



Novembre 2014

PROJET D'EXTENSION DE LA MINE CANADIAN MALARTIC

CONCEPTION DU PROLONGEMENT DU PARC À RÉSIDUS ET DE LA HALDE À STÉRILES

Présenté à:

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

RAPPORT



N° de référence : 008-1403061-4000-RF-Rev 0

Distribution:

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





Table des matières

| | | |
|------------|--|-----------|
| 1.0 | INTRODUCTION..... | 1 |
| 1.1 | Mise en contexte | 1 |
| 1.2 | Mandat..... | 1 |
| 1.3 | Contenu du rapport..... | 2 |
| 2.0 | FONDEMENTS DU CONCEPT À L'ÉTUDE | 2 |
| 2.1 | Mode de gestion des résidus..... | 2 |
| 2.2 | Description des aires d'accumulation actuelles | 3 |
| 2.3 | Prolongement des aires d'accumulation | 4 |
| 2.4 | Considérations pour le prolongement..... | 5 |
| 3.0 | CONDITIONS DU SITE | 6 |
| 3.1 | Stratigraphie générale sous l'empreinte des aires d'accumulation | 6 |
| 3.1.1 | Dépôts meubles naturels | 6 |
| 3.1.2 | Résidus..... | 7 |
| 3.1.3 | Profil stratigraphique | 7 |
| 3.1.4 | Perméabilité des unités stratigraphiques | 8 |
| 3.2 | Topographie sous les aires d'accumulation..... | 8 |
| 3.3 | Hydrologie | 9 |
| 3.3.1 | Réseau d'écoulement de surface..... | 9 |
| 3.3.2 | Gestion de l'eau actuelle – sommaire général | 9 |
| 4.0 | CARACTÉRISATION DES RÉSIDUS | 10 |
| 4.1 | Technologie employée..... | 10 |
| 4.2 | Caractérisations des résidus effectuées | 10 |
| 4.3 | Caractérisation géotechnique des résidus..... | 11 |
| 4.3.1 | Propriétés physiques de base..... | 11 |
| 4.3.2 | Taux de consolidation et conductivité hydraulique..... | 13 |
| 4.3.3 | Résistance au cisaillement..... | 14 |
| 4.3.4 | Potentiel de liquéfaction des résidus CM | 14 |
| 4.3.5 | Résistance au cisaillement postsismique..... | 15 |



| | | |
|------------|---|-----------|
| 5.0 | CONCEPTION DU PROLONGEMENT DU PARC À RÉSIDUS | 15 |
| 5.1 | Critères de conception | 15 |
| 5.1.1 | Directives et guides | 15 |
| 5.1.2 | Classification du parc à résidus | 16 |
| 5.1.3 | Critères de stabilité | 16 |
| 5.1.4 | Période de récurrence du séisme de conception | 17 |
| 5.2 | Structures de confinement du prolongement du parc à résidus | 17 |
| 5.2.1 | Berme de départ, confinement sud et confinement ouest | 18 |
| 5.2.2 | Rehaussements amont de la berme de départ dans le secteur du prolongement | 18 |
| 5.2.3 | Drain souterrain | 19 |
| 5.2.4 | Inclusions | 19 |
| 5.3 | Déposition des résidus et développement du prolongement | 20 |
| 5.3.1 | Objectifs | 20 |
| 5.3.2 | Considérations | 20 |
| 5.3.3 | Remplissage du prolongement | 21 |
| 5.3.4 | Déposition hivernale | 21 |
| 5.4 | Gestion de l'eau du prolongement | 22 |
| 5.4.1 | Principes généraux | 22 |
| 5.4.2 | Considérations et critères | 22 |
| 5.4.3 | Système de gestion des eaux au parc - sommaire | 23 |
| 6.0 | ANALYSES DE CONCEPTION POUR LE PROLONGEMENT DU PARC À RÉSIDUS | 23 |
| 6.1 | Conditions en <i>opération</i> et en <i>fin des opérations</i> | 23 |
| 6.1.1 | Évaluation de la position de la nappe phréatique | 23 |
| 6.1.2 | Conditions en <i>opération</i> | 26 |
| 6.1.3 | Conditions en <i>fin des opérations</i> | 27 |
| 6.2 | Analyses de stabilité | 27 |
| 6.2.1 | Profils étudiés et propriétés des matériaux | 27 |
| 6.2.2 | Conditions de chargement | 28 |
| 6.2.3 | Résultats des analyses | 29 |
| 6.2.4 | Discussion et recommandation | 30 |



| | | |
|-------------|---|-----------|
| 6.3 | Analyses des tassements..... | 31 |
| 6.3.1 | Méthodologie | 31 |
| 6.3.2 | Propriétés des matériaux..... | 31 |
| 6.3.3 | Résultats des analyses et conclusion | 32 |
| 6.4 | Analyse de liquéfaction des sols de fondation..... | 32 |
| 7.0 | CONCEPTION DU PROLONGEMENT DE LA HALDE À STÉRILES | 33 |
| 7.1 | Critères de conception..... | 33 |
| 7.1.1 | Directive et guides | 33 |
| 7.1.2 | Classification de la halde à stériles..... | 34 |
| 7.1.3 | Stabilité de l'ouvrage..... | 35 |
| 7.1.4 | Période de récurrence du séisme de conception..... | 35 |
| 7.2 | Propriétés des stériles | 36 |
| 7.3 | Proximité des infrastructures | 36 |
| 7.4 | Éléments clés de la mise en place de la halde actuelle sur la cellule 1 | 36 |
| 7.4.1 | Mise en contexte..... | 36 |
| 7.4.2 | Étude de stabilité par étape et instrumentation..... | 37 |
| 7.4.3 | Sommaire et importance des résultats pour le prolongement de la halde vers l'est | 38 |
| 7.5 | Analyse de conception du prolongement de la halde | 39 |
| 7.5.1 | Profils étudiés et propriétés des matériaux de fondation | 39 |
| 7.5.2 | Évaluation de la stabilité du prolongement | 39 |
| 7.5.3 | Considérations suivant les résultats d'analyses de stabilité..... | 40 |
| 7.5.4 | Analyse de liquéfaction des sols de fondation | 41 |
| 7.5.5 | Gestion de l'eau de surface dans le secteur du prolongement de la halde à stériles..... | 41 |
| 8.0 | CONTINGENCES | 42 |
| 8.1 | Contingence – résidus..... | 42 |
| 8.2 | Contingence - eau | 43 |
| 8.3 | Contingence – stériles..... | 43 |
| 9.0 | SUVIS GÉOTECHNIQUE ET ENVIRONNEMENTAL..... | 44 |
| 10.0 | MANUEL DE SUIVI, D'OPÉRATION ET DE SURVEILLANCE | 44 |
| 11.0 | LIMITATIONS DE L'ÉTUDE..... | 44 |
| 12.0 | SIGNATURES..... | 45 |



TABLEAUX

| | |
|--|----|
| Tableau 1 : Quantité de résidus et de stériles prévue pour entreposage en surface et dans la fosse | 5 |
| Tableau 2: Conductivités hydrauliques des principales unités stratigraphiques testées | 8 |
| Tableau 3 : Principales propriétés physiques des résidus Canadian Malartic et Kidd Creek | 12 |
| Tableau 4 : Critères de stabilité - parc à résidus | 17 |
| Tableau 5 : Capacité estimée du parc à résidus en fonction de l'élévation | 21 |
| Tableau 6: Secteur du prolongement - facteurs de sécurité minimaux obtenus..... | 29 |
| Tableau 7: Secteur de la digue 5: Facteurs de sécurités minimaux obtenus | 29 |
| Tableau 8: Secteur de la digue 4: Facteurs de sécurités minimaux obtenus | 30 |
| Tableau 9 : Propriétés géotechniques utilisées dans les analyses des tassements | 32 |
| Tableau 10: Classification de la halde à stériles | 34 |
| Tableau 11: Facteurs de sécurité (F.S.) - conception de la halde à stériles..... | 35 |
| Tableau 12: Halde à stériles - résultats des analyses de stabilité - coupe avec épaisseur d'argile moyenne..... | 40 |
| Tableau 13: Halde à stériles - résultats des analyses de stabilité - coupe avec une importante épaisseur d'argile..... | 40 |

ILLUSTRATIONS

| | |
|---|----|
| Illustration 1 : Distribution granulométrique des échantillons de résidus de Canadian Malartic et de Kidd Creek..... | 12 |
| Illustration 2 : Construction du rehaussement | 19 |
| Illustration 3 : Construction du rehaussement | 19 |
| Illustration 4 : Vue de la cellule PR1B - exemple de l'état général de la plage de résidus et d'un rehaussement (photo panoramique)..... | 20 |
| Illustration 5: Résultats comparatifs des niveaux piézométriques modélisés | 25 |
| Illustration 6: Évolution de la position de la nappe phréatique selon le rehaussement du parc, exemple à deux périodes différentes. Les courbes représentent la distribution des pressions d'eau (charge totale) dans l'empilement..... | 26 |

FIGURES

| | |
|--|--|
| Figure 1 : Plan du site (juin 2014) | |
| Figure 2 : Empreinte du parc à résidus et halde à stériles du projet Canadian Malartic extension | |
| Figure 3 : Représentation schématique des rehaussements amont - exemple du secteur de la digue 5 | |
| Figure 4 : Localisation des forages avec photo aérienne | |
| Figure 5 : Carte des dépôts meubles | |
| Figure 6 : Cartes des épaisseurs de sols cohérents | |
| Figure 7 : Compilation des essais de perméabilité | |



CONCEPTION DU PROLONGEMENT DU PARC À RÉSIDUS ET DE LA HALDE À STÉRILE

Figure 8 : Coupe longitudinale A-A' le long de la berme de départ pour le secteur du prolongement du parc à résidus

Figure 9 : Coupe longitudinale B-B' au pied nord et est du prolongement de la halde à stériles

Figure 10 : Coupe type schématique- berme de départ de l'extrémité est du parc à résidus

Figure 11 : Coupe type schématique- rehaussement proposé pour le secteur de la digue C

Figure 12 : Coupe schématique du drain souterrain à la limite nord du prolongement du parc à résidus

Figure 13 : Développement du parc à résidus

Figure 14 : Concept du système de drainage au nord et à l'est d parc à résidus et de la halde à stériles – vue en plan

Figure 15 : Coupe type schématique – halde à stériles le long de la 117

ANNEXES

ANNEXE A

Données hydrologiques

ANNEXE B

Fiche d'aléa sismique

ANNEXE C

Résultats des analyses de stabilité : parc à résidus

ANNEXE D

Résultats des analyses de liquéfaction : fondation

ANNEXE E

Études – mise en place de la halde à stériles sur la cellule 1

ANNEXE F

Résultats des analyses de stabilité : prolongement de la halde à stériles

ANNEXE G

Limitations de l'étude



1.0 INTRODUCTION

À titre d'information, il est important de souligner que des changements importants sont survenus en juin 2014 concernant 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 afin d'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

La Mine, en opération depuis 2011, exploite un gisement d'or au moyen d'une fosse à ciel ouvert à un taux de production moyen de 55 000 t/jour. Les stériles et les résidus générés par le développement de la fosse et le traitement du minerai sont entreposés dans deux aires d'accumulation contiguës se développant de façon graduelle et en parallèle, telles qu'illustrées à la figure 1.

Le développement du parc à résidus a été conçu de façon à recouvrir l'empreinte du site minier orphelin de l'ancienne mine Est-Malartic (EM) et ainsi contribuer à sa restauration. La configuration actuelle du parc permet l'entreposage de 183 Mt de résidus. La halde à stériles, située directement au nord du parc à résidus, peut quant à elle accueillir 326 Mt de stériles selon sa configuration actuelle.

Des travaux d'exploration en périphérie du site de la fosse à ciel ouvert ont eu pour résultats d'augmenter les réserves de la Mine. Depuis le début 2014, la Mine exploite la fosse satellite Gouldie et prévoit exploiter une zone minéralisée à l'est de la fosse actuelle (secteur Barnat) ainsi qu'une deuxième fosse satellite nommée Jeffrey. L'ajout de ces réserves aura pour effet d'augmenter de façon significative la quantité de résidus provenant de l'usine de traitement du minerai et de stériles à gérer dans les aires d'accumulation.

Suite à la réalisation de diverses vérifications, il s'est avéré que le parc à résidus et la halde, selon leur configurations actuelles, ne peuvent pas combler la demande supplémentaire en capacité d'entreposage. La stratégie proposée pour répondre aux besoins d'entreposage présentée dans ce document, consiste à combiner le développement des aires d'accumulation actuelles à l'utilisation de l'espace créé par la fosse Canadian Malartic projetée. Ainsi, la fosse projetée sera utilisée comme aire d'accumulation des stériles et des résidus. Toutefois, la capacité du parc à résidus et de la halde à stériles devra être augmentée en prolongeant ces aires d'accumulation vers l'est puisque, suite au développement du calendrier d'exploitation des gisements, l'espace d'entreposage convoité dans la fosse Canadian Malartic ne deviendra disponible qu'en 2022. La présente étude concerne la faisabilité de l'augmentation de la capacité du parc à résidus et de la halde à stériles ainsi que la conception de leur prolongement vers l'est.

1.2 Mandat

CMGP a mandaté Golder Associé Ltée (Golder) pour réaliser une étude de faisabilité en vue de l'augmentation de la capacité du parc à résidus et de la halde à stériles ainsi que la conception de leur prolongement vers l'est. Les tâches réalisées dans le cadre de ce mandat étaient :

- La conception des structures de confinement du prolongement du parc nécessaires ainsi que l'évaluation de la configuration du prolongement de la halde.



- Les analyses pour la conception du parc à résidus comprenant :
 - Les analyses de stabilité.
 - Les analyses de tassement.
 - L'évaluation du potentiel de liquéfaction des sols de fondation.
- Les analyses de stabilité et de liquéfaction des sols de fondation pour la conception de la halde à stériles.

Il est à noter que le mandat octroyé concernait principalement les aspects géotechniques de l'étude de faisabilité de l'augmentation de la capacité et de la conception du prolongement. Les autres aspects, dont la gestion de l'eau, la gestion des résidus, la caractérisation des résidus et des stériles, les aspects hydrogéologiques ainsi que l'investigation géotechnique, sont couverts par des mandats séparés et font l'objet de rapports distincts. Toutefois, un sommaire des éléments clés de ces aspects sera intégré au présent rapport lorsque jugé nécessaire pour faciliter la compréhension du concept présenté.

1.3 Contenu du rapport

Le rapport est divisé en dix sections principales. La première section présente une mise en contexte de cette étude et décrit les travaux réalisés. La deuxième section décrit les fondements du concept à l'étude. La troisième section présente les conditions du site. Les caractéristiques géotechniques des résidus sont présentées à la quatrième section. Les conditions du site et les caractéristiques des résidus décrites dans les sections 3 et 4 sont basées sur la revue des études antérieures et les résultats des programmes de caractérisation des résidus et d'investigation dans le secteur du prolongement réalisés au cours des dernières années. La cinquième section décrit le concept du prolongement du parc à résidus dans son ensemble, dont les critères de conception, la mise en place des bermes de départ du prolongement, les rehaussements, la gestion des résidus et de l'eau. Les analyses supportant la conception du parc à résidus sont présentées à la sixième section. La septième section présente la conception de la halde à stériles dont les critères de conception, les résultats d'analyses et la séquence de construction proposée. La huitième section présente les éléments de contingence reliés au concept. Les neuvième et dixième sections présentent une discussion sur les suivis géotechnique et environnemental à effectuer et le manuel d'opération et de surveillance du parc à résidus et de la halde à stériles..

2.0 FONDEMENTS DU CONCEPT À L'ÉTUDE

2.1 Mode de gestion des résidus

Le concept mis de l'avant dès les débuts de l'étude de faisabilité présentée en 2008 pour le Projet Canadian Malartic était fondé sur la gestion d'un parc à résidus sans retenue d'eau (Osisko, 2008). Vu les quantités de résidus impliquées et le taux de production prévu, la décision de promouvoir une gestion de l'eau séparée de la gestion des résidus est devenu un élément clé du concept. Ce type de gestion impliquait l'épaississement des résidus, l'utilisation de structures de confinement perméables et la gestion de l'eau à la périphérie.

La gestion de résidus épaissis en surface est une technologie relativement nouvelle dans l'industrie minière, particulièrement au Canada. Un des premiers sites où cette technologie a été implantée est la mine Kidd Creek en Ontario dans les années 1970. L'utilisation de cette technologie a par la suite pris de l'ampleur dans les années 1990 en Australie puis vers la fin des années 1990 au Canada (Seddon, 2010). La littérature compte de



plus en plus d'articles relatant des études de cas concernant l'utilisation de résidus épaissis en surface, surtout pour des opérations en Australie, en Afrique et en Amérique du Sud. Au Canada, le site Kidd Creek est l'un des cas les mieux documentés de la littérature. Un des éléments clés communs aux diverses opérations minières ayant opté pour cette technologie demeure le besoin d'avoir une gestion de l'eau séparée et la reconnaissance de l'ampleur des risques associés à la présence d'un étang d'eau permanent en surface sur le parc (Fourie, 2012).

Pour la Mine, l'utilisation de résidus épaissis comme mode de déposition a été rapidement préconisée pour le développement du site en raison de :

- La réduction des risques associés à la présence d'un étang d'eau permanent dans le parc à résidus.
- La possibilité de ré-circuler plus d'eau directement à l'usine de traitement du minerai et de concentrer la gestion de l'eau dans un bassin dédié à cet effet.
- L'impact positif sur l'empreinte nécessaire du parc à résidus et la possibilité de construire l'empilement de façon progressive.
- Des avantages notables lors de la restauration du site.

Malgré les avantages clairs de l'utilisation des résidus épaissis en surface au niveau de la gestion de l'eau, et de la réduction des risques associés à la présence d'un étang d'eau dans le parc, cette technologie comporte des défis opérationnels. D'une part, le transport de résidus épaissis requiert des équipements d'épaississement et de pompage très robustes et nécessitant beaucoup plus d'énergie que les équipements conventionnels. Au-delà de ces défis de nature technique, il a été reconnu depuis le tout début que la gestion journalière des travaux de déposition est un défi significatif, difficile à évaluer et qui nécessite des ajustements. Un apprentissage a été requis durant les premières années de l'opération du parc afin de bien maîtriser la déposition, la gestion des équipements et la mise en place des rehaussements et ce, afin de permettre un développement uniforme du parc en atteignant les objectifs désirés.

Afin de tenir compte de ces incertitudes reliées à la gestion et au comportement des résidus lors de la déposition, la réalisation d'un ouvrage comme le parc à résidus doit permettre un ajustement du concept en tenant compte du comportement *in situ*. L'approche adoptée lors de la conception du parc s'apparente à l'approche connue sous le nom de « méthode observationnelle », selon laquelle la conception est régulièrement revue pendant la construction et l'opération, et qui s'avère particulièrement appropriée lorsqu'il est difficile de prévoir le comportement géotechnique d'un ouvrage (Schmitt et al., 2007). La possibilité de construire l'empilement de façon progressive confère une flexibilité lors des travaux de rehaussement afin d'ajuster le concept selon les conditions observées au site suivant la méthode observationnelle.

La conception du prolongement du parc à résidus devra se poursuivre avec la même stratégie que celle utilisée pour le développement du parc actuel et devra être de nature adaptable afin d'optimiser progressivement son concept.

2.2 Description des aires d'accumulation actuelles

Le parc à résidus et la halde à stériles sont en développement depuis 2011. La figure 1 présente l'état du développement au mois de juin 2014. Depuis le début des opérations, la halde à stériles a principalement été mise en place dans les secteurs est et central du site, atteignant l'élévation 400 m dans le secteur central en juin 2014. Le parc à résidus, quant à lui, s'est développé sur l'ancien parc à résidus et l'ancien bassin de



sédimentation EM. Au mois de juin 2014, les résidus dans le parc ont atteint une élévation variant de 333 m à 349 m au pourtour de la section PR-1 du parc, et à une élévation variant de 338 m à 342 m au pourtour de la section PR-2 du parc.

Le concept du parc à résidus et de la halde à stériles consiste en une mise en place contiguë des résidus et des stériles. Les stériles sont intégrés à la construction du parc et aux travaux de recouvrement du parc à la fermeture. Les structures de pourtour du parc à résidus de la Mine consistent en une combinaison des anciennes digues du parc à résidus de la mine EM et des nouvelles structures de confinement des résidus (bermes de départ). Le parc à résidus de la Mine est caractérisé par :

- Une intégration efficace des digues de pourtour de l'ancien parc à résidus EM aux ouvrages de confinement des résidus miniers.
- Une berme de départ, constituée de stériles, dans les secteurs sans structure existante. La berme de départ est une structure perméable qui permet le drainage des résidus et des eaux de surface hors du parc à résidus.
- Un développement progressif du parc par rehaussements amont à même la surface des résidus, au moyen de stériles, en formant une pente globale d'environ 6 degrés (10H : 1V).
- Une halde à stériles située au nord du parc à résidus qui offre un épaulement aux résidus.
- Un réseau de drainage constitué de fossés gravitaires et de points de pompage aménagés au pourtour du parc et de la halde où l'eau est acheminée vers un bassin de collecte (bassin Sud-est).

Depuis 2011, un suivi des opérations au parc à résidus a été mis en place afin de vérifier les hypothèses utilisées lors de la conception, et d'ajuster le concept selon les conditions spécifiques du site et le comportement des résidus observé lors de la déposition. Ce suivi a permis de réaliser plusieurs ajustements au système lors de son démarrage. Par exemple, l'envergure et la fréquence des rehaussements ont été revues afin de mieux les adapter aux besoins de l'opération du parc. Ainsi, les observations de terrain, tels le pourcentage solide et les pentes de déposition réelles, ont permis d'ajuster les éléments de construction, tels les chemins internes ou les inclusions, et d'apporter des modifications au système de gestion de l'eau. La méthode observationnelle a permis de confirmer par des observations sur le terrain et par un certain nombre de vérifications, que le concept évolutif originalement implanté, aussi bien pour le parc que pour la halde, demeure adéquat. Tel que prévu, le concept doit continuer d'être adapté aux conditions de terrain pour atteindre les objectifs de performance et de stabilité.

2.3 Prolongement des aires d'accumulation

Dans le cadre de l'Extension Canadian Malartic, une étude de sélection de site a été réalisée pour l'augmentation de la capacité des aires d'accumulation (Golder, 2014a). Selon les informations fournies, l'Extension Canadian Malartic générera une quantité additionnelle de 136 Mt en résidus pour un total de 319 Mt, et une quantité additionnelle de 378 Mt en stériles pour un total de 704 Mt. Comme mentionné précédemment, CMGP prévoit entreposer une certaine quantité de résidus et de stériles dans la fosse Canadian Malartic. Une étude d'évaluation du potentiel d'accumulation des stériles et des résidus dans la fosse Canadian Malartic a été effectuée (Golder, 2014g), et la conclusion est favorable au concept proposé.

Le tableau 1 présente les quantités de résidus et de stériles que la Mine propose de mettre dans la fosse et en surface. Il est à noter que ces quantités tiennent compte du calendrier minier, tel que défini par la Mine.



Tableau 1 : Quantité de résidus et de stériles prévue pour entreposage en surface et dans la fosse

| Lieu d'accumulation | Stériles | Résidus |
|-------------------------|---------------------------|---------------------------|
| Fosse Canadian Malartic | 150 à 200 Mt ¹ | 50 à 100 Mt ³ |
| Surface | 504 à 554 Mt ² | 219 à 269 Mt ² |
| Total | 704 Mt ² | 319 Mt ² |

1 : Donnée provenant du document 2013-007 Rapport final LOM avril 2013 final.pdf fourni par Osisko.

2 : Valeurs fournies par le plan minier (LOM) 2014 de CMGP, reçu en octobre 2014.

3 : Valeurs fournies verbalement par Osisko lors de la réunion du 5 septembre 2013.

L'étude de sélection de sites pour les résidus et les stériles entreposés en surface a été effectuée sur la base des documents existants et tient compte de trois grandes composantes, selon les principes du développement durable :

- les aspects environnementaux.
- les aspects sociaux.
- les aspects techniques et économiques.

Quatre sites potentiels ont été développés selon des critères de base (seuils) qui tiennent compte, entre autres, de la capacité recherchée. Pour l'exercice de la sélection de site, des modélisations ont été effectuées afin de définir une empreinte pouvant accueillir la totalité des résidus et des stériles.

L'analyse effectuée comportait une identification des sites potentiels, une étape de présélection et une évaluation comparative des sites. Des quatre sites potentiels identifiés, deux d'entre eux ont été éliminés au cours de l'étape de présélection. Une évaluation comparative a ensuite été effectuée sur les deux sites restants.

Au terme de cette analyse, il a été établi que le site le plus adéquat pour répondre à la demande de capacité est celui situé directement à l'est du parc à résidus et de la halde à stériles, constituant en fait un prolongement des aménagements existants. Le prolongement à l'est se démarque par son intégration au site existant, facilitant ainsi la gestion de l'eau au pourtour du parc et de la halde. Ce site permet également de minimiser le développement de nouvelles structures dans des aires non impactées par les activités minières en prenant avantage des structures existantes. La figure 2 présente l'empreinte des aires d'accumulation incluant les prolongements vers l'est.

2.4 Considérations pour le prolongement

La gestion des résidus et des stériles dans le prolongement des aires d'accumulation reposera sur les mêmes fondements établis pour le parc à résidus et la halde actuels. L'importance de maintenir la gestion de l'eau séparée de la gestion des résidus demeure toujours un élément clé de la conception qui doit être appliqué au prolongement du parc. La poursuite du développement des aires d'accumulation se fera selon le concept actuel d'un parc sans retenue d'eau en utilisant des résidus épaissis confinés par des structures perméables permettant l'écoulement de l'eau hors du parc et sa gestion en périphérie.

Le prolongement du parc à résidus prévu dans le cadre de l'Extension Canadian Malartic nécessitera la mise en place de nouvelles structures de confinement à l'extrémité est des installations de gestion. La conception de ces structures bénéficiera des observations et du suivi faits sur toutes les autres structures afin de permettre la mise en place de structures performantes. Il est prévu que ces structures soient conçues de sorte qu'un rabattement



adéquat de la nappe phréatique à l'intérieur de l'empilement se fasse, tout en permettant un certain contrôle des exfiltrations. Le développement de la halde à stériles au nord de l'empilement devra, comme c'est le cas actuellement, continuer de se faire conjointement à celui du parc et ce, jusqu'à la fin de la vie de la Mine.

