

Date: 26 novembre 2014

CONFIDENTIEL

À: Monsieur Denis Cimon
Canadian Malartic GP

c.c: Christine Baribeau et Michel Julien

De: Pierre Groleau

N° de référence: 020-13-1221-0020-2010-Rev3

Adresse courriel: pgroleau@golder.com

OBJET : UTILISATION DE LA FOSSE CANADIAN MALARTIC COMME AIRE D'ACCUMULATION DE STÉRILES ET RÉSIDUS – MINE CANADIAN MALARTIC, QUÉBEC

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

CMGP prévoit déposer dans la fosse Canadian Malartic (ci-après, la fosse) des stériles et résidus. Selon les prévisions, l'extension de la Mine (l'**« Extension Canadian Malartic »**) permettra l'entreposage de 150 à 200 Mt de stériles et de 50 à 100 Mt de résidus dans la fosse. Il est à noter que la capacité d'entreposage de la fosse sera ajustée pour maximiser son volume tout en accommodant la séquence de minage. L'utilisation de la fosse comme aire d'accumulation de stériles et résidus a de nombreux avantages comparativement aux aires d'accumulation de surface, notamment cela permettra de :

- réduire les dimensions des aires d'accumulation de surface pour l'entreposage des stériles et résidus et ainsi, minimiser l'occupation de milieux naturels (zones boisées, milieux humides, etc.) et limiter l'impact visuel de ces aménagements;
- mieux contrôler les risques d'impacts à la qualité des eaux de surface et de l'eau souterraine, particulièrement lorsque les stériles et résidus sont potentiellement générateurs d'acide, car les stériles et résidus accumulés dans une fosse sont ennoyés ce qui est une méthode reconnue de gestion de cette problématique;



- diminuer la distance de transport des stériles lors de l'exploitation s'ils sont transportés directement dans la fosse, et ainsi réduire les émissions de gaz à effet de serre, le bruit et les poussières liés à ce transport;
- minimiser les risques associés aux événements catastrophiques, par exemple le bris d'une digue de rétention d'une aire d'accumulation de surface;
- réduire considérablement le besoin en matériaux d'emprunt requis pour l'aménagement et la restauration d'aires d'accumulation de surface, et ainsi l'exploitation de bancs d'emprunt dans des milieux naturels;
- faciliter la restauration du site minier à la fin des opérations, notamment en diminuant le temps d'ennoiement de la fosse qui drainera les eaux de surface et l'eau souterraine dans son pourtour pendant de nombreuses années, avant de s'enoyer.

Selon la Directive 019 sur l'industrie minière établie par le MDDELCC¹ (MDDEP, 2012), la gestion de stériles et résidus qui ne sont pas à « faibles risques » doit être effectuée de manière à respecter les objectifs de protection des eaux souterraines. Ainsi, une aire d'accumulation de stériles et résidus dans une fosse doit être aménagée et exploitée de manière à éviter toute dégradation significative de la qualité de l'eau souterraine qui pourrait avoir un impact sur les récepteurs pendant et après son exploitation.

1.2 Objectifs et mandat

Afin d'assurer le respect des objectifs de protection des eaux souterraines, Golder Associés Ltée (Golder) a eu le mandat d'évaluer la faisabilité de réaliser un confinement hydraulique dans la fosse. Ce confinement serait réalisé en maintenant le niveau d'eau de la fosse à une élévation inférieure aux niveaux piézométriques du roc encaissant. Le maintien du niveau d'eau dans la fosse pourra être réalisé en aménageant un déversoir sur la crête de la fosse. Ce rabattement aurait pour effet de maintenir un gradient hydraulique en provenance du roc encaissant vers la fosse. Ainsi, si les stériles et résidus devaient affecter la qualité de l'eau, les impacts seraient limités à l'intérieur de la fosse. Il est à noter que l'ennoiement est une méthode de fermeture de site minier en fin d'opération reconnue dans la pratique de l'industrie minière au Québec et au Canada. Il est important de souligner que cette méthode est reconnue comme efficace pour gérer des matériaux potentiellement acidogènes à long terme lorsqu'ils n'ont pas commencé à devenir acidogènes ni à lixivier des métaux. De plus, cette méthode est également reconnue comme étant sécuritaire d'un point de vue de la sécurité publique à long terme puisqu'elle élimine le besoin d'endiguement. Elle est donc fortement recommandée lorsqu'elle peut être utilisée.

Afin de préciser entre autre le niveau du déversoir ainsi que d'autres détails techniques permettant d'optimiser le confinement hydraulique, il est proposé de réaliser une étude hydrogéologique qui visera à établir la piézométrie du roc encaissant, afin de déterminer à quelle élévation devrait être maintenue l'eau dans la fosse dans le but d'assurer un confinement hydraulique continu et en tout temps.

Golder a été mandatée par Osisko pour réaliser une revue des documents et des données de suivi des eaux souterraines afin d'établir un modèle conceptuel des conditions hydrogéologiques du secteur de la fosse, et d'émettre un avis technique sur les conditions optimales potentielles de cette fosse pour y maintenir un

¹ MDDELCC : ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques du Québec, autrefois 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).

confinement hydraulique permanent, en vue de son utilisation comme aire d'accumulation de stériles et de résidus.

Les sections suivantes présentent :

- la revue des documents et des données réalisée afin d'établir le modèle hydrogéologique conceptuel et de documenter le concept de confinement hydraulique;
- le modèle hydrogéologique conceptuel du secteur de la fosse;
- le concept de confinement hydraulique et un avis technique sur les différentes conditions permettant d'optimiser le potentiel de la fosse en vue de son utilisation comme aire d'accumulation de stériles et de résidus;
- les conclusions.

1.3 Limites et conditions

Les conditions générales ainsi que les limitations à la présente étude sont présentées à l'annexe A.

2.0 REVUE DOCUMENTAIRE

La revue documentaire inclut certains articles de la littérature scientifique traitant de confinement hydraulique ainsi que les études techniques suivantes :

- Golder, 2008. Évaluation du débit d'exhaure et des impacts potentiels sur les niveaux des eaux souterraines, Osisko Exploration, Malartic, Québec, Canada.
- Golder, 2010. Évaluation de la qualité des eaux souterraines du projet d'extension Canadian Malartic – Malartic, Québec.
- Golder, 2013a. Suivi des eaux souterraines 2012 – Mine Canadian Malartic, Malartic, Québec.
- Golder, 2013b. Analyses hydrauliques des ruisseaux central et ouest entre la route 117 et la rivière Malartic – Malartic, Canada.
- Sansfaçon, 1987a et 1987b. Rapports géologiques publics : Géologie de la mine Canadian Malartic, Géologie de la mine Barnat-Sladen.

De plus, les informations suivantes, transmises par Osisko, ont également été consultées :

- Plan topographique, février 2013.
- Plan de minage, juin 2013.
- Informations et plans des anciennes mines souterraines, avril 2013.
- Photos aériennes, juillet 2012 et juin 2013.

Les informations pertinentes ont été consultées afin d'établir le modèle hydrogéologique conceptuel présenté à la section suivante.

3.0 MODÈLE HYDROGÉOLOGIQUE CONCEPTUEL

3.1 Topographie, hydrographie et bassins versants

La propriété est entièrement située dans le Canton de Fournière, au sud de la ville de Malartic et à environ 25 km à l'ouest de la ville de Val-d'Or. À la fin du texte, la figure 1 présente une vue d'ensemble des principales infrastructures du site, notamment la localisation de la fosse projetée, des secteurs de l'usine de traitement du minerai et du bassin Sud-est.

Le contexte topographique et le réseau hydrique à une échelle régionale sont illustrés à la figure A ci-dessous. Les flèches bleues indiquent les directions d'écoulement de l'eau de surface pour les différents cours d'eau environnant le site de la mine.

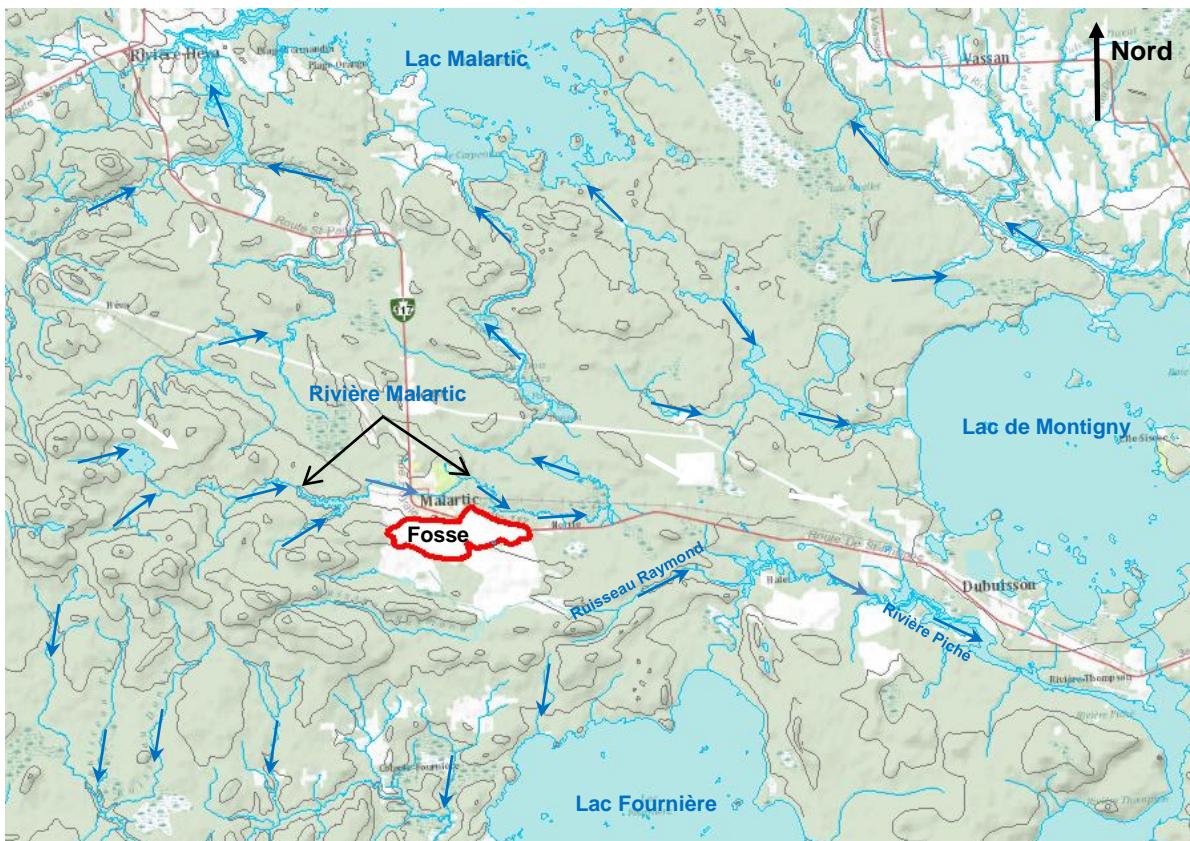


Figure A: Topographie et réseau hydrique régionaux (source ESRI mapping).

