55,47	2008-07-24	2014-05-01	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)
2345795	22E15	55,44	2012-05-22	2014-05-21	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)
2345783	22E15	55,48	2012-05-22	2014-05-21	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)
2205950	22E15	55,51	2010-02-18	2014-05-01	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)
2190776	22E15	55,52	2009-10-05	2014-05-01	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)
2273994	22E15	55,51	2011-02-16	2014-05-01	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)
2125513	22E15	55,49	2007-10-02	2014-05-01	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)
2274002	22E15	55,49	2011-02-16	2014-05-01	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)
2345799	22E15	55,44	2012-05-22	2014-05-21	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)
1024238	22E15	55,53	2001-09-04	2014-05-01	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)
2167473	22E15	55,46	2008-07-24	2014-05-01	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)
2274312	22E15	55,51	2011-02-17	2014-05-01	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)
2190777	22E15	55,52	2009-10-05	2014-05-01	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)
2125493	22E15	55,52	2007-10-02	2014-05-01	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)
2205951	22E15	55,51	2010-02-18	2014-05-01	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)
2345792	22E15	55,44	2012-05-22	2014-05-21	Arienne Phosphate inc. (92297) 100 % (responsable)

## Annexe 2

Évaluation du comportement géochimique des résidus de concentrateur,  
du minerai et des stériles du projet Lac-à-Paul



**Rapport intermédiaire  
PU-2012-06-724**

***Évaluation du comportement  
géochimique des résidus de  
concentrateur, du minerai et des  
stériles du projet Lac-à-Paul***

**Pour :**

**M. Jean-Sébastien David  
Vice-président opérations  
Ressources d'Ariane inc.  
30, rue Racine Est, bureau 160  
Chicoutimi (Québec) G7H 1P5**

**Par :**

**Isabelle Demers, ing. Ph.D.  
Benoît Plante, Ph.D.**



***Unité de recherche et de service en technologie minérale***

445, boul. de l'Université, Rouyn-Noranda (Québec) J9X 5E4  
Téléphone : 819-762-0971, poste 2558 | Télécopieur : 819-797-6672

**MAI 2013**

## Table des matières

	Page
1. Introduction.....	1
2. Rappel du mandat .....	1
3. Méthodes .....	1
3.1 Échantillonnage .....	1
3.2 Caractérisations initiales des matériaux.....	1
3.3 Essais cinétiques en colonnes.....	2
3.3.1 Procédure des essais – rejets de concentrateur .....	2
3.3.2 Procédure des essais – stériles et minerais .....	2
3.4 Lixiviations MA.100-Lix.com (TCLP, SPLP, CTEU-9) .....	3
3.5 Essais de sorption .....	3
4. Caractérisation des matériaux .....	3
4.1 Caractérisations physiques.....	3
4.4 Composition minéralogique par DRX.....	8
4.5 Composition minéralogique par microscopie .....	9
4.6 Résultats des lixiviations.....	16
5. Résultats des essais en colonnes.....	20
5.1 Paramètres géochimiques.....	20
5.2 Paramètres hydrogéologiques.....	26
6. Interprétation préliminaire .....	28
6.1 Potentiel de génération d'acide à long terme .....	28
6.2 Potentiel de génération de drainage contaminé .....	31
7. Sommaire .....	31
8. Suite des travaux .....	32
9. Références.....	33

## Liste des tableaux

Tableau 1 : Paramètres granulométriques des échantillons .....	6
Tableau 2 : Densité relative ( $D_r$ ) des grains des échantillons.....	6
Tableau 3 : Composition chimique des échantillons .....	7
Tableau 4 : Analyse des oxydes principaux.....	7
Tableau 5 : Résultats des essais statiques de prédiction du DMA .....	8
Tableau 6 : Composition minéralogique par DRX.....	9
Tableau 7 : Analyses chimiques élémentaires au MEB des minéraux sulfurés représentés à la figure 6 .....	11

Tableau 8 : Analyses chimiques élémentaires au MEB des minéraux sulfurés représentés à la <i>figure 7</i> .....	12
Tableau 9 : Analyses chimiques élémentaires au MEB des minéraux sulfurés représentés à la <i>figure 8</i> .....	14
Tableau 10 : Analyses chimiques élémentaires au MEB des minéraux sulfurés représentés à la <i>figure 9</i> .....	14
Tableau 11 : Résultats des lixiviations TCLP .....	17
Tableau 12 : Résultats des lixiviations SPLP .....	18
Tableau 13 : Résultats des lixiviations CTEU-9 .....	19
Tableau 14 : Composition initiale en sulfates dans les matériaux testés .....	26

## Liste des figures

Figure 1 : Distribution granulométrique de l'échantillon de rejets de concentrateur (granulomètre laser) .....	4
Figure 2 : Distribution granulométrique de l'échantillon stérile #1 (granulomètre laser + tamis) .....	4
Figure 3 : Distribution granulométrique de l'échantillon stérile #2 (granulomètre laser + tamis) .....	5
Figure 4 : Distribution granulométrique de l'échantillon Nelsonite (granulomètre laser + tamis) .....	5
Figure 5 : Distribution du Ni dans la pyrrhotite, la pyrite et l'horomanite .....	10
Figure 6 : Photographies aux microscopes optique et électronique représentant les minéraux sulfurés de l'échantillon stériles #1 .....	11
Figure 7 : Photographies aux microscopes optique et électronique représentant les minéraux sulfurés de l'échantillon stériles #2 .....	12
Figure 8 : Photographies aux microscopes optique et électronique représentant les minéraux sulfurés de l'échantillon nelsonite .....	13
Figure 9 : Photographies aux microscopes optique et électronique représentant les minéraux sulfurés de l'échantillon rejets de concentrateur .....	15
Figure 10 : Évolution du pH dans les eaux de rinçage issues des essais en colonnes .....	20
Figure 11 : Évolution de la conductivité dans les eaux de rinçage des essais en colonnes .....	21
Figure 12 : Évolution des concentrations en Cu dans les eaux de rinçage des essais en colonnes .....	22
Figure 13 : Évolution des concentrations en Ni dans les eaux de rinçage des essais en colonnes .....	22
Figure 14 : Évolution des concentrations en Pb dans les eaux de rinçage des essais en colonnes .....	23

Figure 15 : Évolution des concentrations en Zn dans les eaux de rinçage des essais en colonnes .....	23
Figure 16 : Évolution des concentrations en P dans les eaux de rinçage des essais en colonnes .....	24
Figure 17 : Évolution des concentrations en Al dans les eaux de rinçage des essais en colonnes .....	24
Figure 18 : Évolution des concentrations en calcium dans les eaux de rinçage des essais en colonnes .....	25
Figure 19 : Évolution des concentrations en magnésium dans les eaux de rinçage des essais en colonnes .....	25
Figure 20 : Évolution des concentrations en sulfates dans les eaux de rinçage des essais en colonnes .....	26
Figure 21 : Teneurs en eau volumiques mesurées dans les colonnes de rejets .....	27
Figure 22 : Succion mesurée dans les colonnes rejet #1 et rejet #2 .....	28
Figure 23 : Évolution des charges cumulées en Ca et Mg en fonction des charges cumulées en sulfates, pour les matériaux grossiers .....	29
Figure 24 : Évolution des charges cumulées en Ca et Mg en fonction des charges cumulées en sulfates, pour les rejets de concentrateur .....	29
Figure 25 : Projection de la courbe d'oxydation / neutralisation, pour les colonnes de stériles #1 et #2 .....	30
Figure 26 : Projection de la courbe d'oxydation / neutralisation, pour les colonnes de Nelsonite et de rejet de concentrateur .....	30

## 1. Introduction

M. Jean-Sébastien David, de la compagnie Ressources d'Arianne, a mandaté l'équipe de l'Unité de recherche et de service en technologie minérale de l'Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue (URSTM-UQAT), pour la réalisation d'une étude visant à évaluer le comportement géochimique des rejets miniers et du minerai éventuels du projet Lac-à-Paul.

Ce rapport intermédiaire présente les résultats de la caractérisation des matériaux, les résultats partiels des essais en colonnes ainsi qu'une interprétation préliminaire et partielle des résultats.

## 2. Rappel du mandat

Les travaux en cours visent à évaluer le comportement géochimique à long terme des résidus, stériles et minerais du projet Lac-à-Paul. Ces travaux incluent une caractérisation chimique et minéralogique des matériaux du gisement Lac-à-Paul. Pour répondre aux préoccupations du client, le potentiel de drainage neutre contaminé (DNC) est exploré grâce à une caractérisation avec emphase sur les traces de sulfures et de nickel présents, de façon à cibler les risques potentiels. De plus, des tests de prédiction cinétique géochimique des différents matériaux du Lac-à-Paul (stériles, minerai et rejets de concentrateur) à l'aide d'essais en colonne sont réalisés, dans le but d'interpréter le comportement géochimique à long terme des différents matériaux.

Le présent rapport expose d'abord les méthodes utilisées durant les travaux de laboratoire. Par la suite, les résultats de la caractérisation détaillée des matériaux soumis à l'étude sont présentés, suivis des résultats partiels des essais cinétiques en colonnes.

## 3. Méthodes

### 3.1 Échantillonnage

Les échantillons de minerai, de stériles et de rejets de concentrateur ont été prélevés par le client. Les rejets de concentrateurs sont issus du pilotage réalisé par COREM; les informations sur l'échantillonnage et la provenance des échantillons sont présentées en annexe. Les échantillons de stériles ont été prélevés dans les intersections de stériles. Le client est responsable de la représentativité des échantillons.

### 3.2 Caractérisations initiales des matériaux

Les échantillons de stériles, de minerai et de rejets de concentrateur ont été soumis à différentes caractérisations :

- Granulométrie (tamis et laser), pour obtenir la distribution de la taille des particules dans les échantillons testés en colonne;
- Densité relative des grains (pycnomètre à l'hélium), nécessaire pour la mise en place des rejets de concentrateur dans les colonnes à une porosité visée;

- Analyse chimique des solides (laboratoire sous-traitant, MA.200-Mét 1.2), pour connaître la composition initiale des matériaux et pour comparer avec les critères en vigueur;
- Essais statiques complets (laboratoire sous-traitant, MA.110 – ACISOL 1.0), pour estimer le potentiel de génération d'acide; les résultats sont interprétés selon le critère du potentiel net de neutralisation (PNN, Miller *et al.*, 1991) et le critère du ratio PN/PA (Adam *et al.*, 1997);
- Microscopie optique et électronique à balayage, pour identifier les minéraux potentiellement contaminants;
- Composition minéralogique par DRX, pour identifier les principaux minéraux de gangue.

### 3.3 Essais cinétiques en colonnes

Un essai en colonne permet de simuler l'altération des matériaux, afin d'en étudier le comportement géochimique. Cet essai permet d'évaluer la réactivité des différents minéraux constituant le matériel et, ainsi, d'en prédire le comportement géochimique lors de l'entreposage des rejets sur le site.

#### 3.3.1 Procédure des essais – rejets de concentrateur

Cet essai est réalisé dans une colonne de plexiglas spécialement conçue, de 14 cm de diamètre par environ 50 cm de hauteur. Environ 30 cm de matériel est mis en place par pompage de la pulpe, à la même teneur en eau que lors de la déposition en cellule de terrain ou encore par déposition par couches successives, à la porosité et à la teneur en eau anticipées sur le terrain. Les rinçages de l'essai en colonne sont réalisés avec 2 L d'eau déminéralisée, à tous les mois, et les lixiviats sont analysés pour un ensemble de paramètres géochimiques. De plus, la teneur en eau et la succion sont mesurées à l'intérieur du rejet : la teneur en eau, à toutes les 12 heures, et la succion, une fois par cycle. La durée des essais est d'une année (12 rinçages mensuels), avec possibilité de poursuivre davantage, si le comportement géochimique continue d'évoluer de façon significative. Une colonne duplicata a été installée pour valider les résultats obtenus, même s'il a été démontré dans la littérature que l'essai en colonne tel que celui utilisé dans cette étude est reproductible (voir Demers *et al.*, 2011). Le lixiviat de la colonne duplicata (appelée Rejet #2) n'a pas été analysé à tous les mois.

#### 3.3.2 Procédure des essais – stériles et minerai

Les colonnes de stériles ont une hauteur de 80 cm et un diamètre interne de 14 cm. En raison de la quantité limitée des matériaux, nous avons opté pour l'utilisation de la même masse dans chacune des colonnes, soit 14 kg, ce qui ne correspond pas au même volume pour chacun des matériaux, en raison de leur densité différente (hauteur de 60 cm pour les stériles et 45 cm pour le Nelsonite). Cependant, cette méthode permet de comparer les matériaux sur une basse massique. Chaque cycle débute par un mouillage (ou une lixiviation) à l'eau déionisée, par le haut de la colonne, pour envoyer complètement les matériaux (4 L pour les colonnes de stériles, 3 L pour la colonne de Nelsonite).

L'eau reste ensuite en contact avec les stériles, pour une durée de 4 heures. Ensuite, la colonne est vidée (avec un temps de vidange d'environ 20 minutes) et les analyses sont réalisées. Après la lixiviation, les colonnes sont laissées à l'air libre, à la température de la pièce, jusqu'au prochain mouillage, qui sera effectué 2 semaines plus tard. Un total de 24 cycles, soit environ deux fois par mois pendant un an, est souvent retenu. Les mesures de teneurs en eau et de suction n'étant pas faites dans les colonnes de matériaux grossiers en raison de la grande porosité, le contact entre les sondes et les particules de matériau n'est donc pas aussi uniforme que dans le cas de matériaux fins, comme les rejets de concentrateur.

### **3.4 Lixiviations MA.100-Lix.com (TCLP, SPLP, CTEU-9)**

La série complète des lixiviations de la méthode MA.100-Lix.com du CEAEQ a été réalisée. Ces essais incluent les lixiviations avec un acide (TCLP et SPLP) et à l'eau (pH neutre CTEU-9). Suite à chacune des lixiviations, les solutions ont été analysées pour en déterminer le pH final ainsi que les concentrations en métaux et en ions. Les essais ont été réalisés dans un laboratoire sous-traitant.

### **3.5 Essais de sorption**

Des essais de sorption sont prévus, mais n'ont pas encore été réalisés. La pertinence de tels essais sera évaluée lorsque plus de résultats seront disponibles.

L'objectif des essais de sorption est d'estimer le potentiel des matériaux à retenir les différents contaminants potentiels sous des conditions données. Les essais de sorption consistent à mettre en contact les matériaux avec des solutions artificiellement enrichies en métaux, pour lesquels on soupçonne un potentiel de contamination des eaux de drainage. Cela permet d'étudier le potentiel de rétention intrinsèque (par des phénomènes de sorption) des matériaux et d'estimer, par conséquent, leur capacité de sorption dans différentes conditions. Comme ces tests impliquent des mesures à différents temps, ils permettent d'étudier les cinétiques de rétention naturelle des métaux (emphasis sur le Ni, à valider avec les caractérisations initiales) des matériaux étudiés. Cette capacité de sorption, capitale quand il s'agit de drainage neutre, est prise en compte lors de l'interprétation des essais de lixiviation en colonne.

## **4. Caractérisation des matériaux**

### **4.1 Caractérisations physiques**

Les figures 1 à 4 ainsi que le tableau 1 présentent les résultats de la caractérisation granulométrique des échantillons.

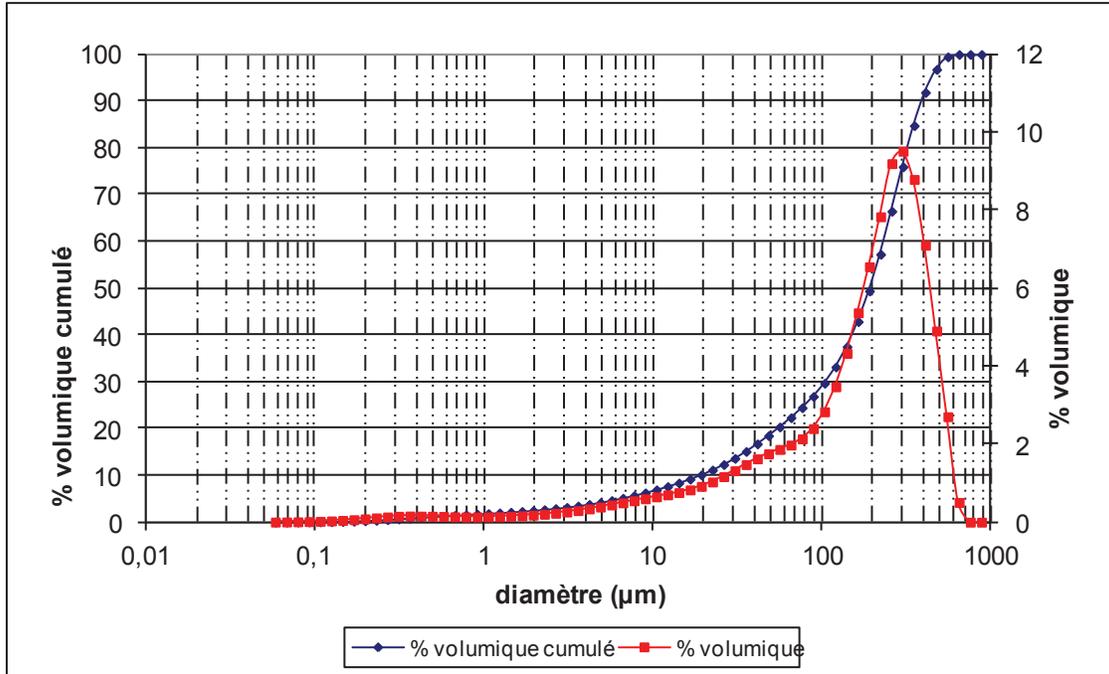


Figure 1 : Distribution granulométrique de l'échantillon de rejets de concentrateur (granulomètre laser)

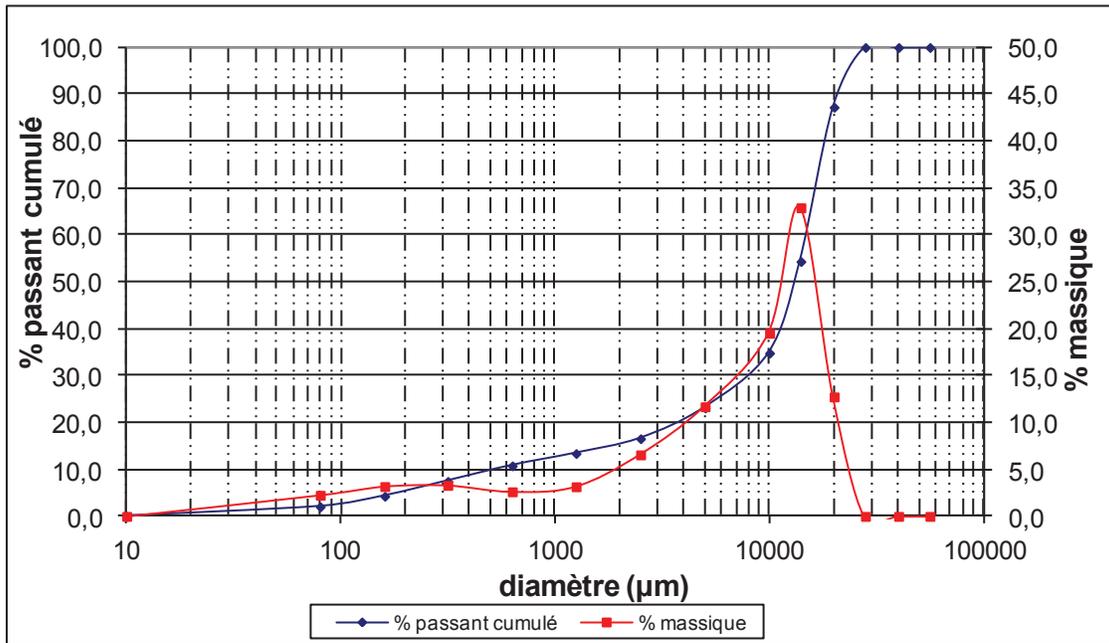


Figure 2 : Distribution granulométrique de l'échantillon stérile #1 (granulomètre laser + tamis)

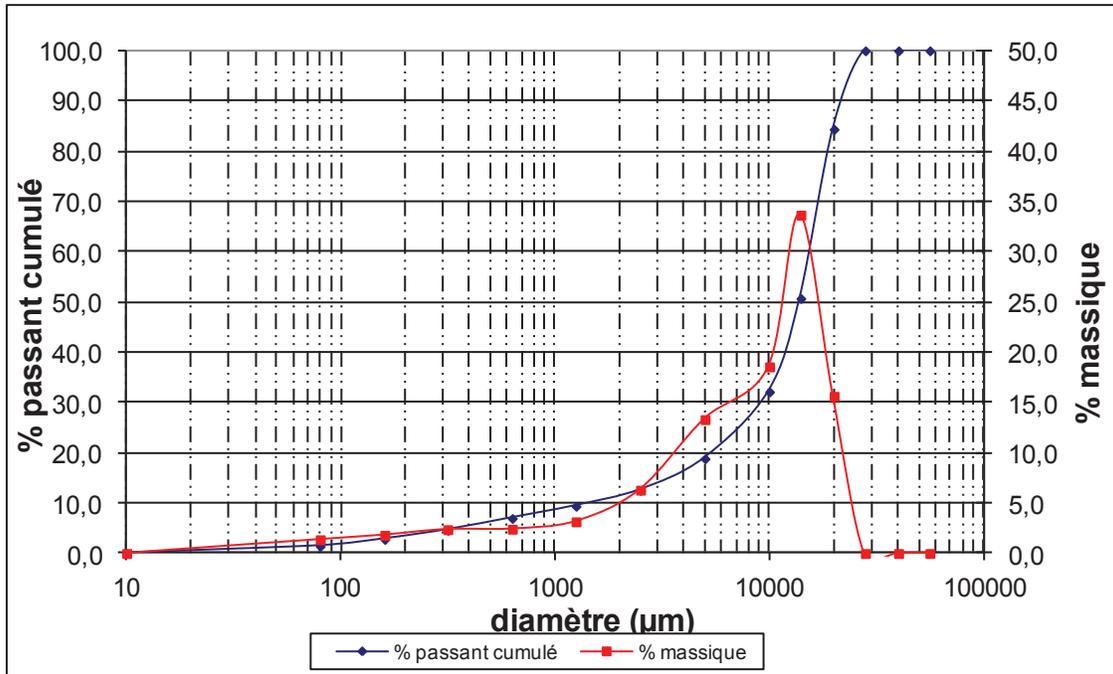


Figure 3 : Distribution granulométrique de l'échantillon stérile #2 (granulomètre laser + tamis)

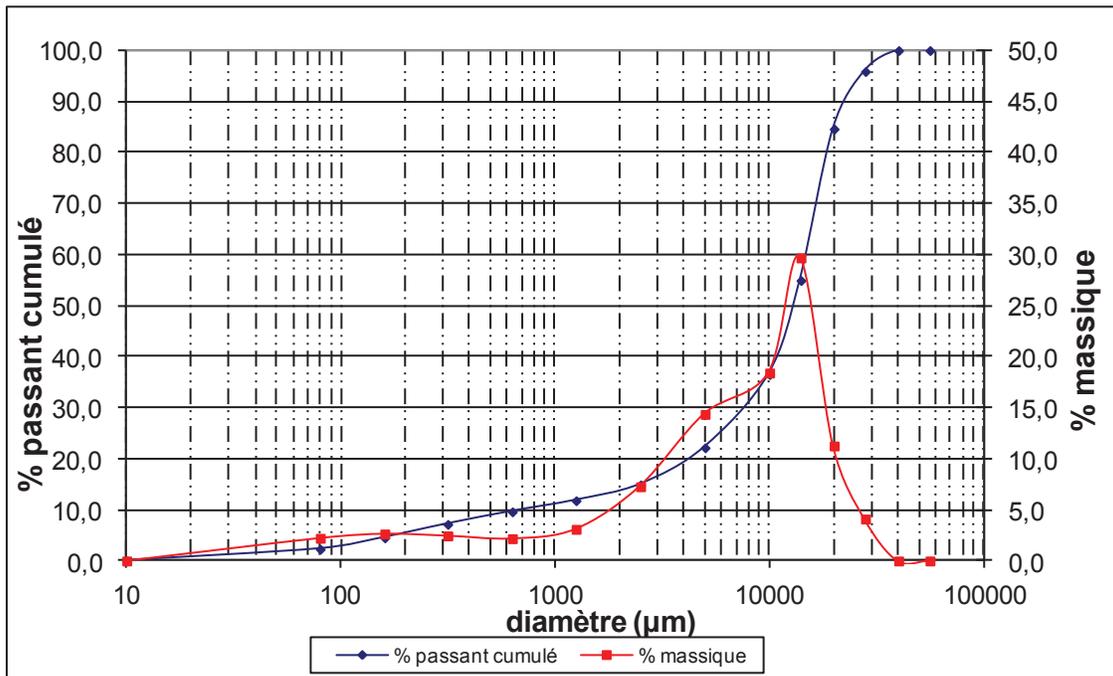


Figure 4 : Distribution granulométrique de l'échantillon Nelsonite (granulomètre laser + tamis)

Tableau 1 : Paramètres granulométriques des échantillons

Paramètre	Unités	Stérile #1	Stérile #2	Nelsonite	Rejet
$Cu = D_{60}/D_{10}$	(-)	30,0	10,4	18,8	12,3
$Cc = D_{30}^2/(D_{60} * D_{10})$	(-)	8,53	3,78	5,20	2,49
$U = (D_{90} - D_{10})/D_{50}$	(-)	1,55	1,46	1,66	1,94
$D_{10}$	(mm)	0,5	1,5	0,8	19,0
$D_{20}$	(mm)	3,6	5,5	4,2	54,7
$D_{30}$	(mm)	8,0	9,4	7,9	105
$D_{40}$	(mm)	11,2	11,9	11,8	151
$D_{50}$	(mm)	13,2	13,9	13,0	193
$D_{60}$	(mm)	15,0	15,6	15,0	233
$D_{70}$	(mm)	16,6	17,1	16,8	275
$D_{80}$	(mm)	18,2	19,0	18,7	324
$D_{90}$	(mm)	21,0	21,8	22,4	394

La densité relative des grains des échantillons est présentée au *tableau 2*.

Tableau 2 : Densité relative ( $D_r$ ) des grains des échantillons

Échantillon	$D_r$
Stériles #1	2,992
Stériles #2	2,995
Nelsonite	3,497
Rejet de concentrateur	3,370

## 4.2 Composition chimique des matériaux

La composition chimique des échantillons est présentée au *tableau 3*. Les principaux éléments présents sont le calcium, le fer, l'aluminium, le magnésium et le potassium. Les stériles sont plus riches en aluminium et en potassium, tandis que le Nelsonite l'est plus en calcium et en fer, mais contient moins d'aluminium et de potassium. Le rejet a une composition chimique intermédiaire entre les stériles et le Nelsonite, mais un peu plus près de ce dernier.

Les résultats sont comparés aux critères A, B et C de la *Politique de protection des sols et de réhabilitation des terrains contaminés*. On observe quelques dépassements du critère A (Ba, Co, Cr, Cu, Mo, Ni, Se pour certains échantillons). Tous les échantillons ont au moins un dépassement du critère B : les stériles #1 et #2 dépassent celui-ci pour le Cr et le Ni; le Nelsonite le dépasse pour le Co, le Mn, le Ni et le Se; le rejet, quant à lui, le dépasse pour le Co et le Mn.

**Tableau 3 : Composition chimique des échantillons**

Paramètre	Unité	Stérile #1	Stérile #2	Nelsonite	Rejet de conc	Critère A	Critère B	Critère C
Argent (Ag)	mg/kg	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	2	20	40
Arsenic (As)	mg/kg	<5	<5	<5	<5	6	30	50
Baryum (Ba)	mg/kg	420	180	56	140	200	500	2000
Cadmium (Cd)	mg/kg	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	1,5	5	20
Cobalt (Co)	mg/kg	20	21	87	67	15	50	300
Chrome (Cr)	mg/kg	290	380	150	5	85	250	800
Cuivre (Cu)	mg/kg	19	25	72	51	40	100	500
Etain (Sn)	mg/kg	<4	<4	<4	<4	5	50	300
Manganèse (Mn)	mg/kg	200	170	1200	840	770	1000	2200
Molybdène (Mo)	mg/kg	3	4	2	<1	2	10	40
Nickel (Ni)	mg/kg	130	200	150	66	50	100	500
Plomb (Pb)	mg/kg	<5	<5	<5	<5	40	500	1000
Sélénium (Se)	mg/kg	2	<1	10	3	1	3	10
Zinc (Zn)	mg/kg	49	26	49	43	110	500	1500
Aluminium (Al)	mg/kg	14000	11000	4300	5100			
Antimoine (Sb)	mg/kg	<2	<2	<2	<2			
Béryllium (Be)	mg/kg	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5			
Calcium (Ca)	mg/kg	28000	15000	93000	32000			
Fer (Fe)	mg/kg	26000	22000	120000	76000			
Magnésium (Mg)	mg/kg	12000	8700	57000	47000			
Potassium (K)	mg/kg	9100	5200	1800	3200			
Sodium (Na)	mg/kg	680	1100	560	450			
Strontium (Sr)	mg/kg	39	39	140	60			
Titane (Ti)	mg/kg	880	900	660	650			
Bismuth (Bi)	mg/kg	<7	<7	<7	<7			
Vanadium (V)	mg/kg	78	63	200	24			
Tellure (Te)	mg/kg	<20	<20	<20	<20			

L'analyse des oxydes « whole rock » est présentée au *tableau 4*.