La capacité du parc dans le secteur du prolongement sera également développée de façon progressive par la construction de rehaussements amont à même la surface des résidus. Les rehaussements seront des structures perméables construites au moyen de stériles permettant à l'eau des résidus de se drainer, favorisant ainsi la dissipation des pressions interstitielles et la consolidation des résidus, ce qui améliore la stabilité de l'ouvrage géotechnique qu'est le parc à résidus. La pente globale des rehaussements est actuellement d'environ 6 degrés (10H:1V). Une section type de la géométrie des rehaussements applicable au parc actuel et à son prolongement est présentée à la figure 3.

De même que pour le parc actuel, la conception du prolongement sera revue pendant la construction et l'opération selon la méthode observationnelle. La construction progressive de l'empilement facilite l'utilisation de cette méthode qui permet d'ajuster le concept aux conditions observées. La formation des plages durant la déposition, le drainage de l'eau au pourtour du parc, la consolidation des résidus et leur gain en résistance feront partie des éléments à suivre afin d'adapter le système aux conditions observées pour atteindre les objectifs de performance et de stabilité du concept.

3.0 CONDITIONS DU SITE

3.1 Stratigraphie générale sous l'empreinte des aires d'accumulation

Plusieurs études de caractérisation géotechnique ont été réalisées par le passé sur l'ensemble du site (Golder, 1983a, 1991, 2008a et 2008b, 2011a). Des campagnes d'investigation ont eu lieu dans les secteurs du prolongement du parc à résidus et de la halde à stériles en 2011, 2012 et 2013 (Golder, 2014b) et au nord du secteur de la fosse Canadian Malartic pour le projet de déviation de la route 117 (Génivar, 2010; Qualitas, 2011, 2012 et 2013; et Golder, 2013c). Les rapports d'investigation qui en découlent fournissent les détails sur les différentes séquences stratigraphiques rencontrées et les résultats des essais réalisés sur le terrain et en laboratoire. De récentes investigations ont eu lieu au courant de l'automne 2014, les résultats de ces investigations seront présentés sous peu dans un rapport factuel complémentaire.

L'emplacement des forages réalisés sur le site est présenté à la figure 4, incluant les forages effectués au courant de l'automne 2014. La figure 5 présente une carte des unités géologiques de surface, préparée par la Commission géologique du Canada. Cette carte indique que le site est principalement caractérisé par la présence de dépôts d'origine glaciaire. La figure 6 présente une carte des épaisseurs de sols cohérents sur le site, développée par Golder. Il est à noter que les courbes d'épaisseur de sols cohérents présentées sur cette figure sont issues d'une interprétation réalisée à partir des épaisseurs rencontrées dans les différents sondages sur le site. La figure 7 présente une compilation des essais de perméabilité faits dans les unités de dépôts meubles et dans le socle rocheux.

3.1.1 Dépôts meubles naturels

Les aires d'accumulation actuelles de la Mine et les secteurs du prolongement du parc à résidus et de la halde à stériles sont principalement caractérisés par la présence de dépôts dont l'origine remonte à la dernière glaciation. 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 sont d'épaisseur variable. Aucune de ces unités n'est présente en continu sur le site de la Mine.

L'unité à la base de la stratigraphie est le till. Dans les secteurs à l'étude, 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 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.

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. Les dépôts glaciolacustres ont une épaisseur variable qui peut atteindre plus de dix mètres dans le secteur du prolongement des aménagements.

3.1.2 Résidus

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 actuel du parc à résidus épaissis et de la halde à stériles de la Mine. Ces résidus sont généralement absents du secteur visé pour le prolongement de ces aménagements 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, où des épanchements d'anciens résidus ont été notés en surface probablement survenus lors 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.

3.1.3 Profil stratigraphique

Les figures 8 et 9 présentent des profils stratigraphiques pour le secteur du prolongement des aires d'accumulation, soit le long de la berme de départ pour le parc à résidus et le long du pied de la halde à stériles. La localisation des deux profils longitudinaux est présentée à la figure 4. Les valeurs de résistance au cisaillement obtenues *in situ* sont également présentées sur ces profils.

La berme de départ projetée pour le parc à résidus reposera sur le sol naturel ou directement sur le socle rocheux dans le secteur de l'affleurement rocheux. La vallée du ruisseau Raymond est, d'après les données connues, le secteur caractérisé par la plus grande épaisseur de sols cohérents du secteur du prolongement. De plus, une autre zone marécageuse est présente dans le secteur nord-est du prolongement du parc. Peu d'investigations ont eu lieu à ces endroits étant donné la difficulté d'accès dans ces secteurs.

Le profil longitudinal sous le pied de la halde montre une variabilité importante de la profondeur du socle rocheux et, par conséquent, une variabilité importante de la couche de mort-terrain sus-jacente. La majorité du sol naturel est composé de sols cohérents. Une zone localisée contenant en continu des sols pulvérulents a été



identifiée à l'extrémité nord-est du prolongement de la halde. L'ancien banc d'emprunt d'argile, situé à l'extrémité est du prolongement, démontre qu'aucun sol cohérent n'est présent dans cette empreinte. Une zone marécageuse est présente dans le secteur central du prolongement de la halde, et peu d'investigations ont eu lieu à cet endroit étant donné la difficulté d'accès dans ce secteur.

Il est recommandé de prévoir une investigation géotechnique dans les trois secteurs marécageux sous les empreintes projetées du parc à résidus et de la halde à stériles. Une investigation hivernale pourrait faciliter l'accès dans ces secteurs.

3.1.4 Perméabilité des unités stratigraphiques

Des essais hydrauliques ont été réalisés *in situ* (en puits ou en sondage) ou encore au laboratoire sur des échantillons de dépôts meubles, afin de déterminer la conductivité hydraulique des matériaux constituant les différentes unités en place sur la propriété de la Mine. Une synthèse des valeurs de conductivité hydraulique obtenues pour les principaux matériaux en place au site est présentée au tableau 2. La figure 7 présente une compilation des essais de perméabilité faits dans les unités de dépôts meubles et dans le socle rocheux.

Tableau 2: Conductivités hydrauliques des principales unités stratigraphiques testées

| Dépôts meubles / roc | Conductivité hydraulique horizontale - K_h (m/s) | Conductivité hydraulique verticale - K_v (m/s) |
|---|--|--|
| Argile / argile silteuse à silt argileux | $5,7 \times 10^{-10}$ à $7,4 \times 10^{-7}$ | $5,0 \times 10^{-11}$ à $1,0 \times 10^{-8}$ |
| Sable / Sable et gravier / sable silteux / silt sableux | $8,9 \times 10^{-7}$ à $6,0 \times 10^{-4}$ | - |
| Till | $1,4 \times 10^{-7}$ à $8,9 \times 10^{-7}$ | - |
| Roc | $5,0 \times 10^{-9}$ à $1,0 \times 10^{-5}$ | - |

3.2 Topographie sous les aires d'accumulation

À l'origine (étude de faisabilité produite par Osisko, 2008), les aires de la halde à stériles et du parc à résidus existants et projetés présentaient un relief relativement plat, variant entre 310 m et 330 m, à l'exception de la partie sud. Le secteur sud était jadis traversé par le ruisseau Raymond et la première dérivation sud dudit ruisseau, tous deux orientés est-ouest. Le ruisseau Raymond et sa première dérivation sud sont situés dans un creux topographique d'une élévation d'environ 310 m, entouré d'affleurement rocheux pouvant atteindre une élévation d'au plus 350 m. Ces affleurements rocheux, points culminants de la topographie, sont présents au sud du parc à résidus actuel, à l'est du bassin de polissage actuel, au nord du bassin sud-est et au nord des cellules PR1A et PR1B.

Le secteur du prolongement des aires d'accumulation présente ainsi une topographie relativement plane selon l'axe est-ouest, et drainante vers le nord selon l'axe nord-sud. La topographie du secteur du prolongement a une influence très importante sur la gestion de l'eau de ces deux aires d'accumulation. Cette dernière est décrite plus en détail dans la section 6.0.



3.3 Hydrologie

Le site minier est sous l'influence d'un climat continental froid et modérément humide. L'éloignement des grandes nappes d'eau tempérée et la position géographique du territoire font en sorte que le climat affiche une grande variabilité, de fortes amplitudes thermiques annuelles et journalières ainsi que des précipitations fréquentes et irrégulières.

Des campagnes d'analyse de données de précipitations annuelles et mensuelles en conditions moyennes et selon différentes périodes de retour, ainsi que des précipitations et de la fonte de neige en régime de crue, ont été réalisées par Golder. L'analyse des températures a été incluse car elle facilite la compréhension des données de précipitations et des coefficients de ruissellement. Finalement, l'évaporation sur les lacs, l'évapotranspiration potentielle, les vents ainsi que les caractéristiques du couvert de neige et de la couche de glace ont été incluses dans l'analyse. Ces dernières variables ont été nécessaires pour établir le bilan d'eau et pour la conception des ouvrages. La revue de la littérature et la synthèse de la compilation des données hydrologiques sont présentées à l'annexe A.

3.3.1 Réseau d'écoulement de surface

La Mine se trouve dans le bassin versant de la rivière Harricana. Des structures de gestion des eaux (fossés collecteurs et de dérivation, bassins, systèmes de pompage) protègent les bassins versants naturels autour du site minier. Les eaux de ruissellement provenant de différentes surfaces du site sont gérées de façon à ce que l'effluent final du site minier soit acheminé vers le ruisseau Raymond, se dirigeant par la suite vers la rivière Piché, jusqu'à la rivière Thompson qui rejoint la rivière Harricana au niveau du lac de Montigny. Les eaux d'un bassin versant naturel à l'ouest du site minier sont acheminées vers le sud, via le fossé de dérivation sud, puis dans le ruisseau Mainville vers le lac Fournière. La rivière Piché collecte les eaux sortant du lac Fournière.

3.3.2 Gestion de l'eau actuelle – sommaire général

Les systèmes de drainage du parc à résidus et de la halde à stériles évolueront tout au long de leur développement. Le concept de gestion des eaux en conditions ultimes est présenté dans le document de Golder (Golder, 2014c). Les points suivants résument les lignes générales du plan de gestion des eaux en conditions ultimes:

- Des fossés collecteurs entourent la halde à stériles et le parc à résidus miniers. Les fossés collectent les eaux de ruissellement et de ressuage et les acheminent, par gravité ou pompage, vers le bassin Sud-est.
- L'eau des anciennes ouvertures souterraines et l'eau de ruissellement vers le fond de la fosse sont pompées en partie vers l'usine de traitement du minerai comme eau de procédé, et en partie vers le bassin Sud-est ou vers le bassin de polissage futur, dépendant de leur qualité.
- Le bassin Sud-est est le bassin collecteur pour l'eau de contact du site minier. Le bassin fournit la plus grande partie de l'eau de procédé nécessaire au fonctionnement de l'usine de traitement du minerai. L'excédent d'eau est acheminé vers le bassin de polissage futur (après un traitement, si nécessaire). Le volume excédentaire est évacué du bassin de polissage futur vers l'environnement (ruisseau Raymond) lorsque sa qualité respecte les exigences réglementaires.
- Les eaux du bassin versant naturel au nord-ouest du site (en amont du chemin du Concasseur) sont pompées vers le fossé de dérivation sud qui draine aussi le surplus de l'eau du bassin Johnson vers le ruisseau Mainville et les achemine jusqu'au lac Fournière.



Les structures de gestion des eaux sont conçues afin de limiter la surface affectée par l'activité minière. Le transport de l'eau par gravité, plus fiable et moins risqué, a été utilisé en priorité. La recirculation de l'eau de procédé est maximisée. Pour effectuer le traitement du minerai, il n'y a aucune consommation d'eau fraîche provenant de l'extérieur du site minier. Une quantité limitée d'eau provenant du bassin Johnson pourra fournir l'usine en situation d'urgence et de façon temporaire. Le point d'effluent final unique facilite la vérification de la qualité de l'eau avant son rejet dans l'environnement.

4.0 CARACTÉRISATION DES RÉSIDUS

4.1 Technologie employée

Comme mentionné précédemment, l'utilisation de résidus épaissis comme mode de disposition a été préconisée pour le développement du parc à résidus actuel compte tenu des quantités de résidus en jeu, de l'impact sur la surface du parc à résidus, de la gestion de l'eau et des avantages marqués lors de la restauration du site.

L'approche observationnelle utilisée pour la conception du parc à résidus implique qu'un suivi du comportement géotechnique de l'ouvrage doit être effectué tout au long de son opération afin d'ajuster le concept selon les conditions observées dans le parc à résidus. Dans cette optique, un suivi du comportement des résidus été mis en place afin de vérifier les hypothèses utilisées lors de la conception.

Rappelons que les hypothèses développées pour la conception du parc lors de l'étude de faisabilité étaient largement inspirées des données recueillies au site Kidd Creek, un des sites utilisant les résidus épaissis les mieux documentés opérant dans le même climat. À ces données se sont ajoutés les résultats de la caractérisation en laboratoire d'un échantillon de résidus produit lors d'essais métallurgiques pour former la base des paramètres utilisés dans les différentes analyses et modélisations réalisées lors de la conception.

Les sections suivantes fournissent de l'information sur toutes les activités de collecte de données sur les résidus et d'ajustement des paramètres de conception depuis le début de l'opération du parc. Un retour sur les paramètres initiaux de conception et leur variation sont aussi présentés.

4.2 Caractérisations des résidus effectuées

Voici un résumé des études de caractérisation des résidus depuis 2010, initialement entreprises pour la conception initiale et ensuite pour répondre aux ajustements suivant la méthode observationnelle :

- Évaluation des propriétés des résidus miniers Osisko (Golder 2010) : cette étude consistait en la réalisation d'essais de laboratoire sur un échantillon de résidus produits lors d'essais métallurgiques. Les données obtenues de ces essais ont servi à une première comparaison avec les résidus de la mine Kidd Creek et à une estimation du taux de consolidation globale de l'empilement (voir section 4.3.1).
- Prédiction de la pente de déposition (Golder 2011b) : cette estimation, faite à l'interne pour tenter de comprendre le comportement probable des résidus de la Mine *in situ*, a aussi été basée sur l'échantillon issu des essais métallurgiques et épaissi au taux visé de 68 % solides. Néanmoins, la prédiction montre une certaine tendance qui suggère qu'en déposant par la méthode en bout de tuyau, l'angle de déposition pourrait être plus bas qu'initialement prévu basé sur l'expérience de Kidd Creek.
- Essais de déposition à grande échelle (Golder 2011c) : des essais de déposition à grande échelle ont été conduits à l'automne 2010 afin de tenter de déterminer des paramètres de déposition propres aux résidus



de la Mine. Toutefois, il n'a pas été possible de produire une quantité suffisante de résidus pour l'essai. Alors, un essai a été conduit à partir d'anciens résidus d'EM épaissis à 68 % dont les caractéristiques s'apparentaient aux résidus prévus être produits par la Mine. Les données collectées lors de cet effort sont intéressantes, mais pas nécessairement applicables pour la compréhension du comportement des nouveaux résidus de la Mine ni pour l'élaboration d'un schéma de remplissage réaliste. Toutefois, le résultat de cet essai suggère également que des pentes de déposition plus douces devraient être attendues et a permis de démontrer que le modèle de prédiction utilisé préalablement était plutôt proche des observations de terrain.

- Essais de déposition en laboratoire (Golder 2013b) : un essai de déposition en laboratoire (*flume*) a été réalisé en 2012 avec les résidus provenant de l'opération. L'essai a été conduit avec des résidus dont la consistance a été ajustée en laboratoire à un taux de 66 % solides. L'essai a permis la mise en place d'une seule couche et, ensuite, la prise des mesures telles que la consolidation de la plage, l'évaporation et l'eau de ressuage a été faite pendant huit jours. Les pentes de déposition observées lors de l'essai étaient significativement plus faibles que ce à quoi on pouvait s'attendre basé sur les exemples de sites existants. L'essai suggère donc qu'un fluage beaucoup plus important, non caractéristique pour un taux de solides aussi élevé, était à prévoir sur le terrain. Les résidus reçus au laboratoire ont été aussi soumis à une comparaison en ajoutant le floculant utilisé par la Mine afin de tenter de comprendre, entre autres, si ce produit pouvait avoir une influence sur la déposition.. L'essai a consisté en la déposition d'une couche et les résultats se sont avérés similaire à celui de l'échantillon sans floculant. Cette comparaison a conclu que les résultats obtenus méritent de plus amples réflexions.
- Caractérisations géotechniques et hydrogéologiques des résidus (Golder, 2014e) : cette caractérisation incluait des essais au piézocône à travers l'empilement de résidus, une installation de puits d'observation, des forages géotechniques, un échantillonnage de résidus à la surface de cellules et un programme détaillé d'essais en laboratoire sur les échantillons de résidus prélevés.

La réalisation de l'ensemble de ces activités combinée aux observations du comportement des résidus dans le parc ainsi que les données d'opération ont permis de faire quelques ajustements dans la gestion des résidus, comme préconisé lors de la conception ainsi que de mettre en place le premier programme de caractérisation physique détaillé du parc depuis son opération. Il est à noter que les résidus ont aussi été soumis à une caractérisation géochimique exhaustive dont les résultats sont présentés dans un rapport synthèse (Golder, 2014h).

4.3 Caractérisation géotechnique des résidus

Les sections suivantes présentent un sommaire des principaux résultats obtenus à travers les diverses caractérisations et présentent aussi leur importance dans le choix de paramètres de conception.

4.3.1 Propriétés physiques de base

Le tableau 3 suivant présente une comparaison entre les propriétés de base des résidus (granulométrie, limites d'Atterberg, densité relative) issus de l'essai métallurgique et ceux échantillonnés en 2013, donc après 1,5 année d'opération du parc, ainsi qu'une comparaison avec les résidus du site Kidd Creek (Kam et al., 2009). La comparaison des distributions granulométriques des échantillons est présentée à l'illustration 1.



CONCEPTION DU PROLONGEMENT DU PARC À RÉSIDUS ET DE LA HALDE À STÉRILE

Tableau 3 : Principales propriétés physiques des résidus Canadian Malartic et Kidd Creek

| | Canadian Malartic, 2014 | Canadian Malartic, 2010 | Kidd Mine D / Montcalm blend ¹ |
|---------------------------|---|--|--|
| Taux de production annuel | 20,1 Mt | 20,1 Mt | 2,62 Mt |
| G _s | 2,74 | 2,71 | 3,07 |
| Poids volumique sec | Variable, dépendant de l'indice des vides | 1,5 t/m ³ (estimation) | 1,58 t/m ³ |
| % passant 75 µm | 73 % à 98 % ² | 86 % | 81 % à 89 % |
| % solides | 52 % à 62 % | 68 % visé | 58 % à 63 % |
| Source | Échantillons prélevés au parc à résidus en surface et en profondeur | Échantillon produit lors d'essais métallurgiques | Échantillon pris à la surface du dépôt, 2008 |

- Notes :
1. Les résidus produits proviennent du traitement du minerai des mines Kidd Mine D et Montcalm.
 2. Résultats provenant de l'ensemble des essais, de surface, dans les forages et au laboratoire (Golder, 2014e).

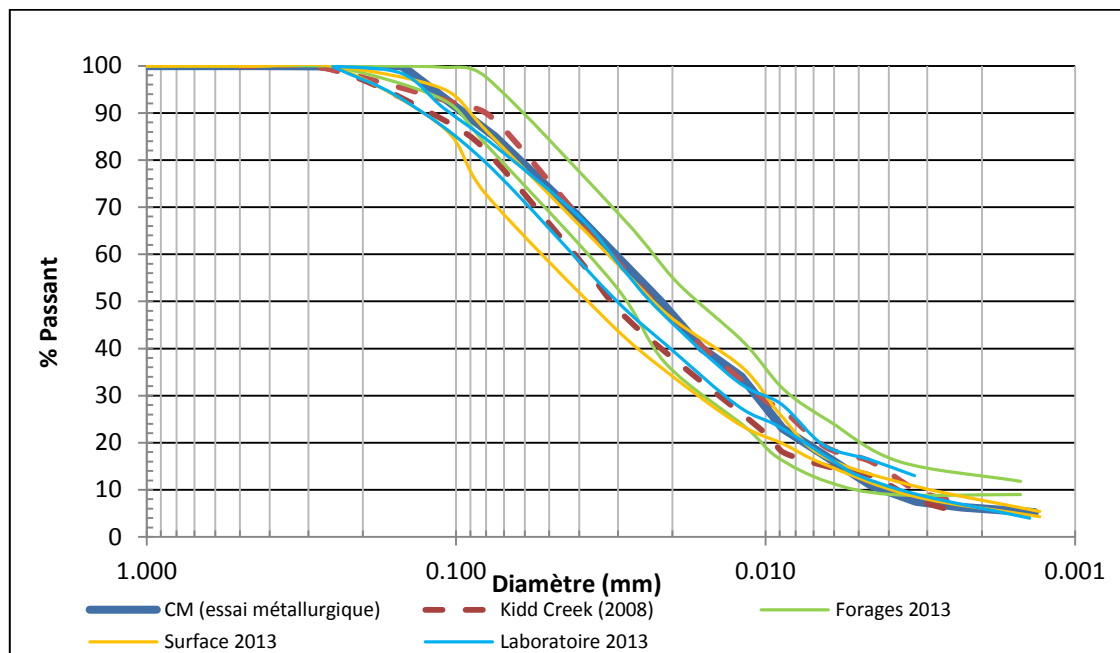


Illustration 1 : Distribution granulométrique des échantillons de résidus de Canadian Malartic et de Kidd Creek

Les résidus de Canadian Malartic présentent une granulométrie fine avec une distribution granulométrique relativement étalée. Les résultats montrent que, quoiqu'il existe une forte similitude entre les résidus des projets de Canadian Malartic et de Kidd Creek en termes de granulométrie, la densité relative des résidus Canadian Malartic est plus basse. Ce paramètre est un de ceux qui influencent le fluage et donc les pentes de déposition *in situ*.



La campagne d'échantillonnage des résidus *in situ* de 2013 a aussi permis de conclure qu'il n'y a pas de variations significatives en termes de granulométrie en profondeur (échantillonnage en forage) ou en surface (échantillonnage de surface dans l'axe de la déposition). La synthèse des résultats permet de conclure que, à un pourcentage solides (par poids) de déposition d'environ 60 % et compte tenu de la méthode de déposition utilisée présentement par la Mine, il n'y a que peu à pas de ségrégation des particules aux endroits échantillonnés. Rappelons que ces endroits ont été sélectionnés afin de tenter d'obtenir une image de la déposition en surface des résidus. Toutefois, il est aussi reconnu que l'interférence de certaines variables, comme la création de brèches dans les inclusions de stériles, peuvent entraîner une variation locale plus importante de la distribution granulométrique. Donc, même si le taux d'épaississement réel est un peu plus faible qu'initialement projeté, il n'y a pas d'évidence de ségrégation lors de la déposition.

Il a aussi été confirmé que les résidus ne possèdent aucune plasticité.

4.3.2 Taux de consolidation et conductivité hydraulique

Deux types d'essais de consolidation ont été réalisés lors de la campagne de caractérisation de 2013, soit des essais de consolidation sous le poids propre et à grande déformation.

La consolidation sous le poids propre a été un élément additionnel dont la réalisation a été nécessaire afin d'étudier le comportement des résidus à des plus faibles teneurs en solides que celles initialement prévues. Compte tenu des résultats de ces essais, il est raisonnable de supposer que, en conditions statiques, c'est-à-dire sans qu'un mouvement ou débit soit imposé au système, la consolidation sous le poids propre est très rapide (quelques heures). Lors des essais, la masse volumique sèche s'est stabilisée entre 3 et 5 heures à un taux de 72 à 73,5 % solides (masse volumique moyenne de 1,3 t/m³ entre deux essais).

En ce qui concerne la consolidation à grande déformation, les essais réalisés en laboratoire ont présenté les mêmes types de comportement qu'initialement estimés, c'est-à-dire une diminution de l'indice des vides sous l'augmentation des contraintes. Ces essais ont été effectués sous des contraintes similaires à celles attendues dans le parc à résidus durant l'exploitation. Les résultats suggèrent que les résidus devraient atteindre une masse volumique sèche de plus de 1,5 t/m³ pendant la vie de l'empilement, et ce, sous faible contrainte, c'est-à-dire à partir de seulement quelques couches mises en place. Rappelons que la valeur de 1,5 t/m³ est utilisée pour l'estimation de la capacité d'emmagasinement du parc. Les estimations initiales (Golder, 2010) selon lesquelles presque la totalité de la consolidation de l'empilement se développe durant l'opération et peu de changements sont attendus au niveau de la capacité se voient donc renforcées par les résultats récents.

Selon l'état du parc à résidus en septembre 2013, les contraintes effectives étaient très faibles en surface et d'environ 150 kPa à la base actuelle des résidus CM. Selon les essais de consolidation effectués, ces contraintes donnent des indices des vides qui devraient varier entre 0,91 (1 kPa) et 0,65 (150 kPa) selon les relations constitutives déterminées avec les essais au laboratoire et une conductivité hydraulique associée variant entre 2×10^{-7} m/s et 1×10^{-8} m/s (Golder 2014,e). Or, les conductivités hydrauliques obtenues avec les essais de dissipation et les essais *in situ* (variant entre 1×10^{-7} m/s et 1×10^{-9} m/s) semblent être du même ordre de grandeur que celles obtenues en laboratoire pour les contraintes similaires. Les essais réalisés en 2010 suggéraient aussi une conductivité hydraulique du même ordre de grandeur (utilisée dans les modélisations de recouvrement des anciens résidus EM), variant entre 1×10^{-7} m/s et à environ 1×10^{-8} m/s pour des indices de vides variant de 0,73 à 0,67.



4.3.3 Résistance au cisaillement

La résistance au cisaillement des résidus a été estimée à partir d'essais de cisaillement direct, en conditions consolidées et drainées, ainsi qu'à l'aide de méthodes d'interprétations à partir des données collectées *in situ* (essais au piézocône). Les résultats obtenus par les méthodes d'interprétations développées pour des sables uniformes sont très dispersés (entre 20° à 35°) et généralement jugés faibles pour des résidus. Bussière (2007) a synthétisé les données de plusieurs auteurs et l'angle de frottement interne pour des résidus similaires à ceux de la Mine se situe généralement entre 30° et 42°.

Les essais de cisaillement direct ont permis d'estimer l'angle de frottement interne effectif des résidus à environ 39°. Toutefois, il est important de noter que l'indice des vides des résidus lors des essais de cisaillement direct est relativement faible ($e = 0,52$ à $0,58$) par rapport aux résultats des essais de consolidation ($e = 0,61$ à $0,68$) pour des contraintes équivalentes. L'essai en cellule triaxiale réalisé sur l'échantillon métallurgique a montré un angle effectif de 37,9° en conditions non drainées (Golder, 2010).