Tel qu'observé sur la figure A, la fosse est localisée dans un bassin versant qui inclut une partie de la rivière Malartic. Cette rivière s'écoule au nord de la fosse, de l'ouest vers l'est, pour ensuite s'écouler vers le nord en direction du lac Malartic. En période post-exploitation, lorsque la fosse sera ennoyée, il est prévu que l'exutoire du lac de fosse sera le cours d'eau 1 (le « CE1 »), un tributaire de la rivière Malartic (figure 2).

Au sud-est de la fosse, le ruisseau Raymond s'écoule en direction est avant d'atteindre la rivière Piché. Enfin, au sud du site de la mine, de nombreux petits cours d'eau s'écoulent vers le sud et vers l'est pour atteindre le lac Fournière qui lui a son exutoire ultimement vers la rivière Piché comme le ruisseau Raymond.

3.2 Géologie des dépôts meubles

La zone à l'étude est principalement caractérisée par la présence de dépôts glaciaires. Les dépôts glaciaires rencontrés sur le site se divisent en trois unités distinctes 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'épaisseurs variables. 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. Dans le secteur de la Mine, 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 pentes des collines sont généralement couvertes par un dépôt continu de till dont l'épaisseur mesure généralement plus d'un mètre.

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. La présence de dépôts de sable et gravier, et de sable a été observée dans quelques forages sur le site à l'étude.

Les dépôts glaciolacustres sont les sédiments en suspension qui étaient présents dans le lac Barlow-Ojibway et qui se sont déposés sur les terres immersées. 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, ayant une granulométrie plus grossière, silteuse et de couleur plus claire. La couche hivernale est moins épaisse, dotée d'une 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 à l'étude.

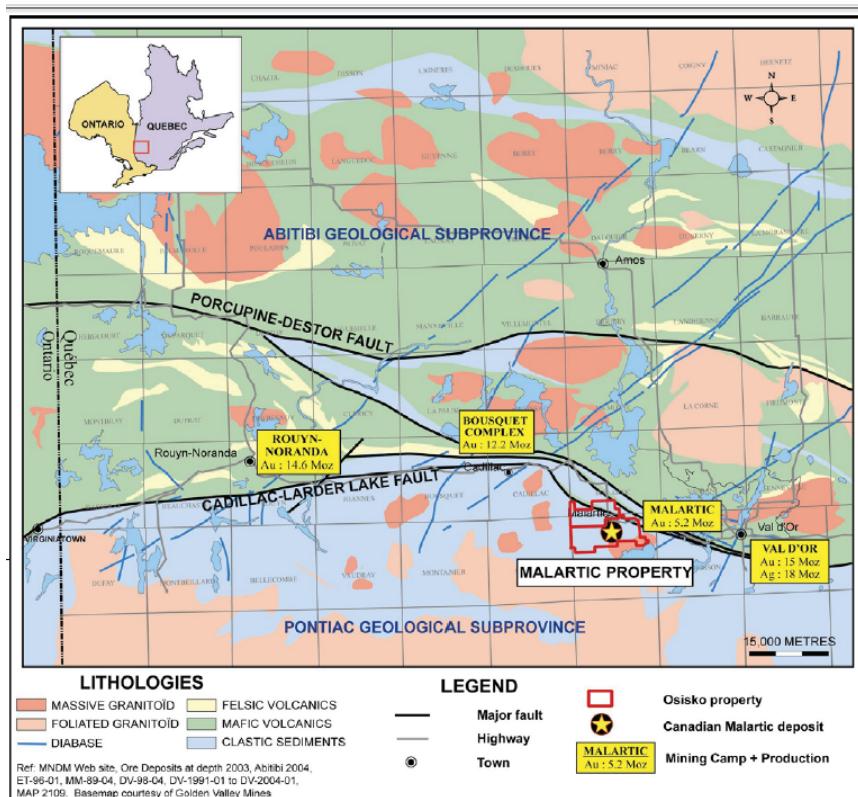
Des résidus provenant de différentes phases d'exploitation d'anciennes mines recouvrent les dépôts meubles naturels sur la quasi-totalité du secteur retenu pour l'aménagement du parc à résidus épaissis et de la halde à stériles actuels. Ces résidus sont généralement absents du secteur visé pour le prolongement de ces aires d'accumulation dans le cadre de l'Extension Canadian Malartic, 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 épandus en surface des terrains au cours d'anciennes phases d'exploitation. Les résidus présentent une granulométrie variable pouvant s'expliquer par les diverses provenances du minerai traité. Selon les données provenant d'anciennes investigations, les résidus présentent des caractéristiques physiques pouvant s'apparenter à un sable fin à silt, lâche et humide, gris à brun parfois oxydé en surface.

3.3 Géologie du roc

Le site à l'étude est localisé dans la ceinture de roches vertes archéennes située dans la partie sud-est de la province géologique du Supérieur dans le Bouclier canadien. La zone de la faille de Cadillac d'orientation est-ouest entrecoupe la région à l'étude. Plusieurs groupes lithologiques sont associés au faciès du schiste vert. La faille Raymond se situe au sud de la ville de Malartic et traverse la zone étudiée. Il existe une intrusion relativement étendue de granodiorite au sud-est de cette faille. Les roches métasédimentaires siliceuses situées de part et d'autre de la faille de Cadillac forment l'assise géologique, en l'occurrence le conglomérat polygénique au nord et la grauwacke au sud. Le substratum est également composé de roches volcaniques, intrusives ultramafiques, mafiques (basalte) et intrusives felsiques (tonalite).

La figure B, ci-dessous, présente une carte géologique du secteur de la fosse ainsi que la localisation des failles régionales et les différentes lithologies présentes dans le secteur. La majorité de la propriété de Malartic repose

sur des roches métasédimentaires du Groupe de Pontiac au sud de la zone de faille Cadillac. La partie centrale nord de la propriété couvre une section de 3,5 km le long de la faille et elle est sous-jacente à des roches mafiques-ultramafiques métavolcaniques du Groupe de Piché, entrecoupées par des intrusions de porphyre. Les deux structures majeures, les failles Cadillac et Sladen, définissent les limites nord et sud de la zone tectonique immédiate de la région de Malartic. Le gisement Canadian Malartic est constitué d'or disséminé dans un porphyre de diorite et une grauwacke comportant divers degrés d'altération en silice et en calcite.



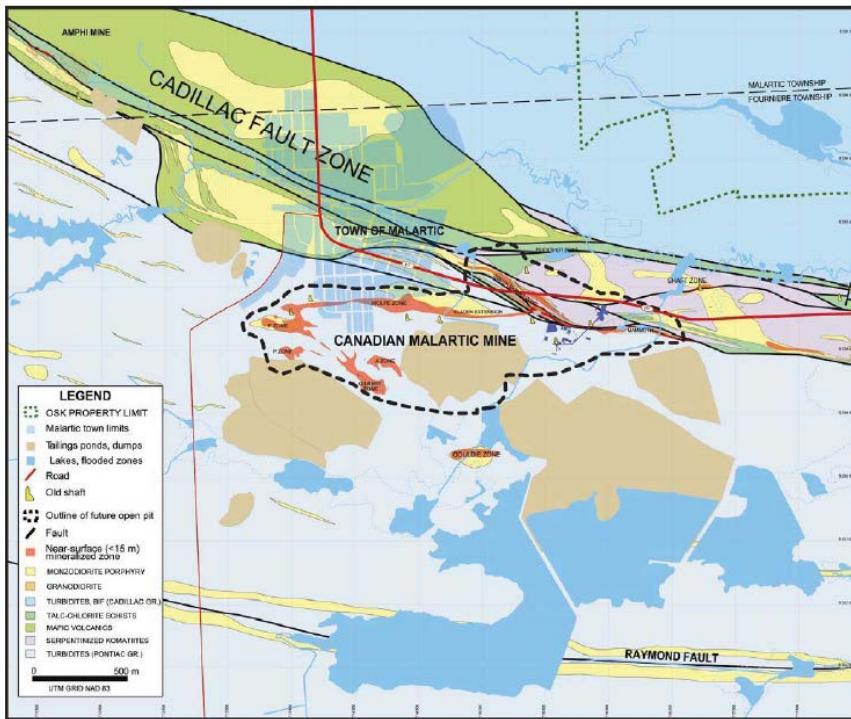


Figure B: Contexte géologique régional et local de la mine Canadian Malartic (extrait de Wares et Prud'homme, 2013).

3.4 Conditions hydrogéologiques

3.4.1 Piézométrie du secteur d'étude

La figure 2, jointe à la fin du texte, illustre l'interprétation de la piézométrie de la portion supérieure du roc réalisée à partir des données piézométriques relevées en septembre 2012 dans le secteur de la Mine (Golder, 2013a). Cette piézométrie est similaire à celles observées en 2010 et 2011. Il est à noter que pour certains puits d'observation indiqués sur la figure 2, les valeurs historiques de niveau d'eau sont présentées à titre indicatif, car aucune donnée n'était disponible pour septembre 2012.

Dans le secteur de la Mine, l'écoulement de l'eau est influencé par le pompage des ouvertures souterraines en lien avec l'exploitation de la fosse. De façon générale, sur le site, l'écoulement est relié à la topographie accidentée du socle rocheux. Cela s'observe, par exemple, dans le secteur du bassin Sud-est et dans le secteur de l'usine de traitement du minerai, où l'écoulement de l'eau souterraine se fait à partir des hauts topographiques vers les points bas.

Des activités de pompage sont effectuées depuis 2011 afin de dénoyer la fosse. Ce pompage est réalisé dans les ouvertures souterraines laissées par les anciennes activités minières. Des activités de pompage étaient également réalisées avant le début de l'exploitation, généralement du printemps à l'automne, afin de contrôler le niveau d'eau dans les ouvertures souterraines. La section suivante décrit les activités de pompage avec plus de détails.

3.4.2 Dénoyage de la fosse et historique de pompage

Les eaux de ruissellement et les eaux souterraines s'infiltrant dans la fosse sont drainées par des forages dans les points bas de la fosse connectés aux ouvertures souterraines des anciennes mines. Les activités de pompage sont réalisées principalement dans le puits de pompage P2 afin de maintenir le niveau d'eau

souterraine sous la fosse. Les ouvertures souterraines étant connectées hydrauliquement, le rabattement de l'eau souterraine s'étend principalement le long d'un axe est-ouest qui correspond à l'alignement général des ouvertures souterraines, tel qu'illustré à la figure 2.

Avant le début des opérations minières de la Mine en 2011, des activités de pompage étaient réalisées historiquement par les anciens propriétaires du site afin de contrôler le niveau d'eau dans les ouvrages souterrains. Le pompage débutait typiquement lors de la recharge printanière et était réalisé à partir de l'ancien puits de la mine East Malartic. En général, le pompage débutait au début du mois d'avril avec une première pompe mise en service jusqu'au début de décembre. Vers la mi-avril, une deuxième pompe était mise en fonction pour faciliter le rabattement en période de forte recharge pour une durée d'environ un mois et demi. Des activités de pompage ont également été réalisées dans le cadre de l'exploitation des anciennes mines.

Les différentes activités de pompage ont ainsi influencé l'élévation de l'eau souterraine dans le roc, en particulier dans le secteur des anciennes mines souterraines.