**Tableau 4 : Analyse des oxydes principaux**

Paramètre	Unité	Stérile #1	Stérile #2	Nelsonite	Rejet
LOI	%	0,47	0,43	-1,06	-0,95
SiO2	%	45,6	47,2	17,2	30,9
Fe2O3	%	11,06	11,68	35,02	27,93
Al2O3	%	18,27	16,94	2,53	7,67
CaO	%	9,2	8,98	13,76	6,69
MgO	%	3,95	5,97	12,33	11,89
Na2O	%	3,93	3,32	0,24	1,53
K2O	%	1,37	1,04	0,21	0,57
MnO	%	0,12	0,14	0,3	0,31
TiO2	%	3,18	3,12	10,33	10,93
P2O5	%	2,55	1,01	9,89	3,35
Cr2O3	%	0,048	0,086	0,035	0,007
V2O5	%	0,03	0,033	0,107	0,035

### 4.3 Résultats des essais statiques de prédiction du PGA

Les résultats des essais statiques présentés au *tableau 5* démontrent que les stériles testés ne sont pas générateurs de drainage minier acide (%S < 0,3 % et PNN > 20 kg CaCO<sub>3</sub>/t). Les échantillons de Nelsonite et de rejet de concentrateur sont classés comme incertains, en raison de leur PNN < 20 kg CaCO<sub>3</sub>/t et de leur ratio PN/PA < 3.

Tableau 5 : Résultats des essais statiques de prédiction du DMA

Paramètre	Unité	Stérile #1	Stérile #2	Nelsonite	Rejet de conc
Soufre (S)	%	0,08	0,12	0,39	0,35
Potentiel d'acidité maximal (PA)	kg CaCO <sub>3</sub> /t	2,6	3,7	12,3	10,9
Potentiel neutralisation brut (PN)	kg CaCO <sub>3</sub> /t	25	25	25	24
Potentiel neutralisation net (PNN)	kg CaCO <sub>3</sub> /t	22,4	21,2	12,4	13,5
Sulfates (SO <sub>4</sub> )	mg/kg	8	8	25	270
Ratio PN/PA		9,6	6,8	2,0	2,2
Carbone total C	mg/kg	830	960	720	560
Carbone organique total	mg/kg	ND	ND	500	ND
Carbone inorganique total	mg/kg	830	960	ND	560

### 4.4 Composition minéralogique par DRX

Le *tableau 6* présente la composition minéralogique déterminée par DRX. À noter que les logiciels utilisés, ainsi que les bases de données minérales, permettent d'identifier les principales phases minérales des échantillons et, ensuite, d'en évaluer les concentrations massiques approximatives par modélisation Rietveld (1993). Cette technique ne détecte que les minéraux bien cristallisés et de concentrations supérieures à environ 0,5 % massique. La DRX semi-quantitative comporte aussi une incertitude absolue d'environ ± 0,5 % massique.

Certains pics de l'apatite ne sont pas bien modélisés par la méthode Rietveld, car il se peut que la fiche de structure de l'apatite fournie avec le logiciel ne corresponde pas exactement à celle de l'échantillon.

On observe que la labradorite et l'hornblende sont abondants dans les stériles, et un peu moins dans le rejet. Le Nelsonite comporte plus de 40 % de forsterite. L'ilménite est présente de façon significative, surtout dans le Nelsonite et le rejet. Les minéraux sulfureux identifiés sont la pyrite et la pyrrhotite, à des valeurs frôlant les limites de détection de l'appareil. Ces valeurs sont cependant dans le même ordre de grandeur que la quantification des sulfures selon l'analyse chimique (%S), considérant qu'il n'est pas possible seulement avec l'analyse chimique de départager la pyrite de la pyrrhotite.

Tableau 6 : Composition minéralogique par DRX

Minéral	Stérile #1	Stérile #2	Nelsonite	Rejet
Quartz	4,6	3,8	1,8	3,7
Biotite	6,9	2,9	3,6	4,9
Muscovite	2,7	2,2	3,7	2,4
Labradorite	60,7	55,8	1,5	26,7
Hornblende	17,1	26,1	7,9	15,7
Ilménite	3,9	2,9	19	13,1
Pyrite	0,2	0,2	1,1	0,4
Pyrrhotite	0,9	0,6	0,5	1,5
Rutile	0,5	0,6		0,1
Apatite	2,5	2,4	10,3	5,1
Magnetite		1	6,4	0,4
Forsterite			44,2	22,4
Dolomite		1,5		3,6

#### 4.5 Composition minéralogique par microscopie

Les échantillons ont été moulés en sections polies pour l'observation aux microscopes optique (MO) et électronique à balayage (MEB). L'objectif de la microscopie est d'identifier les minéraux ayant un potentiel de contamination des eaux. En effet, des éléments, comme le Ni, peuvent se retrouver en inclusions ou en solution dans les minéraux sulfureux et, ainsi, être relâchés lors de l'oxydation des sulfures par l'oxygène de l'air. Les observations au microscope optique ont montré que les minéraux sulfurés sont présents sous forme de traces dans les quatre échantillons étudiés. Il s'agit principalement de la pyrrhotite avec des traces de pyrite, d'horomanite et de chalcopyrite. Un seul grain de cubanite a été observé dans l'échantillon Nelsonite. L'horomanite est associée à la pyrrhotite et toujours sous forme d'inclusion. Certains minéraux ont fait l'objet d'une microanalyse chimique élémentaire au microscope électronique à l'aide d'un spectromètre à dispersion d'énergie, afin de mieux les identifier et de connaître leur composition chimique.

Le Ni est essentiellement présent sous forme d'horomanite, dont la valeur varie de 18 à 37 % (massique), comme le montre la *figure 5*. Les horomanites contiennent du Co et du Cu, selon la formule chimique  $(\text{Fe,Ni,Co,Cu})_9\text{S}_8$ . La teneur en Co varie de 5 à 15 % massique. Les analyses chimiques ponctuelles de toutes les horomanites observées et analysées sont présentes dans les *tableaux 7 à 10*, avec leurs distributions dans chacun des échantillons étudiés.

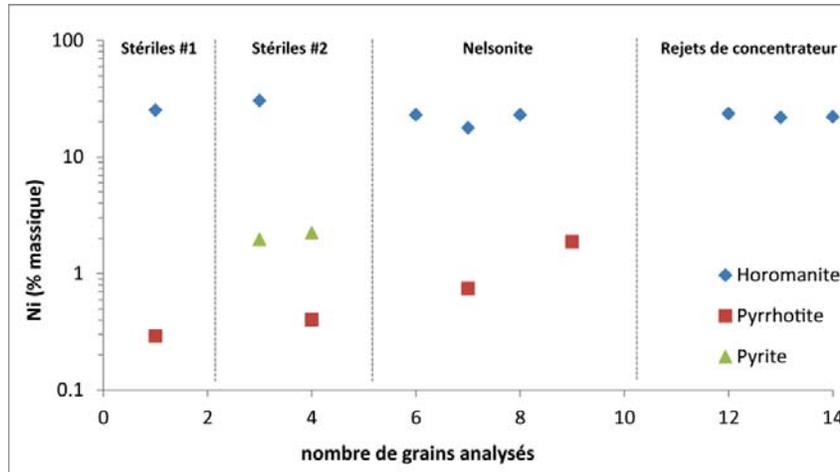


Figure 5 : Distribution du Ni dans la pyrrhotite, la pyrite et l'horomanite

Le Ni est également associé à la pyrrhotite et à la pyrite sous forme de trace. Sur les 14 pyrrhotites analysées, seuls 4 grains en contiennent, avec une teneur qui varie de 0,3 à 1,9 % (massique). Trois pyrites ont été analysées et deux d'entre elles contiennent du Ni, avec une valeur de 2 % (massique). La pyrite a été observée uniquement dans les stériles #1 et #2.

Tous les minéraux sulfurés observés avec leurs identifications et leurs analyses chimiques ponctuelles sont présentés dans les figures 6 à 9 et les tableaux 7 à 10.

22693 : Stériles #1

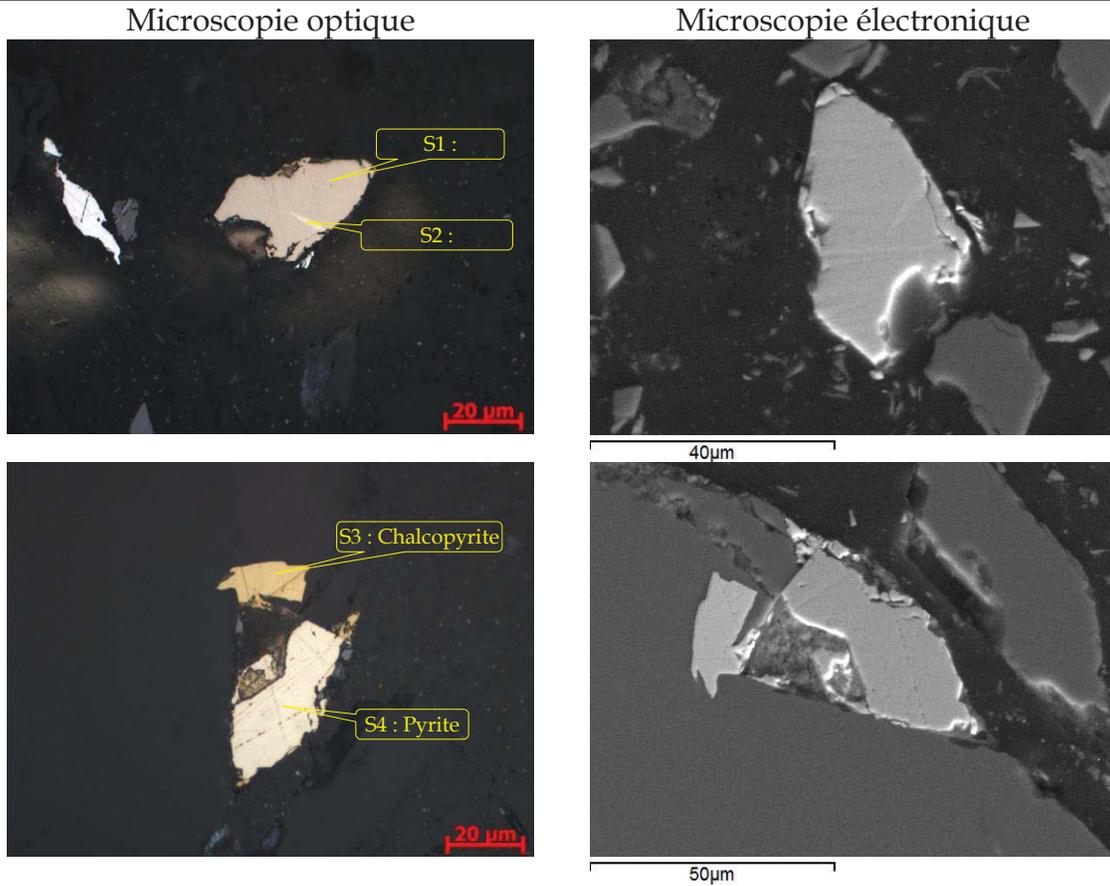


Figure 6 : Photographies aux microscopes optique et électronique représentant les minéraux sulfurés de l'échantillon stériles #1

Tableau 7 : Analyses chimiques élémentaires au MEB des minéraux sulfurés représentés à la figure 6

	S	Fe	Ni	Cu	Total
S1: Pyrrhotite-Ni	42,14	57,58	0,29		100
S2: Horomanite	38,82	35,86	25,31		100
S3: Chalcopyrite	38,61	28,98		32,41	100
S4 : Pyrite	56,46	43,54			100

22694 : Stériles #2

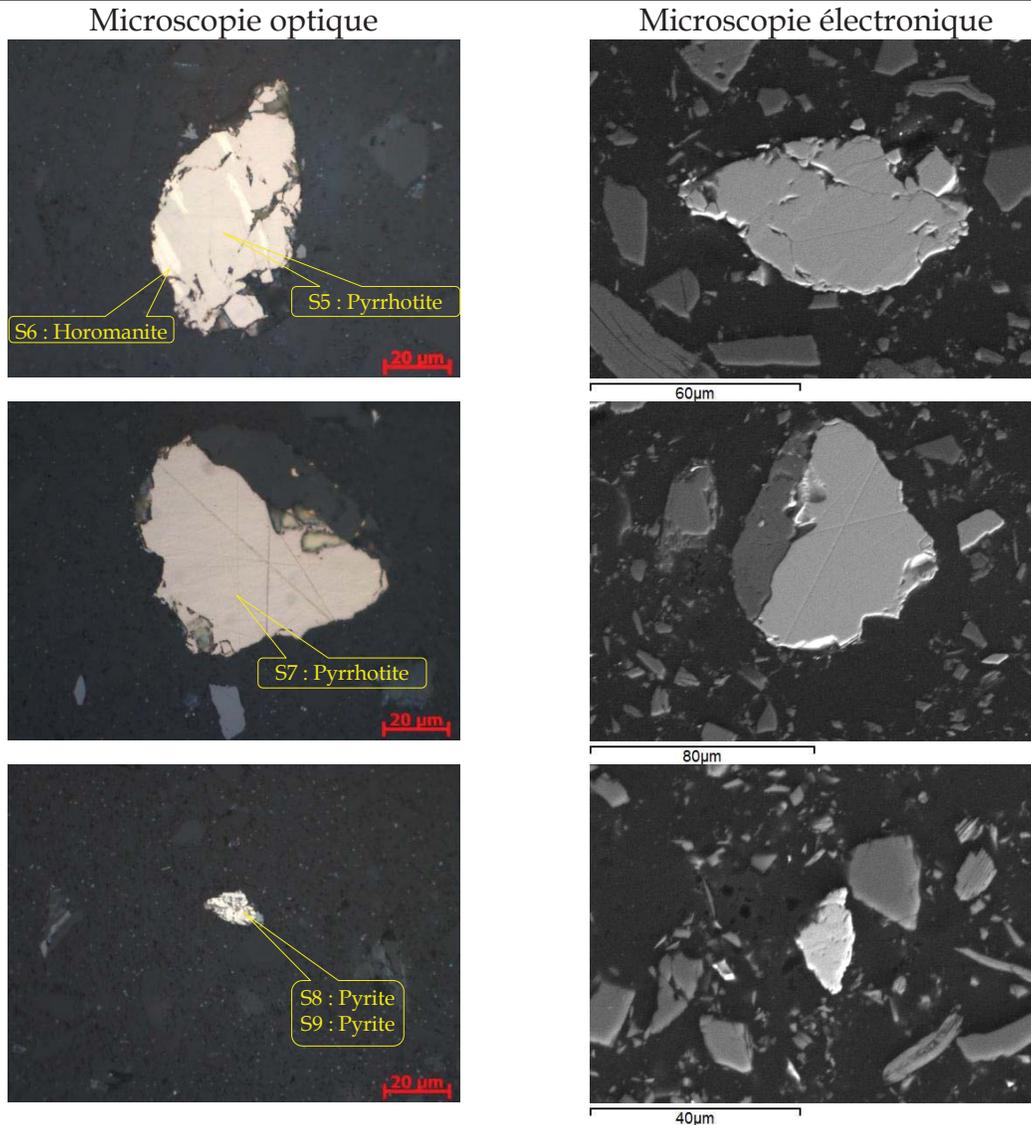


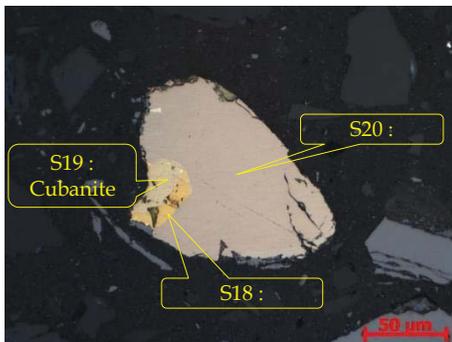
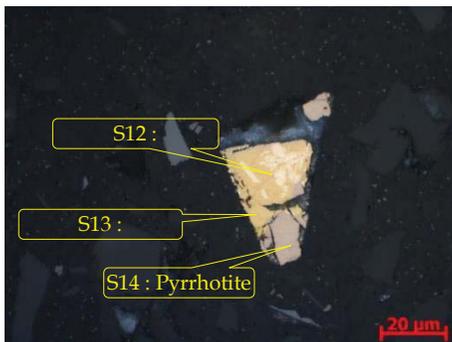
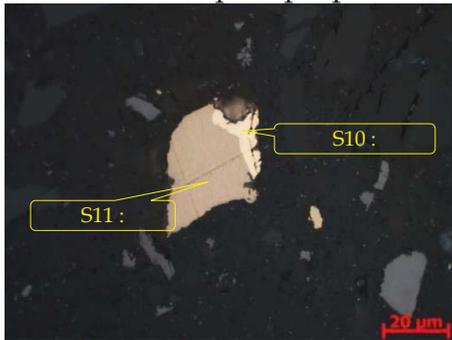
Figure 7 : Photographies aux microscopes optique et électronique représentant les minéraux sulfurés de l'échantillon stériles #2

Tableau 8 : Analyses chimiques élémentaires au MEB des minéraux sulfurés représentés à la figure 7

	S	Fe	Co	Ni	Cu	Total
S5 : Pyrrhotite	42,97	57,03				100
S6 : Horomanite	36,54	27,38	5,52	30,57		100
S7 : Pyrrhotite	41,99	57,61		0,40		100
S8 : Pyrite	52,73	45,01		1,97	0,29	100
S9 : Pyrite	56,24	41,52		2,24		100

22695 : Nelsonite

Microscopie optique



Microscopie électronique

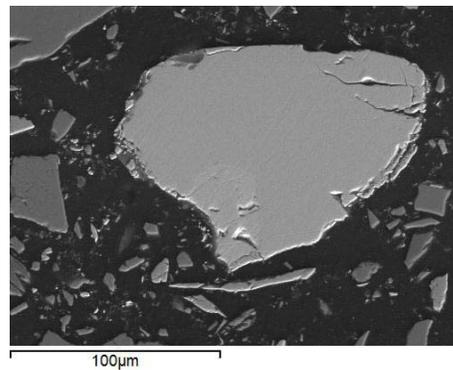
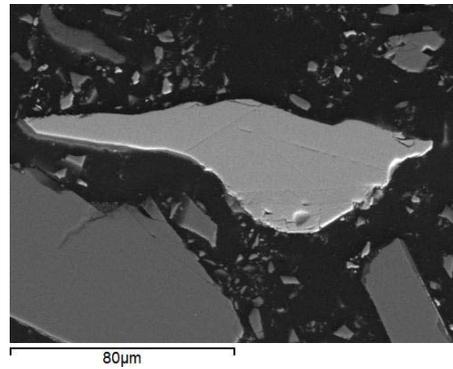
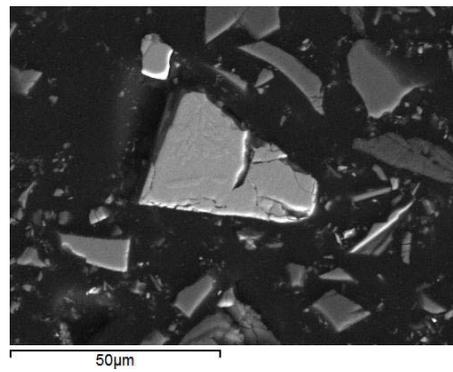
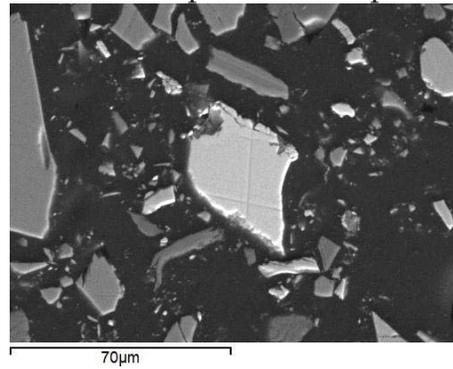


Figure 8 : Photographies aux microscopes optique et électronique représentant les minéraux sulfurés de l'échantillon nelsonite

**Tableau 9 : Analyses chimiques élémentaires au MEB des minéraux sulfurés représentés à la figure 8**

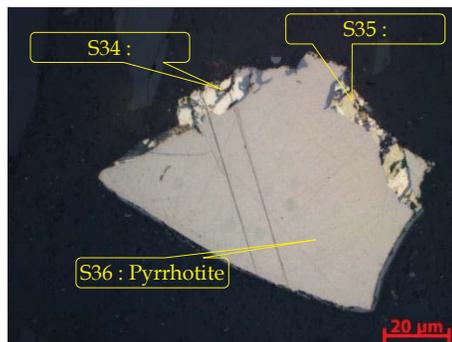
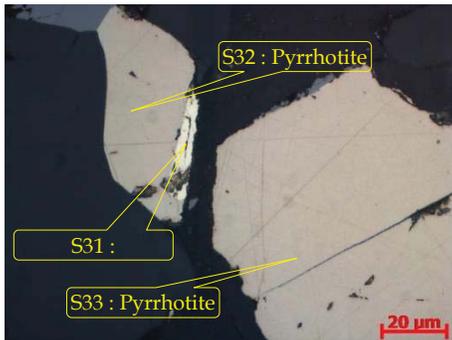
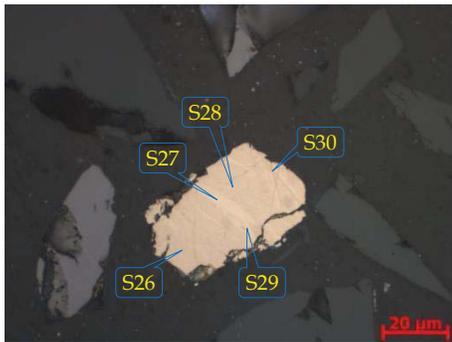
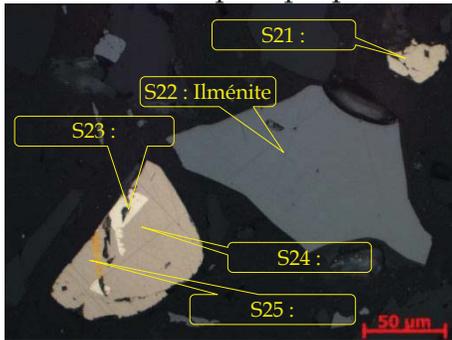
	S	Fe	Co	Ni	Cu	Total
S10 : Horomanite	36,41	31,25	9,34	23,00		100
S11 : Pyrrhotite	39,38	60,62				100
S12 : Horomanite	36,80	31,36	5,89	17,83	8,12	100
S13 : Chalcopyrite	38,71	29,64			31,65	100
S14 : Pyrrhotite-Cu-Ni	39,94	52,61		0,74	6,70	100
S15 : Pyrrhotite	39,27	60,59			0,14	100
S16 : Pyrrhotite Co-Ni	39,36	55,06	3,70	1,88		100
S17 : Horomanite	36,22	34,04	6,69	23,05		100
S18 : Chalcopyrite	38,17	29,99			31,84	100
S19 : Cubanite	38,45	39,82			21,73	100
S20 : Pyrrhotite	39,47	60,39			0,14	100

**Tableau 10: Analyses chimiques élémentaires au MEB des minéraux sulfurés représentés à la figure 9**

	O	Mg	S	Ti	Fe	Co	Ni	Cu	Total
S21 : Pyrrhotite			39,47		60,53				100
S22 : Ilménite	37,35	0,82		28,69	33,13				100
S23 : Horomanite			36,18		25,91	14,27	23,64		100
S24 : Pyrrhotite			39,59		60,41				100
S25 : Chalcopyrite			37,66		36,25			26,09	100
S26 : Pyrrhotite			39,52		60,48				100
S27 : Pyrrhotite			41,64		58,36				100
S28 : Pyrrhotite			39,96		60,04				100
S29 : Pyrrhotite			39,68		60,32				100
S30 : Pyrrhotite			39,61		60,39				100
S31 : Horomanite			35,84		27,15	15,09	21,93		100
S32 : Pyrrhotite			39,65		60,35				100
S33 : Pyrrhotite-Cu			39,47		60,46			0,07	100
S34 : Horomanite			36,55		32,98	7,17	22,17	1,14	100
S35 : Chalcopyrite			38,84		39,67			21,49	100
S36: Pyrrhotite			39,55		60,45				100

22970 : Rejets de concentrateur

Microscopie optique



Microscopie électronique

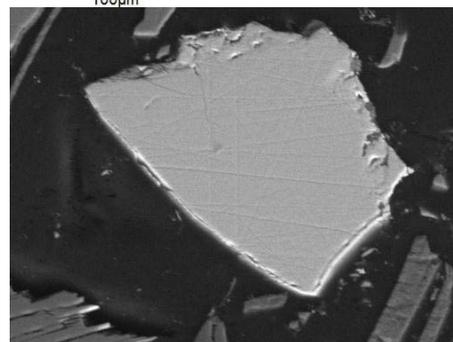
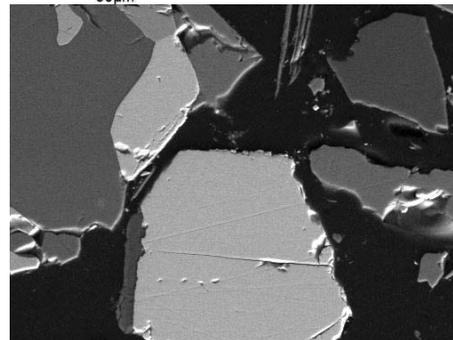
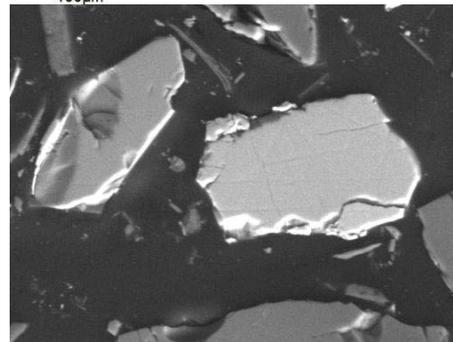
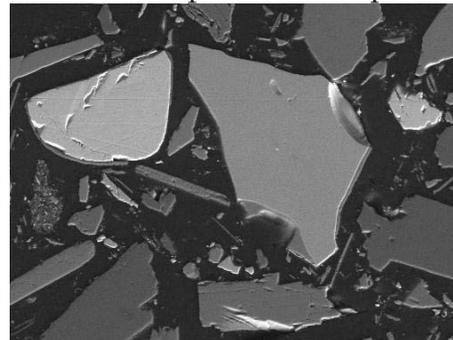


Figure 9 : Photographies aux microscopes optique et électronique représentant les minéraux sulfurés de l'échantillon rejets de concentrateur

#### 4.6 Résultats des lixiviations

La série complète des lixiviations de la méthode MA. 100 - Lix.com. 1.0 du CEAEQ a été réalisée. Les résultats sont présentés aux *tableaux 11 à 13*, avec la comparaison avec les critères de la *Directive 019*.

Les extractions TCLP (*tableau 11*), réalisées avec un tampon d'acide acétique, montrent que, de façon générale, les éléments ayant les concentrations les plus élevées dans les lixiviats sont Ca, Mg, K et Si. Il est probable que la solution d'extraction acide (tampon pH ~4,9) ait conduit à la neutralisation (les pH finaux sont plus élevés) par des silicates neutralisants contenant Ca, Mg, K et Si. Le Fe est présent dans les lixiviats et provient probablement de la mise en solution du fer, qui est augmentée par le pH acide de l'essai. On observe au *tableau 11* que les échantillons Stérile #1, Stérile #2 et Rejet présentent un dépassement du critère pour l'Ag, mais comme la teneur en Ag dans les matériaux est inférieure au critère A (voir *tableau 3*), les matériaux sont considérés comme « résidus miniers à faible risque ». Le Mn dépasse le *critère de l'eau souterraine aux fins de consommation* pour les quatre échantillons, mais cet élément n'est pas contrôlé par la *Directive 019* ni la *Politique de protection des sols et de réhabilitation des terrains contaminés*. Cependant, vu les concentrations obtenues durant l'essai, cet élément sera suivi de près pendant les essais en colonnes. De plus, les concentrations en Al sont également près du critère « lixiviable » ce qui nécessitera un suivi étroit de cet élément durant les essais en colonnes. Aucun échantillon n'a mené à un lixiviat dépassant les critères du *Tableau 1* de l'Annexe 2 de la *Directive 019*. Donc, aucun des échantillons n'est considéré comme « Résidu minier à risques élevés ».

Bien que la *Directive 019* mentionne l'essai TCLP dans les définitions des résidus miniers à l'Annexe 2, les résultats des essais SPLP et CTEU-9 seront aussi comparés aux mêmes critères, à titre comparatif.

Les résultats des extractions SPLP, simulant les pluies acides, sont résumés au *tableau 12*. On observe que les concentrations en éléments dans les lixiviats SPLP sont moins élevées que dans les lixiviats TCLP. La solution d'extraction SPLP à pH initial ~4,2 n'étant pas un tampon, sa neutralisation (les pH finaux sont d'environ 9) requiert donc une moins grande quantité de silicates neutralisants, ce qui mène à une dissolution moindre de Ca, Mg, K et Si. Le seul élément ayant dépassé un critère étant l'Ag, les échantillons se qualifieraient comme « Résidus miniers à faible risque », si nous utilisons les résultats SPLP dans les définitions de l'Annexe 2 de la *Directive 019*.

Les résultats des extractions CTEU-9, réalisées à l'eau déminéralisée ajustée au départ à pH 7 avec un temps total de brassage de 7 jours, sont présentés au *tableau 13*. On observe, bien que le pH initial soit près de la neutralité, que le pH après 7 jours se situe entre 8,8 et 9,3. Si les résultats des essais CTEU-9 étaient comparés aux définitions de l'Annexe 2 de la *Directive 019*, nous obtiendrions que tous les échantillons seraient classés « Résidus miniers à faible risque ». On observe des dépassements en Ag, et les

Stérile #1 et Stérile #2 présentent aussi un dépassement en Al et Cu, mais ces éléments sont inférieurs au Critère A. Selon cet essai, le Mn et le Ni demeurent des éléments à surveiller.