Compte tenu de l'ensemble des données, d'essais et de littérature, il a été choisi de réaliser les analyses de stabilité en utilisant une valeur de résistance au cisaillement plutôt prudente, se rapprochant de la limite inférieure des données disponibles, c'est-à-dire 30°.

4.3.4 Potentiel de liquéfaction des résidus CM

La version de mars 2012 de la Directive 019 recommande de tenir compte des aspects sismiques lors de la conception des ouvrages pour les aires d'accumulation sans retenue d'eau.

La liquéfaction sous une sollicitation sismique des résidus a été identifiée comme une condition importante lors de la conception du parc à résidus. Comme déjà mentionné (section 2.2), la conception du parc existant inclut des éléments, tels que les inclusions en stériles, permettant la division et l'opération du parc en cellules (Golder, 2014d), mais aussi l'organisation d'un réseau de drainage facilitant, jusqu'à un certain point, le drainage des résidus. Par ailleurs, telle que planifiée dès le début des opérations du parc existant, une évaluation sommaire du potentiel de liquéfaction des résidus a été réalisée avec la campagne de caractérisation 2013 (Golder 2014e) puisqu'à cette date, une épaisseur suffisante de résidus s'était accumulée sur le site, fournissant ainsi la possibilité d'effectuer des essais de terrain. Cette première étape a permis de se forger une opinion sur la susceptibilité à la liquéfaction des résidus *in situ* alors que le parc en est encore au début de son développement, et de mieux cibler les paramètres à définir par la suite. L'évaluation de l'ensemble des données recueillies a permis d'établir que :

- Une partie significative des résidus présente des paramètres (obtenus avec les essais au piézocône et en termes de granulométrie) qui indiquent que l'analyse de susceptibilité à la liquéfaction des résidus de la Mine ne peut être faite avec les méthodes usuelles d'analyse basée typiquement sur des corrélations avec des sols naturels tels que des sables propres. Les analyses ont donc été conduites selon la méthode des états critiques, qui indique une résistance à la liquéfaction beaucoup plus faible que les méthodes communes.
- Les résidus, dans leur état *in situ* à ce stade-ci du développement du parc, sont sujets à la liquéfaction en condition statique ainsi qu'en condition dynamique, plus précisément sous les conditions de séisme de conception, dont la récurrence est de 1 dans 2 475 ans. Les paramètres sismiques utilisés lors de cette analyse ont été sélectionnés de façon à être cohérents avec les autres analyses réalisées.



L'analyse de liquéfaction sommaire présentée dans le rapport de caractérisation est une première étape dans le processus d'évaluation du comportement du parc à long terme et dans l'ajustement du concept selon l'évolution du comportement des résidus. Cette première étape d'analyse avait pour but d'évaluer la susceptibilité à la liquéfaction des résidus tout en reconnaissant que le développement du parc en est encore à ses débuts et que l'empilement de résidus a actuellement une faible épaisseur. Il est très important de noter que la position de la nappe phréatique et la capacité de consolidation des résidus auront une grande influence sur le comportement de l'empilement. Donc, pour tenir compte de l'esprit de la Directive 019, et en se basant sur les conclusions de cette première étape d'évaluation de la résistance de l'ensemble de l'empilement à la liquéfaction, la stabilité du prolongement du parc a été évaluée, entre autres, en considérant des propriétés mécaniques réduites pour les résidus.. Il est estimé que c'est une approche prudente à ce stade-ci du développement du parc. Il est aussi important de rappeler que, comme recommandé à la suite de la réalisation de l'évaluation sommaire, les conditions *in situ* des résidus évoluent tout au long de la vie de la Mine et devront être réévaluées ponctuellement.

4.3.5 Résistance au cisaillement postsismique

La résistance au cisaillement résiduelle normalisée (S_r/σ'_{vo}) a été estimée à l'aide de relations basées sur des cas historiques et à partir des résultats des essais au piézocône. Les valeurs obtenues pour les résidus du parc se situent généralement entre 0,04 et 0,16. Des essais en laboratoire ont été réalisés sur un échantillon de résidus reconstitué. Ces essais ont permis d'obtenir des valeurs se situant plutôt vers la limite inférieure de cette plage. En effet, les résultats obtenus au laboratoire indiquent une résistance résiduelle normalisée de 0,06 à 0,10.

Compte tenu de l'ensemble des résultats obtenus en laboratoire et *in situ*, il est selon nous raisonnable et prudent d'utiliser, dans une évaluation de la stabilité du parc dans un état postsismique, une résistance au cisaillement résiduelle normalisée (S_r/σ'_{vo}) de l'ordre de 0,1, une valeur moyenne de la plage estimée à l'aide des résultats *in situ*.

5.0 CONCEPTION DU PROLONGEMENT DU PARC À RÉSIDUS

Cette section présente les éléments clés du développement du prolongement du parc à résidus vers l'est, dont les critères de conception, la mise en place des bermes de départ du prolongement, les rehaussements ainsi que la gestion des résidus et de l'eau.

5.1 Critères de conception

5.1.1 Directives et guides

Les documents suivants ont été consultés pour établir les critères de conception spécifiques au projet du prolongement :

- La Directive 019 sur l'industrie minière publiée par le ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC) (MDDEFP, 2012). Il est à noter que selon la terminologie de la Directive 019, le parc à résidus de l'Extension Canadian Malartic est considéré comme une aire d'accumulation sans retenue d'eau permanente. Cette catégorie d'installations nécessite une évaluation de l'aspect sismique lors de la conception en spécifiant que la méthode et les paramètres sélectionnés doivent être justifiés par le niveau de risque en cas de défaillance.



- Le guide de l'Association canadienne des barrages (ACB), 2007 et 2013. Le guide a été utilisé comme outil de référence pour définir le niveau de risque de l'aire d'accumulation et les critères de conception.

Il est à noter que le parc actuel a été développé sous la version antérieure à la version de la Directive 019 de 2012, soit celle de 2005. Selon notre interprétation, le prolongement à l'étude constitue un changement par rapport au concept initial et implique l'utilisation de la nouvelle version de la Directive 019 (2012) pour l'ensemble du parc à résidus.

5.1.2 Classification du parc à résidus

Le système de classification proposé par l'ACB a été utilisé comme guide pour évaluer le niveau de risque du prolongement du parc à résidus selon les conséquences potentielles d'une rupture. Une évaluation préliminaire des conséquences potentielles a été faite selon les catégories définies dans le guide. Cette évaluation est basée sur une identification des principaux éléments à risque dans le secteur du prolongement. Les résultats sont résumés ci-dessous :

- Population à risque : Il n'y aurait pas de population à risque en aval du prolongement.
- Pertes de vie : La perte de vie pourrait être considérée nulle ou non spécifiée puisqu'aucune présence permanente n'est prévue au parc à résidus, mais des travaux de construction pourraient avoir lieu de temps à autre en surface ou en périphérie.
- Pertes environnementales et culturelles : Perte d'habitat marginal seulement sur le plan de l'environnement (WSP, 2014).
- Pertes économiques : La perte économique touchant les infrastructures en périphérie du parc telles que le bassin Sud-est et le bassin de polissage pourrait être élevée pour la Mine.

Ainsi, selon cette évaluation préliminaire, le prolongement du parc à résidus se classe dans une catégorie d'ouvrages dite à « risque important ». Cette évaluation met en relief les conséquences potentielles et a servi de guide lors du choix des périodes de récurrence et des facteurs de sécurité pour la définition des critères de conception.

5.1.3 Critères de stabilité

Selon les guides disponibles et consultés, la stabilité du parc à résidus de la Mine doit être évaluée pour les conditions de chargement qui pourraient s'appliquer à l'ouvrage lors des phases suivantes :

- Durant la construction et l'opération (rehaussement progressif);
- Durant la période de transition entre la fin des opérations et la restauration;
- En période de restauration; et
- En période postrestauration.

La première phase de l'évolution du parc a été nommée *Opération* dans le reste du document. La deuxième phase représente l'état du parc, quelques années seulement suivant la fin des opérations (en transition vers la phase de restauration). Cette phase est associée à des conditions stables, lorsque la construction de l'ouvrage est achevée et que l'infiltration est à l'équilibre. Cette phase a été nommée *Fin des opérations* dans le reste du document et correspond aux conditions anticipées environ 10 ans suivant l'arrêt de déposition dans le parc.



La présente étude a focalisé sur l'étude des deux premières phases de développement du parc, soit *Opération* et *Fin des opérations*. La stabilité du parc devra aussi être évaluée pour la phase de restauration et postrestauration. Cette évaluation ne fait pas partie de la présente étude. Il est cependant prévu que cette analyse devrait être effectuée dans quelques années, alors qu'une plus grande quantité de données sur le comportement des résidus *in situ* aura été collectée et à travers l'application de la méthode observationnelle pour les étapes de révision de la conception et au suivi de l'empilement. Il est aussi important de noter que les conditions de la phase de *Fin des opérations* sont présentement considérées comme étant plus critiques que les conditions à long terme. Les conditions à long terme, notamment en période de restauration et postrestauration, sont associées pour ce site à une position de la nappe phréatique plus basse ainsi qu'à une augmentation de la consolidation des résidus eux-mêmes.

Le tableau suivant présente les critères sélectionnés, en s'inspirant des guides mentionnés plus haut. Comme discuté à la section 4.3, la première évaluation du potentiel de liquéfaction des résidus *in situ* statue que les résidus présents sous et près de la nappe phréatique seront potentiellement liquéfiables sous l'influence du séisme de conception. Ainsi, la condition postliquéfaction et son impact sur la configuration des structures ont été inclus dans la série d'analyses de stabilité. Les conditions de chargement sismique et postliquéfaction ont été évaluées pour les phases *Opération* et *Fin des opérations*.

Tableau 4 : Critères de stabilité - parc à résidus

| Critères | Valeur | |
|--|-----------------|--------------------|
| | Opération | Fin des opérations |
| Stabilité aval et amont à la suite d'un chargement statique et écoulement stationnaire | F.S. $\geq 1,3$ | F.S. $\geq 1,5$ |
| Stabilité en condition pseudo-statique | F.S. $\geq 1,1$ | F.S. $\geq 1,1$ |
| Stabilité en condition postliquéfaction | F.S. > 1 | F.S. $\geq 1,2$ |

5.1.4 Période de récurrence du séisme de conception

Le parc à résidus a été classé comme étant à risque important, selon la méthodologie proposée par le guide de l'ACB. Pour cette catégorie, il est suggéré d'utiliser une probabilité annuelle de dépassement pour les séismes (équivalent au terme « séisme de conception d'une période de récurrence » utilisé dans la Directive 019) de 1 : 1 000 ans. Selon certaines des recommandations de la Directive 019 (2012), le choix de la récurrence sismique doit être justifié par rapport au risque que l'ouvrage représente, mais ne doit pas être inférieur à la probabilité de dépassement annuelle de 1 : 2 475 ans. Quoique ces recommandations soient émises pour des ouvrages avec retenue d'eau, elles semblent indiquer une approche prudente dans le choix de la période de récurrence.

Ainsi, une accélération horizontale ayant une période de récurrence 1 : 2 475 ans et spécifique au site de la Mine (soit de 0,075 g) a donc utilisée pour les analyses pseudo-statiques pour tenir compte de l'esprit général de la Directive 019. La fiche d'aléa sismique du site est présentée à l'annexe B.

5.2 Structures de confinement du prolongement du parc à résidus

Prenant avantage de nos observations sur l'opération du parc actuel, il a été considéré que les structures de confinement du prolongement du parc consisteront en une berme de départ perméable qui sera rehaussée successivement à même la surface des résidus. En effet, le développement du prolongement se poursuit dans



l'optique de promouvoir la gestion d'un parc à résidus sans retenu d'eau tel que préconisé par le concept actuel. Les structures de confinement perméables favoriseront le rabattement de la nappe phréatique à l'intérieur du parc et le drainage des résidus.

5.2.1 Berme de départ, confinement sud et confinement ouest

La berme de départ située à l'extrémité est du prolongement consistera en une structure construite en stériles munie d'une zone de transition continue en amont. Cette zone de transition sera composée de plusieurs couches de sols pulvérulents à granulométrie décroissante (gravier grossier à un sable fin, approximativement) rencontrant les critères filtres de façon à permettre l'écoulement de l'eau tout en contrôlant la migration des particules et l'augmentation de la pression hydraulique. Les gradients dont le développement est prévu suivant le rythme de rehaussements dans cette partie du parc rendent essentielle la présence de la zone de transition. Une coupe type schématique de la berme de départ est présentée à la figure 10.

Les résidus présents dans la vallée du ruisseau Raymond, les sols organiques et tous autres matériaux jugés non compétents par le concepteur et présents sous l'empreinte au sol de la berme de départ devront être excavés avant la mise en place de l'enveloppe de stériles formant sa base.

L'alignement sud du prolongement est principalement situé sur un affleurement rocheux et rejoint la digue C du bassin Sud-est. La digue C fait partie de la série de digues qui ceinturent le bassin Sud-est. Comme elle faisait partie de l'empreinte autorisée du parc actuel, elle avait été conçue pour accueillir des résidus sur sa paroi nord avec l'ajout de drains cheminés de part et d'autre du noyau de faible perméabilité. Il est proposé de rehausser cette digue par la méthode centrale jusqu'à ce que sa crête s'aligne avec les rehaussements du parc existant. Par la suite, les rehaussements continueront par la méthode amont. Les premiers rehaussements centraux comprendront une zone de transition, de la même nature et gradation que la zone de transition de la berme de départ pour l'extrémité est du prolongement. Une coupe type des rehaussements proposés est présentée à la figure 11.

La partie ouest du prolongement sera ceinturée par le parc existant, présentement rehaussé selon l'alignement de l'ancienne digue Est du parc Est-Malartic. Le développement d'un différentiel important est prévu entre le parc actuel et le secteur du prolongement en début d'opération de celui-ci. Les rehaussements amont selon l'alignement de l'ancienne digue Est se poursuivront jusqu'à ce que le secteur du prolongement soit environ aux mêmes élévations. Par la suite, une inclusion de stériles sera mise en place dans l'axe du dernier rehaussement de la digue Est. Le plan de déposition, qui sera revu périodiquement, aura pour objectif de réduire cet écart.

5.2.2 Rehaussements amont de la berme de départ dans le secteur du prolongement

La berme de départ sera rehaussée à même la surface des résidus et les rehaussements seront constitués de stériles avec un géotextile placé sur la face amont dans le but de laisser passer l'eau et retenir les résidus. La pente globale des rehaussements prévus est similaire au parc actuel, soit d'environ 6 degrés (10H : 1V).

Il est important de noter que, comme mentionné à la section 2.0, les observations réalisées depuis le début de l'opération du parc ont permis d'ajuster plusieurs paramètres. Ces observations ont aussi permis de constater que le modèle de rehaussement préconisé sur une fondation de résidus était réalisable. Une fois la plage jugée prête à la construction, peu de déformations sont observées lors de la mise en place des rehaussements (illustrations 2 et 3). Il est possible qu'une partie des stériles s'enfoncent dans la plage de fondation, mais en général, la construction progresse relativement rapidement et efficacement.



Illustration 2 : Construction du rehaussement



Illustration 3 : Construction du rehaussement

Le récent plan de déposition (Golder, 2014d) indique que trois rehaussements amont seraient construits annuellement dans le secteur du prolongement. Le plan devra tenir compte de la capacité de construction et des contraintes de mise en place. La vitesse de rehaussement sera ajustée dans le futur selon l'expérience acquise et les mesures de terrain effectuées.

5.2.3 Drain souterrain

La partie nord du parc sera épaulée par la halde à stériles. L'aménagement d'un drain souterrain est prévu à la limite nord du prolongement du parc à résidus, approximativement à la limite avec la halde à stériles. Ce drain sera construit sous le niveau du terrain naturel et s'étendra le long du contact entre les résidus et la halde à stériles. Il aura pour objectif de permettre le drainage efficace des eaux naturelles et des eaux de ressuage des résidus, en provenance du prolongement du parc à résidus, principalement dans les premiers stades de développement de celui-ci. Ceci permettra le rabattement de la nappe phréatique dans le parc.

Le drain sera connecté aux fossés de collecte suivant la limite est du prolongement du parc à résidus, drainant vers le bassin de pompage Nord-est. La figure 12 présente un schéma conceptuel du drain souterrain proposé.

5.2.4 Inclusions

Afin de favoriser une distribution adéquate des résidus sur tout l'espace disponible, la mise en place d'inclusions faites de stériles est prévue dans le secteur du prolongement. Comme ce système d'inclusions a permis l'organisation de l'espace en cellules de dimensions adéquates pour l'opération du parc actuel, il est intéressant d'inclure cet élément à la conception du prolongement du parc. Il est à rappeler que ces inclusions ont aussi une certaine influence sur l'efficacité du drainage du parc vers le système de collecte permettant de diminuer, dans certains secteurs limités, les pressions interstitielles en périphérie.

Pour le secteur à l'étude, il est présentement prévu de rehausser les digues du bassin de polissage nord et sud et ainsi former une inclusion séparant la portion ouest de la portion est du prolongement. Il est également prévu d'inclure deux inclusions entre la limite sud et nord du secteur du prolongement, comme illustré à la figure 13.



5.3 Déposition des résidus et développement du prolongement

5.3.1 Objectifs

La déposition des résidus a comme objectifs de faciliter le drainage des eaux vers le bassin Sud-est, principale structure de collecte des eaux minières, de minimiser l'exfiltration de l'eau du parc à résidus le long de la halde à stériles et de favoriser une distribution adéquate des résidus sur tout l'espace disponible pour promouvoir la consolidation des résidus avant la construction des rehaussements en amont.

Un plan de déposition, incluant le prolongement, a été développé dans l'optique de favoriser une déposition efficace des résidus et, par le fait même, de planifier les structures de confinement à construire au courant des opérations (Golder, 2014d). Le plan a également permis de confirmer la faisabilité de la méthode de développement proposée et d'évaluer la capacité totale du parc, incluant le prolongement.

5.3.2 Considérations

Pour le prolongement du parc à résidus, il est considéré que les résidus continueront à être déposés en bouts de tuyaux parfois sectionnés en différents points de déposition, une méthode s'apparentant au « spiggoting ». Les points de déposition seront généralement placés aux limites nord du parc ou de certaines parties de la berme de départ, afin de faciliter le drainage des eaux vers le bassin Sud-est, tout en gardant les points bas loin des structures de pourtour.

Il a été prévu que le système de bermes et inclusions pour le prolongement permettra l'organisation de l'espace en quatre cellules de dimensions adéquates pour l'opération du parc. La figure 13 présente les étapes principales du développement modélisé. La présence de cellules permettra d'alterner la déposition d'une cellule à l'autre, à partir de différents points de déposition, favorisant ainsi la consolidation des résidus avant la construction des rehaussements en amont.

Les observations faites depuis la mise en opération de la Mine ont été prises en compte afin de déterminer certains paramètres de modélisation du plan de déposition, les principales considérations étant :

- Une pente de déposition de 0,22 % basée sur les relevés topographiques récents du parc à résidus ;
- Un poids volumique sec en place de 1,5 t/m³.

L'illustration suivante montre la surface relativement plane des résidus dans le secteur sud du secteur PR1 en juin 2014.



Illustration 4 : Vue de la cellule PR1B - exemple de l'état général de la plage de résidus et d'un rehaussement (photo panoramique)



5.3.3 Remplissage du prolongement

La configuration finale du parc dépendra de la capacité recherchée selon les volumes prévus être entreposés en surface. Le tableau 5 présente la capacité du parc en fonction de l'élévation. Il est à noter que le poids volumique des résidus utilisé pour la modélisation est un poids estimé final, après le gain de consolidation.

Tableau 5 : Capacité estimée du parc à résidus en fonction de l'élévation

| Élévation du parc à résidus (m) | Capacité d'entreposage estimée de résidus (Mt) |
|---------------------------------|--|
| 358 | 223 |
| 370 | 285 |
| 380 | 331 |

Selon la capacité cumulative modélisée, le parc peut atteindre une capacité d'environ 331 Mt à l'élévation 380 m. Rappelons que le plan de minage de 2014 (LOM) prévoit une quantité totale de résidus à être produite en cours d'opération à 319 Mt (318,8 Mt, plus précisément). Il est donc clair que l'empreinte selon le développement proposé est suffisante pour satisfaire aux besoins de la Mine. De plus, selon ce plan de déposition, il ne sera probablement pas nécessaire d'atteindre l'élévation 380 m pour entreposer tous les résidus à être produits jusqu'en 2028, selon le plan de minage 2014 (LOM). Considérant qu'une partie des résidus pourra aussi être entreposée dans la fosse, l'empreinte ou la hauteur du parc pourront davantage être optimisées.

Selon le plan de déposition, le remplissage du prolongement devrait débuter à la fin de l'année 2015. La déposition dans les cellules PR4 du prolongement commencera relativement tard par rapport aux autres cellules du parc à résidus. Avant le début prévu de la déposition dans le secteur du prolongement, une différence d'élévation de l'ordre d'une trentaine de mètres existera déjà de part et d'autre de la digue Est.

Le rythme de rehaussement pour le secteur du prolongement sera plus rapide que celui adopté dans les autres secteurs du parc. En effet, afin de minimiser l'écart entre l'élévation des cellules du prolongement avec les cellules du parc actuel, il sera nécessaire de rehausser le secteur du prolongement trois fois par année, et ce, jusqu'à la fin des opérations. Selon nos estimations, il est prévu que la vitesse de mise en place des rehaussements dans le secteur du prolongement sera plus rapide que la vitesse de dissipation des pressions interstitielles dans les sols cohérents de la fondation. Dans les secteurs où l'épaisseur des sols cohérents est particulièrement importante, tels que dans le secteur de l'ancien lit du ruisseau Raymond, des mesures de mitigations (par exemple l'excavation d'une portion des sols cohérents) pourraient être requises afin de fournir une fondation stable.

5.3.4 Déposition hivernale

La déposition en hiver comporte certains défis. Il a été observé au cours des premières années d'opération que l'eau sur le parc a tendance à former des lentilles de glace durant l'hiver. Lorsque les lentilles sont présentes à proximité des rehaussements, dès leur dégel, elles peuvent constituer des canaux d'écoulement préférentiels. Si l'eau, chargée de résidus, entre en contact avec un endroit mal protégé du parement amont des structures de confinement, elle pourrait emporter des résidus en aval des structures et devra alors être gérée rapidement par la Mine.



Le plan de déposition tient compte de ceci en privilégiant les cellules situées au nord pour la déposition en hiver et les cellules situées au sud pour la déposition en été, l'objectif étant de minimiser le potentiel de formation de lentilles de glace contre les rehaussements.

La récente investigation faite dans le parc à résidus à l'automne 2013 indique aussi la présence de résidus gelés à certains endroits. Les couches interceptées ont été observées dans les cellules au nord du parc actuel (PR1E et PR1D) et se situent à environ 3 m à 4 m sous la surface des résidus avec une épaisseur variant de 2 à 3 m. La réponse du CPT dans les résidus gelés a été clairement identifiée par une résistance en pointe élevée, des pressions interstitielles élevées, un frottement latéral faible et des températures près du point de congélation, ce qui est différent de la réponse obtenue dans les autres couches de résidus.

Comme observé sur d'autres sites miniers situés dans le même contexte géographique, il est prévu que les couches de résidus gelées disparaissent à long terme. Toutefois, il est aussi reconnu que si ces couches de résidus gelés se forment annuellement lors de la déposition et restent présentes en profondeur pour plusieurs années, elles pourraient former une série de couches horizontales peu perméables. Des résidus gelés pourraient limiter le drainage et ralentir, quoique de façon limitée, la consolidation des résidus. Les résultats et observations disponibles ne permettent pas de bien comprendre l'effet à court et à long termes de ce phénomène. Le programme d'instrumentation et de suivi du parc (section 9) inclura aussi l'installation de quelques thermistances afin de permettre de collecter plus de données.

5.4 Gestion de l'eau du prolongement

5.4.1 Principes généraux

La gestion de l'eau préconisée pour le parc à résidus actuel et pour son prolongement suppose que la majeure partie de l'eau de procédé déchargée au parc à résidus ruissellera en surface afin d'être collectée dans les fossés ceinturant le parc et acheminée vers le bassin Sud-est. De la même façon que la gestion de l'eau du parc actuel (sommaire présenté à la section 3.3.2), le transport de l'eau par gravité, plus fiable et comportant moins de risques de défaillance, a été utilisé en priorité. Dans le cas où la topographie n'est pas favorable à l'écoulement vers le bassin Sud-est, des bassins de pompage ont été créés. Ces structures font partie de l'ensemble des structures prévues pour la gestion des eaux du site (fossés collecteurs et de dérivation, bassins, stations de pompage) qui protègent les bassins versants naturels autour du site minier. Ces structures visent à limiter la surface affectée par l'activité minière. La figure 14 présentent une vue schématique des installations de gestion de l'eau du prolongement du parc et de la halde.

Les systèmes de drainage du parc à résidus évolueront tout au long de son développement. Le concept de gestion des eaux en conditions ultimes est présenté dans le document de Golder (Golder, 2014c).

5.4.2 Considérations et critères

La directive 019 du MDDELCC pour l'industrie minière (MDDEFP, 2012) a servi comme document de référence pour le choix des critères de conception proposés des fossés collecteurs et des bassins de pompage du prolongement. La conception des fossés collecteurs et des bassins de pompage respecte les recommandations de la Directive 019 pour les aires d'accumulation sans retenue d'eau. La crue de conception est donc la crue 1 : 100 ans.

La crue de conception utilisée pour le dimensionnement des bassins de pompage et des fossés a été déterminée lors de l'analyse climatique réalisée dans le cadre du plan de gestion des eaux (Golder, 2014c).



5.4.3 Système de gestion des eaux au parc - sommaire

Il est proposé d'aménager deux nouveaux bassins de pompage à l'extrémité est du prolongement du parc. L'aménagement d'un petit bassin nommé « bassin de pompage Est » et d'un bassin de pompage plus important à la limite nord nommé « bassin de pompage Nord-est » sera nécessaire. Ils sont illustrés schématiquement à la figure 14. Il est prévu de construire ces deux bassins de pompage principalement par excavation.

Le ruissellement et l'eau des résidus du secteur du prolongement du parc à résidus sont collectés par un fossé et acheminés vers le bassin de pompage Nord-est, d'où l'eau est pompée vers le bassin Sud-est. Le fossé est prévu être construit à même la structure de confinement de l'extrémité est du prolongement du parc à résidus. Deux autres fossés situés au pied de la berme de départ draineront les eaux d'exfiltration du parc à résidus vers le bassin de pompage Est. L'eau de ce bassin sera pompée vers le fossé d'amenée au bassin de pompage Nord-est, et de là, vers le bassin Sud-est.

