



Novembre 2014

# ÉTUDE DE MODÉLISATION HYDROGÉOLOGIQUE DES IMPACTS POTENTIELS SUR LA QUALITÉ DE L'EAU SOUTERRAINE DU PROLONGEMENT DE LA HALDE À STÉRILES ET DU PARC À RÉSIDUS, MINE CANADIAN MALARTIC, QUÉBEC

**Présenté à:**

Denis Cimon  
Canadian Malartic GP  
100, chemin du Lac Mourier  
Malartic (Québec) J0Y 1Z0

RAPPORT



**Numéro de projet: 062-13-1221-0020-2020-Rev1**

**Distribution:**

1 version électronique : Canadian Malartic GP,  
Malartic, Québec  
1 exemplaire : Golder Associés Ltée, Montréal,  
Québec





## Table des matières

<b>1.0</b>	<b>INTRODUCTION.....</b>	<b>1</b>
1.1	Mise en contexte.....	1
1.2	Objectifs et mandat.....	1
<b>2.0</b>	<b>ÉTUDES ANTÉRIEURES.....</b>	<b>2</b>
<b>3.0</b>	<b>CONTEXTE HYDROGÉOLOGIQUE.....</b>	<b>3</b>
3.1	Contexte géologique.....	3
3.2	Unités hydrostratigraphiques.....	5
3.3	Conductivités hydrauliques des matériaux en place.....	8
3.4	Écoulement de l'eau souterraine.....	8
3.5	Classification des eaux souterraines.....	9
3.6	Identification des critères de qualité de l'eau souterraine applicables.....	10
<b>4.0</b>	<b>MODÈLE CONCEPTUEL.....</b>	<b>10</b>
4.1	Unités hydrostratigraphiques représentant la géologie du secteur.....	10
4.2	Aires d'accumulation et infrastructures connexes projetées.....	11
4.3	Description du système d'écoulement souterrain modélisé.....	12
4.4	Identification des contaminants d'intérêt.....	13
<b>5.0</b>	<b>MODÈLE NUMÉRIQUE.....</b>	<b>14</b>
5.1	Logiciel de modélisation employé.....	15
5.2	Construction du maillage et conditions limites.....	15
5.3	Paramètres hydrauliques du modèle.....	17
5.4	Définition de la source de contaminant.....	19
5.5	Coefficient de retard, de dispersion et de dégradation.....	19
5.6	Calage du modèle numérique d'écoulement – conditions naturelles.....	21
<b>6.0</b>	<b>RESULTATS DE MODELISATION.....</b>	<b>22</b>
6.1	Simulations prédictives.....	23
6.2	Analyse de sensibilité.....	24
6.2.1	Analyse de sensibilité – constante de dégradation.....	25
6.2.2	Analyse de sensibilité – conductivité hydraulique du remblai de fondation.....	27



---

## MODÉLISATION DE LA QUALITÉ DE L'EAU SOUTERRAINE - EXTENSION CANADIAN MALARTIC

---

6.2.3	Analyse de sensibilité – Infiltration au niveau des résidus épaisés .....	28
6.3	Limites du modèle.....	31
<b>7.0</b>	<b>CONCLUSIONS.....</b>	<b>32</b>
<b>8.0</b>	<b>RÉFÉRENCES.....</b>	<b>35</b>



## TABLEAUX (DANS LE TEXTE)

Tableau 1: Caractéristiques des unités hydrostratigraphiques du secteur du prolongement des aires d'accumulation.....	7
Tableau 2: Conductivités hydrauliques des principaux matériaux en place .....	8
Tableau 3: Paramétrage du modèle - Cas de base.....	18
Tableau 4: Paramétrage du modèle de Van Genuchten modifié appliqué aux différentes unités hydrostratigraphiques.....	19
Tableau 5: Sommaire des propriétés de transport des contaminants .....	20

## FIGURES (DANS LE TEXTE)

Figure 1: Comparaison entre les charges hydrauliques mesurées et simulées - modèle d'écoulement calé.....	22
Figure 2: Variation temporelle des concentrations en cyanures totaux dans l'aquifère de roc – cas de base.....	24
Figure 3: Variation temporelle des concentrations en cyanures totaux dans l'aquifère de roc – scénario #1 : $\lambda = 0$ .....	26
Figure 4: Variation temporelle des concentrations en cyanures totaux dans l'aquifère de roc – scénario #2 : $\lambda = 1 \times 10^{-5} \text{ 1/j}$ .....	27
Figure 5: Variation temporelle des concentrations en cyanures totaux dans l'aquifère de roc – scénario #3 : $K_{\text{remblai de fondation}} \times 10$ .....	29
Figure 6: Variation temporelle des concentrations en cyanures totaux dans l'aquifère de roc – scénario #4 : Recharge X 2.....	30
Figure 7: Variation temporelle des concentrations en cyanures totaux dans l'aquifère de roc – scénario #5 : Recharge / 2.....	31

## PLANS (APRÈS LE TEXTE)

- Plan 1 : Localisation des aménagements projetés
- Plan 2 : Carte des dépôts meubles (Commission Géologique du Canada)
- Plan 3 : Interprétation de l'épaisseur des sols cohérents de la piézométrie du roc et localisation de la coupe modélisée
- Plan 4 : Coupe stratigraphique le long de l'axe modélisé
- Plan 5 : Maillage d'éléments finis utilisé pour le modèle bidimensionnel en coupe

## ANNEXES

### ANNEXE A

Rapport de caractérisation de l'eau interstitielle des résidus de la mine Canadian Malartic

### ANNEXE B

Conditions générales et limitations – Modélisation numérique





## 1.0 INTRODUCTION

À titre d'information, il est important de souligner que des changements importants sont survenus en juin 2014 au niveau de la gestion de la mine Canadian Malartic à Malartic, Québec. En effet, le 16 juin 2014, Mines Agnico Eagle Limitée (AEM) et Yamana Gold Inc. (Yamana) annonçaient l'acquisition (50%-50%) de la plupart des actifs de Corporation Minière Osisko (Osisko). Dans le cadre de cette acquisition, un partenariat dénommé Canadian Malartic GP (CMGP) a été créé pour assurer la gestion des actifs de la mine Canadian Malartic (la Mine). Il est donc important pour éviter toute forme de confusion que toutes documentations après le 15 juin 2014 se réfèrent à Canadian Malartic GP, tandis que celles d'avant le 16 juin 2014 doivent se référer à Corporation Minière Osisko.

### 1.1 Mise en contexte

Dans le cadre du projet de l'extension de la Mine (Extension Canadian Malartic), CMGP souhaite prolonger le parc à résidus ainsi que la halde à stériles vers l'est, tel qu'illustré sur le plan 1 à la fin du texte. Ce prolongement permettrait d'accumuler de façon permanente les résidus épaissis et stériles principalement générés par l'Extension Canadian Malartic. Selon la Directive 019 (MDDEP, 2012), la gestion de stériles ou de résidus miniers qui ne sont pas à « faibles risques » doit inclure des mesures de protection des eaux souterraines qui permettront de respecter les objectifs de protection de celles-ci. Un aménagement minier à risque, comme un parc à résidus, doit être aménagé et exploité de manière à éviter toute dégradation significative de la qualité de l'eau souterraine pendant et après son exploitation.

Afin d'assurer le respect des objectifs de protection des eaux souterraines, Golder Associés Ltée (Golder) a réalisé une étude hydrogéologique du secteur visé par les aménagements proposés. Cette étude s'insère dans le processus d'évaluation des mesures d'étanchéité qui doivent être appliquées pour la protection des eaux souterraines selon la Directive 019.

### 1.2 Objectifs et mandat

L'objectif de l'étude hydrogéologique est de déterminer si le prolongement du parc à résidus épaissis et de la halde à stériles, et le mode de gestion de ces matériaux, permettront de respecter les objectifs de protection des eaux souterraines. Cette étude cible de façon spécifique les objectifs suivants :

- 1) Simuler l'écoulement et le transport de contaminants dans l'eau souterraine à l'aval des aires d'accumulation projetées;
- 2) Évaluer la qualité de l'eau souterraine à l'aval des aires d'accumulation en regard des objectifs de protection édictés par le MDDELCC<sup>1</sup>;
- 3) Valider l'efficacité des mesures de protection de l'eau souterraine envisagées.

L'étude hydrogéologique réalisée dans le cadre du prolongement du parc à résidus et de la halde à stériles vers l'est s'insère à l'intérieur d'un processus global d'études visant l'investigation des conditions de terrain, la caractérisation des matériaux devant être accumulés et la conception des aires d'accumulation et ouvrages connexes projetés. Elle s'inscrit par ailleurs dans la continuité de l'étude hydrogéologique réalisée en 2009-

<sup>1</sup> MDDELCC : ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques du Québec, anciennement connu comme le ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs (MDDEFP), le ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs du Québec (MDDEP), le ministère de l'Environnement du Québec (MENV) ou le ministère de l'Environnement et de la Faune du Québec (MEF)



2010 afin d'évaluer les impacts potentiels du parc à résidus miniers du projet Canadian Malartic d'origine sur la qualité de l'eau souterraine (Golder 2009c, 2010).

L'approche mise de l'avant dans le cadre de la présente étude de modélisation a consisté à concevoir un modèle conceptuel permettant de représenter l'écoulement de l'eau souterraine et le transport de contaminants dans le secteur du prolongement du parc à résidus et de la halde à stériles. Le modèle conceptuel a ensuite été transposé dans une forme numérique à l'intérieur d'un logiciel de modélisation hydrogéologique. Le modèle numérique d'écoulement ainsi créé a ensuite été calé à l'aide de simulations en conditions naturelles, c'est-à-dire sans les aménagements proposés. L'intégration de ces aménagements à l'intérieur du modèle numérique a permis de simuler le transport de contaminants dans l'eau souterraine et la détermination prédictive de la qualité de l'eau souterraine à l'aval des aires d'accumulations projetées. La sensibilité du modèle numérique, et donc la variabilité des résultats obtenus, a par la suite été évaluée.

Le présent rapport expose l'ensemble du processus réalisé dans le cadre de l'étude de modélisation, incluant les résultats obtenus, ainsi que les conclusions et recommandations tirées de ceux-ci. Les conditions générales ainsi que les limitations à la présente étude sont exposées à l'Annexe A.

## 2.0 ÉTUDES ANTÉRIEURES

Préalablement à la mise en production de la Mine, des études et investigations approfondies ont été réalisées afin d'évaluer l'impact potentiel de l'accumulation des résidus épaissis devant être générés par la Mine sur la qualité de l'eau souterraine circulant dans l'aquifère de roc fracturé (Golder, 2009a, 2009b, 2009c, 2010). L'objectif était d'entreposer les résidus épaissis générés par la Mine sur les résidus existants du parc à résidus de la East Malartic et donc de les recouvrir et restaurer un site orphelin. Il est important de mentionner que certains des anciens résidus ont été produits dans le passé par de l'usinage à façon de minerais provenant de l'extérieur de la propriété Canadian Malartic et que certains des anciens résidus sont acidogènes. Cette approche avait notamment l'avantage de permettre le recouvrement de résidus existants acidogènes, et par le fait même d'augmenter le niveau de la nappe et diminuer l'accès à l'oxygène pour ainsi réduire significativement l'acidification de ces anciens résidus et donc ultimement minimiser le potentiel de contamination de l'eau souterraine. Les études et investigations ciblaient donc spécifiquement les zones recouvertes par les résidus existants, où il était prévu de mettre en place les résidus épaissis produits par l'exploitation de la Mine.

Des études et investigations ont également visé l'évaluation de l'impact potentiel de l'emménagement temporaire des eaux de contact à l'intérieur du bassin Sud-est qui était projeté, sur la qualité de l'eau souterraine de l'aquifère de roc (Golder, 2009d, 2009e).

Dans un premier temps, l'impact potentiel a été évalué sur une base conceptuelle (Golder, 2009c). L'information historique sur les résidus déjà produits et entreposés de même que les données géochimiques obtenues des essais sur les futurs résidus ont montré que ces derniers présentaient un faible risque d'impact pour la qualité de l'eau souterraine. Le contexte hydrogéologique prévalant au droit de l'emplacement retenu pour l'implantation du parc à résidus s'avérait également favorable. En effet, la présence de dépôts meubles de faible perméabilité allait permettre de limiter les exfiltrations du parc à résidus et du bassin Sud-est projetés vers l'eau souterraine du roc.

Dans un second temps, l'évaluation de l'impact potentiel des aires d'accumulation projetées (parc à résidus et de la halde à stériles) sur la qualité de l'eau souterraine portait sur la quantification des débits d'exfiltration



attendus vers l'aquifère de roc. L'application d'une solution analytique a permis de montrer que le taux d'exfiltration attendu au niveau du bassin Sud-est respectait le débit de 3,3 l/m<sup>2</sup>/j spécifié dans la Directive 019 pour une protection de Niveau A (Golder, 2009d). Une conclusion similaire a été atteinte pour l'évaluation du taux d'exfiltration attendu entre le parc à résidus et l'aquifère de roc (Golder, 2009a). Dans ce cas, une approche de modélisation numérique de l'écoulement à travers le profil vertical a permis de montrer que le taux d'exfiltration moyen attendu entre le parc à résidus et l'aquifère de roc variait entre 0,05 l/m<sup>2</sup>/j et 0,60 l/m<sup>2</sup>/j, alors que le taux maximal variait entre 0,19 l/m<sup>2</sup>/j et 1,41 l/m<sup>2</sup>/j.

La modélisation du transport de solutés à travers le substrat du parc à résidus et du bassin Sud-est a été entreprise dans un troisième temps, afin de vérifier le respect des objectifs de protection de l'eau souterraine (Golder, 2009e, 2010). Un modèle numérique a permis de simuler l'évolution des solutés dans l'eau souterraine en fonction du temps, le long d'une coupe représentative des conditions d'écoulement sous le parc à résidus devant accueillir les nouveaux résidus épaissis. Les résultats ont montré qu'aucun dépassement des critères de qualité applicables n'était prédit à 300 m à l'aval hydraulique du parc à résidus, pour l'un ou l'autre des solutés investigués. Une conclusion similaire a été tirée de la modélisation de la migration de solutés sous le bassin Sud-est (Golder, 2009e).

Ces études et investigations ont montré le fait que l'accumulation de résidus épaissis, de même que l'emmagasinement d'eau de contact, ne risquait pas d'engendrer un impact significatif sur la qualité de l'eau souterraine dans l'aquifère de roc. De façon globale, les matériaux géologiques en place au droit des infrastructures projetées offraient un degré d'étanchéité suffisant pour limiter l'infiltration à travers le substrat, ainsi que la migration des solutés vers l'aval, à des niveaux inférieurs aux seuils limites recommandés par le MDDELCC.

Les études hydrogéologiques spécifiquement reliées au secteur du prolongement du parc à résidus et de la halde à stériles ont d'abord consisté en une évaluation de l'état de référence des eaux souterraines au droit, et à l'aval des empreintes prévues (Golder, 2014a). Cette évaluation a permis de définir le contexte hydrogéologique local, décrit de façon détaillée à la section suivante. Elle a également mené à la caractérisation de la qualité des eaux souterraines prévalant avant le prolongement des aires d'accumulation. Par la suite, une évaluation du débit de percolation quotidien anticipé sous les aires d'accumulation en question a été réalisée (Golder, 2014b). Cette évaluation a montré que le débit de percolation anticipé était inférieur au débit quotidien maximal de percolation de 3,3 l/m<sup>2</sup> établi dans la Directive 019 en tout point du prolongement de la halde à stériles. Elle a par ailleurs montré que le débit de percolation anticipé était supérieur à cette valeur maximale en certaines zones situées au droit du prolongement du parc à résidus. Il a été conclu que le substrat de ces zones allait devoir être amélioré au moment de la construction du prolongement, afin de respecter le débit quotidien maximal de percolation de 3,3 L/m<sup>2</sup>.

### 3.0 CONTEXTE HYDROGÉOLOGIQUE

#### 3.1 Contexte géologique

##### *Dépôts meubles naturels*

Les secteurs où s'insère le prolongement du parc à résidus et de la halde à stériles de l'Extension Canadian Malartic sont principalement caractérisés par la présence de dépôts dont l'origine remonte à la dernière glaciation. Le plan 2 présente la cartographie des dépôts de surface pour l'ensemble de la propriété de CMGP,



incluant les secteurs du prolongement du parc à résidus et de la halde à stériles. Les dépôts rencontrés se divisent essentiellement en trois types distincts, soit : le till, les dépôts d'origine fluvioglaciaire et les dépôts d'origine glaciolacustre. Selon les informations provenant des travaux d'investigation ainsi que de la littérature, ces unités sont spatialement hétérogènes et d'épaisseur variable. Aucune de ces unités n'est présente en continu sur la zone à l'étude.

L'unité à la base de la stratigraphie est le till. Il s'agit d'un dépôt résultant de l'érosion et du transport de sédiments par les glaciers. Sur la propriété, le till est principalement présent sur les hauts topographiques (ou collines) et son épaisseur est généralement de moins d'un mètre à ces endroits. Les portions inférieures des pentes des collines sont généralement couvertes par un dépôt continu de till d'épaisseur généralement de plus d'un mètre, alors que dans les portions supérieures et sur les sommets, la couverture de till est discontinue et d'une épaisseur inférieure à un mètre. Les discontinuités du till au niveau de ces formes de relief ont pour conséquence d'exposer le roc à la surface.

Le retrait glaciaire a mis en place des dépôts fluvioglaciaires, principalement sous la forme d'eskers, qui sont présents dans la région. Ceux-ci sont principalement composés de sable et de gravier. Des dépôts correspondant vraisemblablement à des segments d'esker ou à des zones d'épandage fluvioglaciaire sont localement en place dans le secteur du prolongement du parc à résidus et de la halde à stériles. Ces dépôts forment des structures plus ou moins allongées et étroites, dont l'expression en surface crée une morphologie convexe.

Les dépôts glaciolacustres sont les sédiments en suspension qui étaient présents dans le lac Barlow-Ojibway et qui se sont déposés sur les terres immergées. Les dépôts typiques d'un environnement glaciolacustre sont les argiles varvées composées de couches estivales en alternance avec les couches hivernales. La couche estivale est généralement plus épaisse, à granulométrie plus grossière, silteuse et de couleur plus claire. La couche hivernale est moins épaisse, à granulométrie plus fine, argileuse et de couleur plus foncée. Les dépôts glaciolacustres ont une épaisseur variable qui peut atteindre plus de dix mètres dans le secteur du prolongement des aires d'accumulations.

À la suite du retrait du lac Barlow-Ojibway, les dépôts glaciolacustres ont été mis à découvert. C'est à ce moment que s'est développé le système de drainage suivant la pente du terrain. Les dépôts mis en place par le développement du système de drainage sont les alluvions. Ceux-ci sont principalement composés de sable silteux, de silt argileux, de sable et de gravier, et leur épaisseur varie généralement de 1 à 5 mètres. Dans le secteur du prolongement, ces dépôts se retrouvent exclusivement dans la vallée du ruisseau Raymond.

À la suite de la déposition des alluvions, les tourbières se sont formées. Les tourbières sont composées de dépôts organiques à décomposition très lente, puisqu'elles sont la plupart du temps submergées. Un horizon de dépôts organiques est localement observé directement en surface ou sous le remblai, lorsque présent. Cet horizon organique est généralement mince et absent des hauts topographiques. Là où cet horizon est présent, son épaisseur varie généralement entre 0,1 m et 0,6 m, et atteint localement 1,2 m.

### ***Résidus miniers (résidus et stériles)***

D'anciens résidus recouvrent les dépôts meubles naturels sur la quasi-totalité du secteur retenu pour les aménagements actuels du parc à résidus épaissis et de la halde à stériles. Ces résidus sont généralement absents du secteur visé pour le prolongement des aires d'accumulation, à l'exception des terrains situés dans la



vallée du ruisseau Raymond, à l'aval du bassin de polissage actuel, où d'anciens résidus se sont épanchés en surface des terrains au cours d'anciennes phases d'exploitation. Ces résidus présentent une granulométrie variable pouvant s'expliquer par les diverses provenances du minerai traité. Selon les données provenant d'anciennes investigations, ces résidus présentent des caractéristiques physiques pouvant s'apparenter à un sable fin à silt, lâche et humide, gris à brun parfois oxydé en surface.

Des stériles sont ponctuellement présents en surface dans le secteur du prolongement des aires d'accumulation. Ces stériles ont été mis en place localement comme matériau de remblai le long des chemins d'accès, directement au-dessus des dépôts naturellement présents.

### **Socle rocheux**

De façon sommaire, la majeure partie du socle rocheux recouvrant le secteur se compose de roches métasédimentaires siliceuses, en l'occurrence le conglomérat polygénique du Groupe de Piché et la grauwacke du Groupe de Pontiac. Le substratum est également composé de roches volcaniques, intrusives ultramafiques, mafiques (basalte) et intrusives felsiques (tonalite). La zone de la faille de Cadillac, d'orientation est-ouest, entrecoupe la région à l'étude (secteur Barnat) et sépare le Groupe de Piché au nord et le Groupe de Pontiac au sud.

La faille Raymond se situe au sud de la ville de Malartic et traverse la propriété. Il existe une intrusion relativement étendue de granodiorite au sud-est de cette faille.

Le gisement est constitué d'or disséminé dans un porphyre de diorite et une grauwacke comportant divers degrés d'altération en silice et en calcite.

## **3.2 Unités hydrostratigraphiques**

Dix unités hydrostratigraphiques peuvent être distinguées dans le secteur du prolongement de la halde à stériles et du parc à résidus. Leur occurrence varie toutefois d'un endroit à l'autre, en raison du fait qu'aucune unité de dépôts meubles n'est continue sur tout le secteur. La séquence stratigraphique selon laquelle ces différentes unités peuvent être présentes est (de la surface au roc) :

**Remblai :** Des dépôts d'origine anthropique et de nature variée sont ponctuellement présents en surface de terrains, dans le secteur du prolongement des aires d'accumulation. Des stériles ont notamment été mis en place le long des chemins d'accès, directement au-dessus des dépôts naturellement présents. Dans des secteurs exploités comme bancs d'emprunt, des sols naturellement présents ont été en partie remaniés, déplacés, voire même mélangés avec des matériaux granulaires servant à l'aménagement de surfaces de travail et de circulation. Les matériaux de remblai possèdent une épaisseur généralement inférieure à 2 m.

**Anciens résidus :** D'anciens résidus sont présents de part et d'autre de la digue sud du bassin de polissage actuel, de même qu'en surface des terrains situés en aval de la digue, dans la vallée du ruisseau Raymond. Il s'agit du seul endroit où de tels résidus ont été observés dans le secteur du prolongement. Leur épaisseur varie entre 0,7 m et 5,0 m.

**Horizon de matière organique :** Un horizon de matière organique est observé directement en surface, dans les secteurs plats et topographiquement bas. Cet horizon est généralement mince. Dans le secteur du prolongement, les épaisseurs varient généralement entre 0,1 m et 1,2 m.



Sable silteux / silt sableux : L'unité de sable silteux / silt sableux est un faciès des dépôts glaciolacustres. Dans la vallée du ruisseau Raymond, des dépôts alluviaux de granulométrie semblable s'ajoutent aux dépôts glaciolacustres sublittoraux pour compléter cette unité hydrostratigraphique. Outre la vallée du ruisseau Raymond, l'unité se retrouve presque exclusivement dans la partie nord-ouest du prolongement. L'unité est présente dans la séquence stratigraphique en position affleurante ou subaffleurante, dans ce dernier cas sous des dépôts organiques ou d'anciens résidus miniers. Lorsque présente, l'épaisseur de cette unité varie entre 0,3 m et 3,9 m.

Argile / argile silteuse à silt argileux : L'unité d'argile / argile silteuse à silt argileux est un faciès des dépôts glaciolacustres. Elle est généralement présente dans les secteurs où l'élévation de la topographie est inférieure à 320 m. L'épaisseur de cette unité dans le secteur d'étude varie de 0,5 m à 10,3 m.

Silt / silt sableux : L'unité de silt / silt sableux est un faciès des dépôts glaciolacustres. Elle est généralement observée dans les secteurs où l'élévation de la topographie est inférieure à 330 m. Dans le secteur d'étude, l'épaisseur de cette unité varie entre 1,2 m et 6,4 m.

Sable : L'unité de sable est un faciès des dépôts glaciolacustres. Elle est discontinue et se situe entre les dépôts glaciolacustres fins et les dépôts glaciaires. Dans le secteur du prolongement, cette unité est essentiellement constituée de sable fin ou fin à moyen.

Sable et gravier : L'unité de sable et gravier est de nature fluvioglaciaire (épandage proglaciaire et/ou sédiments granulaires). Elle se retrouve ponctuellement dans la partie nord et nord-est du secteur d'étude. Son occurrence se limite à deux ensembles de dépôts de forme plus ou moins allongée et étroite, présents en position affleurante ou subaffleurante. Ces deux ensembles, possiblement connectés entre eux, s'étirent entre le coin nord du bassin de polissage actuel et le coin nord-est du secteur d'étude. Son épaisseur peut atteindre jusqu'à 10 m.

Till : L'unité de till, d'origine glaciaire, est généralement rencontrée entre les sédiments glaciolacustres et le roc. Alternativement, elle se retrouve sous le sable et gravier fluvioglaciaire lorsque celui-ci est présent. Le till affleure localement sur les flancs des collines au sud du secteur d'étude. Il recouvre le roc sur la majeure partie du secteur du prolongement. Son épaisseur varie entre 0,6 m et 11 m.

Roc : Le roc, qui se trouve à la base de la séquence stratigraphique, est majoritairement composé des roches métasédimentaires du Groupe de Pontiac au sud de la faille Cadillac.

Le tableau 1 dresse le récapitulatif des caractéristiques propres aux différentes unités hydrostratigraphiques en place dans le secteur du prolongement du parc à résidus et de la halde à stériles. L'unité de sable et gravier et l'unité de till y sont regroupées en une seule, en raison de leurs similarités texturales et du fait que la transition entre les deux unités se fait de façon graduelle, lorsque les deux sont présentes.

Le plan 3 montre le secteur à l'étude, en plus d'y superposer la cartographie des épaisseurs de sols cohérents (argile et silt argileux) ainsi que l'interprétation de la piézométrie du roc. Le plan 4 présente une vue en coupe illustrant l'interprétation de la stratigraphie de la portion centrale et nord-est du secteur. L'emplacement de cette coupe est illustré sur le plan 3. La coupe s'étire le long d'un axe nord-est à nord, dans la direction de l'écoulement de l'eau souterraine, depuis le sommet de la colline présente sur le flanc nord de la vallée du ruisseau Raymond, jusqu'à la rivière Malartic.





**Tableau 1: Caractéristiques des unités hydrostratigraphiques du secteur du prolongement des aires d'accumulation**

Unité hydrostratigraphique	Occurrence spatiale / épaisseur	Caractéristique hydraulique
Remblai	Remblais de stériles le long des chemins d'accès Matériau remanié en surface de bancs d'emprunt Épaisseur : 0,6 – 2,2 m	Stériles : unité perméable Matériau remanié : unité semi-perméable
Anciens résidus	Exclusivement présents de part et d'autre de la digue du bassin de polissage actuel Épaisseur : 0,7 – 5 m	Unité semi-perméable
Horizon de matière organique	Présence discontinue Épaisseur : 0,1 – 1,2 m	Unité semi-perméable
Sable silteux / silt sableux	Présence ponctuelle Épaisseur : 0,3 – 3,9 m	Unité semi-perméable
Argile / argile silteuse à silt argileux	Présence discontinue Épaisseur : 0,5 – 10,3 m	Unité aquitard
Silt / silt sableux	Présence discontinue Épaisseur 1,2 – 6,4 m	Unité aquitard
Sable	Présence discontinue Épaisseur : 1,5 – 9,4 m	Unité perméable
Sable et gravier et till	Présence discontinue Épaisseur : 0,6 – 14,3 m	Unité perméable / semi-perméable
Roc	Aquifère régional de roc fracturé (continu)	



Le plan 3 présente l'interprétation de l'épaisseur de l'aquitard formé par l'unité d'argile / argile silteuse à silt argileux. Lorsque présent, cet aquitard de faible perméabilité restreint l'écoulement d'eau souterraine de surface vers le roc. Selon les observations, cet aquitard est présent là où l'élévation de la topographie est inférieure à 320 m, dans le secteur à l'étude. Son épaisseur varie de 0 m à 4 m le long de l'axe de la coupe retenue.

### 3.3 Conductivités hydrauliques des matériaux en place

Des essais hydrauliques ont été réalisés *in situ* (en puits ou en sondage) ou encore en laboratoire sur des échantillons de dépôts meubles, afin de déterminer la conductivité hydraulique des matériaux constituant les différentes unités hydrostratigraphiques en place. Une synthèse des valeurs de conductivité hydraulique obtenues pour les principaux matériaux en place sur la propriété est présentée au tableau 2.

**Tableau 2: Conductivités hydrauliques des principaux matériaux en place**

Dépôts meubles / roc	Conductivité hydraulique horizontale - Kh (m/s)	Conductivité hydraulique verticale - Kv (m/s)
Anciens résidus	$2,4 \times 10^{-7}$ à $1,2 \times 10^{-6}$	$3,4 \times 10^{-8}$ à $5,5 \times 10^{-7}$
Argile / argile silteuse à silt argileux	$5,7 \times 10^{-10}$ à $1,4 \times 10^{-8}$	$5,0 \times 10^{-11}$ à $1,0 \times 10^{-8}$
Silt / silt sableux	$2,4 \times 10^{-9}$ à $7,4 \times 10^{-7}$	$6,0 \times 10^{-11}$ à $3,9 \times 10^{-9}$
Sable (glaciolacustre)	$2,0 \times 10^{-6}$ à $6,0 \times 10^{-4}$	-
Sable et gravier (fluvioglaciaire)	$3,0 \times 10^{-6}$	-
Till	$1,4 \times 10^{-7}$ à $8,9 \times 10^{-7}$	-
Roc	$5,0 \times 10^{-9}$ à $1,0 \times 10^{-5}$	-

### 3.4 Écoulement de l'eau souterraine

C'est au niveau de l'aquifère de roc que s'effectue principalement l'écoulement des eaux souterraines à l'échelle de la propriété. Ceci s'explique d'une part par la discontinuité spatiale des unités stratigraphiques de dépôts meubles. D'autre part, la faible perméabilité de certains types de dépôts meubles (argile, silt) a pour conséquence de restreindre l'écoulement des eaux souterraines; les flux d'écoulement y sont donc faibles par rapport à ceux prévalant dans l'aquifère de roc.

Le plan 3 illustre l'interprétation de la piézométrie de l'aquifère de roc et les directions générales d'écoulement d'eau souterraine, les niveaux d'eau souterraine mesurés en septembre 2012 et la topographie. En considérant que les données piézométriques indiquent clairement une relation entre la topographie du roc et l'élévation de la nappe d'eau (les hauts et bas piézométriques correspondent généralement aux hauts et bas topographiques de la surface du roc, respectivement), la topographie du roc a été utilisée pour soutenir l'interprétation de la piézométrie et des directions d'écoulement.





L'interprétation de la piézométrie montre qu'une ligne de partage des eaux souterraines orientée sud-ouest/nord-est est présente dans le secteur du prolongement des aires d'accumulation. Les eaux souterraines au sud de cette ligne de partage s'écoulent vers le sud et la vallée du ruisseau Raymond, puis migrent ensuite vers le nord-est. Les eaux souterraines au nord de la ligne de partage s'écoulent pour leur part vers la rivière Malartic, au nord. De façon générale, l'écoulement est en relation avec la topographie accidentée du socle rocheux. Là où le socle rocheux est plus élevé (au niveau des hauts topographiques), l'absence de dépôts glaciolacustres (silt et argile) peut favoriser l'infiltration d'eau et la recharge de l'aquifère de roc peut y être plus importante.

Ainsi, les principales zones de recharge du secteur du prolongement sont les collines situées de part et d'autre de la vallée du ruisseau Raymond, dans la partie sud du secteur. Dans une moindre mesure, les affleurements de dépôts fluvioglaciaires entre le coin nord du bassin de polissage actuel et le coin nord-est du secteur du prolongement constitueraient également des zones de recharge. La rivière Malartic serait le récepteur des eaux souterraines circulant dans les unités hydrostratigraphiques en place dans la partie nord du site. À noter que les eaux souterraines circulant dans le roc dans le coin nord-ouest du secteur du prolongement sont actuellement entraînées vers la fosse, en raison du pompage d'exhaure qui y est effectué.

La vitesse d'écoulement de l'eau souterraine peut être estimée à l'aide de la Loi de Darcy selon l'équation suivante :

$$V = \frac{Ki}{n_e}$$

où :

v = vitesse d'écoulement;

K = conductivité hydraulique;

i = gradient hydraulique; et

$n_e$  = porosité effective.

En utilisant un gradient hydraulique moyen dans le secteur du prolongement des aires d'accumulation d'environ 0,01 m/m, une porosité effective de 0,01 et une conductivité hydraulique maximale de l'ordre de  $1 \times 10^{-5}$  m/s, représentative du roc en surface, une vitesse d'écoulement de l'ordre de 1 m/j est estimée dans l'aquifère de roc.

### 3.5 Classification des eaux souterraines

Selon les informations disponibles, au moins une cinquantaine de propriétés se situant à l'extérieur du réseau de l'aqueduc municipal de Malartic (résidentielles et/ou agricoles et/ou commerciales) ont été identifiées comme étant alimentées en eau potable par un puits domestique, installé dans les dépôts meubles ou dans le roc. Les propriétés se retrouvent principalement au sud le long du chemin des Merles et du chemin du Lac Mourier tandis qu'au nord, elles longent la route 117 et le chemin de la rue du Lac Malartic.

En considérant la présence de puits d'alimentation en eau potable, et selon la procédure décrite dans le *Guide de classification des eaux souterraines du Québec* (MEF, 1999), l'aquifère de roc est de classe II. Un aquifère



classe II représente une formation hydrogéologique qui est une source courante ou potentielle d'alimentation en eau.

### 3.6 Identification des critères de qualité de l'eau souterraine applicables

Telle que définie par le MDDELCC dans sa Politique de protection des sols et de réhabilitation des terrains contaminés (MENV, 1999), la procédure d'intervention applicable à l'eau souterraine lors d'une étude de caractérisation environnementale est guidée par la présence ou non de récepteurs potentiels dans le secteur. Les critères de qualité applicables pour l'eau souterraine sont déterminés en fonction des récepteurs potentiels qui sont identifiés. À titre de récepteurs potentiels, le MDDELCC identifie les puits d'approvisionnement en eau, les aquifères de classes I et II, les eaux de surface, les réseaux d'égout et les bâtiments.

En considérant que le roc est un aquifère de classe II et la présence d'eau de surface tels le ruisseau Raymond et la rivière Malartic, où l'eau souterraine pourrait faire résurgence, les critères applicables pour l'eau souterraine sont les critères à des fins de consommation (FC) et les critères de résurgence dans les eaux de surface ou infiltration dans les égouts (RESIE) du MDDELCC (MENV, 1999).

## 4.0 MODÈLE CONCEPTUEL

Un modèle hydrogéologique conceptuel a été établi afin d'atteindre les objectifs de l'étude de modélisation. Il repose essentiellement sur la définition du contexte hydrogéologique établi pour le secteur du prolongement du parc à résidus et de la halde à stériles, tout en intégrant les aires d'accumulation et infrastructures connexes proposées dans le cadre de ce prolongement.

Les travaux de modélisation présentés ci-après ont été réalisés à partir d'un modèle à deux dimensions représentant la coupe stratigraphique illustrée sur le plan 4, qui suit la direction interprétée de l'écoulement de l'eau souterraine dans le roc. Ce tracé de coupe a été sélectionné pour la modélisation, car il représente à priori un axe de migration pouvant être considéré comme prudent pour atteindre les objectifs de l'étude. En effet :

- Le tracé correspond au plus long segment d'écoulement en zone dépourvue d'aquitard (argile et silt) sous le prolongement prévu du parc à résidus. L'absence de cet horizon de faible perméabilité peut favoriser la migration de contamination vers le roc, le cas échéant. Qui plus est, seule une mince couche de sable et gravier (matériau à perméabilité élevée) recouvre le roc, le long de ce segment;
- Le tracé s'étend également sous le prolongement prévu de la halde à stériles. D'une part, il y recoupe un banc d'emprunt où l'argile naturellement en place a été excavée. D'autre part, il emprunte l'axe longitudinal d'un dépôt allongé de matériau fluvioglaciaire (sable et gravier) au-dessus duquel la couverture d'argile est discontinue;
- L'extrémité aval du tracé de la coupe se trouve près de la rivière Malartic, qui représente un récepteur potentiel de l'eau souterraine circulant dans les formations géologiques.

### 4.1 Unités hydrostratigraphiques représentant la géologie du secteur

Huit unités hydrostratigraphiques sont retenues pour représenter les matériaux géologiques en place dans le secteur du prolongement du parc à résidus et de la halde à stériles. Sept de ces huit unités apparaissent de



façon distincte sur la coupe du plan 4, à savoir l'unité de remblai (principalement constitué de silt), l'argile, le silt, le sable et gravier, le sable fin, le till et le roc. La huitième unité est une variante de l'unité de sable fin possédant un certain contenu en silt (entre 10 et 20 %). Elle se retrouve autour du puits BH-11-09, à la même position stratigraphique que l'unité de sable fin dont le contenu en silt n'est pas précisé, parce que négligeable. Sept des huit unités hydrostratigraphiques, en l'occurrence toutes les unités de dépôts meubles, sont discontinues. Seule l'unité du roc est continue sur l'ensemble du modèle. En raison de l'absence de données structurales pouvant caractériser adéquatement les réseaux de fractures, le roc est considéré comme un milieu poreux équivalent.