**Tableau 11 : Résultats des lixiviations TCLP**

Paramètre	Unités	Stérile #1	Stérile #2	Nelsonite	Rejets	Eau potable	Lixivable	Risque élevé
Mercuré (Hg)	mg/L	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	0,001	0,00013	0,1
Uranium (U)	mg/L	0,0009	0,0007	<0,0006	0,0018			
Aluminium (Al)	mg/L	0,70	0,54	0,26	0,54	-	0,75	-
Antimoine (Sb)	mg/L	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	0,006	-	-
Argent (Ag)	mg/L	0,0008	0,0017	0,0005	0,0014	0,1	0,0006	-
Arsenic (As)	mg/L	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,025	0,34	5,0
Baryum (Ba)	mg/L	0,99	0,43	0,19	0,70	1	5,3	100
Cadmium (Cd)	mg/L	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,005	0,0021	0,5
Chrome (Cr)	mg/L	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	0,05	-	5,0
Cobalt (Co)	mg/L	<0,03	<0,03	0,06	0,14	-	0,5	-
Cuivre (Cu)	mg/L	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	1	0,0073	-
Plomb (Pb)	mg/L	<0,001	0,003	<0,001	0,001	0,01	0,034	5,0
Manganèse (Mn)	mg/L	1,1	0,68	0,67	1,2	0,05	-	-
Molybdène (Mo)	mg/L	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	0,07	2	-
Nickel (Ni)	mg/L	<0,002	0,11	0,04	0,12	0,02	0,26	-
Sélénium (Se)	mg/L	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,01	0,02	1,0
Sodium (Na)	mg/L	N/A	N/A	N/A	N/A	200	-	-
Zinc (Zn)	mg/L	0,023	<0,005	0,029	<0,005	5	0,067	-
Bore (B)	mg/L	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	-	-	500
Fer (Fe)	mg/L	5,6	6,9	19	7,4			
Magnésium (Mg)	mg/L	3,2	4,0	15	14			
Lithium (Li)	mg/L	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1			
Potassium (K)	mg/L	32	20	11	34			
Strontium (Sr)	mg/L	0,09	0,09	<0,05	0,16			
Étain (Sn)	mg/L	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05			
Titane (Ti)	mg/L	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05			
Vanadium (V)	mg/L	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01			
Béryllium (Be)	mg/L	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002			
Bismuth (Bi)	mg/L	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05			
Calcium (Ca)	mg/L	77	39	13	50			
Silicium (Si)(soluble dans HNO3)	mg/L	1,2	1,7	6,4	4,9			
Thallium (Tl)	mg/L	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01			
Phosphore total (P)	mg/L	0,2	0,1	1,2	0,2			
Orthophosphate (P)	mg/L	0,3	0,2	1,3	0,3			
Conductivité	mS/cm	4,9	4,8	4,9	4,9			
Conductivité fluide de lixiviation	mS/cm	4,7	4,7	4,7	4,7			
Fluorure (F)	mg/L	<1	<1	<1	<1			
Nitrates (N-NO3-)	mg/L	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2			
Nitrites (N-NO2-)	mg/L	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2			
Bromure (Br-)	mg/L	<1	<1	<1	<1			
Chlorures (Cl)	mg/L	<0,5	<0,5	4,2	<0,5			
Sulfates (SO4)	mg/L	<5	<5	<5	22			
pH final du lixiviat	n/a	5,03	4,99	4,99	5,01			

ND = inférieur à la limite de détection rapportée

N/A = Non Applicable

LDR = Limite de détection rapportée

**Tableau 12 : Résultats des lixiviations SPLP**

Paramètre	Unités	Stérile #1	Stérile #2	Nelsonite	Rejets	Eau potable	Lixivable	Risque élevé
Mercuré (Hg)	mg/L	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	0,001	0,00013	0,1
Uranium (U)	mg/L	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006			
Aluminium (Al)	mg/L	0,70	0,62	0,09	0,09	-	0,75	-
Antimoine (Sb)	mg/L	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	0,006	-	-
Argent (Ag)	mg/L	0,0007	0,0008	0,0011	0,0046	0,1	0,0006	-
Arsenic (As)	mg/L	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,025	0,34	5,0
Baryum (Ba)	mg/L	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	1	5,3	100
Cadmium (Cd)	mg/L	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,005	0,0021	0,5
Chrome (Cr)	mg/L	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	0,05	-	5,0
Cobalt (Co)	mg/L	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	-	0,5	-
Cuivre (Cu)	mg/L	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	1	0,0073	-
Plomb (Pb)	mg/L	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,01	0,034	5,0
Manganèse (Mn)	mg/L	<0,003	<0,003	<0,003	0,003	0,05	-	-
Molybdène (Mo)	mg/L	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	0,07	2	-
Nickel (Ni)	mg/L	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	0,02	0,26	-
Sélénium (Se)	mg/L	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,01	0,02	1,0
Sodium (Na)	mg/L	0,7	0,7	1,4	0,8	200	-	-
Zinc (Zn)	mg/L	<0,005	<0,005	0,007	<0,005	5	0,067	-
Bore (B)	mg/L	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	-	-	500
Fer (Fe)	mg/L	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06			
Magnésium (Mg)	mg/L	0,5	0,6	1,5	2,4			
Lithium (Li)	mg/L	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1			
Potassium (K)	mg/L	8,5	5,8	4,8	13			
Strontium (Sr)	mg/L	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05			
Étain (Sn)	mg/L	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05			
Titane (Ti)	mg/L	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05			
Vanadium (V)	mg/L	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01			
Béryllium (Be)	mg/L	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002			
Bismuth (Bi)	mg/L	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05			
Calcium (Ca)	mg/L	4,4	5,2	2,9	8,1			
Silicium (Si)(soluble dans HNO3)	mg/L	1,4	1,8	1,5	1,4			
Thallium (Tl)	mg/L	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01			
Phosphore total (P)	mg/L	0,2	0,1	0,4	<0,1			
Orthophosphate (P)	mg/L	0,3	0,3	0,7	0,2			
Conductivité	mS/cm	0,055	0,048	0,043	0,089			
Conductivité fluide de lixiviation	mS/cm	0,030	0,030	0,030	0,030			
Fluorure (F)	mg/L	1	<1	<1	<1			
Nitrates (N-NO3-)	mg/L	<0,2	<0,2	0,2	<0,2			
Nitrites (N-NO2-)	mg/L	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2			
Bromure (Br-)	mg/L	<1	<1	<1	<1			
Chlorures (Cl)	mg/L	<0,5	<0,5	0,9	<0,5			
Sulfates (SO4)	mg/L	<5	<5	<5	19			
pH après 18 heures de mélange	n/a	9,4	9,3	9,2	8,6			
pH initial	n/a	4,2	4,2	4,2	4,2			

ND = inférieur à la limite de détection rapportée

N/A = Non Applicable

LDR = Limite de détection rapportée

**Tableau 13 : Résultats des lixiviations CTEU-9**

Paramètre	Unités	Stérile #1	Stérile #2	Nelsonite	Rejets	Eau potable	Lixivable	Risque élevé
Mercure (Hg)	mg/L	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	0,001	0,00013	0,1
Uranium (U)	mg/L	0,0038	0,0029	<0,0006	<0,0006			
Aluminium (Al)	mg/L	7,7	4,3	0,081	0,10	-	0,75	-
Antimoine (Sb)	mg/L	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	0,006	-	-
Argent (Ag)	mg/L	0,0074	0,0013	0,0024	0,0021	0,1	0,0006	-
Arsenic (As)	mg/L	0,004	0,003	<0,001	<0,001	0,025	0,34	5,0
Baryum (Ba)	mg/L	0,09	0,04	<0,03	<0,03	1	5,3	100
Cadmium (Cd)	mg/L	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,005	0,0021	0,5
Chrome (Cr)	mg/L	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	0,05	-	5,0
Cobalt (Co)	mg/L	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	-	0,5	-
Cuivre (Cu)	mg/L	0,017	0,052	<0,002	<0,002	1	0,0073	-
Plomb (Pb)	mg/L	0,005	0,004	<0,001	<0,001	0,01	0,034	5,0
Manganèse (Mn)	mg/L	0,070	0,083	<0,003	0,004	0,05	-	-
Molybdène (Mo)	mg/L	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	0,07	2	-
Nickel (Ni)	mg/L	0,011	0,026	<0,002	<0,002	0,02	0,26	-
Sélénium (Se)	mg/L	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,01	0,02	1,0
Sodium (Na)	mg/L	N/A	N/A	N/A	N/A	200	-	-
Zinc (Zn)	mg/L	0,038	0,031	0,009	<0,005	5	0,067	-
Bore (B)	mg/L	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	-	-	500
Fer (Fe)	mg/L	13	7,4	<0,06	0,15			
Magnésium (Mg)	mg/L	7,6	5,6	9,5	8,5			
Lithium (Li)	mg/L	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1			
Potassium (K)	mg/L	33	19	14	17			
Strontium (Sr)	mg/L	0,07	0,07	<0,05	<0,05			
Etain (Sn)	mg/L	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05			
Titane (Ti)	mg/L	0,62	0,29	<0,05	<0,05			
Vanadium (V)	mg/L	0,03	0,03	<0,01	<0,01			
Béryllium (Be)	mg/L	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002			
Bismuth (Bi)	mg/L	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05			
Calcium (Ca)	mg/L	11	9,5	6,8	14			
Silicium (Si)(soluble dans HNO3)	mg/L	18	12	5,8	5,5			
Thallium (Tl)	mg/L	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01			
Phosphore total (P)	mg/L	1,4	0,7	0,5	0,2			
Conductivité	mS/cm	0,15	0,14	0,21	0,21			
Conductivité fluide de lixiviation	mS/cm	0,004	0,004	0,004	0,004			
Fluorure (F)	mg/L	<1	<1	1	<1			
Nitrates (N-NO3-)	mg/L	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2			
Nitrites (N-NO2-)	mg/L	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2			
Orthophosphate (P)	mg/L	1,0	<0,5	<0,5	<0,5			
Bromure (Br-)	mg/L	<1	<1	<1	<1			
Chlorures (Cl)	mg/L	2,7	2,4	12	<0,5			
Sulfates (SO4)	mg/L	7	<5	10	54			
pH après 7 jours de mélange	n/a	8,8	9,0	9,3	8,9			
pH initial	n/a	7,0	7,0	7,0	7,0			

ND = inférieur à la limite de détection rapportée

N/A = Non Applicable

LDR = Limite de détection rapportée

## 5. Résultats des essais en colonnes

Les résultats géochimiques des essais en colonnes sont d'abord présentés, suivis des mesures de succion et de teneur en eau volumique prises dans les colonnes de rejets.

### 5.1 Paramètres géochimiques

Pour les essais en colonnes, lorsque les concentrations lues sont sous les limites de détection des méthodes analytiques (LDM), la demie de la limite est rapportée. Il s'agit là d'une approche conservatrice, mais qui peut créer de faux-positifs lors de l'évaluation des taux de réaction ou des charges cumulées.

Les mesures de pH et de conductivité sont présentées dans les figures 10 et 11. On observe d'abord que le pH (figure 10) est au-dessus de la neutralité, qu'il semble avoir augmenté durant les 60 à 75 premiers jours, et qu'il a une légère tendance à diminuer. La suite des essais pourra indiquer si le pH a réellement tendance à diminuer ou s'il s'agit simplement de variations autour du pH 8. Les colonnes de stériles et de Nelsonite ont des valeurs de pH semblables; les colonnes de rejets semblent présenter des valeurs de pH stables autour de 8. La conductivité (figure 11) est relativement stable depuis le 50<sup>e</sup> jour d'essais environ. Les rejets présentent des conductivités plus élevées que les matériaux grossiers, avec des valeurs d'environ 500  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Les stériles maintiennent les valeurs de conductivité sous 100  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , tandis que le Nelsonite présente des valeurs intermédiaires, soit de 130  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Les conductivités plus élevées observées dans les lixiviats des colonnes de rejet peuvent être attribuables au volume plus faible d'eau de rinçage utilisé et, ainsi, on observe moins de dilution des minéraux dissous que dans le cas des colonnes de matériaux grossiers.

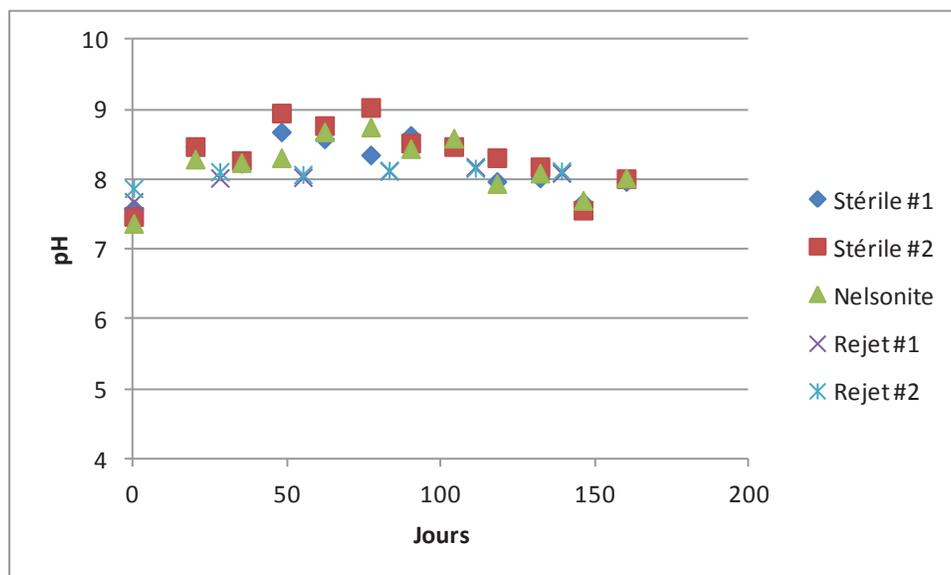


Figure 10 : Évolution du pH dans les eaux de rinçage issues des essais en colonnes

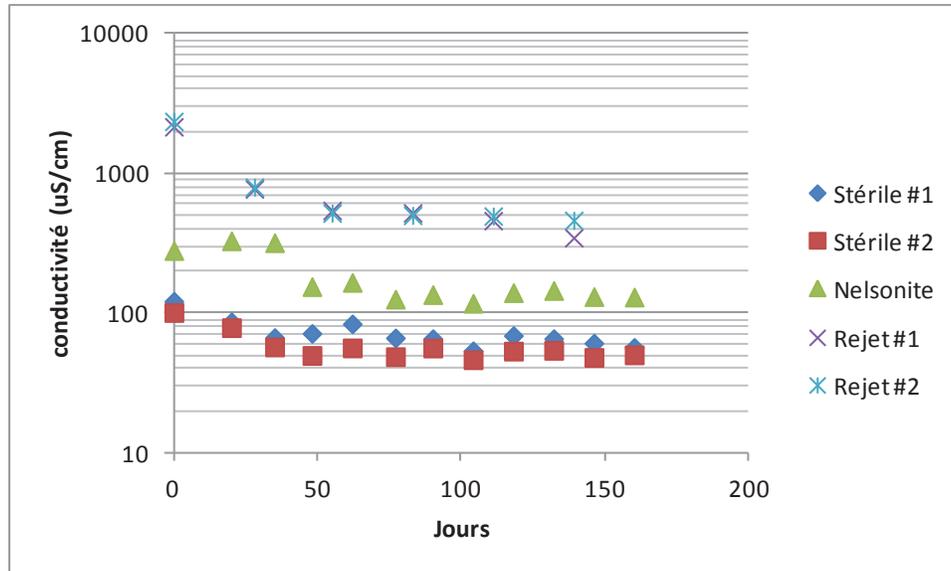


Figure 11 : Évolution de la conductivité dans les eaux de rinçage des essais en colonnes

Les essais en colonne permettent de suivre l'évolution des métaux dissous dans les lixiviats. Les métaux d'intérêt sont principalement ceux mentionnés dans la *Directive 019* : l'arsenic, le cuivre, le fer, le nickel, le plomb et le zinc. Tel qu'observé aux figures 12 à 15, les concentrations obtenues dans les lixiviats des colonnes sont faibles et bien en-dessous des limites dictées dans la *Directive 019*. La majorité des concentrations en Cu dans les lixiviats (figure 12) des colonnes de stériles et Nelsonite sont sous la limite de détection de la méthode d'analyse (LDM : 0,5 µg/L), et les quelques valeurs supérieures à la LDM sont inférieures à la limite de quantification (LQM : 1,7 µg/L). Dans le cas de la colonne de rejet #1, les concentrations de Cu dans les lixiviats varient entre 6 et 8 µg/L, tandis que le rejet #2 présente des valeurs plus faibles. Par contre, les concentrations obtenues dans les lixiviats de la colonne de rejet #1 sont très près du critère de résurgence des eaux de surface de la *Politique de protection des sols et de réhabilitation des terrains contaminés*, qui est de 7,3 µg/L Cu pour une dureté de 50 mg/L.

Les concentrations en Ni, présentées à la figure 13, sont aussi souvent inférieures à la LDM (1 µg/L), et presque toutes inférieures à la LQM (3,3 µg/L) pour les colonnes de matériaux grossiers. Les rejets présentent des valeurs qui semblent se stabiliser entre 3 et 6 µg/L, ce qui est bien en-dessous de la limite de la *Directive 019* à 0,5 µg/L et de la RESIE à 260 µg/L (pour une dureté de 50 mg/L).

Les concentrations en Pb (figure 14) sont inférieures à la LDM (0,1 µg/L) et à la LQM (0,33 µg/L) dans les lixiviats des colonnes de matériaux grossiers, et se maintiennent autour de 2 µg/L dans les lixiviats de la colonne de rejet #1. Le critère RESIE se situe à 34 µg/L (pour une dureté de 50 mg/L). La colonne de rejet #2 présente des concentrations en Pb plus faibles que dans la colonne de rejet #1.

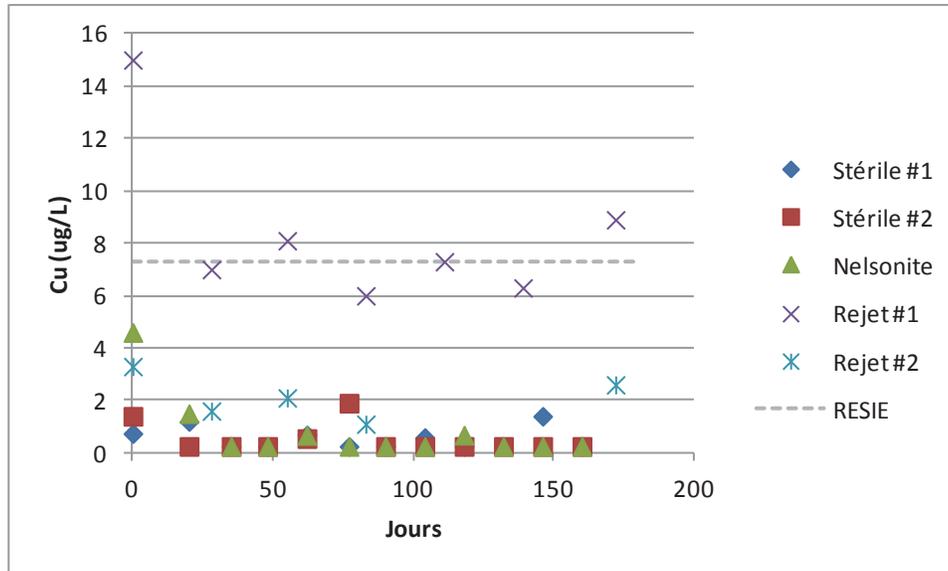


Figure 12 : Évolution des concentrations en Cu dans les eaux de rinçage des essais en colonnes

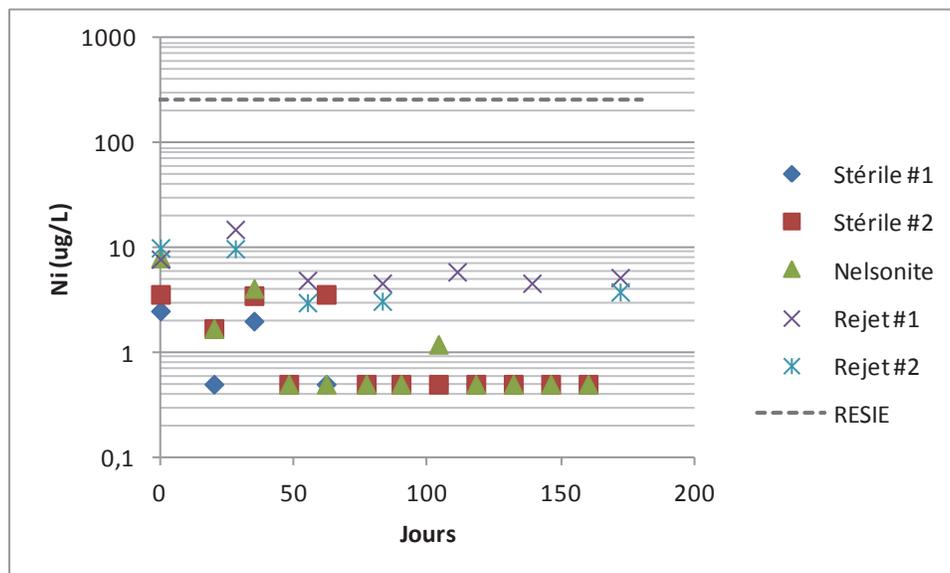


Figure 13 : Évolution des concentrations en Ni dans les eaux de rinçage des essais en colonnes

La figure 15 présente les concentrations en Zn. Les valeurs obtenues dans les lixiviats des colonnes de matériaux grossiers sont aussi inférieures à la LDM (5 µg/L) et à la LQM (16,7 µg/L), à l'exception des trois premiers rinçages environ. Les concentrations en Zn dans les lixiviats de la colonne de rejet #1 diminuent pendant les premiers 75 jours environ, pour se stabiliser entre 80 et 100 µg/L. Ces valeurs sont en-dessous de la limite de 0,5 mg/L requise par la Directive 019, mais dépassent le critère de résurgence des eaux de surface de la Politique de protection des sols et de réhabilitation des terrains contaminés (67 µg/L Zn pour une dureté de 50 mg/L). On observe aussi un écart entre les concentrations mesurées dans les lixiviats de la colonne de rejet #1 et celles de rejet #2. Il

est possible que les différences de concentrations en métaux dans les colonnes de rejets soient en partie influencées par la suction et la teneur en eau, tel que présenté à la section 5.2, ou bien par des variations dans la composition chimique initiale (effet pépité). Cependant, compte tenu des faibles valeurs mesurées, on considère la différence observée comme peu significative.

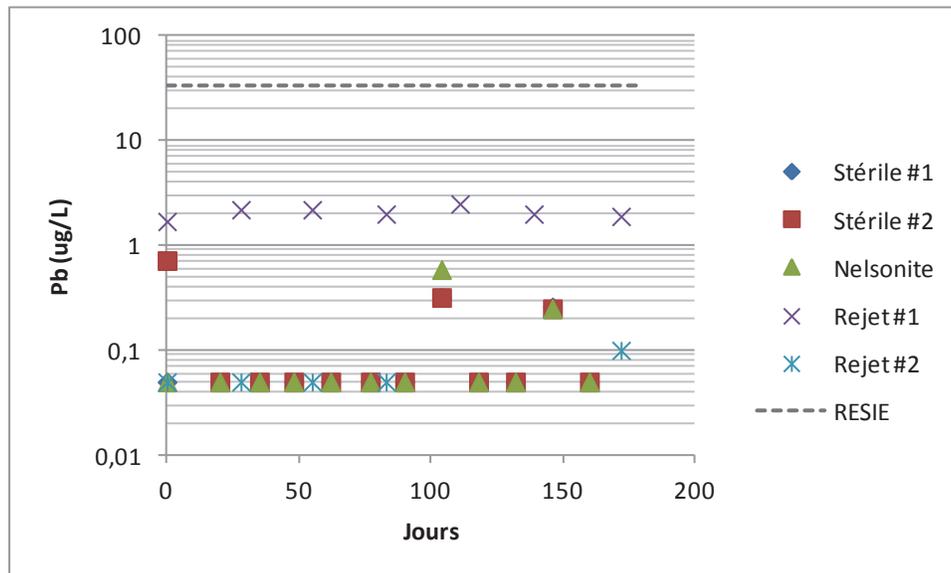


Figure 14 : Évolution des concentrations en Pb dans les eaux de rinçage des essais en colonnes

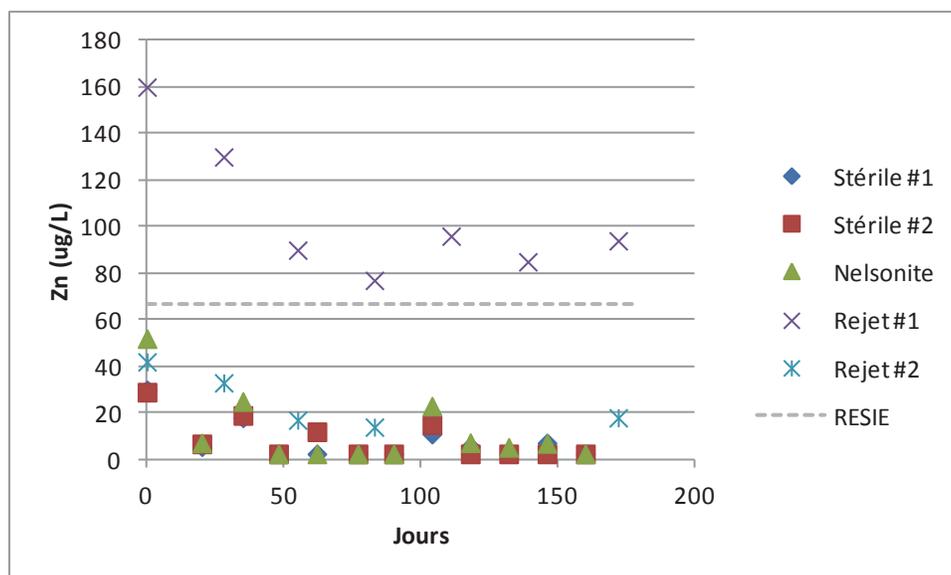


Figure 15 : Évolution des concentrations en Zn dans les eaux de rinçage des essais en colonnes

Deux autres éléments peuvent être intéressants à suivre, en raison de la composition des matériaux. Il s'agit du phosphore total (figure 16) et de l'aluminium (figure 17). Les concentrations en P sont stables autour de 0,02 mg/L, et ce, pour toutes les colonnes.

Des valeurs plus élevées ont été enregistrées lors du premier rinçage pour le stérile #1 et pour le Nelsonite.

Dans le cas de l'Al, les stériles #1 et #2 présentent des concentrations plus élevées (100 à 250 µg/L) dans leurs lixiviats que les autres matériaux (< 50 µg/L), possiblement puisqu'ils contiennent de deux à trois fois plus d'Al que le Nelsonite et le rejet. Le critère RESIE est toutefois respecté, puisqu'il se situe à 750 µg/L. Les concentrations sont à la baisse dans les lixiviats des colonnes de rejets et de Nelsonite.

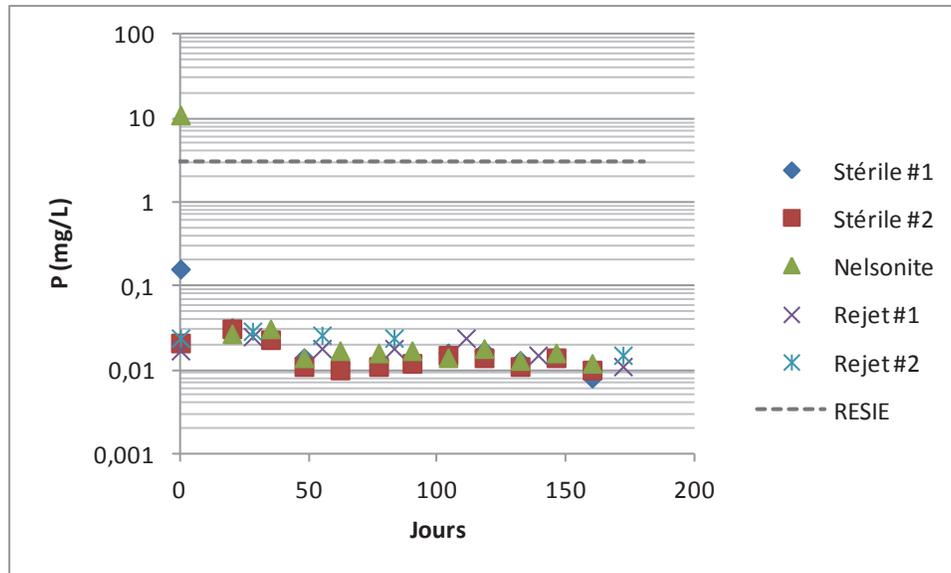


Figure 16 : Évolution des concentrations en P dans les eaux de rinçage des essais en colonnes

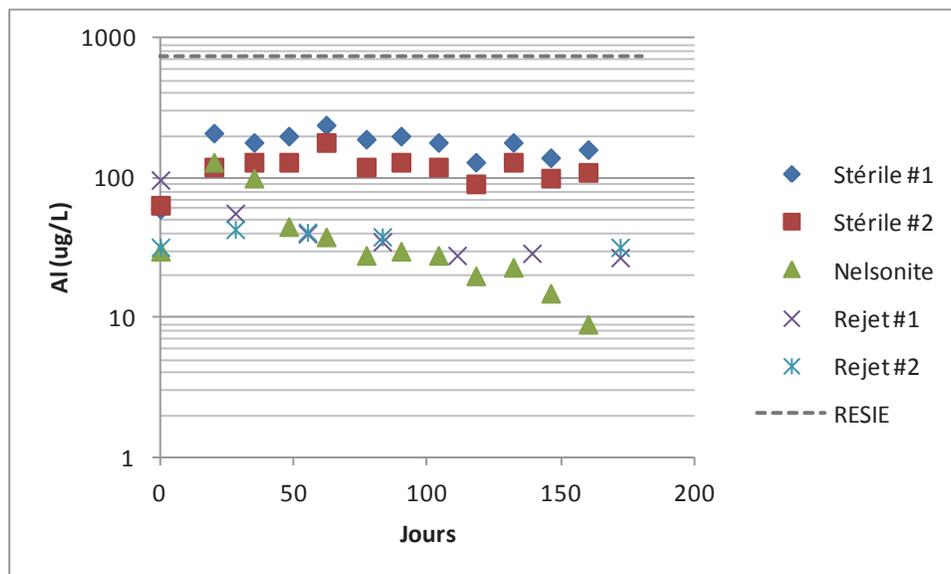


Figure 17 : Évolution des concentrations en Al dans les eaux de rinçage des essais en colonnes

D'autres éléments peuvent offrir des indications sur les processus géochimiques dans les colonnes. Il s'agit du calcium, du magnésium et du soufre. Ces éléments sont associés aux minéraux neutralisants (calcium et magnésium) et acidifiants (soufre) possiblement présents dans les matériaux. Les concentrations en calcium, présentées à la *figure 18*, semblent relativement stables depuis environ 50 jours. Les lixiviats des colonnes de rejets comportent plus de Ca que les stériles, alors que ceux de la colonne de Nelsonite présentent les plus faibles concentrations (près de 2 mg/L). Les concentrations en Mg, présentées à la *figure 19*, sont plus faibles dans les lixiviats des colonnes de stériles, avec des valeurs d'environ 1 mg/L, tandis que la colonne de Nelsonite présente des valeurs d'environ 10 mg/L. Les colonnes de rejets ont des concentrations semblables, entre 20 et 30 mg/L.