Dans le secteur sud du prolongement du parc, une partie du ruissellement et des eaux des résidus sera acheminée directement vers le bassin Sud-est par le fossé collecteur en utilisant la topographie favorable à l'écoulement naturel.

Au total, avec le prolongement, le système de gestion des eaux du parc à résidus collectera les eaux d'une superficie d'environ 6,9 km², excluant le bassin en amont du chemin du Concasseur.

6.0 ANALYSES DE CONCEPTION POUR LE PROLONGEMENT DU PARC À RÉSIDUS

Les analyses réalisées pour la conception du prolongement du parc à résidus sont les suivantes :

- Analyses de stabilité pour le prolongement du parc à résidus.
- Analyses de tassement des sols de fondation.
- Analyses de liquéfaction des sols de fondation.

Les analyses de stabilité pour le prolongement du parc à résidus ont été réalisées pour les différentes phases d'évolution du parc à résidus, soit la phase *Opération* et la phase *Fin des opérations*. Les conditions associées à ces phases ont fait l'objet d'une évaluation approfondie pour déterminer les pressions interstitielles dans les sols de la fondation durant la construction de l'empilement de résidus et la position de la nappe phréatique selon l'évolution du parc à résidus. La première section décrit l'approche employée pour définir les conditions associées aux phases *Opération* et *Fin des opérations*. Les sections suivantes présentent les analyses réalisées pour la conception du prolongement du parc à résidus.

6.1 Conditions en *opération* et en *fin des opérations*

6.1.1 Évaluation de la position de la nappe phréatique

Un des éléments clés à la réalisation des analyses de stabilité a été l'évaluation de la position de la nappe phréatique à travers l'empilement de résidus. Il est important de noter qu'une approche approximative a été adoptée lors de la conception du parc actuel pour déterminer la position de la nappe phréatique. La nappe a été positionnée à environ 2/3 de la hauteur totale de l'empilement et des analyses ont ensuite été conduites. La réalisation de la première campagne de caractérisation, la collecte des données *in situ* et particulièrement



l'obtention des résultats de la première évaluation du potentiel de liquéfaction des résidus ont fait ressortir l'importance du positionnement de la nappe phréatique dans l'empilement, en opération et à la fin des opérations. La saturation des résidus a une très grande influence sur leur susceptibilité à la liquéfaction, leur capacité de consolidation et sur l'ensemble de la stabilité dans tous les secteurs. Un effort très important, en termes de modélisation en considérant les paramètres issus des diverses caractérisations, a été déployé pour établir une position de la nappe réaliste pour application dans les analyses subséquentes.

Dans le cas particulier d'un parc à résidus dans les conditions climatiques du site de la Mine, l'apport d'eau au parc provient principalement de la déposition des résidus et des précipitations annuelles. La position de la nappe phréatique à travers l'empilement de résidus ainsi que les pressions interstitielles associées évoluent au fil de la déposition des résidus dans le parc. Une première approche, a été d'utiliser le logiciel VADOSE/W de la compagnie Geoslope International, afin de modéliser la déposition des résidus de façon à modéliser l'évolution du positionnement de la nappe phréatique en cours des opérations et d'estimer l'infiltration cumulative associée à une année climatique moyenne.

Le logiciel VADOSE/W a permis de modéliser les échanges entre le sol et l'atmosphère en utilisant les données climatiques comme une condition de frontière à la surface tout en tenant compte du régime thermique établi dans le sol et relatif à la position géographique du site.

La première approche a été de développer un modèle unidimensionnel pour simuler l'évolution de la déposition entre les années 2011 et 2013 afin d'évaluer la capacité du modèle à reproduire les observations recueillies depuis le début des opérations. Le modèle est basé sur les données stratigraphiques du secteur de la digue 5 et les propriétés hydrogéologiques évaluées lors des campagnes d'investigation. Les données climatiques des années 2010 à 2013 ont été utilisées comme condition frontière à la surface des résidus. Le modèle a inclus une déposition annuelle d'une couche de résidus saturés en eau d'environ 3 m d'épaisseur.

Les résultats de la modélisation ont été comparés à l'interprétation des données piézométriques de 2010 avant la déposition des résidus et des données piézométriques obtenus lors du programme de caractérisation des résidus en 2013 (Golder, 2012b, 2014e). Les résultats présentés à l'illustration 5 reproduisent l'augmentation des niveaux piézométriques observée dans les résidus près de la surface. La comparaison entre les niveaux reproduits et ceux observés vient confirmer que l'approche de modélisation choisie peut être considérée fiable. Cette évaluation concluante a permis d'étendre l'approche adoptée pour la modélisation d'une déposition progressive à un modèle bidimensionnel représentant les différents secteurs étudiés pour la stabilité du parc à résidus.



CONCEPTION DU PROLONGEMENT DU PARC À RÉSIDUS ET DE LA HALDE À STÉRILE

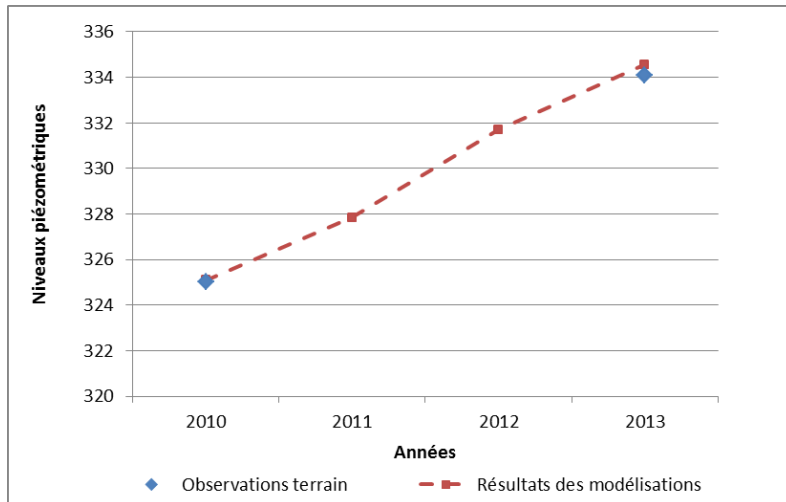
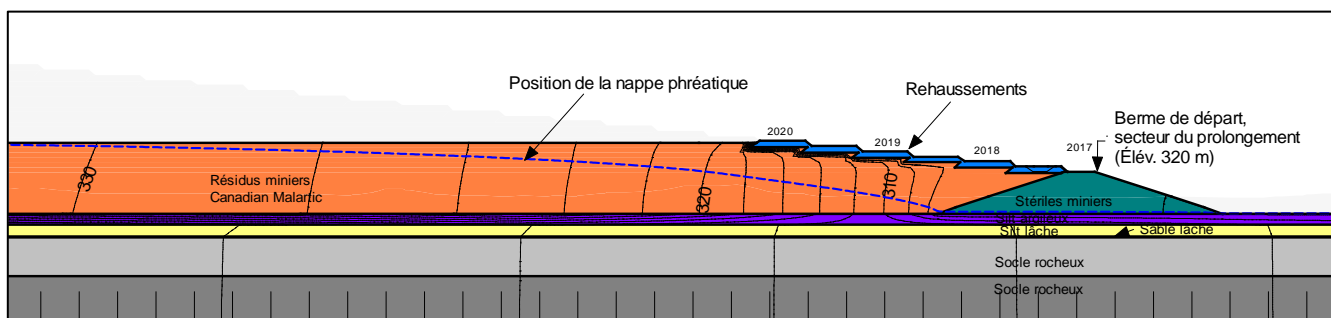


Illustration 5: Résultats comparatifs des niveaux piézométriques modélisés

Les modèles bidimensionnels ont été développés pour prendre en compte l'effet que le drainage à travers les structures de confinement a sur la position de la nappe phréatique. Ces analyses ont été réalisées à l'aide du logiciel SEEP/W de la compagnie Geoslope International. Les modèles développés tiennent compte des éléments suivants :

- La stratigraphie du profil étudié selon les données de forages disponibles dans les secteurs à l'étude.
- Les propriétés des résidus et des sols de fondations basées sur l'interprétation des résultats des essais de perméabilité *in situ* et des essais en laboratoire.
- Le taux de déposition annuel et la configuration de l'empilement selon le plan de déposition.
- Un taux d'infiltration journalier basé sur l'évaluation de l'infiltration dans les résidus et dans les stériles à l'aide du logiciel VADOSE/W. Cette évaluation a été faite à partir de l'année climatique moyenne 1970 (Golder, 2014c).

L'illustration 6 présente un aperçu des résultats des analyses d'écoulement montrant l'évolution de la position de la nappe phréatique selon l'évolution du parc à résidus.





CONCEPTION DU PROLONGEMENT DU PARC À RÉSIDUS ET DE LA HALDE À STÉRILE

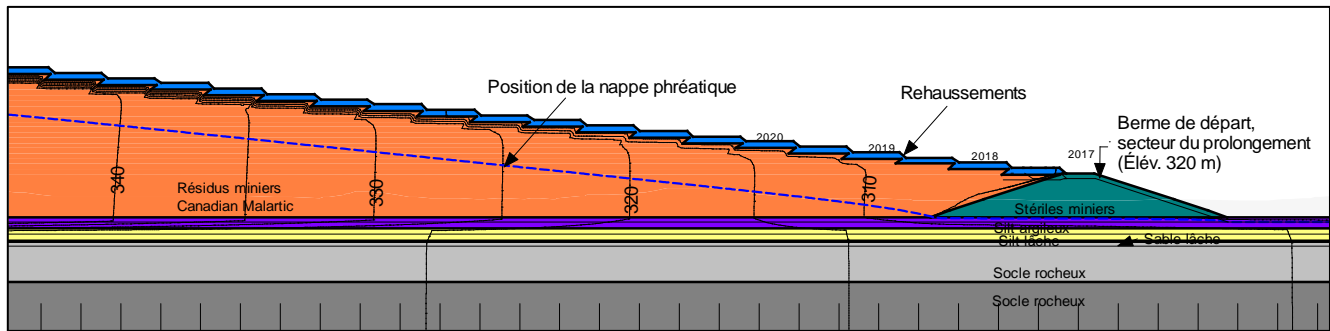


Illustration 6: Évolution de la position de la nappe phréatique selon le rehaussement du parc, exemple à deux périodes différentes. Les courbes représentent la distribution des pressions d'eau (charge totale) dans l'empilement.

6.1.2 Conditions en opération

Cette phase représente les conditions en fin de construction et de remplissage. À ce moment, le parc à résidus, rehaussé de façon progressive, aura atteint sa configuration finale. Par simplicité, les analyses de conception ont considéré l'élévation finale du parc à résidus à l'élévation 380 m. Comme démontré dans le récent plan de déposition (Golder 2014d), il se peut que le parc atteigne une élévation plus basse. La configuration finale sera déterminée en fonction de la quantité de résidus qui sera entreposée dans la fosse.

Il est anticipé que dans les secteurs où l'argile est présente dans les fondations, le remplissage du parc aura pour effet de générer des pressions interstitielles en excès dans cette couche qui se dissiperont dans le temps. Or, le parc est en constante évolution et les couches d'argile dans la fondation seront constamment sollicitées.

Dans les analyses, il est possible de tenir compte de cette sollicitation de deux façons différentes. La première est d'utiliser les propriétés non drainées de l'argile mesurées sur le terrain. Il est anticipé que ces propriétés devraient montrer un gain de résistance avec la consolidation de l'argile sous le chargement. Or, il est difficile de bien établir l'ordre de grandeur et le temps de ce gain en résistance. La deuxième approche, celle adoptée pour les analyses de cette étude, est de considérer les propriétés drainées de l'argile dans les analyses de stabilité en tenant compte des surpressions générées par le chargement. Cette façon permet à la fois de tenir compte des surpressions causées par le chargement et de leur dissipation au fil des rehaussements.

Les pressions interstitielles en excès générées sous la déposition des résidus ont été évaluées à l'aide du logiciel SIGMA/W de la compagnie Geoslope International. Ce dernier est un logiciel de calcul de contraintes et de déformations permettant la modélisation d'une déposition progressive fidèle au plan de déposition. La méthode dite couplée de résolution de calculs rend possible l'évaluation des pressions interstitielles en excès générées dans les fondations selon les dépositions ainsi que la dissipation subséquente gouvernée par les paramètres de consolidation sélectionnés.

Les modèles SIGMA/W tiennent compte des éléments suivants :

- La stratigraphie du profil étudié selon les données de forages disponibles dans les secteurs à l'étude.
- Les propriétés des sols de fondation basées sur l'interprétation des résultats des essais de consolidation en cellule œdométrique réalisés en laboratoire à partir des forages disponibles dans les secteurs à l'étude.



- La variation des pressions interstitielles dans les matériaux de fondation par l'utilisation de modèles en contraintes effectives à travers une résolution numérique couplée.
- Les matériaux déposés (résidus et stériles) sont modélisés à l'aide d'un modèle en contraintes totales afin de concentrer l'analyse sur la génération/dissipation des pressions interstitielles dans les sols de fondation.
- Le taux de déposition annuel et la configuration de l'empilement selon le plan de déposition.

Les analyses en conditions *opération* ont donc été réalisées en contraintes effectives en utilisant les propriétés drainées des matériaux et en considérant les pressions interstitielles évaluées par le modèle de drainage et déformation, tel que présenté en détail sur chacune des figures de l'annexe C.

6.1.3 Conditions en *fin des opérations*

Cette phase est associée à des conditions stables qui se présentent principalement lorsque la construction et l'opération de l'ouvrage sont achevées et que l'infiltration est à l'équilibre. Cette phase correspond à environ 10 ans suivant l'arrêt de déposition dans le parc. Durant cette période, il n'y a plus de déposition de résidus au parc, les travaux de restauration sont en cours et les surpressions causées par le rehaussement du parc et la déposition des résidus se dissipent.

L'analyse d'écoulement a été réalisée à partir des conditions dites Opération en ne considérant que l'infiltration à la surface des résidus et des stériles comme apport d'eau. La position de la nappe phréatique obtenue après cette période est celle utilisée pour les analyses de stabilité.

En ce qui concerne les analyses en *fin d'opérations*, elles ont été réalisées en contraintes effectives en utilisant les propriétés drainées des matériaux, tel que présenté en détail sur chacune des figures de l'annexe C.

6.2 Analyses de stabilité

Les analyses de stabilité ont été réalisées selon les méthodes conventionnelles d'équilibre limite afin d'évaluer la stabilité globale de l'empilement du parc à résidus. Les analyses ont été réalisées en utilisant une approche bidimensionnelle qui est une simplification prudente du problème tendant à représenter approximativement la géométrie des structures de confinement.

Les analyses de stabilité ont été effectuées à l'aide du logiciel SLOPE/W, développé par l'entreprise GEO-SLOPE International, et en utilisant la méthode de Morgenstern-Price, qui satisfait à la fois l'équilibre des forces et des moments. Pour toutes les analyses, le facteur de sécurité de plusieurs surfaces de rupture potentielle a été calculé afin de déterminer le facteur de sécurité minimum requis.

6.2.1 Profils étudiés et propriétés des matériaux

Les profils étudiés représentent différents secteurs du parc à résidus où les conditions de la fondation ou la configuration des structures de confinement sont différentes. La position de ces profils est présentée à la figure 2. Les profils étudiés sont les suivants:

- Secteur du prolongement : l'alignement de la berme de départ a été choisi en fonction de la topographie du secteur du prolongement ainsi qu'en fonction de la capacité d'entreposage recherchée. Les analyses de stabilité ont été réalisées sur une coupe présentant le secteur du prolongement avec une fondation correspondant à la majeure partie du secteur. Le secteur du ruisseau Raymond possède une épaisseur de sol cohérent plus importante que la coupe utilisée dans notre analyse. Il est présentement considéré que la



fondation dans ce secteur nécessitera une amélioration, qui pourrait prendre, par exemple, la forme d'une excavation partielle des sols cohérents.

- Secteur de la digue 5 : le secteur de la digue 5 a été considéré, depuis le début des études à la Mine, comme un secteur important où la structure la plus importante de l'ancien parc Est-Malartic demeurera comme une structure de rétention dans la conception du nouveau parc. Étant donné la récente mise à jour des propriétés des résidus, il a été considéré pertinent de mettre à jour l'évaluation de la stabilité dans ce secteur.
- Secteur de la digue 4 : la revue de la capacité et l'élaboration du nouveau schéma de remplissage ont fait en sorte qu'une reconfiguration a été proposée pour le secteur de la digue 4. Afin d'être constant dans l'approche, ce secteur a aussi subi une réévaluation de sa stabilité compte tenu de cette nouvelle configuration.

Les propriétés des matériaux utilisées dans chacune des analyses sont présentées aux figures de l'annexe C. Les propriétés sont basées sur l'interprétation des résultats des travaux d'investigation et des essais en laboratoire.

6.2.2 Conditions de chargement

Pour les analyses en condition pseudo-statique, le coefficient sismique utilisée est de 0,0375 g. Elle correspond à 50 % de la valeur de l'accélération horizontale au roc de 0,075 g pour une période de récurrence de 1:2 475 ans (NBC, 2010).

Les analyses pseudo-statiques sont inspirées de la méthode d'analyse proposée par le « US Army Corps of Engineers (1984) ». Cette méthode propose d'effectuer l'analyse pseudo-statique conventionnelle en utilisant un coefficient sismique égal à la moitié de l'accélération maximale horizontale au roc, afin de réduire les paramètres de résistance des matériaux de 20 % et de rechercher un facteur de sécurité de 1,0. Étant donné que le facteur de sécurité minimum recherché est de 1,1 pour répondre aux critères, aucune diminution des résistances des matériaux n'a été appliquée pour les analyses.

L'analyse du cas représentant la liquéfaction des résidus consiste à faire une analyse statique en supposant que les résidus sont déjà liquéfiés sous l'impact d'une sollicitation sismique. Les résidus sous la nappe phréatique se comportent comme un liquide visqueux ayant le même poids que la matière solide. L'angle de friction des résidus en condition postsismique retenu pour les analyses correspond à une résistance au cisaillement résiduelle normalisée (S_r/σ'_{vo}) de l'ordre de 0,1, une valeur moyenne de la plage estimée à l'aide des résultats *in situ* (section 4.3.5) et donc à un angle de friction résiduel de $5,7^\circ$. Au-dessus de la nappe phréatique, les résidus situés dans la frange capillaire sont dans un état près de la saturation. Dans cette zone, on considère l'effet de la succion qui se développe au-dessus de la nappe phréatique et qui contribue à augmenter partiellement la résistance au cisaillement des résidus. Cette augmentation est fonction de la nature des résidus caractérisée par leur courbe de rétention d'eau. Au-delà de cette zone, les résidus se déssaturent en fonction de leurs propriétés de rétention d'eau et sont considérés comme n'étant pas susceptibles à la liquéfaction. Il est important de noter que la masse complète des résidus, sous la nappe phréatique et dans la zone de saturation par capillarité, a été considérée comme susceptible à la liquéfaction. À ce stade-ci de l'évolution du parc, cette approche a été considérée prudente.



6.2.3 Résultats des analyses

L'annexe C présente les résultats des différentes analyses d'écoulement et de stabilité. Les tableaux 6 à 8 présentent les résumés des facteurs de sécurité obtenus pour les différents secteurs.

Tableau 6: Secteur du prolongement - facteurs de sécurité minimaux obtenus

| | | Opération | | | Fin des opérations | | |
|---|-----------------|-----------|-----------------|-----------------|--------------------|-----------------|-----------------|
| | | F.S. visé | F.S. min obtenu | Figure d'annexe | F.S. visé | F.S. min obtenu | Figure d'annexe |
| Conditions statiques | Sans mitigation | ≥ 1,3 | 1,73 | C-1 | ≥ 1,5 | 1,83 | C-7 |
| | Avec mitigation | | 1,73 | C-5 | | 1,63 | C-11 |
| Conditions pseudo-statiques | Sans mitigation | ≥ 1,1 | 1,53 | C-2 | ≥ 1,1 | 1,6 | C-8 |
| | Avec mitigation | | 1,52 | C-6 | | 1,47 | C-12 |
| Conditions en postliquéfaction (postsismique) | Sans mitigation | > 1,0 | 0,88 | C-3 | > 1,2 | 0,95 | C-9 |
| | Avec mitigation | | 1,00 | C-4 | | 1,2 | C-10 |

Tableau 7: Secteur de la digue 5: Facteurs de sécurités minimaux obtenus

| | | Opération | | | Fin des opérations | | |
|---|-----------------|-----------|-----------------|-----------------|--------------------|-----------------|-----------------|
| | | F.S. visé | F.S. min obtenu | Figure d'annexe | F.S. visé | F.S. min obtenu | Figure d'annexe |
| Conditions statiques | Sans mitigation | ≥ 1,3 | 2,35 | C-13 | ≥ 1,5 | 2,26 | C-19 |
| | Avec mitigation | | 1,57 | C-18 | | 1,53 | C-23 |
| Conditions pseudo-statiques | Sans mitigation | ≥ 1,1 | 2,00 | C-14 | ≥ 1,1 | 1,81 | C-20 |
| | Avec mitigation | | 1,39 | C-17 | | 1,36 | C-24 |
| Conditions en postliquéfaction (postsismique) | Sans mitigation | > 1,0 | 0,72 | C-15 | > 1,2 | 0,92 | C-21 |
| | Avec mitigation | | 1,01 | C-16 | | 1,2 | C-22 |



Tableau 8: Secteur de la digue 4: Facteurs de sécurités minimaux obtenus

| | | Opération | | | Fin des opérations | | |
|---|-----------------|-----------|-----------------|-----------------|--------------------|-----------------|-----------------|
| | | F.S. visé | F.S. min obtenu | Figure d'annexe | F.S. visé | F.S. min obtenu | Figure d'annexe |
| Conditions statiques et écoulement stationnaire | Sans mitigation | ≥ 1,3 | 1,61 | C-25 | ≥ 1,5 | 1,56 | C-28 |
| | Avec mitigation | | | | | 1,59 | C-32 |
| Conditions pseudo-statiques | Sans mitigation | ≥ 1,1 | 1,38 | C-26 | ≥ 1,1 | 1,38 | C-29 |
| | Avec mitigation | | | | | 1,40 | C-33 |
| Conditions en postliquéfaction (postsismique) | Sans mitigation | > 1,0 | 1,03 | C-27 | > 1,2 | 1,12 | C-30 |
| | Avec mitigation | | | | | 1,20 | C-31 |

6.2.4 Discussion et recommandation

La série d'analyses nous permet de faire les observations suivantes en ce qui concerne le comportement du parc :

- Typiquement en conditions statique et pseudo-statique, la configuration proposée pour le développement du parc n'a pas besoin d'amélioration et montre une bonne performance tant au niveau statique que pseudo-statique. Comme discuté, le cas de la vallée du ruisseau Raymond nécessitera une attention particulière. En effet, le rythme rapide de mise en place des résidus crée beaucoup de surpression dans les sols cohérents présents en épaisseurs importantes dans la vallée. Il est donc nécessaire de prévoir des mesures de mitigation particulière, dont possiblement l'excavation partielle des sols. Dans le reste du secteur du prolongement, les épaisseurs de sols cohérents étant plus faibles, un meilleur contrôle des surpressions peut être exercé. Dans tous les cas, lors de la conception détaillée, les épaisseurs de sols seront confirmées sur la totalité de l'alignement du prolongement.
- Dans tous les cas étudiés, la configuration du parc est contrôlée par les analyses en post-liquéfaction. En condition d'*opération*, la nappe phréatique étant plus élevée, les F.S. sont plus faibles qu'en condition *Fin des opérations*. L'ajout de mesures de mitigation est nécessaire afin que le système puisse permettre d'obtenir les critères recherchés (F.S. min). Plusieurs types de mesures peuvent être implantés pour remédier à cette situation, incluant les mesures relativement simples présentées ici, consistant à l'ajout de berme de stabilisation. Étant donné aussi que les F.S. recherchés sont plus élevés en *Fin des opérations*, l'ampleur de bermes nécessaires pour cette condition semble plus importante. Toutefois, il est très important de noter que les résidus subiront de la consolidation avec le temps et que leur condition *in situ* changera, typiquement, selon le concept actuel, vers une diminution de leur susceptibilité à la liquéfaction sous l'influence du séisme de conception. Cet aspect devra être approfondie étant donné son impact sur le concept du parc à résidus et sera vérifié à chaque étape de mise à jour du concept en tenant compte des observations.



- Les mesures de mitigation proposées (bermes de stabilité) ajoutent du poids sur les rehaussements et les fondations. Des vérifications ont donc été nécessaires afin d'analyser l'influence de ce poids additionnel sur le comportement en conditions statique et pseudo-statique du système de confinement. Dans certains cas, exemple de la digue 5, l'ajout de poids cause une diminution mineure du F.S. Toutefois, les F.S. minimaux sont respectés.
- La condition post-liquéfaction (post-sismique) est une condition particulière dont l'occurrence dépend d'une sollicitation. Il n'est pas jugé que les bermes calculées soient nécessaires d'une façon immédiate car elles ne sont pas requises pour les conditions statique et pseudo-statique. Elles, ou toute autre mesure de mitigation, pourront être implantées tout au long de la vie du parc.
- La réalisation de l'étude de stabilité ainsi que le nouveau schéma de remplissage (Golder, 2014d) font ressortir le fait que la gestion des résidus pourrait se voir alléger si une plus grande partie des résidus sont déposés dans l'espace de la fosse. En effet, la meilleure façon d'éliminer les risques associés à une masse de résidus liquéfiés est de les déposer dans un espace confiné dans le roc. Quoique notre étude montre que les effets d'une liquéfaction des résidus pourraient être bien contrôlés en surface, la mise en place des résidus sous terre demeure une option à privilégier qui permet d'éliminer le risque et non pas de le contrôler.
- Dans tous les cas, l'implantation et le maintien du système de suivi des pressions interstitielles, dans les fondations et dans les résidus, doivent continuer.

6.3 Analyses des tassements

6.3.1 Méthodologie

Il est prévu que la portion du parc à résidus située dans le secteur du prolongement ainsi que les structures de confinement seront soumises à des tassements tout au long de l'opération du parc et quelques années suivant la fin des opérations, en raison de la nature des sols de fondation (sols naturels et résidus). Selon le profil stratigraphique le long de l'alignement de la berme de départ présenté à la figure 8, le secteur du ruisseau Raymond comporte une épaisseur importante de sols cohérents (de l'ordre de 10 m et plus) qui semblent être confinés entre deux affleurements rocheux. Cet endroit a été identifié comme un secteur où un différentiel de tassement important est attendu et doit être évalué afin de mieux concevoir la zone de transition proposée sur la face amont de la berme de départ. Une analyse des tassements a été conduite pour estimer le tassement potentiel pouvant être induit à la suite de la construction de la berme de départ.