3.5 Présence d'ouvertures souterraines sous la fosse en fin d'exploitation

Le minage de la fosse s'effectuera dans le secteur des anciennes mines souterraines Canadian Malartic, Sladen, East Malartic et Barnat. Des ouvertures souterraines seront rencontrées tout au long de la progression du minage de la fosse projetée. Ainsi, en fin d'exploitation, quelques ouvertures souterraines seront présentes dans les murs finaux ainsi qu'au fond de la fosse projetée.

La figure C présente une vue en plan de la fosse en fin d'exploitation. Sur cette figure les lignes rouges indiquent les ouvertures souterraines intersectées lors de la progression de la fosse.

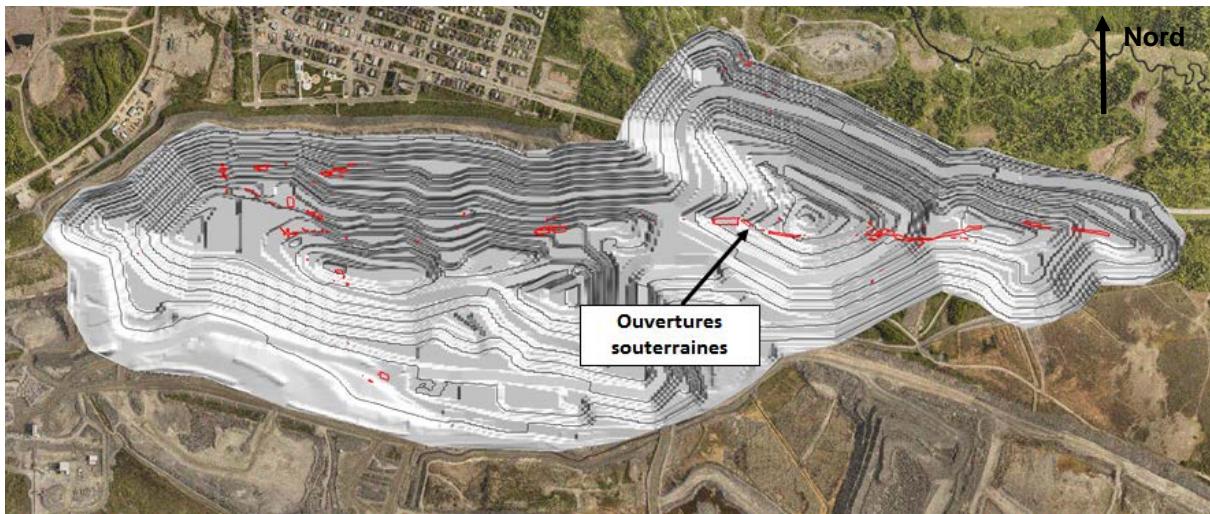


Figure C: Vue en plan de la fosse montrant les ouvertures souterraines intersectées par les travaux de développement de la fosse.

Les principales observations sur la présence d'ouvertures souterraines dans le périmètre de la fosse sont les suivantes :

- Dans le secteur ouest de la fosse, les ouvertures souterraines croisent principalement le mur nord, entre 130 m et 280 m de profondeur. Les intersections avec des ouvertures souterraines les plus profondes sont localisées au fond de la fosse.

- Dans le secteur est de la fosse, les ouvertures souterraines intersectent la partie centrale et le mur nord à des profondeurs de 230 m à 380 m.

La figure D présente des vues tridimensionnelles de l'empreinte de la fosse ultime (en jaune) dans le roc et des ouvertures souterraines (en vert et en gris).

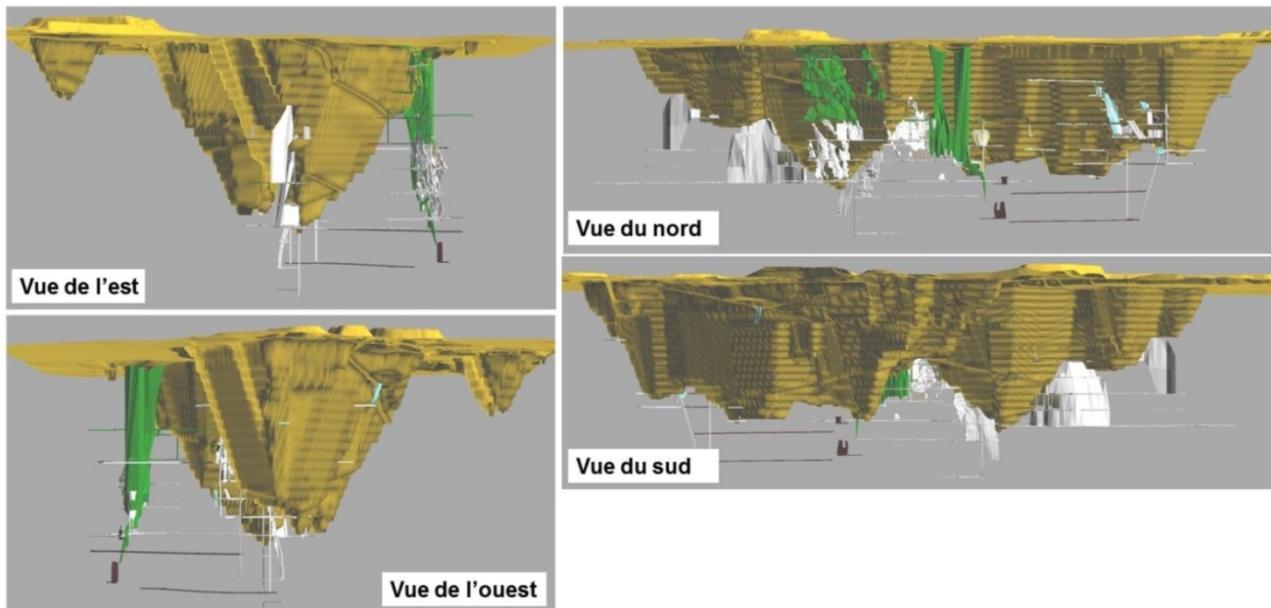


Figure D: Vues tridimensionnelles de la fosse montrant les ouvertures souterraines.

4.0 POTENTIEL DE CONFINEMENT HYDRAULIQUE DE LA FOSSE CANADIAN MALARTIC

4.1 Concepts théoriques

4.1.1 Confinement hydraulique

Pour maintenir un confinement hydraulique faisant en sorte que l'eau souterraine du roc converge vers la fosse ou qu'elle reste presque immobile, le niveau de l'eau de la fosse doit être abaissé à une élévation inférieure à l'élévation d'eau dans son pourtour tel que présenté à la figure E. Pour que l'eau converge dans la fosse, il est requis d'y extraire une quantité d'eau supérieure à sa recharge. Afin de contrôler le niveau d'eau maximum pouvant être atteint par le lac de fosse, cette baisse du niveau d'eau de la fosse permettant de maintenir le confinement hydraulique peut être générée de deux façons : soit de manière active, par exemple par le pompage de l'eau de la fosse, soit de manière passive, par l'aménagement d'un déversoir sur la crête de la fosse. Dans le cas présent, un déversoir sera aménagé à la fermeture afin de contrôler le niveau d'eau maximum du lac de fosse.

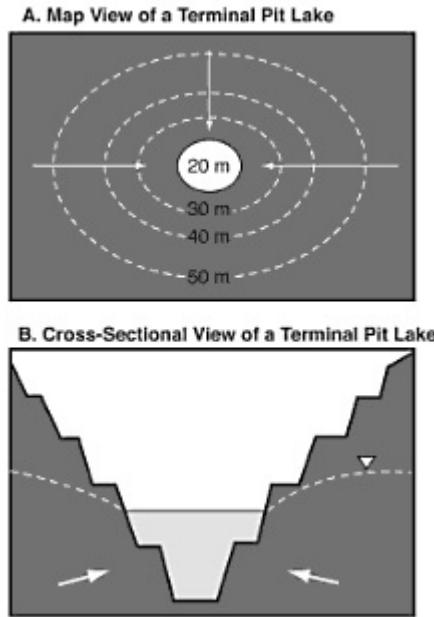


Figure E: Exemple schématique d'un piège hydraulique où l'écoulement d'eau souterraine converge dans un lac de fosse (extrait de Castendyck et Eary, 2009).

4.1.2 Concept de la stratification de la colonne d'eau d'un lac de fosse

Dans un contexte climatique où le bilan hydrique des précipitations est positif et génère un surplus d'eau, il est typique d'observer une stratification de la qualité de la colonne d'eau d'un lac d'une fosse inondée. Le concept expliquant la formation d'une stratification de la qualité de la colonne d'eau d'un lac de fosse est illustré à la figure F. En fin d'opération, la résurgence d'eau dans la fosse est principalement d'origine souterraine, alors qu'un système de drainage fera en sorte que les eaux de précipitation et de ruissellement seront extraites continuellement de la fosse. Avec l'amorce de son inondation, l'eau souterraine s'infiltre principalement par le fond et les parois et les eaux de ruissellement et de précipitation s'accumulent par son sommet. La fonte des neiges et les pluies automnales accentuent un apport d'eau « propre » au sommet de la colonne d'eau. Le système de drainage tient compte de ces apports d'eau plus importants reliés aux saisons.

La stratification de la colonne d'eau s'accompagne d'un gradient vertical de la teneur en oxygène diminuant avec la profondeur (figure G) et s'intègre dans une séquence de processus géochimiques influençant la qualité de l'eau du lac de fosse selon sa profondeur (figure H).

Une telle stratification est observée dans certains types de lacs, dont des lacs de fosses (Schultze et al., 2011). Lorsqu'elle s'établit, cette stratification d'un lac de fosse fait en sorte que l'eau qui serait rejetée par un déversoir ou pompée à sa surface (afin de maintenir un confinement hydraulique) pourrait être de qualité satisfaisante pour un rejet vers le réseau hydrique sans traitement, en fonction de la hauteur d'eau libre au-dessus des stériles et des résidus.

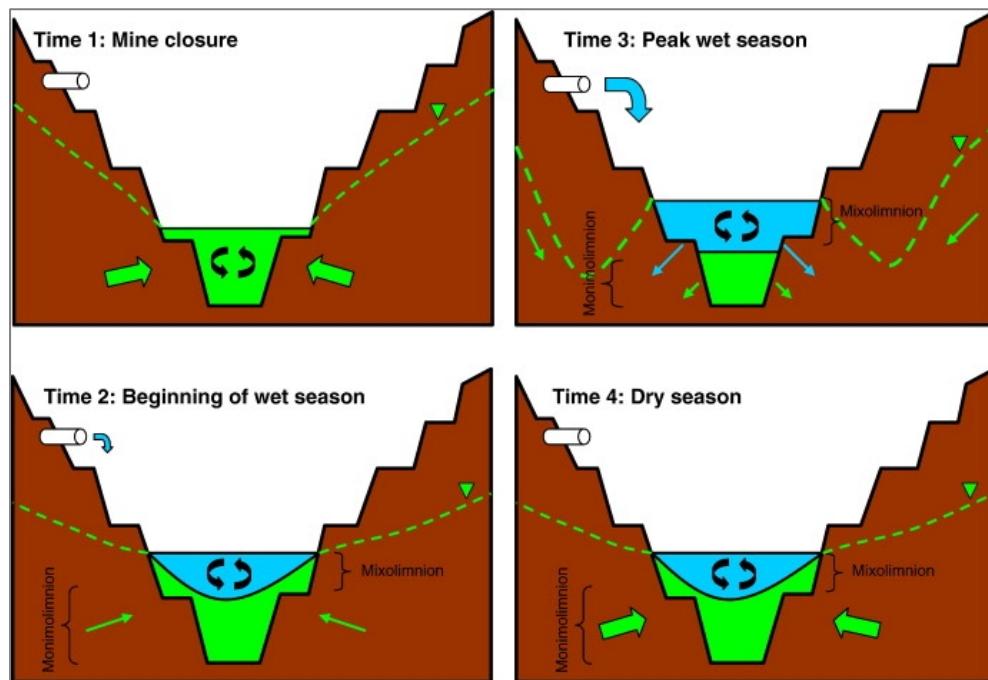


Figure F: Influence de l'apport différentiel en eau de surface et en eau souterraine sur la stratification de la colonne d'eau d'un lac de fosse (extrait de Castendyka et Webster-Brown, 2007).