L'horizon de matière organique n'est pas intégré au modèle en raison de sa faible épaisseur et, par conséquent, du peu d'impact anticipé de cet horizon sur l'hydraulique. Cette approche est cependant prudente d'un point de vue géochimique, car la matière organique exerce généralement sur certains contaminants, tels que les métaux, un retard significatif sur leur migration et peut également favoriser leur biodégradation.

### 4.2 Aires d'accumulation et infrastructures connexes projetées

Le concept prévoit la mise en place de stériles dans la portion nord du secteur visé pour le prolongement des aires d'accumulation. Il est prévu que les portions centrale et sud du secteur servent à l'accumulation des résidus épaissis. Pour les besoins de la modélisation, il est considéré que les stériles constitueront une halde dont l'élévation maximale atteindra 420 m. Les côtés de la halde consisteront en des talus possédant une inclinaison globale de 2,5 H : 1 V, formés par une succession en échelons de pentes et de plateaux. Les résidus épaissis seront déposés à l'intérieur d'un parc dont la limite nord coïncidera avec le talus sud (ou amont, par rapport à l'écoulement souterrain local) de la halde à stériles. Les résidus épaissis seront directement en contact avec les stériles, au niveau de ce talus. Le modèle prévoit la mise en place de résidus jusqu'à une élévation de 368 m. Cette mise en place s'effectuera de manière progressive, couche par couche, au cours de la période d'exploitation du prolongement du parc à résidus.

Deux cellules de dépôt distinctes sont prévues dans le prolongement du parc à résidus, le long de la coupe du modèle conceptuel, afin de permettre une mise en place uniforme et mieux contrôlée des résidus épaissis. À noter toutefois qu'il y aura plus de deux cellules de dépôt dans l'ensemble du prolongement du parc à résidus. Les deux cellules de dépôt intersectées par l'axe de la coupe du modèle seront contiguës et séparées par une digue interne constituée de stériles. La digue reposera sur la surface du sol. Elle sera successivement rehaussée, au fur et à mesure de l'accumulation des résidus, jusqu'à une élévation maximale située entre 350 et 360 m. L'empilement de rehaussements successifs créera une cloison verticale continue de stériles entre les deux cellules, cloison désignée « inclusion ». Cette inclusion aura par ailleurs un rôle drainant, afin de faciliter l'évacuation de l'eau interstitielle des résidus. L'inclusion sera connectée avec la digue de pourtour (digue externe) du prolongement du parc. L'eau interceptée par l'inclusion sera canalisée et évacuée vers la digue périphérique, puis vers l'extérieur du parc. Il est à noter que d'autres inclusions seront mises en place entre les cellules du parc à résidus.

L'aménagement d'un drain en limite nord du prolongement du parc à résidus est également prévu. Ce drain s'étendra le long de la partie basale du contact entre les résidus et les stériles. Il aura pour objectif d'intercepter les eaux en provenance du prolongement du parc à résidus. Ceci permettra de limiter l'épanchement d'eau interstitielle provenant des résidus vers l'intérieur de la halde à stériles, et de fait, de réduire l'infiltration d'eau vers les dépôts sous-jacents et l'aquifère de roc.



Un fossé sera aménagé en pied de talus nord (aval) de la halde à stériles. Celui-ci servira principalement au captage des exfiltrations en provenance de la halde et à la canalisation des eaux de ruissellement locales. Ce fossé est ainsi intégré au modèle conceptuel.

Des modifications aux matériaux constituant le substrat des aires d'accumulation sont prévues et celles-ci sont également intégrées au modèle. D'abord, il est supposé qu'une partie du sable et gravier naturellement affleurant (ou subaffleurant) sous le prolongement de la halde sera excavée en vue de servir de matériau de remblai pour utilisation dans d'autres secteurs de la propriété. À priori, l'hypothèse du retrait d'une partie de cette couche de matériau granulaire n'a pas d'incidence sur l'écoulement et la migration des contaminants par rapport au scénario où celle-ci serait laissée en place (non excavée). L'éventualité où cette couche de matériau granulaire ne serait pas excavée, ou seulement excavée en partie, n'aurait donc pas d'impact significatif sur les concentrations en contaminants dans les formations géologiques en place. De fait, le modèle peut être considéré valide et représentatif même sans excavation, ou dans le cas d'une excavation partielle.

Une autre modification anticipée au niveau du substrat de la halde est le nivellement préalable de la zone de banc d'emprunt située à proximité de la limite est du prolongement de la halde, où affleure le remblai principalement constitué de silt. Ce nivellement n'a pour but que d'uniformiser la surface, qui possède actuellement un profil irrégulier. Le modèle conceptuel considère donc une surface plane au niveau de ce banc d'emprunt. Autre modification importante incluse dans le modèle : l'amélioration du substrat sous le parc à résidus, dans les zones où il n'y a que peu ou pas d'argile naturellement en place. L'hypothèse est posée qu'une couche de remblai de faible perméabilité d'une épaisseur de 3 m sera mise en place en surface des terrains où moins d'un mètre d'argile est présent dans le profil stratigraphique sous-jacent. Cette couche de remblai de fondation à la base des aménagements est donc intégrée au modèle.

### 4.3 Description du système d'écoulement souterrain modélisé

L'extrémité amont de la coupe modélisée correspond au sommet de la colline située à l'est du bassin de polissage actuel, et qui forme le flanc nord de la vallée du ruisseau Raymond. Cette colline agit comme une zone de recharge préférentielle, et l'écoulement souterrain à partir de celle-ci s'effectue de façon radiale. Le sommet de la colline représente donc le point de départ de toute ligne d'écoulement s'étirant vers le nord et le nord-est du prolongement du parc à résidus.

En conditions naturelles, l'infiltration des eaux de précipitations s'effectue à travers la mince couche de sable et gravier recouvrant le roc, dans la portion convexe de la colline. L'eau percole verticalement jusqu'au roc, pour ensuite circuler horizontalement dans le roc. La séquence d'argile, de silt et de till présente au nord et au nord-est de la colline agit comme une barrière à l'infiltration d'eau en provenance de la surface, ce qui fait en sorte que la recharge en eau souterraine y est négligeable. Plus à l'aval, l'absence d'argile se traduit par une recharge plus importante. Elle demeure néanmoins faible là où le silt et le remblai silteux affleurent. Le contact hydraulique entre la partie superficielle du roc et les unités de sable fin et de till en place dans la portion aval de la coupe fait en sorte qu'il y a transfert dans ces unités d'une partie de l'eau souterraine qui circulait précédemment dans le roc. À l'aval de ces contacts, l'écoulement souterrain s'effectue en parallèle dans le sable fin, dans le roc et, dans une moindre mesure, dans le till en direction nord (aval). Il y a ensuite la possibilité de résurgence de l'eau souterraine circulant dans les dépôts meubles, au niveau de la rivière Malartic. La limite aval du modèle est d'ailleurs fixée à la rivière Malartic. En l'absence d'information suggérant le contraire, il est présumé que l'eau souterraine circulant dans le roc peut également faire résurgence dans la



rivière Malartic, aux fins de la modélisation. Cette hypothèse n'a toutefois aucune influence sur l'écoulement souterrain et le transport de contaminants à l'intérieur du système modélisé.

L'ajout des résidus épais, des stériles, d'une couche de remblai de faible perméabilité sous les résidus en surface de certains terrains, de même que l'excavation du fossé, viennent modifier les conditions naturelles du système d'écoulement. Avec ces ajouts, la recharge du système s'effectue essentiellement à partir de la surface des résidus épais et des stériles. Dans l'axe vertical, l'eau percole graduellement à travers les résidus épais ou les stériles, jusqu'à atteindre la surface du remblai ou des dépôts naturellement en place. Sous le parc à résidus, l'eau poursuit sa percolation verticale à travers l'argile jusqu'à atteindre les dépôts meubles sous-jacents et éventuellement, le roc. L'écoulement souterrain s'effectue ensuite dans le plan horizontal vers l'aval du modèle, de la même façon que l'écoulement en conditions naturelles. Cependant, il est important de noter que le mode de gestion des résidus favorise l'écoulement horizontal de l'eau interstitielle des résidus vers les fossés périphériques du parc, ce qui minimise l'écoulement dans l'axe vertical.

L'eau s'infiltrant dans les résidus épais s'écoule préférentiellement selon un axe incliné à subhorizontal. Ainsi, dans la portion aval (nord) du parc à résidus, l'eau s'écoule en direction de la halde (et du drain), plutôt que selon un axe vertical en direction de la base des résidus épais. L'eau interceptée au contact résidus-stériles sera retirée du système par le drain. Il est par ailleurs anticipé que la pénétration de l'eau interstitielle des résidus vers l'intérieur de la halde soit marginale. L'essentiel de l'écoulement à travers les stériles proviendra de la recharge en surface de la halde. Tel que mentionné précédemment, la circulation d'eau dans la halde se fait ensuite sur la base de celle-ci, en direction du pied de talus et du fossé collecteur aval.

La présence d'inclusions à l'intérieur du parc à résidus modifie localement les directions d'écoulement de l'eau et le bilan hydrique, dû au rôle drainant de celles-ci. Le long de la coupe du modèle conceptuel, il y a convergence vers l'inclusion de l'eau interstitielle initialement présente dans les résidus, de même que l'eau issue de la recharge et qui percole dans les résidus. L'eau circulant jusqu'à l'inclusion est ensuite retirée du système, ce qui reproduit ainsi son rôle drainant.

#### 4.4 Identification des contaminants d'intérêt

Les résidus épais qu'il est prévu de mettre en place dans le prolongement du parc à résidus contiennent des éléments et des composés qui sont susceptibles de migrer vers les formations géologiques sous-jacentes à la faveur de l'écoulement souterrain. L'approche préconisée pour la modélisation consiste à identifier le contaminant dont la présence en solution dans les résidus épais peut atteindre les concentrations les plus élevées, par rapport aux concentrations limites recommandées par le MDDELCC pour la protection de l'eau souterraine (MENV, 1999). C'est ce contaminant qui sera jugé le plus problématique en regard de la qualité de l'eau souterraine à l'aval des aires d'accumulation. Une fois identifiée, la modélisation aura comme objectif d'en simuler le comportement et la migration dans le système hydrogéologique.

La qualité de l'eau interstitielle dans les résidus générés par la Mine et accumulés dans le parc a été évaluée par le prélèvement d'échantillons dans deux puits d'observation aménagés dans les résidus. Ces prélèvements ont eu lieu à trois reprises, soit en septembre 2013, puis en janvier et septembre 2014. Les détails de l'installation des puits, de même que de l'échantillonnage et des résultats, sont décrits dans le document inséré à l'Annexe A du présent rapport.



La médiane des concentrations mesurées sur l'ensemble des échantillons prélevés a été calculée pour chaque élément et composé. Le ratio entre cette médiane (MC) et la concentration limite (CR) recommandée par le MDDELCC pour le paramètre correspondant a ensuite été établi. Les cyanures totaux se sont avérés être le composé pour lequel ce ratio était le plus élevé (25), considérant une concentration médiane de 5 mg/l dans l'eau interstitielle des résidus et une concentration limite de 0,20 mg/l. C'est donc ce paramètre qui a été retenu pour les simulations de transport de contaminant à partir du parc à résidus.

Les autres paramètres présentant un ratio MC/CR supérieur à 1 sont les cyanures libres (ratio de 12), le molybdène (3), le sodium (2) et le cuivre (2). Par ailleurs, aucun contaminant en provenance des stériles n'est considéré étant donné que le programme de caractérisation géochimique a démontré que leur potentiel de lixiviation est faible, pourvu qu'il n'y ait pas de déclenchement des processus de génération d'acide (Golder, 2014c).

### 5.0 MODÈLE NUMÉRIQUE

Les contextes hydrogéologique et géochimique du site à l'étude sont relativement complexes, notamment de par la variabilité spatiale de la stratigraphie observée, l'incertitude reliée aux interactions et réactions chimiques et biochimiques des contaminants à travers les formations géologiques, ainsi que les modifications anticipées de l'aménagement des aires d'accumulation sur la recharge et les patrons d'écoulement souterrain. Leur conceptualisation et leur représentation à l'intérieur d'un modèle numérique reposent sur un certain nombre d'hypothèses, de simplifications et d'interprétations inhérentes à ce type de modélisation. À ceci s'ajoute le fait que le calage du modèle ne peut se faire sur des données réelles de transport de contaminants à l'échelle du secteur représenté, étant donné qu'il s'agit de simulations prédictives modélisant une situation future (l'impact hydrogéochimique relié à l'aménagement des aires d'accumulation). Il reste que la modélisation numérique demeure le meilleur outil analytique pour représenter et prédire le transport des contaminants dans un système possédant cette complexité. Les résultats des simulations prédictives qui sont présentés dans cette étude ne doivent toutefois pas être analysés en termes de valeurs absolues précises, mais plutôt en termes de tendances.

La modélisation numérique a été réalisée en deux étapes. Les conditions actuelles (soit avant la déposition des résidus épais et des stériles dans le secteur du prolongement) ont été simulées afin de vérifier que le modèle reproduit de façon générale le régime d'écoulement d'eau souterraine actuellement observé le long du tracé de la coupe. Par la suite, les résidus épais et les stériles ont été ajoutés au modèle afin d'effectuer des simulations prédictives de transport des contaminants. L'ajout des résidus épais dans le modèle s'est fait de façon progressive, en faisant apparaître une nouvelle couche de résidus à tous les 2 ans sur un total de 12 ans, durée supposée de la période d'exploitation du prolongement du parc à résidus. Cette discrétisation en une série de couches successives, dont l'épaisseur de chacune se situe entre 8 et 10 m, avait pour but de reproduire plus fidèlement le processus de dépôt des résidus épais ainsi prévu. À partir du temps  $t = 12$  ans, la hauteur de résidus définie dans le modèle atteignait 368 m, soit l'élévation finale anticipée pour l'empilement de résidus. Pour leur part, la totalité des stériles ont été ajoutés de façon instantanée dans le modèle, étant donné l'absence d'impact hydraulique ou géochimique associé à un ajout de la sorte, plutôt qu'un ajout progressif. À noter que les modifications prévues à la fondation du parc à résidus, incluant la mise en place d'un remblai de fondation, ont été intégrées au modèle.





La recharge représente l'infiltration nette d'eau de précipitations en surface des terrains. Dans le modèle, elle est systématiquement appliquée à la frontière supérieure de la dernière couche de résidus épaissis ajoutée. Lorsqu'une nouvelle couche est ajoutée, la recharge précédemment appliquée à la surface de la couche sous-jacente est retirée et transférée à la surface de cette nouvelle couche. La valeur de la recharge appliquée en surface des résidus épaissis est maintenue constante tout au long des simulations. Dans le cas de la halde à stériles, cette valeur est définie comme variant dans le temps, afin de représenter l'impact hydrique de la mise en place d'un recouvrement final sur le dessus de la halde, lors de la restauration. Il est anticipé que ce recouvrement diminuera l'intensité de la recharge à travers la halde, en raison du contraste de perméabilité entre les stériles en surface de la halde et celle de la couche de recouvrement prévue. Des dépôts meubles provenant du décapage de certaines surfaces du site constitueront la base de cette couche de recouvrement, qui sera complétée par le dépôt d'un sol organique. Dans le modèle, des conditions de recharge précouvreurment final s'échelonnent entre le temps zéro et le temps « dix ans », moment anticipé pour le début de la restauration de la halde à stériles. Par la suite, des conditions de recharge réduite ont été définies pour la période « dix ans et plus ».

### 5.1 Logiciel de modélisation employé

Le modèle a été construit avec le logiciel Feflow - Finite Element Subsurface Flow System (Diersch 2014). Celui-ci utilise la méthode des éléments finis pour résoudre les équations d'écoulement de l'eau souterraine. L'écoulement de l'eau souterraine a été simulé en régime permanent. Le modèle ne tient donc pas compte des fluctuations journalières ou saisonnières du niveau de la nappe phréatique. Les simulations du transport de contaminants ont été réalisées en régime transitoire sur une durée variable, pouvant atteindre jusqu'à 1000 ans. Dans tous les cas, les simulations ont été minimalement prolongées jusqu'à l'atteinte d'une décroissance des concentrations en contaminants en tous points des formations géologiques sous-jacentes aux infrastructures d'accumulation.

### 5.2 Construction du maillage et conditions limites

Le modèle bidimensionnel en coupe a été discrétisé en 78 747 éléments finis triangulaires. Le modèle simule une coupe de 2 330 m de longueur et le maillage a été raffiné autour des lits d'argile et de silt, de même qu'au niveau du contact résidus épaissis-stériles (plan 5). La taille minimale des éléments est d'environ 1 m.

Les conditions limites suivantes ont été assignées au modèle :

- Charge hydraulique imposée dans les formations géologiques à une élévation de 303 m à la limite aval (nord) de la coupe. Cette valeur de charge correspond à l'élévation approximative moyenne du niveau d'eau local de la rivière Malartic;
- Flux nul à la limite sud de la coupe. Cette limite représente la ligne de partage des eaux observées sur la carte piézométrique présentée sur le plan 3, et qui est anticipée comme devant se maintenir dans le temps même après la mise en dépôt des résidus épaissis en ce point;



En conditions naturelles, c'est-à-dire avant la mise en place des résidus épais et des stériles, les taux de recharge suivants ont été appliqués en surface du modèle calé :

- Sable et gravier amont : 60 mm/an;
- Till : 25 mm/an;
- Silt : 5 mm/an;
- Argile : 0 mm/an. La recharge nulle est justifiée par le fait que l'aquifère de roc se retrouve en conditions captives artésiennes sous la couche d'argile, ce qui fait en sorte que la percolation d'eau de l'argile vers le roc est négligeable;
- Remblai de silt : 20 mm/an;
- Sable et gravier aval : 250 mm/an.

La mise en place des résidus épais et des stériles a pour effet de modifier la recharge du système, tout en créant des faces d'exfiltration qui n'existaient pas au préalable. En conditions d'exploitation (prérestauration) et en conditions postexploitation (postrestauration), les changements suivants ont été apportés aux conditions limites du modèle, par rapport aux conditions naturelles :

- Un taux de recharge de 250 mm/an a été assigné aux endroits où le sable et gravier affleure en surface du modèle (aval de la halde à stériles);
- Un taux de recharge de 75 mm/an a été assigné en surface des résidus épais, pour la phase d'exploitation (prérestauration). Cette valeur est similaire à celle estimée par bilan hydrologique dans le cadre de l'étude de modélisation similaire réalisée en 2009-2010 pour le parc à résidus du projet Canadian Malartic (Golder, 2010);
- Un taux de recharge de 170 mm/an a été assigné sur le dessus de la halde à stériles, pour la phase d'exploitation (prérestauration). Cette valeur correspond aux estimations d'infiltration profonde à travers la halde à stériles du modèle numérique de bilan d'eau développé pour le site de la Mine (Golder, 2014d);
- Un taux de recharge de 85 mm/an a été assigné au niveau des talus de la halde à stériles. Cette valeur représente la moitié du taux de recharge appliqué sur le dessus de la halde, ce qui permet de rendre compte de l'inclinaison de ces surfaces, et donc d'un coefficient de ruissellement significativement plus élevé que celui propre au-dessus de la halde;
- En phase postrestauration, un taux de recharge de 75 mm/an a été appliqué sur le dessus de la halde, afin de rendre compte de la diminution de l'infiltration à travers cette surface, due à la mise en place d'une couche de recouvrement. Au niveau des talus de la halde, le taux de recharge a été maintenu à 85 mm/an, en considérant que la mise en place d'un ensemenement hydraulique ne réduira pas significativement le taux de recharge;
- Des limites d'exfiltration ont été définies au pied des talus amont et aval de la halde à stériles. La limite d'exfiltration à l'amont a pour fonction de reproduire le rôle du drain qui sera aménagé le long du contact entre les résidus épais et les stériles, au pied de la halde. Elle a ainsi été définie dans le





modèle par une série de nœuds d'éléments au contact avec la couche d'argile en place sous les résidus miniers. La limite d'exfiltration à l'aval reproduit quant à elle le rôle du fossé de drainage qui sera aménagé à cette position. Elle est représentée par une série de nœuds d'éléments s'étendant de la surface du sol jusqu'à une profondeur de 4 m, afin de reproduire l'extension verticale anticipée du fossé;

- Une zone d'exfiltration représentant l'inclusion de stériles a également été définie à l'intérieur des résidus, à l'intersection entre la position anticipée de l'inclusion et l'axe de la coupe modélisée. Elle est constituée d'éléments possédant les mêmes propriétés que celles de la halde à stériles, étant donné que les inclusions dans le parc à résidus seront vraisemblablement constituées de stériles. Ces éléments s'étendent de la surface du terrain naturel jusqu'à une élévation de 355 m et ce, sur environ 10 m de large dans l'axe de la coupe modélisée. Ces dimensions correspondent approximativement à celles anticipées pour la section transversale de l'inclusion dans la coupe modélisée. Des nœuds d'exfiltration ont également été ajoutés au contact de l'inclusion avec la surface du terrain naturel, afin de reproduire le rôle drainant de celle-ci.

### 5.3 Paramètres hydrauliques du modèle

Les conductivités hydrauliques retenues dans le modèle hydrogéologique pour le cas de base (scénario de référence du modèle) sont les valeurs présentées au tableau 3. Ces valeurs proviennent pour la plupart de mesures réalisées sur le terrain ou en laboratoire et sont jugées représentatives des matériaux observés. L'unité de roc a été subdivisée en trois zones à perméabilité distincte, de façon à reproduire la décroissance de la conductivité hydraulique avec la profondeur. Les trois zones correspondent aux tranches de roc s'étendant respectivement de 0 à 15 m, de 15 à 100 m et de 100 à 200 m de profondeur. La conductivité hydraulique attribuée à la tranche de profondeur 0-15 m représente la moyenne des valeurs mesurées par essais de perméabilité aux trois puits aménagés dans le roc à proximité de l'axe de la coupe (BH-11-11, BH-11-06, BH-11-17R) (Golder, 2012a; 2014a). Les conductivités hydrauliques attribuées aux tranches 15-100 m et 100-200 m représentent la moyenne des valeurs obtenues par essais de perméabilité de type « packers » en forage à l'intérieur de chacun des intervalles de profondeur correspondant, et ce, dans des lithologies similaires, en différents points de la propriété (Golder, 2008; 2012b).

Pour les dépôts glaciolacustres (silt et argile naturelle), une anisotropie verticale de 10 a été utilisée, ce qui est une valeur typique pour ces dépôts. Une anisotropie verticale de 10 a également été appliquée aux résidus épaissis. Dans le cas des résidus épaissis, l'anisotropie est à la fois causée par le mode de dépôt en couches successives, qui confère une certaine stratification aux résidus, et à l'effet de consolidation progressive des résidus, qui a tendance à en diminuer la perméabilité verticale davantage que la perméabilité horizontale, en raison de la drainance latérale active durant le processus de consolidation. Aucune anisotropie n'est considérée pour le remblai de fondation, étant donné que son mode de mise en place anticipé ne créera pas de structure stratifiée dans le plan horizontal, comme c'est le cas pour l'argile naturelle, par exemple.



Tableau 3: Paramétrage du modèle - Cas de base

Unités hydrostratigraphiques	Paramètres d'écoulement				Paramètres de transport						
	Conductivité hydraulique (m/s)	Anisotropie (-)	Emmagasinement spécifique (1/m)	Porosité totale (-)	Porosité de transport (-)	Retard (-)	Constante de Henry (-)	Constante de dégradation (1/j)	Diffusion moléculaire (m <sup>2</sup> /s)	Dispersivité longitudinale (m)	Dispersivité transversale (m)
Roc de surface (0-15 m)	2,0E-06	1	1,0E-05	0,01	0,01	0	0	2,0E-06	1,0E-09	12,5	1,25
Roc intermédiaire (15-100 m)	4,0E-07	1	1,0E-05	0,01	0,01	0	0	2,0E-06	1,0E-09	12,5	1,25
Roc profond (100-200 m)	5,0E-08	1	1,0E-05	0,01	0,01	0	0	2,0E-06	1,0E-09	12,5	1,25
Sable et gravier	2,0E-05	1	1,0E-05	0,35	0,25	0	0	2,0E-06	1,0E-09	12,5	1,25
Argile	5,0E-09	0,1	1,0E-05	0,5	0,1	5	0,4	2,0E-06	1,0E-09	0,1	0,01
Silt	6,4E-08	0,1	1,0E-05	0,4	0,2	2,76	0,8	2,0E-06	1,0E-09	0,1	0,01
Till	4,8E-07	1	1,0E-05	0,3	0,2	2,76	0,8	2,0E-06	1,0E-09	0,1	0,01
Remblai silteux	6,4E-07	1	1,0E-05	0,3	0,2	2,76	0,8	2,0E-06	1,0E-09	0,1	0,01
Sable fin à moyen	2,0E-04	1	1,0E-05	0,35	0,25	0	0	2,0E-06	1,0E-09	12,5	1,25
Sable fin, un peu de silt	2,0E-06	1	1,0E-05	0,35	0,25	0	0	2,0E-06	1,0E-09	12,5	1,25
Résidus	1,0E-07	0,1	1,0E-05	0,38	0,1	0	0	2,0E-06	1,0E-09	12,5	1,25
Stériles	5,0E-05	1	1,0E-05	0,385	0,3	0	0	2,0E-06	1,0E-09	12,5	1,25
Remblai de faible perméabilité (fondation)	5,0E-09	1	1,0E-05	0,45	0,1	5	0,4	2,0E-06	1,0E-09	0,1	0,01



Les propriétés capillaires utilisées pour les unités hydrostratigraphiques reposent sur le modèle de Van Genuchten modifié. Des valeurs génériques ont été appliquées pour chaque paramètre du modèle. Ces valeurs sont identiques pour chacune des unités. Cette simplification est jugée sans impact significatif sur les concentrations simulées dans les formations géologiques sous et à l'aval des aires d'accumulation, en raison du fait que celles-ci demeurent saturées, à l'exception de deux minces franges de silt et de sable et gravier en position superficielle. Le tableau 4 présente les valeurs assignées à chaque paramètre du modèle de Van Genuchten modifié.

**Tableau 4: Paramétrage du modèle de Van Genuchten modifié appliqué aux différentes unités hydrostratigraphiques**

Paramètre (unités)	Valeur
$\alpha$ (1/m)	2
n (-)	1,37
m (-)	0,27
$\delta$ (-)	2

### 5.4 Définition de la source de contaminant

Sur la base de l'évaluation exposée à la section 2.4, une concentration de 5 mg/l en cyanures totaux est utilisée pour définir la source du modèle numérique, ce qui correspond à la médiane des concentrations en cyanures totaux mesurées dans l'eau interstitielle du parc à résidus de la Mine. Il est en effet attendu que les mêmes concentrations en cyanures totaux prévaudront dans l'eau interstitielle des résidus qui seront mis en place dans le prolongement du parc à résidus, étant donné que le procédé générant les résidus demeurera le même. La concentration initiale de 5 mg/l, représentant une source finie, est appliquée à l'ensemble des résidus épaissis, dans le modèle numérique. Une concentration égale à 0 mg/l est appliquée au reste des unités du modèle.

### 5.5 Coefficient de retard, de dispersion et de dégradation

Le tableau 5 présente un sommaire des paramètres d'entrée spécifiques à la simulation du transport des contaminants pour le cas de base. Le coefficient de dispersivité longitudinale pour les unités de dépôts meubles perméables (sable et gravier, sable fin, stériles) et pour le roc a été estimé à partir de la compilation effectuée par Gelhar et al. (1992). La même valeur a été appliquée pour les résidus épaissis. Une valeur marginalement supérieure à 0 a été retenue pour le coefficient de dispersivité longitudinale des unités de dépôts meubles peu perméables (argile, silt, till, remblai silteux), étant donné que la dispersion hydrodynamique de telles formations est généralement négligeable (Franz and Rowe, 1993).

Comme le modèle est en coupe (2-D), il n'intègre pas de dispersion latérale, ce qui contribue à rendre l'approche prudente.

Un coefficient de retard de 5 a été assigné aux unités de dépôts meubles peu perméables. Il s'agit d'une valeur prudente tirée de la littérature (Battelle, 1989; Smith et Mudder, 2001; USEPA, 1999). Le coefficient de retard représente le ralentissement de la migration de la contamination dans l'eau souterraine causé par l'absorption et l'adsorption sur le sol.



Les cyanures se retrouvent sous la forme de plusieurs complexes différents dans l'eau interstitielle des résidus, de même que sous la forme d'ions libres. La dégradation naturelle des cyanures est simplifiée dans le modèle: plutôt que de tenter de représenter la dégradation de chaque type de composé cyanuré, seule est considérée la dégradation des ferrocyanures, qui représente généralement le complexe cyanuré le plus stable dans l'eau souterraine. À l'autre bout du spectre, les cyanures libres (sous forme ionique) se dégradent rapidement, en plus de pouvoir se volatiliser (Meeussen et al., 1992). Aux fins de la modélisation, il est donc considéré que tous les cyanures totaux sont présents sous la forme de ferrocyanures seulement, ce qui représente une hypothèse prudente. La constante de dégradation retenue est déterminée à l'aide du modèle de demi-vie des ferrocyanures présenté dans Meeussen et al. (1992), où celle-ci est fonction du pH et du potentiel d'oxydo-réduction (ORP) de l'eau souterraine. Les valeurs retenues pour ces deux paramètres physico-chimiques (pH = 6,90; ORP = -75 mV) représentent des moyennes des mesures effectuées aux puits PZ-11-18R et BH08-38 dans le cadre du suivi de la qualité des eaux souterraines de 2012 (Golder, 2013). Ces deux puits sont localisés à la limite aval actuelle du parc à résidus, à proximité du prolongement des aires d'accumulation. Une demi-vie de 280 ans a été déterminée pour les ferrocyanures, ce qui correspond à une constante de dégradation de  $6,8 \times 10^{-6}$  1/j. Cette constante a ensuite été ajustée à la baisse pour tenir compte du différentiel de température entre la température de référence considérée par Meussen et al. (1992), à savoir 15 °C, et la température moyenne de l'eau souterraine aux puits PZ-11-18R et BH08-38, en l'occurrence 8 °C. La constante de dégradation ainsi obtenue ( $2,0 \times 10^{-6}$  1/j) a été appliquée sur l'ensemble des formations géologiques en place et sur les résidus épais. Elle représente le taux auquel se dégradent les cyanures totaux présents dans l'eau, lorsqu'elle circule à travers ces milieux.

**Tableau 5: Sommaire des propriétés de transport des contaminants**

Paramètre de transport	Valeur
Dispersivité longitudinale ( $\alpha_L$ ) – dépôts meubles perméables, roc, résidus épais, stériles	12,5 m
Dispersivité longitudinale ( $\alpha_L$ ) – dépôts meubles peu perméables	0,1 m
Dispersivité transversale ( $\alpha_T$ )	0,1x $\alpha_L$
Diffusion moléculaire	$1,0 \times 10^{-9}$ m <sup>2</sup> /s
Constante de dégradation ( $\lambda$ )	$2,0 \times 10^{-6}$ 1/j



## **5.6 Calage du modèle numérique d'écoulement – conditions naturelles**

Le modèle a été calé en régime permanent en utilisant comme valeurs cibles les données piézométriques mesurées entre le 1<sup>er</sup> et le 12 septembre 2012 aux puits aménagés à proximité de l'axe de la coupe (BH-11-11, BH-1109, BH-11-06, BH-11-17D, BH-11-17R). Le calage a été réalisé en effectuant plusieurs simulations ayant chacune un ensemble de paramètres hydrauliques différents, jusqu'à ce que la différence entre les charges hydrauliques simulées et observées soit minimisée. La conductivité hydraulique du sable et gravier ainsi que du sable fin, de même que les taux d'infiltration au niveau des zones de sable et gravier, de till, de silt, d'argile et de remblai silteux sont les paramètres qui ont été modifiés au cours du processus de calage. Les conductivités hydrauliques calées et les taux de recharge qui ont donné le meilleur ajustement entre les charges simulées et observées sont respectivement présentés au tableau 5 et à la section 3.2.

Le modèle a été considéré calé lorsque l'erreur absolue devenait inférieure à 5 % de la variation totale des niveaux d'eau observés à l'intérieur du domaine modélisé (Anderson et Woessner, 1991). La différence entre la charge hydraulique minimale et celle maximale observée à l'intérieur du domaine modélisé étant de 17,60 mètres (320,60 m-303,00 m), l'erreur absolue ciblée est donc de 0,88 m. L'erreur absolue du modèle calibré est de 0,61 m, soit 3,5 % par rapport à la différence entre les charges hydrauliques minimales et maximales observées à l'intérieur du domaine modélisé.

La figure 1 présente l'ajustement entre les charges hydrauliques mesurées et simulées pour le modèle d'écoulement calé.

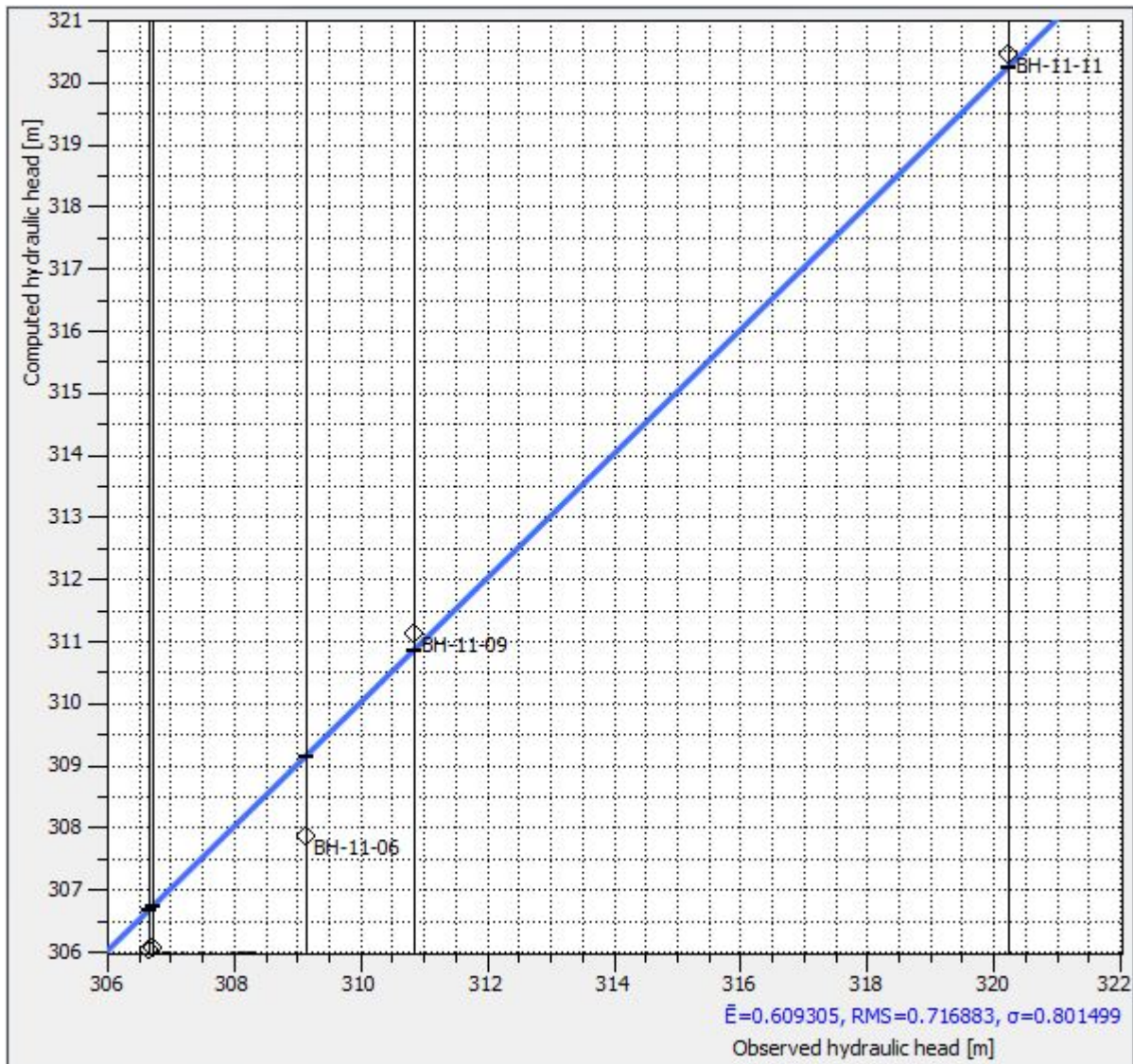


Figure 1: Comparaison entre les charges hydrauliques mesurées et simulées - modèle d'écoulement calé

## 6.0 RESULTATS DE MODELISATION

La modélisation du transport de contaminants a consisté à simuler la migration des cyanures totaux dans le système hydrogéologique local, à partir des résidus épaissis en place dans le prolongement proposé du parc à résidus. La variable d'intérêt suivie au cours des simulations est la concentration en cyanures totaux. En conditions initiales, une concentration en cyanures totaux de 5 mg/L était fixée pour l'eau interstitielle présente dans toute la masse de résidus, alors que la concentration dans le reste du système était nulle. Une fois les simulations lancées, la variation des concentrations dans l'espace modélisé (2D) et dans le temps a été suivie.