Le tassement attendu des sols de fondation dans le secteur du ruisseau Raymond a été calculé avec le logiciel Settle 3D développé par la compagnie Roc Science. La stratigraphie modélisée est basée sur les forages BH-11-22 et BH12-10, avec une berme de départ ayant une largeur en crête de 12 m, des parois aval et amont de 3H : 1V et un poids unitaire de 20,5 kN/m³. La hauteur maximale de la berme de départ prévue pour la modélisation est de l'ordre 10 m. La distribution des contraintes induites par la digue dans les sols a été effectuée selon la technique de Boussinesq. Le niveau de la nappe a été appliqué en surface du terrain naturel aux fins d'analyse.

6.3.2 Propriétés des matériaux

Les propriétés géotechniques utilisées pour les analyses de tassement se retrouvent au tableau 9. Les propriétés proviennent des essais de laboratoire et de l'expérience de Golder.



Tableau 9 : Propriétés géotechniques utilisées dans les analyses des tassements

| | Silt | Argile silteuse | Silt argileux | Till |
|--|-----------|-----------------|---------------|-------|
| Poids unitaire (kN/m ³) | 17,5-18,7 | 17,5 | 17,5 | 18 |
| Coefficient de poisson | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 |
| Module élastique (E _s) | 5000 | 26000 | 26000 | 22000 |
| Coefficient de compression (C _c) | - | 0,75-0,84 | 0,57 | - |
| Indice des vides initial (e ₀) | - | 1,75-1,8 | 1,64 | - |
| Coefficient de consolidation (OCR) | - | 1,04-4,7 | 3,7 | - |

6.3.3 Résultats des analyses et conclusion

Le tassement maximal estimé pouvant être induit par la construction de la berme de départ, dans le secteur du prolongement, et plus spécifiquement dans l'ancien lit du ruisseau Raymond, est de l'ordre de 1,8 m selon le degré de surconsolidation et l'épaisseur des sols cohérents.

Comme discuté à la section 5.2.1, il est possible qu'une partie des dépôts argileux sous l'empreinte de la berme de départ dans le secteur du lit du ruisseau Raymond soit excavée afin de faciliter la construction et le développement du parc. Peu d'investigations ont eu lieu à cet endroit pour le moment en raison de la présence d'une zone marécageuse (section 3.0). L'évaluation des tassements et la préparation de la fondation dans ce secteur devront être finalisées lors de la phase de conception détaillée de la berme de départ.

6.4 Analyse de liquéfaction des sols de fondation

Le potentiel de liquéfaction des sols de fondation a été analysé sous l'alignement projeté de la berme de départ du secteur du prolongement (forage BH-11-18). Ce forage a été sélectionné pour l'analyse parce qu'il constitue le pire scénario, à cause de sa stratigraphie contenant une grande épaisseur de sol granulaire potentiellement liquéfiable (silt et sable) ainsi que leur faible valeur de N.

Les analyses ont été réalisées avec le logiciel LiquefyPro V5 de Civiltech Software (2011) qui utilise la méthode de Seed et Idriss (1971). Selon cette technique, le facteur de sécurité (F.S) des sols potentiellement liquéfiables est calculé à partir du ratio 'Cyclic Stress Ratio' (CSR) sur le ratio 'Cyclic Resistance Ratio' (CRR) (F.S=CSR/CRR).

Le potentiel de liquéfaction a été calculé pour un tremblement de terre de magnitude 6. La magnitude du tremblement de terre est basée sur la désagrégation sismique calculée par la Commission Géologique du Canada (CGD) pour la région de Val-d'Or. L'aléa sismique utilisé pour les analyses est de 0,075g et constitue une probabilité de dépassement de 2 % sur 50 ans selon le Code National du Bâtiment Canadien de 2010. Les poids volumiques des matériaux sont les mêmes que ceux utilisés dans les analyses de tassement et de stabilité. La position de la nappe dans les analyses a été placée en surface.

Les résultats des analyses du potentiel de liquéfaction sont présentés à l'Annexe D. Les figures présentent le F.S. en fonction de la profondeur ainsi que la stratigraphie utilisée. Le potentiel de liquéfaction a été calculé sans correction pour les particules fines, avec la correction de NCEER (1997) pour les particules fines, avec la



correction de Stark & Olsen (1995) pour les particules fines et avec la correction modifiée de Stark & Olsen (1995) pour les particules fines.

Avec les corrections pour les particules fines, les sols de fondation analysés présentent un F.S. supérieur à 1,3. Sans la correction pour les particules fines, le forage BH-11-18 présente des zones potentiellement liquéfiables dans le silt. Le forage BH-11-18 montre une zone potentiellement liquéfiable de 1,5 m entre 2,5 m et 4 m de profondeur ayant un F.S. aux environs de 1,0.

Selon ces résultats, il n'est pas conseillé de procéder à une amélioration des sols de fondation puisque la zone potentiellement liquéfiable est de faible étendue..

7.0 CONCEPTION DU PROLONGEMENT DE LA HALDE À STÉRILES

La halde constituera la limite nord du parc à résidus. Ainsi, de façon similaire à l'opération actuelle, le développement de la halde sera étroitement lié à celui du parc à résidus. Tout au long du développement du parc, la halde à stériles s'étendra vers l'est. Au cours de l'opération, la halde viendra empiéter sur une zone inactive limitée du parc à résidus, soit dans la partie de la cellule PR1E (cellule identifiée à la figure 1).

De façon générale, la mise en place de la halde consiste en une pente globale de 2,5H : 1V, par bancs successifs de 10 m de hauteur et ayant une pente individuelle de 1,35H : 1V. Des paliers de 11,5 m de large sont aménagés entre chacun des bancs.

La séquence de développement de la halde est dépendante de l'exploitation des fosses Gouldie et Jeffrey. Une fois l'exploitation de ces fosses terminée, la halde viendra les recouvrir. La séquence de déposition des stériles est développée par CMGP.

7.1 Critères de conception

7.1.1 Directive et guides

Il existe actuellement peu de balises en ce qui concerne la conception des haldes à stériles miniers. Ces dernières constituent selon notre interprétation de la Directive 019, des aires d'accumulation sans retenue d'eau. Dans le cadre de l'Extension Canadian Malartic, la halde à stériles est constituée de matériaux non susceptibles à la liquéfaction. Toutefois, afin de pouvoir établir les risques associés à sa conception, deux références principales ont été utilisées :

- Le manuel d'investigation et de conception pour les haldes à stériles et de mort-terrain de Piteau, 1991 : ce manuel fournit une méthodologie d'évaluation objective et permet de bien définir la portée de l'effort nécessaire lors d'une conception;
- Aubertin et al., 2013 : Article proposant plusieurs balises visant à mieux circonscrire l'effort de conception des haldes à stériles au Québec.

Il est à noter que le prolongement de la halde à stériles, en ce qui a trait à sa capacité, sa configuration et son accès, est conçu par CMGP. Comme pour la halde à stériles autorisée, la configuration proposée du prolongement de la halde à stériles devra être analysée au niveau de la stabilité compte tenu des fondations en place et inclure, au besoin, des mesures permettant d'améliorer sa performance, y compris des modifications reliées à la construction de la halde (entre autres, épaisseur des bancs, séquence).



7.1.2 Classification de la halde à stériles

L’empreinte de la halde à stériles a été séparée en trois secteurs présentés à la figure 2, soit les secteurs ouest, central et est. La classification de la halde a été effectuée pour chacun des secteurs. Il est à noter que le prolongement de la halde correspond principalement au secteur est.

Le pointage obtenu, selon la méthodologie proposée par Piteau (1991), s’élève à 500 pour les secteurs ouest et central et à 700 pour le secteur est. Ces résultats démontrent que le secteur du prolongement ne pourra pas nécessairement être développé de la même manière que la halde actuelle. La différence réside dans la nature des sols sous-jacents à la halde ainsi que dans les conditions piézométriques, lesquelles sont aussi reliées à la nature des fondations. Le secteur du prolongement de la halde à stériles est caractérisé par la présence d’un dépôt d’argile de consistance molle à raide pouvant atteindre localement une épaisseur de plus de 10 m. Les épaisseurs d’argile les plus grandes se trouvent notamment dans le secteur du milieu humide situé au sud et au sud-est de la future fosse Jeffrey.

Notons qu’un pointage de 500 correspond à un risque de rupture faible (type II) de la halde, tandis qu’un pointage de 700 correspond à un risque de rupture modéré (type III). Les résultats sont présentés dans le tableau 10 ci-dessous.

Tableau 10: Classification de la halde à stériles

| Item | Facteur | Description | Pointage | | |
|----------|--|--|---------------|-----------------|---------------|
| | | | Secteur ouest | Secteur central | Secteur est |
| 1 | Hauteur de la halde | 110 m à 130 m | 100 | 100 | 100 |
| 2 | Volume de la halde | Large –1 164 m ³ | 100 | 100 | 100 |
| 3 | Pente de la halde | Plat – <26° | 0 | 0 | 0 |
| 4 | Pente des fondations | Plat – <10° | 0 | 0 | 0 |
| 5 | Degré de confinement | Non confinée – construction ascendante, le parc à résidus présent au sud n’est pas considéré comme un confinement | 100 | 100 | 100 |
| 6 | Types de fondation | Compétentes (ouest et centre) Faibles (est) | 0 | 0 | 200 |
| 7 | Qualité des stériles | Élevée – Durable, <10 % particules fines | 0 | 0 | 0 |
| 8 | Méthode de construction | Favorable – couches stériles <25 m, dépositions le long des contours, plateformes larges, construction ascendante, terrasses | 0 | 0 | 0 |
| 9 | Conditions piézométriques et climatiques | Intermédiaire – pressions interstitielles faibles (ouest et central) à élevées (est), pas de nappe dans la halde, précipitations modérées, infiltration élevée dans la halde | 100 | 100 | 100 |
| 10 | Taux d’avancement | Modéré | 100 | 100 | 100 |
| 11 | Sismicité | Aléa relatif classé faible | 0 | 0 | 0 |
| Pointage | | | 500 | 500 | 700 |
| Type | | | Faible (II) | Faible (II) | Modérée (III) |



Selon le manuel d'investigation et de conception pour les haldes à stériles et de mort-terrain (Piteau, 1991), pour les haldes de type II (faible), des analyses de stabilité de base sont requises et les résultats influencent généralement peu la conception de la halde. Une instrumentation de la halde et des inspections régulières sont recommandées. Ces recommandations sont cohérentes avec ce qui avait été fait et recommandé dans le passé pour les portions ouest et centrale du site.

Pour une halde de type III (modérée), des analyses de stabilité sont requises et elles influencent et peuvent, dans certains cas, contrôler la conception de la halde à stériles dans certains secteurs. Un rapport de conception de la halde est généralement requis. Des restrictions de construction modérées pourraient être émises, par exemple, en limitant le taux d'avancement et la hauteur des couches. Des instruments de mesure devraient être installés et un suivi serré devrait être effectué afin de documenter la réponse du sol et établir des limites de chargement avant de confirmer les détails de conception de la halde.

7.1.3 Stabilité de l'ouvrage

Aubertin et al. (2013) propose des facteurs de sécurité (F.S.) pour l'analyse de la stabilité des haldes à stériles. Le tableau 4 présente les F.S. retenus pour la conception du prolongement de la halde.

Tableau 11: Facteurs de sécurité (F.S.) - conception de la halde à stériles

| Paramètres | Condition | Facteur de sécurité (F.S.) |
|---|------------------------|----------------------------|
| Stabilité locale de la surface (pour chaque banc) | Statique - court terme | 1,0 |
| | Statique - long terme | 1,2 |
| Stabilité globale (ruptures en profondeur ou dans les fondations) | Statique - court terme | 1,3 |
| | Statique - long terme | 1,5 |
| | Pseudo-statique | 1,1 |
| Capacité portante de la fondation | | 1,5 |

Niveau phréatique dans la halde

Étant donné la nature perméable des stériles, aucune rétention d'eau n'est anticipée dans la halde et il est estimé que le niveau phréatique se situe près de la surface de l'assise.

7.1.4 Période de récurrence du séisme de conception

Selon certaines des recommandations de la Directive 019 (2012), le choix de la récurrence sismique doit être justifié par rapport au risque que l'ouvrage représente, mais ne doit pas être inférieure à la probabilité de dépassement annuelle de 1 : 2 475 ans. Quoique ces recommandations soient émises pour des ouvrages avec retenue d'eau, elles semblent indiquer une approche prudente dans le choix de la période de récurrence pour les analyses de stabilité en général et ont été adoptées pour la halde à stériles.

Ainsi, une accélération horizontale ayant une période de récurrence 1 : 2 475 ans et spécifique au site de la Mine (soit de 0,075 g) a donc été utilisée pour les analyses pseudo-statiques afin de tenir compte de l'esprit général de la Directive 019. La fiche d'aléa sismique du site est présentée à l'annexe B.



7.2 Propriétés des stériles

Les stériles sont constitués de roches et de poussières de roche dont les particules varient de 0,08 mm à environ 2,5 m. Comme observé sur le terrain, les pentes des bancs individuels se stabilisent, lors de la mise en place des stériles, selon un angle de 1,35H : 1V. Cette observation permet de conclure que l'angle de repos des stériles est de l'ordre de 37°.

Le poids volumique utilisé dans les analyses de stabilité pour les stériles de la halde est de 20,5 kN/m³.

7.3 Proximité des infrastructures

Le prolongement de la halde à stériles sera construite à proximité de la route 117 et des fosses Canadian Malartic et Jeffrey. Des distances de recul ont été établies et devront être respectées lors de la conception :

- Les études de conception de la fosse effectuées en 2007 et en 2011 indiquent que le pied de la halde à stériles doit se situer à une distance d'au moins 50 m du contour de la fosse au roc (Golder, 2008c et 2012a).
- Le pied de la halde devra se situer à une distance d'au moins 100 m de la route 117. Cette distance a été fournie par CMGP et est basée sur la distance à respecter entre la fosse et la route 117 (MTQ, 2012).

Aussi, il est prévu qu'un bassin de pompage soit construit à l'extrémité est de la halde à stériles, tel qu'illustré à la figure 14. Une distance de recul de 75 m a été établie préliminairement pour l'aménagement de ce bassin. Cette distance de recul sera réévaluée lors de la conception du bassin en considérant, dans les analyses de stabilité, la présence de la halde.

7.4 Éléments clés de la mise en place de la halde actuelle sur la cellule 1

7.4.1 Mise en contexte

La halde à stériles actuelle de la Mine occupe aujourd'hui le secteur de la cellule 1, anciennement un parc à résidus de la mine EM. Dans le secteur de la cellule 1, il a été établi, conjointement par Golder et CMGP, que compte tenu de la présence de vieux résidus et des dépôts argileux, la mise en place des stériles nécessitera des vérifications de stabilité et, potentiellement, l'implantation de mesures de mitigation.

En effet, la fondation de la halde dans le secteur de la cellule 1 est constituée de résidus lâches d'une épaisseur de 5 à 6 m, suivis d'un dépôt argileux pouvant aller, selon les données initialement disponibles, jusqu'à 7 m d'épaisseur. L'évaluation de la stabilité initiale (Golder 2013a) a montré que les F.S. minimum pour la halde à pleine hauteur sont rencontrés à long terme, c'est-à-dire lorsque les sols de fondation se sont drainés et que les conditions effectives sont atteintes. Toutefois, les analyses en conditions non drainées, c'est-à-dire à court terme, lors de la construction et du chargement des dépôts argileux, les F.S. minimums ne sont pas rencontrés. Ces analyses avaient été faites en considérant la pleine hauteur de la halde et en tenant compte de la résistance au cisaillement non drainé de l'argile en place. Cette stratégie d'analyses représente un cas hypothétique où l'argile n'a pas eu de temps de drainage ni d'augmentation de sa résistance. Il est à rappeler que, lors de la mise en place, les argiles sont surchargées avec le poids des stériles, il est alors possible que des ruptures se développent, particulièrement lorsque le chargement se fait rapidement sans permettre la dissipation des pressions interstitielles. L'étude a donc conclu que des mesures de mitigation particulières étaient nécessaires dans le secteur.



7.4.2 Étude de stabilité par étape et instrumentation

Il a été établi, dans le cadre de la planification des travaux, que les mesures de mitigation les plus appropriées pour le site de la cellule 1 sont composées des éléments suivants:

- *La réalisation d'une étude de stabilité par étape (annexe E-1)* : L'objectif de cette étude était de modéliser, de façon fidèle, le comportement des fondations suivant la mise en place de chaque banc. En utilisant des paramètres de départ, la méthodologie employée permet de calculer les pressions interstitielles qui pourraient se développer dans la fondation. Ces pressions sont ensuite appliquées dans les analyses de stabilité afin de vérifier si les facteurs de sécurité à court terme sont respectés ou non. Lorsque les F.S. sont faibles, la méthode permet aussi de calculer le temps nécessaire afin que les pressions se dissipent et permettent l'atteinte d'un niveau de stabilité acceptable. Les résultats ont indiqué que les temps de dissipation des pressions pourraient varier entre 30 à 80 jours, et ce, en considérant une réduction des hauteurs des bancs et la mise en place de berme de stabilité. Il a été toutefois reconnu que des mesures directes sur le terrain lors du chargement des dépôts peuvent permettre de calibrer davantage le modèle.
- *L'installation d'instruments et la prise de lectures (annexe E-2)* : L'objectif de cette étape était de permettre l'obtention de données directes lors du chargement des argiles et de permettre une meilleure calibration des paramètres de modélisation. Cinq piézomètres ont été installés selon deux profils différents, dont un piézomètre dans les résidus et quatre dans les argiles, visant les couches ayant la résistance non drainée la plus faible. Il est aussi prévu que la campagne se poursuive avec la mise en place de piézomètres additionnels et d'inclinomètres à des endroits ciblés. Les résultats obtenus lors du premier chargement des piézomètres, déjà réalisé, lors de l'écriture de ce rapport, ont permis de mettre à jour les paramètres de l'étude de stabilité par étape.
- *La mise à jour de l'étude de stabilité par étape en utilisant les paramètres calibrés (annexe E-3)*: La mise à jour a permis d'établir que les délais de dissipation des pressions interstitielles générées par le chargement pourraient être plus longs qu'initialement calculés. En effet, compte tenu de la réponse mesurée lors du chargement, il a été estimé que le temps de dissipation pouvait atteindre au-delà de 150 jours pour certains paliers. Il est aussi important de noter que la stabilité à long terme, lorsque les pressions interstitielles en excès ont eu le temps de se dissiper, a aussi été réévaluée en considérant les informations additionnelles recueillies lors des forages d'installation de l'instrumentation. Les résultats montrent toujours que la stabilité à long terme n'est pas un problème et que les F.S. sont rencontrés.

La mise à jour de l'étude de stabilité par étape a aussi mis en lumière le fait que de l'instrumentation doit être présente pour suivre l'évolution réelle des pressions et pour ajuster, dépendant de la réponse réelle du sous-sol, la construction de la halde. Cet outil devient très important dans le cadre du suivi compte tenu des longs délais de dissipation prévus, résultat d'une modélisation relativement prudente. Le suivi des données d'instrumentation pourrait potentiellement permettre de diminuer les délais d'attente.

Il est important de mentionner que les F.S. minimum utilisés pour l'étude de stabilité par étape ont été déterminés par l'équipe de Golder en consultation avec CMGP et diffèrent des recommandations présentées au tableau 11. Le F.S. minimum adopté pour l'étude par étape en condition statique, en permettant une dissipation partielle des pressions interstitielles (conditions effectives à court terme), était de 1,25 pour la phase de construction plutôt que de 1,3 (stabilité globale à court terme). L'utilisation d'un facteur de sécurité légèrement plus bas est justifiée par le fait que la construction est suivie en continu à l'aide de l'instrumentation spécialisée



et adaptée au site, sans mettre à risque l'opération. Pour les conditions permanentes à long terme, le F.S. était identique à celui proposé au tableau 11.

7.4.3 Sommaire et importance des résultats pour le prolongement de la halde vers l'est

La Mine a donc planifié son calendrier de mise en place des stériles, dans le secteur de la cellule 1, en tenant compte des délais d'attente recommandés et de l'épaisseur des bancs réduite à 5 m pour les premiers deux bancs de la halde plutôt que les 10 m prévus pour la suite de la construction.

La réalisation des études pour le secteur de la cellule 1 a permis de développer une bonne compréhension des défis que représente la construction de la halde sur des matériaux de faible résistance, et de démontrer que la méthode de construction par étape instrumentée est efficace et applicable pour ce type de fondation. Elle a mis aussi en lumière les difficultés qui pourraient survenir dans le cas du prolongement de la halde vers l'est, étant donné que ce secteur est aussi caractérisé par la présence de sol cohérent dans les fondations.

En effet, le prolongement de la halde à stériles vers l'est se fera sur un sol peu compétent. Par comparaison, l'épaisseur interprétée des sols cohérents dans le prolongement peut atteindre plus de 10 m dans certains secteurs. Dans le secteur de la cellule 1, il était estimé que les délais de dissipation des pressions pour une épaisseur d'argile de 5,5 m pouvaient atteindre plus de 100 jours. Il est donc raisonnable de supposer que les délais de dissipation dans le prolongement seraient encore plus longs et pourraient devenir prohibitifs au développement de la halde.

Il est donc nécessaire de prévoir d'autres éléments d'aménagement ou des mesures permettant de bonifier la construction. Les éléments anticipés à ce stade-ci des études, en complément de l'étude de stabilité par étape à être réalisée avant le début de la mise en place, sont les suivants :

- La construction de la halde requerra, d'une part, l'installation d'instruments permettant de mesurer les pressions interstitielles dans la fondation et, d'autre part, une observation régulière du comportement des sols de fondation de la halde. De plus, des instruments pouvant mesurer le déplacement horizontal (inclinomètres) et le tassement ou le gonflement (points d'arpentage) devront être installés dans les secteurs jugés les plus critiques, notamment à proximité de la fosse et de la route 117.
- Il est proposé d'inclure un élément de stabilisation additionnel dans la conception consistant en une clé profonde au pourtour de la halde permettant de limiter l'influence de la couche de sols cohérents à la stabilité. L'effet de cette clé a été étudié et les résultats sont présentés dans la section 7.4.
- De façon préliminaire, il est anticipé qu'il sera plus favorable de construire le pourtour de la halde à stériles en premier lieu et de procéder au remplissage des secteurs du centre par la suite. Ceci pourrait permettre de réduire de façon importante le risque de rupture vers l'extérieur de la halde.
- Si les mesures de mitigation, telles que la définition d'une vitesse plus lente ou par étape pour la mise en place des stériles, ne permettent pas d'accommoder le calendrier de construction de la halde, la mise en place d'autres types de systèmes, comme par exemple un réseau de drains verticaux (*wick drains*) ou de colonnes de roche, pourrait s'avérer une solution très efficace afin de permettre une dissipation adéquate et plus rapide des pressions interstitielles. Ces éléments pourraient être mis en place dans des secteurs ciblés afin de faciliter la construction et seront évalués lors de la conception détaillée.



7.5 Analyse de conception du prolongement de la halde

Les analyses réalisées pour la conception du prolongement de la halde à stériles comportent principalement des analyses de stabilité. Bien que des tassements importants sont à prévoir lors de la construction de la halde à stériles, il est anticipé que ces tassements n'influenceront pas l'intégrité de l'ouvrage. Ainsi, aucune analyse de tassement n'a été considérée dans le cadre du présent mandat. En dernier lieu, le potentiel de liquéfaction des sols de fondation a été analysé, étant donné la présence de sols pulvérulents lâches dans le secteur à l'étude.

Les analyses de stabilité pour le prolongement de la halde ont été réalisées pour deux phases précises de son développement, soit lors de la mise en place du premier banc ainsi qu'une fois la halde complétée et tout excès de pressions interstitielles dans les fondations dissipées. Les analyses effectuées pour modéliser la mise en place du premier banc ont considéré que les sols de fondation de type cohérent seraient dans un état non drainé (court terme), alors que les analyses pour la configuration totale ont considéré qu'ils seraient dans un état drainé.

7.5.1 Profils étudiés et propriétés des matériaux de fondation

Les profils étudiés représentent différents profils stratigraphiques présents sous l'empreinte projetée du prolongement de la halde, à proximité de la route 117. Il a été considéré que le secteur de la halde en périphérie de la fosse ait été évalué lors des analyses effectuées pour le secteur de la cellule 1 (résultats présentés à l'annexe E). En dernier lieu, étant donné qu'une investigation dans le secteur du bassin de pompage nord-est était en cours lors de l'étude, ce secteur sera analysé ultérieurement une fois les essais de laboratoire complétés et une fois que les dimensions détaillées du bassin de pompage seront connues.

Deux profils le long de la route 117 ont été analysés étant donné la grande variabilité de la stratigraphie dans le secteur du prolongement, tel qu'illustré à la figure 9.

Une première coupe considérait un profil stratigraphique ayant une épaisseur de sol cohérent moyenne (4 m), et le deuxième profil considérait une épaisseur de sol cohérent importante (10,6 m), soit celle interceptée au forage PZ-14-34.

Les propriétés des matériaux utilisés et la configuration analysée sont présentés à l'annexe F. Les propriétés sont basées sur l'interprétation des résultats des travaux d'investigation et des essais en laboratoire.

7.5.2 Évaluation de la stabilité du prolongement

Cette section présente les résultats des analyses de stabilité effectuées lors du mandat. Des ruptures circulaires, non-circulaires et en blocs, ont été étudiées. Les ruptures circulaires se sont avérées comme étant les plus contraignantes, et sont illustrées dans les figures de l'annexe F.

L'obtention des F.S. minimum nécessite la mise en place d'une mesure de stabilisation, dans ce cas-ci, il est proposé de mettre en place une clé sous le premier banc. Les résultats obtenus montrent que les deux coupes analysées nécessitent une clé. Par contre, la dimension de celles-ci est différente pour les deux coupes étudiées.

Profil avec une épaisseur d'argile moyenne

Les analyses de stabilité pour cette coupe montrent qu'un premier banc de 10 m peut-être construit, sans mesure de mitigation. Par contre, la configuration finale nécessite l'ajout d'une clé au pied de la halde, tel qu'indiqué dans le tableau suivant.