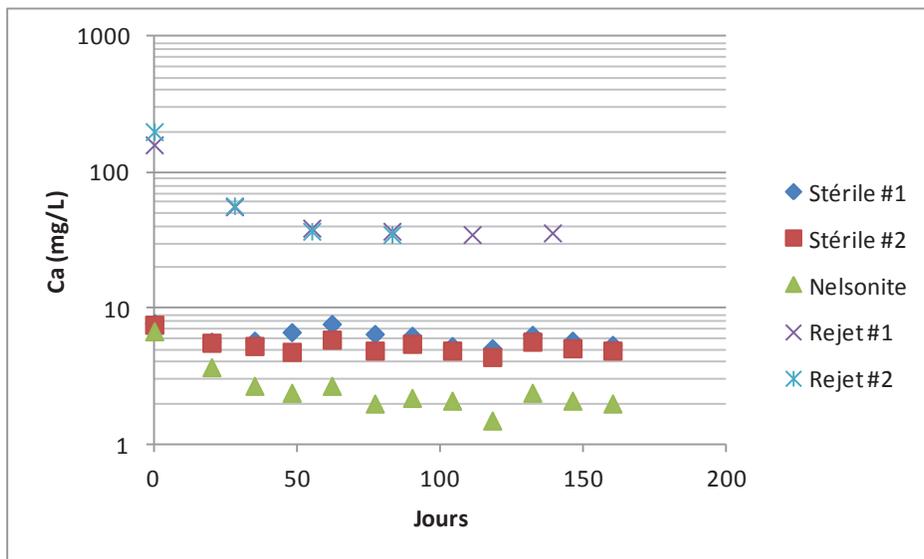


Figure 18 : Évolution des concentrations en calcium dans les eaux de rinçage des essais en colonnes

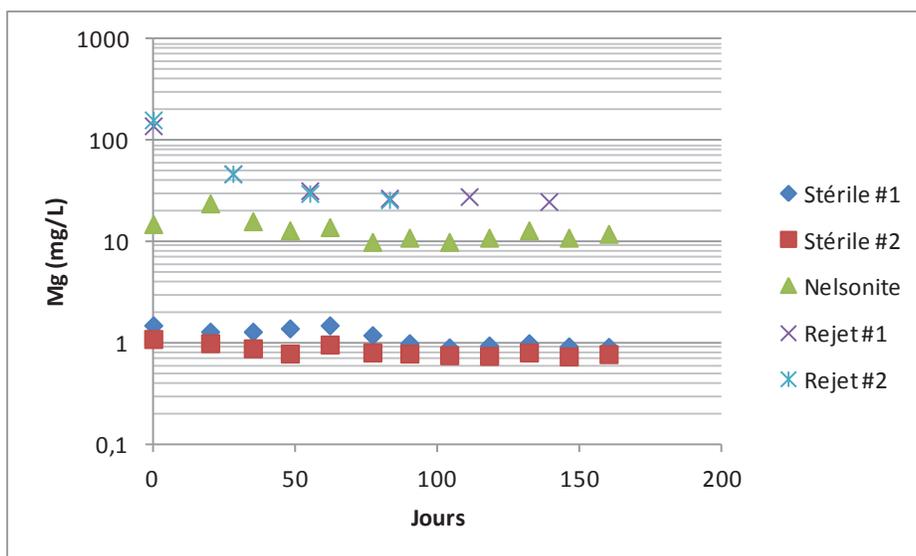


Figure 19 : Évolution des concentrations en magnésium dans les eaux de rinçage des essais en colonnes

Les concentrations en sulfates sont présentées à la *figure 20*. On observe que l'évolution des concentrations en sulfates est assez stable, avec les valeurs les plus faibles pour les colonnes de stériles (4 à 8 mg/L) et les valeurs les plus élevées pour les colonnes de rejets (150 mg/L). La colonne de Nelsonite se situe entre les deux, à environ 25 mg/L. Ces résultats semblent indiquer que le comportement géochimique est stable; cependant, la source des sulfates n'est pas connue pour l'instant. Les analyses de soufre sulfates faites sur les matériaux initiaux démontrent qu'une partie du soufre était déjà présent sous forme de sulfates, tel que présenté au *tableau 14*. Ces sulfates peuvent être solubles et expliquer les concentrations obtenues dans les lixiviats, tout comme l'oxydation des sulfures peut contribuer à la présence de sulfates dans les lixiviats.

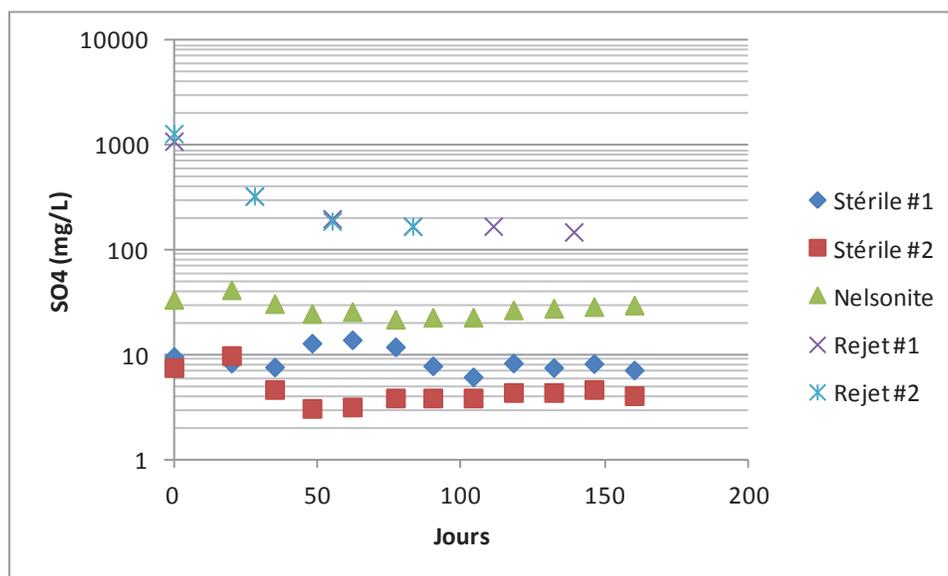


Figure 20 : Évolution des concentrations en sulfates dans les eaux de rinçage des essais en colonnes

Tableau 14 : Composition initiale en sulfates dans les matériaux testés

Paramètre	Unité	Stérile #1	Stérile #2	Nelsonite	Rejet de conc
Sulfates (SO <sub>4</sub> )	mg/kg	8	8	25	270

## 5.2 Paramètres hydrogéologiques

Des mesures de la teneur en eau volumique et de la succion ont été prises dans les deux colonnes de rejets, à 20 cm de la base de la colonne, soit à 10 cm de la surface. Les teneurs en eau volumiques, enregistrées toutes les 12 heures, sont présentées à la *figure 21*. Les deux colonnes de rejets ont des teneurs en eau volumiques au début du cycle d'environ 30 %, ce qui correspond à un degré de saturation d'environ 64 % (porosité de 0,47); la teneur en eau diminue graduellement, pour ensuite remonter lors des rinçages (une fois par mois environ). La colonne de rejet #1 atteint parfois des teneurs en eau un peu plus faibles que la colonne de rejet #2. Une teneur en eau de 20 % correspond à un degré de saturation d'environ 43 %. Les deux colonnes de rejets maintiennent leur degré

de saturation à des valeurs où l'oxydation des sulfures est favorisée; alors, l'essai peut représenter une situation défavorable en termes de génération de drainage contaminé. En effet, la réactivité des sulfures est à son maximum à des degrés de saturation généralement entre 20 et 80 % (Bouzahzah *et al.*, 2012). Par contre, il y a peu de minéraux sulfureux dans les rejets, et les concentrations en éléments potentiellement contaminants sont faibles dans les lixiviats, ce qui laisse supposer que l'oxydation des sulfures n'entraîne pas de concentration au-delà des limites dictées par la *Directive 019*. La suite des essais fournira des données pour appuyer ou infirmer cette hypothèse. De plus, les teneurs en eau seront validées par des mesures directes lors du démantèlement des colonnes.

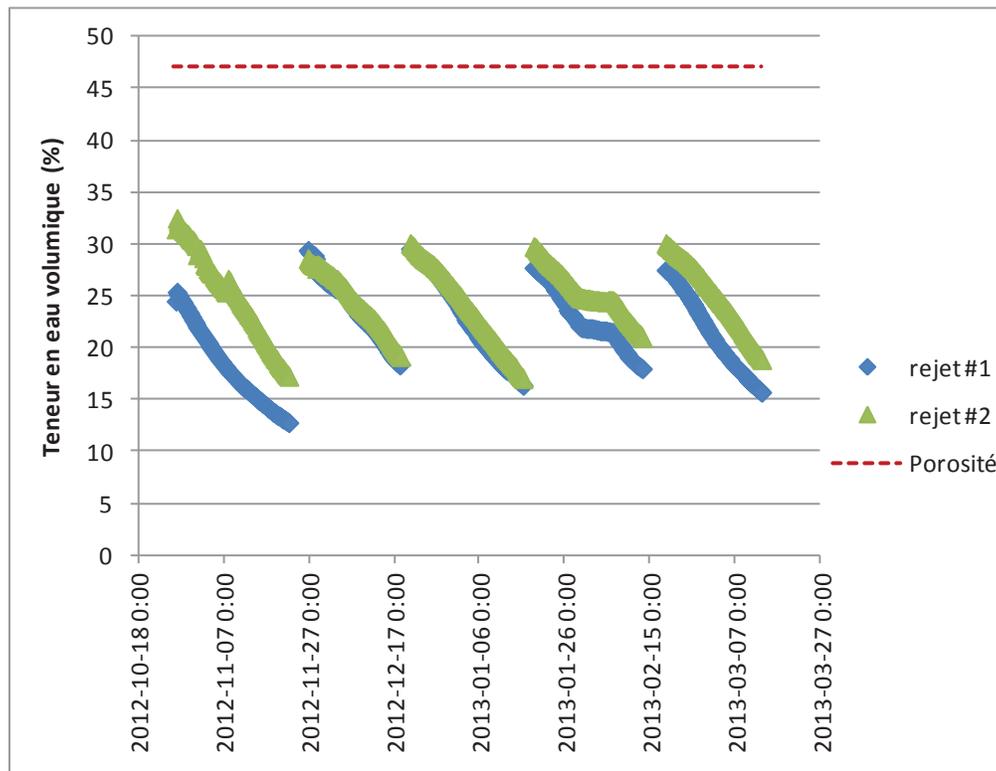


Figure 21 : Teneurs en eau volumiques mesurées dans les colonnes de rejets

La succion est mesurée une fois par cycle dans chacune des colonnes de rejets, à 10 cm sous la surface de ceux-ci, à la même élévation que les mesures de teneur en eau volumique. Les mesures de succion et les mesures de teneur en eau volumique permettent d'évaluer le comportement hydrogéologique des matériaux. On observe à la *figure 22* que la succion est plus faible dans la colonne de rejet #2 que dans la colonne de rejet #1, à l'exception de deux mesures où les valeurs sont plus près. Comme les succions sont mesurées vers la fin du cycle, l'écart entre les valeurs mesurées dans les colonnes peut correspondre à l'écart de teneurs en eau observé à la *figure 21*. Cependant, compte tenu des degrés de saturation des matériaux, il est peu probable que l'écart de succion et de teneur en eau affecte les processus géochimiques de façon significative. De plus, comme les rejets sont relativement grossiers, ces valeurs de succions sont

possiblement au-delà de leur pression à l'entrée d'air. Ainsi, les teneurs en eau en fin de cycle correspondant aux mesures de succion sont assez faibles.

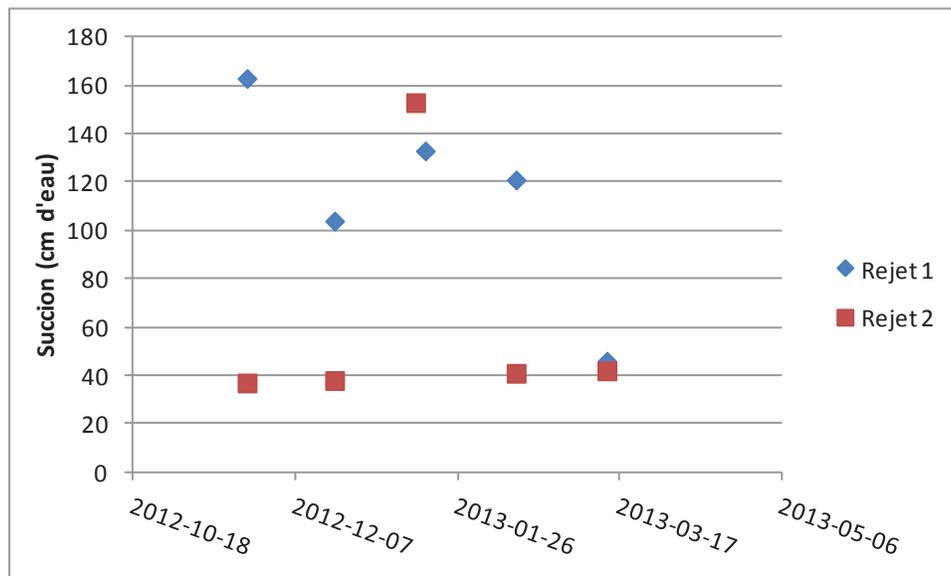


Figure 22 : Succion mesurée dans les colonnes rejet #1 et rejet #2

## 6. Interprétation préliminaire

Les interprétations présentées dans cette section sont basées sur des résultats partiels et doivent donc être considérées comme préliminaires. Lors du dépôt du rapport final, il est possible que certaines interprétations soient modifiées à la lumière des résultats complets. Dans ce cas, les interprétations finales auront préséance sur les interprétations préliminaires.

### 6.1 Potentiel de génération d'acide à long terme

Les essais en colonnes suggèrent qu'à court terme, les matériaux testés ne sont pas générateurs d'acide, bien que le Nelsonite et le rejet de concentrateur aient été identifiés comme « incertains » selon l'essai statique de prédiction du DMA. Pour évaluer le potentiel de génération d'acide à long terme, on doit d'abord vérifier si la libération des minéraux neutralisants est bien liée à la neutralisation de l'acidité générée par l'oxydation des minéraux neutralisants dans les essais en colonne. Pour ce faire, il convient d'utiliser les courbes d'oxydation/neutralisation. Il s'agit alors de tracer un graphique qui place, en abscisse, les charges cumulées en sulfates et, en ordonnée, les charges cumulées en Ca+Mg. De tels graphiques ont été utilisés dans la littérature (e.g. Benzaazoua *et al.*, 2004; Villeneuve, 2004) pour évaluer le potentiel de génération d'acide à long terme. Si la dissolution du calcium provient bien de la neutralisation de l'acidité par les minéraux neutralisants contenant le Ca et le Mg, nous obtenons sur ces graphiques une droite. Les figures 23 et 24 présentent les courbes d'oxydation/neutralisation pour les matériaux à l'étude. On observe que la corrélation est pratiquement linéaire.

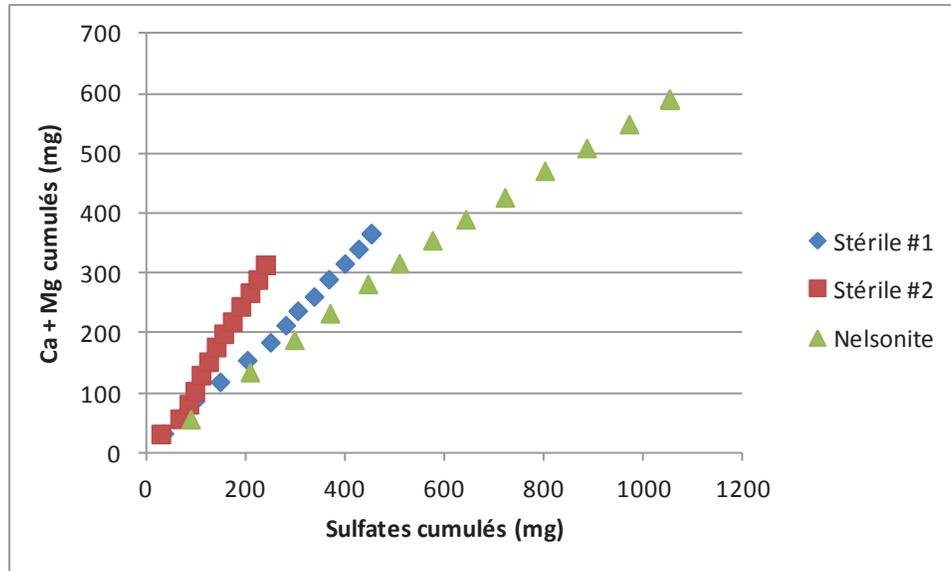


Figure 23 : Évolution des charges cumulées en Ca et Mg en fonction des charges cumulées en sulfates, pour les matériaux grossiers

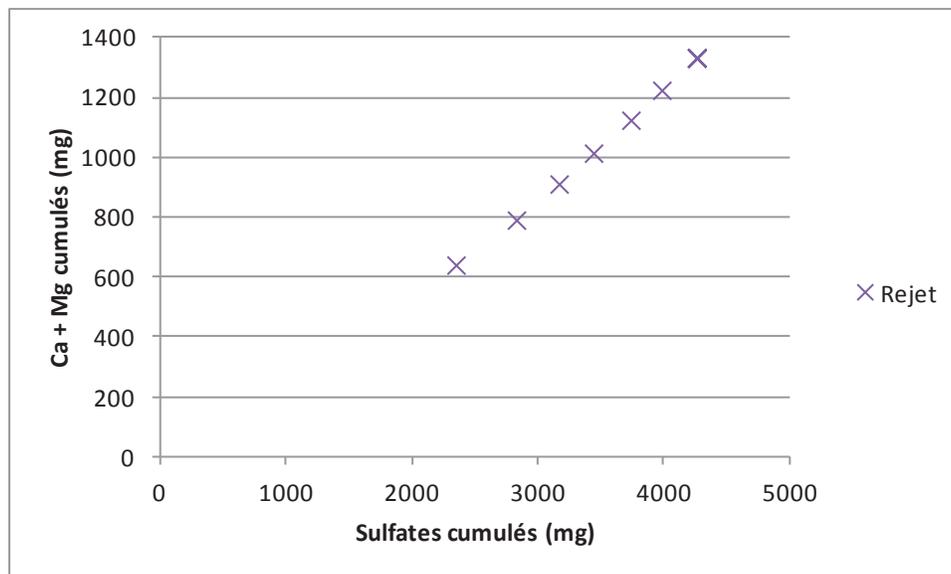


Figure 24 : Évolution des charges cumulées en Ca et Mg en fonction des charges cumulées en sulfates, pour les rejets de concentrateur

En outre, il est possible d'estimer le potentiel de génération d'acide à long terme, à l'aide des courbes d'oxydation/neutralisation, en projetant la courbe et en plaçant sur le graphique la composition initiale en Ca+Mg et en sulfates (soufre total converti en sulfates). Cette approche est basée sur les hypothèses que les taux de réaction sont constants dans le temps et que la génération de Ca+Mg est directement liée à l'oxydation des sulfures et ne provient pas d'une autre source. Les figures 25 et 26 présentent la projection des courbes. Un matériau dont la composition initiale se situe au-dessus de la courbe épuisera son contenu en soufre avant d'épuiser son contenu en

minéraux neutralisants, si l'on considère que les cinétiques de réaction restent constantes. Il est donc considéré non générateur d'acide. C'est le cas de tous les échantillons testés qui ont leur composition initiale au-dessus de la courbe projetée.

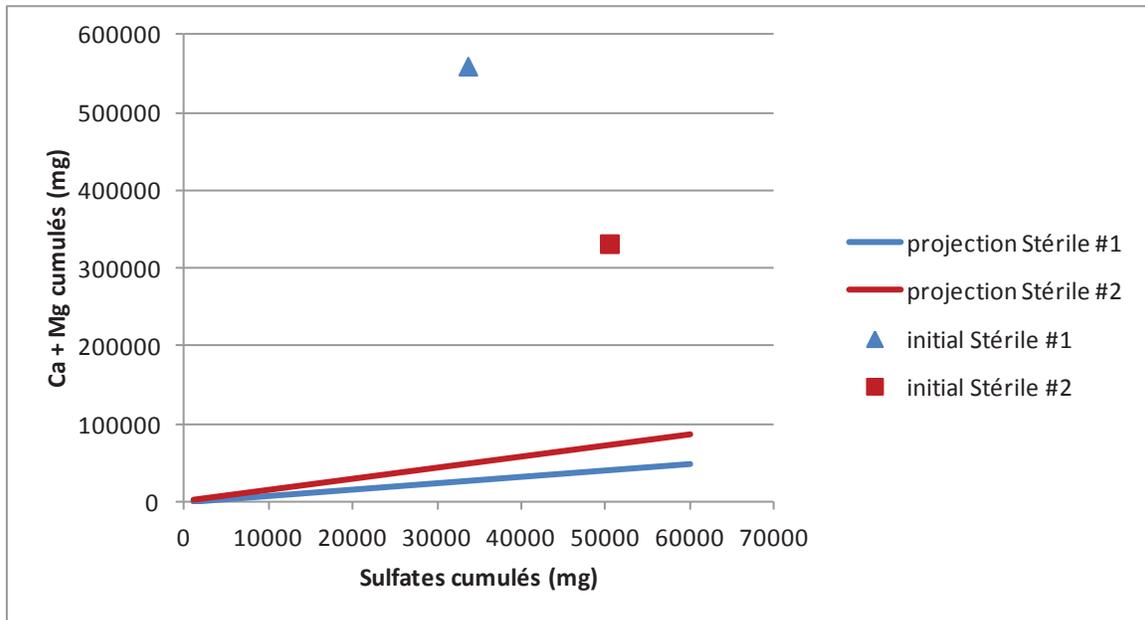


Figure 25 : Projection de la courbe d'oxydation / neutralisation, pour les colonnes de stériles #1 et #2

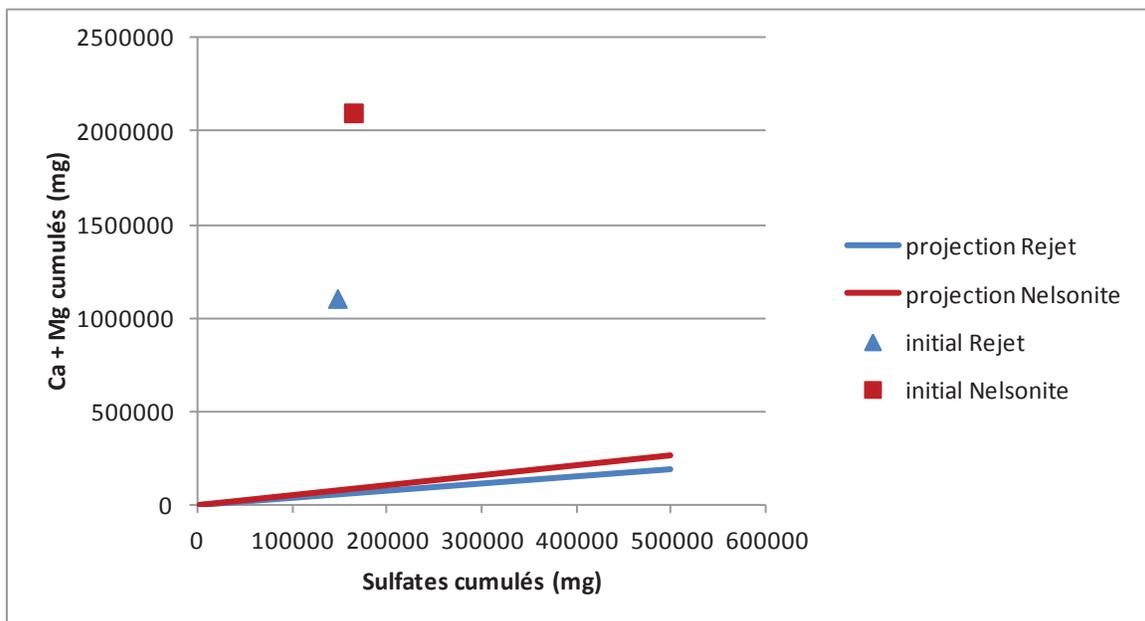


Figure 26 : Projection de la courbe d'oxydation / neutralisation, pour les colonnes de Nelsonite et de rejet de concentrateur

## 6.2 Potentiel de génération de drainage contaminé

Même si les matériaux testés sont considérés comme non générateurs d'acide, il est important d'évaluer leur potentiel à générer un drainage neutre contaminé (DNC) en métaux. En effet, certains métaux, dont le nickel et le zinc, sont solubles à pH neutre et peuvent se retrouver en concentrations supérieures aux normes même sans la présence d'un drainage acide. Comme les outils d'évaluation du DNC sont peu développés, nous basons donc l'interprétation sur les résultats des essais en colonnes et sur la minéralogie.

La pyrrhotite et la pyrite ont été identifiées comme minéraux sulfureux par la DRX, de même que l'horomanite par microscopie. Certains de ces minéraux contiennent des éléments potentiellement contaminants, comme le Ni, qui pourraient être relargués lors de leur oxydation. Cependant, les essais en colonnes ont démontré que les concentrations en métaux sont très faibles, particulièrement pour les colonnes de matériaux grossiers (stériles et Nelsonite). Donc, pour l'instant, le potentiel de génération de DNC semble faible.

Un aspect qui n'a pas encore été étudié dans le cadre de ce projet est l'influence de la sorption sur la qualité des lixiviats. Il est prévu se pencher sur le cas de la sorption du nickel, phénomène qui implique que le Ni produit lors de l'oxydation des sulfures est retenu sur les surfaces des minéraux à l'intérieur de la colonne. La sorption du Ni se produit jusqu'à la saturation des sites de sorption disponibles, après quoi la concentration en Ni dans le lixiviat est gérée par la génération de Ni par l'oxydation des sulfures. Pour l'instant, les concentrations en sulfates dans les lixiviats sont faibles, ce qui laisse supposer que l'oxydation n'est pas très importante dans ces essais, et que possiblement la génération de Ni serait faible. Les essais de sorption pourront indiquer si les matériaux ont un potentiel de sorption qui empêche que le Ni produit soit relargué avec le lixiviat lors des rinçages.

Si les matériaux ont effectivement un potentiel de sorption et qu'éventuellement les essais suggèreraient un potentiel de génération de Ni, il demeure que ce phénomène prend du temps à s'établir, et qu'il s'établit de façon graduelle. Ceci permet donc à l'entreprise de bien évaluer la situation et les solutions possibles grâce à un suivi adéquat, et ce, bien avant que la génération de Ni n'atteigne un niveau problématique.

## 7. Sommaire

Les observations suivantes peuvent être tirées des travaux de caractérisation et des résultats préliminaires des essais en colonnes :

- Les stériles sont plus riches en aluminium et en potassium, tandis que le Nelsonite est plus riche en calcium et en fer, mais contient moins d'aluminium et de potassium. Le rejet a une composition chimique intermédiaire entre les stériles et le Nelsonite.
- On observe quelques dépassements du critère A de la *Politique de protection des sols et de réhabilitation des terrains contaminés* (Ba, Co, Cr, Cu, Mo, Ni, Se pour certains

échantillons). Tous les échantillons ont au moins un dépassement du critère B : les stériles #1 et #2 le dépassent pour le Cr et le Ni, le Nelsonite, pour le Co, le Mn, le Ni, et le Se, et le rejet, pour le Co et le Mn.

- Les éléments identifiés comme dépassant le critère A ne présentent aucun dépassement lors de l'essai de lixiviation (TCLP); donc, les échantillons testés sont considérés comme « résidus miniers à faible risque ».
- Selon les résultats des essais statiques, les stériles testés ne sont pas générateurs de drainage minier acide. Les échantillons de Nelsonite et de rejet de concentrateur sont classés comme incertains. Par contre, les résultats partiels des essais en colonnes via les courbes d'oxydation/neutralisation indiquent que le Nelsonite et le rejet de concentrateur ne sont pas générateurs de DMA à long terme. Cette hypothèse sera réévaluée lorsque tous les résultats des essais en colonne seront disponibles.
- Les minéraux sulfurés sont présents sous forme de traces dans les quatre échantillons étudiés. Il s'agit principalement de la pyrrhotite avec des traces de pyrite, d'horomanite et de chalcopyrite. Le Ni est essentiellement présent sous forme d'horomanite, dont la valeur varie de 18 à 37 % (massique), de même qu'en traces dans la pyrite et la pyrrhotite.
- Les paramètres géochimiques présentés sont stables depuis le 50<sup>e</sup> jour d'essai environ, ce qui suggère un comportement géochimique stable.
- Les concentrations d'As, de Cu, de Fe, de Ni, de Pb et de Zn obtenues dans les lixiviats des colonnes sont faibles et bien en-dessous des limites dictées dans la *Directive 019*. Seuls le rejet #1 présente des dépassements du critère RESIE en Cu et Zn.
- Les concentrations en P sont stables autour de 0,02 mg/L pour toutes les colonnes.
- Les lixiviats des colonnes de rejets comportent plus de Ca que les stériles, et les lixiviats de la colonne de Nelsonite présentent les plus faibles concentrations.
- Les concentrations en Mg sont plus faibles dans les lixiviats des colonnes de stériles, avec des valeurs d'environ 1 mg/L, tandis que la colonne de Nelsonite présente des valeurs d'environ 10 mg/L. Les colonnes de rejets ont des concentrations semblables, entre 20 et 30 mg/L.
- Les concentrations en sulfates sont les plus faibles pour les colonnes de stériles (4 à 8 mg/L) et les valeurs les plus élevées sont observées dans les colonnes de rejets (150 mg/L). La colonne de Nelsonite se situe entre les deux, à environ 25 mg/L.
- Les deux colonnes de rejets maintiennent leur degré de saturation à des valeurs favorisant l'oxydation des sulfures, alors l'essai peut représenter des conditions favorables à l'oxydation des minéraux sulfureux qui est habituellement la source de contamination des eaux de drainage. Malgré cela, on n'observe pas de génération de DMA ou de DNC pour l'instant.