De façon générale, la simulation de la migration des cyanures totaux montre qu'il y a une augmentation progressive de la concentration en cyanures libres dans l'aquifère de roc, jusqu'à l'atteinte d'un maximum de concentration. Il y a ensuite décroissance graduelle de la concentration, à un taux généralement plus faible que lors de la phase d'augmentation. Le moment où le maximum de concentration est atteint, de même que la valeur de celui-ci, est fonction de la position du point de référence (ou point d'observation) dans l'espace modélisé, par rapport à la source, en l'occurrence le parc à résidus. La concentration maximale simulée dans l'aquifère de roc à la limite aval du parc à résidus s'avère ainsi plus élevée que celle atteinte en un point plus à l'aval. Le maximum de concentration est également atteint plus hâtivement, dans le temps.

Toutes les simulations effectuées dans le cadre de cette étude ont révélé une concentration maximale égale ou supérieure à 0,77 mg/L dans l'aquifère de roc en limite aval du parc à résidus. Le suivi des concentrations à des positions plus à l'aval a montré une décroissance importante de la concentration maximale atteinte en fonction d'un accroissement de la distance par rapport à la limite aval du parc à résidus. Ainsi, la concentration maximale atteinte dans l'aquifère de roc à la limite aval du prolongement de la halde à stériles, s'est avérée inférieure à 0,20 mg/L dans cinq des six scénarios testés. Les positions plus à l'aval ont de fait enregistré des concentrations maximales encore plus faibles, jusqu'à devenir inférieures ou égales à 0,10 mg/L dans la plupart des cas.

Le détail des résultats des simulations prédictives, de même que ceux de l'analyse de sensibilité effectuée sur le modèle numérique, est présenté aux sections suivantes.

### 6.1 Simulations prédictives

Les résultats du cas de base du modèle de transport des contaminants sont présentés. Ce scénario inclut la présence d'une couche de remblai de faible perméabilité d'une épaisseur de 3 m en place en surface des terrains où l'argile est naturellement absente, ou d'épaisseur inférieure à 1 m. Le remblai possède la même conductivité hydraulique équivalente que celle de l'argile naturelle dans le plan horizontal, mais aucun facteur de réduction de cette conductivité hydraulique dans le plan vertical, comme c'est le cas pour l'argile naturelle, tel que décrit à la section 3.3.

La figure 2 présente l'évolution des concentrations en cyanures totaux en fonction du temps pour des points d'observation fictifs situés au niveau de l'aquifère de roc, respectivement :

- 1) à la limite aval du prolongement proposé du parc à résidus ;
- 2) à la limite aval du prolongement proposé de la halde à stériles, qui elle-même se trouve à l'aval hydraulique du prolongement proposé du parc à résidus ;
- 3) à 150 m à l'aval hydraulique du prolongement proposé de la halde à stériles.

Dans les trois cas, la position du point d'observation dans le plan vertical correspond à la profondeur à laquelle la concentration la plus élevée a été atteinte le long du profil vertical concerné.

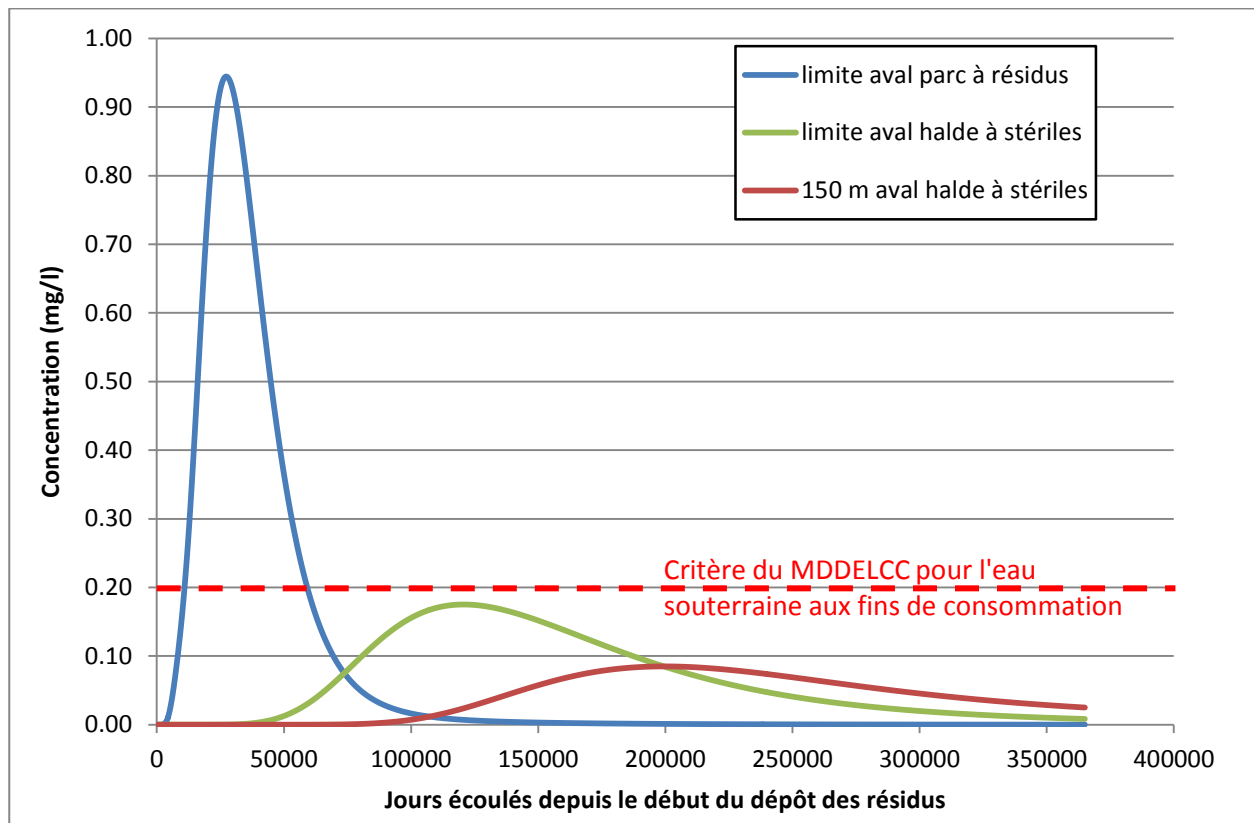


Figure 2: Variation temporelle des concentrations en cyanures totaux dans l'aquifère de roc – cas de base

La figure 2 illustre que la concentration maximale en cyanures totaux à la limite aval du parc à résidus atteindrait un peu plus de 0,9 mg/l. Cette concentration serait atteinte environ 75 ans après le début de l'opération du parc à résidus. La concentration maximale à la limite aval de la halde à stériles atteindrait un peu moins de 0,2 mg/l (0,18 mg/l), soit une concentration légèrement inférieure au critère à des fins de consommation du MDDELCC (0,20 mg/l). Cette concentration serait atteinte environ 330 ans après le début de l'opération du parc à résidus. La concentration maximale à 150 m à l'aval de la halde atteindrait un peu moins de 0,1 mg/l. Cette valeur maximale serait atteinte environ 550 ans après le début de l'opération du parc à résidus.

Suite à l'atteinte du maximum de concentration, les concentrations en cyanures totaux diminueraient graduellement en chaque position, étant donné que l'eau interstitielle dans les nouveaux résidus épaissis est graduellement remplacée par de l'eau d'infiltration propre des précipitations.

## 6.2 Analyse de sensibilité

Une analyse de sensibilité a été effectuée sur les paramètres jugés comme ayant la plus grande influence sur les résultats de modélisation. Ceux-ci sont respectivement la constante de dégradation des cyanures totaux, la conductivité hydraulique de la couche de remblai de faible perméabilité destinée à l'amélioration du substrat, et la recharge en surface des résidus épaissis. L'objectif de l'analyse était d'évaluer l'impact d'une variation de la valeur attribuée à ces paramètres dans le cas de base sur les résultats de la modélisation, en l'occurrence les concentrations maximales simulées à l'aval du parc à résidus.





### 6.2.1 Analyse de sensibilité – constante de dégradation

Le scénario #1 considère une constante de dégradation ( $\lambda$ ) nulle, ce qui représente un scénario peu réaliste pour les cyanures totaux, mais qui seraient représentatifs pour les contaminants qui ne se dégradent pas. Le scénario #2 considère plutôt une constante de dégradation plus élevée que celle du cas de base. Ce scénario a notamment pour but de simuler le rôle actif joué par l'horizon de matière organique de surface dans la dégradation biologique et chimique des cyanures totaux, rôle qui n'était pas considéré dans le cas de base. Ensemble, les scénarios #1 et #2 permettent d'apprécier la variabilité des concentrations simulées en regard du paramètre de dégradation.

L'évolution des concentrations en cyanures totaux dans l'eau souterraine à l'aval du parc à résidus pour les scénarios #1 et #2 est présentée aux figures 3 et 4, respectivement. À la limite aval de la halde à stériles, elle-même située à l'aval du parc à résidus, la concentration maximale en cyanures totaux augmente d'environ 29% pour le scénario #1 ( $\lambda = 0$ ) et diminue d'environ 59% pour le scénario #2 ( $\lambda = 1 \times 10^{-5}$  1/j), par rapport au cas de base ( $\lambda = 2 \times 10^{-6}$  1/j). À 150 m à l'aval de la halde à stériles, la concentration maximale en cyanures totaux augmente d'environ 49% pour le scénario #1 ( $\lambda = 0$ ) et diminue d'environ 77% pour le scénario #2 ( $\lambda = 1 \times 10^{-5}$  1/j), par rapport au cas de base ( $\lambda = 2 \times 10^{-6}$  1/j).

Les résultats des scénarios #1 et #2 soulignent l'importance du processus de dégradation dans la migration des cyanures totaux. L'emploi d'une constante de dégradation visant à intégrer le rôle de l'horizon de la matière organique dans la dégradation des cyanures totaux générerait des concentrations encore plus faibles dans l'aquifère de roc, et bien en deçà du critère de l'eau souterraine aux fins de consommation du MDDELCC (0,20 mg/l).

Les résultats du scénario #1 montrent qu'en l'absence de dégradation, la concentration maximale en cyanures totaux obtenue dans l'eau souterraine à la limite aval du parc à résidus serait légèrement supérieure à celle prédite avec le cas de base, soit d'un facteur d'environ 1,06. Les concentrations maximales en cyanures totaux prédites par le scénario #1 seraient environ 1,3 et 1,5 fois supérieures à celles prédites avec le cas de base, respectivement à la limite aval de la halde à stériles et à 150 m à l'aval de celle-ci. Malgré cela, la concentration maximale prédite par le scénario #1 à 150 m à l'aval de la halde à stériles s'avère inférieure au critère de l'eau souterraine aux fins de consommation du MDDELCC. Il apparaît donc que, même en considérant un scénario peu réaliste où les cyanures totaux ne se dégraderaient pas, il y aurait respect du critère de qualité applicable pour l'eau souterraine, 150 m à l'aval de la halde à stériles.

À noter que les rapports de proportion obtenus entre les concentrations prédites pour un scénario sans dégradation (scénario #1) et celles prédites pour le cas de base permettent de fournir un ordre de grandeur de la contribution de la dégradation au processus de migration modélisé.

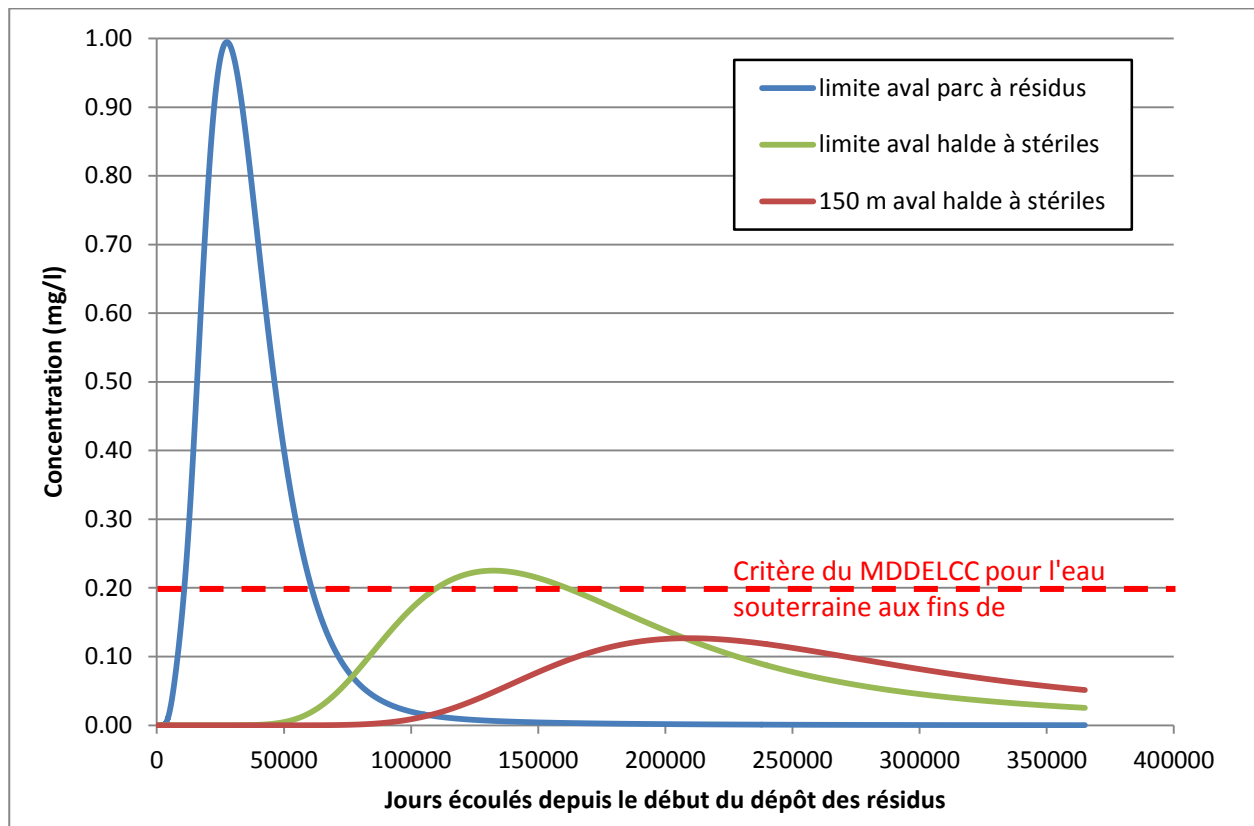


Figure 3: Variation temporelle des concentrations en cyanures totaux dans l'aquifère de roc – scénario #1 :  $\lambda = 0$

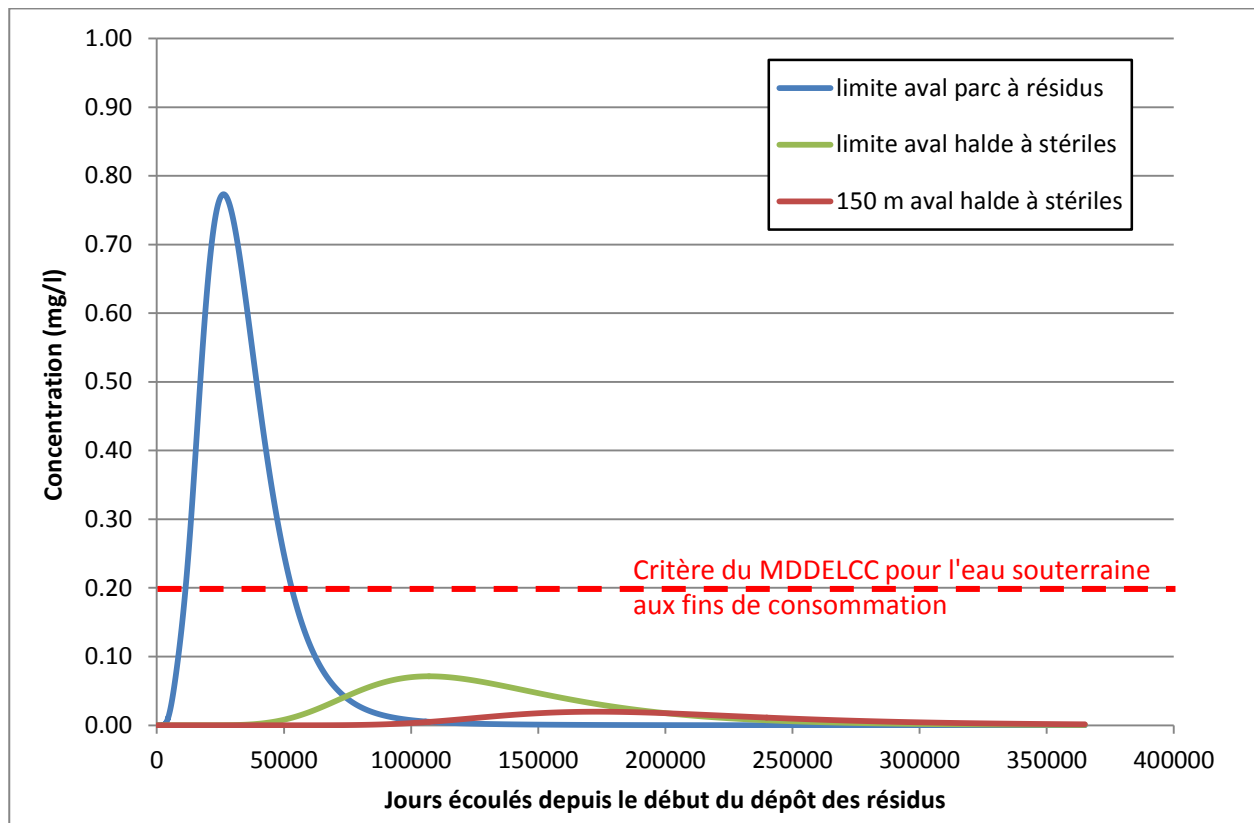


Figure 4: Variation temporelle des concentrations en cyanures totaux dans l'aquifère de roc – scénario #2 :  $\lambda = 1 \times 10^{-5} \text{ 1/j}$

### 6.2.2 Analyse de sensibilité – conductivité hydraulique du remblai de fondation

Le scénario #3 considère que le remblai de fondation mis en place pour améliorer le substrat possède une conductivité hydraulique (K) supérieure d'un ordre de grandeur à celle du cas de base, soit  $5 \times 10^{-8} \text{ m/s}$  au lieu de  $5 \times 10^{-9} \text{ m/s}$ . La pertinence de tester ce scénario réside dans le fait qu'une certaine incertitude existe quant à la conductivité hydraulique, ou perméabilité, réelle que pourra avoir le remblai de fondation, par rapport à la conductivité hydraulique des matériaux non remaniés naturellement en place, qui serviront pour l'amélioration du substrat. Le choix d'une valeur plus grande vise à considérer une situation où la mise en place de matériaux préalablement excavés ne permettrait pas de recréer une couche à perméabilité équivalente.

L'évolution des concentrations en cyanures totaux simulées dans l'eau souterraine à l'aval du parc à résidus pour le scénario #3 est présentée sur la figure 5. Cette figure indique que la concentration maximale en cyanures totaux à la limite aval de la halde à stériles augmente d'environ 3% pour le scénario #3 par rapport au cas de base. La concentration maximale en cyanures totaux à 150 m à l'aval de la halde à stériles augmente d'environ 11% pour le scénario #3 par rapport au cas de base.

Il apparaît que la conductivité hydraulique, ou perméabilité, du remblai de fondation a une influence limitée à modérée sur les concentrations en cyanures totaux migrant dans les formations géologiques sous-jacentes et à l'aval du parc à résidus. L'augmentation des concentrations en cyanures totaux dans l'aquifère de roc, découlant



d'une augmentation d'un ordre de grandeur de la conductivité hydraulique du remblai de fondation, s'avère relativement faible, et ces concentrations y demeurent sous la valeur du critère applicable. Ceci indique qu'une certaine tolérance est admissible quant à la conductivité hydraulique réelle que possédera le remblai de fondation, suite à sa mise en place, et qu'une déviation de celle-ci d'un ordre de grandeur par rapport à la conductivité hydraulique de l'argile naturelle n'aurait pas d'impact significatif sur la qualité de l'eau souterraine à l'aval des aires d'accumulation.

### 6.2.3 Analyse de sensibilité – Infiltration au niveau des résidus épais

Le scénario #4 considère une recharge en surface des résidus épais correspondant au double de celle appliquée dans le cas de base. Ceci correspond à un taux de recharge de 150 mm/an. Il s'agit d'une valeur à l'extrême supérieur du spectre des taux de recharge possibles en surface des résidus épais. Le scénario #5 considère une recharge en surface des résidus épais égale à la moitié de celle appliquée dans le cas de base. Ceci correspond à un taux de recharge de 37,5 mm/an. Dans ce cas, il s'agit d'une valeur à l'extrême inférieur du spectre.

L'évolution des concentrations en cyanures totaux dans l'eau souterraine à l'aval du parc à résidus pour les scénarios #4 et #5 est présentée aux figures 6 et 7, respectivement. À la limite aval de la halde à stériles, la concentration maximale en cyanures totaux diminue d'environ 5% pour le scénario #4 (recharge du cas de base X 2) et d'environ 1% pour le scénario #5 (recharge du cas de base / 2), par rapport au cas de base. Le fait qu'une légère diminution soit observée tant pour une hausse que pour une diminution de la recharge exprime l'effet antagoniste de deux processus. D'une part, une recharge plus élevée signifie que plus de précipitations (eau propre) s'infiltrent dans les résidus, ce qui permet l'écoulement d'un plus grand volume d'eau et le transport d'une plus grande masse de cyanures totaux vers l'inclusion de la coupe modélisée, où elle peut ensuite être retirée du système. D'autre part, une recharge moins élevée engendre des flux d'écoulements plus lents dans le système hydrogéologique. Un plus long temps de résidence de l'eau dans le système permet d'atteindre un niveau de dégradation plus avancé pour les cyanures, ce qui explique les concentrations légèrement plus faibles que pour le cas de base.

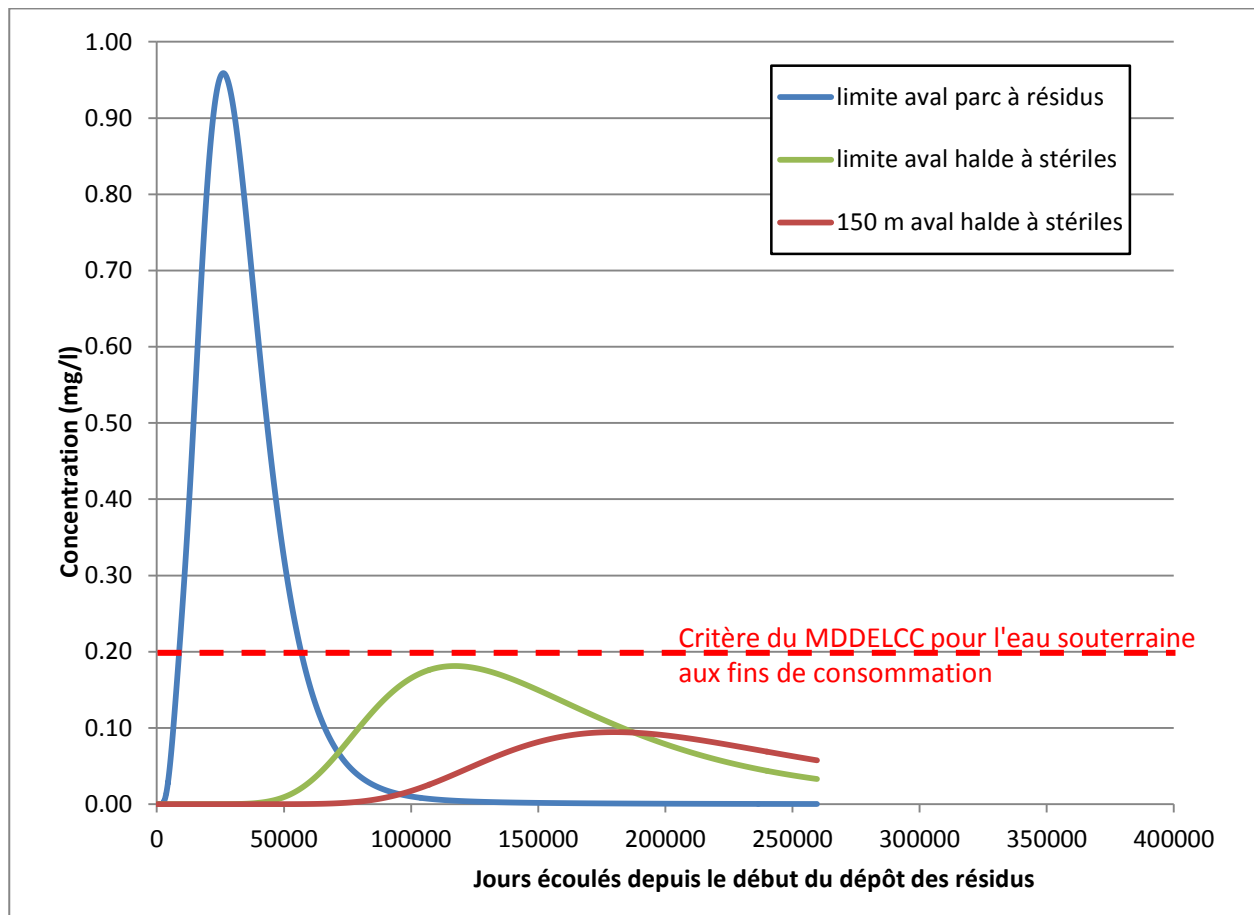


Figure 5: Variation temporelle des concentrations en cyanures totaux dans l'aquifère de roc – scénario #3 :  $K_{remblai}$  de fondation X10

À 150 m à l'aval de la halde à stériles, la concentration maximale en cyanures totaux diminue d'environ 6% pour le scénario #4 (recharge du cas de base X 2) et de 3% pour le scénario #5 (recharge du cas de base / 2) par rapport au cas de base. Il apparaît ainsi que l'effet positif d'une recharge plus élevée sur les concentrations en cyanures totaux se maintienne au-delà de la limite aval de la halde.

Ces résultats montrent que les concentrations simulées par le modèle sont relativement moins sensibles au taux de recharge appliqué qu'à la constante de dégradation. Ceci confère une certaine robustesse au modèle, étant donné que la recharge est généralement un paramètre possédant un niveau d'incertitude relativement élevé. Ils soulignent par ailleurs l'importance du rôle que jouent les inclusions du parc à résidus dans le retrait de la masse de cyanures totaux présente dans les résidus. Il apparaît donc comme critique le fait que ces inclusions puissent jouer leur rôle drainant efficacement et de façon durable.

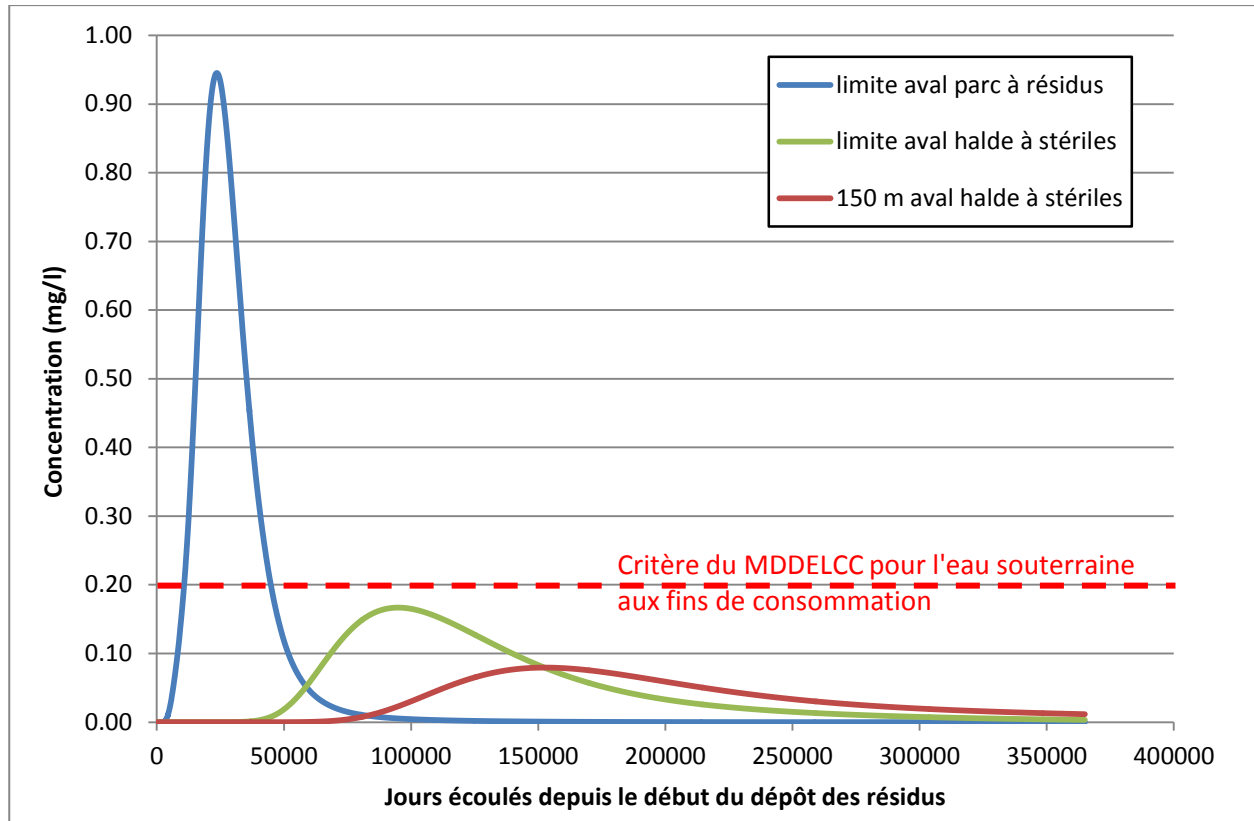


Figure 6: Variation temporelle des concentrations en cyanures totaux dans l'aquifère de roc – scénario #4 : Recharge X 2

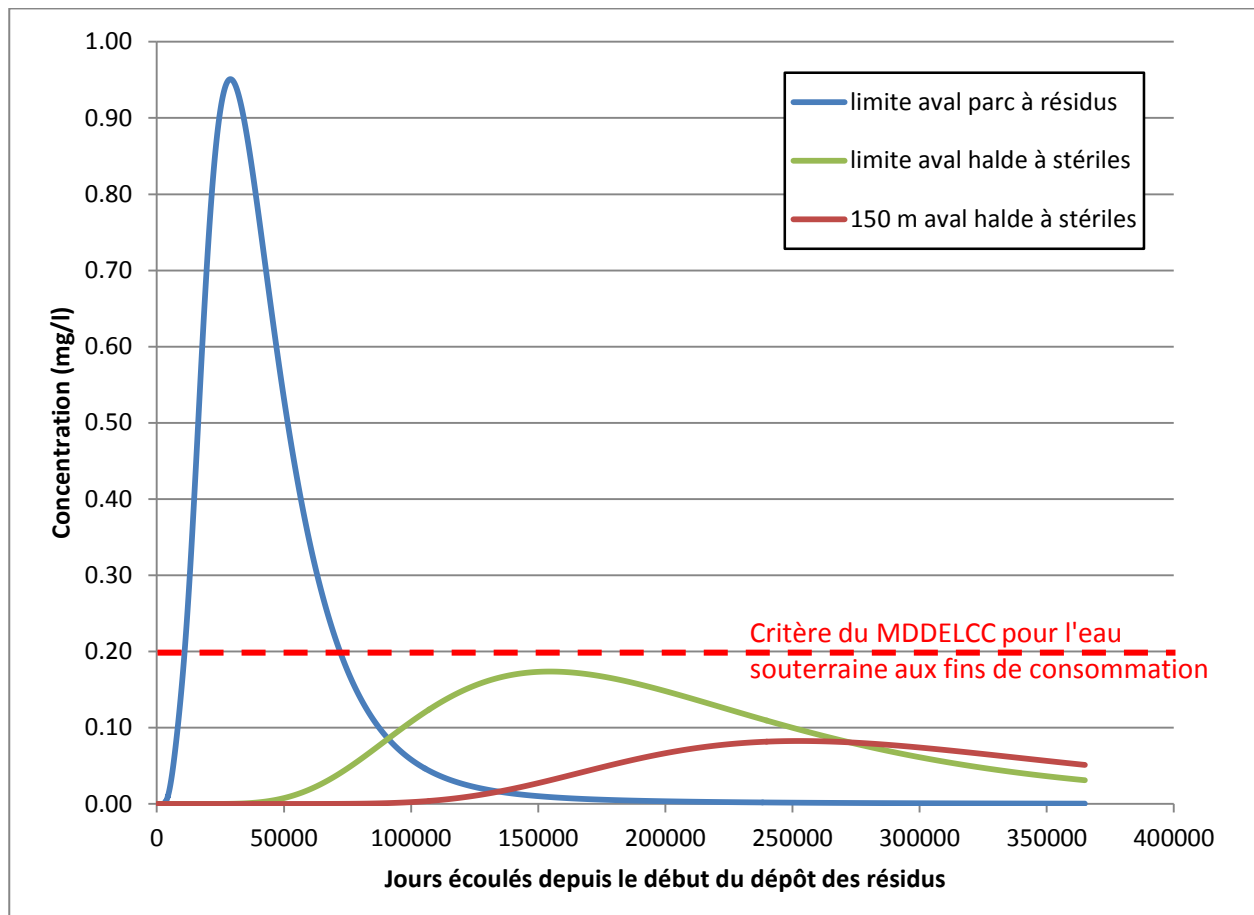


Figure 7: Variation temporelle des concentrations en cyanures totaux dans l'aquifère de roc – scénario #5 : Recharge / 2

### 6.3 Limites du modèle

Le modèle d'écoulement et de transport développé dans le cadre du présent mandat constitue une simplification du système hydrogéologique auquel s'ajouteront les résidus épaissis et stériles qui seront mis en place dans le prolongement des aires d'accumulation.

Une des principales simplifications est la représentation du système à l'aide d'un modèle en deux dimensions en coupe. Cette simplification ne permet pas d'intégrer la variabilité spatiale des unités hydrostratigraphiques et des flux d'eau aux limites du système dans la simulation de l'écoulement et du transport des contaminants. De fait, le processus de migration est supposé être uniforme dans l'espace, alors qu'il devrait plutôt varier en relation avec les variations de la stratigraphie, de même qu'avec la variation des flux d'eau entrant ou sortant.

Bien que le choix de l'axe de coupe modélisée soit basé sur des critères prudents, il s'avère possible que l'écoulement et le transport de contaminants selon d'autres axes puissent générer des concentrations différentes de celles simulées pour le cas de base. En contrepartie, la représentation du système à l'aide d'un modèle en deux dimensions s'avère une approche prudente, en raison du fait que cela suppose un système dont



l'extension transversale est infinie. Cette simplification a pour effet de négliger l'écoulement divergeant perpendiculairement à l'axe de la coupe et la dispersion transversale, ce qui peut engendrer une surestimation des concentrations simulées.

Une autre simplification considérée prudente est l'absence de l'horizon de matière organique dans le modèle développé, alors que celui-ci favorise l'adsorption des contaminants, de même que la biodégradation des cyanures.

À la lumière des simplifications et hypothèses exposées précédemment, il apparaît que le modèle d'écoulement et de transport développé permet de simuler de façon suffisamment prudente la migration des contaminants pour servir d'outil d'aide à la décision, en vue de guider la conception et l'aménagement du prolongement du parc à résidus et de la halde à stériles dans le secteur ciblé.

## 7.0 CONCLUSIONS

Une étude hydrogéologique a été réalisée afin de déterminer si le prolongement du parc à résidus épaissis et de la halde à stériles, le mode de gestion de ces matériaux et l'approche d'amélioration du substrat du parc à résidus qui est envisagée permettront de respecter les objectifs de protection des eaux souterraines. Un modèle hydrogéologique conceptuel a été développé et inclut une interprétation de la stratigraphie locale, sur laquelle se superposent les résidus épaissis puis les stériles. Le modèle inclut une couche de remblai de faible perméabilité d'une épaisseur de 3 m à la base des résidus épaissis sous lesquels l'argile naturelle est absente ou d'épaisseur inférieure à 1 m. Cette couche est destinée à améliorer le niveau de protection des eaux souterraines circulant dans l'aquifère de roc sous-jacent.

Le modèle hydrogéologique conceptuel a permis la construction d'un modèle numérique à partir duquel le transport des cyanures totaux, contaminants jugés d'intérêt prioritaire, a été simulé, afin d'évaluer les impacts potentiels du prolongement du parc à résidus et de la halde à stériles sur la qualité de l'eau souterraine. Le cas de base du modèle numérique prédit une concentration maximale légèrement inférieure à 0,2 mg/l (0,18 mg/l) dans l'aquifère de roc en limite aval de la halde à stériles. Cette concentration est ainsi légèrement inférieure au critère à des fins de consommation du MDDELCC (0,2 mg/l) pour les cyanures totaux.