CONCEPTION DU PROLONGEMENT DU PARC À RÉSIDUS ET DE LA HALDE À STÉRILE

Tableau 12: Halde à stériles - résultats des analyses de stabilité - coupe avec épaisseur d'argile moyenne

| Analyses effectuées | Condition | Facteur de sécurité (F.S.) | Figure montrant le résultat |
|----------------------|---|----------------------------|-----------------------------|
| Premier banc de 10 m | Statique Fondation cohérente non drainée Sans clé | 1,32 | F-1 |
| Empilement total | Statique Fondation cohérente drainée Sans clé | 1,32 | F-2 |
| | Statique Fondation cohérente drainée Avec clé | 1,51 | F-3 |
| | Pseudo-statique Avec clé | 1,39 | F-4 |

Profil avec une épaisseur d'argile importante

Les analyses de stabilité pour cette coupe montrent qu'un premier banc de 5 m ne peut pas être construit, sans la mise en place de mesures de mitigation. L'ajout d'une clé au pied de ce premier banc permet de satisfaire les F.S. retenu pour ce type d'analyse. Avec l'ajout de cette clé, la stabilité de l'empilement final est également satisfaite, tel qu'indiqué dans le tableau suivant.

Tableau 13: Halde à stériles - résultats des analyses de stabilité - coupe avec une importante épaisseur d'argile

| Analyses effectuées | Condition | Facteur de sécurité (F.S.) | Figure montrant le résultat |
|----------------------|---|----------------------------|-----------------------------|
| Premier banc de 10 m | Statique Fondation cohérente non drainée Sans clé | 1,01 | F-5 |
| | Statique Fondation cohérente non drainée Avec clé | 1,45 | F-6 |
| Empilement total | Statique Fondation cohérente drainée Avec clé | 1,74 | F-7 |
| | Pseudo-statique Avec clé | 1,55 | F-8 |

7.5.3 Considérations suivant les résultats d'analyses de stabilité

Ces analyses avaient pour but de démontrer qu'à l'aide d'une mesure de mitigation relativement simple, en l'occurrence, l'ajout d'une clé au pied de la halde, les F.S. prescrits sont satisfaits en ce qui concerne la mise en place du premier banc de la halde. Une analyse de stabilité par étape, similaire à celles effectuées pour la cellule 1, est par la suite nécessaire afin de déterminer le type de mesure de mitigation dont la vitesse de



construction à suivre, tout en conservant la stratégie déjà discutée, telle l'utilisation de la totalité de l'espace, la création d'un pourtour, la vitesse de mise en place ralentie, etc.

Selon nos données de forage, une grande partie des fondations de l'empreinte du prolongement pourrait contenir une couche de sols cohérents importante, tel qu'illustré à la figure 6. Nos analyses se concentreraient principalement sur le secteur parallèle à la route 117. Toutefois, il est anticipé que dans les secteurs ayant une épaisseur de sols cohérents moins importante ou de meilleure qualité, la clé pourrait ne pas être requise. Le développement de la halde, notamment la construction du premier banc doit donc être davantage étudié. Il est recommandé de mieux définir la stratigraphie des sols sous toute l'empreinte de la halde, particulièrement dans le secteur du milieu humide où aucun forage n'a pu être entrepris à date étant donné l'accès difficile.

Il est aussi à l'avantage de la Mine de poursuivre cette conception, par l'évaluation d'autres mesures de mitigation, comme par exemple, l'ajout de colonne de roche ou mise en place de drain verticaux (wick drains). Une fois la méthode de mitigation sélectionnée, il est recommandé de conduire une analyse de stabilité par étape et développer un programme d'instrumentation de suivi.

7.5.4 Analyse de liquéfaction des sols de fondation

Le potentiel de liquéfaction des sols de fondation a été analysé sous la halde à stériles près de la route 117 (forage PZ-13-34) et à l'est sous la halde à stérile (forage BH-13-01). Ces forages ont été sélectionnés pour les analyses parce qu'ils constituent le pire scénario à cause de leur stratigraphie contenant une grande épaisseur de sol granulaire potentiellement liquéfiable (silt et sable) ainsi que leur faible valeur de N.

Les analyses ont été réalisées suivant la même méthodologie que celle décrite à la section 6.3.4. Les résultats des analyses de potentiel de liquéfaction sont présentés à l'Annexe D.

Avec les corrections pour les particules fines, les sols de fondation des deux forages analysés présentent un F.S. supérieur à 1,3. Sans la correction pour les particules fines, le forage BH-13-01 présente des zones potentiellement liquéfiables dans le silt. Le forage BH-13-01 montre une zone d'environ 1,0 m entre 7,5 et 8,5 m de profondeur ayant un F.S. inférieur à 1.

Selon ces résultats, il n'est pas conseillé de procéder à une amélioration des sols de fondation puisque la zone potentiellement liquéfiable est de faible étendue et est située en profondeur.

7.5.5 Gestion de l'eau de surface dans le secteur du prolongement de la halde à stériles

Il est proposé d'aménager un nouveau bassin de pompage à l'extrémité est du prolongement de la halde, nommé « bassin de pompage Nord-est ». Il est illustré schématiquement à la figure 14. Il est prévu de construire ce bassin de pompage principalement par excavation. Ce bassin de pompage collectera aussi une portion des eaux venant du prolongement du parc à résidus.

Le ruissellement du secteur du prolongement de la halde est prévu être collecté par un fossé et acheminé vers le bassin de pompage Nord-est, d'où l'eau sera pompée vers le bassin Sud-est. Ce fossé ceinturera les portions nord et est du prolongement de la halde.



8.0 CONTINGENCES

Tel que présenté dans ce rapport, la conception du prolongement du parc à résidus et de la halde à stériles est basée sur les mêmes principes de développement que le parc à résidus et la halde à stériles actuels. Un plan de contingence a été développé pour les aires d'accumulation et leurs infrastructures associées afin d'obtenir le degré de flexibilité approprié lors de l'opération du parc à résidus et de la halde. Dans les sections suivantes, un certain nombre de scénarios sont présentés et des solutions y sont décrites. Ces scénarios sont basés sur une variation possible dans le comportement ou les propriétés des résidus ainsi que des difficultés qui pourraient être rencontrées au niveau de la gestion de l'eau

8.1 Contingence – résidus

Les résidus de la Mine sont produits selon un taux moyen de 55 000 t/jour. L'objectif de l'opération à ses débuts était d'obtenir un taux d'épaississement moyen des résidus de 68 % qui, cependant, n'a pas été atteint. Toutefois, la construction et la mise en place des résidus ont été contrôlés par la formation de cellules bâties avec des stériles (bermes et inclusions). Ce système continuera à être utilisé pour le prolongement car il offre une flexibilité additionnelle à l'opération compte tenu de l'augmentation de l'empreinte du parc à résidus. Cette façon de procéder permet d'avoir plusieurs cellules disponibles simultanément pour la déposition.

Variabilité du pourcentage des solides lors de la déposition

L'opération actuelle, basée sur un développement par cellules, a aussi démontré que la Mine est en mesure de gérer des fluctuations temporaires du pourcentage de teneur en solides des résidus. Un objectif, consistant à s'approcher le plus possible du pourcentage de teneur en solides de conception, est toujours l'objectif de l'opération.

Restriction de la superficie de déposition du parc en fin de vie de la Mine

Vers les dernières années de la vie de la Mine, les surfaces de mise en place des résidus deviendront plus restreintes. Cependant, selon le calendrier de développement de la Mine, la fosse Canadian Malartic sera disponible et pourrait être utilisée comme lieu de déposition. Il est à noter que la mise en place de résidus dans la fosse peut alléger considérablement leur gestion en surface. Il est connu que la meilleure façon de contrôler une masse de résidus liquéfiés est de les déposer dans un espace confiné dans le roc. L'utilisation des fosses comme lieu d'entreposage possède aussi des avantages, discutés ailleurs dans la littérature, en ce qui concerne la performance environnementale lorsque la masse de résidus est envoyée.

Disponibilité des stériles pour la construction des structures de confinement et des inclusions

La disponibilité de stériles n'est pas considérée comme un facteur pouvant limiter l'opération du parc. En effet, étant donné que la Mine est une opération de grande capacité, les stériles sont disponibles pour la construction de façon suffisante.

Liquéfaction des résidus

Les analyses de stabilité faites pour les divers secteurs du parc, incluant le prolongement, montrent que la configuration du parc est principalement contrôlée par l'état des résidus en condition de post-liquéfaction. Une liquéfaction, rappelons-le, pourrait théoriquement se produire à la suite d'une sollicitation sismique. Les résidus sont aussi susceptibles, sous certaines conditions, à la liquéfaction statique. Les propriétés des résidus déterminées au laboratoire et aussi déduites des essais *in situ* ont permis d'établir des paramètres de résistance afin de pouvoir dimensionner le système de confinement. Rappelons aussi que pour les analyses, la totalité de



la masse des résidus sous la nappe phréatique et la frange capillaire a été considérée liquéfiée en négligeant l'existence potentielle de zones non liquéfiées. Il est considéré que cette hypothèse est très prudente et permet d'augmenter le niveau de confiance dans les résultats obtenus.

Lors de l'opération, si un séisme suffisamment fort venait qu'à causer une liquéfaction, on pourrait s'attendre à des affaissements locaux ou des déplacements. Cette situation pourrait être gérée par l'ajout de matériel au pourtour, si nécessaire, une fois les surpressions interstitielles dissipées.

Lors de la restauration du parc, donc lorsqu'il n'y aura plus d'apport d'eau par les résidus, nos analyses montrent que la nappe phréatique sera graduellement rabattue, particulièrement si un recouvrement, organique ou autre, est mis en place limitant encore davantage l'infiltration de l'eau de surface. Rappelons que le drainage est un des facteurs les plus importants pouvant influencer le comportement des résidus et les rendre non liquéfiables. Les risques d'avoir une rupture post-liquéfaction aussi peu probable qu'elle soit, ne pourront donc que diminuer davantage avec l'arrêt des opérations et le début de la période de post-restauration du parc. Rappelons aussi que la configuration proposée est fonction de la meilleure gestion du risque de liquéfaction et la conservation de l'intégrité du parc.

Développement et construction rapide du secteur du prolongement

Dans le prolongement du parc à résidus, il est attendu que la construction des rehaussements se fasse selon un calendrier très serré. Les résidus pourraient donc disposer de moins de temps de consolidation que dans les autres cellules. Cette situation pourrait résulter en une fondation moins bien drainée. Tel que déjà observé sur le site, ce type de fondation nécessitera plus de stériles, étant donné qu'une partie du matériel s'enfoncera dans les résidus plus frais. Il n'est pas anticipé que l'augmentation des quantités nécessaires soit un obstacle, puisque les stériles sont disponibles en abondance. Toutefois, un ralentissement de la construction est à anticiper à cause de la fondation moins compétente. Cette situation pourrait freiner la mise en place sans l'arrêter complètement. Également, plusieurs cellules sont disponibles en même temps et pourront temporairement être utilisées, si nécessaire.

8.2 Contingence - eau

Il est possible, pour l'ensemble de l'opération, que l'apport d'eau au système du parc à résidus varie, compte tenu du pourcentage d'épaississement et les efforts déployés pour atteindre un pourcentage de teneur en solides plus élevé qu'actuellement atteint. Cependant, le bilan d'eau a pris en compte un pourcentage moyen de 60 % qui est plus bas que l'objectif d'épaississement. L'augmentation du pourcentage de teneur en solides des résidus déposés au parc permet de diminuer les efforts nécessaires à la gestion de l'eau entre le parc et le bassin Sud-est. L'augmentation du pourcentage de teneur en solides des résidus n'a pas d'influence sur le bilan d'eau global de la Mine, en termes de surplus, cependant la gestion du parc et des bassins au niveau de leurs opérations respectives se verra simplifiée. Il est aussi important de noter que le prolongement du parc et de la halde, par leur localisation, a des bassins versants se limitant à leur propre aire. Aucun bassin versant additionnel ne sera donc géré dans le système.

8.3 Contingence – stériles

Le calendrier du développement de la halde est défini par la Mine. Lorsque les stériles seront mis en place dans l'empreinte du prolongement, il est possible que des restrictions soient appliquées sur la vitesse de mise en place ou sur les périodes de repos nécessaires entre chaque banc pour permettre la dissipation de pressions interstitielles dans les sols de fondations. Les zones dont le développement nécessitera un délai plus long,



seront identifiées et feront partie intégrante du calendrier de mise en place. Rappelons que lorsque le développement du prolongement débutera, plusieurs autres espaces seront disponibles pour la mise en place des stériles dans l’empreinte de la halde actuelle, incluant le secteur de la fosse Gouldie. Plusieurs années avant la fin des opérations, la fosse sera aussi disponible pour l’entreposage des stériles et devra être, selon nous, privilégiée dans son utilisation. Rappelons que la fosse offre un espace confiné qui sera ennoyé et qui pourrait contribuer à diminuer les dimensions de la halde (i.e. sa hauteur ultime) ainsi qu’à contrôler la performance environnementale des stériles à long terme.

9.0 SUIVIS GÉOTECHNIQUE ET ENVIRONNEMENTAL

Le rapport de conception du parc à résidus et de la halde à stériles proposera un programme d’instrumentation pour faire le suivi des paramètres suivants :

- Déplacements et tassements (en crête, le long des pentes et au niveau des fondations).
- Pressions interstitielles (positives et négatives).
- Teneur en eau.
- Température.
- Qualité des eaux de percolation et de ruissellement.

L’ampleur du programme d’instrumentation pour les différents secteurs du parc à résidus et de la halde à stériles dépendra des risques identifiés lors de la conception des ouvrages.

10.0 MANUEL DE SUIVI, D’OPÉRATION ET DE SURVEILLANCE

La Mine est présentement en train de finaliser un guide de gestion et d’opération du parc à résidus et de la halde à stériles. Ce type de guide devrait généralement inclure un manuel d’inspection et des instructions spécifiques pour les rapports d’instabilité (avec rétroanalyses systématiques). Afin d’éviter que les informations ne soient perdues ou oubliées, il est nécessaire de bien documenter, par écrit, l’ensemble du processus de conception, de construction, d’opération et de suivi des ouvrages, incluant les observations visuelles et les relevés. Tous les incidents, accidents et toutes les défaillances doivent être inclus au registre. Ces informations doivent demeurer disponibles, incluant les mises à jour, à la fermeture du site.

11.0 LIMITATIONS DE L’ÉTUDE

Les limitations de l’étude sont jointes à l’annexe G du rapport.



12.0 SIGNATURES

GOLDER ASSOCIÉS LTÉE

Nicolas Pépin, ing. jr., M.Sc.A.
Ingénieur de projet

Anne-Marie Dagenais, ing., Ph.D.
Ingénieure senior

Karine Doucet, ing.
Chargée de projet

Mayana Kissiova, ing. M. Ing
Directrice de projet et associée principale

AMD/KD/MK/

\\golder.gds\gal\montreal\actif\2014\1221\1403061 cmgp- études phase iii- malarctic\5 préparation livrables\4000 - géotech- halde parc\008-14-03061-4000-rf-rev0-conception parc et halde\rev0\008-1403061-4000-rf_rev0.docx

RÉFÉRENCES

Association canadienne des barrages, 2007 et 2013, *Recommandations pour la sécurité des barrages*.

Aubertin, M., Bussière, B., James, M., Jahouar, E.M., Martin, V., Pépin, N., Mbonimpa, M., Chapuis, R.P. 2011. *Vers une mise à jour des critères de stabilité géotechnique pour la conception des ouvrages de retenues de résidus miniers*. Compte-Rendu du Symposium 2011 sur les Mines et l'Environnement, Rouyn-Noranda, Canadian Institute of Mining, Metallurgy, and Petroleum, [on CD rom].

Aubertin et al., 2013, *Recommandation pour améliorer le comportement hydrogéotechnique des haldes à stériles*, Géomtréal 2013, article 133.

Bussière., B. 2007. *Colloquium 2004: Hydrogeotechnical properties of hard rock tailings from metal mines and emerging geoenvironmental disposal approaches*. Canadian Geotechnical Journal, vol. 44, (9) 1019–1052.



CONCEPTION DU PROLONGEMENT DU PARC À RÉSIDUS ET DE LA HALDE À STÉRILE

- Civiltech software, 2011, LiquefyPro V5.
- Code National du Batiment, 2010. 2010 National Building Code Seismic Hazard Calculation. www.EarthquakesCanada.ca et www.nationalcodes.ca
- Corporation minière Osisko, 2008, *Canadian Malartic Project, Malartic, Québec, Feasibility Study Report*, Décembre 2008.
- Fourie, A.B. 2012. Perceived and realised benefits of paste and thickened tailings for surface deposition. Paste 2012. Proceedings of the 15th International Seminar on Paste and Thickened Tailings. Editors R.J. Jewell, A.B. Fourie and A. Paterson. 2012 Australian Centre for Geomechanics, Perth.
- Génivar, 2008, *Étude d'impact sur l'environnement - Projet minier aurifère Canadian Malartic*, pour la Corporation minière Osisko. août 2008 no. réf. : AA106790
- Génivar, 2010, *Rapport final – Reconnaissance des sols- Déviation de la route 117*. juin 2010. no. réf. : M114768
- Golder Associates Ltd., 1983a, *Subsurface Investigation For Stage 1 of 10 Yr Development Plan East Malartic Tailings Area*, pour Les Mines Est Malartic Ltée. no. réf. : 831-1018-1 (Forages consultés seulement)
- Golder Associates Ltd., 1983b, *Engineering Design Report 10 Yr Development Plan East Malartic Tailings Area*, pour Les Mines Est Malartic Ltée, no. réf. : 831-1018-2
- Golder Associés Ltée, 1991, *Demande de certificat d'autorisation pour un nouveau parc à résidus – Propriété Est-Malartic, Malartic, Québec*, pour Minerais LAC Ltée, no. réf. : 911-7010A. (Forages seulement)
- Golder Associés Ltée, 1997, *Revue de la stabilité, Parc à résidus miniers, Division Est-Malartic, Malartic, Québec*, pour Barrick Gold Corporation, no. réf. : 961-7011-5001
- Golder Associés Ltée, 1998, *Dyke Stability Assessment, East and Polishing Pond, East Malartic Tailings Plant, Malartic, Québec, pour Barrick Gold Corporation, East Malartic. décembre 1998*. no. réf. :981-7340
- Golder Associés Ltée, 2002, *Étude de stabilité des digues du parc à résidus en vue de la fermeture du site Est-Malartic, Malartic*, pour Barrick Gold Corporation – Division Est-Malartic. Mars 2002. no. réf. : 021-7013-5100
- Golder Associés Ltée, 2008a, *Étude de conception – Nouveau bassin de polissage – Projet Canadian Malartic*, pour la Corporation Minière Osisko. Août 2008. no. réf. : 07-1221-0028-3302
- Golder Associés Ltée, 2008b, *Recherche de bancs d'emprunt, nouveau bassin de polissage, Projet Canadian Malartic, Malartic, Est-Malartic*. 17 juillet 2008. no. réf. :07-1221-0028-3000
- Golder Associates Inc., 2008c, *Feasibility Level - Pit Slope Design Criteria – Osisko Canadian – Malartic Project, pour la Corporation Minière Osisko*. Août 2008. no. réf. : 07-1221-0028-2300
- Golder Associés Ltée, 2010, *Propriété des résidus miniers Osisko, Projet Canadian Malartic*, pour la Corporation Minière Osisko. 7 mai 2010. 001-09-1221-0038-Rev A.
- Golder Associés Ltée, 2011a, *Rapport factuel, investigation géotechnique pour le parc à résidus miniers, projet Canadian Malartic, Malartic, Québec*. Septembre 2011. no. réf. : 07-1221-0028-3300.



CONCEPTION DU PROLONGEMENT DU PARC À RÉSIDUS ET DE LA HALDE À STÉRILE

- Golder Associates Ltd., 2011b, *Tailings beach predictions for Canadian Malartic*. May 12, 2011, 09-1221-0038-1
- Golder Associés Ltée, 2011c, *Essais de déposition – résumée des travaux réalisés au 31 juillet 2011*. 10 août 2011. No.réf. 001-10-1221-0031-MTF-RevA.
- Golder Associés Ltée, 2012a, *Pit slope design recommandation, Osisko's Revised Expanded Canadian Malartic – Barnat Pit*, Malartic, Québec. Juin 2012. no. réf. :001-11-1221-0081.
- Golder Associés Ltée, 2012b, *Évaluation de la qualité de l'eau souterraine du projet Canadian Malartic (2010) – Malartic*, Québec, Juin 2012. No.réf. 10-1221-0107-2001.
- Golder Associés Ltée, 2013a, *Expansion de la halde à stériles vers l'est, sur les cellules 1 et 2, Mine Canadian Malartic, Malartic, Québec*. 6 février 2014. no. réf. : 001-12-1221-0014.
- Golder Associates Ltd., 2013b, *Flume Deposition Test Report, Canadian Malartic Mine*. May 2013. Ref.no. 12-1221-0063.
- Golder Associés Ltée, 2013c, *Rapport factuel d'investigation géotechnique - Secteurs Dumas et Buckshot - Caractérisation des sols*. Mai 2013. no. réf. : 002-13-1221-0009
- Golder Associés Ltée, 2014a, *Justification sur le choix de l'emplacement du parc à résidus et de la halde à stérile, projet d'extension de la mine Canadian Malartic*, pour la Canadian Malartic GP. 2014. no. réf. : 010-13-1221-0020-3060
- Golder Associés Ltée, 2014b, *Rapport factuel d'investigation géotechnique – Extension du parc à résidus et de la halde à stériles vers l'est, pour la Canadian Malartic GP*. 2014. no. réf. : 029-13-1221-0020-3010
- Golder Associés Ltée, 2014c, *Plan conceptuel de gestion des eaux et bilan d'eau – conditions ultimes d'opération, pour Canadian Malartic GP* 2014. no. réf. : 048-13-1221-0020-4020
- Golder Associés Ltée, 2014d, *Plan de déposition du parc à résidus 2014, Mine Canadian Malartic, Malartic, Québec*. 2014. no. réf. : 066-13-1221-0020-3030
- Golder Associés Ltée, 2014e, *Rapport de caractérisation des résidus miniers, Mine Canadian Malartic, Malartic, Québec*. 2014. no. réf. : 021-13-1221-0020-3020
- Golder Associés Ltée, 2014f, *Analyse de la stratigraphie en regard du niveau de protection des eaux souterraines requis pour le projet Canadian Malartic Extension*. 2014. no. réf. : 026-13-1221-0020-3040
- Golder Associés Ltée, 2014g, *Évaluation du potentiel de la fosse Canadian Malartic pour une utilisation comme aire d'accumulation de stériles et de résidus miniers, Mine Canadian Malartic, Malartic, Québec*. 2014. no. réf. : 020-13-1221-0020-2020.
- Golder Associés Ltée, 2014h, *Programme de caractérisation géochimique 2012-2013, Mine Canadian Malartic, Malartic, Québec*. 2014. No. réf :046-13-1221-0020.
- Kam, S., Yaschyshyn, D., Patterson, M., Scott, D., 2009, *Thickened Disposal at Xstrata Copper Canada, Kidd Metallurgical Site*. 8th ICARD and Securing the Future Conference, June 23-26, 2009, Skelleftea, Suède.



CONCEPTION DU PROLONGEMENT DU PARC À RÉSIDUS ET DE LA HALDE À STÉRILE

- Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les Changement Climatiques (MDDELCC), 2012. Directive 019 sur l'industrie minière. Direction des politiques de l'eau, Services des eaux industrielles. Mars 2012
- Ministère des Transport (MTQ), 2012, *Condition à l'accord de principe sur le projet de tracé soumis en avril 2012, entre le ministère de Transport du Québec (MTQ) et la Corporation minière Osisko, sur le projet de tracé soumis en avril 2012 pour la déviation de la route 117 à l'entrée est de la Ville de Malartic*, Service des inventaires et plan, 5 décembre 2012
- NCEER, 1997, *Proceedings of the NCEER Workshop on Evaluation of Liquefaction Resistance of Soils*, edited by Youd, T.L., Idriss, I.M., Technical Report No. NCEER-97-0022, December 31, 1997.
- Osisko, 2008, *Feasibility Study, Canadian Malartic Project*. December 2008.
- Piteau, 1991, *Investigation and design of mine dumps, interim guidelines*, prepared for the British Columbia Mine Dump Committee.
- Qualitas, 2011, *Étude pédologique et géotechnique - Déviation de la route 117 entre les P.K. 0+000 et 3+360*. 15 février 2011. no. réf. : 2004-R (G10239-B-rap1)
- Qualitas, 2012, *Étude pédologique et géotechnique - Déviation de la route 117 entre les P.K.17+700 et 21+600*. 19 juin 2012. no. réf. : 2004-02U (G13113-3B) rap-2
- Qualitas, 2013 : *Étude géotechnique - Butte-écran - Déviation de la route 117*. juillet 2013. no. réf. : 2004-03U (G13113-3B) rap-1-rev.1
- Schmitt, P., Schlosser, F., Vezole, P. 2007., *La méthode observationnelle: du suivi géotechnique au dimensionnement interactif*. Travaux (Paris), no 844, pp.99-106.
- Seddon, K.D. 2010. *The development and advantages of thickened/paste tailings disposal*. Mining Congress2010.
- Seed, H.B., and Idriss, I.M, 2011, Simplified procedure for evaluating soil liquefaction potential. Journal of Soil Mechanics and Foundations Division, ASCE, Vol. 107, No. SM9, p1249-1274
- Stark, T.D., and Olson, S.M.(1995). Liquefaction resistance using CPT and field case histories, Journal of Geotechnical Engineering, ASCE, Vol. 121, No.12, p 856-869.
- US Army Corps of Engineers. *Rationalizing the seismic coefficient method*. Miscellaneous paper GL-84-13, July 1984.
- WSP, 2014, (en cours) Étude d'impact sur l'environnement du projet d'extension de la mine Canadian Malartic.