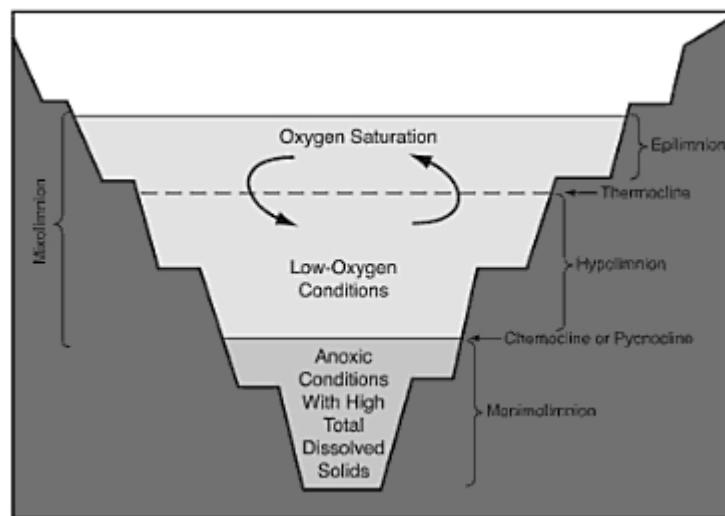


Figure G: Stratification de la colonne d'eau dans un lac de fosse (extrait de Castendyck et Eary, 2009).

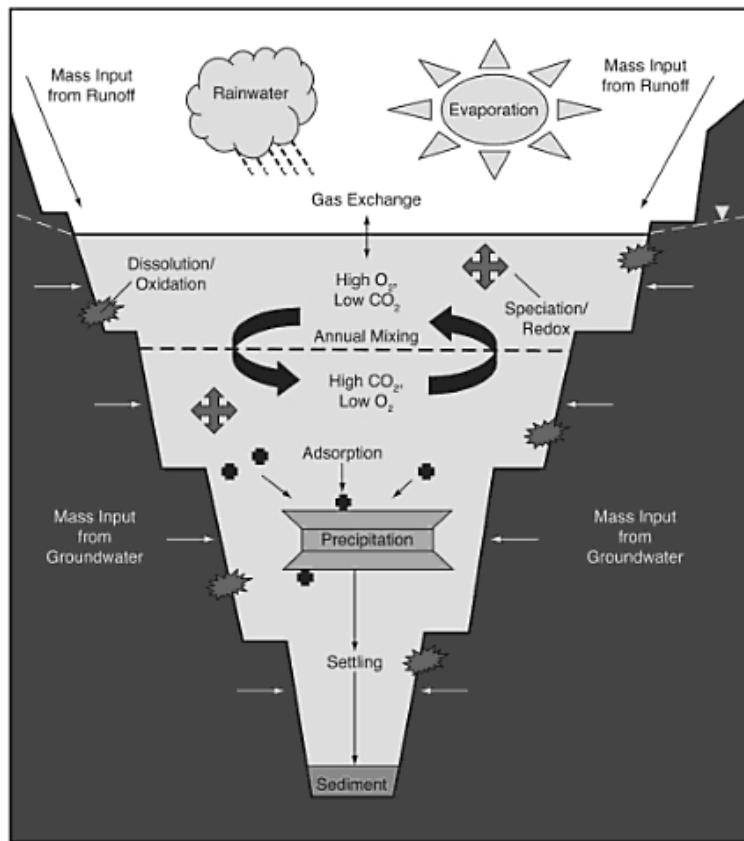


Figure H: Processus géochimiques pouvant influencer la qualité de la colonne d'eau d'un lac de fosse (extrait de Castendyck et Eary, 2009).

4.2 Remplissage de la fosse avec des stériles et résidus

Selon les informations transmises par CMGP, il est envisagé d'entreposer de 150 à 200 Mt de roches stériles et de 50 à 100 Mt de résidus dans la fosse. Pour l'instant, il est prévu d'entreposer les stériles et résidus dans les parties ouest et centrale de la fosse projetée. Comme discuté à la section 1.1, ce mode de gestion des stériles et résidus est à privilégier, car il présente de nombreux avantages par rapport aux aires d'accumulation de surface.

Une évaluation initiale des scénarios d'entreposage de stériles et de résidus dans la fosse a été réalisée en considérant que l'entreposage serait réalisé dans la partie ouest de la fosse, tel qu'illustré aux figures 3 et 5. Les volumes considérés pour l'évaluation sont de 173 Mt de stériles et 100 Mt de résidus. Quatre scénarios de remplissage ont été évalués : un premier qui n'inclut aucun remplissage du volume de vides des stériles par des résidus, et trois scénarios qui prévoient un remplissage de 25 %, 50 % et 75 % du volume de vides des stériles avec des résidus. Le taux de remplissage des vides dépendra du mode de mise en place des résidus.

À titre indicatif, la figure I indique qu'en ne considérant pas de remplissage du volume de vides des stériles par les résidus, l'élévation approximative de l'aire d'accumulation est de 250 m et diminue jusqu'à 233 m si les résidus comblient 75 % des vides.

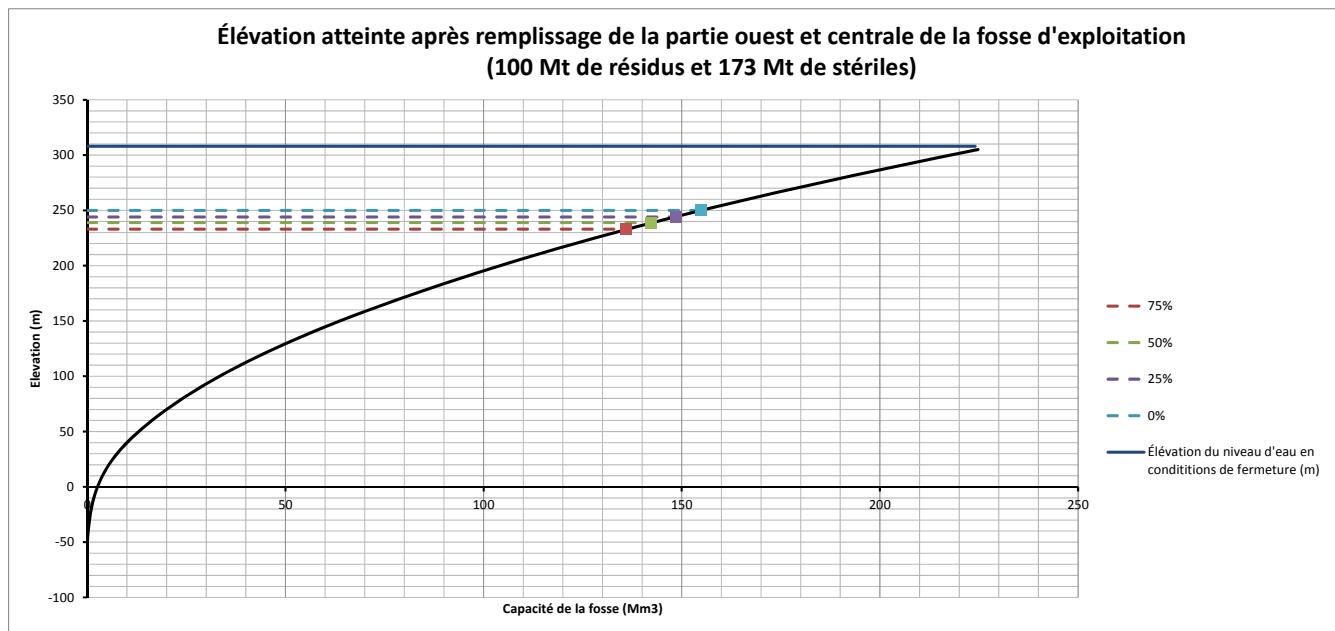


Figure I: Scénarios de remplissage de la partie ouest et centrale de la fosse par les stériles et résidus miniers.

La figure I illustre également l'élévation du niveau du lac de fosse (308,5 m) anticipée en conditions de fermeture. Cette élévation correspond à l'élévation d'eau minimale, selon les prédictions, pour assurer un écoulement gravitaire à l'exutoire vers le cours d'eau 1 et la rivière Malartic. Ainsi, selon les scénarios de remplissage, le maintien du lac de fosse à une élévation de 308,5 m résulterait en une hauteur d'eau libre d'eau au moins 58,5 m au-dessus des stériles et des résidus entreposés dans la fosse. Il est entendu que si cela était possible et que CMGP décidait d'augmenter les volumes entreposés dans la fosse, une épaisseur minimale d'eau libre devrait être maintenue afin de ne pas affecter la performance du confinement.

4.3 Confinement hydraulique de la fosse Canadian Malartic en conditions de fermeture

Tel que décrit à la section 4.1.1, afin de maintenir un confinement hydraulique faisant en sorte que l'eau souterraine du roc converge vers la fosse, le niveau de l'eau du lac de fosse doit être maintenu à une élévation inférieure à l'élévation de l'eau souterraine dans le roc encaissant. Un confinement hydraulique de la fosse pourrait potentiellement être réalisé en stabilisant le niveau d'eau du lac de fosse à la fermeture à une élévation de 308,5 m, si ce niveau est inférieur au niveau des eaux souterraines dans le roc encaissant. Ce niveau d'eau pourrait être maintenu par l'établissement d'un écoulement gravitaire en aménageant un déversoir sur la crête de la fosse qui rejoindrait le cours d'eau 1, tributaire de la rivière Malartic.

4.3.1 Confinement au niveau de la portion supérieure du roc

Selon le modèle conceptuel hydrogéologique, l'élévation de 308,5 m est plus basse que la plupart des valeurs d'élévation de l'eau souterraine mesurées dans la portion supérieure du roc au pourtour de la fosse. Le tableau 1, ci-dessous, présente les valeurs d'élévation de l'eau souterraine dans la portion supérieure du roc au pourtour de la fosse.

Le tableau 1 présente également les prédictions de l'élévation de la rivière Malartic à sa confluence avec le cours d'eau 1 (307,5 m) et de l'élévation anticipée du lac de fosse (308,5 m). Ces valeurs d'élévation ont été

évaluées à partir des résultats de modélisation hydraulique du cours d'eau et correspondent à une crue 1:2 ans dans la rivière Malartic (Golder, 2013b).

