

**Date:** 5 novembre 2014  
CONFIDENTIEL

**N° de référence:** 026-13-1221-0020-3040-MTF-Rev2

**À:** Monsieur Denis Cimon  
Canadian Malartic GP

**c.c.:** Christine Baribeau et Michel Julien

**De:** Pierre Groleau

**Adresse courriel:** pgroleau@golder.com

**OBJET : 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**

## 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.

## 2.0 MANDAT ET OBJECTIFS

Dans le cadre du projet d'extension de la Mine (l'Extension Canadian Malartic), Osisko a mandaté Golder Associés Ltée (Golder) afin d'analyser la stratigraphie dans le secteur du prolongement du parc à résidus et de la halde à stériles, qui constituera le substrat de ces aménagements. Il est important de rappeler que le site de la Mine a déjà été impacté par les activités minières s'étant déroulées avant le développement du projet Canadian Malartic.

Selon la Directive 019 sur l'industrie minière du MDDELCC<sup>1</sup> (MDDEP, 2012), un aménagement à risques, tel qu'un parc à résidus, doit être effectué de manière à éviter toute dégradation significative de la qualité des eaux souterraines pendant et après les activités minières. De fait, les matériaux constituant le substrat de cet aménagement doivent posséder une perméabilité suffisamment faible, afin de minimiser le flux d'eau pouvant percoler des résidus épaissis ou des stériles jusqu'à l'aquifère sous-jacent, et ainsi de limiter l'apport en solutés.

<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 du Québec (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).



jusqu'aux eaux souterraines circulant sous ces aires d'accumulation. On s'intéresse donc au degré d'étanchéité des dépôts naturellement en place, afin de connaître le potentiel de percolation à travers ceux-ci, en considérant que les résidus épaissis et les stériles seront déposés directement à la surface du sol. La détermination de ce potentiel constitue la première étape du processus décisionnel encadrant la planification des mesures de protection des eaux souterraines à appliquer pour le prolongement du parc à résidus et de la halde à stériles. Dans l'éventualité où la stratigraphie en place ne pourrait garantir un degré d'étanchéité suffisant, une solution devra être trouvée pour améliorer l'étanchéité du substrat et permettre le respect des objectifs de protection des eaux souterraines de la Directive 019.

Ainsi, les objectifs spécifiques du présent mandat sont les suivants :

- Évaluer, à l'aide de calculs analytiques, les débits de percolation d'eau vers l'aquifère de roc pour les différents contextes hydrogéologiques identifiés;
- Identifier les zones qui requerraient une amélioration du substrat, le cas échéant;
- Identifier des solutions potentielles pour l'amélioration du substrat de ces aires d'accumulation.

Considérant que la nature des résidus miniers à entreposer requiert des mesures de protection de niveau A, une valeur seuil de 3,3 l/m<sup>2</sup> est retenue pour le débit de percolation quotidien maximal admissible à travers les dépôts en place. Cette valeur seuil sert à distinguer les emplacements où les dépôts en place permettent un degré d'étanchéité suffisant de ceux où les dépôts en place ne le permettent pas. Dans ce dernier cas, une amélioration du substrat des aires d'accumulation prévues au droit de ces dépôts est recommandée.

Les empreintes envisagées pour les aménagements projetés sont présentées à la figure 1.

### **3.0 ÉVALUATION DU DÉBIT DE PERCOLATION À TRAVERS LES DÉPÔTS MEUBLES DANS LE SECTEUR DU PROLONGEMENT DES AIRES D'ACCUMULATION**

Afin de préserver l'intégrité et la qualité environnementale des eaux souterraines circulant dans l'aquifère de roc, la conception du prolongement du parc à résidus et de la halde à stériles doit prendre en compte le potentiel de percolation à travers les dépôts meubles qui en formeront l'assise. L'information géologique et hydraulique amassée dans le cadre des différentes phases d'investigation géotechnique et hydrogéologique du secteur permet la définition du modèle d'écoulement vertical sur la base duquel le débit de percolation vers l'aquifère de roc à partir des aménagements miniers peut être évalué.

En vue d'évaluer le degré d'étanchéité des formations qui constitueront le substrat des aménagements, il est considéré que les résidus épaissis et stériles seront mis en place directement sur les dépôts meubles affleurant au niveau des empreintes envisagées. Le calcul du débit de percolation résultant permettra d'évaluer la validité de cette approche et de statuer sur le besoin ou non d'améliorer l'étanchéité du substrat.

#### **3.1 Modèle d'écoulement vertical pour les résidus épaissis**

Le modèle d'écoulement vertical sous les résidus épaissis est d'abord constitué de la séquence stratigraphique de dépôts meubles effectivement présente à chaque position où le débit de percolation vers le roc sous-jacent doit être calculé. À celle-ci s'ajoutent les résidus épaissis qui seront déposés en surface des dépôts affleurants, au niveau du prolongement du parc à résidus. Le détail de la stratigraphie locale ainsi que des conditions

hydrogéologiques y prévalant est donné dans l'étude de référence des eaux souterraines du secteur (Golder, 2014a).