Σ ΣΥΜΒΟΛΑ

| | |
|--|---|
| | ΌΤ ΩΣΘΑ ΒΟΛΩΔΟΑΡΕΔΕΣΘΑ ΠΥ ΎΔΡΟΥΣ ΥΠΟΥΡΩΝ Ο |
| | ΌΤ ΩΣΘΑ ΒΟΛΩΔΟΑΡΕΔΕΣΘΑ ΎΔΡΩ ΎΠΟΥΡΩ Ο |
| | ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΕΣ ΤΩΝ ΑΝΑΛΥΣΕΩΝ ΑΝΑΛΥΣΕΩΝ ΚΑΤΑΣΧΕΣΕΩΝ |

NOTE
 ΥΠΟΥΡΩ Τ ΩΔΟΥΣ ΥΠΟΥΡΩ ΟΥΜΑΤ ΑΔΕΛΕΥΡΑΙ

ΥΠΟΣΥΜΒΟΛΑ

- PHOTO LIDAR FOURNIE PAR OSISKO (JUILLET 2012)
- PHOTO LIDAR FOURNIE PAR CMGP (JUIN 2014)
- ΣΌΤ ΩΣΘΑ ΒΟΛΩΔΟΑΡΕΔΕΣΘΑ ΎΔΡΩ ΎΠΟΥΡΩ Ο
- ΣΌΤ ΩΣΘΑ ΒΟΛΩΔΟΑΡΕΔΕΣΘΑ ΎΔΡΩ ΎΠΟΥΡΩ Ο



CLIENT
 CANADIAN MALARTIC GP

CONSULTANT



| | |
|------------|-------------|
| AAAA-MM-JJ | 2014-10-28 |
| ΎΠΟΥΡΩ | S. Chapuis |
| ΌΌΎΑ | S. Betnesky |
| ΎΑΧΑ | K. Doucet |
| ΑΎΎΎΎ | M. Kissiova |

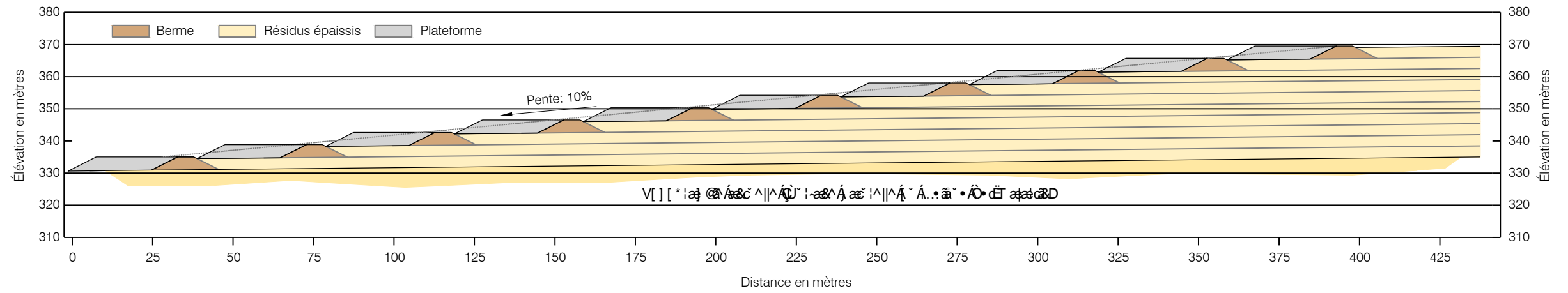
PROJET
 ΟΥΡΩΎΔΟΥΣ ΎΠΟΥΡΩ ΟΥΜΑΤ ΑΔΕΛΕΥΡΑΙ ΎΔΡΩ ΟΥΔΟΑΡΕΔΕΣΘΑ ΎΔΡΩ

TITRE
EMPREINTE DU PARC À RÉSIDUS ET HALDE À STÉRILES PROJÉTÉS

ΡΗΎΎΎΎ 1403061 PHASE 4070 Ο.ε 0 FIGURE 2

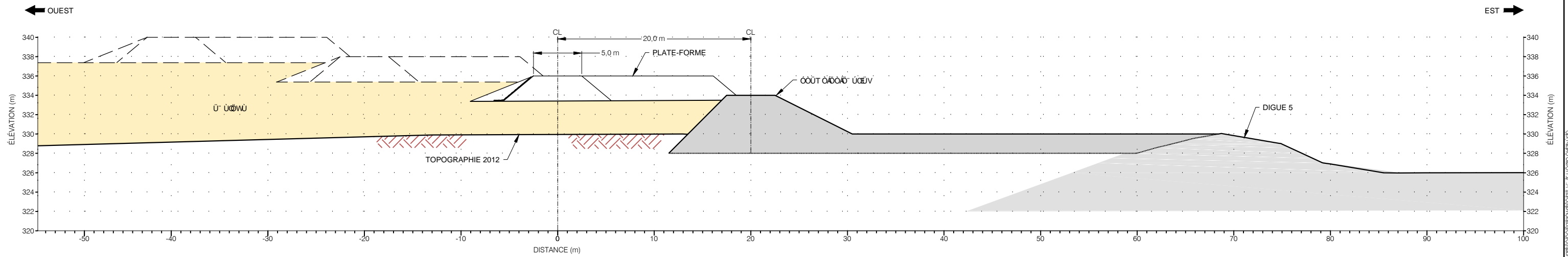
Chemix: \geodesia\gpl\gpl\met\GIS\GCP\PROJETS\OSISKO\PRODUCTION\403061\403061_4070_4070_01.dwg | Nom du fichier: 1403061_403061_4070_4070_01.dwg

USERS: C:\GCP\PROJETS\OSISKO\PROJETS\PRODUCTION\403061\403061_4070_4070_01.dwg | 25 mm



G97H=CB `G7< vA 5HEI 9 `89G`F9< 5I GG9A 9BHG`8I `D5F7 `Ç`FvG=8I G

Échelle: 1:1 500



COUPE TYPIQUE TRANSVERSALE DANS LE SECTEUR DE LA DIGUE 5

Échelle: 1:400

CLIENT
CANADIAN MALARTIC GP

CONSULTANT

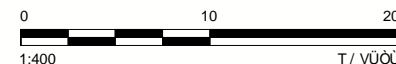


| | |
|------------|-------------|
| AAAA-MM-JJ | 2014-10-28 |
| ÚÚURÖV | S. Chapuis |
| ÖÖÜÜÖ | S. Betnesky |
| ÜÖXÖ | K. Doucet |
| ÖÜÜÜÜW | M. Kissiova |

PROJET
ÖÜPÖÖÜVÖWÜÜSÜPÖÖT ÖP-VÖWÜÖÖPÄÜ ÜÖWÜ
ÖVÖÖSÖPÖÖÖPÄÜ ÜÖÖÜ

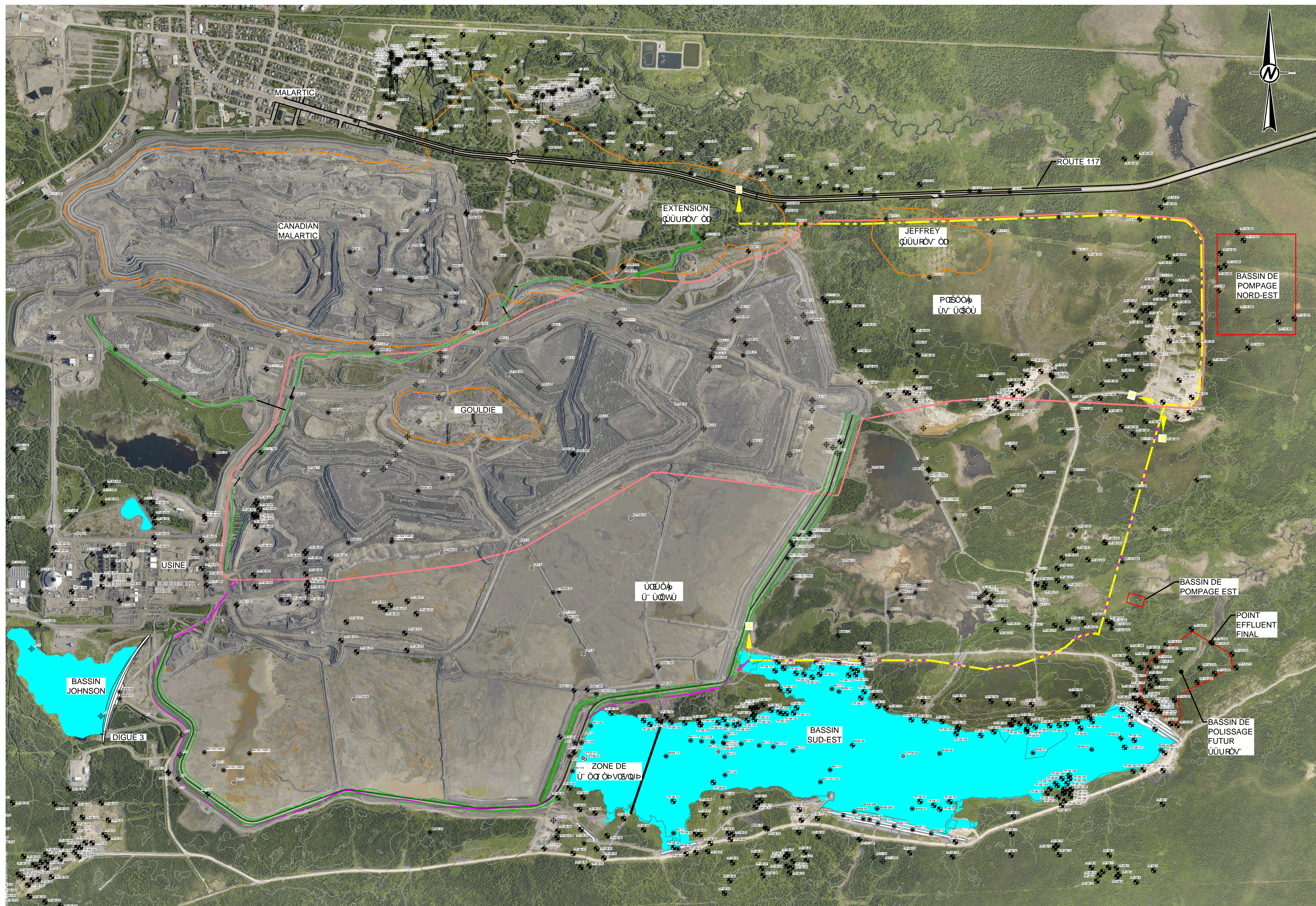
TITRE
**RÉPRÉSENTATION SCHÉMATI UE DES REHAUSSEMENTS AMONT
EXEMPLE DU SECTEUR DE LA DIGUE 5**

| | | | |
|---------|-------|------|--------|
| ÖÜÜURÖV | PHASE | Ü.çÉ | FIGURE |
| 1403061 | 4070 | 0 | 3 |



Chemini: \\golder\gpa\gpa\projets\GIS\GCP\PRODUCTION\1403061\4070.dwg | Nom du fichier: 1403061-4070-4070.dwg

USERS: C:\WINDOWS\SYSTEM32\cmd.exe /c: cd C:\Users\jgoulet\AppData\Local\Temp & del /f /q C:\Users\jgoulet\AppData\Local\Temp*.tmp & del /f /q C:\Users\jgoulet\AppData\Local\Temp*.log & del /f /q C:\Users\jgoulet\AppData\Local\Temp*.tmp & del /f /q C:\Users\jgoulet\AppData\Local\Temp*.log

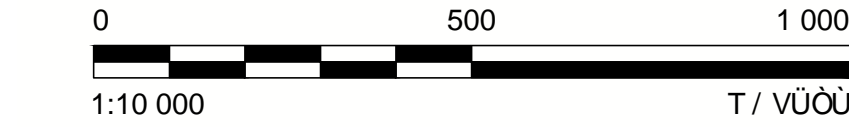


LÉGENDE

- PUITTS D'OBSERVATION EXISTANT
- ΜΥΣΟΔΩΜΑ ΤΣΩΝ
- ΒΥΘΕΣ ΟΡΘΟΓΩΝΙΟΜΕΤΡΙΚΕΣ ΤΣΩΝ
- ΟΤΙ ΣΥΣΤΗΜΑ ΠΛΩΜΑΤΩΝ ΤΣΩΝ
- ΟΤΙ ΣΥΣΤΗΜΑ ΠΛΩΜΑΤΩΝ ΤΣΩΝ
- COUPE

RÉFÉRENCES

- PHOTO LIDAR FOURNIE PAR CMGP (JUN 2014)
- ΣΥΣΤΗΜΑ ΠΛΩΜΑΤΩΝ ΤΣΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΛΩΜΑΤΩΝ ΤΣΩΝ
- ΣΥΣΤΗΜΑ ΠΛΩΜΑΤΩΝ ΤΣΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΛΩΜΑΤΩΝ ΤΣΩΝ
- COURBES TOPOGRAPHIQUES FOURNIES PAR CMGP (JUILLET 2014)



Chemin: \\gdp\dta\gdp\projets\sig\cad\projets\sig\cad\production\1403061\4000\4070 | Nom du fichier: 1403061-4000-4070-02.dwg

L:\CSET\CG\PROJETS\SIG\CAD\PROJETS\SIG\CAD\PROJETS\SIG\CAD\PRODUCTION\1403061\4000\4070 | Nom du fichier: 1403061-4000-4070-02.dwg

CLIENT
CANADIAN MALARTIC GP

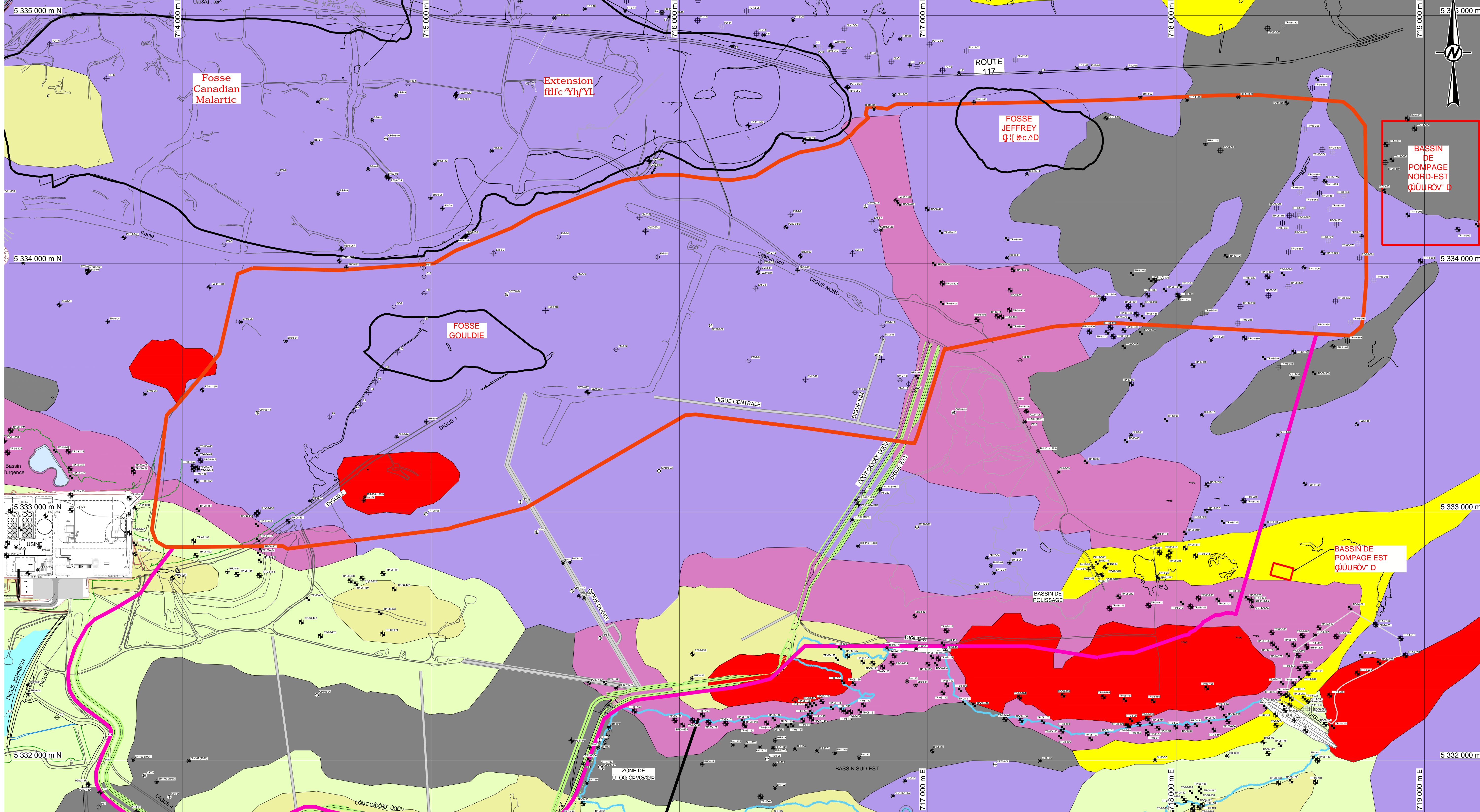
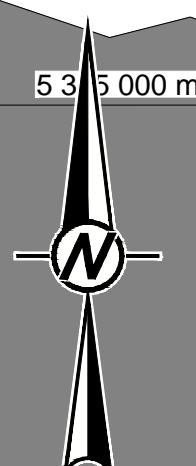
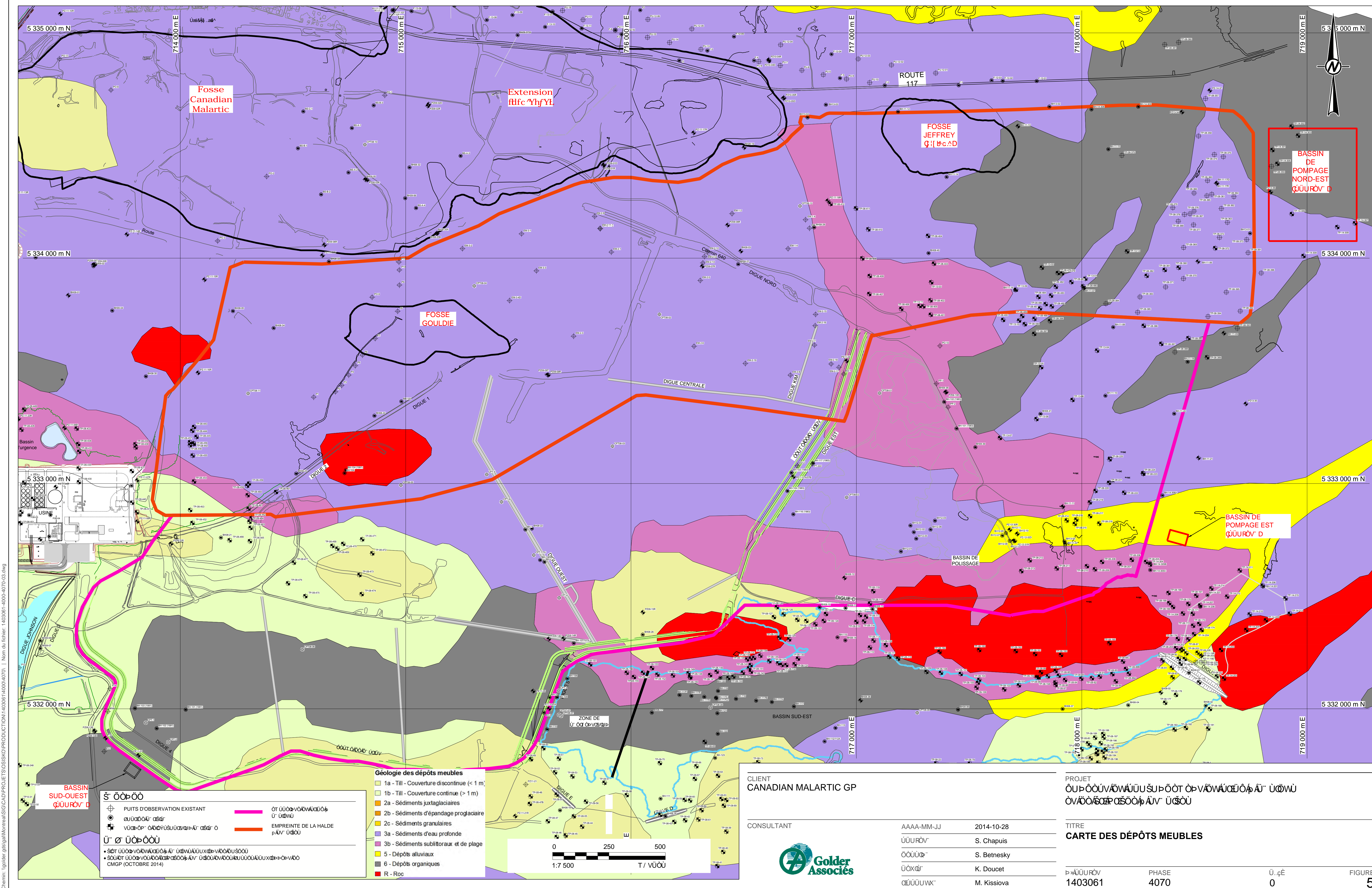
PROJET
ΟΤΙ ΣΥΣΤΗΜΑ ΠΛΩΜΑΤΩΝ ΤΣΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΛΩΜΑΤΩΝ ΤΣΩΝ

| | | |
|------------|------------|-------------|
| CONSULTANT | AAAA-MM-JJ | 2014-10-28 |
| | ΥΠΟΥΡΧΟ | S. Chapis |
| | ΕΠΙΜΟΝΗ | S. Betnesky |
| | ΥΠΟΧΡΩ | K. Doucet |
| | ΑΕΙΟΥΜΧ | M. Kissiova |

TITRE
LOCALISATION DES FORAGES AVEC LA PHOTO AÉRIENNE

| | | | |
|----------|-------|-----|--------|
| ΠΡΟΤΥΠΟΝ | PHASE | Σ.ϵ | FIGURE |
| 1403061 | 4070 | 0 | 4 |





Géologie des dépôts meubles

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

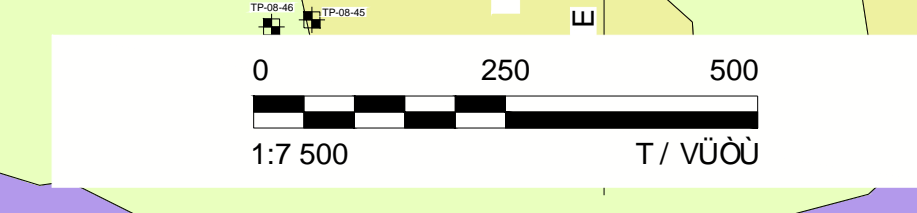
ΣΥΜΒΟΛΟ

| | | | |
|---|------------------------------|---|--------------------|
| ⊕ | PUITS D'OBSERVATION EXISTANT | — | ΟΤ ΥΠΟΒΛΩΣΙΣΤΟΠ |
| ⊙ | ΣΥΜΒΟΛΟ ΑΣΦ | — | ΕΜΠΡΙΝΤΕ ΤΗΣ ΗΑΛΔΕ |
| ⊛ | ΥΠΟΒΛΩΣΙΣΤΟΠ ΑΣΦ | — | ΡΑΥ ΤΙΣΟΣ |

ΥΠΟΒΛΩΣΙΣΤΟΠ

- ΣΙΤ ΥΠΟΒΛΩΣΙΣΤΟΠ ΑΣΦ
- ΣΟΛΙΤ ΥΠΟΒΛΩΣΙΣΤΟΠ ΑΣΦ

CMSP (OCTOBRE 2014)



CLIENT
CANADIAN MALARTIC GP

CONSULTANT

| | |
|------------|-------------|
| AAAA-MM-JJ | 2014-10-28 |
| ΥΠΟΥΡΓ | S. Chapis |
| ΟΟΟΥΦ | S. Betnesky |
| ΥΟΧΩ | K. Doucet |
| ΑΕΥΟΥΚ | M. Kissiova |

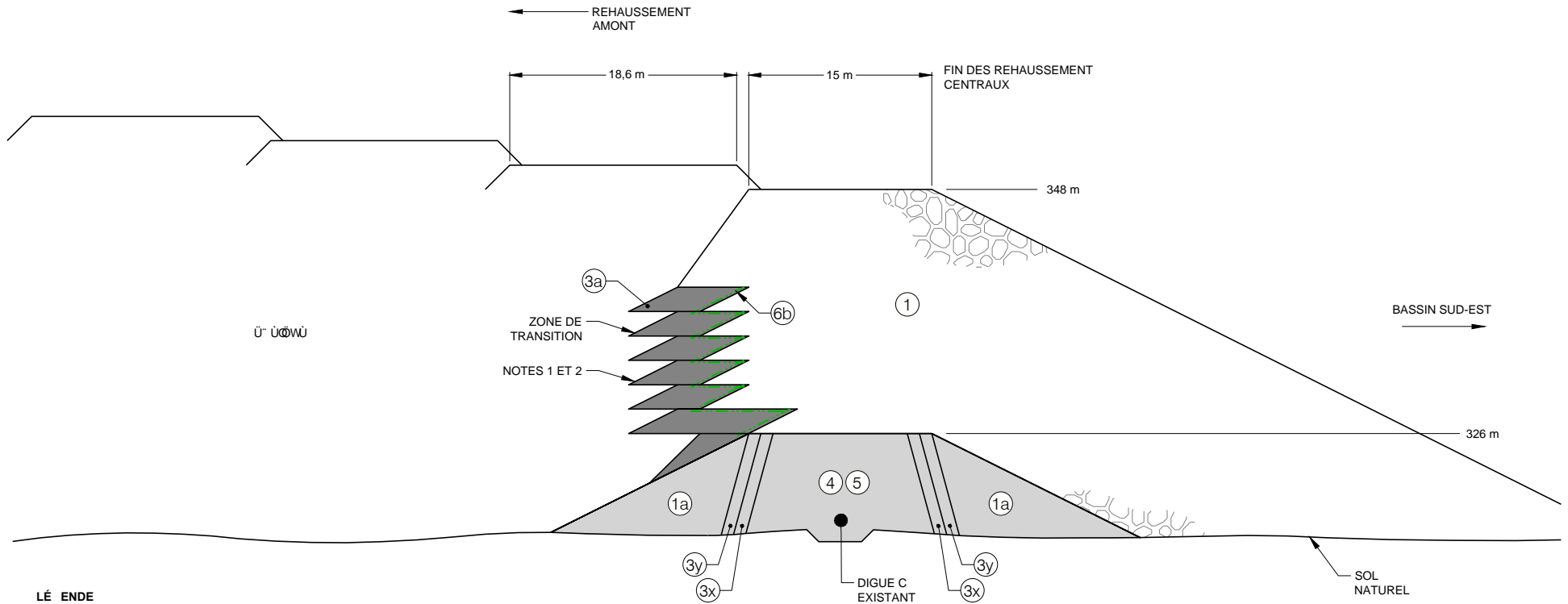
PROJET
ΟΠΡΟΨΕΥΑΡΧΕΣΙΟΤ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΣ ΥΠΩ
ΟΝΟΜΑΣΕΩΣ ΑΣΦ ΥΣΟΥ

TITRE
CARTE DES DÉPÔTS MEUBLES

| | | | |
|---------|------------|---|----------|
| 1403061 | PHASE 4070 | 0 | FIGURE 5 |
|---------|------------|---|----------|

chemin:\polder.gds\gdm\mala\SIG\CAD\PROJETS\OSISKO\PRODUCTION\1403061\4000\4070\ Nom du fichier: 403061-4000-4070-03.dwg

25 mm



LÉ ENDE

- ① UN' ÜSÖÜÄ' QWÜÜ
- ①a UN' ÜSÖÜÄ' QWÜÜÄ' SÖÖVWPP' ÖÄF{
- ③a T CEF' ÜWÄY' ÄÖÄ' ÜCPE' ÜQW P
- ③x SABLE FILTRE
- ③y SABLE ET GRAVIER TOUT-VENANT
- ④ ⑤ TILL OU ARGILE SILTEUSE - SILT ARGILEUX
- ⑥b Ö' UN' ÖY' SÖ' ÖÖÄ' ÜUVÖÖW P

NOTE

1. SÖB' ÖÖÜÄ' ÄÖÄ' WÖP' WÖP' ÜSÖÖÖW' ÖZUP' ÖÖÄ' ÜCPE' ÜQW P' ÜÖÜÄ' - XÄSW' ÖP' ÄUP' ÖVW P' ÖÖÜÄ' SÖB' ÜÄÖÖ' ÜÜÜQW P' ÜUVÜ' SÖÜÄ' ÖP' ÄVÜT ÖP' VÜÄ' SÜÄ' P' CÄWÜ' WÖÄ' SÄH' {
2. LE NOMBRE DE REHAUSSEMENTS AVEC UNE ZONE DE VÜCPE' ÜQW P' ÄÜCPE' VÖSÄB' VÜUVÜ' ÖÖÜÄ' Ü' ÜCPE' ÜP' ÖP' FONCTION DE LA PERFORMANCE DE L'OUVRAGE.