À l'exception de quatre puits d'observation, l'ensemble des puits d'observation aménagés dans la portion supérieure du roc autour de la fosse indique des valeurs d'élévation de l'eau souterraine supérieures à l'élévation anticipée du lac de fosse. Les puits d'observation dont l'élévation de l'eau souterraine est inférieure au niveau du lac de fosse sont les suivants :

- L'élévation de l'eau souterraine mesurée au puits d'observation PZ10-02R était de 304,38 m en septembre 2012. Ce puits est aménagé à proximité de l'effondrement Barnat (secteur Dumas) au nord de la fosse, effondrement qui est connecté aux ouvertures souterraines dans ce secteur. Les observations indiquent que ce puits réagit aux activités de pompage dans les ouvertures souterraines réalisées pour le dénoyage de l'exploitation minière, de par sa proximité à la zone d'effondrement. L'élévation du niveau d'eau mesurée à ce puits en février 2010 était de 307,57 m, soit une valeur plus élevée qu'en septembre 2012. Toutefois, en considérant que des activités de pompage étaient réalisées pour contrôler le niveau d'eau dans les ouvrages souterrains depuis plusieurs années, le niveau statique à ce puits sera probablement plus élevé que le niveau anticipé du lac de fosse à la suite de l'arrêt du pompage;
- L'élévation de l'eau souterraine mesurée au puits d'observation PZ10-04R était de 307,15 m en octobre 2010. Les élévations du niveau d'eau souterraine mesurées à ce puits sont relativement stables (307,23 m en février 2010 et 308,11 m en mai 2010) en considérant les fluctuations saisonnières. Ce puits d'observation est aménagé dans la portion supérieure du roc au-dessus d'ouvertures souterraines existantes. Il est localisé en aval de l'exutoire proposé du lac de fosse et les élévations du niveau d'eau statique attendu dans ce secteur seront probablement du même ordre que le niveau anticipé du lac de fosse;
- Le puits PZ11-17R était sec en septembre 2012. Le niveau d'eau maximal mesuré en juin 2011 à ce puits était de 307,28 m. Comme ce puits est aménagé dans la portion supérieure du roc au-dessus d'ouvertures souterraines, ce puits était déjà influencé par les activités de dénoyage lors de son aménagement. Ainsi, le niveau statique attendu à ce puits est probablement plus élevé que l'élévation anticipée du lac de fosse à la suite de l'arrêt du pompage;
- L'élévation de l'eau souterraine mesurée au puits d'observation PZ10-05R était de 304,05 m en septembre 2012. Ce puits d'observation est aménagé dans la portion supérieure du roc au-dessus d'ouvertures souterraines existantes. Il réagit aux activités de pompage, car l'élévation du niveau d'eau souterraine mesurée à ce puits était de 308,47 m en mai 2010. Cette élévation du niveau d'eau souterraine observée à ce puits en mai 2010 est probablement plus basse que le niveau statique attendu, en raison des activités de pompage qui étaient réalisées pour contrôler le niveau d'eau dans les ouvrages souterrains.

Ainsi, à l'arrêt des activités de pompage, l'interprétation des données indique que le niveau d'eau dans la portion supérieure du roc en périphérie de la fosse se rétablira généralement à un niveau supérieur à l'élévation anticipée du lac de fosse.

Tableau 1 : Niveaux d'eau dans la portion supérieure du roc autour de la fosse

Localisation par rapport à la fosse	Puits d'observation		Élévations prédictes du lac de fosse et de la rivière Malartic
	Identification	Élévation du niveau d'eau souterraine en septembre 2012 (m)	
Secteur au nord de la fosse	PZ11-10R	321,89	Lac de fosse : 308,5 m
	PO-16BR	316,74	
	PZ10-06R	320,87	
	PZ10-07R	311,09	
	PZ10-02R	304,38 ¹	
	PZ10-03R	309,40 (oct. 2010)	
Secteur à l'est de la fosse	PZ10-04R	307,15 (oct. 2010)	Rivière Malartic à sa confluence avec le cours d'eau 1 : 307,5 m
	PZ10-05R	304,05 ²	
	PZ11-17R	sec ²	
Secteur au sud de la fosse	PZ09-01R	312,06	
	PZ11-22R	325,86	
	PZ11-15R	329,52	
	PZ11-14R	331,53	
Secteur à l'ouest de la fosse	PZ11-13RB	335,46	
	PZ11-12R	337,85	

Notes :

¹ : Puits d'observation aménagé à proximité de l'effondrement Barnat (secteur Dumas)

² : Puits d'observation aménagé au-dessus d'ouvrages souterrains existants

Les coupes longitudinales A-A' orientée est-ouest (figure 3) et B-B' orientée nord-sud (figure 4) illustrent en sections les conditions hydrogéologiques en 2012, ainsi que le niveau d'eau anticipée dans la fosse à la fermeture en relation avec la géométrie de la fosse. En particulier, les observations suivantes sont notées :

- Du côté ouest de la fosse, le niveau approximatif de l'eau du lac de fosse en fermeture (308,5 m) se situe au niveau du roc tandis qu'à l'est, le niveau approximatif de l'eau en fermeture se situe dans les dépôts meubles;
- Une colonne d'eau d'au moins 58,5 m est présente au-dessus de l'aire d'accumulation des stériles et des résidus dans le secteur ouest et central de la fosse. Tel que mentionné précédemment, cette colonne d'eau devrait avoir une épaisseur minimale si l'entreposage dans la fosse était maximisé éventuellement, et ce afin de ne pas affecter la performance du confinement mis en place.

L'interprétation de la piézométrie de la portion supérieure du roc anticipée à la fermeture ainsi que l'emprise approximative de l'aire d'accumulation des stériles et des résidus dans la fosse sont illustrées à la figure 5. Selon cette illustration, le confinement hydraulique est efficace si le niveau d'eau dans la fosse est maintenu à une élévation approximative de 308,5 m, car les eaux souterraines dans la portion supérieure du roc s'écoulent en direction de la fosse sur la totalité de son pourtour, en considérant que le niveau d'eau dans la portion supérieure du roc en périphérie de la fosse devrait se rétablir à un niveau supérieur à l'élévation 308,5 m.

4.3.2 Confinement au niveau du roc profond

Comme illustré aux figures 3 et 4, la piézométrie du roc profond, notamment la présence potentielle de gradients hydrauliques verticaux, est inconnue au pourtour de la fosse. Le massif rocheux de la fosse pourrait être sous l'influence hydraulique d'anciens chantiers souterrains ou de structures géologiques profondes qui sont en lien hydraulique avec un point de décharge éloigné et de plus faible élévation piézométrique. Dans ce cas, l'eau souterraine de la fosse en profondeur pourrait s'écouler vers ces structures et ainsi atteindre une autre zone aquifère ou d'autres récepteurs plus éloignés. Néanmoins, selon notre évaluation, ce risque est faible.

En se basant sur la connaissance actuelle du contexte hydrogéologique local, la piézométrie anticipée du roc profond devrait permettre de réaliser un confinement hydraulique. Le suivi des niveaux d'eau en continu dans le roc profond a été initié en septembre 2014 afin de vérifier cet aspect. Les travaux visent également à identifier et caractériser les principales structures géologiques qui pourraient constituer des zones de plus forte perméabilité (p. ex. les failles, les contacts géologiques, les zones de schistosité et les zones d'altération).

Quatre forages profonds ont été complétés en septembre 2014 dans la partie est de la fosse. La localisation de ces forages est illustrée sur la figure 6, jointe à la fin du texte. Dans chacun de ces forages, des essais hydrauliques avec obturateurs ont été réalisés tout au long de l'intervalle foré et en ciblant les zones plus fracturées. Au total, 25 essais hydrauliques ont été réalisés et les conductivités hydrauliques mesurées sont comprises entre 2×10^{-10} et 6×10^{-7} m/s tandis que la moyenne géométrique pour l'ensemble des essais hydrauliques est de 1×10^{-8} m/s. Le tableau 2 ci-dessous présente les valeurs de conductivités hydrauliques obtenues lors des essais hydrauliques avec obturateurs.

Tableau 2 : Sommaire des résultats essais hydrauliques avec obturateurs

Forage	Azimut (degré)	Pendage (degré)	X ¹ (m)	Y ¹ (m)	Profondeur totale ² (m)	Profondeur des essais ²		Conductivité hydraulique (m)
						Sommet (m)	Base (m)	
GT14-1	25,72	82	715809,90	5334384,48	297,20	16,1	68,3	6×10^{-7}
						117,2	169,4	2×10^{-9}
						63,7	169,4	3×10^{-7}
						218,2	255,5	3×10^{-8}
						167,7	255,5	9×10^{-9}
						253,8	297,2	2×10^{-10}
GT14-2	213	70	714812,81	5335164,70	276,90	23,7	67,5	1×10^{-7}
						65,7	120,5	4×10^{-7}
						118,4	175,8	3×10^{-9}
						173,5	211,2	6×10^{-10}
						209,2	255,1	3×10^{-10}
						253,1	276,9	9×10^{-10}
GT14-3	192	70	716773,65	5334632,38	281,40	18,1	61,9	3×10^{-7}
						96,9	135,0	1×10^{-9}
						60,3	135,0	2×10^{-8}
						178,4	222,2	2×10^{-08}
						133,4	222,2	7×10^{-09}
						220,6	281,4	4×10^{-8}
GT14-4	197	66	716561,78	5334876,67	319,30	12,1	30,0	-
						53,0	90,1	5×10^{-7}
						154,0	185,6	1×10^{-8}
						88,5	185,6	4×10^{-8}
						222,2	259,3	5×10^{-09}
						184,0	259,3	1×10^{-9}
						257,7	319,3	1×10^{-8}
						72,1	319,3	2×10^{-8}

Notes :

¹ : Coordonnées géographiques UTM NAD 83 zone 17

² : Profondeur mesurée verticalement par rapport au niveau du sol

La figure J ci-dessous présente un graphique montrant les valeurs de conductivités hydrauliques mesurées dans chacun des quatre forages complétés selon la profondeur des essais. Le graphique montre qu'en général les valeurs de conductivités diminuent avec la profondeur pour l'ensemble des forages complétés.