Au moment de leur dépôt, les résidus épaissis sont considérés comme étant saturés. L'accumulation, au-dessus de la surface du sol, de résidus épaissis saturés résulte en un drainage progressif de ceux-ci. L'eau issue du drainage des résidus s'écoulera principalement vers les fossés périphériques du parc à résidus, mais une partie percolera vers la base des résidus. La percolation de l'eau à travers la colonne de dépôts meubles s'effectue selon la perméabilité (ou conductivité hydraulique) des unités en place et leur épaisseur respective. L'hypothèse est avancée que le profil vertical est entièrement saturé et que la percolation s'effectue en régime permanent.

Le flux d'eau, ou débit d'eau par unité de surface, provenant des résidus épaissis et s'infiltrant vers les dépôts sous-jacents sera ainsi égal au flux d'eau percolant à travers les dépôts jusqu'à l'aquifère de roc. De façon générale, l'unité possédant la perméabilité la plus faible a la plus grande influence sur le débit de percolation qui s'établit à travers la colonne de dépôts meubles.

Un total de sept unités hydrostratigraphiques distinctes est considéré dans le modèle d'écoulement vertical, sur la base de la stratigraphie réelle du secteur ciblé pour le prolongement du parc à résidus. Chaque unité s'est vu attribuer une conductivité hydraulique verticale égale ou proche de la valeur maximale mesurée pour le type de dépôt correspondant, afin que l'évaluation soit prudente. Les unités du modèle, de même que la valeur de conductivité hydraulique verticale attribuée à chacune, sont présentées au tableau 3 :

**Tableau 1 : Unités hydrostratigraphiques considérées dans le modèle d'écoulement vertical**

	Conductivité hydraulique verticale – $K_v$ (m/s)
Futurs résidus épaissis	$1 \times 10^{-7}$ m/s
Anciens résidus miniers	$1 \times 10^{-7}$ m/s
Sable silteux / silt sableux	$1 \times 10^{-6}$ m/s
Argile (incluant argile silteuse et silt argileux)	$5 \times 10^{-10}$ m/s
Silt (incluant silt sableux)	$5 \times 10^{-9}$ m/s
Sable fin	$5 \times 10^{-4}$ m/s
Till (incluant sable et gravier fluvioglaciaire)	$5 \times 10^{-7}$ m/s

Les unités de remblai de stériles et de matière organique ne sont pas incluses dans le modèle, en raison de leur faible épaisseur, de leur extension spatiale limitée et/ou de leur conductivité hydraulique suffisamment élevée pour ne pas avoir d'influence significative sur le débit de percolation à travers le profil vertical.

### 3.2 Modèle d'écoulement vertical pour les stériles

Les stériles qui seront mis en place dans le prolongement de la halde seront des matériaux pratiquement secs, ou désaturés. La halde est donc considérée comme une pile sèche où il n'y aura pas d'accumulation d'eau significative à l'intérieur des stériles. Par conséquent, le potentiel de percolation à travers les dépôts sous-jacents aux stériles sera limité par la quantité d'eau de précipitations pouvant s'infiltrer en surface de la halde. Le débit de percolation sera nécessairement inférieur au taux de recharge à travers les stériles dû aux

précipitations, considérant qu'une partie de cette recharge pourra simplement servir à humecter les particules et fragments de stériles, alors qu'une autre partie ruissellera à la base de la halde jusqu'aux fossés périphériques.

La quantité d'eau s'infiltrant en surface de la halde est égale à la différence entre les précipitations reçues et la proportion des précipitations qui vont ruisseler en surface de la halde, et donc qui ne participeront pas à la recharge. La proportion des précipitations qui vont ruisseler en surface de la halde sur une base annuelle, qui correspond au coefficient de ruissellement volumétrique, est évaluée à 60% (Golder, 2014b). Les précipitations totales moyennes enregistrées à la station d'Environnement Canada à Val-d'Or entre les années 1951 et 2012 se chiffrent à 903 mm/an (Golder, 2014c). Les précipitations enregistrées durant l'année la plus humide (1979) au cours de cette même période se chiffrent quant à elles à 1183 mm/an. La hauteur d'eau s'infiltrant dans la halde lors d'une année moyenne est ainsi estimée à 361 mm, alors qu'elle atteindrait 473 mm au cours d'une année considérée comme humide, c'est-à-dire comparable à l'année la plus humide de la période 1951-2012. En posant l'hypothèse (non-réaliste) que toute l'eau s'infiltrant en surface de la halde percolerait jusqu'aux dépôts meubles à sa base, il s'avère que le débit de percolation quotidien qui pourrait être atteint à travers les dépôts meubles sous-jacents serait de 1,0 L/m<sup>2</sup> pour une année moyenne, et de 1,3 L/m<sup>2</sup> pour une année humide. Ces deux valeurs sont inférieures au débit de percolation quotidien maximal de 3,3 L/m<sup>2</sup> recommandé par la Directive 019 pour les aires d'accumulation requérant des mesures de protection de niveau A.

Conséquemment, la conception prévue pour le prolongement de la halde à stériles respecte d'office le critère de débit de percolation maximal défini pour ce type d'aire d'accumulation. Aucune autre évaluation n'est donc requise relativement au potentiel de percolation sous la halde.