L'analyse de sensibilité réalisée sur le cas de base a montré l'importance du processus de dégradation dans la migration des cyanures totaux. Également, l'analyse de sensibilité a montré que la perméabilité du remblai destiné à l'amélioration du substrat avait une influence limitée à modérée sur la migration des contaminants. Ainsi, bien que la qualité de la mise en place du remblai s'avère importante, une certaine tolérance quant à la variabilité de sa conductivité hydraulique finale est admissible. Un autre aspect investigué dans le cadre de l'analyse est l'influence de la recharge en surface des résidus épaissis sur la migration des cyanures totaux. Il a été montré que le modèle s'avérait robuste relativement à la variabilité de la recharge en surface des résidus épaissis. Il s'avère néanmoins recommandé de continuer à gérer l'aire d'accumulation de façon à minimiser l'infiltration d'eau à sa surface.

Le rôle drainant joué par les inclusions du parc à résidus, qui permet le retrait d'une masse significative de cyanures totaux, s'avère important ; il permet de réduire la masse de contaminants qui autrement migrerait vers l'aquifère de roc. Le drain en limite nord du parc à résidus, au contact avec les stériles, s'avère essentiel pour





intercepter l'eau interstitielle provenant des résidus et éviter que celle-ci ne pénètre dans les stériles. L'interception et le drainage hors-système de cette eau interstitielle a également pour effet de retirer une masse importante de cyanures totaux, ce qui permet de réduire d'autant la masse pouvant migrer vers l'aval du système hydrogéologique. Les résultats de la modélisation indiquent que le concept du prolongement du parc à résidus et de la halde à stériles, combinée à l'approche d'amélioration du substrat de ces aménagements présentement envisagée, permettront de respecter les objectifs de protection des eaux souterraines de la Directive 019, à l'aval de la halde à stériles, qui se trouve elle-même à l'aval du parc à résidus. De fait, aucune dégradation significative de la qualité de l'eau souterraine de l'aquifère de roc à l'aval de celle-ci, ni aucun impact aux récepteurs, n'est anticipé.

Des incertitudes subsistent par rapport à deux paramètres pouvant avoir une influence significative sur la migration des contaminants vers l'aquifère de roc, à partir du parc à résidus. Celles-ci concernent les concentrations à la source, c'est-à-dire dans l'eau interstitielle des résidus, ainsi que la conductivité hydraulique réelle que pourra effectivement avoir le remblai à faible perméabilité qui sera mis en place aux fins d'amélioration du substrat. Également, la capacité d'adsorption définie dans le modèle repose sur des valeurs approximatives obtenues de la littérature. La phase subséquente d'étude vise à lever ces incertitudes et à valider les résultats obtenus dans le cadre de la présente étude de modélisation. Pour ce faire, le modèle numérique sera raffiné avec les données d'entrée issues de ces travaux additionnels. Ces différents travaux sont décrits ci-après :

### **Améliorer la connaissance et la définition de la source de contaminants**

La source de contaminants représentée dans le modèle correspond à la moyenne des concentrations en cyanures totaux mesurées sur six échantillons d'eau interstitielle des résidus épaissis de la Mine. Or, une certaine disparité existe entre les six concentrations mesurées. Cette différence est supérieure à un ordre de grandeur, dans certains cas. Il s'avère donc important de mieux documenter les concentrations dans l'eau interstitielle des résidus, afin d'en préciser la variabilité. La phase subséquente d'étude comprend l'installation de nouveaux puits d'observation dans le parc à résidus de la Mine, ainsi que l'échantillonnage de ceux-ci. Ces nouvelles données de composition de l'eau interstitielle des résidus permettront de valider que la source de contaminants dans le modèle numérique est représentative des conditions attendues.

### **Évaluer la capacité d'adsorption réelle des contaminants que possèdent les dépôts meubles en place**

Les dépôts meubles ont une capacité plus ou moins grande à adsorber les contaminants présents dans l'eau qui y circulent. Cette capacité est principalement fonction du contenu en particules fines et en matière organique des dépôts, de même que de la nature des contaminants et de leurs propriétés physicochimiques. La capacité d'adsorption a une grande influence sur la migration des contaminants : une capacité d'adsorption élevée engendrera un retard proportionnellement élevé dans la migration, ce qui aura pour effet de diminuer les concentrations maximales susceptibles d'être obtenues dans la formation géologique réceptrice.

La modélisation numérique du transport de contaminants a utilisé des valeurs de capacité d'adsorption, ou coefficient d'adsorption, tirées de la littérature. Les valeurs utilisées sont considérées comme étant prudentes. Leur représentativité par rapport aux caractéristiques réelles des dépôts en place est toutefois incertaine. Il s'avère probable que les valeurs utilisées sous-estiment la capacité réelle d'adsorption de ces dépôts. La phase



subséquente d'étude inclut la réalisation d'essais d'adsorption en laboratoire sur des échantillons de sols prélevés au site, afin de valider les valeurs du modèle numérique.

### **Lever les incertitudes quant à la perméabilité du remblai qui sera mis en place pour améliorer le substrat**

La couche de remblai qui sera mise en place en surface des zones requérant une amélioration du substrat devra posséder une perméabilité, ou conductivité hydraulique, suffisamment faible pour permettre l'atteinte du niveau d'étanchéité requis. Afin de préciser ce paramètre qui joue un rôle non-négligeable dans la migration des contaminants, des essais en laboratoire de compaction et de conductivité hydraulique sur des échantillons prélevés au site seront réalisés lors de la phase subséquente d'étude. Ces essais permettront de déterminer la conductivité hydraulique, ou perméabilité, que pourrait réellement atteindre le remblai qui sera mis en place pour améliorer le substrat.

### **Mise à jour du modèle numérique**

Le modèle numérique sera mis à jour avec les données d'entrée issues des travaux additionnels effectués lors de la phase subséquente d'étude. De plus, même si les cyanures totaux représentent le contaminant le plus critique, en raison des concentrations observées à la source (les résidus épaissis) et de la valeur du critère applicable pour la protection des eaux souterraines, la migration d'un contaminant ne se dégradant pas, tel un métal, sera réalisée afin de pouvoir quantifier les concentrations attendues dans l'eau souterraine à l'aval des aires d'accumulation. Ceci permettra de valider la conformité des mesures de protection envisagées et leur capacité à assurer la protection des eaux souterraines en regard de ce type de contaminant.



### 8.0 RÉFÉRENCES

- Anderson, M.P., and Woessner, W.W., 1992. *Applied groundwater modeling – Simulation of flow and advective transport*. Academic Press inc., Harcourt Brace Jovanovich, Publishers. 381 p.
- Battelle Memorial Institute. 1989. *Chemical Databases for the Multimedia Environmental Pollutant Assessment System (MEPAS)*. Version 1. December 1989.
- Diersch, H.-J. G., 2014. *FEFLOW – Finite element modeling of flow, mass and heat transport in porous and fractured media*. Springer, Berlin Heidelberg, XXXV, 996p.
- Franz, T.J., and Rowe, R.K., 1993. *Simulation of groundwater flow and contaminant transport at a landfill site using models*. International Journal for Numerical and Analytical Methods in Geomechanics. Vol. 17- 7, pp. 435-455.
- Gelhar, L.W., Welty, C. and Rehfeldt, K.W., 1992. *A critical review of data on field-scale dispersion in aquifers*. Water Resource Research. 28(7) , pp. 1955-1974
- Golder Associés Ltée, 2008. *Évaluation du débit d'exhaure et des impacts potentiels sur les niveaux des eaux souterraines, Osisko Exploration Malartic, Québec, Canada*. No Réf. 07-1221-0028-2400
- Golder Associés Ltée, 2009a. *Estimation par modélisation numérique du débit d'eau s'exfiltrant du parc à résidus vers le roc - Corporation minière Osisko, Malartic, (Québec)*. No réf.07-1221-0028-3700
- Golder Associés Ltée, 2009b. *Rapport factuel d'investigation géotechnique pour le parc à résidus miniers, Projet Canadian Malartic, Corporation minière Osisko, Malartic, Québec*. No réf. 07-1221-0028-3300
- Golder Associés Ltée, 2009c. *Projet Canadian Malartic – Impacts potentiels du parc à résidus sur la qualité de l'eau souterraine, Corporation minière Osisko, Malartic, Québec*. No réf. 07-1221-0028-3900
- Golder Associés Ltée, 2009d. *Estimation par solution analytique du taux d'exfiltration du bassin de polissage vers le roc, Corporation minière Osisko, Malartic, Québec*. No réf. 07-1221-0028-3302
- Golder Associés Ltée, 2009e. *Modélisation des impacts potentiels du bassin sud-est sur la qualité de l'eau souterraine – Projet Canadian Malartic, Corporation minière Osisko, Malartic, Québec*. No réf. 07-1221-0028-3800
- Golder Associés Ltée, 2010. *Évaluation des effets potentiels du nouveau parc à résidus miniers sur la qualité de l'eau souterraine – Projet Canadian Malartic - Corporation minière Osisko, Malartic (Québec)*. No réf. 07-1221-0028-3800-2
- Golder Associés Ltée, 2012a. *Rapport factuel d'investigation géotechnique – secteur à l'est du parc à résidus de la Mine*. No réf. 001-11-1221-0105
- Golder Associés Ltée, 2012b. *Investigation des piliers de surface de la mine Barnat-Sladen*. No réf. 017-10-1221-0123
- Golder Associés Ltée, 2013. *Suivi des eaux souterraines 2012 – Mine Canadian Malartic, Malartic (Québec)*. No réf. 004-10-1221-4002



- Golder Associés Ltée. 2014a. *Évaluation de la qualité des eaux souterraines dans le secteur du prolongement de la halde à stériles et du parc à résidus, Mine Canadian Malartic, Québec*. No réf. 002-10-1221-0107-6002
- Golder Associés Ltée, 2014b. *Analyse de la stratigraphie en regard du niveau de protection des eaux souterraines requis pour le prolongement du parc à résidus et de la halde à stériles*. No réf. 026-13-1221-0020-3040
- Golder Associés Ltée. 2014c. *Programme de caractérisation géochimique 2012-2013, Mine Canadian Malartic, Malartic, Québec*. No réf. 046-13-1221-0020-5010
- Golder Associés Ltée. 2014d. *Plan conceptuel de gestion des eaux et bilan d'eau – Conditions ultimes d'opération*. No réf. 048-13-1221-0020-4020
- Meeussen, J.C.L., Keizer, M.G. and De Haan, F.A.M. 1992. *The chemical stability and decomposition rate of iron cyanide complexes in soil solutions*. Environmental Science and Technology. 26 (3), pp. 511-516.
- Ministère de l'Environnement et de la Faune du Québec (MEF), 1999. *Guide de classification des eaux souterraines du Québec*. Direction des politiques de l'eau. 12 p.
- Ministère de l'Environnement du Québec (MENV), 1999. *Politique de protection et de réhabilitation des sols et des terrains contaminés*. Direction des politiques du secteur industriel, Service des lieux contaminés, 124 pages. Dernière mise à jour : novembre 2001.
- Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (MDDEP), 2012. *Directive 019 sur l'industrie minière*. Direction des politiques de l'eau, Services des eaux industrielles. Mars 2012.
- Smith, A. and Mudder, T. 2001. *The Chemistry and Treatment of Cyanidation Wastes*. Mining Journal Books Ltd. Second Edition.
- US Environmental Protection Agency (USEPA). 1999. *Partition Coefficients for Metals in Surface Water, Soil and Wastes*. June 1999.



## Page signatures de projet

Christian Boyaud, ing. M.Sc.  
Hydrogéologue

Pierre Groleau, ing. M.Sc.  
Associé principal, hydrogéologue

CB/PG

\\golder.gds\gal\montreal\actif\2013\1221\13-1221-0020 osisko - expansion mine malartic\5 préparation livrables\phase 2000 hydrogéologie\062 modelisation qualité eau souterraine - rapport complet\rev1\062-13-1221-0020-2020-rev1.docx





**LÉGENDE**

— EMPREINTE PROJÉTÉE DE LA FOSSE, DU PARC À RÉSIDUS ET DE LA HALDE À STÉRILES

**NOTES**

PROJECTION UTM, ZONE 17, SYSTÈME DE RÉFÉRENCE NAD 83

RÉFÉRENCE

PHOTOS LIDAR FOURNIES PAR CMGP (JUIN 2011 ET AOÛT 2012)

**CONFIDENTIEL**

CLIENT  
CANADIAN MALARTIC GP

PROJET  
ÉTUDE DE MODÉLISATION HYDROGÉOLOGIQUE DES IMPACTS POTENTIELS SUR LA QUALITÉ DE L'EAU SOUTERRAINE DU PROLONGEMENT DE LA HALDE À STÉRILES ET DU PARC À RÉSIDUS, MINE CANADIAN MALARTIC, QUÉBEC - RAPPORT DE MODÉLISATION

CONSULTANT

AAAA-MM-JJ	2014-10-10
PROJÉTÉ	C. Boyaud
DESSINÉ	S. Betnesky
RÉVISÉ	C. Boyaud
APPROUVÉ	P. Groleau

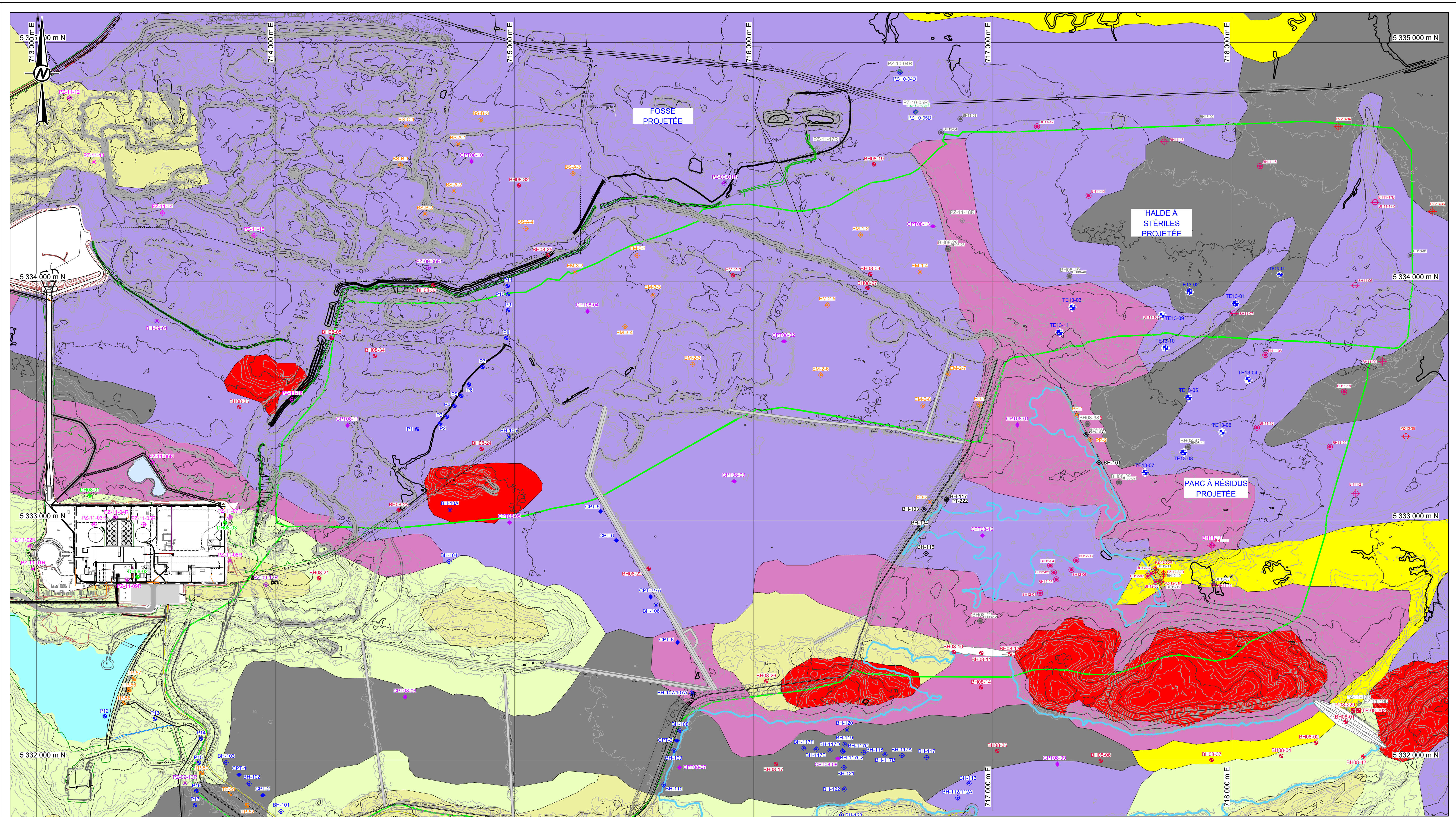
TITRE  
**LOCALISATION DES AMÉNAGEMENTS PROJÉTÉS**



N° PROJET	PHASE	Rév.	PLAN
13-1221-0020	2020	1	1

25 mm - SILA MESURE NE CORRESPOND PAS À L'ÉCHELLE. LA TAILLE DE LA FEUILLE A ÉTÉ MODIFIÉE/ANSI A





**CONFIDENTIEL**

**LÉGENDE**

- |  |  |   |
|--|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>○ PUIS D'OBSERVATION</li> <li>● FORAGE</li> <li>□ TRANCHÉE D'EXPLORATION</li> <li>◆ ESSAI DE PÉNÉTRATION AU CÔNE</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>— EMPREINTE PROJÉTÉE DU PARC À RÉSIDUS ET DE LA HALDE À STÉRILES</li> <li>— EMPREINTE PROJÉTÉE DE LA FOSSE</li> </ul> | <p><b>Géologie des dépôts meubles</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>1a - Till - Couverture discontinue (&lt; 1 m)</li> <li>1b - Till - Couverture continue (&gt; 1 m)</li> <li>2a - Sédiments juxtaglaciaires</li> <li>2b - Sédiments d'épandage proglaciaire</li> <li>2c - Sédiments granulaires</li> <li>3a - Sédiments d'eau profonde</li> <li>3b - Sédiments sublittoraux et de plage</li> <li>5 - Dépôts alluviaux</li> <li>6 - Dépôts organiques</li> <li>R - Roc</li> </ul> |
|--|--|---|

CLIENT  
**CANADIAN MALARTIC GP**

CONSULTANT



AAAA-MM-JJ    2014-10-10  
 PROJÉTÉ    C. Boyaud  
 DESSINÉ    S. Betnesky  
 RÉVISÉ    C. Boyaud  
 APPROUVÉ    P. Groleau

PROJET  
 ÉTUDE DE MODÉLISATION HYDROGÉOLOGIQUE DES IMPACTS POTENTIELS SUR LA QUALITÉ DE L'EAU SOUTERRAINE DU PROLONGEMENT DE LA HALDE À STÉRILES ET DU PARC À RÉSIDUS, MINE CANADIAN MALARTIC, QUÉBEC - RAPPORT DE MODÉLISATION

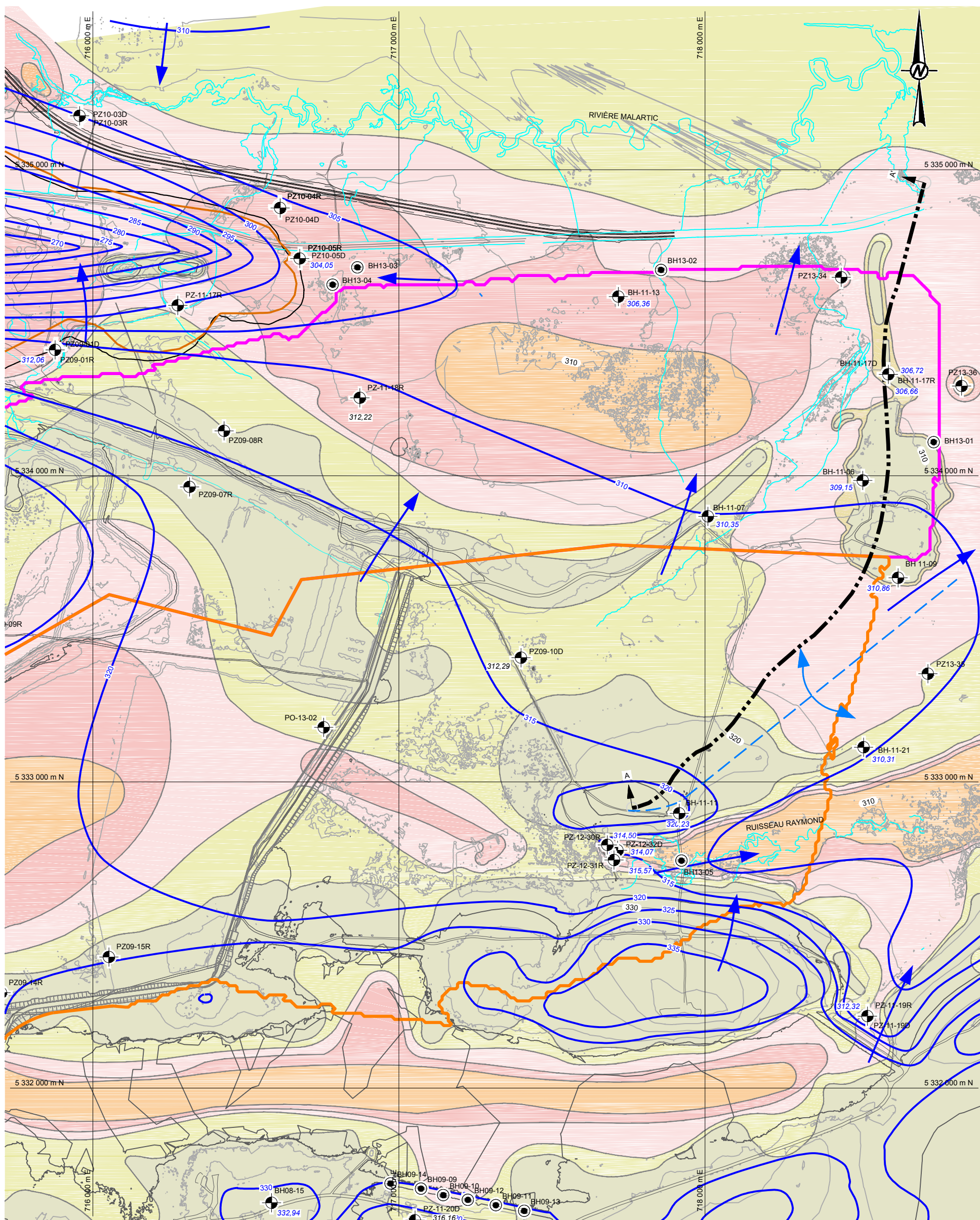
**TITRE**  
**CARTE DES DÉPÔTS MEUBLES**  
**(COMMISSION GÉOLOGIQUE DU CANADA)**

N° PROJET	PHASE	Rév.	PLAN
13-1221-0020	2020	1	2

Chemin: I:\golder\gsg\all\Montreal\SIG\CAD\PROJET\S\S\S\S\PRODUCTION\13-1221-0020\2020\2020A | Nom du fichier: 13-1221-0020-2020-002.dwg

25 mm | SI LA MESURE NE CORRESPOND PAS À L'ÉCHELLE, LA TAILLE DE LA FEUILLE A ÉTÉ MODIFIÉE, ANS/D





LÉGENDE

- PUIS D'OBSERVATION
- EMPREINTE DU PARC À RÉSIDUS PROJETÉ
- EMPREINTE DE LA HALDE À STÉRILES PROJETÉE
- COURBE ISOPIÈZE (m)
- ÉLÉVATION DU NIVEAU D'EAU SOUTERRAINE (m) (SEPTEMBRE 2012)
- DIRECTION D'ÉCOULEMENT DE L'EAU SOUTERRAINE
- LIGNE DE PARTAGE DES EAUX SOUTERRAINES

ÉPAISSEUR DE SOLS COHÉRENTS

- 0 à 1 m
- 1 à 2,5 m
- 2,5 à 5 m
- 5 à 10 m
- >10 m

CONFIDENTIEL

CLIENT  
CANADIAN MALARTIC GP

PROJET  
ÉTUDE DE MODÉLISATION HYDROGÉOLOGIQUE DES IMPACTS POTENTIELS SUR LA QUALITÉ DE L'EAU SOUTERRAINE DU PROLONGEMENT DE LA HALDE À STÉRILES ET DU PARC À RÉSIDUS, MINE CANADIAN MALARTIC, QUÉBEC - RAPPORT DE MODÉLISATION



CONSULTANT	AAAA-MM-JJ	2014-10-10
	PROJETÉ	C. Boyaud
	DESSINÉ	S. Betnesky
	REVISÉ	C. Boyaud
	APPROUVÉ	P. Groleau

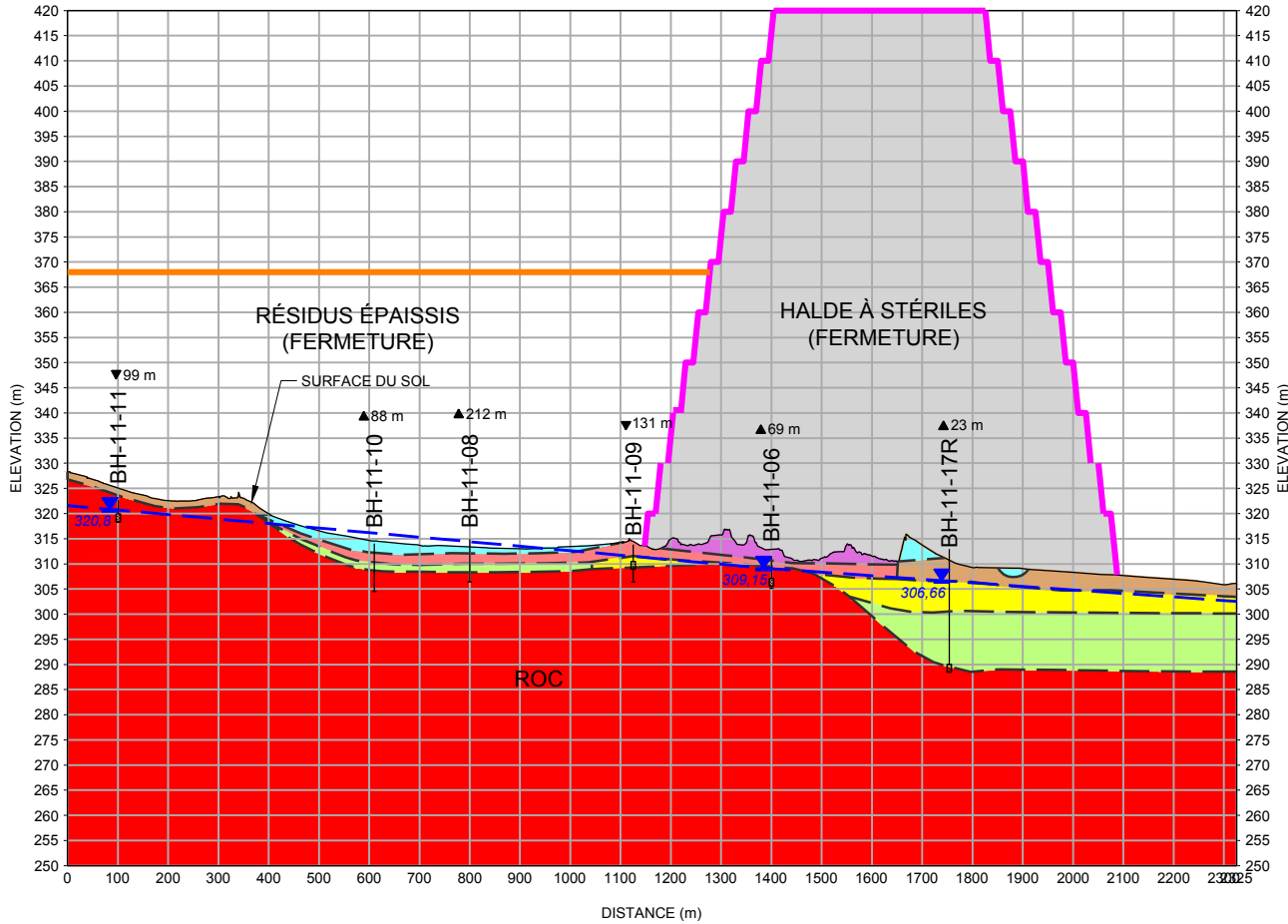
TITRE  
**INTERPRÉTATION DE L'ÉPAISSEUR DES SOLS COHÉRENTS ET DE LA PIÉZOMÉTRIE DU ROC ET LOCALISATION DE LA COUPE MODÉLISÉE**

N° PROJET	PHASE	Rév.	PLAN
13-1221-0020	2020	1	3

SI LA MESURE NE CORRESPOND PAS À L'ÉCHELLE, LA TAILLE DE LA FEUILLE A ÉTÉ MODIFIÉE - ANS/B

A  
X: 717762,03  
Y: 5332915,46

A'  
X: 718717,15  
Y: 5334957,69



LÉGENDE

**BH-11-10** FORAGE / PUIITS  
▲ 88 m DISTANCE DU FORAGE / PUIITS PAR RAPPORT À L'AXE DE LA COUPE

PIÉZOMÉTRIE DU ROC

--- SURFACE PIÉZOMÉTRIQUE  
▼ 320.23 ÉLEVATION DU NIVEAU DE L'EAU SOUTERRAINE (m)

STRATIGRAPHIE

- REMBLAI
- ARGILE
- SILT
- SABLE ET GRAVIER
- SABLE FIN
- TILL
- SOCLE ROCHEUX

CLIENT  
CANADIAN MALARTIC GP

CONSULTANT



AAAA-MM-JJ 2014-10-10  
PROJETÉ C. Boyaud  
DESSINÉ S. Betnesky  
REVISÉ C. Boyaud  
APPROUVÉ P. Groleau

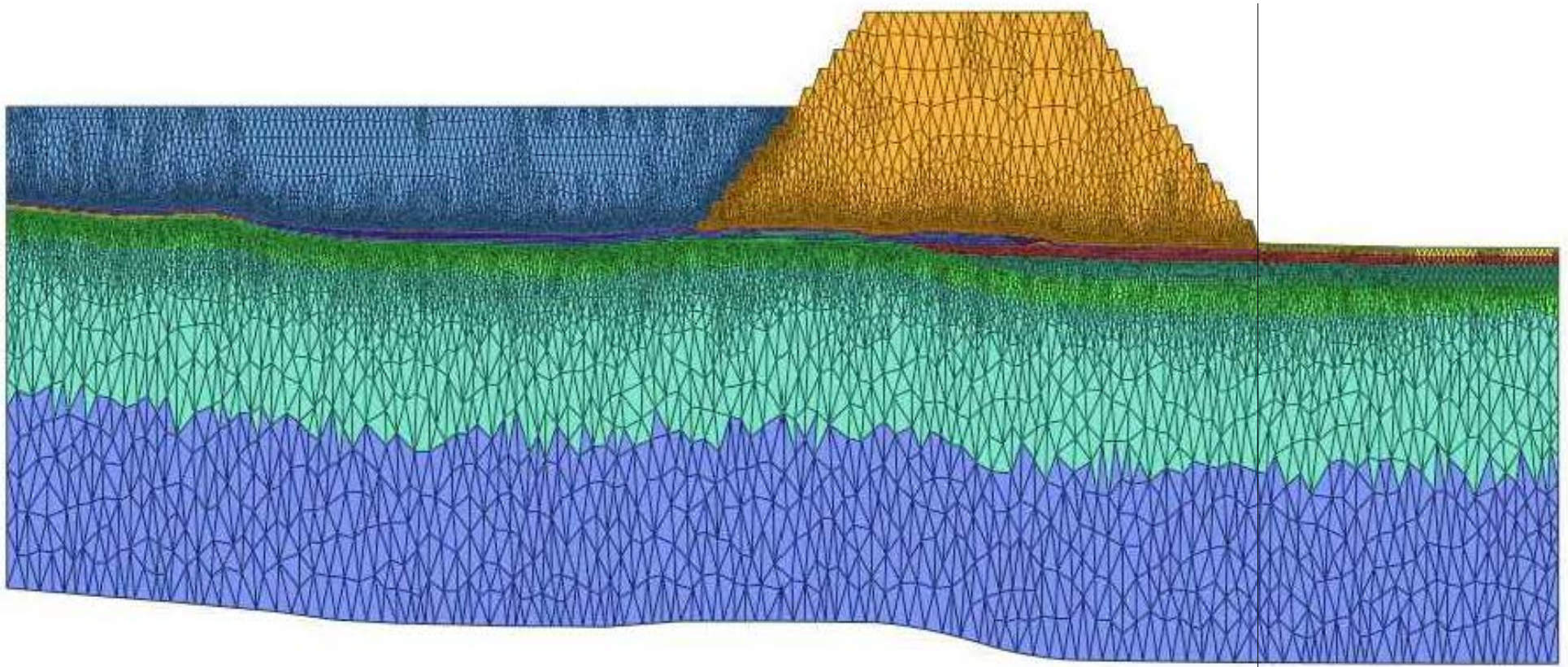
PROJET  
ÉTUDE DE MODÉLISATION HYDROGÉOLOGIQUE DES IMPACTS POTENTIELS SUR LA QUALITÉ DE L'EAU SOUTERRAINE DU PROLONGEMENT DE LA HALDE À STÉRILES ET DU PARC À RÉSIDUS, MINE CANADIAN MALARTIC, QUÉBEC - RAPPORT DE MODÉLISATION

TITRE  
**COUPE STRATIGRAPHIQUE LE LONG DE L'AXE MODÉLISÉ**

N° PROJET	PHASE	Rév.	PLAN
13-1221-0020	2020	1	4



MAILLAGE D'ÉLÉMENTS FINIS UTILISÉS POUR LE MODÈLE BIDIMENSIONNEL EN COUPE



EXAGÉRATION VERTICALE = 4X

CLIENT  
CANADIAN MALARTIC GP

PROJET  
ÉTUDE DE MODÉLISATION HYDROGÉOLOGIQUE DES IMPACTS POTENTIELS SUR LA QUALITÉ DE L'EAU SOUTERRAINE DU PROLONGEMENT DE LA HALDE À STÉRILES ET DU PARC À RÉSIDUS, MINE CANADIAN MALARTIC, QUÉBEC - RAPPORT DE MODÉLISATION

CONSULTANT

AAAA-MM-JJ 2014-10-10  
PROJETÉ C. Boyaud  
DESSINÉ S. Betnesky  
REVISÉ C. Boyaud  
APPROUVÉ P. Groleau

TITRE

**MAILLAGE D'ÉLÉMENTS FINIS UTILISÉ POUR LE MODÈLE BIDIMENSIONNEL EN COUPE**

N° PROJET  
13-1221-0020

PHASE  
2020

Rév.  
1

PLAN  
5





# **ANNEXE A**

## **Rapport de caractérisation de l'eau interstitielle des résidus de la mine Canadian Malartic**



Novembre 2014

## MINE CANADIAN MALARTIC, MALARTIC, QUÉBEC

# Rapport de caractérisation de l'eau interstitielle des résidus de la mine Canadian Malartic

**Présenté à :**

M. Denis Cimon  
Canadian Malartic General Partnership  
100, chemin du Lac Mourier  
Malartic (Québec) J0Y 1Z0

RAPPORT



**N° de référence : 070-13-1221-0020-2020-RF-Rev0**

**Distribution:**

1 version électronique : Canadian Malartic General  
Partnership, Malartic, Québec  
1 exemplaire : Golder Associés Ltée, Montréal, Québec

CONFIDENTIEL





## Table des matières

<b>1.0 INTRODUCTION.....</b>	<b>1</b>
1.1 Mise en contexte .....	1
<b>2.0 MÉTHODOLOGIE.....</b>	<b>1</b>
2.1 Forages .....	1
2.2 Puits d'observation .....	2
2.2.1 Niveau phréatique.....	3
2.2.2 Échantillonnage de l'eau.....	3
2.3 Programme analytique.....	4
<b>3.0 QUALITÉ DE L'EAU INTERSTITIELLE .....</b>	<b>4</b>
3.1 Identification des critères de qualité employés comme référence .....	4
3.2 Résultats analytiques.....	5
3.3 Assurance et contrôle de la qualité.....	7
<b>4.0 CONCLUSIONS.....</b>	<b>7</b>
<b>5.0 SIGNATURES.....</b>	<b>9</b>
<b>6.0 RÉFÉRENCES.....</b>	<b>10</b>



**TABLEAUX (DANS LE TEXTE)**

Tableau 1 : ..Élévations de référence des puits d'observation .....2  
Tableau 2 : ..Niveaux d'eau mesurés aux puits d'observation .....3  
Tableau 3 : ..Mesures des paramètres physicochimiques stabilisés.....4

**TABLEAUX (APRES LE TEXTE)**

Tableau 4: Sommaire des résultats analytiques pour les échantillons d'eau prélevés aux puits d'observation installés dans les résidus miniers

**FIGURES**

Figure 1 : Localisation des puits d'observation

**ANNEXES**

**ANNEXE A**

Journaux de forage

**ANNEXE B**

Résultats d'analyse chimique

**ANNEXE C**

Conditions générales et limitations





## 1.0 INTRODUCTION

À titre d'information, il est important de souligner que des changements importants sont survenus en juin 2014 au niveau de la gestion de la mine Canadian Malartic à Malartic, Québec. En effet, le 16 juin 2014, Mines Agnico Eagle Limitée (AEM) et Yamana Gold Inc. (Yamana) annonçaient l'acquisition (50%-50%) de la plupart des actifs de Corporation Minière Osisko (Osisko). Dans le cadre de cette acquisition, un partenariat dénommé Canadian Malartic GP (CMGP) a été créé pour assurer la gestion des actifs de la mine Canadian Malartic (la Mine). Il est donc important pour éviter toute forme de confusion que toutes documentations après le 15 juin 2014 se réfèrent à Canadian Malartic GP, tandis que celles d'avant le 16 juin 2014 doivent se référer à Corporation Minière Osisko.