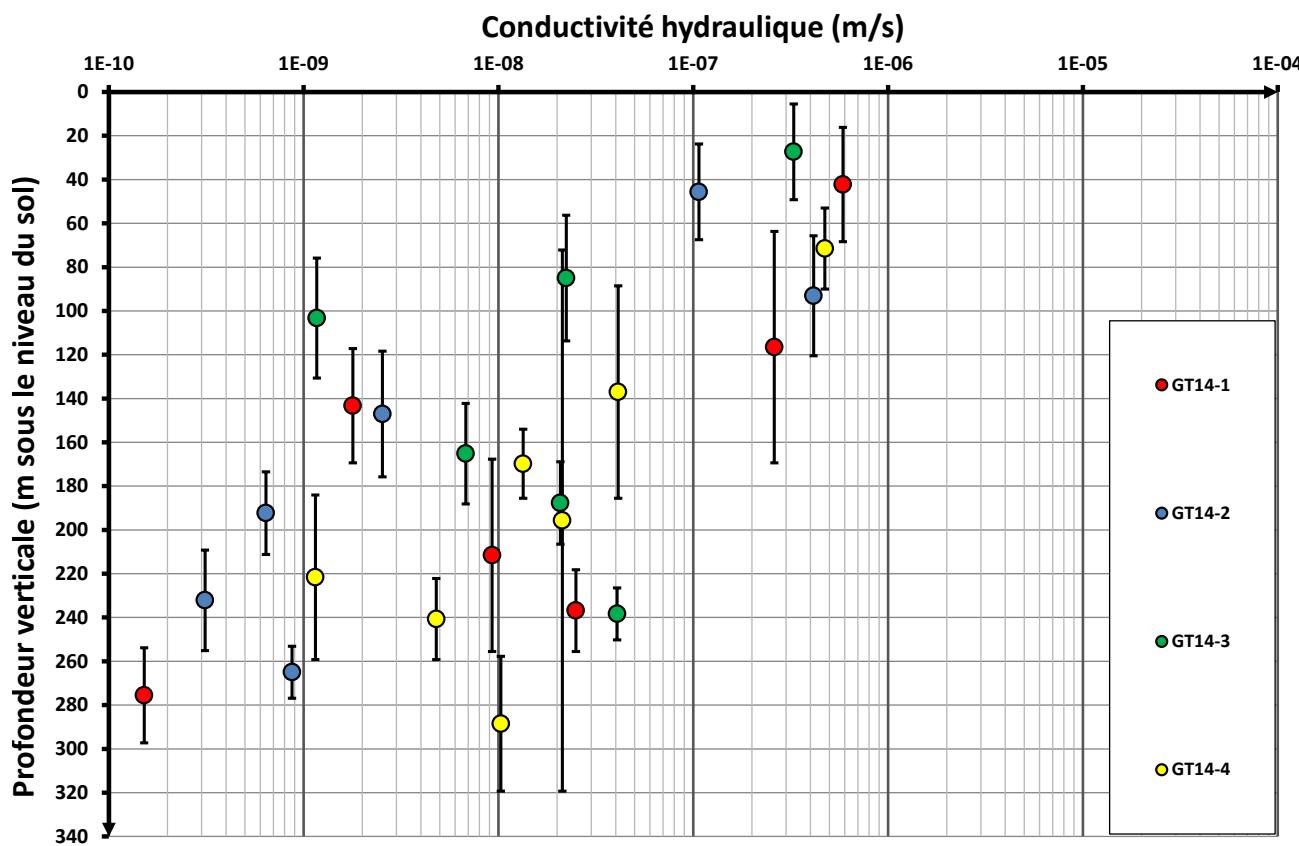


Figure J: Conductivités hydrauliques mesurées dans le roc en fonction de la profondeur.

Selon les résultats de l'investigation reçus, les valeurs de conductivités hydrauliques du roc observées sont relativement faibles et du même ordre que celles observées historiquement dans le secteur de la Mine. Ainsi, en se basant sur ces résultats, il n'y a pas d'indication de structures profondes plus perméables qui pourraient compromettre le confinement hydraulique. De plus, des piézomètres à corde vibrante ont été aménagés à diverses profondeurs dans chacun des forages profonds. Le suivi en continu de ces instruments permettra d'évaluer la piézométrie du roc en profondeur et de s'assurer du maintien du confinement hydraulique à long terme.

5.0 CONCLUSIONS

Golder a été mandatée pour réaliser une revue documentaire afin d'émettre un avis technique sur le potentiel d'utilisation de la fosse comme aire d'entreposage de stériles et de résidus. L'utilisation de la fosse comme aire d'entreposage permettra notamment de réduire les dimensions des aires d'accumulation de surface, de diminuer la distance de transport des stériles et de minimiser les impacts potentiels à l'environnement. Tel que mentionné, il est important de souligner que cette méthode est efficace pour gérer des matériaux potentiellement acidogènes à long terme, lorsqu'ils n'ont pas commencé à devenir acidogènes ni à lixivier des métaux. De plus, cette méthode est également reconnue comme étant sécuritaire d'un point de vue de la sécurité publique à long terme puisqu'elle élimine le besoin d'endiguement. Elle est donc fortement recommandée lorsqu'elle peut être utilisée. Dans le cas qui nous concerne, cette méthode est particulièrement attrayante puisqu'on sait que les matériaux ne sont potentiellement acidogènes qu'à long terme.

La revue documentaire a permis d'établir un modèle conceptuel de l'hydrogéologie du secteur de la fosse afin d'évaluer la possibilité de réaliser un confinement hydraulique dans la fosse. L'objectif de ce confinement hydraulique vise à assurer la protection des eaux souterraines pour un aménagement servant d'aire d'accumulation de stériles et de résidus.

Selon les informations disponibles, un confinement hydraulique de la fosse pourra être réalisé en stabilisant le niveau d'eau à la fermeture à une élévation finale approximative de 308,5 m. Ce niveau d'eau sera maintenu en aménageant un déversoir sur la crête de la fosse qui permettra un écoulement gravitaire de l'eau vers le cours d'eau 1, tributaire de la rivière Malartic.

Selon les résultats reçus de l'investigation du roc profond, il n'y a pas d'indication de la présence de structures qui pourraient compromettre le confinement hydraulique. Le suivi piézométrique à diverses profondeurs, permettra d'évaluer la piézométrie du roc profond en périphérie de la fosse afin de s'assurer du maintien de ce confinement hydraulique à long terme.

Ainsi, l'accumulation de stériles et résidus dans la fosse est à privilégier en considérant les nombreux avantages de ce mode de gestion par rapport aux aires d'accumulation en surface.