### 3.3 Évaluation du débit de percolation sous les résidus épais

L'estimation du débit de percolation entre la surface des dépôts meubles sous-jacents aux résidus épais et l'aquifère du roc est réalisée à l'aide de l'équation de Darcy, en l'occurrence  $q=K dh/dl$ , paramétrée pour le calcul du flux vertical ( $q = q_v$ ), en posant  $K = K_v$  et en considérant un gradient hydraulique ( $dh/dl$ ) correspondant au gradient hydraulique vertical ( $dh/dz$ ). Un débit de percolation est évalué à toutes les positions où un forage ou une tranchée d'exploration a permis la définition stratigraphique des dépôts, dans l'empreinte du prolongement du parc à résidus. Le système multicouche naturel est modélisé par un système à une seule couche qui possède une conductivité hydraulique verticale équivalente ( $K_{v\text{ equ}}$ ) qui est fonction de l'épaisseur ( $b_i$ ) et de la conductivité hydraulique verticale ( $K_{vi}$ ) de chacune des unités de dépôt meubles en place à la position considérée. Les unités qui ne sont pas présentes au droit de la position ne sont pas incluses dans le calcul de la conductivité hydraulique verticale équivalente, et donc du débit de percolation.

La conductivité hydraulique verticale équivalente d'un profil à  $n$  unités de dépôts meubles est déterminée à l'aide de l'équation suivante :

$$K_{v\text{ equ}} = \frac{\sum_{i=1}^n b_i}{\sum_{i=1}^n \frac{b_i}{K_{vi}}}$$

Le scénario considéré pour le calcul du débit de percolation suppose l'accumulation de 10 m de résidus épais déposés sur le sol, des résidus complètement saturés et l'existence d'un gradient hydraulique unitaire dans le profil vertical ( $dh/dz = 1$  m). Ce scénario est également valable pour une épaisseur supérieure de résidus, car le gradient hydraulique vertical demeure unitaire.

L'emploi d'un gradient hydraulique unitaire à travers le profil vertical représente un cas extrême, car il suppose que le niveau d'eau dans l'aquifère de roc est au contact des dépôts meubles alors qu'il est généralement plus élevé sur le site. Ainsi, le gradient hydraulique vertical réellement attendu sera plus faible.

Les résultats de l'évaluation des débits de percolation indiquent que 33 des 45 positions considérées montrent des débits de percolation inférieurs au débit limite de 3,3 l/m<sup>2</sup>/j défini dans la Directive 019 pour les mesures d'étanchéité de Niveau A. Ce débit est par ailleurs excédé en 12 positions. Le tableau 4 inséré à la suite du texte présente le détail des épaisseurs des différentes unités hydrostratigraphiques considérées, les conductivités hydrauliques verticales équivalentes déterminées et les valeurs de débit obtenues aux différentes positions de sondage.

L'analyse plus fine des résultats montre que les débits de percolation calculés sont systématiquement inférieurs à 3,3 l/m<sup>2</sup>/j aux positions où de l'argile, de l'argile silteuse et/ou du silt argileux est en place. En l'absence de ce type de dépôt, les débits de percolation calculés s'avèrent inférieurs à 3,3 l/m<sup>2</sup>/j aux positions où une unité de silt d'épaisseur égale ou supérieure à 2,74 m est présente dans la colonne de dépôts meubles. Alternativement, des débits de percolation supérieurs à 3,3 l/m<sup>2</sup>/j sont calculés aux positions où il y a moins de 1,0 m de silt en place, sans qu'il n'y ait d'argile, d'argile silteuse et/ou de silt argileux.

## **4.0 AMÉLIORATION DU SUBSTRAT**

### **4.1 Identification et délimitation préliminaire des zones pouvant requérir une amélioration**

La détermination du débit de percolation potentiel entre les aires d'accumulation de résidus épaissis et de stériles et l'aquifère de roc permet de fournir une première évaluation du niveau d'étanchéité des formations en place au droit des empreintes envisagées.

Il a été démontré que le débit de percolation dans les dépôts sous-jacents à la halde à stériles serait nécessairement inférieur à 3,3 l/m<sup>2</sup>/j, étant donné qu'il s'agit d'une pile de matériaux secs. Dans le cas du parc à résidus, les positions où un débit de percolation supérieur à 3,3 l/m<sup>2</sup>/j a été calculé nécessiteront une amélioration du substrat sur lequel les résidus épaissis seront déposés, afin d'en augmenter l'étanchéité. Sur la base des débits de percolation calculés aux positions de sondage, une cartographie des zones susceptibles de nécessiter une telle amélioration a été produite (voir figure 3).

Quatre zones nécessitant une amélioration du substrat apparaissent à la figure 3. La zone la plus au sud correspond à la colline localisée entre le bassin Sud-est et la vallée du ruisseau Raymond. Une seconde zone correspond à la colline délimitant la vallée du ruisseau Raymond en son côté nord. Elle s'étend jusqu'à environ 500 m sur le flanc nord de la colline, à partir de son sommet. Une troisième zone concorde approximativement avec le banc d'emprunt qui s'étire en un arc de cercle vers l'est à partir de la limite nord-ouest du prolongement du parc à résidus. La quatrième zone, de superficie limitée, se localise dans le coin nord-est de l'empreinte du prolongement du parc à résidus.

La cartographie de ces zones s'appuie sur un certain nombre d'évidences géomorphologiques complémentaires aux données stratigraphiques obtenues aux différents sondages. D'une part, la présence d'un milieu humide en surface des terrains est généralement indicative de l'existence d'unité(s) d'argile et/ou de silt sous-jacent(e)(s). L'évaluation des débits de percolation a montré que la présence d'argile de même que la présence d'une épaisseur de quelques mètres de silt conféraient une étanchéité suffisante à la colonne de dépôts meubles pour

protéger l'aquifère de roc. Les milieux humides se retrouvent par ailleurs en secteur relativement plat. Les milieux humides ont donc été exclus des surfaces où une amélioration du substrat pourrait être requise.