CMGP a mandaté Golder Associés Ltée (Golder) afin de réaliser une étude de caractérisation de l'eau interstitielle des résidus épaissis de la Mine. Ce rapport présente la méthodologie pour l'installation de puits d'observation et l'échantillonnage de l'eau interstitielle dans les résidus ainsi que les résultats d'analyses chimiques obtenus dans le cadre de cette caractérisation. Une interprétation sommaire des résultats est également fournie.

### 1.1 Mise en contexte

La caractérisation de la qualité de l'eau interstitielle des résidus s'avère pertinente, dans un contexte de surveillance environnementale des opérations de la Mine. Elle permet de déterminer et de quantifier l'occurrence des éléments et composés présents en solution dans les résidus épaissis déposés dans le parc à résidus dans le cadre de l'exploitation de la Mine. Elle est également utile dans un contexte de prévision de la qualité de l'eau interstitielle susceptible de prévaloir dans les résidus qui seront mis en place dans le prolongement du parc à résidus, dans le cadre du projet d'extension de la Mine (l'Extension Canadian Malartic).

La caractérisation de la qualité de l'eau interstitielle des résidus s'est effectuée suite au forage et à l'aménagement de deux puits d'observation dans les résidus provenant de l'exploitation de la Mine, desquels trois échantillonnages ont été réalisés, tel que décrit ci-après.

## 2.0 MÉTHODOLOGIE

Les travaux de terrain réalisés dans le cadre de ce projet sont les suivants :

- La réalisation de deux forages incluant l'échantillonnage de résidus en profondeur;
- L'aménagement de deux puits d'observation dans les forages réalisés;
- L'échantillonnage de l'eau dans les puits;

L'emplacement des puits d'observation est présenté à la figure 1.

### 2.1 Forages

Les forages ont été réalisés du 29 août au 1<sup>er</sup> septembre 2013. L'emplacement des forages, nommés PO-13-01 et PO-13-02, est montré à la figure 1. Les forages ont été complétés jusqu'à une profondeur respective de 11,28 et 8,08 m. Les sondages ont été arpentés par le personnel de la Mine et les coordonnées et élévations ont ensuite été fournies à Golder.



Golder a retenu les services de la compagnie Forage Giroux Inc. pour effectuer les forages et l'installation des puits. Les forages ont été faits par rotation avec un tubage de type HW (11,42 cm de diamètre) monté sur une foreuse Diedrich D-50.

Lors des forages, des échantillons de résidus ont été prélevés au moyen d'une cuillère fendue tous les 0,75 m (2,5') d'intervalle pour le forage PO-13-01 et tous les 1,5 m d'intervalle pour le forage PO-13-02. La description des résidus a été faite en utilisant les standards de classification usuellement utilisés dans la pratique géotechnique. Une feuille explicative des abréviations et des terminologies utilisées dans le journal de forage est jointe à la première page de l'annexe B. Les élévations et les coordonnées des forages sont présentées dans les journaux de forage.

## 2.2 Puits d'observation

Les deux forages (PO-13-01 et PO-13-02) ont été convertis en puits d'observation afin d'établir le niveau de la nappe phréatique et d'échantillonner l'eau présente dans les résidus. Le choix de l'emplacement des puits d'observation visait principalement à obtenir de l'information à deux endroits distincts du parc à résidus. Leur emplacement a été choisi afin de maximiser les chances de les conserver lors des rehaussements à venir.

Les puits sont constitués d'un tubage de chlorure de polyvinyle (CPV) de 38 mm de diamètre terminé par une crépine en CPV d'une longueur de 3,05 m, avec des ouvertures de 0,25 mm de largeur. La crépine est entourée d'une enveloppe de sable de silice dont la taille des grains est essentiellement comprise entre 0,6 mm et 1,7 mm de diamètre (sable de grade 1). Du sable de grade 50, dont la taille des grains varie essentiellement entre 0,15 et 0,6 mm, a aussi été mis en place en complément du sable de grade 1 au puits PO-13-01. Pour les deux puits, du sable de silice a aussi été mis en place sous la crépine, afin de constituer une assise ferme pour celle-ci. Dans le cas du PO-13-01, le fond du forage a d'abord été scellé par de la bentonite en granule (3/8") afin d'isoler complètement le puits de la couche de vieux résidus miniers interceptée. Comme la couche de vieux résidus n'a pas été atteinte au PO-13-02, aucune bentonite n'a été placée au fond du trou. Pour les deux puits, l'espace annulaire au-dessus de la crépine a été scellé par de la bentonite granulaire enrobée sur une épaisseur minimale de 0,45 m, puis par de la bentonite en granules (3/8" de diamètre) sur une épaisseur minimale de 0,23 m. Le reste du forage a été comblé par un mélange de ciment, bentonite, résidus et stériles fins dans le cas du puits PO-13-01, tandis que de la bentonite en granules a été placée jusqu'en surface pour le puits PO-13-02. L'installation de chaque puits a été complétée par la mise en place d'un tubage protecteur hors sol en acier pour le puits PO-13-01 et en polyéthylène haute densité pour le puits PO-13-02. Tous deux sont munis d'un couvercle en acier.

Les schémas d'installation des puits sont présentés sur les journaux de forage à l'annexe A. Le tableau 1 résume les élévations d'intérêt reliées à ces puits d'observation.

**Tableau 1 : Élévations de référence des puits d'observation**

Puits	Élévation du PVC (m)	Intervalle d'élévation de la lanterne de sable (m)
PO-13-01	336,87	325,7 à 330,1
PO-13-02	333,24	324,1 à 329,7



# RAPPORT DE CARACTÉRISATION DE L'EAU INTERSTITIELLE DES RÉSIDUS DE LA MINE CANADIAN MALARTIC - CONFIDENTIEL

L'installation et le développement des puits d'observation ont été réalisés conformément au Guide d'échantillonnage à des fins d'analyses environnementales : Cahier 3 - Échantillonnage des eaux souterraines du ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques du Québec<sup>1</sup> (MDDELCC, 2011) (Guide d'échantillonnage).

## 2.2.1 Niveau phréatique

Les niveaux d'eau dans les puits d'observation ont été mesurés à l'aide d'une sonde à interface une fois leur installation complétée. Ils sont présentés au tableau 2.

**Tableau 2 : Niveaux d'eau mesurés aux puits d'observation**

Puits	Date du relevé (aaaa-mm-jj)	Profondeur de la nappe phréatique par rapport à la surface des résidus <sup>2</sup> (m)	Élévation du niveau d'eau dans les résidus (m)
PO-13-01	2013-09-02	1,57	334,14
	2013-09-03	1,64	334,07
PO-13-02	2013-09-02	3,09	328,46
	2013-09-03	3,07	328,48

La différence d'élévation de la nappe d'eau entre les deux puits peut s'expliquer en se référant à la dernière période de déposition dans chaque cellule. Selon les résultats, la surface phréatique était située à environ 1,6 m sous la surface dans la cellule PR1C où environ 2 m de résidus venaient d'être déposés, et à environ 3 m sous la surface dans la cellule PR2B où il n'y avait pas eu d'important débit de déposition depuis quelques mois.

## 2.2.2 Échantillonnage de l'eau

Les puits ont été échantillonnés à trois reprises, soit tout juste après leur installation (2 septembre 2013) ainsi que les 14 janvier et 18 septembre 2014. Avant de procéder à l'échantillonnage de l'eau, chaque puits a été purgé à faible débit et à faible rabattement à l'aide d'échantillonneurs dédiés de type WaterraMD (tubulures et valves à clapet) et selon les procédures du Guide d'échantillonnage. Cinq paramètres physicochimiques de l'eau ont été mesurés au cours de la purge lors des échantillonnages de septembre 2013, soit le pH, la température, la conductivité, le potentiel d'oxydo-réduction (ORP) et l'oxygène dissous. La température, le pH et la conductivité ont été mesurés au cours de la purge, lors des échantillonnages de janvier et de septembre 2014. La mesure des paramètres physicochimiques a été effectuée à l'aide d'une sonde multiparamétrique de marque YSI 556 MPS préalablement calibrée. Les mesures ont été réalisées avec une sonde immergée dans un contenant où l'eau pompée du puits était déversée. Les échantillons d'eau ont été prélevés une fois la stabilisation des mesures des paramètres physicochimiques atteinte. Le prélèvement a utilisé les mêmes échantillonneurs que ceux employés pour la purge.

Les mesures enregistrées une fois les paramètres stabilisés, soit celles prévalant juste avant l'échantillonnage, sont présentées au tableau 3.

<sup>1</sup> MDDELCC : ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques du Québec, anciennement connu comme le ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs (MDDEFP), le ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs du Québec (MDDEP), le ministère de l'Environnement du Québec (MENV) ou le ministère de l'Environnement et de la Faune du Québec (MEF).

<sup>2</sup> L'élévation de la surface des résidus est celle en date du relevé.



**Tableau 3 : Mesures des paramètres physicochimiques stabilisés**

Puits	Date du relevé (aaaa-mm-jj)	Volume d'eau retiré (L)	Température (°C)	pH	O <sub>2</sub> dissous (%)	Conductivité (µS/cm)	ORP (mV)
PO-13-01	2013-09-02	30	15,05	8,24	19,6	1691	-65,5
	2014-01-14	12	5,34	10,38	-	2850	-
	2014-09-18	-	9,5	10,47	-	2875	-
PO-13-02	2013-09-02	43	13,02	9,44	38,7	1759	-143,5
	2014-01-14	15	5,39	9,98	-	3289	-
	2014-09-18	-	7,3	10,34	-	2994	-

Les échantillons destinés à être analysés pour les métaux ont été filtrés sur le site à l'aide de filtres de 0,45 micron (GWV, modèle no 12178). Les échantillons prélevés ont été conservés dans des bouteilles appropriées fournies par le laboratoire avec les agents de conservation requis pour les analyses prévues. Les échantillons ont été conservés au frais immédiatement après le prélèvement jusqu'à leur réception au laboratoire Maxxam Analytique Inc. (Maxxam) situé à Montréal. Ce laboratoire est accrédité par le MDDELCC pour les analyses effectuées.

## 2.3 Programme analytique

Le choix des paramètres du programme analytique est basé sur les recommandations de la Directive 019 (MDDEP, 2012). Les échantillons d'eau ont été soumis à un laboratoire accrédité pour l'analyse des paramètres suivants : métaux, alcalinité totale, cyanures (totaux et libres), sulfures, solides totaux dissous, anions majeurs (SO<sub>4</sub>, Cl), fluorure, phosphore total, carbonates et composés azotés (NO<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub>). En incluant les échantillons du programme d'assurance qualité et de contrôle qualité, huit échantillons ont été analysés lors de la caractérisation de l'eau dans le parc à résidus.

## 3.0 QUALITÉ DE L'EAU INTERSTITIELLE

### 3.1 Identification des critères de qualité employés comme référence

L'eau interstitielle des résidus est une eau essentiellement issue du procédé de traitement du minerai à laquelle se mélangent les eaux de précipitations s'infiltrant à la surface des résidus. Par conséquent, aucun critère de qualité ne s'applique à celle-ci.

L'intérêt de comparer les concentrations mesurées dans l'eau interstitielle à des critères de qualité de l'eau souterraine réside dans le fait que les formations géologiques sous-jacentes au parc à résidus représentent le récepteur de l'eau qui percole à travers les résidus. Différents processus, tels que l'adsorption et la dégradation, permettront de réduire les concentrations en solutés de l'eau interstitielle percolant vers le bas du profil, avant que celle-ci n'atteigne la nappe d'eau souterraine. De fait, les concentrations mesurées dans l'eau présente dans les résidus s'avèrent supérieures à celles qui prévalent au point de contact entre l'eau de percolation et l'eau souterraine, sous le parc à résidus. La comparaison des concentrations mesurées dans l'eau interstitielle avec les critères de qualité pour l'eau souterraine n'a donc pas de rôle d'évaluation de conformité; elle a plutôt un rôle indicatif, permettant d'identifier les contaminants pouvant être jugés comme étant d'intérêt, dans un



contexte de surveillance environnementale de l'eau souterraine à l'aval du parc à résidus. Par ailleurs, d'anciens résidus sont présents sous les résidus épaissis déposés dans le cadre de l'exploitation de la Mine et des impacts à la qualité de l'eau souterraine causés par ces anciens résidus ont été observés avant le début des opérations de la Mine.

Les critères de qualité d'eau souterraine applicables sont déterminés en fonction des récepteurs potentiels qui sont identifiés. En considérant le fait que le roc est un aquifère de classe II, tel que défini selon le Guide de classification des eaux souterraines du Québec (MEF, 1999), de même que la présence de la rivière Malartic, où l'eau souterraine pourrait faire résurgence, les critères retenus pour l'eau souterraine sont les critères à des fins de consommation (FC) et les critères de Résurgence dans les eaux de surface ou infiltration dans les égouts (RESIE) du MDDELCC (MENV, 1998).

### **3.2 Résultats analytiques**

Les résultats analytiques des échantillons d'eau prélevés aux puits PO-13-01 et PO-13-02 sont présentés dans le tableau 4, inséré à la suite du texte. Ce tableau présente également une comparaison des résultats avec les critères de qualité retenus, à titre indicatif. Les certificats analytiques du laboratoire sont présentés à l'annexe B.

À titre indicatif, l'échantillon d'eau prélevé au puits PO-13-01 le 2 septembre 2013 montre des dépassements de critères pour plusieurs métaux tels l'aluminium, l'arsenic, le baryum, le chrome, le cuivre, le manganèse, le molybdène, le nickel, le plomb, le sodium et le zinc. Les concentrations de la plupart des métaux mesurés dans l'échantillon prélevé au puits PO-13-01 sont largement supérieures aux concentrations mesurées dans l'échantillon prélevé au puits PO-13-02 à la même période. Les échantillons prélevés dans le puits PO-13-01 lors des échantillonnages de janvier et de septembre 2014 présentent des concentrations de métaux considérablement moins élevées (de dix fois à mille fois moins élevées), à l'exception des résultats pour le sodium et le molybdène. Lors de son prélèvement, l'échantillon du puits PO-13-01 le 2 septembre 2013 montrait une turbidité élevée. Certaines difficultés avaient également été rencontrées lors de la filtration visant à constituer un sous-échantillon destiné à l'analyse des métaux. Il est donc probable que l'échantillon analysé contenait des particules de résidus miniers, ce qui aurait augmenté les concentrations en métaux mesurées lors de l'analyse. La présence de particules dans l'eau du puits aurait pu être liée à un développement incomplet du puits, en raison des difficultés inhérentes à ce processus pour les puits aménagés dans les dépôts peu perméables. Les résultats d'analyse des métaux du 2 septembre 2013 pour le puits PO-13-01 ne sont pas considérés comme étant représentatifs des concentrations réelles prévalant dans l'eau interstitielle des résidus miniers à cet emplacement.

Tous les échantillons prélevés présentent des concentrations en molybdène et en sodium dépassant les critères FC correspondants. Les concentrations en molybdène mesurées varient entre 0,12 et 0,31 mg/L, alors que le critère FC est égal à 0,07 mg/L. Les concentrations en sodium mesurées varient entre 320 et 540 mg/L, pour un critère FC de 200 mg/L. En septembre 2013, l'échantillon PO-13-02 présentait des concentrations en aluminium et en cuivre supérieures aux critères RESIE correspondants. Les concentrations en cuivre et en aluminium mesurées dans les échantillons prélevés en janvier et septembre 2014 au puits PO-13-02, de même que dans l'échantillon prélevé en janvier 2014 au puits PO-13-01, se sont avérées inférieures de plus d'un ordre de grandeur à celles mesurées pour le PO-13-02 au cours de la campagne de septembre 2013, en plus d'être inférieures aux critères RESIE.

En raison de la non-représentativité des concentrations en métaux de septembre 2013, l'évaluation de la variabilité temporelle des concentrations en métaux dans l'eau du puits PO-13-01 est limitée. Il semble y avoir



une variabilité temporelle modérée pour l'aluminium et le magnésium. La variabilité temporelle des concentrations en métaux dans l'eau du puits PO-13-02 apparaît élevée pour l'aluminium, le cuivre et le manganèse. Les concentrations obtenues en septembre 2013 sont supérieures d'au moins un ordre de grandeur à celles obtenues en janvier et en septembre 2014. Une hausse des concentrations dans l'eau du puits PO-13-01 est par ailleurs observée pour la quasi-totalité des métaux entre les campagnes de janvier et de septembre 2014. Néanmoins, seule la concentration en cuivre est passée au-dessus de la valeur du critère de référence en septembre 2014, alors qu'elle y était inférieure en janvier 2014.

Toujours à titre indicatif, les échantillons prélevés en janvier et septembre 2014 aux deux puits révèlent des concentrations en azote ammoniacal (16 à 24 mg/L) légèrement inférieures ou supérieures au critère RESIE (18 mg/L). Les trois échantillons prélevés au puits PO-13-01, de même que l'échantillon prélevé en septembre 2013 au puits PO-13-02, montrent des concentrations en cyanures disponibles (CN-) (0,17 à 0,47 mg/L) supérieures au critère RESIE (0,022 mg/L). Tous les échantillons analysés présentent par ailleurs des concentrations en cyanures totaux (1 à 23 mg/L) au moins cinq fois supérieures au critère FC (0,2 mg/L). La concentration en cyanures totaux au puits PO-13-01 a fluctué entre 7,5 et 23 mg/L, entre septembre 2013 et septembre 2014. La concentration en cyanures totaux au puits PO-13-02 montre quant à elle une légère diminution, variant de 3,1 à 1 mg/L entre septembre 2013 et septembre 2014. Les résultats obtenus pour les cyanures disponibles et les cyanures totaux soulignent la variabilité importante des concentrations de ces composés dans l'eau interstitielle des résidus, dans l'espace et dans le temps.

À l'exception de l'échantillon prélevé en septembre 2013 au puits PO-13-01, tous les échantillons d'eau interstitielle possèdent des concentrations en fluorure (1,5 à 2,5 mg/L) supérieures ou égales au critère FC (1,5 mg/L). Les échantillons prélevés en septembre 2013 et 2014 au puits PO-13-01 montrent des concentrations en nitrites (respectivement 2,5 et 1,2 mg/L) supérieures au critère FC (0,6 mg/L), alors que celle mesurée dans l'échantillon de janvier 2014 (0,05 mg/L) s'avérait inférieure à la valeur du critère. Les concentrations en nitrites au puits PO-13-02 se sont toutes avérées sous la limite de détection du composé.

Les concentrations en nitrates présentent une forte diminution entre septembre 2013 et janvier 2014, et ce, aux deux puits. En effet, les concentrations en nitrates mesurées dans les échantillons de septembre 2013 sont égales à 12 et 2 mg/L respectivement pour PO-13-01 et PO-13-02. Les concentrations mesurées dans les échantillons de janvier et de septembre 2014 s'avèrent quant à elles inférieures à la limite de détection correspondante.

Les concentrations en phosphore total mesurées dans les échantillons prélevés au puits PO-13-01 (13, 9 et 3,8 mg/L) sont toutes supérieures au critère RESIE (3 mg/L). Dans le cas du puits PO-13-02, seule la concentration mesurée dans l'échantillon de septembre 2014 (3,4 mg/L) s'avère supérieure au critère RESIE.

Il est important de rappeler qu'aucun critère de qualité ne s'y applique à l'eau interstitielle. La comparaison des résultats avec des critères permet, à titre indicatif, d'identifier les contaminants dans un contexte de surveillance environnementale. De façon globale, il ressort qu'en plus des cyanures disponibles et totaux, plusieurs autres composés inorganiques présentent une occurrence et des concentrations variant de façon importante dans l'espace et dans le temps, dans l'eau interstitielle des résidus. Il est probable que cette variabilité soit causée par l'interaction complexe entre plusieurs facteurs distincts, reliés notamment à la composition des résidus en sortie de traitement, aux conditions de dépôt, aux conditions climatiques, de même qu'à l'hydrologie et à l'hydrogéologie du parc à résidus. Tout effort visant à déterminer des valeurs moyennes de concentrations dans





l'eau interstitielle du parc à résidus pour l'un ou l'autre de ces composés devra ainsi prendre en compte cette variabilité.

### 3.3 Assurance et contrôle de la qualité

En plus des procédures internes de contrôle et d'assurance de la qualité (AQ/CQ) effectuées par le laboratoire, le programme AQ/CQ de terrain comprenait le prélèvement d'un échantillon duplicata de l'eau interstitielle lors des deux premières campagnes d'échantillonnage. Cet échantillon a été prélevé au puits d'observation PO-13-02 lors des échantillonnages du 2 septembre 2013 et du 14 janvier 2014.

La qualité des duplicata de terrain est évaluée sur la base de leur variabilité exprimée par le pourcentage de différence relative (PDR). Le PDR permet la quantification de la différence entre les concentrations détectées dans les duplicata et leurs échantillons correspondants. Il est calculé selon l'équation suivante :

$$\text{\% de différence relative} = \frac{(\text{Échantillon} - \text{Duplicata})}{[\text{Moyenne} (\text{Échantillon} : \text{Duplicata})]} * 100$$

Lorsque les résultats analytiques sont inférieurs à la limite de détection de la méthode, le pourcentage de variabilité est considéré comme étant non quantifiable et les résultats du contrôle de la qualité sont jugés acceptables. En outre, en raison des variations causées par la méthode d'analyse, des concentrations proches de la limite de détection qui s'appliquent dans ce raisonnement ont une reproductibilité inférieure.

Les PDR entre les duplicata et leurs échantillons correspondants étaient généralement sous la valeur de 30 % recommandée (MEF, 1995). Seuls deux résultats ont montré des PDR supérieurs à 30 %. Dans un des deux cas (arsenic, le 14 janvier 2014), la concentration de l'échantillon principal est égale à 0,003 mg/L, alors que celle du duplicata est de 0,002 mg/L, pour une limite de détection analytique de 0,001 mg/L. De fait, l'écart entre les deux concentrations est jugé non significatif. Dans le second cas (cyanures disponibles, le 2 septembre 2013), le PDR entre la concentration de l'échantillon principal et celle du duplicata n'est que légèrement supérieure à 30 % (36,6 %).

En conclusion, le contrôle de qualité réalisé à l'aide des duplicata indique que les résultats d'analyse sont acceptables.

## 4.0 CONCLUSIONS

Une caractérisation de la composition chimique de l'eau interstitielle des résidus épais en place a pu être effectuée, par l'entremise du forage, de l'aménagement et de l'échantillonnage de deux puits dans les résidus produits dans le cadre de l'exploitation de la Mine.

Il est important de rappeler qu'aucun critère de qualité ne s'applique à l'eau interstitielle des résidus. La comparaison des résultats avec des critères permet, à titre indicatif, d'identifier les contaminants dans un contexte de surveillance environnementale.





Les principaux résultats obtenus sont les suivants :

- L'eau interstitielle des résidus, échantillonnée aux deux puits d'observation, présente des concentrations en molybdène, sodium et cyanures totaux systématiquement supérieures aux critères de référence retenus (critères pour l'eau souterraine aux fins de consommation du MDDELCC). Des dépassements de critères sont également enregistrés pour l'aluminium, le cuivre, le nickel, l'azote ammoniacal, les cyanures disponibles, le fluorure, les nitrites, les sulfures et le phosphore total, sur une base plus ou moins récurrente.
- D'importantes variations dans les concentrations en métaux et paramètres inorganiques sont observées dans l'eau interstitielle des résidus, tant entre les deux puits échantillonnés qu'entre les phases d'échantillonnage, indiquant que la variabilité temporelle et spatiale des concentrations est élevée.
- Hormis le molybdène et le sodium, de même que le cuivre détecté en PO-13-01, toutes les concentrations en métaux mesurées lors des campagnes d'échantillonnage de janvier et septembre 2014 se sont avérées inférieures aux critères de référence considérés.

Afin de mieux cerner et documenter les fluctuations temporelles et spatiales des concentrations dans l'eau interstitielle, l'aménagement de deux nouveaux puits d'observation est en cours dans le parc à résidus. Ces puits sont en voie d'installation dans les parties aval du parc à résidus par rapport aux directions de l'écoulement à partir du point de déposition, considérant que les puits PO-13-01 et PO-13-02 se situent en limite amont du parc. Ceci permettra de fournir un portrait plus représentatif de la composition chimique de l'eau interstitielle à l'échelle du parc. Chacun de ces nouveaux puits sera aménagé à deux niveaux, ce qui permettra d'établir un profil vertical des concentrations, ce qui fournira des renseignements sur les taux de migration des contaminants à travers les résidus, et notamment, sur la dégradation des cyanures pouvant se produire à l'intérieur des résidus. La capacité de caractériser cette dégradation et, de façon générale, les flux verticaux de contaminants, donnerait l'avantage de permettre une validation des modèles de transport de contaminants déjà élaborés pour le site et, éventuellement, d'augmenter le niveau de confiance quant à la protection des eaux souterraines offerte par le parc à résidus.



## 5.0 SIGNATURES

### GOLDER ASSOCIÉS LTÉE

Christian Boyaud, ing., M.Sc.  
hydrogéologue

Pierre Groleau, ing., M.Sc.  
Hydrogéologue senior et associé principal

CB/PG

Golder, Golder Associates and the GA globe design are trademarks of Golder Associates Corporation.

\\golder.gds\gal\montreal\actif\2013\1221\13-1221-0020 osisko - expansion mine malartic\5 préparation livrables\phase 2000 hydrogéologie\070 carac. de l'eau intersti\rev0\070-13-1221-0020-2020-rf-rev0.docx



## **6.0 RÉFÉRENCES**

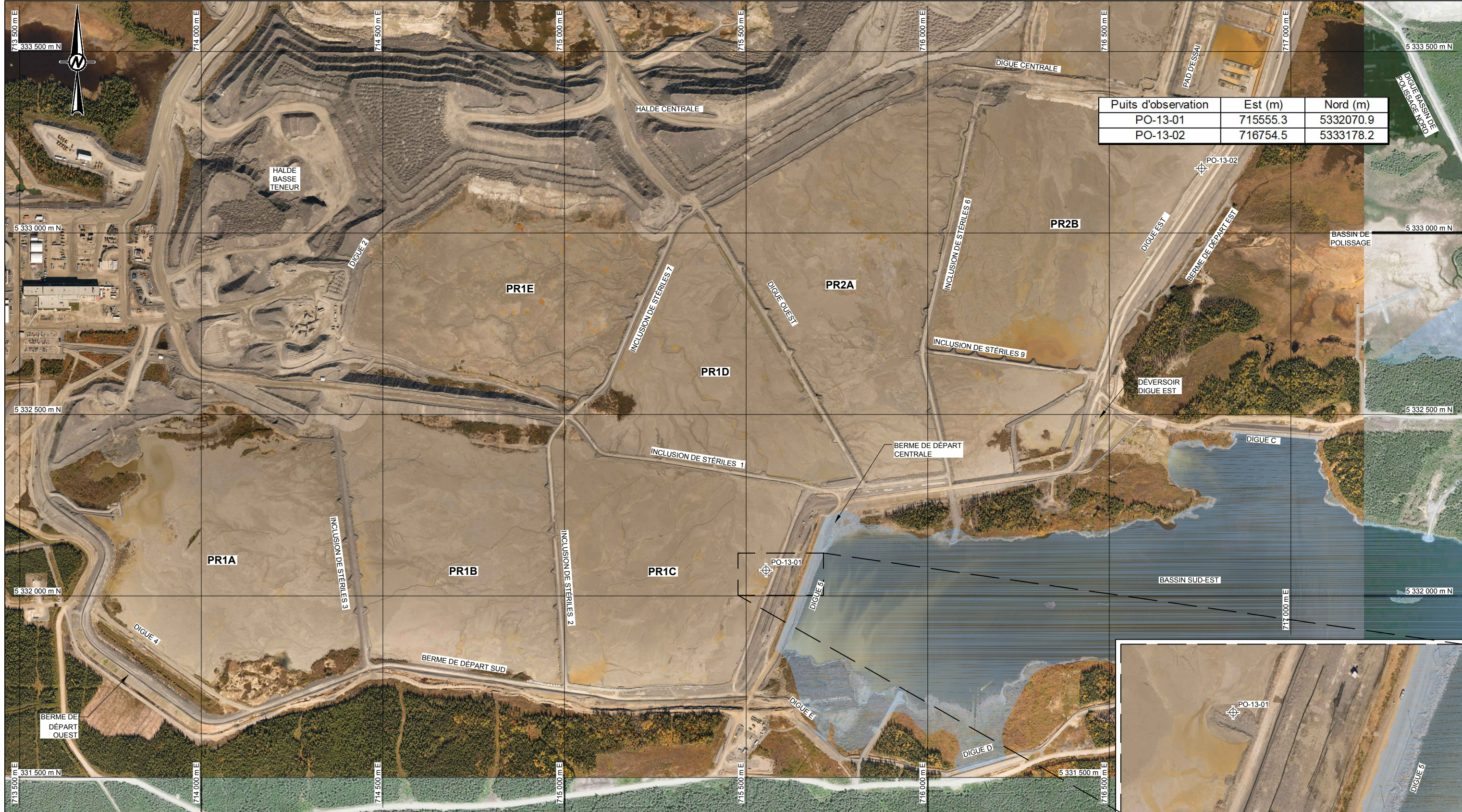
- Ministère de l'Environnement et de la Faune du Québec, 1995. *Guide de procédures : Assurance et contrôle de la qualité pour les travaux analytiques contractuels en chimie*. Les publications du Québec.
- Ministère de l'Environnement du Québec, 1998. *Politique de protection des sols et de réhabilitation des terrains contaminés*. Les publications du Québec.
- Ministère de l'Environnement et de la Faune du Québec, 1999. *Guide de classification des eaux souterraines du Québec*. Les publications du Québec.
- Ministère du Développement durable, de l'environnement et des parcs du Québec. 2011. *Guide d'échantillonnage à des fins d'analyses environnementales : cahier 3 - Échantillonnage des eaux souterraines*. Gouvernement du Québec.
- Ministère du Développement durable, de l'environnement et des parcs du Québec. 2012. *Directive 019 sur l'industrie minière – version de mars 2012*. Gouvernement du Québec.

**Tableau 4: Sommaire des résultats analytiques pour les échantillons d'eau prélevés aux puits d'observation installés dans les résidus miniers**

Paramètres	Unités	Critères*		Résultats analytiques	Puits PO-13-01			Puits PO-13-02						
		Fin de consommation	RESIE		Echantillon	PO-13-01-020913***	PO-13-01-20140114	PO-13-01-20140918	PO-13-02-020913	DUP-1-020913 (dupliquata de PO-13-02-02092013)	PO-13-02-20140114	DUP-PO-13-02-20140114	PO-13-02-20140918	
						ID Maxxam	V73540	X29388	Z92271	V73541	V73542	X29390	X29390	Z92272
						Date d'échantillonnage	02/09/2013	01/14/2014	18/09/2014	02/09/2013	02/09/2013	01/14/2014	01/14/2014	18/09/2014
<b>MÉTAUX</b>														
Aluminium (Al)	mg/L	-	0.75		250	0.077	0.18	1.1	1.4	0.03	<0.03	0.12		
Antimoine (Sb)	mg/L	0.006	-		<0.02	0.005	0.0051	<0.02	<0.02	<0.003	<0.003	0.0022		
Argent (Ag)	mg/L	0.1	0.0062		<0.01	<0.0003	<0.0001	<0.01	<0.01	<0.0003	<0.0003	<0.0001		
Arsenic (As)	mg/L	0.025	0.34		0.07	0.006	0.0048	<0.05	<0.05	0.003	0.002	0.004		
Baryum (Ba)	mg/L	1	5,3+		2.8	0.053	0.044	0.06	0.06	0.048	0.048	0.036		
Cadmium (Cd)	mg/L	0.005	0.0021		<0.01	<0.001	<0.0002	<0.01	<0.01	<0.001	<0.001	<0.0002		
Calcium (Ca)	mg/L	-	-		-	26	29	-	-	120	120	60		
Chrome (Cr)	mg/L	0.05	-		2.3	<0.005	0.00053	0.01	0.01	<0.005	<0.005	<0.0005		
Cobalt (Co)	mg/L	-	0.5		0.31	0.074	0.068	0.02	0.02	<0.02	<0.02	0.014		
Cuivre (Cu)	mg/L	1	0.0073		1.1	<0.003	0.024	0.038	0.042	<0.003	<0.003	0.0013		
Magnésium (Mg)	mg/L	-	-		-	0.29	0.46	-	-	4.1	3.8	0.61		
Manganèse (Mn)	mg/L	0.05	-		9.3	<0.003	0.0011	0.06	0.07	0.006	0.005	0.0018		
Molybdène (Mo)	mg/L	0.07	2		0.2	0.24	0.31	0.15	0.15	0.12	0.12	0.18		
Nickel (Ni)	mg/L	0.02	0,26+		1	0.013	0.0073	0.02	0.02	<0.01	<0.01	0.0022		
Plomb (Pb)	mg/L	0.01	0,034+		0.33	<0.001	0.00091	<0.01	<0.01	<0.001	<0.001	0.00018		
Potassium (K)	mg/L	-	-		-	120	130	-	-	180	160	180		
Sélénium (Se)	mg/L	0.01	0.02		<0.05	0.002	0.0015	<0.05	<0.05	<0.001	<0.001	<0.001		
Sodium (Na)	mg/L	200	-		220	490	540	320	330	450	420	490		
Zinc (Zn)	mg/L	5	0,067+		1.2	<0.005	<0.005	<0.02	<0.02	<0.005	<0.005	<0.005		
<b>CONVENTIONNELS</b>														
Azote ammoniacal (N-NH3)	mg/L	-	21*		15	23	24	22	23	16	-	23		
Cyanures disponibles (CN-)	mg/L	-	0.022		0.37	0.17	0.47	0.42	0.29	<0.01	-	0.007		
Cyanures Tolaux	mg/L	0.2	-		7.5	23	14	3.1	3	1.8	-	1		
Fluorure (F)	mg/L	1.5	4		0.9	2.5	2.4	1.8	1.8	1.5	-	1.5		
Phosphore total	mg/L	-	3		13	9	3.8	0.06	0.07	1.2	-	3.4		
Nitrates (N-NO3-)	mg/L	-	200		12	<0.04	<0.02	2	2.1	<0.04	-	<0.02		
Nitrites (N-NO2-)	mg/L	1	0,6**		2.5	0.05	1.2	<0.2	<0.2	<0.04	-	<0.02		
Sulfures (exprimés en S2-)	mg/L	0.05	0.2		<0.02	<0.02	<0.1	<0.02	<0.02	<0.02	-	0.3		
Alcalinité Totale (en CaCO3) pH 4,5	mg/L	-	-		85	91	71	72	83	55	-	62		
Chlorures (Cl)	mg/L	250	860		40	61	56	36	35	42	-	41		
Sulfates (SO4)	mg/L	-	-		900	1000	1200	970	970	1400	-	1200		
Solide Tolaux Dissous	mg/L	-	-		1700	1900	2100	1600	1600	2300	-	2000		
<b>Mesure stabilisé</b>														
pH					8.24	10.38	9.32	9.44	-	9.98	-	9.48		
Température	(°C)				15.05	5.34	9.5	13.02	-	5.39	-	7.3		
Oxygène dissous	mg/L				19.60%	-	-	39%	-	-	-	-		
Potentiel d'oxydo-réduction	mV				-65.6	-	-	-143.5	-	-	-	-		
Conductivité (µS/cm)	(µS/cm)				1691	2850	3100	1759	-	3289	-	2900		

- Notes:
- \* : Aucun critère ne s'applique pour l'ensemble des échantillons d'eau prélevés; la présentation de ces critères, et la comparaison des résultats analytiques avec ceux-ci, sont à titre indicatif seulement.
  - : Non analysé
  - + : Critère établi pour une dureté de 50 mg/L (CaCO<sub>3</sub>)
  - : Valeur maximale du critère, établi en fonction du pH et de la température (T); correspondant à 1 X le critère de vie aquatique, effet aigu, à pH=6,94 et T=13,9 °C (MDDEFP, 2013)
- Valeurs de pH et température mesurées le 12 septembre 2007 par Genivar (2008) dans la rivière Malaric à l'aval de l'extension de la halde à stériles proposée
- \*\* Critère correspondant à 1 X le critère de vie aquatique, effet aigu, établi pour un cours d'eau récepteur dont la concentration en chlorures est > 10 mg/L (MDDEFP, 2013)
  - \*\*\* Échantillon contenant des résidus dans l'eau prélevée
- : Résultat dépassant le critère RESIE
  - : Résultat dépassant le critère pour fin de consommation
  - : Résultat dépassant le critère pour fin de consommation et le critère RESIE





Puits d'observation	Est (m)	Nord (m)
PO-13-01	715555.3	5332070.9
PO-13-02	716754.5	5333178.2