## 8. Suite des travaux

Tel que prévu à l'offre de service, les sulfures des stériles et rejets ont été concentrés, afin de mieux les observer sous microscope pour évaluer leur possible contamination par des

éléments potentiellement impliqués dans la génération de drainage contaminé. Les observations seront faites prochainement. En parallèle, les essais en colonnes se poursuivent pour les prochains six mois. Les essais de sorption seront aussi réalisés durant les prochains mois.

## 9. Références

- ADAM, K., KOURTIS, A., GAZEA, B., KONTOPOULOS, A. (1997). *Evaluation of static tests used to predict the potential for acid drainage generation at sulphide mine sites*. Transactions of the Institution of Mining and Metallurgy Section a-Mining Industry, 106: A1-A8.
- BENZA AZOUA, M., BUSSIÈRE, B., DAGENAIS, A.-M. AND ARCHAMBAULT, M. (2004). Kinetic tests comparison and interpretation for prediction of the Joutel tailings acid generation potential. *Environmental Geology*, 46:1086-1101.
- BOUZAHZAH, H., BENZA AZOUA, M., BUSSIÈRE, B. (2012). Modification and automation of the humidity cell test protocol to favor tailings reactivity. Proc. 9<sup>th</sup> International Conference on Acid Rock Drainage, Ottawa, ON
- DEMERS, I., BUSSIÈRE, B., AACHIB, M., AUBERTIN, M. (2011). Repeatability evaluation of instrumented column tests in cover efficiency evaluation for the prevention of acid mine drainage. *Water, Air and Soil Pollution*, 219: 113-128.
- MILLER, S.D., JEFFERY, J.J., WONG, J.W.C. (1991). *Use and misuse of the acid-base account for "AMD" prediction*. 2nd International Conference on the Abatement of Acidic Drainage, Montréal, Canada, 3: 289-306.
- RIETVELD, H.M. (1993). *The Rietveld Method*. Ed. R.A. Young (Oxford University Press).
- VILLENEUVE, M. (2004). *Évaluation du comportement géochimique à long terme de rejets miniers à faible potentiel de génération d'acide à l'aide d'essais cinétiques*. Mémoire de maîtrise en génie minéral, École Polytechnique de Montréal.



---

## **Annexe**

# **Provenance des échantillons de rejets de concentrateur**

(informations fournies par le client)

---



## Traitement du minerai du Lac à Paul en usine pilote – COREM-2011

Les premiers tests de traitement de minerai par COREM en 2011, ont été réalisés à partir d'un échantillon en vrac d'environ 8 tonnes constitué des rejets des échantillons de carottes des forages Pau-09-14 à 22 et de Pau-09-24 à 31, effectués sur la Zone Paul, soit 952 échantillons (voir localisation et la liste des forages données ici-bas).

Ces rejets avaient été concassés jusqu'à environ  $\frac{3}{4}$  po, mais non broyés. Ils totalisaient 6,4 tonnes métriques. Pour compléter l'échantillon jusqu'à 8 tonnes métriques, un sautage a été effectué sur un affleurement décapé, localisé juste au sud-est du forage Pau-09-18 et adjacent à celui-ci. Environ 1,6 tonnes de roches provenant de ce sautage a de plus été concassée afin d'atteindre 8 tonnes de minerai. La localisation de ce décapage n'est pas montrée sur la figure suivante.

La teneur moyenne de cet échantillon de 1,5 t était de 10.286%  $P_2O_5$  (min: 9.175, max: 10.435). Celle des rejets d'échantillons de carotte de forage : 7,01%  $P_2O_5$ . La teneur du 8 tonnes est évaluée à 7.53 %  $P_2O_5$ .

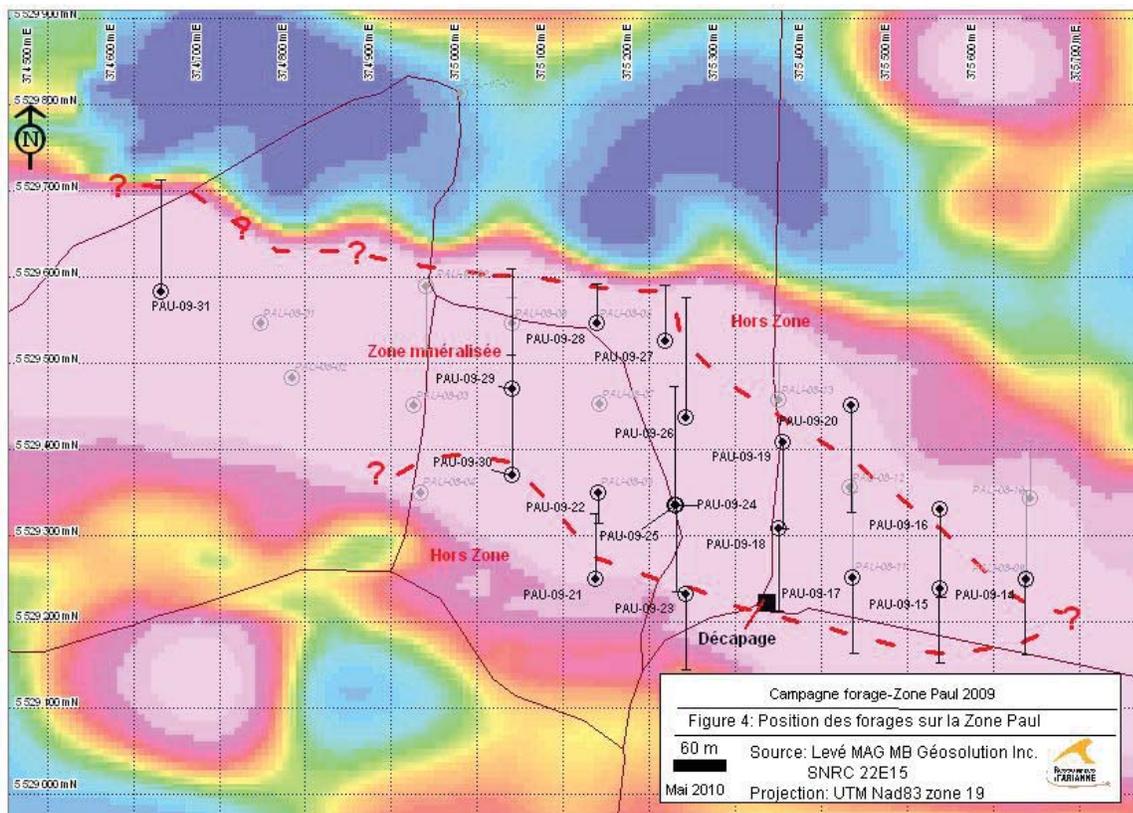


Figure 27- Position of diamond drill holes used for the Met bulk sample - Paul

Pau-09-14 : H853518 à 3541	moins 3530 qui est un standard	(23 éch.)
Pau-09-15 : H853554 à 3590	moins 3565, 3580 et 3590	(33 éch.)
Pau-09-16 : H853626 à 3684	moins 3630, 3650 et 3672	(56 éch.)
Pau-09-17 : H853690 à 3725	moins 3692 et 3710	(34 éch.)

Pau-09-18 : H853749 à 3822	moins 3751, 3770, 3791 et 3810	(70 éch.)
Pau-09-19 : H853825 à 3900	moins 3832, 3850, 3871 et 3891	(72 éch.)
Pau-09-20 : H853942 à 3982	moins 3951 et 3971	(39 éch.)
Pau-09-21 : H853997 à 4032	moins 4001, 4011 et 4031	(33 éch.)
Pau-09-22 : H854041 à 4059	moins 4050	(18 éch.)
Pau-o0-23 : Aucun échantillon		
Pau-09-24 : H854106 à 4179	moins 4113, 4134 et 4153	(71 éch.)
Pau-09-25 : H854183 à 4291	moins 4193, 4212, 4224,4247,4270 et 4290	(106 éch.)
Pau-09-26 : H854295 à 4363	moins 4311, 4322 et 4351	(66 éch.)
Pau-09-27 : H854400 à 4436	moins 4412 et 4432	(35 éch.)
Pau-09-28 : H854446 à 4476	moins 4450 et 4471	(29 éch.)
Pau-09-29 : H854483 à 4578	moins 4492, 4512, 4533, 4551 et 4573	(91 éch.)
Pau-09-30 : H854589 à 4689	moins 4593, 4613, 4652 et 4673	(97 éch.)
Pau-09-31 : H854697 à 4779	moins 4713, 4734, 4753 et 4772	(79 éch.)

FORAGE	Longueur forée inc. mort-terrain	Teneurs		Longueur de l'intersection (m.) le long du forage
		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	TiO <sub>2</sub>	
PAU-09-14	171 m.	8.74%	8.33%	sur 64.45 m. (de 48.55 à 113m.)
PAU-09-15	174 m.	5.64%	6.55%	sur 96 m. (de 3 à 99 m.)
PAU-09-16	201 m.	7.06%	7.38%	sur 151.5 m. (de 42 à 193.5 m.)
PAU-09-17	174 m.	6.67%	5.59%	sur 84 m. (de 3 à 87 m.)
PAU-09-18	192 m.	5.19%	6.01%	sur 189 m. (du début à 192 m.)
PAU-09-19	201 m.	8.39%	8.66%	sur 195 m. (de 6 à 201.0 m.)
PAU-09-20	249 m.	8.19%	9.45%	sur 117 m. (de 132 à 249 m.)
PAU-09-21	183 m.	4.90%	4.96%	sur 89.8 m. (de 80.7 à 170.5 m.)
PAU-09-22	69 m.	6.53%	6.41%	sur 61 m. (de 8 à 69 m.)
PAU-09-23	177 m.	1.54%	1.65%	Hors Zone
PAU-09-24	198 m.	5.26%	4.58%	sur 192 m. (totalité du forage)
PAU-09-25	279 m.	7.44%	7.23%	sur 273 m. (de 6 à 279 m.)
PAU-09-26	279 m.	8.29%	8.37%	sur 180 m. (de 12 à 192 m.)
PAU-09-27	132 m.	6.91%	11.26%	sur 105m. (de 12 à 117 m.)
PAU-09-28	92 m.	6.35%	9.87%	sur 83 m. (de 9 à 92 m.)
PAU-09-29	279 m.	7.53%	9.58%	sur 231 m. (de 30.6 à 261.6 m.)
PAU-09-30	279 m.	5.87%	6.91%	sur 99.7m. (de 11 à 110.7 m.)
		6.06%	8.64%	sur 157.6 m. (de 121.4 à 279 m.)
PAU-09-31	261 m.	8.76%	11.01%	sur 231.1 m. (de 14.9 à 246 m.)

Total: **3590 m.**

Teneur moyenne:

**7.01** % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>

sur 2608 m. le long des forages (soit 73% du métrage)

<b>Liste d'échantillons 2010-197</b>		
<b># trou</b>	<b>Échantillon</b>	<b>Poids (g) retant</b>
Pau-09-14	853518	6255
Pau-09-14	853519	7685
Pau-09-14	853520	8130
Pau-09-14	853521	8395
Pau-09-14	853522	8730
Pau-09-14	853523	7750
Pau-09-14	853524	8035
Pau-09-14	853525	7665
Pau-09-14	853526	7575
Pau-09-14	853527	7770
Pau-09-14	853528	8045
Pau-09-14	853529	8380
Pau-09-14	853530	standard
Pau-09-14	853531	8075
Pau-09-14	853532	4045
Pau-09-14	853533	6005
Pau-09-14	853534	4625
Pau-09-14	853535	7895
Pau-09-14	853536	8235
Pau-09-14	853537	7425
Pau-09-14	853538	8480
Pau-09-14	853539	7770
Pau-09-14	853540	7290
Pau-09-14	853541	4665
Pau-09-15	853554	6110
Pau-09-15	853555	7580
Pau-09-15	853556	6870
Pau-09-15	853557	6865
Pau-09-15	853558	5270
Pau-09-15	853559	6810
Pau-09-15	853560	5555
Pau-09-15	853561	5110
Pau-09-15	853562	5510
Pau-09-15	853563	7705
Pau-09-15	853564	7575
Pau-09-15	853565	standard
Pau-09-15	853566	6590
Pau-09-15	853567	7465
Pau-09-15	853568	7315

Pau-09-15	853569	8740
Pau-09-15	853570	8275
Pau-09-15	853571	9350
Pau-09-15	853572	7345
Pau-09-15	853573	6710
Pau-09-15	853574	6800
Pau-09-15	853575	7595
Pau-09-15	853576	6655
Pau-09-15	853577	7585
Pau-09-15	853578	7750
Pau-09-15	853579	7575
Pau-09-15	853580	standard
Pau-09-15	853581	7745
Pau-09-15	853582	6370
Pau-09-15	853584	7195
Pau-09-15	853585	3905
Pau-09-15	853586	3650
Pau-09-15	853587	7640
Pau-09-15	853588	8005
Pau-09-15	853589	7220
Pau-09-15	853590	standard
Pau-09-16	853626	7230
Pau-09-16	853627	7110
Pau-09-16	853628	6795
Pau-09-16	853629	6925
Pau-09-16	853630	standard
Pau-09-16	853631	6790
Pau-09-16	853632	5870
Pau-09-16	853633	6355
Pau-09-16	853634	5965
Pau-09-16	853635	2425
Pau-09-16	853636	3750
Pau-09-16	853637	6625
Pau-09-16	853638	7855
Pau-09-16	853639	8965
Pau-09-16	853640	8750
Pau-09-16	853641	7185
Pau-09-16	853642	7195
Pau-09-16	853643	6980
Pau-09-16	853644	7025
Pau-09-16	853645	6735
Pau-09-16	853646	7005

Pau-09-16	853647	4410
Pau-09-16	853648	4245
Pau-09-16	853649	4310
Pau-09-16	853650	standard
Pau-09-16	853651	6605
Pau-09-16	853652	6150
Pau-09-16	853653	6205
Pau-09-16	853654	5205
Pau-09-16	853655	6605
Pau-09-16	853656	7185
Pau-09-16	853657	7065
Pau-09-16	853658	5205
Pau-09-16	853659	2580
Pau-09-16	853660	3515
Pau-09-16	853661	6130
Pau-09-16	853662	2680
Pau-09-16	853663	3535
Pau-09-16	853664	7090
Pau-09-16	853665	6570
Pau-09-16	853666	6175
Pau-09-16	853667	4820
Pau-09-16	853668	5105
Pau-09-16	853669	4165
Pau-09-16	853670	7115
Pau-09-16	853671	8010
Pau-09-16	853672	standard
Pau-09-16	853673	8510
Pau-09-16	853674	7335
Pau-09-16	853675	6665
Pau-09-16	853676	6680
Pau-09-16	853677	7200
Pau-09-16	853678	6895
Pau-09-16	853679	5555
Pau-09-16	853680	7265
Pau-09-16	853681	7395
Pau-09-16	853682	6785
Pau-09-16	853683	7365
Pau-09-16	853684	3040
Pau-09-17	853690	5570
Pau-09-17	853691	7430
Pau-09-17	853692	standard
Pau-09-17	853693	7275

Pau-09-17	853694	7410
Pau-09-17	853695	7830
Pau-09-17	853696	5110
Pau-09-17	853697	4880
Pau-09-17	853698	4520
Pau-09-17	853699	7010
Pau-09-17	853700	7220
Pau-09-17	853701	7025
Pau-09-17	853702	6785
Pau-09-17	853703	6590
Pau-09-17	853704	6235
Pau-09-17	853705	6340
Pau-09-17	853706	5880
Pau-09-17	853707	4395
Pau-09-17	853708	5030
Pau-09-17	853709	4705
Pau-09-17	853710	standard
Pau-09-17	853711	5005
Pau-09-17	853712	4500
Pau-09-17	853713	6660
Pau-09-17	853714	5655
Pau-09-17	853715	4060
Pau-09-17	853716	4620
Pau-09-17	853717	6265
Pau-09-17	853718	7580
Pau-09-17	853719	5555
Pau-09-17	853720	4140
Pau-09-17	853721	5130
Pau-09-17	853722	4655
Pau-09-17	853723	3825
Pau-09-17	853724	4965
Pau-09-17	853725	6565
Pau-09-18	853749	4630
Pau-09-18	853750	8050
Pau-09-18	853751	standard
Pau-09-18	853752	8050
Pau-09-18	853753	7170
Pau-09-18	853754	7840
Pau-09-18	853755	4230
Pau-09-18	853756	5250
Pau-09-18	853757	4840
Pau-09-18	853758	4160

Pau-09-18	853759	2390
Pau-09-18	853760	6715
Pau-09-18	853761	5870
Pau-09-18	853762	7040
Pau-09-18	853763	6915
Pau-09-18	853764	5475
Pau-09-18	853765	3405
Pau-09-18	853766	2665
Pau-09-18	853767	6325
Pau-09-18	853768	6335
Pau-09-18	853769	3040
Pau-09-18	853770	standard
Pau-09-18	853771	7025
Pau-09-18	853772	8225
Pau-09-18	853773	8130
Pau-09-18	853774	7520
Pau-09-18	853775	5255
Pau-09-18	853776	3325
Pau-09-18	853777	4915
Pau-09-18	853778	4350
Pau-09-18	853779	2510
Pau-09-18	853780	7375
Pau-09-18	853781	7700
Pau-09-18	853782	6000
Pau-09-18	853783	7240
Pau-09-18	853784	7390
Pau-09-18	853785	7230
Pau-09-18	853786	5320
Pau-09-18	853787	5970
Pau-09-18	853788	4245
Pau-09-18	853789	6835
Pau-09-18	853790	6765
Pau-09-18	853791	standard
Pau-09-18	853792	6495
Pau-09-18	853793	6175
Pau-09-18	853794	6820
Pau-09-18	853795	6410
Pau-09-18	853796	6285
Pau-09-18	853797	6580
Pau-09-18	853798	3010
Pau-09-18	853799	4645
Pau-09-18	853800	6910

Pau-09-18	853801	7125
Pau-09-18	853802	8170
Pau-09-18	853803	8790
Pau-09-18	853804	7700
Pau-09-18	853805	7070
Pau-09-18	853806	7380
Pau-09-18	853807	7550
Pau-09-18	853808	3270
Pau-09-18	853809	3365
Pau-09-18	853810	standard
Pau-09-18	853811	6745
Pau-09-18	853812	6465
Pau-09-18	853813	7855
Pau-09-18	853814	7080
Pau-09-18	853815	6815
Pau-09-18	853816	3755
Pau-09-18	853817	4385
Pau-09-18	853818	6360
Pau-09-18	853819	7185
Pau-09-18	853820	6420
Pau-09-18	853821	8075
Pau-09-18	853822	7835
Pau-09-19	853825	4495
Pau-09-19	853826	6970
Pau-09-19	853827	2575
Pau-09-19	853828	3240
Pau-09-19	853829	4940
Pau-09-19	853830	6650
Pau-09-19	853831	6410
Pau-09-19	853832	standard
Pau-09-19	853833	7460
Pau-09-19	853834	7520
Pau-09-19	853835	6545
Pau-09-19	853836	7300
Pau-09-19	853837	7475
Pau-09-19	853838	8150
Pau-09-19	853839	8135
Pau-09-19	853840	7615
Pau-09-19	853841	7445
Pau-09-19	853842	8490
Pau-09-19	853843	7525
Pau-09-19	853844	7485

Pau-09-19	853845	7375
Pau-09-19	853846	6985
Pau-09-19	853847	7190
Pau-09-19	853848	7305
Pau-09-19	853849	7085
Pau-09-19	853850	standard
Pau-09-19	853851	7005
Pau-09-19	853852	7315
Pau-09-19	853853	7100
Pau-09-19	853854	7565
Pau-09-19	853855	6555
Pau-09-19	853856	4340
Pau-09-19	853857	4805
Pau-09-19	853858	7715
Pau-09-19	853859	6970
Pau-09-19	853860	6310
Pau-09-19	853861	6105
Pau-09-19	853862	7990
Pau-09-19	853863	6835
Pau-09-19	853864	6350
Pau-09-19	853865	7220
Pau-09-19	853866	7710
Pau-09-19	853867	8270
Pau-09-19	853868	7235
Pau-09-19	853869	4570
Pau-09-19	853870	5160
Pau-09-19	853871	standard
Pau-09-19	853872	5080
Pau-09-19	853873	7630
Pau-09-19	853874	5885
Pau-09-19	853875	7275
Pau-09-19	853876	3070
Pau-09-19	853877	2675
Pau-09-19	853878	3265
Pau-09-19	853879	4465
Pau-09-19	853880	3295
Pau-09-19	853881	4070
Pau-09-19	853882	4050
Pau-09-19	853883	6830
Pau-09-19	853884	7175
Pau-09-19	853885	7395
Pau-09-19	853886	7600

Pau-09-19	853887	7325
Pau-09-19	853888	6515
Pau-09-19	853889	6825
Pau-09-19	853890	8230
Pau-09-19	853891	standard
Pau-09-19	853892	7740
Pau-09-19	853893	7535
Pau-09-19	853894	7775
Pau-09-19	853895	6970
Pau-09-19	853896	7010
Pau-09-19	853897	7190
Pau-09-19	853898	7925
Pau-09-19	853899	3520
Pau-09-19	853900	2730
Pau-09-20	853942	8020
Pau-09-20	853943	6890
Pau-09-20	853944	7620
Pau-09-20	853945	6300
Pau-09-20	853946	5565
Pau-09-20	853947	7360
Pau-09-20	853948	7365
Pau-09-20	853949	7445
Pau-09-20	853950	7070
Pau-09-20	853951	standard
Pau-09-20	853952	8370
Pau-09-20	853953	7405
Pau-09-20	853954	7965
Pau-09-20	853955	8875
Pau-09-20	853956	8550
Pau-09-20	853957	8625
Pau-09-20	853958	7005
Pau-09-20	853959	6430
Pau-09-20	853960	7185
Pau-09-20	853961	6190
Pau-09-20	853962	7070
Pau-09-20	853963	6985
Pau-09-20	853964	8000
Pau-09-20	853965	7525
Pau-09-20	853966	7120
Pau-09-20	853967	7290
Pau-09-20	853968	7240
Pau-09-20	853969	7385

Pau-09-20	853970	8370
Pau-09-20	853971	standard
Pau-09-20	853972	8080
Pau-09-20	853973	8345
Pau-09-20	853974	8865
Pau-09-20	853975	7710
Pau-09-20	853976	8040
Pau-09-20	853977	8170
Pau-09-20	853978	8115
Pau-09-20	853979	7345
Pau-09-20	853980	8405
Pau-09-20	853981	7655
Pau-09-20	853982	8350
Pau-09-21	853997	3000
Pau-09-21	853998	5060
Pau-09-21	853999	5290
Pau-09-21	854000	4750
Pau-09-21	854001	standard
Pau-09-21	854002	4335
Pau-09-21	854003	4770
Pau-09-21	854004	3750
Pau-09-21	854005	3985
Pau-09-21	854006	7430
Pau-09-21	854007	7125
Pau-09-21	854008	6900
Pau-09-21	854009	6940
Pau-09-21	854010	7075
Pau-09-21	854011	standard
Pau-09-21	854012	7520
Pau-09-21	854013	7220
Pau-09-21	854014	7235
Pau-09-21	854015	7580
Pau-09-21	854016	7145
Pau-09-21	854017	8475
Pau-09-21	854018	7645
Pau-09-21	854019	7125
Pau-09-21	854020	6275
Pau-09-21	854021	6965
Pau-09-21	854022	7320
Pau-09-21	854023	6760
Pau-09-21	854024	7185
Pau-09-21	854025	6485

Pau-09-21	854026	6640
Pau-09-21	854027	6530
Pau-09-21	854028	7875
Pau-09-21	854029	8500
Pau-09-21	854030	7365
Pau-09-21	854031	standard
Pau-09-21	854032	6190
Pau-09-22	854041	3245
Pau-09-22	854042	1805
Pau-09-22	854043	6385
Pau-09-22	854044	6670
Pau-09-22	854045	8390
Pau-09-22	854046	6625
Pau-09-22	854047	7300
Pau-09-22	854048	7300
Pau-09-22	854049	7335
Pau-09-22	854050	standard
Pau-09-22	854051	6655
Pau-09-22	854052	6030
Pau-09-22	854053	6730
Pau-09-22	854054	6360
Pau-09-22	854055	6690
Pau-09-22	854056	6470
Pau-09-22	854057	7305
Pau-09-22	854058	7225
Pau-09-22	854059	7300
Pau-09-24	854106	5480
Pau-09-24	854107	7360
Pau-09-24	854108	7375
Pau-09-24	854109	7445
Pau-09-24	854110	3210
Pau-09-24	854111	3610
Pau-09-24	854112	6530
Pau-09-24	854113	standard
Pau-09-24	854114	6565
Pau-09-24	854115	6430
Pau-09-24	854116	4700
Pau-09-24	854117	2405
Pau-09-24	854118	3990
Pau-09-24	854119	6030
Pau-09-24	854120	5905
Pau-09-24	854121	6405

Pau-09-24	854122	6535
Pau-09-24	854123	3735
Pau-09-24	854124	2500
Pau-09-24	854125	7950
Pau-09-24	854126	6600
Pau-09-24	854127	3590
Pau-09-24	854128	6805
Pau-09-24	854129	6455
Pau-09-24	854130	6735
Pau-09-24	854131	pulvérisé et une partie utilisée pour le traitement reste 6240
Pau-09-24	854132	4760
Pau-09-24	854133	4305
Pau-09-24	854134	standard
Pau-09-24	854135	3135
Pau-09-24	854136	3435
Pau-09-24	854137	6640
Pau-09-24	854138	7550
Pau-09-24	854139	8115
Pau-09-24	854140	7750
Pau-09-24	854141	5165
Pau-09-24	854142	4530
Pau-09-24	854143	6715
Pau-09-24	854144	7540
Pau-09-24	854145	4120
Pau-09-24	854146	2500
Pau-09-24	854147	matériel tout traité pour 1 kg d'apatite
Pau-09-24	854148	5950
Pau-09-24	854149	4020
Pau-09-24	854150	4525
Pau-09-24	854151	3120
Pau-09-24	854152	2985
Pau-09-24	854153	standard
Pau-09-24	854154	3980
Pau-09-24	854155	6170
Pau-09-24	854156	6415
Pau-09-24	854157	6615
Pau-09-24	854158	5430
Pau-09-24	854159	4950
Pau-09-24	854160	5215
Pau-09-24	854161	matériel tout traité pour 1 kg d'apatite
Pau-09-24	854162	3700
Pau-09-24	854163	5240

Pau-09-24	854164	4060
Pau-09-24	854165	3770
Pau-09-24	854166	6545
Pau-09-24	854167	6170
Pau-09-24	854168	7055
Pau-09-24	854169	6750
Pau-09-24	854170	7140
Pau-09-24	854171	7360
Pau-09-24	854172	5240
Pau-09-24	854173	3660
Pau-09-24	854174	4125
Pau-09-24	854175	3415
Pau-09-24	854176	1890
Pau-09-24	854177	7510
Pau-09-24	854178	6815
Pau-09-24	854179	matériel tout traité pour 1 kg d'apatite
Pau-09-25	854183	4765
Pau-09-25	854184	6450
Pau-09-25	854185	7300
Pau-09-25	854186	8695
Pau-09-25	854187	7845
Pau-09-25	854188	7630
Pau-09-25	854189	8920
Pau-09-25	854190	5855
Pau-09-25	854191	pulvérisé et une partie utilisée pour le traitement reste 6156
Pau-09-25	854192	6245
Pau-09-25	854193	standard
Pau-09-25	854194	7715
Pau-09-25	854195	7375
Pau-09-25	854196	6660
Pau-09-25	854197	5910
Pau-09-25	854198	3690
Pau-09-25	854199	6825
Pau-09-25	854200	6190
Pau-09-25	854201	5580
Pau-09-25	854202	7205
Pau-09-25	854203	matériel tout traité pour 1 kg d'apatite
Pau-09-25	854204	8195
Pau-09-25	854205	7740
Pau-09-25	854206	8105
Pau-09-25	854207	8070
Pau-09-25	854208	7925

Pau-09-25	854209	7650
Pau-09-25	854210	8015
Pau-09-25	854211	8450
Pau-09-25	854212	standard
Pau-09-25	854213	4025
Pau-09-25	854214	5230
Pau-09-25	854215	4455
Pau-09-25	854216	6695
Pau-09-25	854217	6910
Pau-09-25	854218	6905
Pau-09-25	854219	7245
Pau-09-25	854220	7035
Pau-09-25	854221	8320
Pau-09-25	854222	8660
Pau-09-25	854223	9045
Pau-09-25	854224	standard
Pau-09-25	854225	pulvérisé et une partie utilisée pour le traitement reste 7301
Pau-09-25	854226	8620
Pau-09-25	854227	2975
Pau-09-25	854228	4435
Pau-09-25	854229	5955
Pau-09-25	854230	5835
Pau-09-25	854231	4675
Pau-09-25	854232	3360
Pau-09-25	854233	3170
Pau-09-25	854234	4190
Pau-09-25	854235	6690
Pau-09-25	854236	6750
Pau-09-25	854237	4490
Pau-09-25	854238	2190
Pau-09-25	854239	5155
Pau-09-25	854240	1725
Pau-09-25	854241	3995
Pau-09-25	854242	7535
Pau-09-25	854243	6920
Pau-09-25	854244	6295
Pau-09-25	854245	3840
Pau-09-25	854246	5645
Pau-09-25	854247	standard
Pau-09-25	854248	pulvérisé et une partie utilisée pour le traitement reste 6764
Pau-09-25	854249	7955
Pau-09-25	854250	7455