Les collines présentes dans la portion sud du prolongement du parc à résidus constituent des zones où le roc affleure ou est recouvert d'une couche relativement mince de till. L'évaluation des débits de percolation montre un dépassement systématique de la valeur de 3,3 l/m<sup>2</sup>/j pour ce type de contexte géologique. Les zones correspondant à ce contexte ont ainsi été incluses à l'intérieur des surfaces où une amélioration du substrat sera requise (première et seconde zones, tel que décrit plus haut).

La forme de relief convexe située dans le coin nord-ouest du prolongement du parc à résidus correspond vraisemblablement à une zone d'accumulation de dépôts fluvioglaciers. Un banc d'emprunt de sable et gravier a été exploité par le passé dans ce secteur. Les sondages exécutés au droit de cette forme montrent l'absence d'argile et de silt sous celles-ci, alors que les sondages effectués de part et d'autre de cette forme de relief indiquent la présence d'argile et/ou de silt dans le profil stratigraphique. Le débit de percolation évalué au droit de cette forme de relief est supérieur à la valeur de 3,3 l/m<sup>2</sup>/j, alors que ceux évalués au-delà de celle-ci s'avèrent inférieurs à cette valeur. Cette étroite concordance entre la géomorphologie, la stratigraphie et le potentiel de percolation permet de guider la délimitation des surfaces où une amélioration du substrat sera requise, dans ce secteur (troisième zone, tel que décrit plus haut).

Le banc d'emprunt situé à la limite nord-est du secteur représente un cas particulier. L'excavation de matériel a retiré l'argile, de même qu'une partie du silt naturellement en place. Le roc se retrouverait localement en position subaffleurante et les dépôts résiduels auraient pu être partiellement remaniés. Aucun sondage n'a été réalisé dans la portion du banc d'emprunt localisée à l'intérieur de l'empreinte du prolongement du parc à résidus. L'information stratigraphique disponible pour le banc d'emprunt montre toutefois qu'il est possible que la couverture résiduelle de silt y soit inférieure à 1 m, et donc que le niveau de protection offert par les dépôts toujours en place ne soit pas suffisant. Par mesure de prudence, la portion du banc d'emprunt localisée à l'intérieur de l'empreinte du parc à résidus a donc été catégorisée comme pouvant requérir une amélioration du substrat (quatrième zone, tel que décrit plus haut).

Malgré les évidences stratigraphiques et géomorphologiques disponibles, la délimitation des zones qui pourraient nécessiter une amélioration du substrat est pour le moment approximative. Des travaux additionnels seront requis avant les phases de conception détaillée et de construction des aménagements afin d'en préciser l'extension exacte, en raison des incertitudes qui subsistent.

## **4.2 Approche possible pour l'amélioration du substrat**

L'amélioration du substrat de l'aire d'accumulation de résidus épaissis consisterait essentiellement à augmenter le degré d'étanchéité de l'assise formée par la colonne de dépôts meubles sous-jacente.

Compte tenu de la disponibilité de matériaux de faible perméabilité (argile, silt, till), qui seront excavés lors du décapage du secteur Barnat, l'approche envisagée consiste à mettre en place une couche de remblai de ces matériaux au-dessus des dépôts de surface afin de réduire la perméabilité de la colonne de dépôts meubles. Les résidus épaissis seraient déposés sur cette couche de remblai. L'épaisseur effectivement requise serait fonction de la perméabilité initiale de la colonne de dépôts meubles sous-jacente, de même que de la conductivité hydraulique attendue du remblai qui serait mise en place.

## 5.0 CONCLUSIONS

La présente étude a permis l'évaluation du potentiel de percolation vers l'aquifère de roc des eaux d'exfiltration du prolongement du parc à résidus et de la halde à stériles dans le cadre de l'Extension Canadian Malartic.

Le potentiel de percolation à travers les dépôts meubles sous-jacents au prolongement de la halde à stériles a été évalué de manière conceptuelle, et une valeur de débit maximal de percolation a été identifiée. Les débits de percolation à travers les dépôts meubles au droit du prolongement du parc à résidus ont été évalués aux différents points de sondage géotechnique/hydrogéologique du secteur, à l'aide d'une solution analytique et d'hypothèses prudentes. Les positions où les dépôts en place pourraient ne pas offrir une étanchéité suffisante pour protéger l'aquifère de roc ont été identifiées. Sur la base de ces résultats, les zones pouvant requérir une amélioration du substrat pour la construction des futurs aménagements miniers ont été cartographiées. Les résultats de l'étude permettent de tirer les conclusions suivantes :