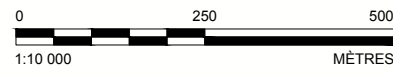
Chemin : \golder\gdm\projets\OSISKO\PRODUCTION\13-1221-0020\2020-03\_Avg | Nom du fichier : 13-1221-0020-2020-03\_Avg

**LÉGENDE**  
 PUIITS D'OBSERVATION

**NOTE**  
 SYSTÈME DE COORDONNÉES : UTM NAD 83, ZONE 17

**RÉFÉRENCE**  
 PHOTOS FOURNIES PAR OSISKO (JUILLET 2012 ET OCTOBRE 2013)

**CONFIDENTIEL**



CLIENT  
 CANADIAN MALARTIC GP

CONSULTANT



AAAA-MM-JJ	2014-10-14
PROJETÉ	C. Boyaud
DESSINÉ	S. Betnesky
REVISÉ	M. Gosselin
APPROUVÉ	P. Groleau

PROJET  
 CARACTÉRISATION DE L'EAU INTERSTITIELLE  
 DES RÉSIDUS DE LA MINE CANADIAN MALARTIC

TITRE  
**LOCALISATION DES PUIITS D'OBSERVATION**

N° PROJET	PHASE	Rév.	FIGURE
13-1221-0020	2020	0	1

26 mm SI LA MESURE NE CORRESPOND PAS À L'ÉCHELLE, LA VAILLE DE LA FEUILLE A ÉTÉ MODIFIÉE ANS B





# **ANNEXE A**

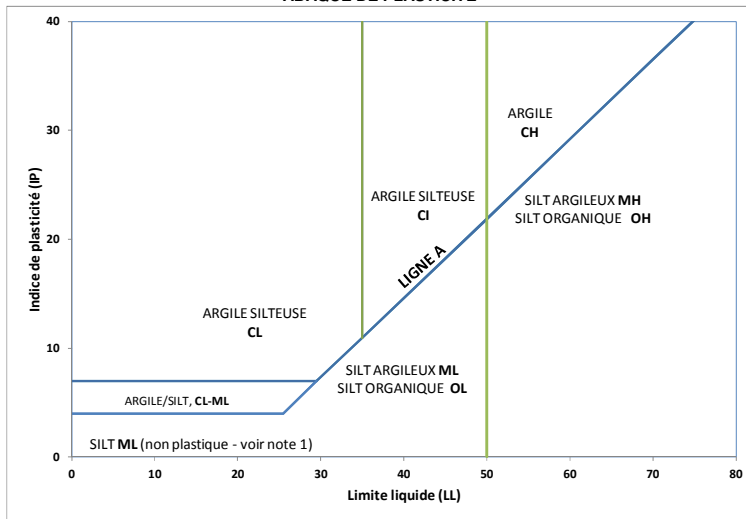
## **Journaux de forage**



# MÉTHODE DE CLASSIFICATION DES SOLS

Organique ou inorganique	Groupe de sol	Type de Sol	Granulométrie ou plasticité	$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}}$	$Cc = \frac{D_{30}^2}{D_{10} \times D_{60}}$	Contenu organique	Symbole du groupe SUCS	Nom du groupe					
INORGANIQUE (Contenu organique <30% en masse)	SOLS À GRAINS GROSSIERS (>50% en masse est plus gros que 0,075 mm)	GRAVIERS (> 50 % en masse des grains grossiers plus gros que 4,75 mm)	Graviers contenant < 12 % de fines (masse)	Mal étalé	<4	$\leq 1$ ou $\geq 3$	<30%	GP	GRAVIER				
			Graviers contenant > 12 % de fines (masse)	Bien étalé	$\geq 4$	1 à 3		GW	GRAVIER				
		SABLES (> 50 % en masse des grains grossiers plus petits que 4,75 mm)	Sables contenant < 12 % de fines (en masse)	En-dessous de la ligne A	n/a	GM		GRAVIER SILTEUX					
			Sables contenant > 12 % de fines (en masse)	Au-dessus de la ligne A	n/a	GC		GRAVIER ARGILEUX					
		SABLES (> 50 % en masse des grains grossiers plus petits que 4,75 mm)	Sables contenant < 12 % de fines (en masse)	Mal étalé	<6	$\leq 1$ ou $\geq 3$		SP	SABLE				
			Sables contenant > 12 % de fines (en masse)	Bien étalé	$\geq 6$	1 à 3		SW	SABLE				
		SABLES (> 50 % en masse des grains grossiers plus petits que 4,75 mm)	Sables contenant < 12 % de fines (en masse)	En-dessous de la ligne A	n/a	SM		SABLE SILTEUX					
			Sables contenant > 12 % de fines (en masse)	Au-dessus de la ligne A	n/a	SC		SABLE ARGILEUX					
		Organique ou inorganique	Groupe de sol	Type de sol	Essai de laboratoire	Indicateurs de terrain				Contenu organique	Symbole du groupe SUCS	Nom du groupe	
						Dilatance		Résistance à sec	Diamètre du cylindre				Résistance (cylindre =3 mm)
INORGANIQUE (Teneur en matière organique < 30 % en masse)	SOLS À GRAINS FINS (dont > 50 % en masse est composé de grains plus petits que 0,075 mm)	SILTS (En-dessous de la ligne A)	Limite de liquidité < 50	Rapide	Aucune	> 6 mm	s/o (impossible de rouler un cylindre=3 mm)	< 5 %	ML	SILT			
				Lente	Aucune à faible	3 mm à 6 mm	Absence à faible	< 5 %	ML	SILT ARGILEUX			
			Lente à très lente	Faible à moyenne	3 mm à 6 mm	Faible	5 % à 30 %	OL	SILT ORGANIQUE				
			Lente à très lente	Faible à moyenne	3 mm à 6 mm	Faible à moyenne	< 5 %	MH	SILT ARGILEUX				
		ARGILES (Au-dessus de la ligne A)	Limite de liquidité < 35	Moyenne à élevée	1 mm à 3 mm	Moyenne à élevée	5 % à 30 %	OH	SILT ORGANIQUE				
				Aucune	~ 3 mm	Faible à moyenne	0 % à 30 %	CL	ARGILE SILTEUSE				
			Limite de liquidité : 35 à 50	Aucune	Moyenne à élevée	1 mm à 3 mm	Moyenne		CI	ARGILE SILTEUSE			
				Aucune	Élevée	<1 mm	Élevée		CH	ARGILE			
SOLS À FORTE COMPOSITION ORGANIQUE (Contenu en matières organiques > 30 % en masse)	Mélanges de tourbe et de sols minéraux	Prédominance de tourbe; peut contenir un peu de sol minéral, tourbe fibreuse ou amorphe					30 % à 75 %	PT	TOURBE SILTEUSE ou SABLEUSE				
									75 % à 100 %	TOURBE			

ABAQUE DE PLASTICITÉ



Note 1 : Les sols à grains fins non plastiques (c.-à-d., les sols dont on ne peut mesurer la limite de plasticité LP) sont appelés SILT.

**Symbole composé** — Un symbole composé est formé de deux symboles séparés par un trait d'union (p.ex. GP-GM, SW-SC, CL-ML). Ce type de symbole est employé lorsque le sol contient entre 5 et 12 % de particules fines (c.-à-d., se situant entre le sable « propre » et « sale ») ou lorsque les valeurs de la limite de liquidité et de l'indice de plasticité se situent dans la région dédiée au CL-ML dans le graphique de plasticité.

**Symbole de limite** — Un symbole de limite est formé de deux symboles séparés par une barre oblique (p.ex. CL/CI, GM/SM, CL/ML). Il convient d'utiliser ce symbole lorsque le sol a été identifié comme ayant des propriétés qui se situent dans la transition entre des matériaux similaires.

Note : Toutes les proportions sont exprimées sous forme de masse.





# SYMBOLES ET TERMES UTILISÉS SUR LES JOURNAUX DE FORAGE ET RAPPORTS DE TRANCHÉE EXPLORATOIRE

## CLASSES GRANULOMÉTRIQUES

Classes	Sous-classes	Millimètres	Pouces (tamis standard US)
BLOC	-	>300	>12
CAILLOU	-	75 à 300	3 à 12
GRAVIER	grossier fin	19 à 75 4,75 à 19	0,75 à 3 (4) à 0,75
SABLE	grossier moyen fin	2,0 à 4,75 0,425 à 2,0 0,075 à 0,425	(10) à (4) (40) à (10) (200) à (40)
SILT/ARGILE	classé selon la plasticité	<0,075	< (200)

## QUALIFICATIFS DES COMPOSANTES SECONDAIRES ET MINEURES

Pourcentage en masse	Qualificatif
≤ 5	trace
5 à 12	un peu de
12 à 35	Nom de sol primaire avec l'adjectif "graveleux, sableux, SILTEUX ou ARGILEUX"
>35	'et' est utilisé pour combiner les composantes majeures (i.e., SABLE et GRAVIER, SABLE et ARGILE)

## RÉSISTANCE À LA PÉNÉTRATION

### Résistance à la pénétration standard, N:

Le nombre de coups d'un marteau de 63,5 kg, tombant d'une hauteur de 760 mm, nécessaire pour enfoncer un échantillonneur de 50 mm de diamètre sur une longueur de 300 mm.

**PТИ:** Échantillonneur avancé par le poids de l'échantillonneur et des tiges  
**MAN:** Échantillonneur avancé par pression manuelle  
**PM:** Échantillonneur avancé par le poids statique du marteau  
**PH:** Échantillonneur avancé par pression hydraulique

### Essai au piézocône (CPT)

Un pénétromètre à pointe conique de 60° et de 10 cm<sup>2</sup> de surface, poussé dans le sol à une vitesse de 2 cm/s. Des capteurs électroniques mesurent la résistance en pointe ( $q_t$ ), la pression interstitielle ( $u$ ) et la friction latérale à des intervalles de pénétration de 25 mm.

### Résistance à la pénétration au cône dynamique, N<sub>d</sub>:

Le nombre de coups d'un marteau de 63,5 kg, tombant d'une hauteur de 760 mm, nécessaire pour enfoncer sans tubage et sur une longueur de 300 mm un cône de 60° et de 50 mm de diamètre, attaché à des tiges de forage de calibre "A".

## TYPES D'ÉCHANTILLON

EB	Échantillon en bloc
ED	Échantillon délavé
EF	Échantillon de fragments
EP	Échantillonneur à piston
ET	Échantillon à la tarière
CF	Cuillère fendue
CR	Carotte de roc
CS	Carotte de sol (Géoprobe)
TS	Tube Shelby

## ANALYSES

w	Teneur en eau
LP	Limite plastique
LL	Limite liquide
C	Consolidation oedométrique
AC	Analyse chimique (se référer au texte)
D <sub>r</sub>	Densité relative des grains solides
M	Granulométrie par tamisage mécanique
MH	Granulométrie combinée par tamisage et à l'aide d'un hydromètre (H)
MO	Teneur en matière organique
SO <sub>4</sub>	Concentration en sulfates solubles
γ	Poids volumique

## SIGNES VISUELS DE CONTAMINATION

A	Absent
F	Faible
M	Modéré
P	Prononcé

Si une odeur a été consignée pour les échantillons, il s'agit de celle qui a été perçue de façon fortuite au cours des travaux. Les échantillons de sol n'ont pas été sentis de façon délibérée.

## SOLS PULVÉRULENTS (DÉPOURVUS DE COHÉSION)

### Compacité

Terme	'N' (coups/0,3m) <sup>1,2</sup>
Très lâche	0 à 4
Lâche	4 à 10
Compact	10 à 30
Dense	30 à 50
Très Dense	>50

- Valeurs 'N' conformes à la norme ASTM D 1586 mais non corrigées pour les effets de la contrainte verticale ou le transfert d'énergie.
- La définition des descriptions de compacité est basée sur les intervalles de valeurs 'N' établies par Terzaghi et Peck (1967) et correspond à des valeurs moyennes typiques N<sub>60</sub>.

### Condition d'humidité au chantier

Terme	Description
Sec	Le sol s'écoule librement entre les doigts.
Humide	Le sol est plus foncé qu'à l'état sec et peut sembler frais au toucher.
Saturé	Semblable à humide, mais avec présence d'eau libre lorsque manipulé.

## SOLS COHÉRENTS

### Consistance

Terme	Résistance au cisaillement non drainé (kPa)	'N' (coups/0,3m)
Très mou	<12	0 à 2
Mou	12 à 25	2 à 4
Ferme	25 à 50	4 à 8
Raide	50 à 100	8 à 15
Très raide	100 à 200	15 à 30
Dur	>200	>30

- Valeurs 'N' conformes à la norme ASTM D 1586 mais non corrigées pour les effets de la contrainte verticale ou le transfert d'énergie.

### Teneur en eau

Terme	Description
w < LP	Le matériau est estimé être plus sec que sa limite plastique.
w ~ LP	Le matériau est estimé être près de sa limite plastique.
w > LP	Le matériau est estimé être plus humide que sa limite plastique.



## ÉTAT D'ALTÉRATION

**Frais (W1):** aucun signe visible d'altération

**Légèrement altéré (W2):** altération pénétrante se développant à la surface des discontinuités ouvertes avec seulement une faible altération du roc même.

**Modérément altéré (W3):** l'altération s'étend dans la masse du roc mais celui-ci est n'est pas friable.

**Fortement altéré (W4):** l'altération s'étend dans toute la masse du roc et celui-ci est partiellement friable.

**Complètement altéré (W5):** le roc est complètement décomposé et possède une condition friable mais sa texture et sa structure sont préservées.

**Sol résiduel (W6) :** le roc est complètement décomposé. La structure et la texture de la masse rocheuse sont détruites.

## ÉPAISSEUR DES LITS

<u>Terme</u>	<u>Épaisseur des lits</u>
Litage très épais	Plus de 2 m
Litage épais	0,6 m à 2 m
Litage moyen	0,2 m à 0,6 m
Litage mince	60 mm à 0,2 m
Litage très mince	20 mm à 60 mm
Laminé	6 mm à 20 mm
Finement laminé	Moins de 6 mm

## JOINT OU ESPACEMENT DE LA FOLIATION

<u>Terme</u>	<u>Espacement</u>
Très large	Plus de 3 m
Large	1 à 3 m
Modérément rapproché	0,3 à 1 m
Rapproché	50 à 300 mm
Très rapproché	Moins de 50 mm

## GROSSEUR DES GRAINS

<u>Terme</u>	<u>Taille</u>
Très gros grains	Plus de 60 mm
Gros grains	2 à 60 mm
Grains moyens	60 microns à 2 mm
Grains fins	2 à 60 microns
Grains très fins	Moins de 2 microns

## RÉSISTANCE DU ROC

<u>Terme</u>	<u>Résistance en compression uniaxiale</u>
Extrêmement faible (R0)	0,25 à 1 MPa
Très faible (R1)	1 à 5 MPa
Faible (R2)	5 à 25 MPa
Moyenne (R3)	25 à 50 MPa
Forte (R4)	50 à 100 MPa
Très forte (R5)	100 à 250 MPa
Extrêmement forte (R6)	Plus de 250 MPa

## CONDITION DES CAROTTES

### Récupération totale de la carotte (TCR)

Le pourcentage de roc récupéré, sans égard à la longueur ou à la qualité des morceaux. Ce pourcentage se mesure relativement à la course totale forée.

### Récupération solide de la carotte (ASCR)

Le pourcentage de carotte de forage solide récupérée, mesuré dans l'axe de la carotte mais sans égard à la longueur des morceaux. Ce pourcentage se mesure relativement à la course totale forée.

### Indice de désignation de la qualité du roc (RQD)

Le pourcentage de carotte de forage solide récupérée dont les morceaux ont plus de 100 mm de longueur. Ce pourcentage se mesure relativement à la course totale forée et ne tient pas compte des fractures d'origine mécanique.

<u>Terme</u>	<u>RQD</u>
Très mauvais	0 à 25%
Mauvais	25 à 50%
Moyen	50 à 75%
Bon	75 à 90%
Excellent	90 à 100%

## DONNÉES SUR LES DISCONTINUITÉS

### Indice de fracturation

Le nombre de discontinuités naturelles (séparations physiques) par mètre de carotte de roc.

### Pendage par rapport à l'axe de la carotte

L'angle de la discontinuité relativement à l'axe longitudinal de la carotte. Dans un forage vertical, une discontinuité ayant un angle de 90° est horizontale.

### Description et notes

Une description abrégée des discontinuités, soit celles d'origine naturelle telles les fractures, les plans de litage et de foliation ou les cassures d'origine mécanique causées par le forage, telles l'éclatement du roc et la séparation mécanique des surfaces de foliation ou de litage. Des informations additionnelles concernant la nature des surfaces fracturées et le remplissage des joints sont également fournies.

### Abréviations

JN Joint	PL Plan
FLT Faille	CU Incurvé
SH Cisaillement	UN Ondulé
VN Veine	IR Irrégulier
FR Fracture	PO Poli
BD Litage	SM Adouci
CO Contact	SR Légèrement rugueux
AXJ Joint axial	RO Rugueux
KV Vide karstique	VR Très rugueux
MB Joint mécanique	

**JOURNAL DE SONDAGE PO-13-01**



**PROJET:** 13-1221-0020/3020 Caractérisation des résidus miniers

**PAGE 1 DE 2**

**LOCALISATION:** Mine Canadian Malartic

**DATUM:** UTM, Nad 83, Zone 17

**CLIENT:** Corporation Minière Osisko, Malartic

**COORDONNÉES:** 715555E, 5332071N

**ENTREPRENEUR:** Forage Giroux

**PLONGÉE:** -90°

**DATE DU FORAGE:** 30-31 août 2013

**MARTEAU D'ÉCHANTILLONNAGE:** 63.5 kg

**COURSE:** 760 mm

PROFONDEUR (mètres)	MÉTHODE DE FORAGE	STRATIGRAPHIE			ÉCHANTILLONS			OBSERVATIONS ET RÉSULTATS							ESSAIS DE LABORATOIRE	AMÉNAGEMENT(S) DE PUIS D'OBSERVATION ET NIVEAU(X) D'EAU SOUTERRAINE		
		ÉLÉV. PROF. (mètres)	STRATI-GRAPHIE	DESCRIPTION	NUMÉRO	TYPE	% RÉCUPÉRA.	COUPS/0.3m ou RQD (%)	RÉSIS. PÉNÉTRATION DYNAMIQUE	TENEUR EN EAU (%)			RÉSIS. CISAILLEMENT					
									Wp1 — Wn — Wl			Nat.: + Rem.: ⊕						
									0	20	40	60	80	100				
0	FORAGE PAR ROTATION TUBAGE HW (114.2 mm)	335.85	Surface STÉRILES MINIERS (Rampe d'accès) RÉSIDUS MINIERS (ML) SILT sableux, gris, non cohérent, saturé, très lâche.														<p>Élévation du CPV: 336.865</p> <p>Élévation du niveau d'eau = 1.78 m (3 sept. 2013)</p> <p>Mélange de ciment résidus et d'enrochement fin sélectionné</p> <p>Bentonite en granule 3/8"</p> <p>Bentonite avec enrobage</p> <p>Sable de silice</p> <p>Crépine CPV Dia.: 51mm Ouv.: 0.25mm Longueur: 3.05m</p>	
0.00																		
0.14																		
1						1	CF	13	0									
2						2	CF	72	0									
3						3	CF	100	3									
3.05						4	CF	100	5									
3.81						5	CF	54	4									
5.33						7	CF	59	0									
10						10	CF	23	4									
				SUITE À LA PAGE 2														

## JOURNAL DE SONDAGE PO-13-01

PROJET: 13-1221-0020/3020 Caractérisation des résidus miniers

PAGE 2 DE 2



LOCALISATION: Mine Canadian Malartic

PROFONDEUR (mètres)	MÉTHODE DE FORAGE	STRATIGRAPHIE			ÉCHANTILLONS			OBSERVATIONS ET RÉSULTATS							ESSAIS DE LABORATOIRE	AMÉNAGEMENT(S) DE PUIITS D'OBSERVATION ET NIVEAU(X) D'EAU SOUTERRAINE	
		ÉLÉV. PROF. (mètres)	STRATI- GRAPHIE	DESCRIPTION	NUMÉRO	TYPE	% RÉCUPÉRA.	COUPS/0.3m ou RQD (%)	RÉSIS. PÉNÉTRATION DYNAMIQUE								
									TENEUR EN EAU (%)								RÉSIS. CISAILLEMENT
				SUITE DE LA PAGE 1													
8	FORAGE PAR ROTATION TUBAGE HW (114.2 mm)	327.47 8.38		devenant très lâche.	10	CF	23	4									
			326.71 9.14		devenant lâche.	11	CF	20	6								
9			325.94 9.91		devenant SILT, trace de sable, très lâche.	12	CF	100	2								
10			325.39 10.46		devenant lâche.	13	CF	34	5								
11			324.57 11.28		VIEUX RÉSIDUS MINIER (ML) SILT, un peu de sable, gris foncé un peu jaunâtre, non cohérent, saturé, lâche.	14	CF	51	7								
					FIN DU FORAGE.												
12																	
13																	
14																	
15																	
16																	
17																	

ÉCHELLE VERTICALE

1 : 50

**Golder Associés**

JOURNAL PAR: N. Pépin

VÉRIFIÉ PAR: K. Doucet

**JOURNAL DE SONDAGE PO-13-02**



**PROJET:** 13-1221-0020/3020 Caractérisation des résidus miniers

**PAGE 1 DE 2**

**LOCALISATION:** Mine Canadian Malartic

**DATUM:** UTM, Nad 83, Zone 17

**CLIENT:** Corporation Minière Osisko, Malartic

**COORDONNÉES:** 716754E, 5333178N

**ENTREPRENEUR:** Forage Giroux

**PLONGÉE:** -90°

**DATE DU FORAGE:** 1 septembre 2013

**MARTEAU D'ÉCHANTILLONNAGE:** 63.5 kg  
**COURSE:** 760 mm

PROFONDEUR (mètres)	MÉTHODE DE FORAGE	STRATIGRAPHIE			ÉCHANTILLONS			OBSERVATIONS ET RÉSULTATS							ESSAIS DE LABORATOIRE	AMÉNAGEMENT(S) DE PUIXS D'OBSERVATION ET NIVEAU(X) D'EAU SOUTERRAINE		
		ÉLÉV. PROF. (mètres)	STRATI-GRAPHIE	DESCRIPTION	NUMÉRO	TYPE	% RÉCUPÉRA.	COUPS/0.3m ou RQD (%)	RÉSIS. PÉNÉTRATION DYNAMIQUE	TENEUR EN EAU (%)			RÉSIS. CISAILEMENT					
									Wp   Wn   Wl			Nat.: + Rem.: ⊕						
									0	20	40	60	80	100				
0	FORAGE PAR ROTATION TUBAGE HW (114.2 mm)	332.15 0.00	[Cross-hatched pattern]	Surface													Élévation du CPV: 333.244  [Diagram of well casing and screen]  Bentonite en granule 3/8"  Bentonite avec enrobage  Élévation du niveau d'eau : 3.67 m (3 sept. 2013)  [Diagram of water level]  Sable de silice  Crépine CPV Dia.: 51mm Ouv.: 0.25mm Longueur: 3.05m	
0.60		STÉRILES MINIERES (Rampe d'accès)																
1		0.60		RÉSIDUS MINIERES (ML) SILT, un peu de sable, gris, non cohérent, saturé, très lâche.	1	CF	36	4										
2																		
3																		
4		327.73 4.42		devenant lâche.	2	CF	21	4										
5																		
6		326.21 5.94		devenant très lâche.	3	CF	11	7										
7																		
		324.68 7.47		devenant SILT, trace de sable, compact.	4	CF	39	3										
				SUITE À LA PAGE 2	5	CF	54	11										

ÉCHELLE VERTICALE

1 : 50

**Golder Associés**

JOURNAL PAR: N. Pépin

VÉRIFIÉ PAR: K. Doucet

## JOURNAL DE SONDAGE PO-13-02

PROJET: 13-1221-0020/3020 Caractérisation des résidus miniers

PAGE 2 DE 2



LOCALISATION: Mine Canadian Malartic

PROFONDEUR (mètres)	MÉTHODE DE FORAGE	STRATIGRAPHIE		ÉCHANTILLONS			OBSERVATIONS ET RÉSULTATS							ESSAIS DE LABORATOIRE	AMÉNAGEMENT(S) DE PUIITS D'OBSERVATION ET NIVEAU(X) D'EAU SOUTERRAINE		
		ÉLÉV. PROF. (mètres)	STRATI- GRAPHIE	DESCRIPTION	NUMÉRO	TYPE	% RÉCUPÉRA.	COUPS0.3m ou RQD (%)	RÉSIS. PÉNÉTRATION DYNAMIQUE								
									TENEUR EN EAU (%)							RÉSIS. CISAILLEMENT	
8		324.07 8.08		SUITE DE LA PAGE 1  devenant SILT, trace de sable, compact.  FIN DU FORAGE.	5	CF	54	11	Wp ——— Wn ——— Wl 0    20    40    60    80    100 Cu, kPa    Nat.: + Rem.: ⊕							M	
9																H	
10																	
11																	
12																	
13																	
14																	
15																	
16																	
17																	





# **ANNEXE B**

## **Résultats d'analyse chimique**

GOLDER ASSOCIES LTEE  
Montreal  
9200, boul. l'Acadie  
bureau 10  
Montréal, PQ  
Canada H4N 2T2

Votre # du projet: 13-1221-0020  
Adresse du site: 3020  
Votre # Bordereau: E860362, E-860362

Date du rapport: 2013/09/10

## CERTIFICAT D'ANALYSES

**# DE DOSSIER MAXXAM: B353890**

**Reçu: 2013/09/03, 10:50**

Matrice: EAU USÉE

Nombre d'échantillons reçus: 3

Analyses	Quantité	Date de l' extraction	Date Analysé	Méthode de laboratoire	Référence primaire
Alcalinité totale (pH final 4.5)	3	N/A	2013/09/05	STL SOP-00038	SM 2320B
Anions	3	N/A	2013/09/04	STL SOP-00014	MA. 300 - Ions 1.3
Cyanures disponibles	3	2013/09/09	2013/09/10	STL SOP-00035	MA. 300 - CN 1.2
Cyanures totaux	3	2013/09/04	2013/09/04	STL SOP-00035	MA. 300 - CN 1.2
Fluorures	3	N/A	2013/09/06	STL SOP-00038	SM 4500-F- C.
Métaux extractibles totaux par ICP	3	2013/09/05	2013/09/05	STL SOP-00006	MA.200- Mét 1.2
Azote ammoniacal	3	N/A	2013/09/06	STL SOP-00040	MA. 300 - N 1.1
Nitrate et/ou Nitrite	3	N/A	2013/09/04	STL SOP-00014	MA. 300 - Ions 1.3
Sulfures (exprimés en S <sup>2-</sup> )	3	2013/09/06	2013/09/06	STL SOP-00005	MA. 300-S 1.1
Solides totaux dissous	3	2013/09/04	2013/09/04	STL SOP-00050	MA. 103 - S.T. 1.0

\* Les données brutes sont utilisées pour le calcul du RPD (% d'écart relatif). L'arrondissement des résultats finaux peut expliquer la variation apparente.

clé de cryptage

Veillez adresser toute question concernant ce certificat d'analyse à votre chargé(e) de projets

Dominique Pelletier, B. Sc., chimiste, Chargée de projets  
Email: DPelletier@maxxam.ca  
Phone# (514) 448-9001 Ext:4281

=====  
Ce rapport a été produit et distribué en utilisant une procédure automatisée sécuritaire.  
Maxxam a mis en place des procédures qui protègent contre l'utilisation non autorisée de la signature électronique et emploie les "signataires" requis, conformément à la section 5.10.2 de la norme ISO/CEI 17025:2005(E). Veuillez vous référer à la page des signatures de validation pour obtenir les détails des validations pour chaque division.

Dossier Maxxam: B353890  
Date du rapport: 2013/09/10

GOLDER ASSOCIES LTEE  
Votre # du projet: 13-1221-0020  
Adresse du site: 3020  
Initiales du préleveur: NP

### MÉTAUX EXTRACTIBLES TOTAUX (EAU USÉE)

Identification Maxxam		V73540		V73541	V73542		
Date d'échantillonnage		2013/09/02		2013/09/02	2013/09/02		
# Bordereau		E-860362		E-860362	E-860362		
	<b>UNITÉS</b>	<b>PO-13-01-020913</b>	<b>LDR</b>	<b>PO-13-02-020913</b>	<b>DUP-1-020913</b>	<b>LDR</b>	<b>Lot CQ</b>

MÉTAUX							
Aluminium (Al)	mg/L	250	0.4	1.1	1.4	0.04	1201294
Antimoine (Sb)	mg/L	<0.02	0.02	<0.02	<0.02	0.02	1201294
Argent (Ag)	mg/L	<0.01	0.01	<0.01	<0.01	0.01	1201294
Arsenic (As)	mg/L	0.07	0.05	<0.05	<0.05	0.05	1201294
Baryum (Ba)	mg/L	2.8	0.02	0.06	0.06	0.02	1201294
Cadmium (Cd)	mg/L	<0.01	0.01	<0.01	<0.01	0.01	1201294
Chrome (Cr)	mg/L	2.3	0.01	0.01	0.01	0.01	1201294
Cobalt (Co)	mg/L	0.31	0.01	0.02	0.02	0.01	1201294
Cuivre (Cu)	mg/L	1.1	0.009	0.038	0.042	0.009	1201294
Manganèse (Mn)	mg/L	9.3	0.1	0.06	0.07	0.01	1201294
Molybdène (Mo)	mg/L	0.20	0.01	0.15	0.15	0.01	1201294
Nickel (Ni)	mg/L	1.0	0.01	0.02	0.02	0.01	1201294
Phosphore total	mg/L	13	0.01	0.06	0.07	0.01	1201294
Plomb (Pb)	mg/L	0.33	0.01	<0.01	<0.01	0.01	1201294
Sélénium (Se)	mg/L	<0.05	0.05	<0.05	<0.05	0.05	1201294
Sodium (Na)	mg/L	220	0.5	320	330	0.5	1201294
Zinc (Zn)	mg/L	1.2	0.02	<0.02	<0.02	0.02	1201294

LDR = Limite de détection rapportée  
Lot CQ = Lot Contrôle Qualité

Dossier Maxxam: B353890  
Date du rapport: 2013/09/10

GOLDER ASSOCIES LTEE  
Votre # du projet: 13-1221-0020  
Adresse du site: 3020  
Initiales du préleveur: NP

### PARAMÈTRES CONVENTIONNELS (EAU USÉE)

Identification Maxxam		V73540	V73540		V73541	V73542		
Date d'échantillonnage		2013/09/02	2013/09/02		2013/09/02	2013/09/02		
# Bordereau		E-860362	E-860362		E-860362	E-860362		
	<b>UNITÉS</b>	<b>PO-13-01-020913</b>	<b>PO-13-01-020913 Dup. de Lab.</b>	<b>LDR</b>	<b>PO-13-02-020913</b>	<b>DUP-1-020913</b>	<b>LDR</b>	<b>Lot CQ</b>

CONVENTIONNELS								
Azote ammoniacal (N-NH <sub>3</sub> )	mg/L	15	N/A	0.2	22	23	0.4	1201237
Cyanures disponibles (CN <sup>-</sup> )	mg/L	0.37	N/A	0.05	0.42	0.29	0.05	1202867
Cyanures Totaux	mg/L	7.5	7.9	0.2	3.1	3.0	0.2	1200693
Fluorure (F)	mg/L	0.9	N/A	0.1	1.8	1.8	0.1	1200922
Nitrates (N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	mg/L	12	N/A	0.2	2.0	2.1	0.2	1200690
Nitrites (N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	mg/L	2.5	N/A	0.2	<0.2	<0.2	0.2	1200690
Sulfures (exprimés en S <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	mg/L	<0.02	N/A	0.02	<0.02	<0.02	0.02	1201961
Alcalinité Totale (en CaCO <sub>3</sub> ) pH 4.5	mg/L	85	N/A	1	72	83	1	1200819
Chlorures (Cl)	mg/L	40	N/A	0.5	36	35	0.5	1200691
Sulfates (SO <sub>4</sub> )	mg/L	900	N/A	5	970	970	5	1200691
Solide Dissous Totaux	mg/L	1700	N/A	30	1600	1600	10	1200595

N/A = Non Applicable  
LDR = Limite de détection rapportée  
Lot CQ = Lot Contrôle Qualité

Dossier Maxxam: B353890  
Date du rapport: 2013/09/10

GOLDER ASSOCIES LTEE  
Votre # du projet: 13-1221-0020  
Adresse du site: 3020  
Initiales du préleveur: NP

#### REMARQUES GÉNÉRALES

État des échantillons à l'arrivée: BON

#### MÉTAUX EXTRACTIBLES TOTAUX (EAU USÉE)

Veillez noter que les résultats n'ont pas été corrigés ni pour la récupération des échantillons de contrôle qualité, ni pour le blanc de méthode. Les limites de détections indiquées sont multipliées par les facteurs de dilution utilisés pour l'analyse des échantillons.

#### PARAMÈTRES CONVENTIONNELS (EAU USÉE)

Veillez noter que les résultats n'ont pas été corrigés ni pour la récupération des échantillons de contrôle qualité, ni pour le blanc de méthode. Les limites de détections indiquées sont multipliées par les facteurs de dilution utilisés pour l'analyse des échantillons.

**Les résultats ne se rapportent qu'aux échantillons soumis pour analyse**



GOLDER ASSOCIES LTEE

Attention:

Votre # du projet: 13-1221-0020

P.O. #:

Adresse du site: 3020

## Rapport Assurance Qualité

Dossier Maxxam: B353890

Lot Lot Num Init	Type CQ	Groupe	Date Analysé aaaa/mm/jj	Valeur	Réc	UNITÉS
1200595 FSI	Blanc fortifié	Solide Dissous Totaux	2013/09/04		101	%
	Blanc fortifié DUP	Solide Dissous Totaux	2013/09/04		100	%
	Blanc de méthode	Solide Dissous Totaux	2013/09/04	<10		mg/L
1200690 AL8	Blanc fortifié	Nitrates (N-NO3-)	2013/09/04		104	%
		Nitrites (N-NO2-)	2013/09/04		104	%
	Blanc de méthode	Nitrates (N-NO3-)	2013/09/04	<0.02		mg/L
		Nitrites (N-NO2-)	2013/09/04	<0.02		mg/L
1200691 AL8	Blanc fortifié	Chlorures (Cl)	2013/09/04		104	%
		Sulfates (SO4)	2013/09/04		107	%
	Blanc de méthode	Chlorures (Cl)	2013/09/04	<0.05		mg/L
		Sulfates (SO4)	2013/09/04	<0.5		mg/L
1200693 DB2	MRC	Cyanures Totaux	2013/09/04		93	%
	Blanc fortifié	Cyanures Totaux	2013/09/04		102	%
	Blanc de méthode	Cyanures Totaux	2013/09/04	<0.003		mg/L
1200819 MR4	Blanc fortifié	Alcalinité Totale (en CaCO3) pH 4.5	2013/09/05		101	%
	Blanc de méthode	Alcalinité Totale (en CaCO3) pH 4.5	2013/09/05	1, LDR=1		mg/L
1200922 MR4	Blanc fortifié	Fluorure (F)	2013/09/06		108	%
	Blanc de méthode	Fluorure (F)	2013/09/06	<0.1		mg/L
1201237 FS	Blanc fortifié	Azote ammoniacal (N-NH3)	2013/09/06		106	%
	Blanc de méthode	Azote ammoniacal (N-NH3)	2013/09/06	<0.02		mg/L
1201294 MCA	MRC	Aluminium (Al)	2013/09/05		103	%
		Antimoine (Sb)	2013/09/05		102	%
		Argent (Ag)	2013/09/05		100	%
		Arsenic (As)	2013/09/05		106	%
		Baryum (Ba)	2013/09/05		99	%
		Cadmium (Cd)	2013/09/05		94	%
		Chrome (Cr)	2013/09/05		100	%
		Cobalt (Co)	2013/09/05		104	%
		Cuivre (Cu)	2013/09/05		97	%
		Manganèse (Mn)	2013/09/05		102	%
		Molybdène (Mo)	2013/09/05		99	%
		Nickel (Ni)	2013/09/05		100	%
		Plomb (Pb)	2013/09/05		98	%
		Sélénium (Se)	2013/09/05		103	%
		Zinc (Zn)	2013/09/05		97	%
	Blanc fortifié	Aluminium (Al)	2013/09/05		100	%
		Antimoine (Sb)	2013/09/05		100	%
		Argent (Ag)	2013/09/05		94	%
		Arsenic (As)	2013/09/05		100	%
		Baryum (Ba)	2013/09/05		92	%
		Cadmium (Cd)	2013/09/05		92	%
		Chrome (Cr)	2013/09/05		94	%
		Cobalt (Co)	2013/09/05		90	%
		Cuivre (Cu)	2013/09/05		92	%
		Manganèse (Mn)	2013/09/05		98	%
		Molybdène (Mo)	2013/09/05		97	%
		Nickel (Ni)	2013/09/05		93	%
		Phosphore total	2013/09/05		91	%
		Plomb (Pb)	2013/09/05		93	%
		Sélénium (Se)	2013/09/05		98	%
		Sodium (Na)	2013/09/05		97	%
		Zinc (Zn)	2013/09/05		91	%
	Blanc de méthode	Aluminium (Al)	2013/09/05	<0.04		mg/L
		Antimoine (Sb)	2013/09/05	<0.02		mg/L
		Argent (Ag)	2013/09/05	<0.01		mg/L

GOLDER ASSOCIES LTEE

Attention:

Votre # du projet: 13-1221-0020

P.O. #:

Adresse du site: 3020

## Rapport Assurance Qualité (Suite)

Dossier Maxxam: B353890

Lot Lot Num Init	Type CQ	Groupe	Date Analysé aaaa/mm/jj	Valeur	Réc	UNITÉS
1201294 MCA	Blanc de méthode	Arsenic (As)	2013/09/05	<0.05		mg/L
		Baryum (Ba)	2013/09/05	<0.02		mg/L
		Cadmium (Cd)	2013/09/05	<0.01		mg/L
		Chrome (Cr)	2013/09/05	<0.01		mg/L
		Cobalt (Co)	2013/09/05	<0.01		mg/L
		Cuivre (Cu)	2013/09/05	<0.009		mg/L
		Manganèse (Mn)	2013/09/05	<0.01		mg/L
		Molybdène (Mo)	2013/09/05	<0.01		mg/L
		Nickel (Ni)	2013/09/05	<0.01		mg/L
		Phosphore total	2013/09/05	<0.01		mg/L
		Plomb (Pb)	2013/09/05	<0.01		mg/L
		Sélénium (Se)	2013/09/05	<0.05		mg/L
		Sodium (Na)	2013/09/05	<0.5		mg/L
		Zinc (Zn)	2013/09/05	<0.02		mg/L
1201961 JE1	Blanc fortifié	Sulfures (exprimés en S2-)	2013/09/06		97	%
	Blanc de méthode	Sulfures (exprimés en S2-)	2013/09/06	<0.02		mg/L
1202867 DB2	Blanc fortifié	Cyanures disponibles (CN-)	2013/09/10		105	%
	Blanc de méthode	Cyanures disponibles (CN-)	2013/09/10	<0.01		mg/L

MRC: Un échantillon de concentration connue préparé dans des conditions rigoureuses par un organisme externe. Utilisé pour vérifier la justesse de la méthode.