Pau-09-25	854251	7065
Pau-09-25	854252	pulvérisé et une partie utilisée pour le traitement reste 5555
Pau-09-25	854253	7415
Pau-09-25	854254	7625
Pau-09-25	854255	3915
Pau-09-25	854256	3290
Pau-09-25	854257	7570
Pau-09-25	854258	7405
Pau-09-25	854259	7705
Pau-09-25	854260	7140
Pau-09-25	854261	7515
Pau-09-25	854262	8185
Pau-09-25	854263	8350
Pau-09-25	854264	9200
Pau-09-25	854265	8315
Pau-09-25	854266	8245
Pau-09-25	854267	7735
Pau-09-25	854268	8755
Pau-09-25	854269	8820
Pau-09-25	854270	standard
Pau-09-25	854271	7920
Pau-09-25	854272	7270
Pau-09-25	854273	7445
Pau-09-25	854274	7670
Pau-09-25	854275	7385
Pau-09-25	854276	6720
Pau-09-25	854277	6795
Pau-09-25	854278	6990
Pau-09-25	854279	pulvérisé et une partie utilisée pour le traitement reste 3455
Pau-09-25	854280	5575
Pau-09-25	854281	4215
Pau-09-25	854282	5960
Pau-09-25	854283	3410
Pau-09-25	854284	4140
Pau-09-25	854285	7205
Pau-09-25	854286	2480
Pau-09-25	854287	3250
Pau-09-25	854288	7840
Pau-09-25	854289	8230
Pau-09-25	854290	standard
Pau-09-25	854291	7455
Pau-09-26	854295	4885

Pau-09-26	854296	7595
Pau-09-26	854297	7165
Pau-09-26	854298	8205
Pau-09-26	854299	pulvérisé et une partie utilisée pour le traitement reste 6878
Pau-09-26	854300	8160
Pau-09-26	854301	7160
Pau-09-26	854302	7240
Pau-09-26	854303	7625
Pau-09-26	854304	7045
Pau-09-26	854305	7135
Pau-09-26	854306	7460
Pau-09-26	854307	8070
Pau-09-26	854308	7390
Pau-09-26	854309	6730
Pau-09-26	854310	6080
Pau-09-26	854311	standard
Pau-09-26	854312	4510
Pau-09-26	854313	pulvérisé et une partie utilisée pour le traitement reste 3031
Pau-09-26	854314	3875
Pau-09-26	854315	5680
Pau-09-26	854316	4335
Pau-09-26	854317	4955
Pau-09-26	854318	5710
Pau-09-26	854319	7700
Pau-09-26	854320	2555
Pau-09-26	854321	4850
Pau-09-26	854322	standard
Pau-09-26	854323	8285
Pau-09-26	854324	8945
Pau-09-26	854325	8915
Pau-09-26	854326	9020
Pau-09-26	854327	8330
Pau-09-26	854328	8815
Pau-09-26	854329	8155
Pau-09-26	854330	pulvérisé et une partie utilisée pour le traitement reste 6167
Pau-09-26	854331	5680
Pau-09-26	854332	3900
Pau-09-26	854333	5260
Pau-09-26	854334	8300
Pau-09-26	854335	7950
Pau-09-26	854336	7965
Pau-09-26	854337	8800

Pau-09-26	854338	9225
Pau-09-26	854339	8660
Pau-09-26	854340	4955
Pau-09-26	854341	8835
Pau-09-26	854342	8115
Pau-09-26	854343	8665
Pau-09-26	854344	8090
Pau-09-26	854345	8020
Pau-09-26	854346	8230
Pau-09-26	854347	8570
Pau-09-26	854348	8300
Pau-09-26	854349	pulvérisé et une partie utilisée pour le traitement reste 6928
Pau-09-26	854350	8620
Pau-09-26	854351	standard
Pau-09-26	854352	5880
Pau-09-26	854353	4800
Pau-09-26	854354	1985
Pau-09-26	854355	4940
Pau-09-26	854356	6075
Pau-09-26	854357	6530
Pau-09-26	854358	6970
Pau-09-26	854359	5805
Pau-09-26	854360	6795
Pau-09-26	854361	7160
Pau-09-26	854362	8090
Pau-09-26	854363	8120
Pau-09-27	854400	5825
Pau-09-27	854401	6540
Pau-09-27	854402	7835
Pau-09-27	854403	8910
Pau-09-27	854404	8965
Pau-09-27	854405	8200
Pau-09-27	854406	8375
Pau-09-27	854407	9945
Pau-09-27	854408	8735
Pau-09-27	854409	9070
Pau-09-27	854410	7300
Pau-09-27	854411	7025
Pau-09-27	854412	standard
Pau-09-27	854413	7145
Pau-09-27	854414	7635
Pau-09-27	854415	7530

Pau-09-27	854416	8855
Pau-09-27	854417	9430
Pau-09-27	854418	9575
Pau-09-27	854419	9325
Pau-09-27	854420	8520
Pau-09-27	854421	7870
Pau-09-27	854422	8970
Pau-09-27	854423	8465
Pau-09-27	854424	8305
Pau-09-27	854425	7870
Pau-09-27	854426	9220
Pau-09-27	854427	9335
Pau-09-27	854428	8265
Pau-09-27	854429	8695
Pau-09-27	854430	8790
Pau-09-27	854431	8050
Pau-09-27	854432	standard
Pau-09-27	854433	8420
Pau-09-27	854434	8500
Pau-09-27	854435	7365
Pau-09-27	854436	7845
Pau-09-28	854446	1940
Pau-09-28	854447	6720
Pau-09-28	854448	7225
Pau-09-28	854449	7760
Pau-09-28	854450	standard
Pau-09-28	854451	8350
Pau-09-28	854452	8340
Pau-09-28	854453	8990
Pau-09-28	854454	7740
Pau-09-28	854455	3290
Pau-09-28	854456	1665
Pau-09-28	854457	1235
Pau-09-28	854458	4085
Pau-09-28	854459	4320
Pau-09-28	854460	8330
Pau-09-28	854461	7395
Pau-09-28	854462	6445
Pau-09-28	854463	7185
Pau-09-28	854464	4485
Pau-09-28	854465	1730
Pau-09-28	854466	4215

Pau-09-28	854467	7720
Pau-09-28	854468	7295
Pau-09-28	854469	7670
Pau-09-28	854470	7915
Pau-09-28	854471	standard
Pau-09-28	854472	9090
Pau-09-28	854473	8315
Pau-09-28	854474	8440
Pau-09-28	854475	7215
Pau-09-28	854476	2840
Pau-09-29	854483	4760
Pau-09-29	854484	7910
Pau-09-29	854485	6155
Pau-09-29	854486	2615
Pau-09-29	854487	3475
Pau-09-29	854488	4400
Pau-09-29	854489	3145
Pau-09-29	854490	2965
Pau-09-29	854491	6095
Pau-09-29	854492	standard
Pau-09-29	854493	8705
Pau-09-29	854494	8580
Pau-09-29	854495	9250
Pau-09-29	854496	8675
Pau-09-29	854497	7090
Pau-09-29	854498	8435
Pau-09-29	854499	7935
Pau-09-29	854500	4940
Pau-09-29	854501	5150
Pau-09-29	854502	5675
Pau-09-29	854503	7900
Pau-09-29	854504	8175
Pau-09-29	854505	9135
Pau-09-29	854506	9525
Pau-09-29	854507	8870
Pau-09-29	854508	8645
Pau-09-29	854509	8605
Pau-09-29	854510	8890
Pau-09-29	854511	7460
Pau-09-29	854512	standard
Pau-09-29	854513	9080
Pau-09-29	854514	8330

Pau-09-29	854515	8770
Pau-09-29	854516	9010
Pau-09-29	854517	8860
Pau-09-29	854518	8880
Pau-09-29	854519	9610
Pau-09-29	854520	9125
Pau-09-29	854521	9220
Pau-09-29	854522	8185
Pau-09-29	854523	9300
Pau-09-29	854524	9250
Pau-09-29	854525	8790
Pau-09-29	854526	8350
Pau-09-29	854527	8435
Pau-09-29	854528	9025
Pau-09-29	854529	8470
Pau-09-29	854530	9285
Pau-09-29	854531	8265
Pau-09-29	854532	6535
Pau-09-29	854533	standard
Pau-09-29	854534	8755
Pau-09-29	854535	8635
Pau-09-29	854536	8750
Pau-09-29	854537	7935
Pau-09-29	854538	6945
Pau-09-29	854539	5765
Pau-09-29	854540	4440
Pau-09-29	854541	5695
Pau-09-29	854542	8210
Pau-09-29	854543	7275
Pau-09-29	854544	6190
Pau-09-29	854545	4740
Pau-09-29	854546	4900
Pau-09-29	854547	6140
Pau-09-29	854548	4625
Pau-09-29	854549	5750
Pau-09-29	854550	8190
Pau-09-29	854551	standard
Pau-09-29	854552	8545
Pau-09-29	854553	9170
Pau-09-29	854554	8720
Pau-09-29	854555	9215
Pau-09-29	854556	4100

Pau-09-29	854557	6505
Pau-09-29	854558	8915
Pau-09-29	854559	5510
Pau-09-29	854560	7130
Pau-09-29	854561	6965
Pau-09-29	854562	8045
Pau-09-29	854563	8555
Pau-09-29	854564	8385
Pau-09-29	854565	8095
Pau-09-29	854566	8570
Pau-09-29	854567	8280
Pau-09-29	854568	8365
Pau-09-29	854569	5930
Pau-09-29	854570	7890
Pau-09-29	854571	7440
Pau-09-29	854572	7410
Pau-09-29	854573	standard
Pau-09-29	854574	7000
Pau-09-29	854575	6965
Pau-09-29	854576	6975
Pau-09-29	854577	4835
Pau-09-29	854578	3590
Pau-09-30	854589	4685
Pau-09-30	854590	4735
Pau-09-30	854591	8015
Pau-09-30	854592	8030
Pau-09-30	854593	standard
Pau-09-30	854594	5405
Pau-09-30	854595	3465
Pau-09-30	854596	6180
Pau-09-30	854597	6345
Pau-09-30	854598	7375
Pau-09-30	854599	7270
Pau-09-30	854600	5535
Pau-09-30	854601	2645
Pau-09-30	854602	3865
Pau-09-30	854603	7735
Pau-09-30	854604	8035
Pau-09-30	854605	7485
Pau-09-30	854606	7335
Pau-09-30	854607	7725
Pau-09-30	854608	8095

Pau-09-30	854609	8070
Pau-09-30	854610	4760
Pau-09-30	854611	3210
Pau-09-30	854612	6620
Pau-09-30	854613	standard
Pau-09-30	854614	7645
Pau-09-30	854615	4520
Pau-09-30	854616	7020
Pau-09-30	854617	7340
Pau-09-30	854618	6775
Pau-09-30	854619	7220
Pau-09-30	854620	7035
Pau-09-30	854621	7565
Pau-09-30	854622	6825
Pau-09-30	854623	9465
Pau-09-30	854624	8460
Pau-09-30	854625	9950
Pau-09-30	854626	6160
Pau-09-30	854627	5025
Pau-09-30	854628	4300
Pau-09-30	854629	5875
Pau-09-30	854630	2195
Pau-09-30	854631	2855
Pau-09-30	854632	3695
Pau-09-30	854633	standard
Pau-09-30	854634	7645
Pau-09-30	854635	7095
Pau-09-30	854636	7470
Pau-09-30	854637	7600
Pau-09-30	854638	7035
Pau-09-30	854639	7565
Pau-09-30	854640	8225
Pau-09-30	854641	7680
Pau-09-30	854642	7560
Pau-09-30	854643	7745
Pau-09-30	854644	4305
Pau-09-30	854645	2565
Pau-09-30	854646	6845
Pau-09-30	854647	5180
Pau-09-30	854648	3085
Pau-09-30	854649	4755
Pau-09-30	854650	7470

Pau-09-30	854651	7660
Pau-09-30	854652	standard
Pau-09-30	854653	6425
Pau-09-30	854654	8870
Pau-09-30	854655	9115
Pau-09-30	854656	8600
Pau-09-30	854657	8695
Pau-09-30	854658	8540
Pau-09-30	854659	9395
Pau-09-30	854660	9280
Pau-09-30	854661	8215
Pau-09-30	854662	6345
Pau-09-30	854663	6625
Pau-09-30	854664	5915
Pau-09-30	854665	6000
Pau-09-30	854666	6100
Pau-09-30	854667	7715
Pau-09-30	854668	7905
Pau-09-30	854669	7705
Pau-09-30	854670	7955
Pau-09-30	854671	8010
Pau-09-30	854672	9685
Pau-09-30	854673	standard
Pau-09-30	854674	9040
Pau-09-30	854675	9255
Pau-09-30	854676	9260
Pau-09-30	854677	9540
Pau-09-30	854678	9615
Pau-09-30	854679	9555
Pau-09-30	854680	9700
Pau-09-30	854681	10040
Pau-09-30	854682	9825
Pau-09-30	854683	9350
Pau-09-30	854684	9465
Pau-09-30	854685	9430
Pau-09-30	854686	9045
Pau-09-30	854687	9770
Pau-09-30	854688	9455
Pau-09-30	854689	8870
Pau-09-31	854697	6530
Pau-09-31	854698	7715
Pau-09-31	854699	6750

Pau-09-31	854700	8160
Pau-09-31	854701	8300
Pau-09-31	854702	7480
Pau-09-31	854703	7520
Pau-09-31	854704	7365
Pau-09-31	854705	8275
Pau-09-31	854706	8715
Pau-09-31	854707	8405
Pau-09-31	854708	8805
Pau-09-31	854709	5925
Pau-09-31	854710	7840
Pau-09-31	854711	7125
Pau-09-31	854712	8240
Pau-09-31	854713	standard
Pau-09-31	854714	7410
Pau-09-31	854715	7515
Pau-09-31	854716	8835
Pau-09-31	854717	8800
Pau-09-31	854718	9125
Pau-09-31	854719	8900
Pau-09-31	854720	9670
Pau-09-31	854721	5800
Pau-09-31	854722	4960
Pau-09-31	854723	5565
Pau-09-31	854724	7560
Pau-09-31	854725	8070
Pau-09-31	854726	8650
Pau-09-31	854727	8125
Pau-09-31	854728	9315
Pau-09-31	854729	8405
Pau-09-31	854730	7395
Pau-09-31	854731	7005
Pau-09-31	854732	7115
Pau-09-31	854733	6055
Pau-09-31	854734	standard
Pau-09-31	854735	6185
Pau-09-31	854736	6100
Pau-09-31	854737	7000
Pau-09-31	854738	7150
Pau-09-31	854739	6910
Pau-09-31	854740	6100
Pau-09-31	854741	8270

Pau-09-31	854742	8500
Pau-09-31	854743	8725
Pau-09-31	854744	8115
Pau-09-31	854745	7280
Pau-09-31	854746	8255
Pau-09-31	854747	8280
Pau-09-31	854748	8455
Pau-09-31	854749	8145
Pau-09-31	854750	5695
Pau-09-31	854751	6020
Pau-09-31	854752	6570
Pau-09-31	854753	standard
Pau-09-31	854754	5890
Pau-09-31	854755	6000
Pau-09-31	854756	6540
Pau-09-31	854757	5685
Pau-09-31	854758	6815
Pau-09-31	854759	6245
Pau-09-31	854760	7250
Pau-09-31	854761	6105
Pau-09-31	854762	2980
Pau-09-31	854763	4880
Pau-09-31	854764	6855
Pau-09-31	854765	8640
Pau-09-31	854766	8970
Pau-09-31	854767	8695
Pau-09-31	854768	8870
Pau-09-31	854769	8860
Pau-09-31	854770	9060
Pau-09-31	854771	8805
Pau-09-31	854772	standard
Pau-09-31	854773	8045
Pau-09-31	854774	7900
Pau-09-31	854775	8635
Pau-09-31	854776	8520
Pau-09-31	854777	8770
Pau-09-31	854778	10995
Pau-09-31	854779	8120
		6304405
		6362880 g, 6362,880 Kg, 14030,15 lbs, 6,36 tonnes métriques
		<b>6,36 tonnes métriques</b>

### Annexe 3

Conception de la fosse du lac à Paul



# Lac a Paul Engineered Phase Designs

Summary of Assumptions and Results

June 2<sup>nd</sup> , 2013

# Pit Design Parameters

LAC À PAUL PIT DESIGN PARAMETERS- FS		
Parameters	Unit	Values
<b>Pit Characteristics</b>		
Inter-Ramp Angle	Degrees	54
Bench Face Angle	Degrees	70
Berm Width	m	7.25
Bench Height (Berm to Berm)	m	20.00
Benching Configuration		Double (10m x 2)
Double-Lane Haulage Road Width	m	30.00
Single-Lane Haulage Ramp Width*	m	20.00
Ramp gradient	%	10.00
Surface Limitations from Creek AND lakes	m	60
<b>Additional</b>		
Overburden Slope	Degrees	22
Constant berm of 10m placed at bedrock-overburden interface		
One 15m security berm placed on North Wall (Phase 3 and Final Pit Design)		
One 15m security berm placed on South Wall (Final Pit Design)		

# PHASE 1

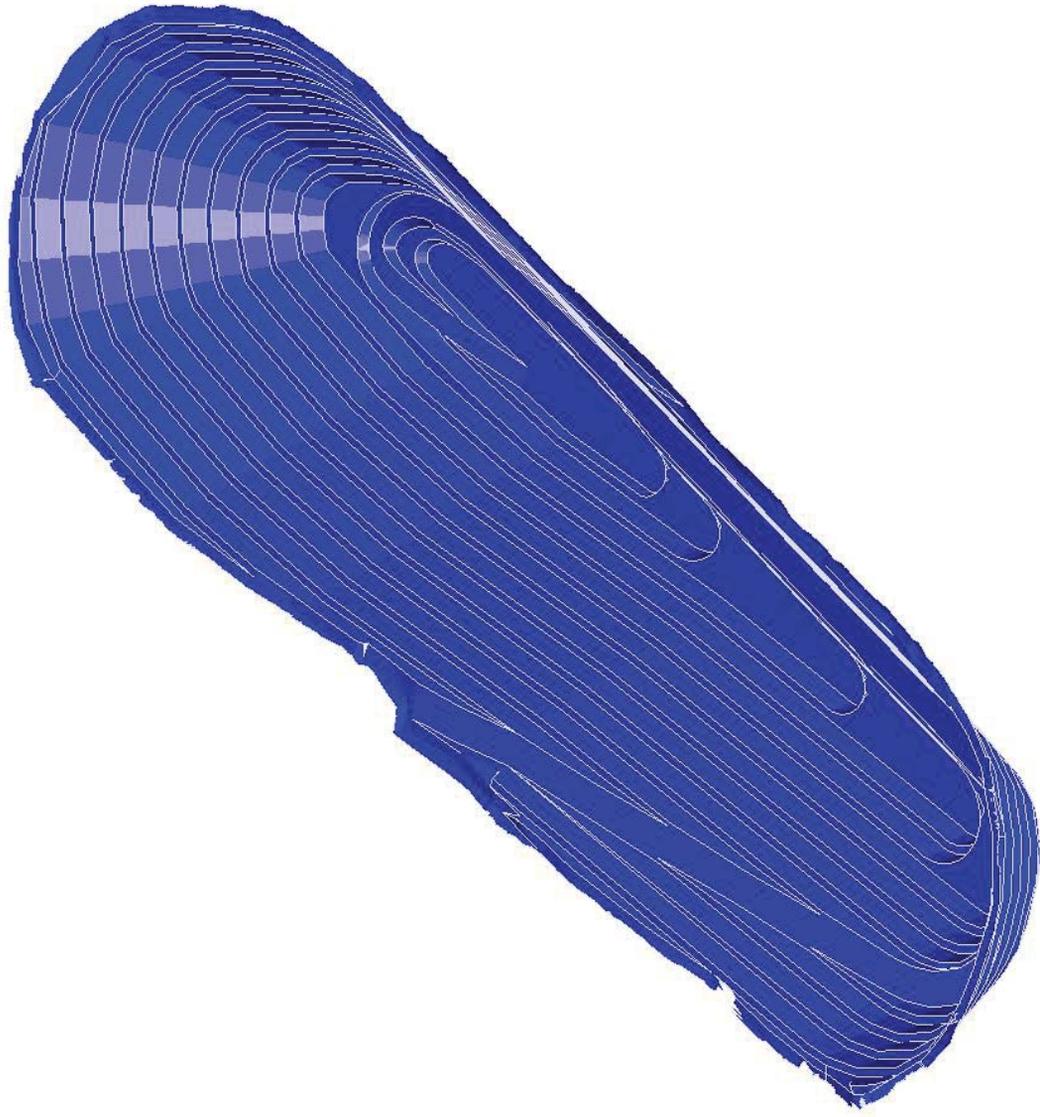


# PHASE 1 (PRELIM) RESULTS

PHASE 1 ( <u>AFTER</u> DILN and ORE LOSS)			
2% Dilution, 6% Ore loss (i.e. 94% Mine Recovery)			
PHASE 1 PIT			
PRELIM In-Pit Resource Estimate			
COG P2O5≥3.6%			
	Tonnage	P2O5	WREC
	(Mt)	(%)	(%)
Measured	51.80	7.41	17.27
Indicated	7.46	7.40	17.26
M+Ind	59.27	7.41	17.27
LOM	3.3		
Inferred			
Waste Rock	27.03		
Overburden	1.95		
Total Waste Rock	28.98		
SR	0.49		

Note that ovb slopes and security berms have been incorporated.

# PHASE 2

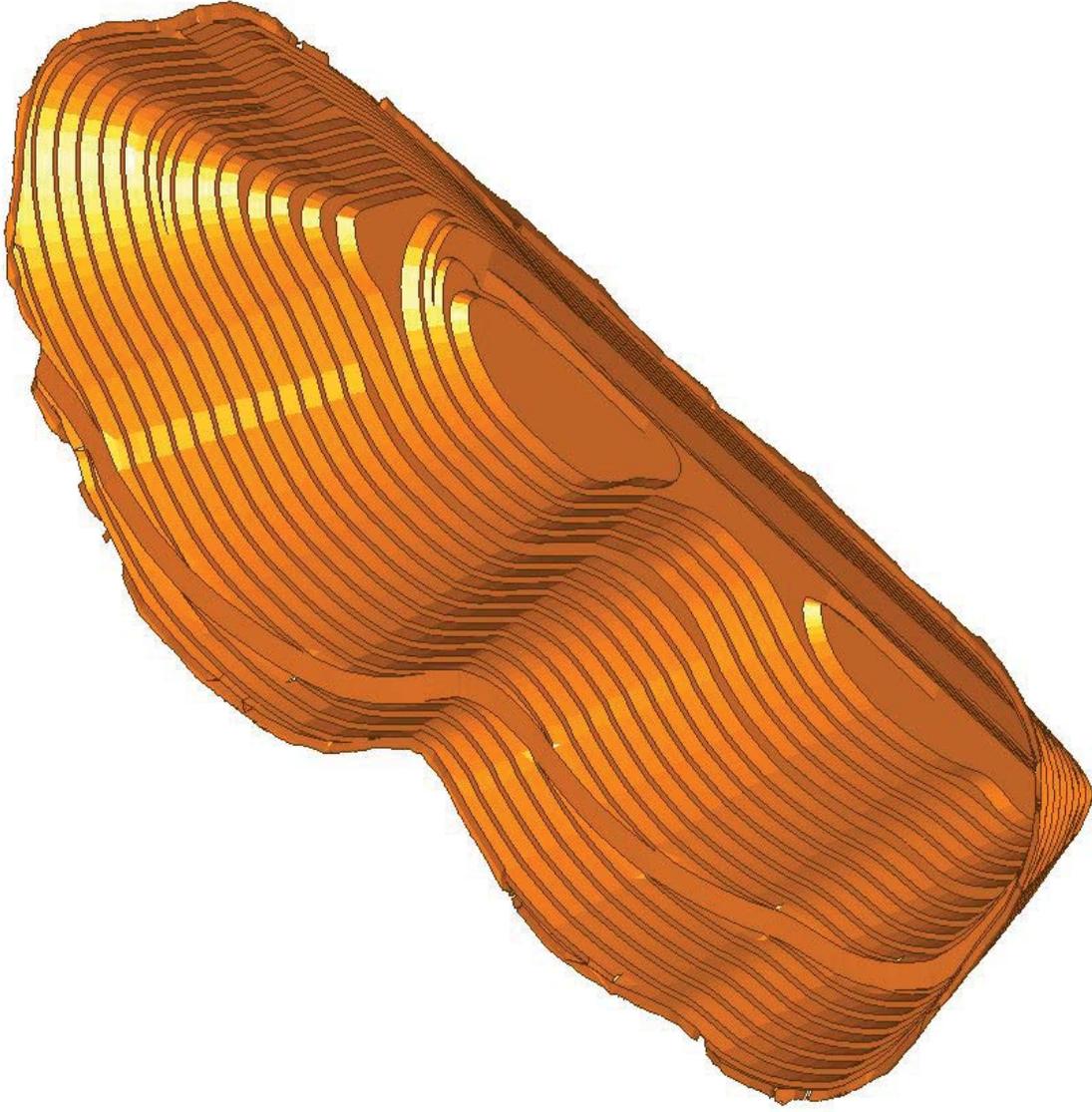


# PHASE 2 (PRELIM) RESULTS

PHASE 2 ( <u>AFTER</u> DILN and ORE LOSS)				
2% Dilution, 6% Ore loss (i.e. 94% Mine Recovery)				
PHASE 2 PIT				
PRELIM In-Pit Resource Estimate				
COG P205≥3.6%				
	Tonnage (Mt)	P205 (%)	WREC (%)	
Measured	118.07	7.03	16.40	
Indicated	14.01	7.04	16.41	
M+Ind	132.08	7.03	16.40	
LOM	7.3			
Inferred				
Waste Rock	70.51			
Overburden	2.98			
Total Waste Rock	73.49			
SR	0.56			

Note that ovb slopes and security berms have been incorporated

# PHASE 3

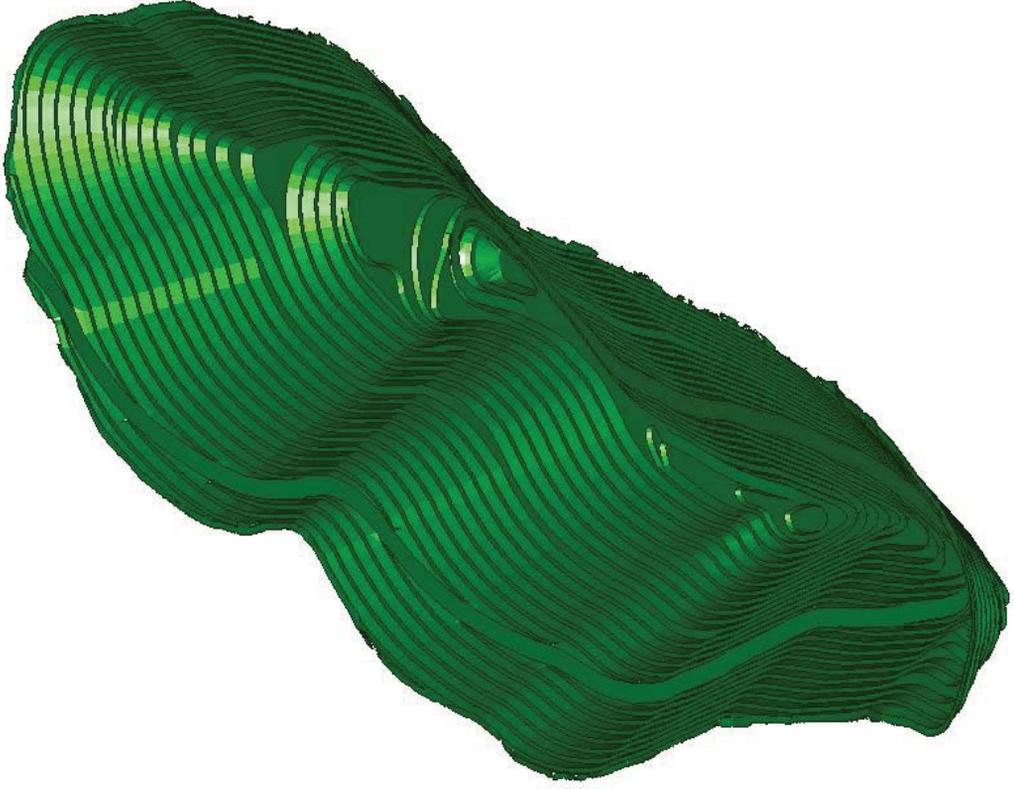


# PHASE 3 (PRELIM) RESULTS

PHASE 3 ( <u>AFTER</u> DILN and ORE LOSS)				
2% Dilution, 6% Ore loss (i.e. 94% Mine Recovery)				
PHASE 3 PIT				
PRELIM In-Pit Resource Estimate				
COG P2O5≥3.6%				
	Tonnage	P2O5	WREC	
	(Mt)	(%)	(%)	
Measured	224.87	7.08	16.52	
Indicated	68.72	7.24	16.88	
M+Ind	293.59	7.12	16.60	
LOM	16.3			
Inferred				
Waste Rock	324.12			
Overburden	6.08			
Total Waste Rock	330.20			
SR	1.12			

Note that ovb slopes and security berms have been incorporated.