- La halde à stériles peut être considérée comme une pile sèche. Le potentiel de percolation à travers les stériles et dans les dépôts meubles sous-jacents sera contrôlé par la quantité d'eau de précipitations qui s'infiltrera en surface de la halde. Considérant la pluviométrie annuelle au site, le débit de percolation sera nécessairement inférieur à la valeur maximale recommandée par la Directive 019 (3,3 l/m<sup>2</sup>/j) en tout point de la halde à stériles.
- Le scénario de mise en place de 10 m de résidus épaissis saturés a révélé des débits de percolation inférieurs à la valeur maximale de 3,3 l/m<sup>2</sup>/j à 33 des 45 positions considérées pour le calcul.
- Les dépôts meubles en place aux positions où le débit calculé s'avère supérieur à 3,3 l/m<sup>2</sup>/j pourraient ne pas offrir une étanchéité suffisante pour protéger l'aquifère de roc des exfiltrations provenant de l'aire d'accumulation de résidus épaissis projetée. Les zones où de tels contextes géologiques existent requièrent une amélioration du substrat, en vue de l'aménagement du prolongement du parc à résidus.
- Quatre zones susceptibles de requérir une amélioration du substrat ont été identifiées et cartographiées en utilisant les informations disponibles. Celles-ci couvrent une superficie estimée de 58 hectares, dans le secteur considéré pour le prolongement du parc à résidus.
- Une étroite correspondance existe entre la géomorphologie, la stratigraphie et le potentiel de percolation, dans le secteur du prolongement du parc à résidus et de la halde à stériles. Certaines évidences géomorphologiques permettent ainsi de guider la cartographie des zones susceptibles de requérir une amélioration du substrat.
- L'approche d'amélioration du substrat envisagée inclut la mise en place de remblais de faibles perméabilités en surface des dépôts sur lesquels les résidus doivent être accumulés. L'épaisseur effectivement requise sera fonction de la perméabilité initiale de la colonne de dépôts meubles sous-jacente, de même que de la conductivité hydraulique attendue du remblai qui sera mis en place.
- Le calcul du débit de percolation quotidien est la première étape du processus décisionnel de la Directive 019 encadrant la planification des mesures d'étanchéité de Niveau A à appliquer pour les aménagements à risques. Dans le cadre de cette étude, ce calcul a été effectué selon des hypothèses prudentes. Une étude de modélisation de l'écoulement et du transport de solutés à partir des aires d'accumulation projetées est en cours, afin de pouvoir évaluer plus précisément les impacts potentiels des aménagements sur la qualité des eaux souterraines de l'aquifère de roc. En plus de pouvoir représenter le processus de percolation de façon plus réaliste, une telle étude aura l'avantage d'intégrer le rôle et la contribution

respective des différents contextes géologiques impliqués dans le processus, afin de fournir une évaluation plus globale du débit de percolation attendu à l'échelle du secteur.

Des investigations additionnelles sont également en cours aux endroits où les sondages effectués ou encore l'absence d'évidence géomorphologique ne permettent pas une délimitation juste des zones pouvant nécessiter une amélioration du substrat. Ceci est notamment le cas des terrains situés dans la portion sud et le coin nord-est de l'empreinte du prolongement du parc à résidus. Ces investigations permettront de préciser l'extension des zones à améliorer en vue de la construction du prolongement du parc à résidus. De façon préliminaire, il est recommandé d'envisager l'amélioration du substrat au niveau des quatre zones définies comme telles dans le cadre de l'étude, dans l'éventualité où celles-ci seraient en tout ou en partie retenues pour l'aménagement du prolongement du parc à résidus.

## 6.0 SIGNATURES

### GOLDER ASSOCIÉS LTÉE



Christian Boyaud, ing. M.Sc.  
Hydrogéologue

CB/PG/kr



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

Pièces jointes : Tableau 4 : Calcul du débit de percolation au niveau de l'empreinte du prolongement du parc à résidus

Figure 1 : Localisation des aménagements projetés

Figure 2 : Carte des dépôts meubles

Figure 3 : Potentiel de percolation pour sous le prolongement du parc à résidus projeté et zones pouvant requérir une amélioration du substrat

Conditions générales et limitations

\\golder.gds\gal\montreal\actif\2013\1221\13-1221-0020 osisko - expansion mine malartic5 préparation livrables\phase 3000 géotechnique\3040 - concept parc à résidus - fondation\026-hydrogeol\rev2\secrétariat\026-13-1221-0020-3040-mtf-rev2.docx

## 7.0 RÉFÉRENCES

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. *Concept du système de drainage des eaux de surface au nord et à l'est du parc à résidus et de la halde à stériles dans le cadre du projet d'extension (Phase III) de la Mine Canadian Malartic*. No. réf. : 011-13-1221-0020-4010.

Golder Associés ltée, 2014c. *Plan conceptuel de gestion des eaux et bilan d'eau – conditions ultimes d'opération*. No. réf. : 048-13-1221-0020-4020.

Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs du Québec (MDDEP), 2012. Directive 019 sur l'industrie minière.