6.0 SIGNATURES

GOLDER ASSOCIÉS LTÉE



Alexandre Boutin, ing., M.Sc.
Hydrogéologue



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

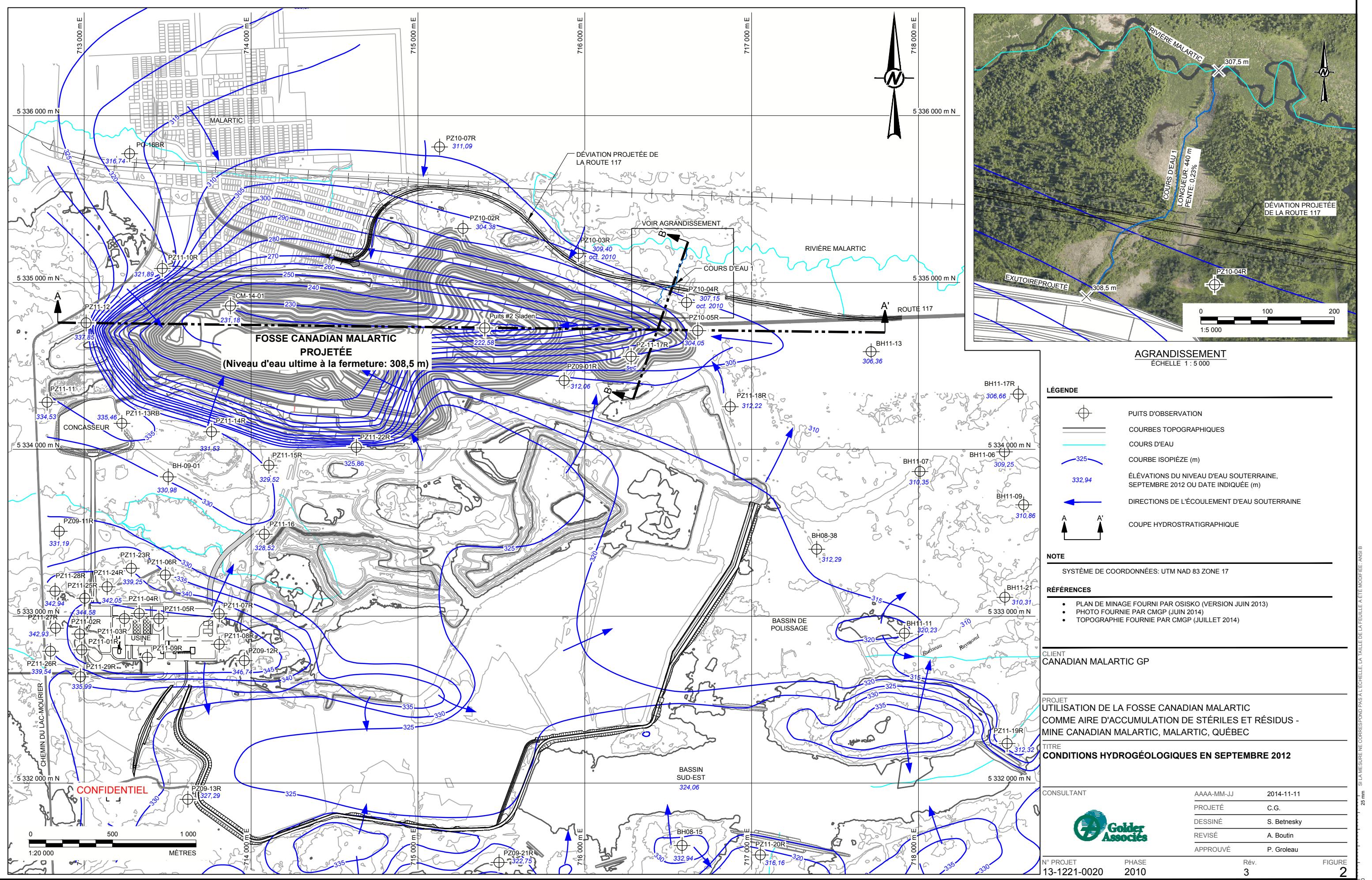
PG/AB/jb

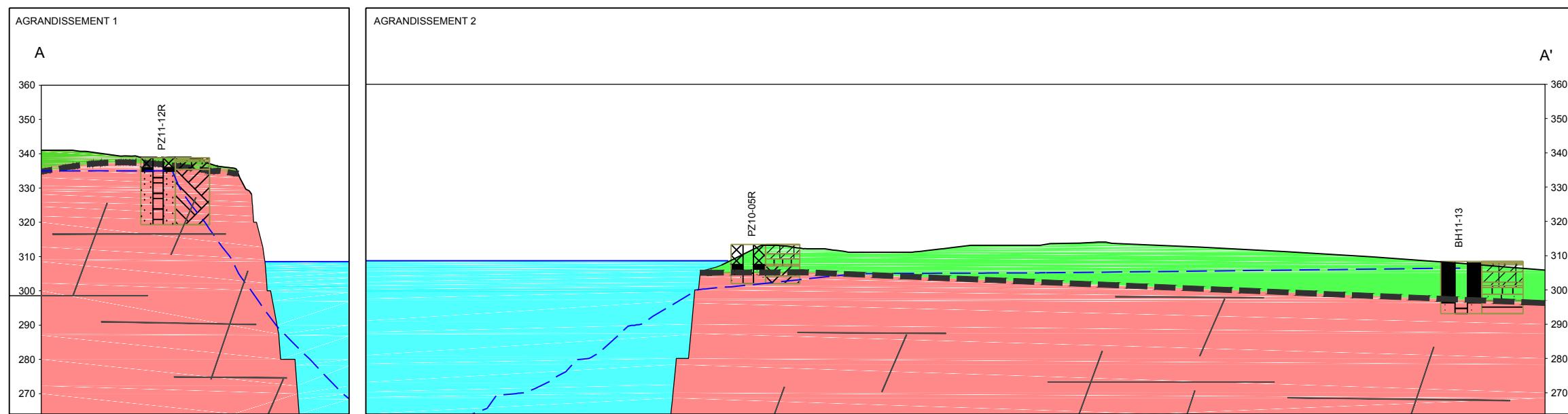
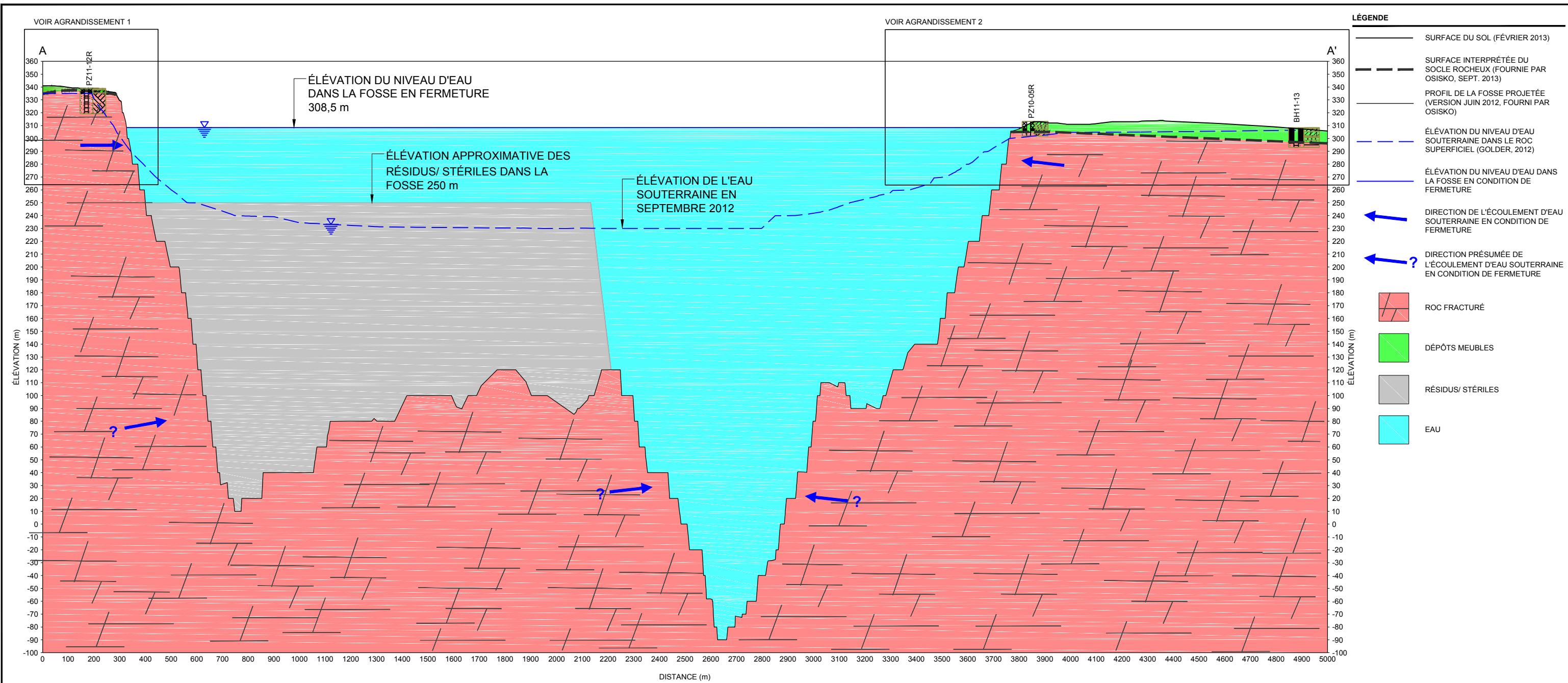
- Pièces jointes :
- Figure 1 : Plan du site – Localisation des infrastructures minières
 - Figure 2 : Conditions hydrogéologiques de septembre 2012
 - Figure 3 : Coupe schématique A-A'
 - Figure 4 : Coupe schématique B-B'
 - Figure 5 : Piézométrie de la portion supérieure du roc anticipée à la fermeture
 - Figure 6 : Localisation des forages complétés
 - Conditions générales et limitations – Rapport d'expertise technique

7.0 RÉFÉRENCES

- Devin N. Castendyk et L. Edmond Eary, 2009. *Mine Pit Lakes: Characteristics, Predictive Modeling, and Sustainability. Management technologies for metal mining influenced water, Volume 3.* Society for Mining, Metallurgy, and Exploration, Inc. (SME).
- 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. 2010. *Évaluation de la qualité des eaux souterraines du projet d'extension Canadian Malartic – Malartic, Québec.* No réf. 09-1221-0042-2000.
- Golder Associés Ltée. 2013a. *Suivi des eaux souterraines 2012 – Mine Canadian Malartic, Malartic, Québec.* No réf. 004-10-1221-0107-4002.
- Golder Associés Ltée, 2013b. *Analyses hydrauliques des ruisseaux central et ouest entre la route 117 et la rivière Malartic – Malartic, Canada.* No réf. : 003-12-1221-0074.
- 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.
- Sansfaçon, R.S., Grant, M. et Trudel, P. 1987a. *Géologie de la mine Canadian Malartic, Malartic, District de Val-d'Or,* rapport MB 87-26, Gouvernement du Québec, Ministère de l'Énergie et des Ressources, service de géologie. 44 pages.
- Sansfaçon, R.S., Grant, M. et Trudel, P. 1987b. *Géologie de la mine Barnat-Sladen, Malartic, District de Val-d'Or,* rapport MB 87-41, Gouvernement du Québec, Ministère de l'Énergie et des Ressources, service de géologie. 67 pages.
- Schultze, M., Boehrer, B., Fries, K., Koschorreck, M., Stasik, S., et Wendt-Potthoff, K., 2011. *Disposal of Waste Materials at the Bottom of Pit Lakes.* Mine Closure 2011, Proceedings of the Sixth International Conference on Mine Closure, pages 18 à 21.
- Robert Wares, géologue en chef, Corporation minière Osisko et Sylvie Prud'homme, directrice des Relations aux investisseurs, Corporation minière Osisko, 2013. *La mine Canadian Malartic, partie sud de la Ceinture de l'Abitibi, Québec, Canada : découverte et mise en valeur d'un gisement aurifère archéen à fort tonnage.* Site web du Ministère des Ressources naturelles du Québec. <http://www.mern.gouv.qc.ca/mines/quebec-mines/2013-06/malartic.pdf>

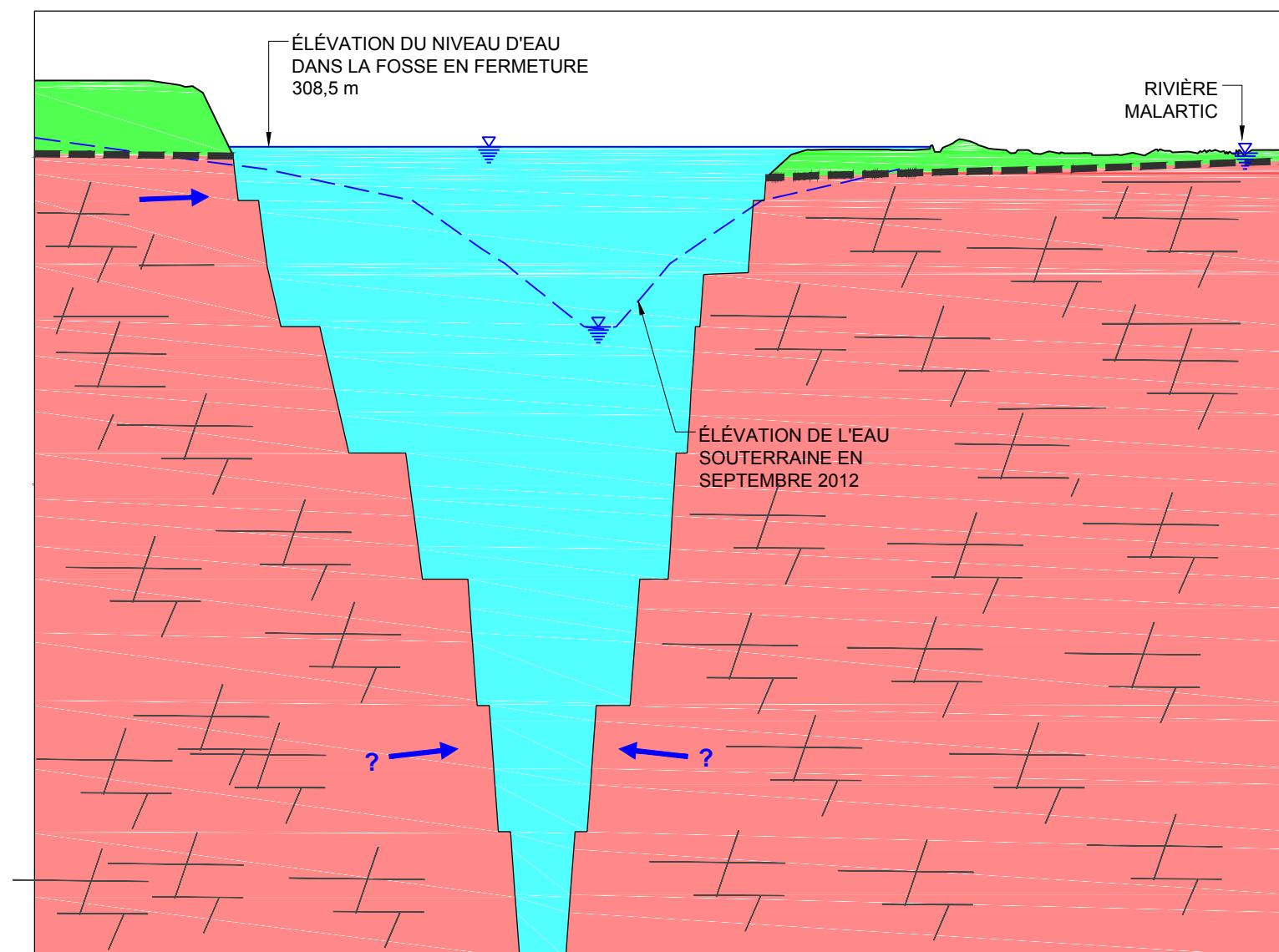






B

B'



LÉGENDE

SURFACE DU SOL (FÉVRIER 2013)
SURFACE INTERPRÉTÉE DU SOCLE ROCHEUX (FOURNIE PAR OSISKO, SEPT. 2013)
PROFIL DE LA FOSSE PROJETÉE (VERSION JUIN 2012, FOURNI PAR OSISKO)
ÉLÉVATION DU NIVEAU D'EAU SOUTERRAINE DANS LE ROC SUPERFICIEL (GOLDER, 2012)
ÉLÉVATION DU NIVEAU D'EAU DANS LA FOSSE EN CONDITION DE FERMETURE
DIRECTION DE L'ÉCOULEMENT D'EAU SOUTERRAINE EN CONDITION DE FERMETURE
DIRECTION PRÉSUMÉE DE L'ÉCOULEMENT D'EAU SOUTERRAINE EN CONDITION DE FERMETURE ?
ROC FRACTURÉ
DÉPÔTS MEUBLES
EAU