Blanc fortifié: Un blanc, d'une matrice exempte de contaminants, auquel a été ajouté une quantité connue d'analyte provenant généralement d'une deuxième source. Utilisé pour évaluer la précision de la méthode.

Blanc de méthode: Une partie aliquote de matrice pure soumise au même processus analytique que les échantillons, du prétraitement au dosage. Sert à évaluer toutes contaminations du laboratoire.

LDR = Limite de détection rapportée

Réc = Récupération

## Page des signatures de validation

Dossier Maxxam: B353890

---

Les résultats analytiques ainsi que les données de contrôle-qualité contenus dans ce rapport furent vérifiés et validés par les personnes suivantes:

   
Delia Barbul, B.Sc., Chimiste

   
Faouzi Sarsi, B. Sc. Chimiste

   
Kathie Quevillon, B.Sc., Chimiste

   
Miryam Assayag

   
Madina Hamrouni, B.Sc., Chimiste

=====  
Maxxam a mis en place des procédures qui protègent contre l'utilisation non autorisée de la signature électronique et emploie les "signataires" requis, conformément à la section 5.10.2 de la norme ISO/CEI 17025:2005(E). Veuillez vous référer à la page des signatures de validation pour obtenir les détails des validations pour chaque division.



- 889 Montée de Lie
- 2690 Avenue Dalt
- 737 boul. Barette,

3-Sep-13 10:50  
Argyro Frangoulis



B353890  
EM4 MTL-0108

Bordereau de transmission d'échantillons

Télécopieur : (514) 446-9199 Ligne sans frais : 1-877-4MA-XXAM (462-9926) Page 1 de 1  
 4 Télécopieur : (418) 658-6594  
 8 Télécopieur : (418) 543-8994  
 alytics.com

E-860362

Info. Facturation Compagnie: <u>GOLDER</u> Adresse: <u>1001 boul de Maisonneuve, 7<sup>e</sup> étage, Mtl</u> Attention de: <u>Nicolas Pétin</u> Téléphone: <u>514-383-6196</u> ext. <u>7283</u> Échantillonneur: <u>N.P.</u>				Info. Rapport (s) Compagnie: _____ Adresse: _____ Attention de: _____ Téléphone: _____ Échantillonneur: _____				Projet / Site: _____ No. de cotation: <u>B30143</u> No. de projet: <u>13-1221-0020/3020</u>	
Je déclare par la présente comprendre et accepter les conditions et modalités de Maxxam telles que décrites au verso du présent formulaire.					HP (C10-C20) <input type="checkbox"/> H & G Min. <input type="checkbox"/> H & G Tot. <input type="checkbox"/> COV (EPA 624) <input type="checkbox"/> BTEX <input type="checkbox"/> HAM <input type="checkbox"/> Phénols (GC/MS) <input type="checkbox"/> Phénols (Color) <input type="checkbox"/> HAP <input type="checkbox"/> BPC (Congénères) (GC-MS) <input type="checkbox"/> Métaux Lourds (Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn) <input type="checkbox"/> Métaux ICP polaire - 13 él.-sol* <input type="checkbox"/> 16 él.-eau*** <input checked="" type="checkbox"/> Mercure <input type="checkbox"/> Sélénium-sol <input type="checkbox"/> Autres <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> SO4 <input checked="" type="checkbox"/> NO2 <input checked="" type="checkbox"/> NO3 <input type="checkbox"/> NO3-NO2 <input type="checkbox"/> NTK <input type="checkbox"/> NH3 <input checked="" type="checkbox"/> P-Tot <input checked="" type="checkbox"/> pH <input type="checkbox"/> Conductivité <input type="checkbox"/> MES <input type="checkbox"/> Sulfure (SH2) <input checked="" type="checkbox"/> Soufre (S-Tot.) <input type="checkbox"/> CN-Tot. <input checked="" type="checkbox"/> CN-Ox. <input type="checkbox"/> CN Libre <input checked="" type="checkbox"/> DBO5 <input type="checkbox"/> DCO <input type="checkbox"/> Turbidité <input type="checkbox"/> COT <input type="checkbox"/> RDS <input type="checkbox"/> RMD <input type="checkbox"/> CUM ART. 10 <input type="checkbox"/> ART. 11 <input type="checkbox"/> Eau Potable: ORG. <input type="checkbox"/> INOP. <input type="checkbox"/> THM <input type="checkbox"/> COLIF (Fec.) <input type="checkbox"/> COLIF (tot.) <input type="checkbox"/> BHAA <input type="checkbox"/> Explosif EPA 8095 <input type="checkbox"/> EPA 8330 <input type="checkbox"/> Autre (spécifier): <u>Alcalinité</u> <u>Carbonates</u> <u>Solides totaux dissous</u> <u>phosphates et nitrates</u> <u>dans l'eau</u>				
Identification de l'échantillon (point de prélèvement)	Échantillon Type d'eau	Prélèvement (date / heure)	à filtrer	nombre de contenants					
<u>PO-13-01-020913</u>	<u>E</u>	<u>02/09/2013</u>		<u>9</u>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>			
<u>PO-13-02-020913</u>	<u>E</u>	<u>02/09/2013</u>		<u>9</u>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>			
<u>DUP-1-020913</u>	<u>E</u>	<u>02/09/2013</u>		<u>9</u>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>			

**LÉGENDE :** \*\* Métaux 13 éléments (Ag, As, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Sn, Mn, Mo, Ni, Pb, Zn).  
 \*\*\* Métaux 16 éléments (Al, Sb, Ag, As, Ba, Cd, Cr, Co, Cu, Mn, Mo, Ni, Pb, Se, Na, Zn).

Types d'eau : <u>S</u> = Souterraine <u>P</u> = Potable <u>DL</u> = Déchet liquide <u>Sur</u> = Surface <u>E</u> = Eau usée <u>C</u> = Captage Normes/Règlement Applicables : _____ (À remplir)	Délais : <input type="checkbox"/> 24h <input type="checkbox"/> 48h <input type="checkbox"/> 72h <input checked="" type="checkbox"/> Régulier    Date : _____ A moins d'être clairement identifié, tout échantillon d'eau reçu chez Maxxam sera considéré comme non-potable et ne sera pas soumis aux exigences du règlement sur la qualité de l'eau potable.	Condition générale à la réception : <u>ICG-YES</u> <u>SEAL-NO</u>
<b>Chaîne de responsabilité</b> Déssais par : _____ Date: <u>2013/09/03</u> Heure: <u>10:50</u> Reçu par: <u>Rendu Do</u>	Remarques : _____	
Déssais par: <u>Luis Bayona</u> Date: <u>02/09/2013</u> Heure: _____    Reçu par: _____ Nombre de glacières: <u>1</u> Température de réception: <u>6.6.6</u>	Transport des échantillons : <input type="checkbox"/> Par client <input type="checkbox"/> Personnel MAXXAM <input checked="" type="checkbox"/> Courrier (spécifier): <u>EXPEDI BUS</u>	



**Attention: Christian Boyaud**

GOLDER ASSOCIÉS LTÉE  
 QUÉBEC  
 1170, Boul. Lebourgneuf  
 Bureau 200  
 Québec, PQ  
 CANADA G2K 2E3

Votre # du projet: 13-1221-0020  
 Adresse du site: OSISKO  
 Votre # Bordereau: e860412, e-860412

**Date du rapport: 2014/01/22**  
**# Rapport: R1821156**  
**Version: 1**

**CERTIFICAT D'ANALYSES**

**# DE DOSSIER MAXXAM: B402061**

**Reçu: 2014/01/15, 11:30**

Matrice: EAU SOUTERRAINE

Nombre d'échantillons reçus: 4

Analyses	Quantité	Date de l' extraction	Date Analyisé	Méthode de laboratoire	Référence Primaire
Alcalinité totale (pH final 4.5)***	2	N/A	2014/01/17	STL SOP-00038	MA. 315 – Alc.-Aci 1
Anions*	2	N/A	2014/01/17	STL SOP-00014	MA. 300 - Ions 1.3
Cyanures disponibles*	1	2014/01/17	2014/01/17	STL SOP-00035	MA. 300 - CN 1.2
Cyanures disponibles*	1	2014/01/22	2014/01/22	STL SOP-00035	MA. 300 - CN 1.2
Cyanures totaux*	2	2014/01/20	2014/01/21	STL SOP-00035	MA. 300 - CN 1.2
Fluorures*	2	N/A	2014/01/20	STL SOP-00038	SM 4500-F- C.
Métaux dissous par ICP-MS*	2	2014/01/17	2014/01/17	STL SOP-00006	MA.200- Mét 1.2
Métaux extractibles totaux par ICP*	2	2014/01/17	2014/01/17	STL SOP-00006	MA.200- Mét 1.2
Azote ammoniacal*	2	N/A	2014/01/17	STL SOP-00040	MA.303 – N 1.0, Rév4
Nitrate et/ou Nitrite*	2	N/A	2014/01/17	STL SOP-00014	MA. 300 - Ions 1.3
Sulfures (exprimés en S2-)*	2	2014/01/17	2014/01/17	STL SOP-00005	MA. 300 – S 1.2
Solides totaux dissous*	2	2014/01/16	2014/01/16	STL SOP-00050	MA. 103 - S.T. 1.0

Notez: Les données brutes sont utilisées pour le calcul du RPD (% d'écart relatif). L'arrondissement des résultats finaux peut expliquer la variation apparente.

\* Maxxam détient l'accréditation pour cette analyse selon le programme du MDDEFP.

\*\*\* Cette analyse ne fait pas partie du programme d'accréditation du MDDEFP.

clé de cryptage

Veuillez adresser toute question concernant ce certificat d'analyse à votre chargé(e) de projets

Dominique Pelletier, B. Sc., chimiste, Chargée de projets  
 Email: DPelletier@maxxam.ca  
 Phone# (514) 448-9001 Ext:4281

=====

**Attention: Christian Boyaud**

GOLDER ASSOCIÉS LTÉE  
QUÉBEC  
1170, Boul. Lebourgneuf  
Bureau 200  
Québec, PQ  
CANADA G2K 2E3

Votre # du projet: 13-1221-0020  
Adresse du site: OSISKO  
Votre # Bordereau: e860412, e-860412

**Date du rapport: 2014/01/22**  
**# Rapport: R1821156**  
**Version: 1**

**CERTIFICAT D'ANALYSES**

-2-

Ce rapport a été produit et distribué en utilisant une procédure automatisée sécuritaire.

Maxxam a mis en place des procédures qui protègent contre l'utilisation non autorisée de la signature électronique et emploie les "signataires" requis, conformément à la section 5.10.2 de la norme ISO/CEI 17025:2005(E). Veuillez vous référer à la page des signatures de validation pour obtenir les détails des validations pour chaque division.



Dossier Maxxam: B402061  
Date du rapport: 2014/01/22

GOLDER ASSOCIÉS LTÉE  
Votre # du projet: 13-1221-0020  
Adresse du site: OSISKO  
Initiales du préleveur: SB

### MÉTAUX DISSOUS (EAU SOUTERRAINE)

Identification Maxxam		X29388	X29390	X29390		
Date d'échantillonnage		2014/01/14 12:30	2014/01/14 14:45	2014/01/14 14:45		
# Bordereau		e-860412	e-860412	e-860412		
	<b>UNITÉS</b>	<b>PO13-01-20140114 DISSOUS</b>	<b>PO13-02-20140114 DISSOUS</b>	<b>PO13-02-20140114 DISSOUS Dup. de Lab.</b>	<b>LDR</b>	<b>Lot CQ</b>

MÉTAUX						
Aluminium (Al)	ug/L	77	30	<30	30	1260572
Antimoine (Sb)	ug/L	5	<3	<3	3	1260572
Argent (Ag)	ug/L	<0.3	<0.3	<0.3	0.3	1260572
Arsenic (As)	ug/L	6	3	2	1	1260572
Baryum (Ba)	ug/L	53	48	48	20	1260572
Cadmium (Cd)	ug/L	<1	<1	<1	1	1260572
Calcium (Ca)	ug/L	26000	120000	120000	500	1260572
Chrome (Cr)	ug/L	<5	<5	<5	5	1260572
Cobalt (Co)	ug/L	74	<20	<20	20	1260572
Cuivre (Cu)	ug/L	<3	<3	<3	3	1260572
Magnésium (Mg)	ug/L	290	4100	3800	200	1260572
Manganèse (Mn)	ug/L	<3	6	5	3	1260572
Molybdène (Mo)	ug/L	240	120	120	10	1260572
Nickel (Ni)	ug/L	13	<10	<10	10	1260572
Plomb (Pb)	ug/L	<1	<1	<1	1	1260572
Potassium (K)	ug/L	120000	180000	160000	200	1260572
Sélénium (Se)	ug/L	2	<1	<1	1	1260572
Sodium (Na)	ug/L	490000	450000	420000	200	1260572
Zinc (Zn)	ug/L	<5	<5	<5	5	1260572
LDR = Limite de détection rapportée Lot CQ = Lot Contrôle Qualité						

Dossier Maxxam: B402061  
Date du rapport: 2014/01/22

GOLDER ASSOCIÉS LTÉE  
Votre # du projet: 13-1221-0020  
Adresse du site: OSISKO  
Initiales du préleveur: SB

### MÉTAUX EXTRACTIBLES TOTAUX (EAU SOUTERRAINE)

Identification Maxxam		X27934	X27935		
Date d'échantillonnage		2014/01/14 12:30	2014/01/14 14:45		
# Bordereau		e-860412	e-860412		
	<b>UNITÉS</b>	<b>PO13-01-20140114</b>	<b>PO13-02-20140114</b>	<b>LDR</b>	<b>Lot CQ</b>

<b>MÉTAUX</b>					
Phosphore total	mg/L	9.0	1.2	0.01	1260646
LDR = Limite de détection rapportée Lot CQ = Lot Contrôle Qualité					

Dossier Maxxam: B402061  
Date du rapport: 2014/01/22

GOLDER ASSOCIÉS LTÉE  
Votre # du projet: 13-1221-0020  
Adresse du site: OSISKO  
Initiales du préleveur: SB

### PARAMÈTRES CONVENTIONNELS (EAU SOUTERRAINE)

Identification Maxxam		X27934			X27935		
Date d'échantillonnage		2014/01/14 12:30			2014/01/14 14:45		
# Bordereau		e-860412			e-860412		
	<b>UNITÉS</b>	<b>PO13-01-20140114</b>	<b>LDR</b>	<b>Lot CQ</b>	<b>PO13-02-20140114</b>	<b>LDR</b>	<b>Lot CQ</b>

CONVENTIONNELS							
Azote ammoniacal (N-NH <sub>3</sub> )	mg/L	23	0.4	1260682	16	0.4	1260682
Cyanures disponibles (CN <sup>-</sup> )	mg/L	0.17	0.01	1262239	<0.01	0.01	1260533
Cyanures Totaux	mg/L	23	0.3	1261164	1.8	0.06	1261164
Fluorure (F)	mg/L	2.5	0.1	1260552	1.5	0.1	1260552
Nitrates (N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	mg/L	<0.04	0.04	1260407	<0.04	0.04	1260407
Nitrites (N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	mg/L	0.05	0.04	1260407	<0.04	0.04	1260407
Sulfures (exprimés en S <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	mg/L	<0.02	0.02	1260607	<0.02	0.02	1260607
Alcalinité Totale (en CaCO <sub>3</sub> ) pH 4.5	mg/L	91	1	1260549	55	1	1260549
Chlorures (Cl)	mg/L	61	0.5	1260431	42	0.5	1260431
Sulfates (SO <sub>4</sub> )	mg/L	1000	5	1260431	1400	5	1260431
Solide Dissous Totaux	mg/L	1900	10	1260368	2300	10	1260368

LDR = Limite de détection rapportée  
Lot CQ = Lot Contrôle Qualité

Dossier Maxxam: B402061  
Date du rapport: 2014/01/22

GOLDER ASSOCIÉS LTÉE  
Votre # du projet: 13-1221-0020  
Adresse du site: OSISKO  
Initiales du préleveur: SB

#### REMARQUES GÉNÉRALES

État des échantillons à l'arrivée: BON

#### MÉTAUX DISSOUS (EAU SOUTERRAINE)

Veillez noter que les résultats n'ont pas été corrigés ni pour la récupération des échantillons de contrôle qualité, ni pour le blanc de méthode.

#### MÉTAUX EXTRACTIBLES TOTAUX (EAU SOUTERRAINE)

Veillez noter que les résultats n'ont pas été corrigés ni pour la récupération des échantillons de contrôle qualité, ni pour le blanc de méthode.

#### PARAMÈTRES CONVENTIONNELS (EAU SOUTERRAINE)

Veillez noter que les résultats n'ont pas été corrigés ni pour la récupération des échantillons de contrôle qualité, ni pour le blanc de méthode.  
Les limites de détections indiquées sont multipliées par les facteurs de dilution utilisés pour l'analyse des échantillons.

GOLDER ASSOCIÉS LTÉE  
 Attention: Christian Boyaud  
 Votre # du projet: 13-1221-0020  
 P.O. #:  
 Adresse du site: OSISKO

Rapport Assurance Qualité  
 Dossier Maxxam: B402061

Lot Lot Num Init	Type CQ	Groupe	Date Analysé aaaa/mm/jj	Valeur	Réc	UNITÉS
1260368	FSI	Blanc fortifié	Solide Dissous Totaux	2014/01/16		102 %
		Blanc fortifié DUP	Solide Dissous Totaux	2014/01/16		103 %
		Blanc de méthode	Solide Dissous Totaux	2014/01/16	<10	mg/L
1260407	DB2	Blanc fortifié	Nitrates (N-NO3-)	2014/01/17		105 %
			Nitrites (N-NO2-)	2014/01/17		104 %
		Blanc de méthode	Nitrates (N-NO3-)	2014/01/17	<0.02	mg/L
			Nitrites (N-NO2-)	2014/01/17	<0.02	mg/L
1260431	DB2	Blanc fortifié	Chlorures (Cl)	2014/01/17		102 %
			Sulfates (SO4)	2014/01/17		103 %
		Blanc de méthode	Chlorures (Cl)	2014/01/17	<0.05	mg/L
			Sulfates (SO4)	2014/01/17	<0.5	mg/L
1260533	DB2	MRC	Cyanures disponibles (CN-)	2014/01/17		91 %
		Blanc fortifié	Cyanures disponibles (CN-)	2014/01/17		104 %
		Blanc de méthode	Cyanures disponibles (CN-)	2014/01/17	<0.01	mg/L
1260549	JL1	Blanc fortifié	Alcalinité Totale (en CaCO3) pH 4.5	2014/01/17		103 %
		Blanc de méthode	Alcalinité Totale (en CaCO3) pH 4.5	2014/01/17	<1	mg/L
1260552	JL1	Blanc fortifié	Fluorure (F)	2014/01/20		98 %
		Blanc de méthode	Fluorure (F)	2014/01/20	<0.1	mg/L
1260572	AL5	Blanc fortifié	Aluminium (Al)	2014/01/17		99 %
			Antimoine (Sb)	2014/01/17		105 %
			Argent (Ag)	2014/01/17		99 %
			Arsenic (As)	2014/01/17		103 %
			Baryum (Ba)	2014/01/17		100 %
			Cadmium (Cd)	2014/01/17		101 %
			Calcium (Ca)	2014/01/17		96 %
			Chrome (Cr)	2014/01/17		101 %
			Cobalt (Co)	2014/01/17		97 %
			Cuivre (Cu)	2014/01/17		96 %
			Magnésium (Mg)	2014/01/17		100 %
			Manganèse (Mn)	2014/01/17		103 %
			Molybdène (Mo)	2014/01/17		102 %
			Nickel (Ni)	2014/01/17		98 %
			Plomb (Pb)	2014/01/17		102 %
			Potassium (K)	2014/01/17		98 %
			Sélénium (Se)	2014/01/17		102 %
			Sodium (Na)	2014/01/17		103 %
			Zinc (Zn)	2014/01/17		99 %
		Blanc de méthode	Aluminium (Al)	2014/01/17	<30	ug/L
			Antimoine (Sb)	2014/01/17	<3	ug/L
			Argent (Ag)	2014/01/17	<0.3	ug/L
			Arsenic (As)	2014/01/17	<1	ug/L
			Baryum (Ba)	2014/01/17	<20	ug/L
			Cadmium (Cd)	2014/01/17	<1	ug/L
			Calcium (Ca)	2014/01/17	<500	ug/L
			Chrome (Cr)	2014/01/17	<5	ug/L
			Cobalt (Co)	2014/01/17	<20	ug/L
			Cuivre (Cu)	2014/01/17	<3	ug/L
			Magnésium (Mg)	2014/01/17	<200	ug/L
			Manganèse (Mn)	2014/01/17	<3	ug/L
			Molybdène (Mo)	2014/01/17	<10	ug/L
			Nickel (Ni)	2014/01/17	<10	ug/L
			Plomb (Pb)	2014/01/17	<1	ug/L
			Potassium (K)	2014/01/17	<200	ug/L
			Sélénium (Se)	2014/01/17	<1	ug/L
			Sodium (Na)	2014/01/17	<200	ug/L

GOLDER ASSOCIÉS LTÉE  
 Attention: Christian Boyaud  
 Votre # du projet: 13-1221-0020  
 P.O. #:  
 Adresse du site: OSISKO

### Rapport Assurance Qualité (Suite)

Dossier Maxxam: B402061

Lot Lot Num Init	Type CQ	Groupe	Date Analysé aaaa/mm/jj	Valeur	Réc	UNITÉS
1260572 AL5	Blanc de méthode	Zinc (Zn)	2014/01/17	<5		ug/L
1260607 LI	Blanc fortifié	Sulfures (exprimés en S2-)	2014/01/17		97	%
	Blanc de méthode	Sulfures (exprimés en S2-)	2014/01/17	<0.02		mg/L
1260646 JF1	Blanc fortifié	Phosphore total	2014/01/17		94	%
	Blanc de méthode	Phosphore total	2014/01/17	<0.01		mg/L
1260682 DKH	Blanc fortifié	Azote ammoniacal (N-NH3)	2014/01/17		94	%
	Blanc de méthode	Azote ammoniacal (N-NH3)	2014/01/17	<0.02		mg/L
1261164 DB2	MRC	Cyanures Totaux	2014/01/21		93	%
	Blanc fortifié	Cyanures Totaux	2014/01/21		103	%
	Blanc de méthode	Cyanures Totaux	2014/01/21	<0.003		mg/L
1262239 CC6	Blanc fortifié	Cyanures disponibles (CN-)	2014/01/22		87	%
	Blanc de méthode	Cyanures disponibles (CN-)	2014/01/22	<0.01		mg/L

MRC: Un échantillon de concentration connue préparé dans des conditions rigoureuses par un organisme externe. Utilisé pour vérifier la justesse de la méthode.  
 Blanc fortifié: Un blanc, d'une matrice exempte de contaminants, auquel a été ajouté une quantité connue d'analyte provenant généralement d'une deuxième source. Utilisé pour évaluer la précision de la méthode.  
 Blanc de méthode: Une partie aliquote de matrice pure soumise au même processus analytique que les échantillons, du prétraitement au dosage. Sert à évaluer toutes contaminations du laboratoire.  
 Réc = Récupération



**Page des signatures de validation**

**Dossier Maxxam: B402061**



---

Les résultats analytiques ainsi que les données de contrôle-qualité contenus dans ce rapport furent vérifiés et validés par les personnes suivantes:

---

Delia Barbul, B.Sc., Chimiste



---

Dochka Koleva Hristo, B.Sc., Chimiste

---

Faouzi Sarsi, B. Sc. Chimiste

---

Jonathan Fauvel, B.Sc, Chimiste

=====  
 Maxxam a mis en place des procédures qui protègent contre l'utilisation non autorisée de la signature électronique et emploie les "signataires" requis, conformément à la section 5.10.2 de la norme ISO/CEI 17025:2005(E). Veuillez vous référer à la page des signatures de validation pour obtenir les détails des validations pour chaque division.

889 Montée de Liesse, Ville  
 2690 Avenue Dalton, Sainte  
 737 boul. Barette, Chicoutimi

15-Jan-14 11:30

Dominique Pelletie

Bordereau de transmission d'échantillons

écopieur : (514) 448-9199 Ligne sans frais : 1-877-4MA-XXAM (462-9926) Page \_\_\_ de \_\_\_

écopieur : (418) 658-6594

écopieur : (418) 543-8994

om



B402061

EM4

MTL-0041

## E-860412

**Info. Facturation**  
 Compagnie : Goldier Associés  
 Adresse : 1001, Maisonneuve Ouest  
7<sup>e</sup> étage, MtL (Qc) H3A 3C8  
 Attention de : Elisabete Matos  
 Téléphone : (514) 383-6196  
 Telecopieur : (514) 850-2401  
 Échantillonneur : S. Bilodeau

**Info. Rapport (si diffère)**  
 Compagnie : Goldier Associés  
 Adresse : 1170 bvd. Lebourgneuf  
box 200, Qc (Qc)  
 Attention de : Christian Bayard  
 Téléphone : (418) 781-0285  
 Telecopieur : (418) 781-0290  
 Échantillonneur : S. Bilodeau

No. de cotation : \_\_\_\_\_

Projet / Site : Osisko  
 No. de projet : 13-1221-0020

Identification de l'échantillon (point de prélèvement)	Échantillon	Prélèvement (date / heure)	à filtrer	nombre de contenants	HP (Clu-Clo)	H & G Tot.	COV (EPA 624)	Phénols (GC/MS)	HAP	BPC (Congénères) (GC-MS)	Métaux Lourds (Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn)	Métaux (CP politique - 13 élé. sol*)	Mercure (16 élé. eau)**	Sélénium-sol	Autres	F	Cl	SO <sub>4</sub>	NH <sub>3</sub>	N	P-Tot.	pH	Conductivité	MES	Sulfure (SH <sub>2</sub> )	Sourire (S-Tot.)	CN-Tot.	CN-Ox.	CN Libre	DBO <sub>5</sub>	DCO	Turbidité	COT	RDS	RMD	CUM ART. 10	ART. 11	Eau Potable :	ORG.	INOR.	THM	COLIF (Fec.)	COLIF (Tot.)	BHAA	Explosif EPA 8095	EPA 8030	Autre (spécifier) :					
<u>PO13-01-201401-14</u>	<u>S</u>	<u>2014-01-14</u> <u>12:30</u>		<u>9</u>									<input checked="" type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>										<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>																						<u>Mg<sup>2+</sup>, Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Ca<sup>+</sup></u>	
<u>PO13-02-20140114</u>	<u>S</u>	<u>2014-01-14</u> <u>14:45</u>		<u>9</u>								<input checked="" type="checkbox"/>				<input checked="" type="checkbox"/>										<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>																							<u>Alcalinité, soli, des métaux dissous</u>

\* Métaux 13 éléments (Ag, As, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Sn, Mn, Mo, Ni, Pb, Zn).  
 \*\* Métaux 16 éléments (Al, Sb, Ag, As, Ba, Cd, Cr, Co, Cu, Mn, Mo, Ni, Pb, Se, Na, Zn).

Types d'eau : S = Souterraine P = Potable DL = Déchet liquide  
 Sur = Surface E = Eau usée C = Captage

Normes/Règlement Applicables : \_\_\_\_\_ (À remplir)

**Chaîne de responsabilité**

Délais :  24h  48h  72h  Régulier  Date : \_\_\_\_\_

A moins d'être clairement identifié, tout échantillon d'eau reçu chez Maxxam sera considéré comme non-potable et ne sera pas soumis aux exigences du règlement sur la qualité de l'eau potable.

Condition générale à la réception : OK YES  
Seal NO

Remarques : \_\_\_\_\_

Déssaisi par : Samuel Bilodeau Date : 2014-01-14 Heure : 17:30 Reçu par : Elizabeth Macaulay

Déssaisi par : \_\_\_\_\_ Date : 2014/01/15 Heure : 11:30 Reçu par : \_\_\_\_\_

Nombre de glacières : 1 Température de réception : 5 8 5

Transport des échantillons :  Par client  Personnel MAXXAM  Courrier (spécifier) : Expedibus

1A

Votre # du projet: 14-03061  
Adresse du site: CM6P-ÉTUDES PHASE III  
Votre # Bordereau: C#111842-01-01

**Attention: Christian Boyaud**

GOLDER ASSOCIES LTEE  
375 AVE CENTRALE  
BUREAU 102  
VAL D'OR, PQ  
CANADA J9P 1P4

**Date du rapport: 2014/09/26**  
# Rapport: R1924271  
Version: 1

**CERTIFICAT D'ANALYSES**

**# DE DOSSIER MAXXAM: B458540**

**Reçu: 2014/09/19, 10:10**

Matrice: EAU SOUTERRAINE  
Nombre d'échantillons reçus: 2

Analyses	Quantité	Date de l'		Méthode de laboratoire	Référence Primaire
		extraction	Date Analysé		
Alcalinité totale (pH final 4.5)	2	N/A	2014/09/19	STL SOP-00038	SM 21 2320-B m
Anions	2	N/A	2014/09/20	STL SOP-00014	MA300-Ions 1.3 R2 m
Cyanures disponibles	2	2014/09/22	2014/09/26	STL SOP-00035	MA300-CN 1.2 R2 m
Cyanures totaux	2	2014/09/22	2014/09/24	STL SOP-00035	MA300-CN 1.2 R2 m
Conductivité	2	N/A	2014/09/19	STL SOP-00038	SM 21 2510-B m
Fluorures	2	N/A	2014/09/22	STL SOP-00038	SM 21 4500-F m
Mercure extractible total-vapeur froide	2	2014/09/22	2014/09/23	STL SOP-00042	MA200-Hg 1.1 R1 m
Métaux dissous par ICP-MS (basse limite)	2	2014/09/22	2014/09/22	STL SOP-00006	MA200-Mét 1.2 R4 m
Azote ammoniacal	2	N/A	2014/09/24	STL SOP-00040	MA300-N 2.0 R1 m
Nitrate et/ou Nitrite	2	N/A	2014/09/20	STL SOP-00014	MA300-Ions 1.3 R2 m
pH	2	N/A	2014/09/19	STL SOP-00038	MA100- pH 1.1 R3 m
Ortho Phosphate	2	N/A	2014/09/23	STL SOP-00003	SM 4500-P E
Phosphore total basse limite (1)	2	2014/09/23	2014/09/23	QUE SOP-00123	MA. 303 - P 5.0,
Sulfures (exprimés en S2-)	2	2014/09/24	2014/09/24	STL SOP-00005	MA300 - S 1.2 m
Solides totaux dissous	2	2014/09/22	2014/09/22	STL SOP-00050	MA115 - S.D. 1.0 R3

\* Les données brutes sont utilisées pour le calcul du RPD (% d'écart relatif). L'arrondissement des résultats finaux peut expliquer la variation apparente.

(1) Cette analyse a été effectuée par Maxxam - Québec

clé de cryptage

Veillez adresser toute question concernant ce certificat d'analyse à votre chargé(e) de projets  
Dominique Pelletier, B. Sc., chimiste, Chargée de projets  
Courriel: DPelletier@maxxam.ca  
Téléphone (514)448-9001 Ext:4281

=====  
Ce rapport a été produit et distribué en utilisant une procédure automatisée sécuritaire.

Maxxam a mis en place des procédures qui protègent contre l'utilisation non autorisée de la signature électronique et emploie les «signataires» requis, conformément à la section 5.10.2 de la norme ISO/CEI 17025:2005(E). Veuillez vous référer à la page des signatures de validation pour obtenir les détails des validations pour chaque division.