**TABLEAU 4**  
Calcul du débit de percolation au niveau de l'empreinte du prolongement du parc à résidus

Sondage	X	Y	Futurs résidus épaissis	Anciens résidus miniers épaissis	Sable silteux à silt sableux	Argile	Silt	Sable fin à sable graveleux	Sable et gravier et till	Roc	Kv_equ avec futurs résidus épaissis	Débit avec futurs résidus épaissis
	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	(L/m <sup>2</sup> /j)
BH08-39	717528	5333161	10		2.28					2.43	1E-07	>3,3
BH08-41	717817	5333309	10						0.7	1.01	1E-07	>3,3
BH11-08	718140	5333694	10			0.47	2.23	1.94		5.94	1E-08	0.9
BH11-10	718105	5333389	10			2.86	1.54		1.02		3E-09	0.2
BH11-11	717916	5332898	10		1.32 m de remblai						1E-07	>3,3
BH11-18	718470	5333540	10			1.83	3.06	1.51		7.01	4E-09	0.3
BH11-20	718410	5333310	10				3.49				2E-08	1.5
BH11-22	717926	5332734	10		10.91	9.45	2.74		1.22		2E-09	0.2
BH12-07	717647	5332768	10	5		2.46	1.63		2.18		4E-09	0.3
BH12-08	717681	5332745	10	0.7	1.67	3.8			0.2		2E-09	0.2
BH12-09	717664	5332779	10	1.31		3.55	2.3		3.4		3E-09	0.2
BH12-10	717714	5332777	10			12.53	4.57		0.45		1E-09	0.1
BH12-11	717681	5332794	10	3.35		6.1	0.6	7	2.48		2E-09	0.2
BH12-12	717703	5332745	10	1.45	1.98	3.59			1.22		2E-09	0.2
PZ-09-10D	717398	5333406	10		2.85	1.37		2.29			6E-09	0.5
BH13-05	717923	5332743	10			10.67	10.18	1.44	0.41		1E-09	0.1
TE13-04	718068	5333590	10			4.15					2E-09	0.1
TE13-05	717820	5333516	10			4					2E-09	0.1
TE13-06	717959	5333371	10					2	0.2		1E-07	>3,3
TE13-07	717637	5333202	10						0.5		1E-07	>3,3
TE13-08	717799	5333286	10				0.3	2.2	0.2		8E-08	>3,3
TE13-10	717722	5333723	10						2.3		1E-07	>3,3
TP-08-166	717385	5332514	10				2.5				2E-08	1.8
TP-08-167	717508	5332502	10			1.7					3E-09	0.3
TP-08-206	718222	5332661	10				1.3				3E-08	2.7
TP-08-207	718167	5332645	10				2				2E-08	2.1
TP-08-210	718023	5332633	10						0.9		1E-07	>3,3
TP-08-211	717889	5332623	10				1.2		0.3		3E-08	2.9
TP-08-212	717769	5332653	10				1.4		0.3		3E-08	2.7
TP-08-213	717732	5332611	10		0.85						1E-07	>3,3
TP-08-214	717933	5332836	10		0.8		1.6				3E-08	2.5
TP-08-215	717949	5332821	10		0.1						1E-07	>3,3
TP-08-216	717976	5332840	10		1.6			1.1			1E-07	>3,3
TP-08-217	718037	5332855	10		1		1.7				3E-08	2.5
TP-08-222	718188	5332959	10				1.3	0.5			3E-08	2.8
TP-08-223	718273	5333043	10				1.3	0.5			3E-08	2.8
TP-08-224	718372	5333046	10				1.3	0.5			3E-08	2.8
TP-08-225	718213	5333120	10				1.3	0.5			3E-08	2.8
TP-08-226	718124	5333107	10						0.6		1E-07	>3,3
TP-08-387	718353	5333620	10			2.7					2E-09	0.2
TP-08-388	718413	5333583	10			3.8					2E-09	0.2
TP-08-389	718556	5333560	10			2.3					3E-09	0.2
TP-08-390	718473	5333645	10			2.7					2E-09	0.2
TP-08-397	717789	5333664	10			2.6					2E-09	0.2
TP-08-398	717859	5333721	10			0.6	1.6				8E-09	0.7

>3,3 : Débit de percolation supérieur à la valeur maximale de 3,3 L/m<sup>2</sup>/j prescrite par la Directive 019 du MDDELCC pour les mesures de protection de niveau A (MDDE