PROJET
UTILISATION DE LA FOSSE CANADIAN MALARTIC
COMME AIRE D'ACCUMULATION DE STÉRILES ET RÉSIDUS -
MINE CANADIAN MALARTIC, MALARTIC, QUÉBEC

TITRE
COUPE SCHÉMATIQUE B-B'

CONSULTANT	AAAA-MM-JJ	2014-11-11
PROJETÉ	C.G.	
DESSINÉ	S. Betnesky	
REVISÉ	A. Boutin	
APPROUVÉ	P. Groleau	

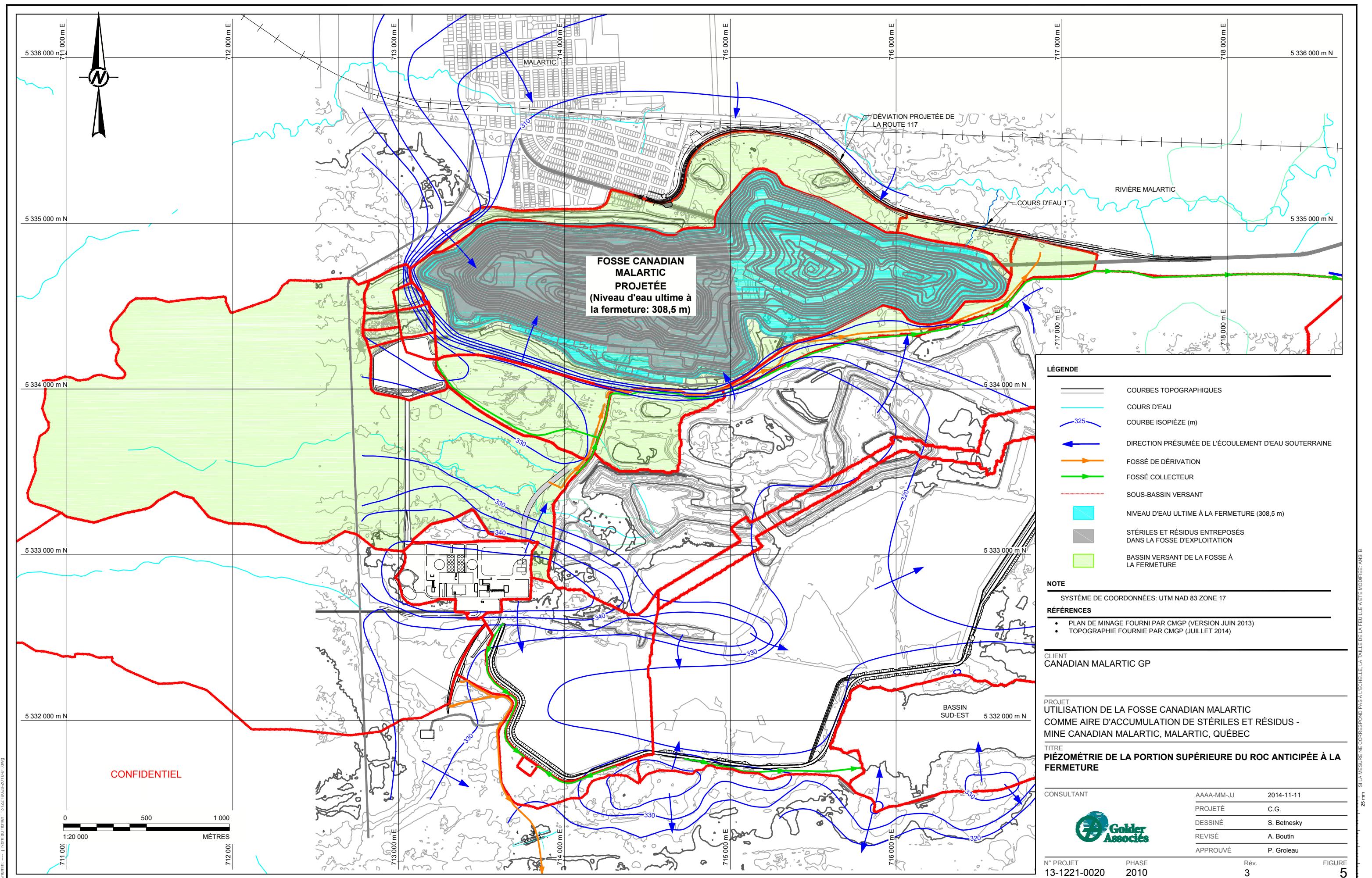
N° PROJET
13-1221-0020

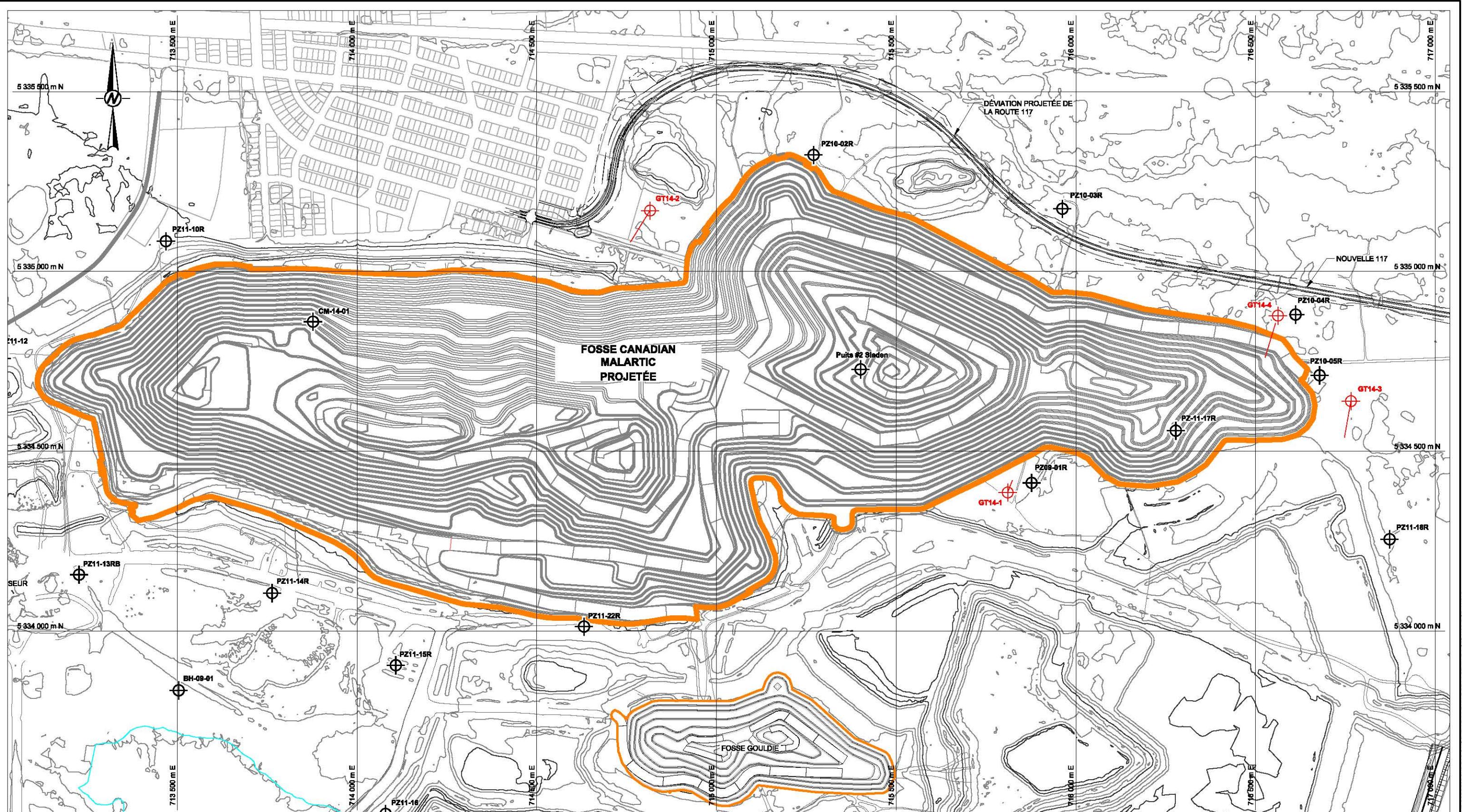
PHASE
2010

Rév.
3

FIGURE
4







LÉGENDE	
	FORAGE COMPLÉTÉ
	PUITS D'OBSERVATION EXISTANT
	COURBES TOPOGRAPHIQUES

- RÉFÉRENCES
- TOPOGRAPHIE FOURNIE PAR CMGP, JUILLET 2014
 - PLAN DE MINAGE FOURNI PAR OSIKO (VERSION JUIN 2013)

CONFIDENTIEL

0 250 500
1:10 000 METRES

CLIENT
CANADIAN MALARTIC GP

CONSULTANT

AAAA-MM-JJ	2014-11-11
PROJETÉ	C.G.
DESSINÉ	S. Betnesky
REVISÉ	A. Boutin
APPROUVÉ	P. Groleau



PROJET
UTILISATION DE LA FOSSE CANADIAN MALARTIC
COMME AIRE D'ACCUMULATION DE STÉRILES ET RÉSIDUS -
MINE CANADIAN MALARTIC, MALARTIC, QUÉBEC

TITRE
LOCALISATION DES FORAGES COMPLÉTÉS

N° PROJET
13-1221-0020

PHASE
2010

Rév.
3

FIGURE
6

CONDITIONS GÉNÉRALES ET LIMITATIONS
RAPPORT D'EXPERTISE TECHNIQUE

Page 1 de 1

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.

À moins d'avis contraire, les interprétations, commentaires et les recommandations présentés dans ce rapport ont été formulés, conformément à la portée de l'expertise. Ces mêmes interprétations, commentaires et recommandations ont été formulés en tenant compte des limitations générales décrites sur cette page de même qu'à la lumière de nos connaissances concernant l'utilisation courante et/ou prévue du site, l'emplacement 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.

Golder doit se fier en toute bonne foi à la véracité des renseignements fournis par les personnes contactées et interrogées au cours de l'exécution de ce mandat. À moins qu'il ne soit démontré qu'elle a été négligente, Golder ne pourra pas être tenue responsable des dommages, quels qu'ils soient, qui seraient la conséquence directe ou indirecte, de déclarations fausses ou mensongères, de réticence ou de non divulgation d'une information pertinente par les personnes interrogées. Les références aux lois ou aux 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 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 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 DU SITE

L'expertise technique effectuée par Golder et décrite dans ce rapport a été réalisée conformément aux règles et pratiques professionnelles reconnues et acceptées au moment de sa 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.

Dans le cadre de ce mandat, Golder n'a pas réalisé de sondages, de prise de mesures, d'échantillonnage ou d'inventaire détaillé de déchets, de produits, de sol, d'eau ou de toute autre matière sur le site à l'étude ou dans ses environs.