# PHASE 4 (FINAL PIT DESIGN)

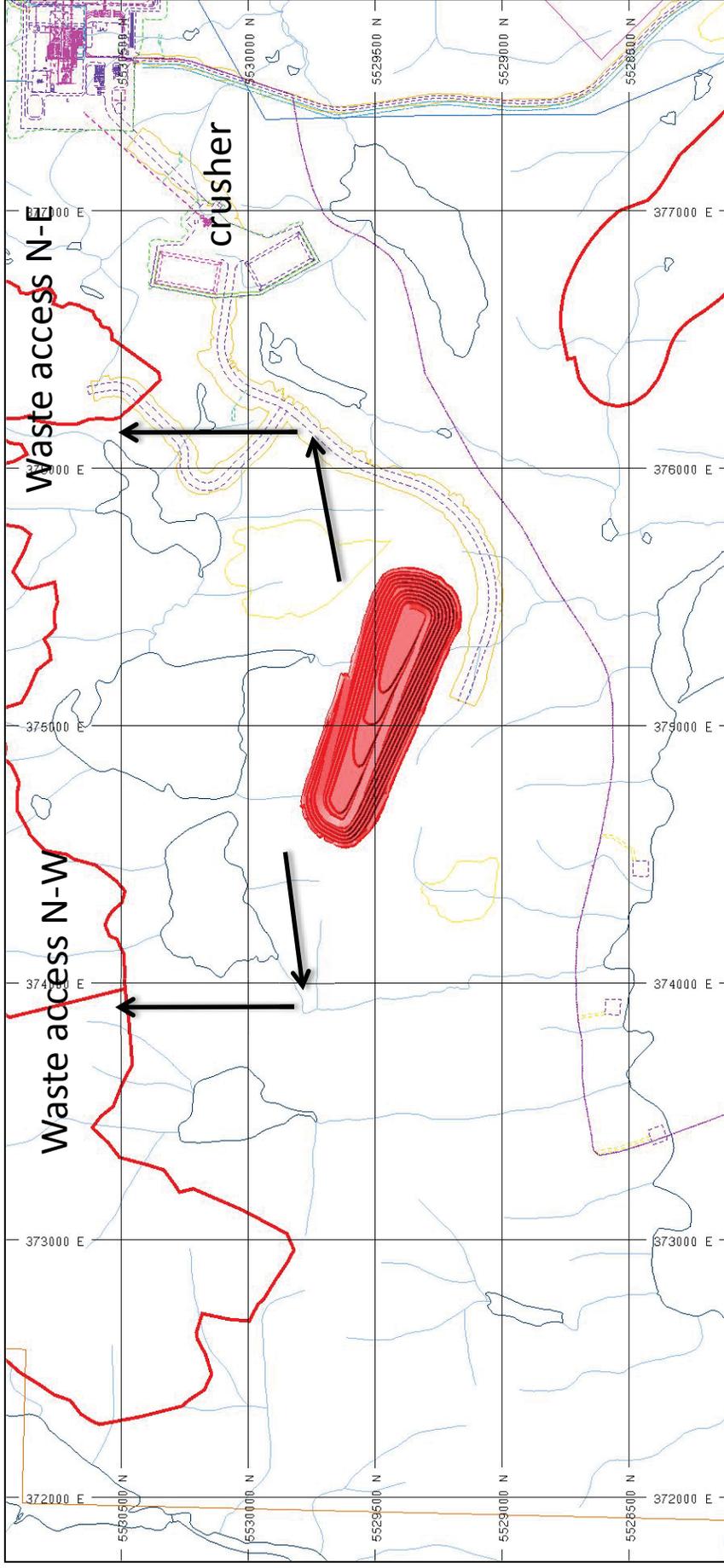


# PHASE 4 (PRELIM) RESULTS

PHASE 4 ( <u>AFTER</u> DILN and ORE LOSS)				
2% Dilution, 6% Ore loss (i.e. 94% Mine Recovery)				
PHASE 4 PIT				
PRELIM In-Pit Resource Estimate				
COG P205≥3.6%				
	Tonnage	P205	WREC	
	(Mt)	(%)	(%)	
Measured	300.71	6.95	16.21	
Indicated	151.19	6.85	15.97	
M+Ind	451.90	6.92	16.13	
LOM	25.1			
Inferred				
Waste Rock	543.93			
Overburden	8.99			
Total Waste Rock	552.92			
SR	1.22			

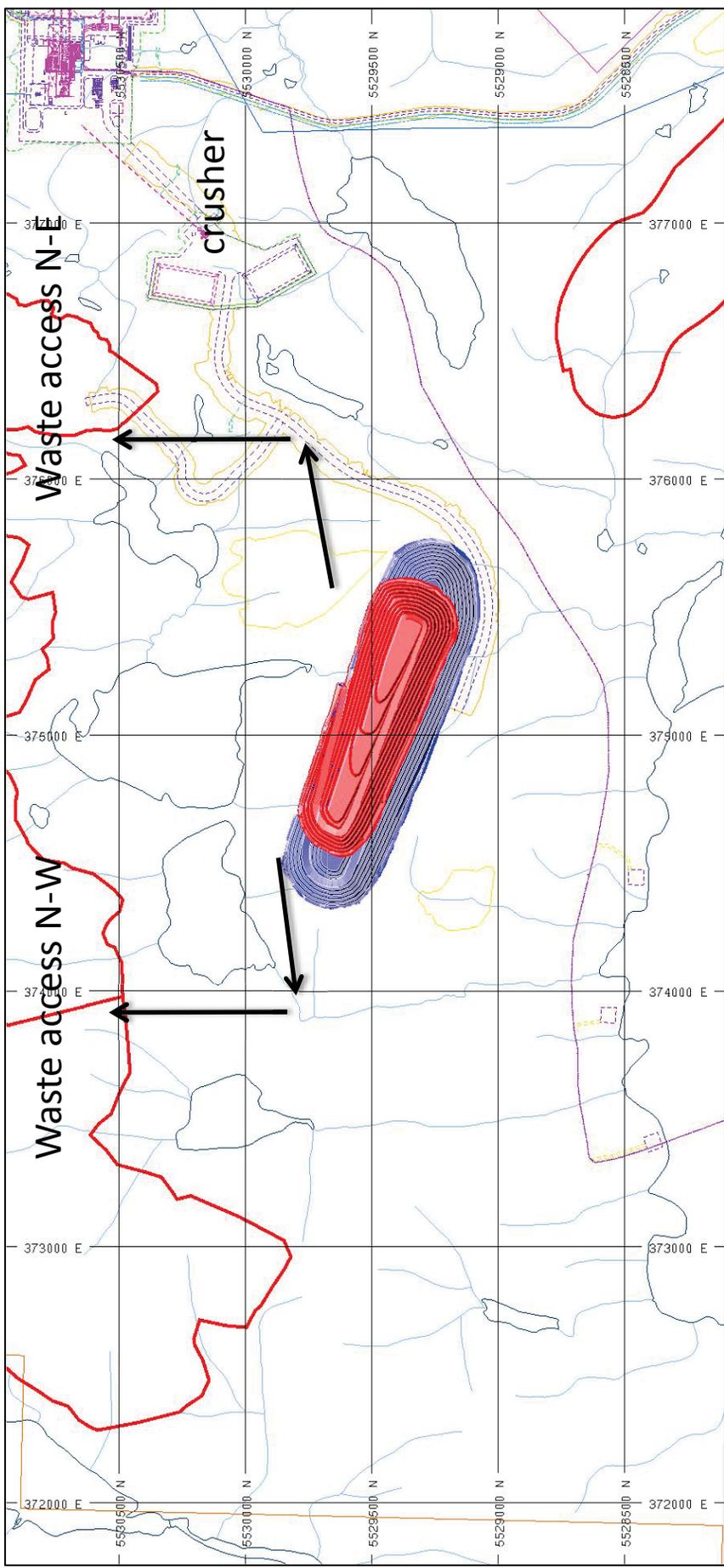
Note that ovb slopes and security berms have been incorporated.

# PHASE PROGRESSION- Phase 1



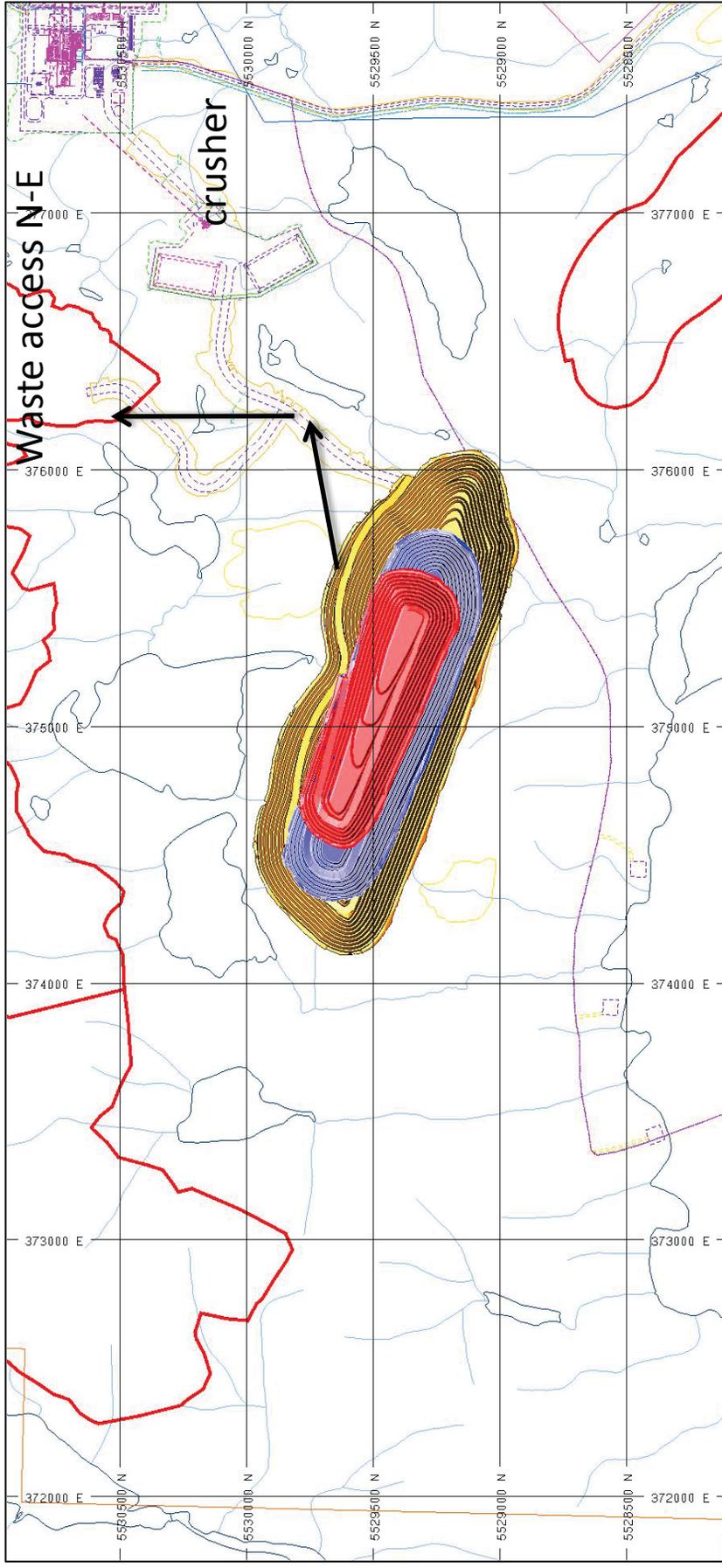
Note: Site plan infrastructure shown may not be most recent.

# PHASE PROGRESSION- Phase 2



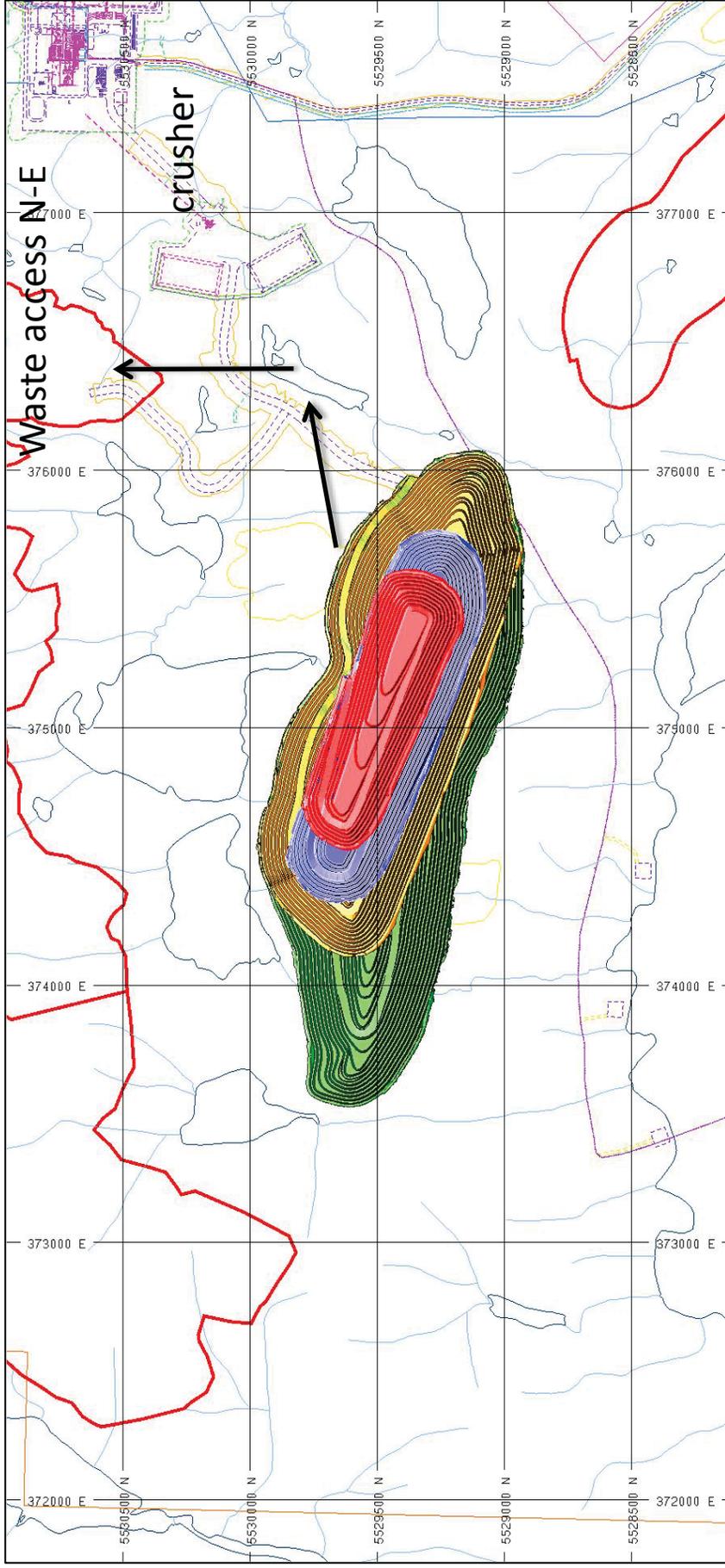
Note: Site plan infrastructure shown may not be most recent.

# PHASE PROGRESSION- Phase 3



Note: Site plan infrastructure shown may not be most recent.

# PHASE PROGRESSION- Phase 4

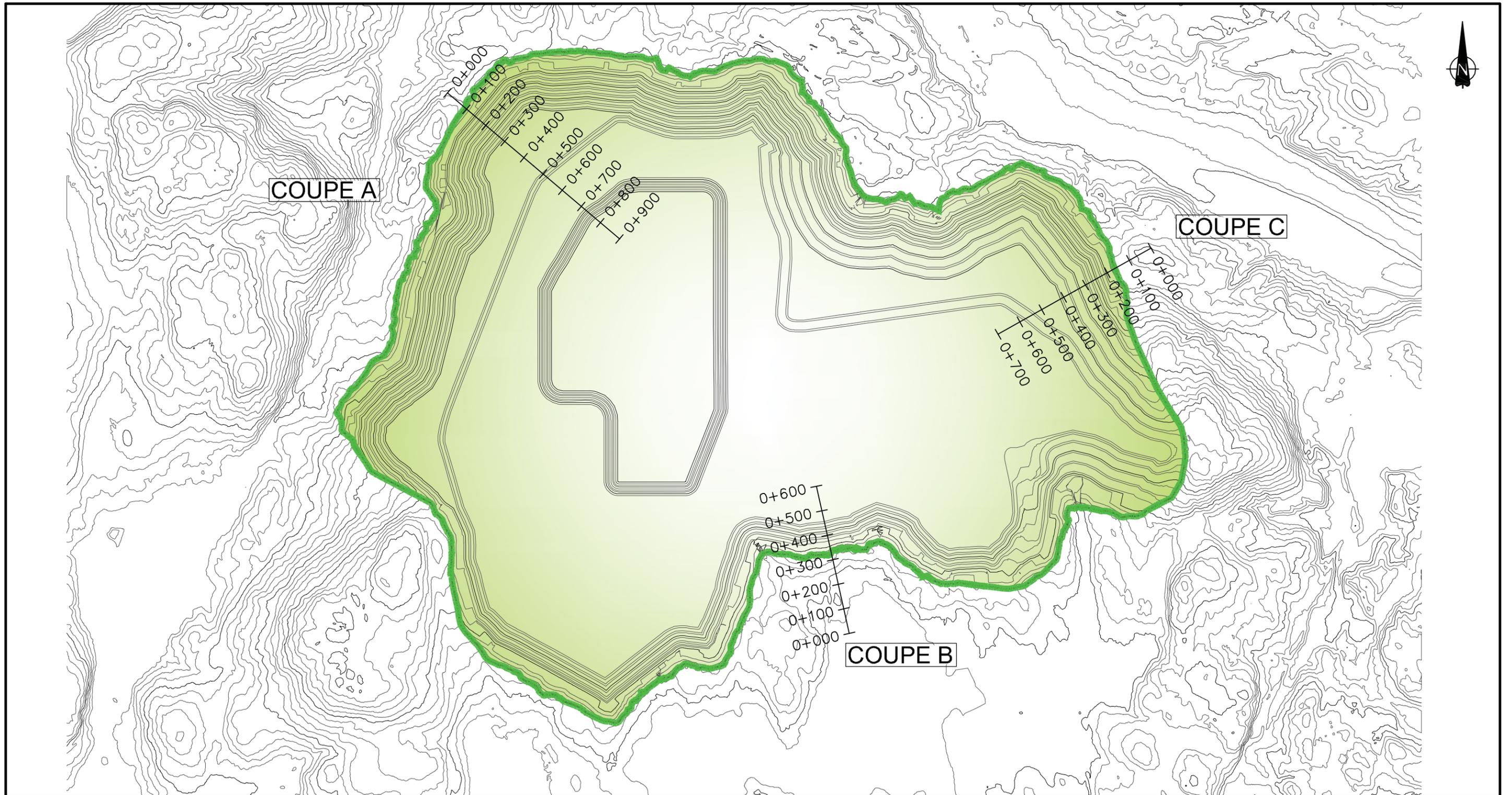


Note: Site plan infrastructure shown may not be most recent.

## Annexe 4

### Plans de la halde à stériles





5355, BOULEVARD DES GRADINS  
 QUÉBEC (QUÉBEC)  
 CANADA G2J 1C8  
 TÉLÉPHONE: 418 623-2254 TÉLÉCOPIEUR: 418 624-1857  
 WWW.GENIVAR.COM

PROJET:

ARIANNE PHOSPHATE  
 HALDE À STÉRILES

TITRE:

VUE EN PLAN

NO PROJET:

131-13429-00

ÉCHELLE:

1 : 15 000

DESSINÉ PAR:

Maxime Chaîné, tech.

VÉRIFIÉ PAR:

Simon Latulippe, ing.

CLIENT:



ÉMISSION:

ÉTUDE D'IMPACT

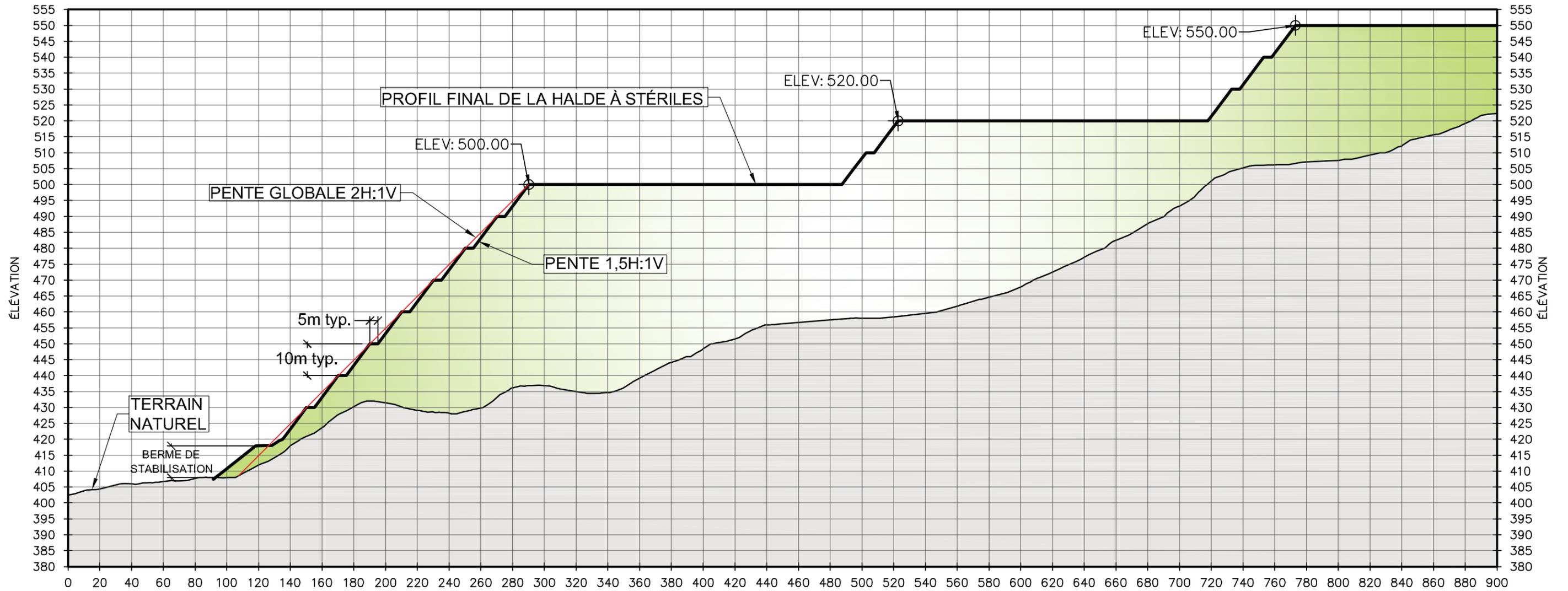
DATE:

2013-06-11

DESSIN NO:

131-13429-00\_F01





COUPE A



5355, BOULEVARD DES GRADINS  
 QUÉBEC (QUÉBEC)  
 CANADA G2J 1C8  
 TÉLÉPHONE: 418 623-2254 TÉLÉCOPIEUR: 418 624-1857  
 WWW.GENIVAR.COM

PROJET:

ARIANNE PHOSPHATE  
 HALDE À STÉRILES

TITRE:

COUPE A

NO PROJET:

131-13429-00

ÉCHELLE:

H = 1:2500 / V = 1:1250

DESSINÉ PAR:

Maxime Chainé, tech.

VÉRIFIÉ PAR:

Simon Latulippe, ing.

CLIENT:



ÉMISSION:

ÉTUDE D'IMPACT

DATE:

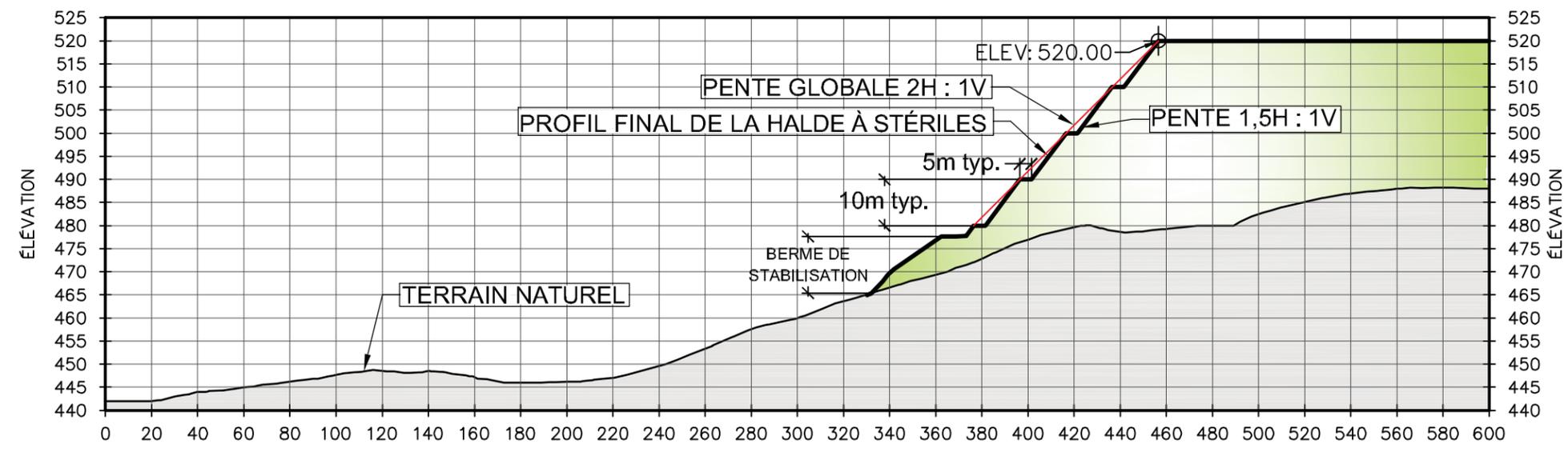
2013-06-11

DESSIN NO:

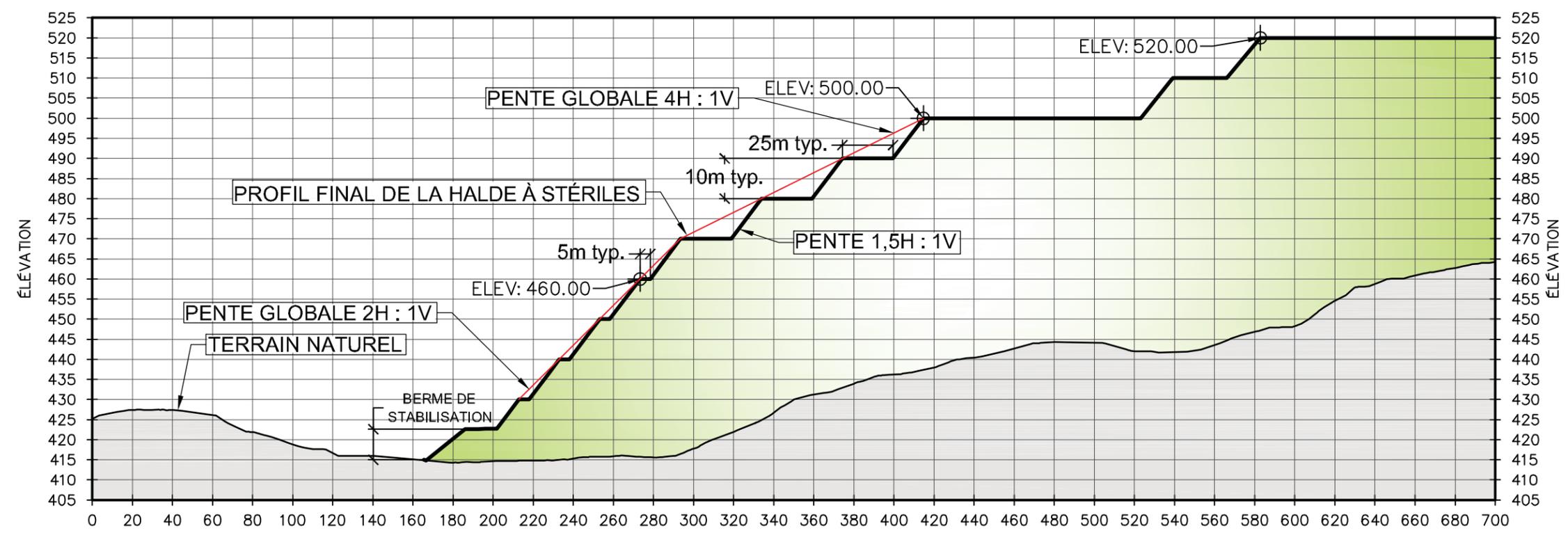
131-13429-00\_F02



**COUPE B**



**COUPE C**



**GENIVAR**  
 5355, BOULEVARD DES GRADINS  
 QUÉBEC (QUÉBEC)  
 CANADA G2J 1C8  
 TÉLÉPHONE: 418 623-2254 TÉLÉCOPIEUR: 418 624-1857  
 WWW.GENIVAR.COM

PROJET:  
**ARIANNE PHOSPHATE  
 HALDE À STÉRILES**

TITRE:  
**COUPES B ET C**

NO PROJET:  
**131-13429-00**

ÉCHELLE:  
**H = 1:2500 / V = 1:1250**

DESSINÉ PAR:  
**Maxime Chaîné, tech.**

VÉRIFIÉ PAR:  
**Simon Latulippe, ing.**

CLIENT:  