**LÉGENDE**

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

**RÉFÉRENCE**

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

**NOTE**

PROJECTION UTM, ZONE 17, SYSTÈME DE RÉFÉRENCE NAD 83

CLIENT  
CANADIAN MALARTIC GP

CONSULTANT



AAAA-MM-JJ 2014-10-15

PROJÉTÉ C. Molière

DESSINÉ R. Gravel

RÉVISÉ A. Boutin

APPROUVÉ P. Groleau

PROJET  
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

TITRE  
**LOCALISATION DES AMÉNAGEMENTS PROJÉTÉS**

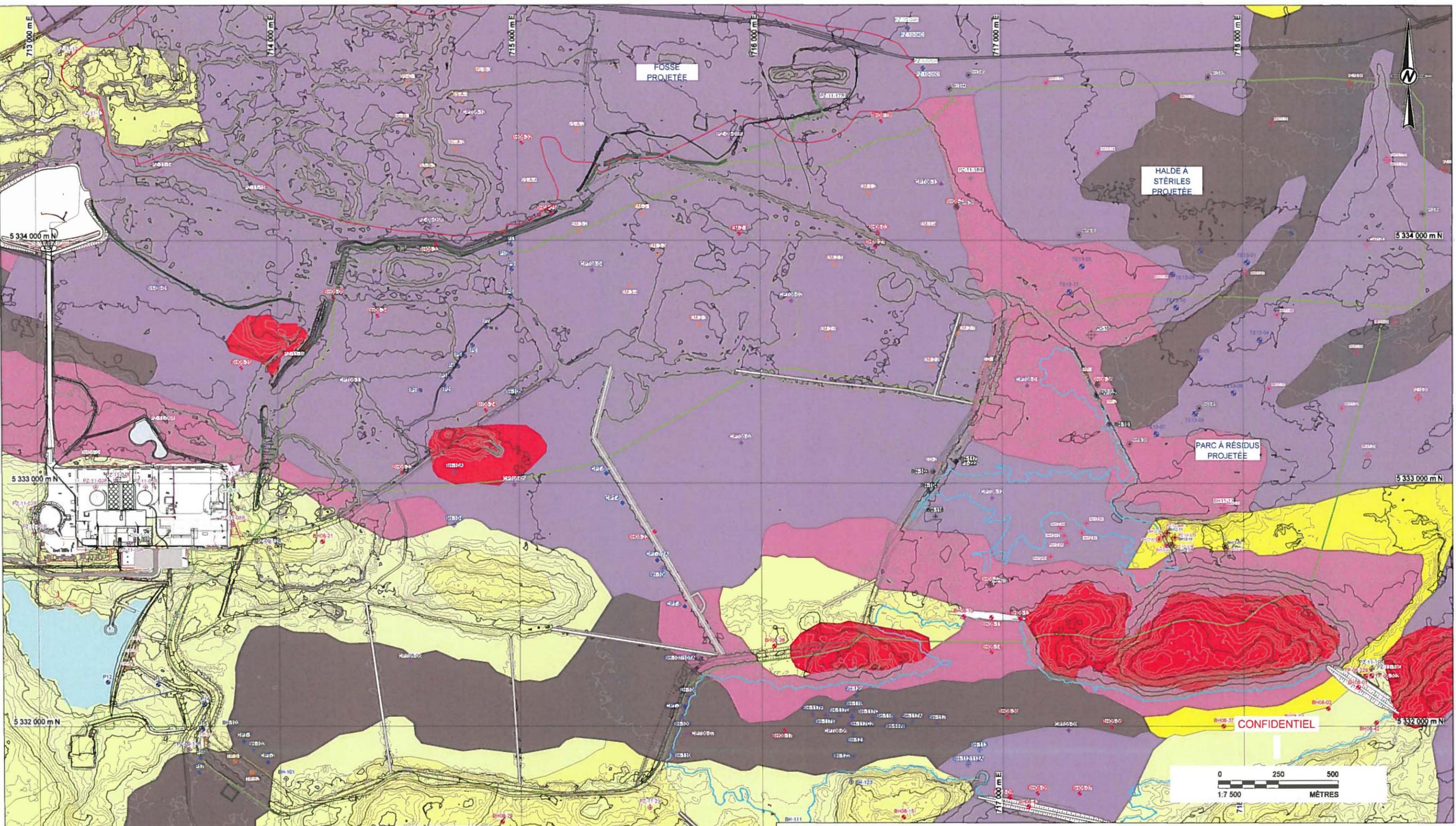
N° PROJET  
12-1221-0020

PHASE  
3040

Rév.  
2

FIGURE  
1

chemin: \\golder\gdm\env\m\gca\PROJET\12-1221-0003\PRODUCTION\12-1221-0003-000-00.dwg | Nom du fichier: 1212210003-000-00.dwg



**LÉGENDE**

◆ PUIS D'OBSERVATION	— EMPREINTE PROJÉTÉE DU PARC À RÉSIDUS ET DE LA HALDE À STÉRILES
● FORAGE	— EMPREINTE PROJÉTÉE DE LA FOSSE
▣ TRANCHÉE D'EXPLORATION	
◆ ESSAI DE PÉNÉTRATION AU CÔNE	

**Géologie des dépôts meubles**

1a - TII - Couverture discontinue (< 1 m)
1b - TII - Couverture continue (> 1 m)
2a - Sédiments juraglaciaires
2b - Sédiments d'épandage proglaciaire
2c - Sédiments granulaires
3a - Sédiments d'eau profonde
3b - Sédiments sublittoraux et de plage
5 - Dépôts alluviaux
6 - Dépôts organiques
R - Roc

CLIENT  
CANADIAN MALARTIC GP

CONSULTANT

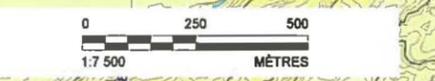


AAAA-MM-JJ	2014-10-15
PROJÉTÉ	C. Molière
DESSINÉ	R. Gravel
RÉVISÉ	A. Boutin
APPROUVÉ	P. Groleau