Dossier Maxxam: B458540  
 Date du rapport: 2014/09/26

GOLDER ASSOCIES LTEE  
 Votre # du projet: 14-03061  
 Adresse du site: CM6P-ÉTUDES PHASE III  
 Initiales du préleveur: MS

**MÉTAUX (EAU SOUTERRAINE)**

<b>ID Maxxam</b>		Z92271	Z92272		
<b>Date d'échantillonnage</b>		2014/09/18 15:30	2014/09/18 16:45		
<b># Bordereau</b>		C#111842-01-01	C#111842-01-01		
	<b>UNITÉS</b>	<b>P0-13-01-20140918</b>	<b>P0-13-02-20140918</b>	<b>LDR</b>	<b>Lot CQ</b>
<b>MÉTAUX</b>					
Mercuré (Hg)	mg/L	0.00002	0.00009	0.00001	1364828
LDR = Limite de détection rapportée					
Lot CQ = Lot contrôle qualité					

Dossier Maxxam: B458540  
Date du rapport: 2014/09/26

GOLDER ASSOCIES LTEE  
Votre # du projet: 14-03061  
Adresse du site: CM6P-ÉTUDES PHASE III  
Initiales du préleveur: MS

### MÉTAUX DISSOUS (EAU SOUTERRAINE)

ID Maxxam		Z92271		Z92272		
Date d'échantillonnage		2014/09/18 15:30		2014/09/18 16:45		
# Bordereau		C#111842-01-01		C#111842-01-01		
	UNITÉS	P0-13-01-20140918	LDR	P0-13-02-20140918	LDR	Lot CQ
<b>MÉTAUX ICP-MS</b>						
Aluminium (Al)	ug/L	180	10	120	10	1364800
Antimoine (Sb)	ug/L	5.1	1.0	2.2	1.0	1364800
Argent (Ag)	ug/L	<0.10	0.10	<0.10	0.10	1364800
Arsenic (As)	ug/L	4.8	1.0	4.0	1.0	1364800
Baryum (Ba)	ug/L	44	2.0	36	2.0	1364800
Béryllium (Be)	ug/L	<0.50	0.50	<0.50	0.50	1364800
Bismuth (Bi)	ug/L	<0.25	0.25	<0.25	0.25	1364800
Bore (B)	ug/L	63	20	56	20	1364800
Cadmium (Cd)	ug/L	<0.20	0.20	<0.20	0.20	1364800
Calcium (Ca)	ug/L	29000	300	60000	300	1364800
Chrome (Cr)	ug/L	0.53	0.50	<0.50	0.50	1364800
Cobalt (Co)	ug/L	68	0.50	14	0.50	1364800
Cuivre (Cu)	ug/L	24	0.50	1.3	0.50	1364800
Etain (Sn)	ug/L	<1.0	1.0	<1.0	1.0	1364800
Fer (Fe)	ug/L	6000	100	370	100	1364800
Lithium (Li)	ug/L	<10	10	<10	10	1364800
Magnésium (Mg)	ug/L	460	100	610	100	1364800
Manganèse (Mn)	ug/L	1.1	0.40	1.8	0.40	1364800
Molybdène (Mo)	ug/L	310	0.50	180	0.50	1364800
Nickel (Ni)	ug/L	7.3	1.0	2.2	1.0	1364800
Plomb (Pb)	ug/L	0.91	0.10	0.18	0.10	1364800
Potassium (K)	ug/L	130000	100	180000	100	1364800
Sélénium (Se)	ug/L	1.5	1.0	<1.0	1.0	1364800
Silicium (Si)	ug/L	5300	100	4500	100	1364800
Strontium (Sr)	ug/L	1000	2.0	2500	2.0	1364800
Sodium (Na)	ug/L	540000	1000	490000	100	1364800
Thallium (Tl)	ug/L	<2.0	2.0	<2.0	2.0	1364800
Uranium (U)	ug/L	<1.0	1.0	<1.0	1.0	1364800
Titane (Ti)	ug/L	<10	10	<10	10	1364800
Vanadium (V)	ug/L	34	2.0	7.7	2.0	1364800
Zinc (Zn)	ug/L	<5.0	5.0	<5.0	5.0	1364800
LDR = Limite de détection rapportée						
Lot CQ = Lot contrôle qualité						

Dossier Maxxam: B458540  
Date du rapport: 2014/09/26

GOLDER ASSOCIES LTEE  
Votre # du projet: 14-03061  
Adresse du site: CM6P-ÉTUDES PHASE III  
Initiales du préleveur: MS

**PARAMÈTRES CONVENTIONNELS (EAU SOUTERRAINE)**

<b>ID Maxxam</b>		Z92271	Z92271		Z92272		
<b>Date d'échantillonnage</b>		2014/09/18 15:30	2014/09/18 15:30		2014/09/18 16:45		
<b># Bordereau</b>		C#111842-01-01	C#111842-01-01		C#111842-01-01		
	<b>UNITÉS</b>	<b>PO-13-01-20140918</b>	<b>PO-13-01-20140918 Dup. de Lab.</b>	<b>LDR</b>	<b>PO-13-02-20140918</b>	<b>LDR</b>	<b>Lot CQ</b>

<b>CONVENTIONNELS</b>							
Azote ammoniacal (N-NH3)	mg/L	24	N/A	0.5	23	0.4	1365904
Conductivité	umhos/cm	3100	N/A	1	2900	1	1364599
Cyanures disponibles (CN-)	mg/L	0.47	0.48	0.03	0.007	0.003	1364816
Cyanures Totaux	mg/L	14	15	0.3	1.0	0.03	1364822
Fluorure (F)	mg/L	2.4	N/A	0.1	1.5	0.1	1364840
Nitrates (N-NO3-)	mg/L	<0.02	N/A	0.02	<0.02	0.02	1364538
Nitrites (N-NO2-)	mg/L	1.2	N/A	0.02	<0.02	0.02	1364538
Orthophosphate (P)	mg/L	<0.05	N/A	0.05	<0.05	0.05	1365279
pH	pH	9.32	N/A	N/A	9.48	N/A	1364543
Phosphore total	mg/L	3.8	N/A	0.002	3.4	0.002	1365283
Sulfures (exprimés en S2-)	mg/L	<0.1	<0.1	0.1	0.3	0.1	1366064
Alcalinité Totale (en CaCO3) pH 4.5	mg/L	71	N/A	1	62	1	1364598
Bromure (Br-)	mg/L	0.3	N/A	0.1	0.3	0.1	1364539
Carbonate (CO3 comme CaCO3)	mg/L	63	N/A	1	45	1	1364598
Chlorures (Cl)	mg/L	56	N/A	0.05	41	0.05	1364539
Sulfates (SO4)	mg/L	1200	N/A	5	1200	5	1364539
Solide Dissous Totaux	mg/L	2100	N/A	10	2000	20	1365083

LDR = Limite de détection rapportée  
Lot CQ = Lot contrôle qualité  
N/A = Non Applicable

<b>ID Maxxam</b>		Z92272		
<b>Date d'échantillonnage</b>		2014/09/18 16:45		
<b># Bordereau</b>		C#111842-01-01		
	<b>UNITÉS</b>	<b>PO-13-02-20140918 Dup. de Lab.</b>	<b>LDR</b>	<b>Lot CQ</b>
<b>CONVENTIONNELS</b>				
Orthophosphate (P)	mg/L	<0.05	0.05	1365279
LDR = Limite de détection rapportée Lot CQ = Lot contrôle qualité				



Dossier Maxxam: B458540  
Date du rapport: 2014/09/26

GOLDER ASSOCIES LTEE  
Votre # du projet: 14-03061  
Adresse du site: CM6P-ÉTUDES PHASE III  
Initiales du préleveur: MS

### REMARQUES GÉNÉRALES

État des échantillons à l'arrivée: BON excepté pour  
Mercure extractible total-vapeur froide: Arrivé sans agent de conservation. L'agent de conservation fut ajouté à l'arrivée au laboratoire.: Z92272

#### MÉTAUX (EAU SOUTERRAINE)

Veillez noter que les résultats n'ont pas été corrigés ni pour la récupération des échantillons de contrôle qualité, ni pour le blanc de méthode.

#### MÉTAUX DISSOUS (EAU SOUTERRAINE)

Veillez noter que les résultats n'ont pas été corrigés ni pour la récupération des échantillons de contrôle qualité, ni pour le blanc de méthode.  
Les limites de détections indiquées sont multipliées par les facteurs de dilution utilisés pour l'analyse des échantillons.  
Les échantillons Z92271, Z92272 ont été filtrés en laboratoire avant l'analyse des métaux.

#### PARAMÈTRES CONVENTIONNELS (EAU SOUTERRAINE)

Veillez noter que les résultats n'ont pas été corrigés ni pour la récupération des échantillons de contrôle qualité, ni pour le blanc de méthode.  
PO4\_W: Délai d'analyse non respecté.  
Les limites de détections indiquées sont multipliées par les facteurs de dilution utilisés pour l'analyse des échantillons.

**Les résultats ne se rapportent qu'aux échantillons soumis pour analyse**

Dossier Maxxam: B458540  
Date du rapport: 2014/09/26

GOLDER ASSOCIES LTEE  
Votre # du projet: 14-03061  
Adresse du site: CM6P-ÉTUDES PHASE III  
Initiales du préleveur: MS

### RAPPORT ASSURANCE QUALITÉ

Lot	AQ/CQ	Init	Type CQ	Groupe	Date Analysé	Valeur	Réc	UNITÉS				
1364538	JL1	Blanc fortifié		Nitrates (N-NO3-)	2014/09/20		91	%				
				Nitrites (N-NO2-)	2014/09/20		112	%				
1364538	JL1	Blanc de méthode		Nitrates (N-NO3-)	2014/09/20	<0.02		mg/L				
				Nitrites (N-NO2-)	2014/09/20	<0.02		mg/L				
1364539	JL1	Blanc fortifié		Bromure (Br-)	2014/09/20		98	%				
				Chlorures (Cl)	2014/09/20		94	%				
				Sulfates (SO4)	2014/09/20		120	%				
1364539	JL1	Blanc de méthode		Bromure (Br-)	2014/09/20	<0.1		mg/L				
				Chlorures (Cl)	2014/09/20	<0.05		mg/L				
				Sulfates (SO4)	2014/09/20	<0.5		mg/L				
1364543	DB2	Blanc fortifié		pH	2014/09/19		102	%				
1364598	DB2	Blanc fortifié		Alcalinité Totale (en CaCO3) pH 4.5	2014/09/19		102	%				
1364598	DB2	Blanc de méthode		Alcalinité Totale (en CaCO3) pH 4.5	2014/09/19	<1		mg/L				
				Carbonate (CO3 comme CaCO3)	2014/09/19	<1		mg/L				
1364599	DB2	Blanc fortifié		Conductivité	2014/09/19		103	%				
1364599	DB2	Blanc de méthode		Conductivité	2014/09/19	<1		umhos/c				
1364800	MCA	Blanc fortifié		Aluminium (Al)	2014/09/22		100	%				
				Antimoine (Sb)	2014/09/22		106	%				
				Argent (Ag)	2014/09/22		94	%				
				Arsenic (As)	2014/09/22		95	%				
				Baryum (Ba)	2014/09/22		120	%				
				Béryllium (Be)	2014/09/22		104	%				
				Bismuth (Bi)	2014/09/22		94	%				
				Bore (B)	2014/09/22		100	%				
				Cadmium (Cd)	2014/09/22		100	%				
				Calcium (Ca)	2014/09/22		101	%				
				Chrome (Cr)	2014/09/22		102	%				
				Cobalt (Co)	2014/09/22		93	%				
				Cuivre (Cu)	2014/09/22		92	%				
				Etain (Sn)	2014/09/22		104	%				
				Fer (Fe)	2014/09/22		96	%				
				Lithium (Li)	2014/09/22		105	%				
				Magnésium (Mg)	2014/09/22		94	%				
				Manganèse (Mn)	2014/09/22		100	%				
				Molybdène (Mo)	2014/09/22		102	%				
				Nickel (Ni)	2014/09/22		94	%				
				Plomb (Pb)	2014/09/22		98	%				
				Potassium (K)	2014/09/22		100	%				
				Sélénium (Se)	2014/09/22		96	%				
				Silicium (Si)	2014/09/22		95	%				
				Strontium (Sr)	2014/09/22		100	%				
				Sodium (Na)	2014/09/22		98	%				
				Thallium (Tl)	2014/09/22		95	%				
				Uranium (U)	2014/09/22		93	%				
				Titane (Ti)	2014/09/22		97	%				
				Vanadium (V)	2014/09/22		98	%				
				Zinc (Zn)	2014/09/22		94	%				
				1364800	MCA	Blanc de méthode		Aluminium (Al)	2014/09/22	<10		ug/L
								Antimoine (Sb)	2014/09/22	<1.0		ug/L
Argent (Ag)	2014/09/22	<0.10						ug/L				
Arsenic (As)	2014/09/22	<1.0						ug/L				

Dossier Maxxam: B458540  
Date du rapport: 2014/09/26

GOLDER ASSOCIES LTEE  
Votre # du projet: 14-03061  
Adresse du site: CM6P-ÉTUDES PHASE III  
Initiales du préleveur: MS

### RAPPORT ASSURANCE QUALITÉ (SUITE)

Lot	AQ/CQ	Init	Type CQ	Groupe	Date Analysé	Valeur	Réc	UNITÉS
				Baryum (Ba)	2014/09/22	<2.0		ug/L
				Béryllium (Be)	2014/09/22	<0.50		ug/L
				Bismuth (Bi)	2014/09/22	<0.25		ug/L
				Bore (B)	2014/09/22	<20		ug/L
				Cadmium (Cd)	2014/09/22	<0.20		ug/L
				Calcium (Ca)	2014/09/22	<300		ug/L
				Chrome (Cr)	2014/09/22	<0.50		ug/L
				Cobalt (Co)	2014/09/22	<0.50		ug/L
				Cuivre (Cu)	2014/09/22	<0.50		ug/L
				Etain (Sn)	2014/09/22	<1.0		ug/L
				Fer (Fe)	2014/09/22	<100		ug/L
				Lithium (Li)	2014/09/22	<10		ug/L
				Magnésium (Mg)	2014/09/22	<100		ug/L
				Manganèse (Mn)	2014/09/22	<0.40		ug/L
				Molybdène (Mo)	2014/09/22	<0.50		ug/L
				Nickel (Ni)	2014/09/22	<1.0		ug/L
				Plomb (Pb)	2014/09/22	<0.10		ug/L
				Potassium (K)	2014/09/22	140 ,		ug/L
						LDR=100		
				Sélénium (Se)	2014/09/22	<1.0		ug/L
				Silicium (Si)	2014/09/22	<100		ug/L
				Strontium (Sr)	2014/09/22	<2.0		ug/L
				Sodium (Na)	2014/09/22	180 ,		ug/L
						LDR=100		
				Thallium (Tl)	2014/09/22	<2.0		ug/L
				Uranium (U)	2014/09/22	<1.0		ug/L
				Titane (Ti)	2014/09/22	<10		ug/L
				Vanadium (V)	2014/09/22	<2.0		ug/L
				Zinc (Zn)	2014/09/22	<5.0		ug/L
1364816	DB2	MRC		Cyanures disponibles (CN-)	2014/09/26		84	%
1364816	DB2	Blanc fortifié		Cyanures disponibles (CN-)	2014/09/26		99	%
1364816	DB2	Blanc de méthode		Cyanures disponibles (CN-)	2014/09/26	<0.003		mg/L
1364822	DB2	MRC		Cyanures Totaux	2014/09/24		85	%
1364822	DB2	Blanc fortifié		Cyanures Totaux	2014/09/24		99	%
1364822	DB2	Blanc de méthode		Cyanures Totaux	2014/09/24	<0.003		mg/L
1364828	OZP	Blanc fortifié		Mercure (Hg)	2014/09/23		87	%
1364828	OZP	Blanc de méthode		Mercure (Hg)	2014/09/23	<0.00001		mg/L
1364840	JL1	Blanc fortifié		Fluorure (F)	2014/09/22		94	%
1364840	JL1	Blanc de méthode		Fluorure (F)	2014/09/22	<0.1		mg/L
1365083	FSI	Blanc fortifié		Solide Dissous Totaux	2014/09/22		96	%
1365083	FSI	Blanc fortifié DUP		Solide Dissous Totaux	2014/09/22		102	%
1365083	FSI	Blanc de méthode		Solide Dissous Totaux	2014/09/22	<10		mg/L
1365279	DKH	MRC		Orthophosphate (P)	2014/09/23		108	%
1365279	DKH	Blanc fortifié		Orthophosphate (P)	2014/09/23		100	%
1365279	DKH	Blanc de méthode		Orthophosphate (P)	2014/09/23	<0.05		mg/L
1365283	DP3	MRC		Phosphore total	2014/09/23		91	%
1365283	DP3	Blanc de méthode		Phosphore total	2014/09/23	<0.002		mg/L
1365904	DKH	MRC		Azote ammoniacal (N-NH3)	2014/09/24		101	%
1365904	DKH	Blanc fortifié		Azote ammoniacal (N-NH3)	2014/09/24		107	%
1365904	DKH	Blanc de méthode		Azote ammoniacal (N-NH3)	2014/09/24	<0.02		mg/L

Dossier Maxxam: B458540  
Date du rapport: 2014/09/26

GOLDER ASSOCIES LTEE  
Votre # du projet: 14-03061  
Adresse du site: CM6P-ÉTUDES PHASE III  
Initiales du préleveur: MS

### RAPPORT ASSURANCE QUALITÉ (SUITE)

Lot AQ/CQ	Init	Type CQ	Groupe	Date Analysé	Valeur	Réc	UNITÉS
1366064	LI	Blanc fortifié	Sulfures (exprimés en S2-)	2014/09/24		105	%
1366064	LI	Blanc de méthode	Sulfures (exprimés en S2-)	2014/09/24	<0.02		mg/L

LDR = Limite de détection rapportée

MRC: Un échantillon de concentration connue préparé dans des conditions rigoureuses par un organisme externe. Utilisé pour vérifier la justesse de la méthode.

Blanc fortifié: Un blanc, d'une matrice exempte de contaminants, auquel a été ajouté une quantité connue d'analyte provenant généralement d'une deuxième source. Utilisé pour évaluer la précision de la méthode.

Blanc de méthode: Une partie aliquote de matrice pure soumise au même processus analytique que les échantillons, du prétraitement au dosage. Sert à évaluer toutes contaminations du laboratoire.

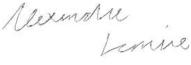

Réc = Récupération

Dossier Maxxam: B458540  
Date du rapport: 2014/09/26

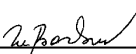

GOLDER ASSOCIES LTEE  
Votre # du projet: 14-03061  
Adresse du site: CM6P-ÉTUDES PHASE III  
Initiales du préleveur: MS

### PAGE DES SIGNATURES DE VALIDATION

Les résultats analytiques ainsi que les données de contrôle-qualité contenus dans ce rapport furent vérifiés et validés par les personnes suivantes:

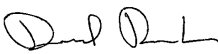

Alexandre Lemire, M.Sc., Analyste 2


Delia Barbul, B.Sc., Chimiste




Dochka Koleva Hristova, B.Sc., Chimiste

David Provencher, B.Sc., Chimiste, Québec

  
Karyn Vaucher  
Membre OCQ #2011-004

Karyn Vaucher

Miryam Assayag, B.Sc. Chimiste


Madina Hamrouni, B.Sc., Chimiste



Dossier Maxxam: B458540  
Date du rapport: 2014/09/26

GOLDER ASSOCIES LTEE  
Votre # du projet: 14-03061  
Adresse du site: CM6P-ÉTUDES PHASE III  
Initiales du préleveur: MS

### PAGE DES SIGNATURES DE VALIDATION (SUITE)

Les résultats analytiques ainsi que les données de contrôle-qualité contenus dans ce rapport furent vérifiés et validés par les personnes suivantes:

*Steliana Calestru*



---

Steliana Calestru, B.Sc. Chimiste

---

Maxxam a mis en place des procédures qui protègent contre l'utilisation non autorisée de la signature électronique et emploie les «signataires» requis, conformément à la section 5.10.2 de la norme ISO/CEI 17025:2005(E). Veuillez vous référer à la page des signatures de validation pour obtenir les détails des validations pour chaque division.



Maxxam Analytics International Corporation o/a Maxxam Analytics  
 889, Montée de Liessé, Saint-Laurent, Québec Canada H4T 1P5 Tel: (514) 448-9001 Toll-Free 800-563-6266 Fax: (514) 448-9159 www.maxxam.ca

Bordereau c

19-Sep-14 10:10

Dominique Pelletier



B458540

RG2

MTL-0093

Page 12  
 # Commande: 111642  
 # Commande: 111642

<b>INFORMATION FACTURATION:</b>		<b>Information Rapport</b>		<b>Information Projet</b>	
Compagnie	#1280 GOLDER ASSOCIÉS LTEE	Compagnie	Golder Associés	N° de cotation	
Attention de	COMPTES PAYABLES	Attention de	Christian Boyaud	N° de commande	
Adresse	375 AVE CENTRALE BUREAU 102 VAL D'OR PQ J9P 1P4	Adresse		N° de projet	14-03061
Téléphone	(819) 825-5665 Téléc (819) 825-6888	Téléphone	(418) 905-3657	Nom du projet	CMGP, Etudes Phase III
Courriel	bzon@golder.com; lise_lalonde@golder.com;maxxam	Courriel	Christian_Boyaud@golder.com	# de site	
Critères et Règlements		Instructions spéciales		Echantillonneur	
<input type="checkbox"/> Publique <input type="checkbox"/> RDS <input type="checkbox"/> RMD <input type="checkbox"/> REIMR Autre (spécifier)		<input type="checkbox"/> 24h (Art. 6.168.2) <input type="checkbox"/> 48h (Art. 6.2) <input type="checkbox"/> 72h (Art. 6.168.2) <input type="checkbox"/> Rég. Piles & Papiers (Art. 104) <input type="checkbox"/> Rég. Piles & Papiers (Art. 112)		<input type="checkbox"/> Rég. CUM <input type="checkbox"/> Egoût sanitaire Art. 10 <input type="checkbox"/> Egoût phival Art. 11 <input type="checkbox"/> Municipal <input type="checkbox"/> Non-municipality	
Bordereau de Transmission d'Echantillons		Chargé(e) de Projets		Dominique Pelletier	

Remarque: Pour les échantillons d'eau potable soumis à la réglementation - S.V.P utiliser le formulaire client rattaché à l'eau potable

Conserver les échantillons en milieu froid (< 10 °C) et l'échantillonnage à la livraison chez Maxxam

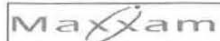
Étiquette codebar de l'échantillon	Identification de l'échantillon	Date d'échantillon	Heure	Matrice	Eau potable réglementée? (O/N)	Métaux à filtrer au labo? (O/N)	Métaux dissous (basse limite) (Ag, Al, As, B, Ba, Be, Bi, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Li, Mn, Mo, Ni, Pb, Sb, Se, Si, Sn, Sr, Ti, Tl, U, V, Zn, Mg, Na, K, Ca)	Mercuré par ICP-MS	Phosphore total basse limite	Anions (SO4, Cl, Br)	Fluorures	Ortho Phosphate	NO2, NO3	Azote ammoniacal	pH	# of Bottles	Commentaires
------------------------------------	---------------------------------	--------------------	-------	---------	--------------------------------	---------------------------------	---	--------------------	------------------------------	----------------------	-----------	-----------------	----------	------------------	----	--------------	--------------

Étiquette codebar de l'échantillon	Identification de l'échantillon	Date d'échantillon	Heure	Matrice	Eau potable réglementée? (O/N)	Métaux à filtrer au labo? (O/N)	Métaux dissous (basse limite) (Ag, Al, As, B, Ba, Be, Bi, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Li, Mn, Mo, Ni, Pb, Sb, Se, Si, Sn, Sr, Ti, Tl, U, V, Zn, Mg, Na, K, Ca)	Mercuré par ICP-MS	Phosphore total basse limite	Anions (SO4, Cl, Br)	Fluorures	Ortho Phosphate	NO2, NO3	Azote ammoniacal	pH	# of Bottles	Commentaires
1	<del>PO-13-01</del> PO-13-01-20140918	18-09-14	15h30		22	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	14	
2	<del>PO-13-02</del> PO-13-02-20140918	18-09-14	16h45		22	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	14	
3																	
4																	
5																	
6																	
7																	
8																	
9																	
10																	

plus basses limites de détection possibles

DESSAIS PAR: (Signature)	Date: (AAAA/MM/JJ)	Heure	REÇU PAR: (Signature)	Date: (AAAA/MM/JJ)	Heure	Contenants utilisés et non soumis	Température (°C) de Réception	Sceau légal intact sur la glacière
M. S. S.	2019-09-18	18h30	STEPHANIE BATHWEIK	2019/09/19	10:10		4,7,6	<input type="checkbox"/> Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non

\* IL EST DE LA RESPONSABILITÉ DE LA PERSONNE RAPPORTANT L'ÉCHANTILLON DE S'ASSURER DE L'EXACTITUDE DU BORDEREAU DE TRANSMISSION. UN MANQUEMENT À CETTE PROCÉDURE PEUT SE TRADUIRE PAR UN RETARD DANS LE DÉLAI ANALYTIQUE.



Maxxam Analytics International Corporation o/a Maxxam Analytics  
 889, Montée de Liesse, Saint-Laurent, Québec Canada H4T 1P5 Tel:(514) 448-9001 Toll-Free 800-563-6266 Fax:(514) 448-9199 www.maxxam.ca

Bordereau de Transmission d'Echantillons

Page 2 of 2

<b>INFORMATION FACTURATION:</b>		<b>Information Rapport</b>		<b>Information Projet</b>		<b>À l'usage du laboratoire seulement</b>	
Compagnie	#1280 GOLDER ASSOCIES LTEE	Compagnie	Golder ASSOCIES	N° de cotation		# dossier Maxxam	# Commande:
Attention de	COMPTES PAYABLES	Attention de	Christian Boyaud	N° de commande			
Adresse	375 AVE CENTRALE BUREAU 102	Adresse		N° de projet	14-03061	Bordereau de Transmission d'Echantillons	Charge(e) de Projets
	VAL D'OR PQ J9P 1P4			Nom du projet	CMGP études phase III		
Téléphone	(819) 825-5665	Téléphone	(418) 905-3657	# de site			
Courriel	bzon@golder.com; lise_lalonde@golder.com;maxxam	Courriel	Christian.Boyaud@golder.com	Echantillonneur	M. Senchal		Dominique Pelletier

<b>Critères et Règlements</b>		<b>Instructions spéciales</b>		<b>Analyses demandées</b>						<b>Délais requis</b>			
<input type="checkbox"/> Paléontologie <input type="checkbox"/> RDS <input type="checkbox"/> BMD <input type="checkbox"/> BEMF Autre (spécifier):		<input type="checkbox"/> Essai de pompage 24h (Art. 6, 166.2) 48h (Art. 6.2) 72h (Art. 6, 166.2) <input type="checkbox"/> Rég. CUM <input type="checkbox"/> Égout sanitaire Art.10 <input type="checkbox"/> Égout pluvial Art.11 <input type="checkbox"/> Qualité Eau Potable Rég. Plâtres & Papiers (Art.104) Rég. Plâtres & Papiers (Art.112) <input type="checkbox"/> Municipal <input type="checkbox"/> Non-municipality				Eau potable réglementée ? (O/N) Métaux à filtrer au labo ? (O/N) Alcalinité totale (pH final 4.5) Carbonates Conductivité Cyanures disponibles Cyanures totaux Sulfures (exprimés en S2) Solides totaux dissous Carborates						S.V.P notifier à l'avance en cas de projet urgent. <b>Délai Régulier</b> (Sera applicable si le délai de l'urgence n'est pas précisé) Délai Régulier = 5 Jours ouvrables pour la plupart des analyses. S.V.P Veuillez noter que le délai pour certaines analyses telles que la DBO5 et les Dioxydes/Furannes est > 5 jours - Contactez votre chargé de projets pour les détails <input checked="" type="checkbox"/>	

Remarque: Pour les échantillons d'eau potable soumis à la réglementation - S.V.P utiliser le formulaire client rattaché à l'eau potable

Conservation des échantillons en milieu froid (< 10°C) de l'échantillonnage à la livraison chez Maxxam																
Étiquette codebar de l'échantillon	Identification de l'échantillon	Date d'échantillonnage	Heure	Matrice	Eau potable réglementée ? (O/N)	Métaux à filtrer au labo ? (O/N)	Alcalinité totale (pH final 4.5)	Carbonates	Conductivité	Cyanures disponibles	Cyanures totaux	Sulfures (exprimés en S2)	Solides totaux dissous	Carborates	# of Bottles	Commentaires
1	<del>PO-13-01</del> PO-13-01-20140918	18-09-14	15h30		N	M	X	X	X	X	X	X	X	X	14	
2	<del>PO-13-02</del> PO-13-02-20140918	18-09-14	16h45		N	M	X	X	X	X	X	X	X	X	14	
3																
4																
5																
6																
7																
8																
9																
10																

Plus basses limites de détection possible

* DESSAIS PAR: (Signature)		Date: (AAAA/MM/JJ)		Heure		REÇU PAR: (Signature)		Date: (AAAA/MM/JJ)		Heure		Conteneurs utilisés et non soumis		Réservé au laboratoire	
<i>M. Senchal</i>		2014-09-18		16h30		<i>Stéphanie Bramwell</i>		2014/09/19		10h10				Température (°C) de Réception: 4.7.6 Sceau légal intact sur la glacière: <input type="checkbox"/> Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non	

\* IL EST DE LA RESPONSABILITÉ DE LA PERSONNE RAPPORTANT L'ÉCHANTILLON DE S'ASSURER DE L'EXACTITUDE DU BORDEREAU DE TRANSMISSION. UN MANQUEMENT À CETTE PROCÉDURE PEUT SE TRADUIRE PAR UN RETARD DANS LE DÉLAI ANALYTIQUE.



# **ANNEXE C**

## **Conditions générales et limitations**

### UTILISATION DU RAPPORT ET DE SON CONTENU

Ce rapport a été préparé pour l'usage exclusif du Client ou de ses agents. Les données factuelles, les interprétations, les commentaires ainsi que les recommandations qu'il contient sont spécifiques à l'étude qu'il couvre et ne s'appliquent à aucun autre projet ou autre site. Ce rapport doit être lu dans son ensemble, puisque des sections pourraient être faussement interprétées lorsque prises individuellement ou hors contexte. Par ailleurs, le texte de la version finale de ce rapport prévaut sur tout autre texte, opinion ou version préliminaire émis par Golder.

Les descriptions du sol et du roc qui sont présentées dans ce rapport ont été recueillies uniquement pour des fins environnementales. Ces informations ne doivent en aucun cas être utilisées à des fins géotechniques, dans la planification et l'élaboration de projets de construction, ou à d'autres fins que ce soit, à moins que cela ne soit clairement indiqué dans le texte de ce rapport ou formellement autorisé par Golder.

À moins d'avis contraire, les interprétations, commentaires et les recommandations présentés dans ce rapport ont été formulés suite à une évaluation des conditions souterraines du site conformément à la portée de l'étude et aux limitations générales décrites sur cette page de même qu'à la lumière de nos connaissances concernant l'utilisation courante et/ou prévue du site, les règlements, normes et critères environnementaux en vigueur ainsi que les règles et pratiques professionnelles reconnues et acceptées au moment de l'étude, tenant compte dans tous les cas de l'emplacement du site. Les références aux lois et règlements contenues dans ce rapport sont fournies à titre indicatif, sur une base technique. Comme les lois et règlements sont sujets à interprétation, Golder recommande au Client de consulter ses conseillers juridiques afin d'obtenir les avis appropriés.

Golder ne pourra être tenue responsable de dommages résultant de conditions souterraines imprévisibles, de conditions qui lui seraient inconnues, de l'inexactitude de données provenant d'autres sources que Golder et de changements ultérieurs aux conditions du site à moins d'avoir été prévenue par le Client de tout événement, activité, information, découverte passée ou future susceptible de modifier les conditions souterraines décrites dans ce rapport et d'avoir eu la possibilité de réviser les interprétations, commentaires et recommandations formulés dans ce rapport. De plus, Golder ne pourra être tenue responsable de dommages résultant de toutes modifications futures aux règlements, normes ou critères applicables, de toute utilisation faite du présent rapport par un tiers et/ou à des fins autres que celles pour lesquelles il a été rédigé, de perte de valeur réelle ou perçue du site ou de la propriété, ni de l'échec d'une quelconque transaction en raison des informations factuelles contenues dans ce rapport.

### ÉVALUATION DES CONDITIONS SOUTERRAINES

Les travaux d'investigation souterraine effectués par Golder et décrits dans ce rapport furent réalisés conformément aux règles et pratiques professionnelles reconnues et acceptées au moment de leur réalisation. À moins d'avis contraire, les résultats de travaux antérieurs ou simultanés, provenant d'autres sources que Golder, cités et/ou utilisés dans ce rapport furent considérés comme ayant été obtenus en respectant les règles et pratiques professionnelles reconnues et acceptées et, conséquemment, comme étant valides.

Les horizons de sols et de roc pouvant être de nature, de géométrie et de qualité très variables, les descriptions de sondage ne permettent donc que d'estimer approximativement leurs caractéristiques et profils réels. Les contacts entre les différents horizons de sols et/ou de roc sont souvent graduels et, conséquemment, leurs emplacements sur les descriptions de sondage relèvent d'une certaine interprétation. D'autre part, la précision des données recueillies et leur interprétation sont tributaires de différents facteurs dont la méthode de sondage, l'espacement entre les sondages, la profondeur d'investigation, la méthode d'échantillonnage, la fréquence d'échantillonnage, le choix des paramètres analysés de même que l'uniformité des conditions souterraines. Certains de ces facteurs, comme la méthode de sondage, l'espacement entre les sondages, la profondeur d'investigation, la méthode d'échantillonnage et la fréquence d'échantillonnage ainsi que les paramètres analysés peuvent eux-mêmes être tributaires de contraintes physiques, budgétaires ou d'échéancier convenues avec le Client. Ainsi, les conditions souterraines interprétées, tant physiques que quantitatives ou qualitatives, peuvent donc varier sensiblement entre et au-delà des sondages réalisés et des profondeurs d'échantillonnage indiquées. Par ailleurs, le fait qu'un paramètre n'ait pas été inclus dans la portée de l'étude, n'ait pas été



CONDITIONS GÉNÉRALES ET LIMITATIONS  
RAPPORT DE CARACTÉRISATION ENVIRONNEMENTALE

Page 2 de 2

analysé ou n'ait pas été détecté, n'exclut pas la possibilité qu'il soit présent à une concentration supérieure au bruit de fond et/ou à la limite de détection de ce paramètre.

Certaines mesures et observations consignées dans ce rapport, tels les niveaux de l'eau souterraine, les épaisseurs de produits et les résultats analytiques, ne sont valables que pour les dates spécifiées. Ces conditions peuvent en effet varier selon les saisons, les années ou suite à des activités ou événements sur le site à l'étude ou sur des sites adjacents.

Propriété de ses employés et forte d'une expérience de plus de 50 ans, Golder Associés, une organisation d'envergure mondiale, a pour raison d'être de contribuer au développement de la Terre tout en préservant son intégrité. Nous fournissons à nos clients des solutions durables comprenant une gamme étendue de services spécialisés en consultation, conception et construction dans les domaines des sciences de la Terre, de l'environnement et de l'énergie.

Pour en savoir plus, visitez [golder.com](http://golder.com)

Afrique	+ 27 11 254 4800
Asie	+ 86 21 6258 5522
Océanie	+ 61 3 8862 3500
Europe	+ 44 1628 851851
Amérique du Nord	+ 1 800 275 3281
Amérique du Sud	+ 56 2 2616 2000

[solutions@golder.com](mailto:solutions@golder.com)  
[www.golder.com](http://www.golder.com)

**Golder Associés Ltée**  
**1001, boul. de Maisonneuve Ouest, 7e étage**  
**Montréal (Québec) H3A 3C8**  
**Canada**  
**T: +1 (514) 383-0990**





# **ANNEXE B**

## **Conditions générales et limitations – Modélisation numérique**

### UTILISATION DU RAPPORT ET DE SON CONTENU

Ce rapport a été préparé pour l'usage exclusif du Client ou de ses agents. Les données factuelles, les interprétations, les commentaires, les recommandations et les fichiers électroniques qu'il contient sont spécifiques à l'étude qu'il couvre et ne s'appliquent à aucun autre projet ou autre site. Ces informations ne doivent en aucun cas être utilisées à d'autres fins que celles spécifiées aux objectifs du mandat à moins que cela ne soit clairement indiqué dans le texte de ce rapport ou formellement autorisé par Golder. Ce rapport doit être lu dans son ensemble, puisque des sections pourraient être faussement interprétées lorsque prises individuellement ou hors contexte. Par ailleurs, le texte de la version finale de ce rapport prévaut sur tout autre texte, opinion ou version préliminaire émis par Golder.

Golder ne pourra être tenue responsable de dommages résultant de conditions souterraines imprévisibles, de conditions qui lui seraient inconnues, de l'inexactitude de données provenant d'autres sources que Golder et de changements ultérieurs aux conditions du site à moins d'avoir été prévenue par le Client de tout événement, activité, information, découverte passée ou future susceptible de modifier les conditions souterraines décrites dans ce rapport et d'avoir eu la possibilité de réviser les interprétations, commentaires et recommandations formulés dans ce rapport. De plus, Golder ne pourra être tenue responsable de dommages résultant de toutes modifications futures aux règlements, normes ou critères applicables, de toute utilisation faite du présent rapport par un tiers et/ou à des fins autres que celles pour lesquelles il a été rédigé, de perte de valeur réelle ou perçue du site ou de la propriété, ni de l'échec d'une quelconque transaction en raison des informations factuelles contenues dans ce rapport.

Les références aux lois et règlements contenues dans ce rapport sont fournies à titre indicatif, sur une base technique. Comme les lois et règlements sont sujets à interprétation, Golder recommande au Client de consulter ses conseillers juridiques afin d'obtenir les avis appropriés.

### MODÉLISATION HYDROGÉOLOGIQUE

Un modèle numérique utilise des lois scientifiques et des hypothèses dictées par le jugement professionnel pour intégrer les données disponibles à l'intérieur d'une représentation mathématique conceptualisant les caractéristiques essentielles d'un système hydrogéologique existant. Bien qu'un modèle numérique ne puisse représenter toute la réalité détaillée d'un système hydrogéologique existant, un modèle numérique valide est un outil capable d'en simuler de façon raisonnable le comportement sous diverses contraintes et conditions. La validité du modèle ainsi que sa précision dépendent de la quantité, de la qualité et de la distribution des données disponibles de même que de la complexité du contexte géologique, la géochimie du milieu et la nature des composés dissous. Ainsi, chaque modélisation hydrogéologique est une simplification d'un système réel et les résultats obtenus doivent donc être interprétés et utilisés avec précaution et discernement. Le modèle décrit dans ce rapport ne fait pas exception.

Les travaux de modélisation hydrogéologique effectués par Golder et décrits dans ce rapport furent réalisés conformément aux règles et pratiques professionnelles reconnues et acceptées au moment de leur réalisation. À moins d'avis contraire, les résultats de travaux antérieurs ou simultanés, provenant d'autres sources que Golder, cités et/ou utilisés dans ce rapport furent considérés comme ayant été obtenus en respectant les règles et pratiques professionnelles reconnues et acceptées et, conséquemment, comme étant valides. Ce modèle constitue un outil scientifique de prédiction permettant d'évaluer les impacts de modifications imposées à un système hydrogéologique existant et/ou permettant de comparer divers scénarios dans le cadre d'un processus décisionnel. Cependant, la précision du modèle demeure liée à l'incertitude normale inhérente aux travaux de modélisation hydrogéologique et, même si une attention professionnelle a été apportée lors de sa construction et des simulations, aucune garantie directe ou indirecte n'est donnée.

Chez Golder Associés, nous mettons tout en oeuvre pour constituer le regroupement d'experts-conseils spécialisés en sciences de la terre et en environnement le plus respecté mondialement. Propriété de ses employés depuis sa création en 1960, notre entreprise se distingue par le caractère unique de sa culture fondée sur la fierté d'être actionnaire et générant un climat de stabilité à long terme. Nos professionnels prennent le temps de comprendre les besoins des clients et les contraintes spécifiques rattachées à leurs activités. Nous continuons à étendre notre expertise technique alors que nos effectifs continuent à croître de façon constante, effectifs qui sont aujourd'hui répartis à travers nos nombreux bureaux localisés en Afrique, en Asie, en Océanie, en Europe, en Amérique du Nord et en Amérique du Sud.

Afrique	+ 27 11 254 4800
Amérique du Nord	+ 1 800 275 3281
Amérique du Sud	+ 55 21 3095 9500
Asie	+ 852 2562 3658
Europe	+ 356 21 42 30 20
Océanie	+ 61 3 8862 3500

[solutions@golder.com](mailto:solutions@golder.com)  
[www.golder.com](http://www.golder.com)

**Golder Associés Ltée**  
**9200 boul de l'Acadie, bureau 10**  
**Montréal (Québec) H4N 2T2**  
**Canada**  
**T: +1 (514) 383 0990**