ÉMISSION:  
**ÉTUDE D'IMPACT**

DATE:  
**2013-06-11**

DESSIN NO:  
**131-13429-00\_F03**

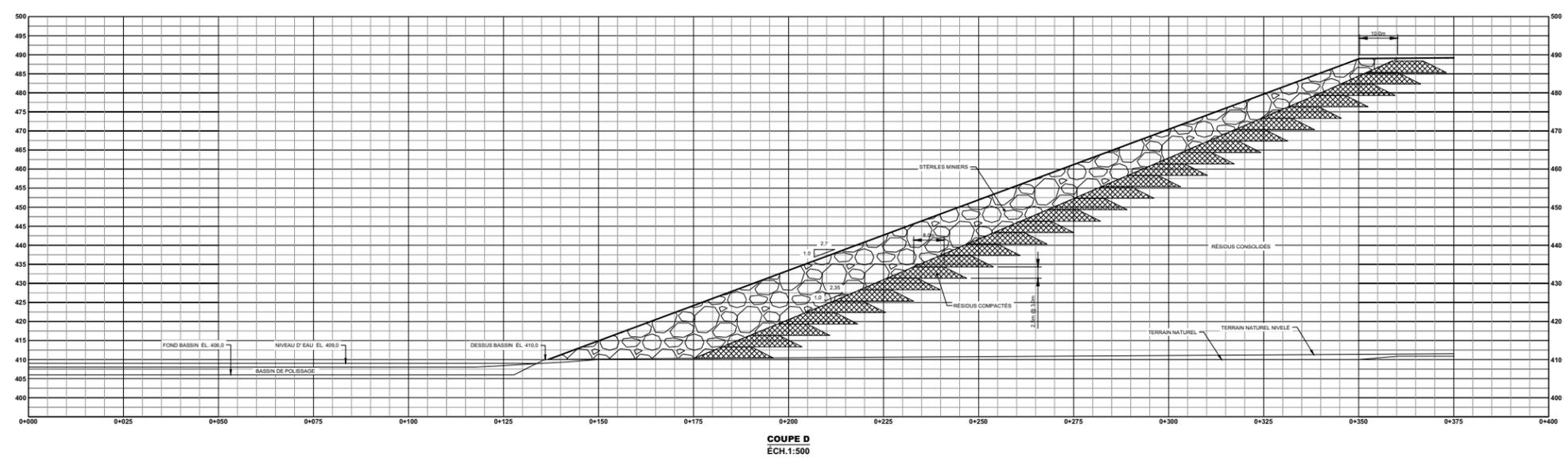
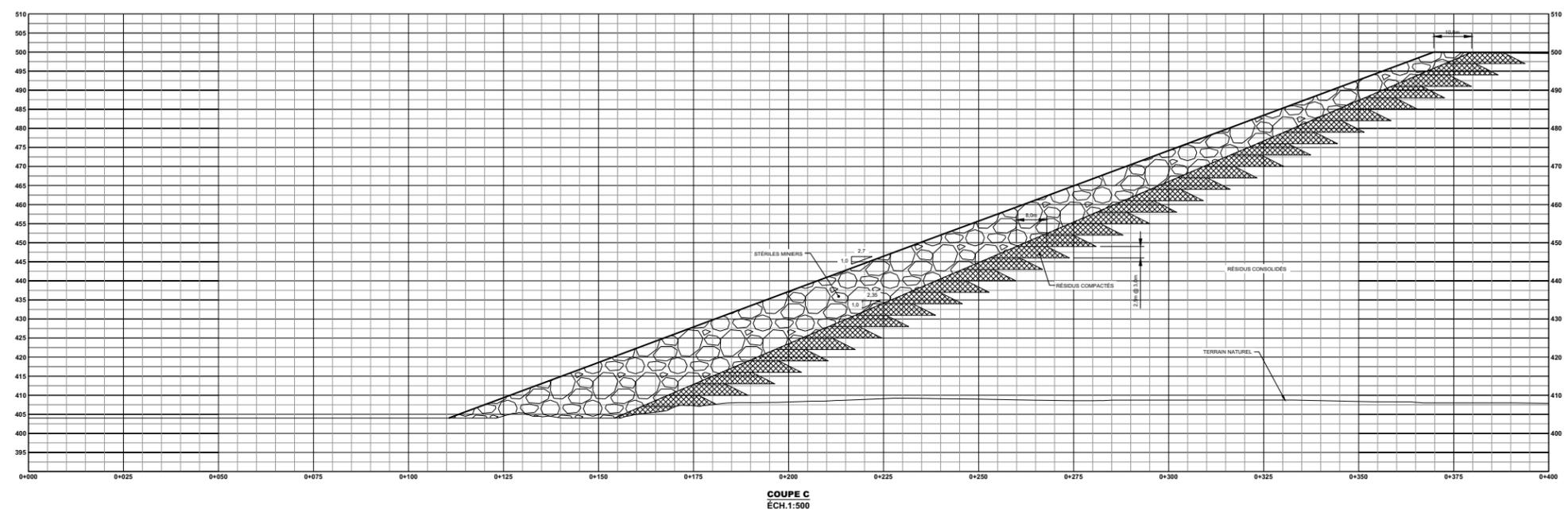
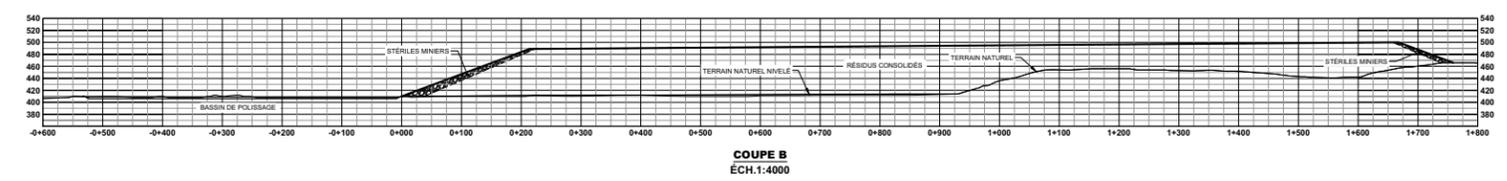
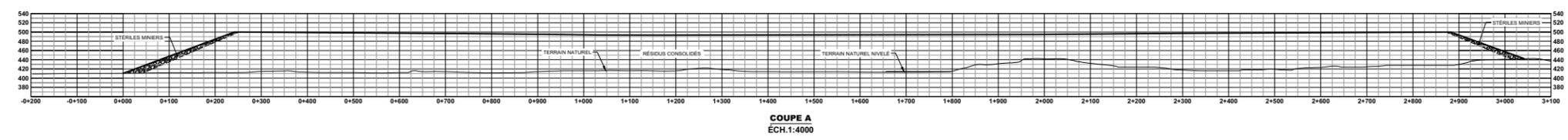


## Annexe 5

Plans du parc à résidus



CE DOCUMENT INGÉNIERIE EST LA PROPRIÉTÉ DE LVM ET EST PROTÉGÉ PAR LA LOI. IL EST DESTINÉ EXCLUSIVEMENT AUX FINS QUI Y SONT MENTIONNÉES. TOUTE REPRODUCTION OU ADAPTATION, PARTIELLE OU TOTALE, EN EST STRICTEMENT INTERDITE SANS AVOIR PRÉALABLEMENT OBTENU L'AUTORISATION ÉCRITE DE LVM.



**CE DOCUMENT NE DOIT PAS ÊTRE UTILISÉ À DES FINS DE SOUMISSION OU DE CONSTRUCTION**

REV.	A.M.	J.	DATE	DESCRIPTION	Préparé (Nom)	Par
ÉMISSIONS / RÉVISIONS						

TOUTES LES DIMENSIONS DEVRONT ÊTRE PRISES ET VÉRIFIÉES AVANT DE COMMENCER LES TRAVAUX

**LVM inc.**  
**EN PRÉPARATION**  
DATE: 2013-01-25

**RESSOURCES D'ARIANNE INC.**

**NOUVELLE MINE  
LAC À PAUL**

**PARC À RÉSIDUS ET  
BASSIN DE POLISSAGE  
COUPES**

**LVM inc.**  
1306, boulevard Saint-Paul  
Chicoutimi (Québec) G7J 1Y2  
Téléphone : 418-686-8427  
Téléfax : 418-543-8812

Préparé: <b>Eric Bordeleau, tech.</b>	Discipline: <b>GÉOTECHNIQUE</b>
Dessiné: <b>Eric Bordeleau, tech.</b>	Échelle: <b>1:4000</b>
Vérifié: <b>Nancy Verreault, ing.</b>	Date: <b>2013-01-22</b>

Chargé de projet: **Nancy Verreault, ing.**      N° de séquence: **dc**

Doc. no.	Projet	On	Doc.	Type	N° Doc.	Révis.
<b>025</b>	<b>P0001126</b>	<b>103</b>	<b>GE</b>	<b>D</b>	<b>0002</b>	<b>0A</b>



CE DOCUMENT D'INGÉNIERIE EST LA PROPRIÉTÉ DE LVM ET EST PROTÉGÉ PAR LA LOI. IL EST DESTINÉ EXCLUSIVEMENT AUX FINS QU'Y SONT MENTIONNÉES. TOUTE RÉPLICATION OU ADAPTATION PARTIELLE OU TOTALE EN EST STRICTEMENT PROHIBÉE SANS AVOIR PRÉALABLEMENT OBTENU L'AUTORISATION ÉCRITE DE LVM.

<p>CE DOCUMENT NE DOIT PAS ÊTRE UTILISÉ À DES FINS DE SOUMISSION OU DE CONSTRUCTION</p>		
REV.	A.S.-1 DATE	DESCRIPTION ÉMISSIONS / RÉVISIONS
TOUTES LES DIMENSIONS DEVONT ÊTRE PRÉCISÉES ET VÉRIFIÉES AVANT ET PENDANT LES TRAVAUX.		

<p>LVM inc. <b>EN PRÉPARATION</b> DATE: 2013/06/11</p>		
<p><b>RESSOURCES D'ARIANNE INC.</b></p>		

<p><b>NOUVELLE MINE LAC À PAUL</b></p>		
<p>PARC À RÉSIDUS ANNÉE 1 À L'ÉLEVATION 416m ET BASSIN DE POLISSAGE VUE EN PLAN ET SECTION</p>		

<p><b>LVM</b> LVM inc. 1301, boul. Saint-Paul Châteauguay (Québec) J7J 1P1 Téléphone : 418 699 6822 Télécopieur : 418 699 6823</p>		
<p>Préparé par: <b>B. Thibaut</b>, tech. Dessiné par: <b>B. Thibaut</b>, tech. Vérifié par: <b>Nancy Verreault</b>, ing.Chargé de projet: <b>Nancy Verreault</b>, ing.</p>	<p>Discipline: <b>GÉOTECHNIQUE</b> Échelle: <b>1:4000</b> Date: <b>2013-01-22</b> N° de version: <b>01 de 08</b></p>	<p>Projet: <b>153 P-001126</b> Phase: <b>0101</b> Type: <b>103</b> Système: <b>GE</b> Dossier: <b>D 0001</b> Revisé: <b>0A</b></p>

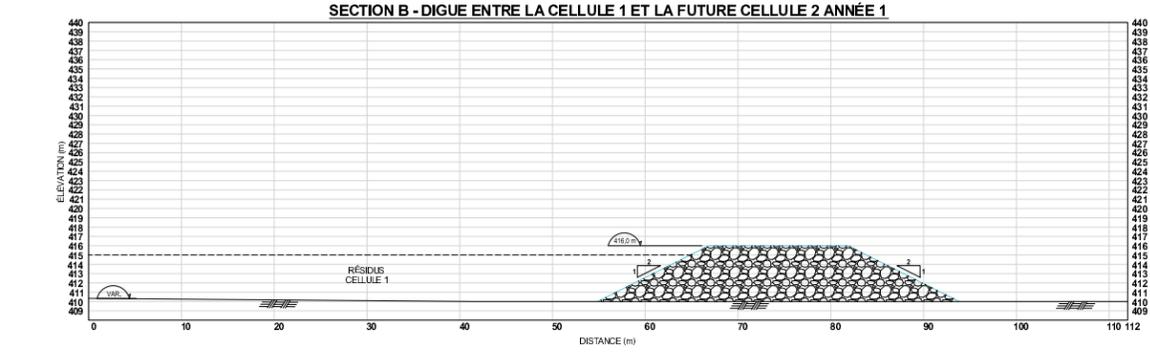
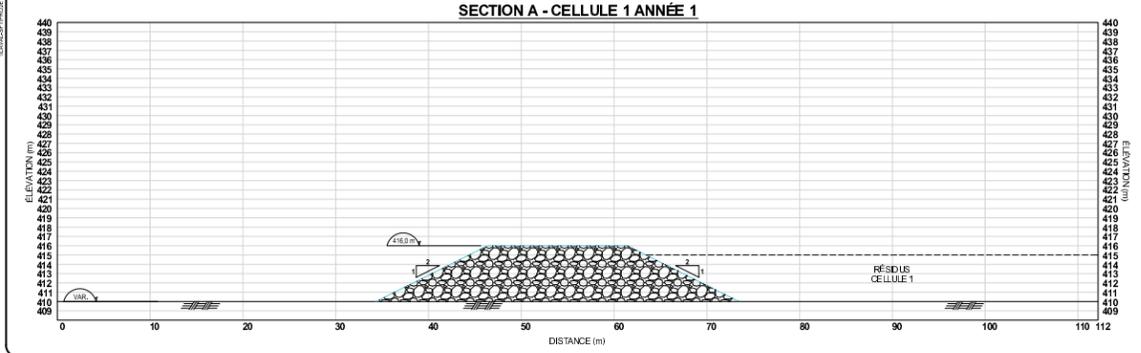
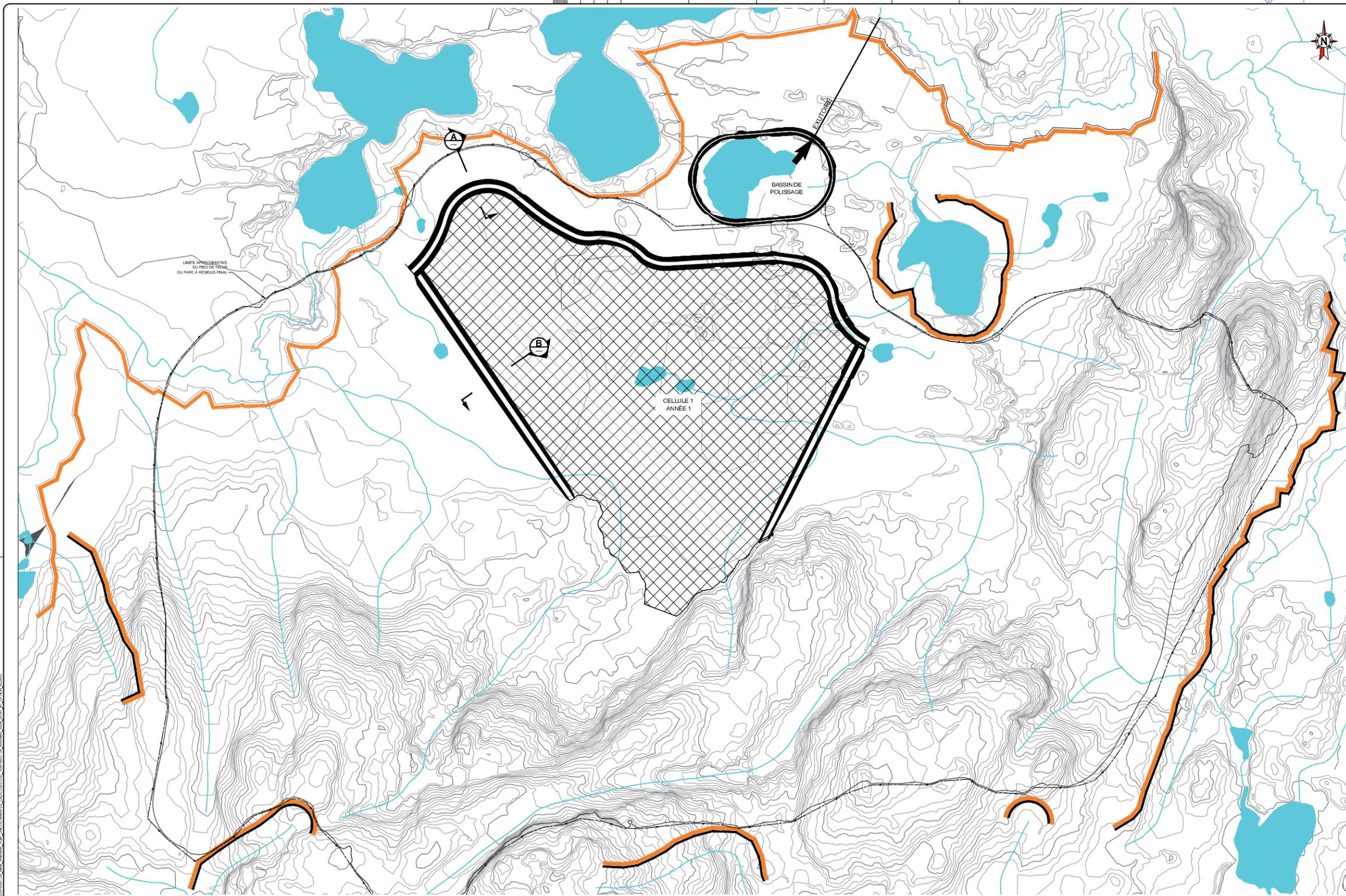
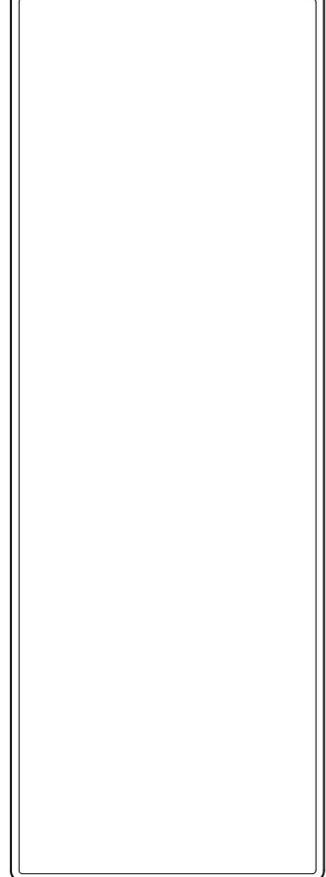


Figure 4-15 Parc à résidus - première année



CE DOCUMENT D'INGÉNIERIE EST LA PROPRIÉTÉ DE LVM ET EST PROTÉGÉ PAR LA LOI. IL EST DESTINÉ EXCLUSIVEMENT AUX FINS QU'IL Y SONT MENTIONNÉES. TOUTE RÉPLICATION OU ADAPTATION PARTIELLE OU TOTALE EN EST STRICTEMENT PROHIBÉE SANS AVOIR PRÉALABLEMENT OBTENU L'AUTORISATION ÉCRITE DE LVM.



**CE DOCUMENT NE DOIT PAS ÊTRE UTILISÉ À DES FINS DE SOUMISSION OU DE CONSTRUCTION**

REV.	A.S. / DATE	DESCRIPTION	Projet	Validé Par
		ÉMISSIONS / RÉVISIONS		

TOUTES LES DIMENSIONS SONT EN MÉTRÉS. VÉRIFIER AVANT ET PENDANT LES TRAVAUX.

LVM inc.  
**EN PRÉPARATION**  
DATE: 2013/06/11

**RESSOURCES D'ARIANNE INC.**

**NOUVELLE MINE LAC À PAUL**  
PARC À RÉSIDUS ANNÉE 2 À L'ÉLEVATION 418m ET BASSIN DE POLISSAGE VUE EN PLAN ET SECTIONS

**LVM** LVM inc.  
1301, boul. Saint-Paul  
Châteauguay (Québec) J7J 1P1  
Téléphone: 418 699 6812  
Télécopieur: 418 699 6812

Préparé par: <b>B. Thibaut</b> , tech.	Discipline: <b>GÉOTECHNIQUE</b>
Dessiné par: <b>B. Thibaut</b> , tech.	Échelle: <b>1:4000</b>
Vérifié par: <b>Nancy Verreault</b> , ing.	Date: <b>2013-01-22</b>
Charge de projet: <b>Nancy Verreault</b> , ing.	N° de version: <b>02 de 08</b>

Projet: **153 P-001126** | Plan: **01** | Date: **103** | Type: **GE** | Rev: **D** | N° de dessin: **0002** | Rev: **0A**

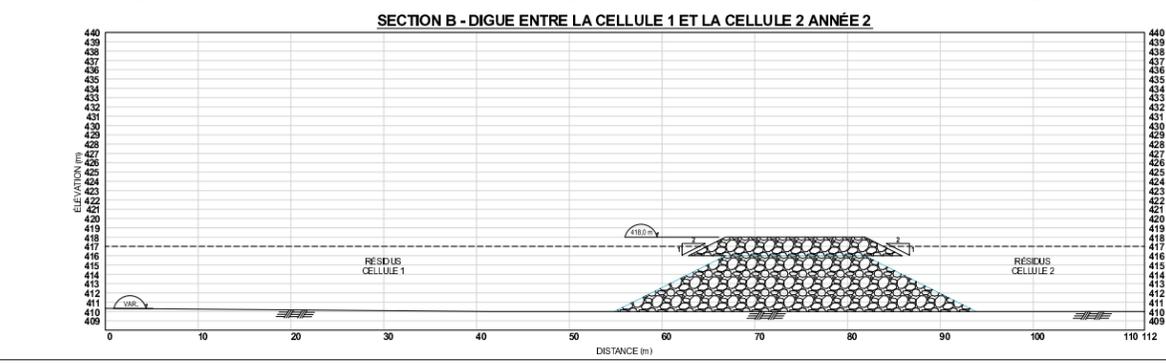
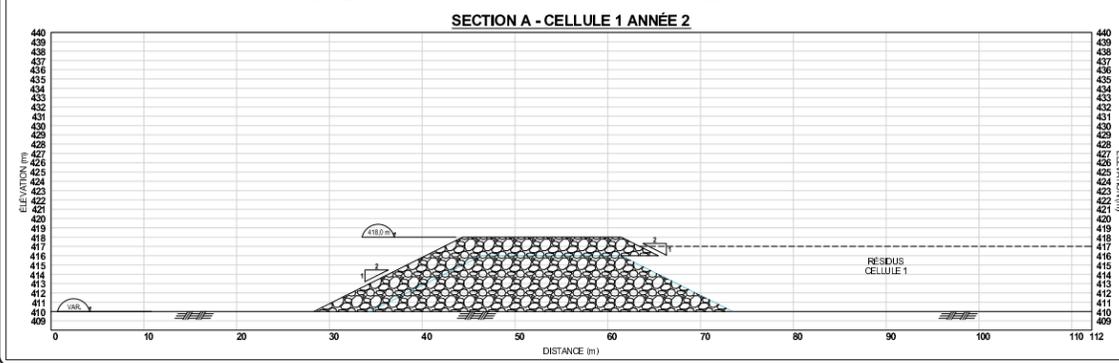


Figure 4-16 Parc à résidus - deuxième année



## Annexe 6

### Coûts de restauration



## ANNEXE 6-1

### Coûts de restauration pour les aires d'accumulation et le suivi environnemental

#### Plan de restauration du projet de mine d'apatite du lac à Paul

N/Ref : 121-26570-00

Item	Description	Unité	Prix unitaire	Quantité prévue	Montant calculé
<b>1</b>	<b>HALDE À STÉRILE ET À MINERAI BASSE TENEUR</b>				
1,1	Halde à stériles et à minerai basse teneur - remblai sol organique 15 cm	m <sup>2</sup>	1,05 \$	6 937 600	7 284 480 \$
1,2	Halde à stériles et à minerai basse teneur - revégétalisation	m <sup>2</sup>	1,05 \$	6 937 600	7 284 480 \$
1,3	Bassins d'accumulation (5) - démantèlement, nivellement, remblai sol organique et revégétalisation	m <sup>2</sup>	4,00 \$	100 000	400 000 \$
1,4	Haldes de dépôts meubles (6) - nivellement et revégétalisation	m <sup>2</sup>	2,50 \$	538 900	1 347 250 \$
	<b>Sous-total (1)</b>				<b>16 316 210 \$</b>
	Ingénierie et gestion des travaux (10%)				1 631 621 \$
	Contingence (10% sous-total + ingénierie)				1 794 783 \$
	<b>TOTAL (1)</b>				<b>19 742 614 \$</b>
<b>2</b>	<b>PARC À RÉSIDUS</b>				
2,1	Remblai sol organique - 15 cm	m <sup>2</sup>	0,90 \$	5 286 900	4 758 210 \$
2,2	Ensemencement hydraulique	m <sup>2</sup>	1,05 \$	5 286 900	5 551 245 \$
2,3	Bassin de polissage - démantèlement, remblai sol organique et revégétalisation	m <sup>2</sup>	4,00 \$	366 200	1 464 800 \$
	<b>Sous-total (2)</b>				<b>11 774 255 \$</b>
	Ingénierie et gestion des travaux (10%)				1 177 426 \$
	Contingence (10% sous-total + ingénierie)				1 295 168 \$
	<b>TOTAL (2)</b>				<b>14 246 849 \$</b>
<b>3</b>	<b>SURVEILLANCE ET SUIVI</b>				
3,1	Surveillance et suivi annuel - an 0 à 5	an	30 000,00 \$	5	150 000 \$
3,2	Surveillance et suivi annuel - an 6 à 10	an	17 000,00 \$	5	85 000 \$
	<b>Sous-total (3)</b>				<b>85 000 \$</b>
	Ingénierie et gestion des travaux (10%)				8 500 \$
	Contingence (10% sous-total + ingénierie)				9 350 \$
	<b>TOTAL (3)</b>				<b>102 850 \$</b>
	<b>TOTAL (1 + 2 + 3)</b>				<b>34 092 313 \$</b>

## ANNEXE 6-2

### Coûts de restauration pour le complexe minier et les infrastructures connexes

#### Plan de restauration du projet de mine d'apatite du lac à Paul

N/Ref : 121-26570-00

Item	Description	Unité	Prix unitaire	Quantité prévue	Montant calculé
<b>4</b>	<b>USINE ET DE SURFACE</b>				
4,1	Complexe minier - démantèlement de l'usine de traitement du minerai	m <sup>2</sup>	92,00 \$	18 980	1 746 160 \$
4,2	Complexe minier - démantèlement des infrastructures connexes	m <sup>2</sup>	67,00 \$	19 810	1 327 270 \$
4,3	Complexe minier - terre végétale et ensemencement	m <sup>2</sup>	2,50 \$	184 870	462 175 \$
4,4	Secteur de concassage - démantèlement garage, bâtiment de concassage et convoyeur	m <sup>2</sup>	67,00 \$	9 850	659 950 \$
4,5	Secteur de concassage - réservoirs pétroliers	réservoir	6 500 \$	6	39 000 \$
4,6	Secteur de concassage - terre végétale et ensemencement	m <sup>2</sup>	2,50 \$	28 970	72 425 \$
4,7	Secteur de concassage - bassins de rétention - démantèlement, nivellement, remblai sol organique et revégétalisation	m <sup>2</sup>	4,00 \$	3 730	14 920 \$
4,8	Campement - démantèlement des bâtiments	m <sup>2</sup>	25,00 \$	10 280	257 000 \$
4,9	Campement - démantèlement des ouvrages connexes	m <sup>2</sup>	67,00 \$	440	29 480 \$
4,10	Campement - terre végétale et ensemencement	m <sup>2</sup>	2,50 \$	51 630	129 075 \$
4,11	Campement - bassins de rétention - démantèlement, nivellement, remblai sol organique et revégétalisation	m <sup>2</sup>	4,00 \$	7 190	28 760 \$
4,12	Sites de préparation et d'entreposage d'explosif - démantèlement	m <sup>2</sup>	46,00 \$	10 820	497 720 \$
4,13	Sites de préparation et d'entreposage d'explosif - terre végétale et ensemencement	m <sup>2</sup>	2,50 \$	10 820	27 050 \$
4,14	Sites de préparation et d'entreposage d'explosif - bassins de rétention - démantèlement, nivellement, remblai sol organique et revégétalisation	m <sup>2</sup>	4,00 \$	360	1 440 \$
4,15	Autres bassins - démantèlement, nivellement, remblai sol organique et revégétalisation	m <sup>2</sup>	4,00 \$	5 600	22 400 \$
4,16	Conduites d'eau sanitaire - démantèlement	m. lin	31,00 \$	950	29 450 \$
4,17	Conduite de résidus miniers - démantèlement	m. lin	31,00 \$	2 530	78 430 \$
4,18	Conduite prise d'eau - démantèlement	m. lin	31,00 \$	2 460	76 260 \$
4,19	Chemin reliant la fosse à la halde à stériles - scarification	m <sup>2</sup>	0,80 \$	66 000	52 800 \$
4,20	Chemin d'accès aux sites de préparation et d'entreposage des explosifs - scarification	m <sup>2</sup>	0,80 \$	16 700	13 360 \$
4,21	Chemin reliant la fosse au complexe industriel - scarification	m <sup>2</sup>	0,80 \$	30 000	24 000 \$
4,22	Chemin reliant le secteur du concasseur à la prise d'eau et au campement- scarification	m <sup>2</sup>	0,80 \$	39 000	31 200 \$
4,23	Chemin reliant le secteur du concasseur au complexe industriel	m <sup>2</sup>	0,80 \$	8 650	6 920 \$
4,24	Chemin d'accès au lieu d'enfouissement	m <sup>2</sup>	0,80 \$	7 800	6 240 \$
4,25	Chemin reliant le complexe industriel au parc à résidus miniers - scarification	m <sup>2</sup>	0,80 \$	22 800	18 240 \$
	<b>Sous-total (4)</b>				<b>5 651 725 \$</b>
	Ingénierie et gestion des travaux (10%)				565 173 \$
	Contingence (10% sous-total + ingénierie)				621 690 \$
	<b>TOTAL (4)</b>				<b>6 838 587 \$</b>

**ANNEXE 6-3**  
**Coûts des autres activités de restauration**

**Plan de restauration du projet de mine d'apatite du lac à Paul**  
N/Ref : 121-26570-00

Item	Description	Unité	Prix unitaire	Quantité prévue	Montant calculé
<b>5</b>	<b>AUTRES</b>				
5,1	Sécurisation de la fosse à l'aide d'un merlon fait de roches stériles	m.lin	8,50 \$	6 070	51 595 \$
5,2	Provision pour sols contaminés	Forfait	500 000 \$	1	500 000 \$
5,3	Restauration des bancs d'emprunt	m <sup>2</sup>	2,50 \$	159 690	399 225 \$
5,4	Lieu d'enfouissement	Forfait	30 000 \$	1	30 000 \$
	<b>Sous-total (5)</b>				<b>980 820 \$</b>
	Ingénierie et gestion des travaux (10%)				98 082 \$
	Contingence (10% sous-total + ingénierie)				107 890 \$
	<b>TOTAL (5)</b>				<b>1 186 792 \$</b>