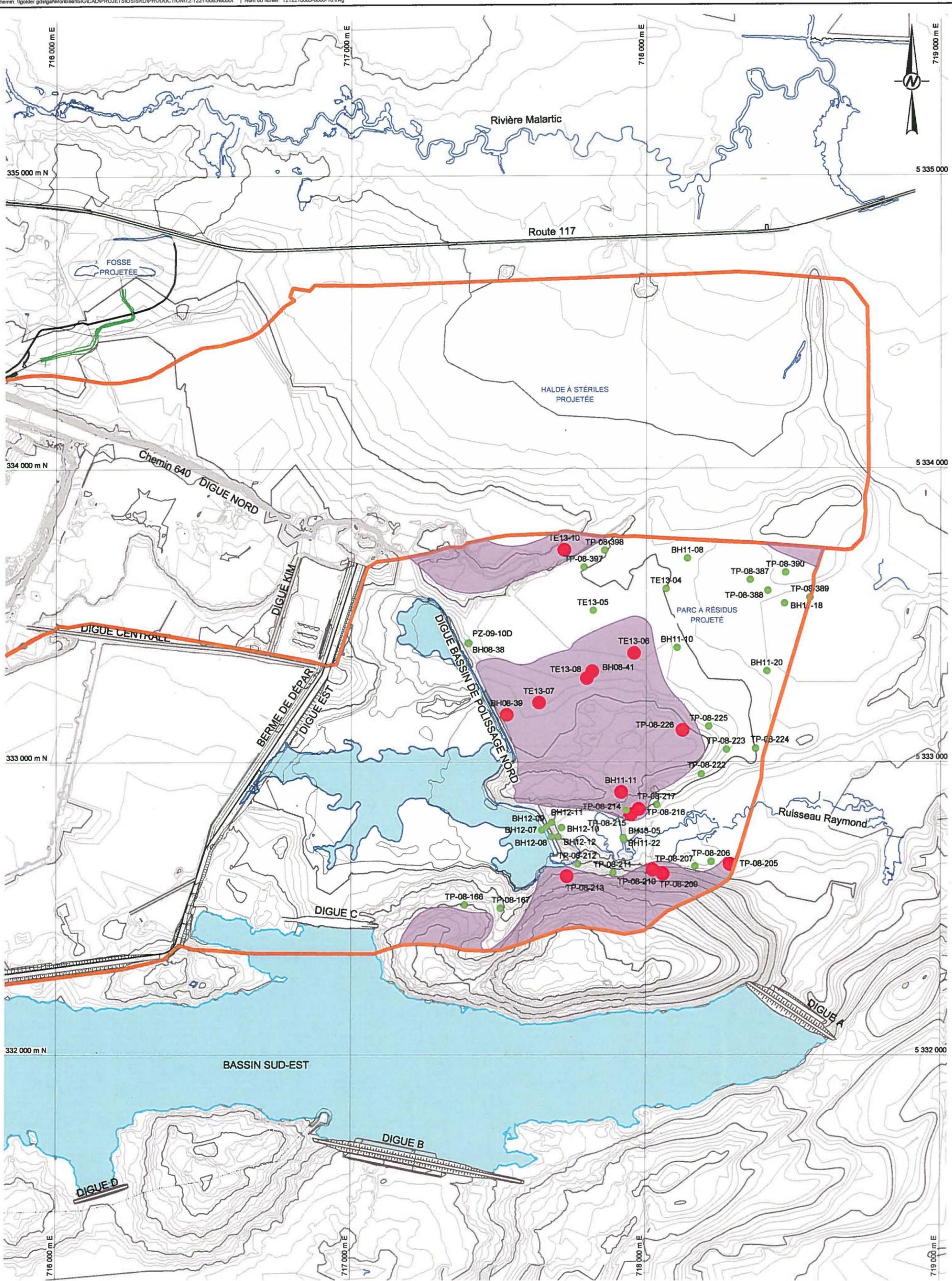
PROJET  
ANALYSE DE LA STRATIGRAPHIE EN REGARD DU NIVEAU DE PROTECTION DES EAUX SOUTERRAINES REQUIS POUR LE PROLONGEMENT DU PARC À RÉSIDUS ET DE LA HALDE À STÉRILES

TITRE  
CARTE DES DÉPÔTS MEUBLES (COMMISSION GÉOLOGIQUE DU CANADA)

N° PROJET	PHASE	Rév	FIGURE
12-1221-0020	3040	2	2



SI LA MESURE NE CORRESPOND PAS À L'ÉCHELLE, LA TAILLE DE LA FEUILLE A ÉTÉ MODIFIÉE ANSI D



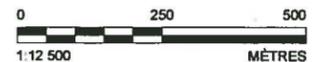
CONFIDENTIEL

- LÉGENDE**
- BH11-14 IDENTIFICATION DU SONDAGE - MESURE DE PERCOLATION
  - PERCOLATION  $\leq 3,3 \text{ l/m}^2$
  - PERCOLATION  $> 3,3 \text{ l/m}^2$
  - ZONE POUVANT REQUÉRIR UNE AMÉLIORATION DE LA FONDATION
  - EMPREINTE PROJÉTÉE DU PARC À RÉSIDUS ET DE LA HALDE À STÉRILES
  - CONTOUR DE LA FOSSE PROJÉTÉE
  - COURBES TOPOGRAPHIQUES (1m)

**NOTE**  
PROJECTION UTM, ZONE 17, SYSTÈME DE RÉFÉRENCE NAD 83

CLIENT	CANADIAN MALARTIC GP	
CONSULTANT	AAAA-MM-JJ	2014-10-15
	PROJÉTÉ	C. Molière
	DESSINÉ	R. Gravel
	REVISÉ	A. Boutin
	APPROUVÉ	P. Groleau

PROJET	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		
TITRE	POTENTIEL DE PERCOLATION SOUS LE PROLONGEMENT DU PARC À RÉSIDUS PROJÉTÉ ET ZONES POUVANT REQUÉRIR UNE AMÉLIORATION DU SUBSTRAT		
N° PRJ	PHASE	Rév.	FIGURE
12-1221-0020	3040	2	3



25 mm SI LA MESURE NE CORRESPOND PAS À L'ÉCHELLE LA TAILLE DE LA FEUILLE A ÊTRE MODIFIÉE ANS 8

### 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.