CLIENT
CANADIAN MALARTIC GP

PROJET
ÖUP' ÖÖÜÄ' WÄ' ÜSÜP' ÖÖT ÖP' VÄ' WÄ' CEF' Ä' ÜCPE' ÜP' ÖV' Ä' ÖSÄ' P' SÖÖ' Ä' ÜSÖÜ

ÜCÄP' ÄC ÖPÖSÖ

PAS POUR CONSTRUCTION

CONSULTANT



AAAA-MM-JJ 2014-10-28
 ÜÜRÖV' S. Chapuis
 ÖÖÜQ' S. Betnesky
 ÜÖXW' K. Doucet
 CEF' ÜUVW' M. Kissiova

TITRE

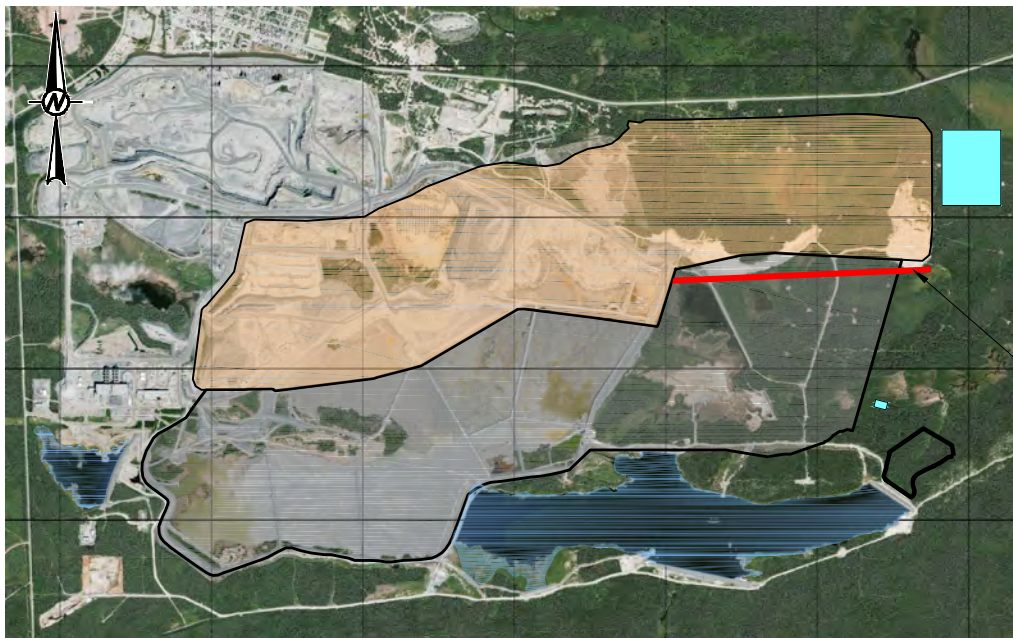
COUPE T PE SCHEMATI UE REHAUSSEMENTS PROPOSES POUR LE SECTEUR DE LA DIGUE C

PROJET
1403061

PHASE
4070

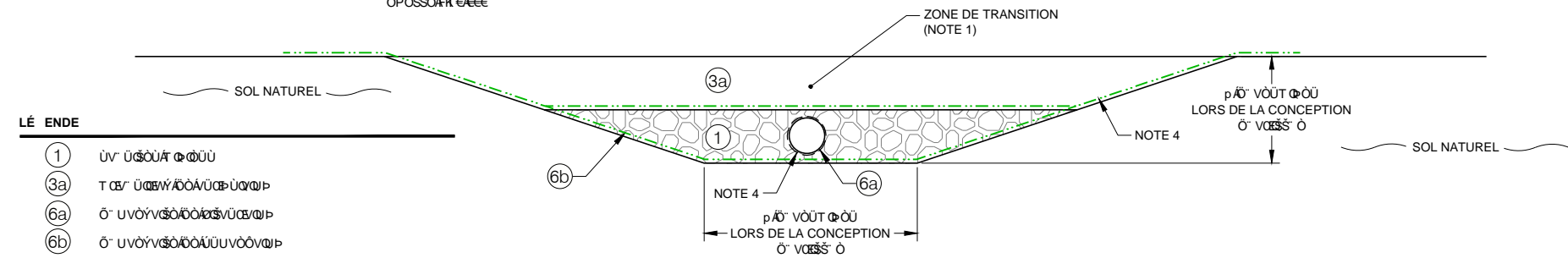
Ü..çÉ
0

FIGURE
11



LOCALISATION APPROXIMATIVE (NOTE 2)

ΥΣΧΕΛΙΟΣ
ΟΡΟΣΩΡΙΟΝ



LÉ ENDE

- (1) Τύπος Σωλήνα Φερού
- (3a) Τύπος Ύδατος Διάφραγμα
- (6a) Οριζόντιο Σωλήνας Ύδατος
- (6b) Οριζόντιο Σωλήνας Πυλώνα

NOTE

- Σχεδιασμός του συστήματος αποχέτευσης και η κατασκευή του σύμφωνα με τα στοιχεία της μελέτης. Ο τύπος του σωλήνα φερού, ο υλικός και ο μέγεθος του σωλήνα φερού, ο υλικός και ο μέγεθος του διαφράγματος, ο υλικός και ο μέγεθος του οριζόντιου σωλήνα ύδατος και ο υλικός και ο μέγεθος του οριζόντιου σωλήνα πυλώνα θα οριστούν κατά την εφαρμογή.
- Στα στάδια της μελέτης που αναφέρονται παραπάνω, ο σχεδιασμός του συστήματος αποχέτευσης και η κατασκευή του σύμφωνα με τα στοιχεία της μελέτης, θα πραγματοποιούνται σύμφωνα με τα στοιχεία της μελέτης.
- Στα στάδια της μελέτης που αναφέρονται παραπάνω, ο σχεδιασμός του συστήματος αποχέτευσης και η κατασκευή του σύμφωνα με τα στοιχεία της μελέτης, θα πραγματοποιούνται σύμφωνα με τα στοιχεία της μελέτης.
- Στα στάδια της μελέτης που αναφέρονται παραπάνω, ο σχεδιασμός του συστήματος αποχέτευσης και η κατασκευή του σύμφωνα με τα στοιχεία της μελέτης, θα πραγματοποιούνται σύμφωνα με τα στοιχεία της μελέτης.

ΥΠΟ ΜΕΛΕΤΗ

PAS POUR CONSTRUCTION

CLIENT
CANADIAN MALARTIC GP

CONSULTANT



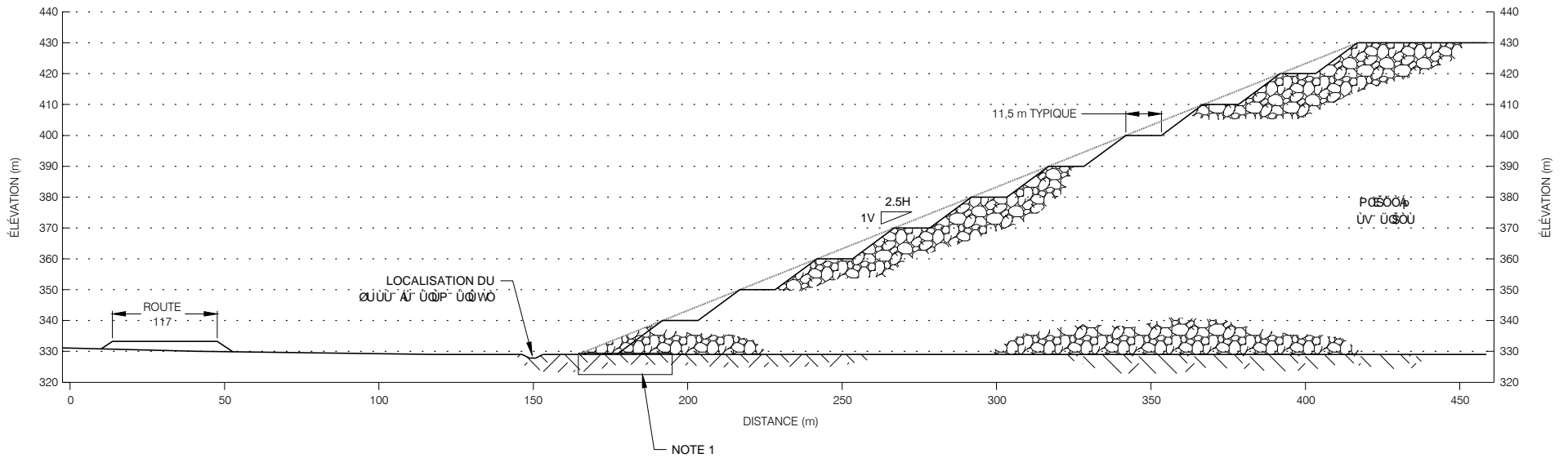
AAAA-MM-JJ 2014-10-28
 ΨΥΧΡΟΝ S. Chapuis
 ΟΧΥΦ S. Betnesky
 ΨΟΧ K. Doucet
 ΟΧΥΦΥΚ M. Kissiova

PROJET
 ΟΥΠΟΧΕΤΕΥΣΗ ΚΑΙ ΑΠΟΧΕΤΕΥΣΗ ΤΗΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ
 ΟΥΠΟΧΕΤΕΥΣΗ ΚΑΙ ΑΠΟΧΕΤΕΥΣΗ ΤΗΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ

TITRE
**COUPE SCHÉMATI UE DU DRAIN SOUTERRAIN À LA LIMITE NORD DU
 PROLONGEMENT DU PARC À RÉSIDUS**

ΜΑΚΡΟΜΕΤΡΟ ΦΑΣΗ
 1403061 4070 0

FIGURE
 12



NOTE

1. ΣΑΥ' ΥΠΟΘΕΤΑΡΧΟΣ ΑΥΥΣΟΑΥΘΟΟΣΑΡΕΣΟΑΥΟΥΣΕ
Β' Ο' ΥΠΕΘΟΠΡΑΥΒΟΝΘΑΡΩΝΑΥΥΟΟΠΡΑΥΒΕ

CLIENT
CANADIAN MALARTIC GP

CONSULTANT



AAAA-MM-JJ 2014-10-28
 ΥΥΥΡΩ' S. Chapuis
 ΟΟΥΨΦ' S. Betnesky
 ΨΟΧΩ' K. Doucet
 ΟΕΨΨΥΥΚ' M. Kissiova

PROJET
 ΟΥΡΟΟΥΝΩΑΥΥΣΥΡΟΤ ΟΡΩΑΥΕΘΡΑΥ' ΨΩΨ
 ΟΥΑΟΣΑΡΕΣΟΑΥ' ΨΩΨ

TITRE
COUPE T PE SCHÉMATI UE HALDE À STÉRILES LE LON DE LA 117

ΠΡΑΥΥΥΡΩ' PHASE Ü.çÉ FIGURE
 1403061 4070 0 15

25 mm



ANNEXE A

Données hydrologiques



L'objectif de cette annexe est d'établir un inventaire des variables climatiques recueillies à partir de données obtenues de différentes organisations gouvernementales. Les variables climatiques traitées comprennent les précipitations, la température, le vent, l'évaporation sur les lacs, l'évapotranspiration, les caractéristiques du couvert de neige et de la couche de glace.

Les données collectées aux stations d'Environnement Canada (EC) ont été utilisées. Notamment, la station météorologique de Val-d'Or (EC ID 7098600, coordonnées 48°03' N, 78°47' O) à 23 km du site de la mine (coordonnées géographiques 48°06' N, 78°07' O), a servi pour la création de la base de données. Les données suivantes sont disponibles pour cette station :

- 1951-2012 : températures moyennes pour un pas de temps journalier (EC, 2013).
- 1951-1995 et 2010-2012 : précipitations liquides et solides pour un pas de temps journalier (EC, 2013).
- 1951-2012 : précipitations totales pour un pas de temps journalier (EC, 2013).
- 1961-2010 : précipitations totales pour un pas de temps horaire (EC, 2011).
- 1961-1995 : statistiques d'intensité-durée-fréquence (IDF) de pluies à court terme (EC, 2014).
- 1955-2012 : épaisseur du couvert de neige pour un pas de temps journalier (absence de données sur la période 1996-2006) (EC, 2013).
- 1962-1995 : densité du couvert de neige relevée 4 fois par mois (pas de temps approximativement hebdomadaire) (EC, 2007).
- 1968-1994 : évaporation sur les lacs pour un pas de temps journalier (EC, 2010). Les valeurs ont été déterminées pour la station d'Amos (EC ID 7090120, coordonnées géographiques 48°34' N, 78°08' O, 51 km du site de la mine).
- 1971-2012 : vitesse et direction du vent pour un pas de temps horaire (EC, 2013).
- 1969-1999 : ensoleillement journalier pour un pas de temps horaire (EC, 2013).
- 1955-2012 : température du point de rosée pour un pas de temps horaire (EC, 2013).
- 1954-1994 : données sur la formation et la fonte de la couche de glace sur des lacs (Lenormands et al., 2002).

L'ensemble de ces données a été analysé et les résultats de l'analyse sont présentés dans les sections suivantes.



1.0 TEMPÉRATURE

Le tableau 1 présente les moyennes mensuelles multiannuelles de la température moyenne journalière calculées pour la période 1951 - 2012. Ces moyennes varient de -16,8 °C en janvier et février jusqu'à 17,3 °C en juillet. Pour une année moyenne, la température devient positive à la mi-avril. En automne, la température moyenne devient négative au début novembre.

Tableau 1: Moyennes multiannuelles des températures mensuelles (station de Val-d'Or, 1951-2012)

| Mois | Température (°C) |
|---------------|------------------|
| Janvier | -16,8 |
| Février | -14,5 |
| Mars | -8,0 |
| Avril | 1,1 |
| Mai | 9,2 |
| Juin | 14,8 |
| Juillet | 17,3 |
| Août | 15,8 |
| Septembre | 10,9 |
| Octobre | 4,5 |
| Novembre | -3,3 |
| Décembre | -12,5 |
| Annuel | 1,6 |

2.0 PRÉCIPITATIONS

2.1 Précipitations annuelles

Le tableau 2 ci-dessous présente le minimum, le maximum et la moyenne des précipitations annuelles liquides, solides (équivalent en eau) et totales. Ces valeurs sont calculées sur la période 1951 - 2012 pour les années de données complètes et quasi complètes (au moins 340 jours de données disponibles).

Selon ces données, les précipitations annuelles pour le site pour les 61 dernières années ont été de 903 mm avec une variation comprise entre 719 mm et 1183 mm. Les extrêmes sont présentés au tableau 2 ci-dessous.

Tableau 2: Extrêmes et moyennes des précipitations annuelles (station de Val-d'Or, 1951-2012)

| | Précipitation liquide (mm) | Précipitation solide (mm) | Précipitation totale (mm) |
|---------|----------------------------|---------------------------|---------------------------|
| Minimum | 423 (1972)* | 186 (1954) | 719 (2005) |
| Maximum | 888 (1979) | 457 (1972) | 1183 (1979) |
| Moyenne | 630 | 304 | 903 |

Note : * Les valeurs entre parenthèses sont les années où ces statistiques ont été observées.



ANNEXE A

Données hydrologiques

Une analyse de fréquence a été réalisée sur les valeurs annuelles de précipitations liquides, solides et totales. L'analyse a permis d'estimer les précipitations annuelles pour différentes périodes de retour (voir tableau 3 et tableau 4)

Les précipitations annuelles pour le site sont de 1 035 mm pour une année humide pour une période de retour de 10 ans et de 1178 mm pour une période de retour de 100 ans.

Tableau 3: Précipitations annuelles pour différentes périodes de retour - années humides (station de Val-d'Or, 1951-2012)

| Période de retour (ans) | Précipitations liquides (mm) | Précipitations solides (mm d'eau équivalent) | Précipitations totales (mm) |
|-------------------------|------------------------------|--|-----------------------------|
| 2 | 627 | 297 | 894 |
| 5 | 706 | 353 | 983 |
| 10 | 748 | 388 | 1 035 |
| 25 | 795 | 429 | 1 096 |
| 50 | 826 | 459 | 1 138 |
| 100 | 854 | 487 | 1 178 |
| 1 000 | 936 | 577 | 1 303 |
| 2 000 | 959 | 603 | 1 340 |

Les précipitations annuelles pour le site sont de 786 mm pour une année sèche pour une période de retour de 10 ans et de 724 mm pour une année sèche pour une période de retour de 100 ans.

Tableau 4: Précipitations annuelles pour différentes périodes de retour - années sèches (station de Val-d'Or, 1951-2012).

| Période de retour (ans) | Précipitations liquides (mm) | Précipitations solides (mm d'eau équivalent) | Précipitations totales (mm) |
|-------------------------|------------------------------|--|-----------------------------|
| 2 | 627 | 297 | 894 |
| 5 | 553 | 252 | 821 |
| 10 | 515 | 233 | 786 |
| 25 | 477 | 216 | 754 |
| 50 | 452 | 207 | 737 |
| 100 | 431 | 201 | 724 |
| 1 000 | 372 | 190 | 701 |
| 2 000 | 357 | 188 | 698 |



2.2 Précipitations mensuelles

Le tableau 5 présente les moyennes multiannuelles des précipitations mensuelles pour la station de Val-d'Or calculées pour la période 1951 - 2012. Les mois d'hiver sont typiquement plus secs que les mois d'été. Le mois de février apparaît le plus sec de l'année avec 48 mm de précipitation sous forme solide, tandis que les mois de juillet et septembre sont typiquement les plus humides avec un peu plus de 100 mm/mois de précipitation sous forme liquide.

Tableau 5: Moyennes multiannuelles des précipitations mensuelles (station de Val-d'Or, 1951-2012).

| Mois | Précipitations totales (mm) |
|-----------|-----------------------------|
| Janvier | 58 |
| Février | 48 |
| Mars | 56 |
| Avril | 58 |
| Mai | 68 |
| Juin | 91 |
| Juillet | 101 |
| Août | 93 |
| Septembre | 103 |
| Octobre | 82 |
| Novembre | 81 |
| Décembre | 67 |

2.3 Précipitations liquides extrêmes 1 à 120 jours

Une analyse statistique a été faite sur les précipitations liquides journalières de la période 1951-2012 afin d'obtenir les hauteurs pour des événements extrêmes d'une durée de 1 à 120 jours pour différentes périodes de retour. Les données de la période 1996-2012 ont été prises en compte en considérant que la précipitation liquide est égale à la précipitation totale lorsque la température moyenne journalière est positive. L'erreur occasionnée par cette méthode (par exemple pour un jour de printemps au cours duquel la température moyenne est négative, mais où une précipitation liquide est observée) est négligeable.

Tel que recommandé par le Conseil national de recherches Canada (CNRC, 1990), les hauteurs de pluie de 1 à 7 jours ont été multipliées par des facteurs de correction reliés à la fréquence quotidienne de mesures. Le facteur est de 1,13 pour la pluie de 1 jour, 1,04 pour la pluie de 2 jours, 1,03 pour les pluies de 3 et 4 jours et 1,02 pour les pluies de 5 et 7 jours.

Le tableau 6 présente les résultats de l'analyse.



Tableau 6: Précipitations liquides extrêmes (mm) pour différentes périodes de retour de 1 à 120 jours (station de Val-d'Or, 1951-2012)

| Période de retour (ans) | Durée de l'événement de précipitations liquides (en jours) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------|--|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|
| | 1 j | 2 j | 3 j | 4 j | 5 j | 6 j | 7 j | 8 j | 9 j | 10 j | 12 j | 15 j | 20 j | 25 j | 30 j | 40 j | 50 j | 60 j | 75 j | 90 j | 105 j | 120 j |
| 2 | 44 | 50 | 55 | 59 | 65 | 70 | 75 | 78 | 82 | 86 | 94 | 106 | 124 | 142 | 161 | 194 | 221 | 253 | 295 | 339 | 378 | 415 |
| 5 | 56 | 64 | 70 | 76 | 82 | 86 | 93 | 98 | 102 | 106 | 114 | 130 | 149 | 171 | 189 | 229 | 257 | 294 | 340 | 387 | 428 | 468 |
| 10 | 65 | 73 | 80 | 87 | 93 | 97 | 106 | 111 | 116 | 119 | 128 | 144 | 165 | 189 | 205 | 250 | 279 | 316 | 364 | 412 | 453 | 495 |
| 25 | 77 | 85 | 94 | 102 | 107 | 110 | 121 | 127 | 133 | 136 | 144 | 162 | 185 | 210 | 223 | 273 | 304 | 340 | 391 | 440 | 480 | 521 |
| 50 | 86 | 94 | 105 | 114 | 117 | 120 | 132 | 139 | 147 | 148 | 155 | 173 | 199 | 224 | 235 | 290 | 322 | 356 | 409 | 457 | 497 | 538 |
| 100 | 96 | 107 | 116 | 125 | 133 | 140 | 147 | 153 | 159 | 165 | 175 | 191 | 215 | 237 | 258 | 302 | 341 | 377 | 425 | 469 | 511 | 552 |
| 1 000 | 132 | 145 | 158 | 169 | 178 | 187 | 195 | 202 | 209 | 215 | 226 | 240 | 263 | 285 | 307 | 351 | 393 | 430 | 475 | 519 | 555 | 587 |
| 2 000 | 144 | 160 | 172 | 183 | 193 | 203 | 212 | 219 | 225 | 231 | 243 | 259 | 285 | 308 | 329 | 368 | 403 | 437 | 484 | 526 | 563 | 595 |



2.4 Précipitations liquides de 1 jour et moins

Environnement Canada (EC, 2014) a réalisé une étude statistique pour déterminer les tables d'IDF à partir des données de pluies de la période 1961-1995 à la station de Val-d'Or. Le tableau 7 ci-dessous présente les résultats de cette étude.

Tableau 7: Précipitations liquides (mm) pour différentes périodes de retour et des durées de pluie de 24 h et moins (station de Val-d'Or, 1961-1995)

| Période de retour (ans) | Durée de l'événement de précipitations liquides | | | | | | | | |
|-------------------------|---|--------|--------|--------|-----|-----|-----|------|------|
| | 5 min | 10 min | 15 min | 30 min | 1 h | 2 h | 6 h | 12 h | 24 h |
| 2 | 7 | 10 | 12 | 15 | 18 | 22 | 30 | 36 | 41 |
| 5 | 9 | 12 | 15 | 20 | 24 | 27 | 38 | 44 | 50 |
| 10 | 10 | 14 | 17 | 23 | 28 | 31 | 43 | 49 | 56 |
| 25 | 12 | 16 | 19 | 26 | 32 | 36 | 49 | 55 | 64 |
| 50 | 13 | 17 | 21 | 29 | 36 | 39 | 54 | 60 | 70 |
| 100 | 15 | 19 | 23 | 32 | 39 | 42 | 58 | 65 | 75 |

Golder a également analysé les précipitations liquides horaires de la période 1961-2010 pour obtenir les hauteurs correspondant à des pluies d'une durée de 1 à 24 heures pour différentes périodes de retour. Le tableau 8 présente les résultats de l'analyse.

Tableau 8: Précipitations liquides (mm) pour différentes périodes de retour et des durées de pluie de 24 h et moins (station de Val-d'Or, 1961-2010)

| Période de retour (ans) | Durée de l'événement de précipitations liquides (en heures) | | | | |
|-------------------------|---|-----|-----|------|------|
| | 1 h | 2 h | 6 h | 12 h | 24 h |
| 2 | 18 | 22 | 32 | 37 | 43 |
| 5 | 25 | 29 | 40 | 47 | 55 |
| 10 | 29 | 35 | 47 | 54 | 63 |
| 25 | 35 | 44 | 56 | 63 | 74 |
| 50 | 40 | 52 | 63 | 70 | 82 |
| 100 | 45 | 61 | 71 | 77 | 91 |
| 1 000 | 64 | 104 | 102 | 102 | 122 |
| 2 000 | 70 | 121 | 113 | 113 | 132 |

Les résultats de l'étude d'EC (EC, 2014) sur la période 1961-1995 sont inférieurs à ceux obtenus par Golder pour la période 1961-2010. La raison de cette différence pourrait être liée à l'observation de pluies généralement plus intenses dans les dernières années (1996-2010) que dans la période 1961-1995. La pluie historique de 88,5 mm en 24 heures mesurée le 24 septembre 2010 a un impact important sur les valeurs présentées dans le tableau 8. Cette pluie a modifié à la hausse les estimations antérieures des intensités des événements extrêmes.



Nous proposons d'utiliser les valeurs fournies dans le tableau 9, de manière à prendre en compte les valeurs les plus sécuritaires pour la conception des ouvrages.

2.5 Précipitations liquides et fonte des neiges extrêmes 1 à 120 jours

Environnement Canada (EC, 2012) propose un modèle de fonte des neiges pour des bassins versants boisés de l'est du Canada. Ce modèle a été utilisé pour simuler la fonte de neiges en partant des données historiques de la station de Val-d'Or. Les données historiques de teneur en eau du couvert de neige (EC, 2007) ont été ensuite utilisées pour vérifier les résultats du modèle. La figure 1 présente la comparaison des deux séries de données. On n'observe aucune erreur systématique du modèle; toutefois la dispersion des valeurs ponctuelles souligne le caractère approximatif du modèle.

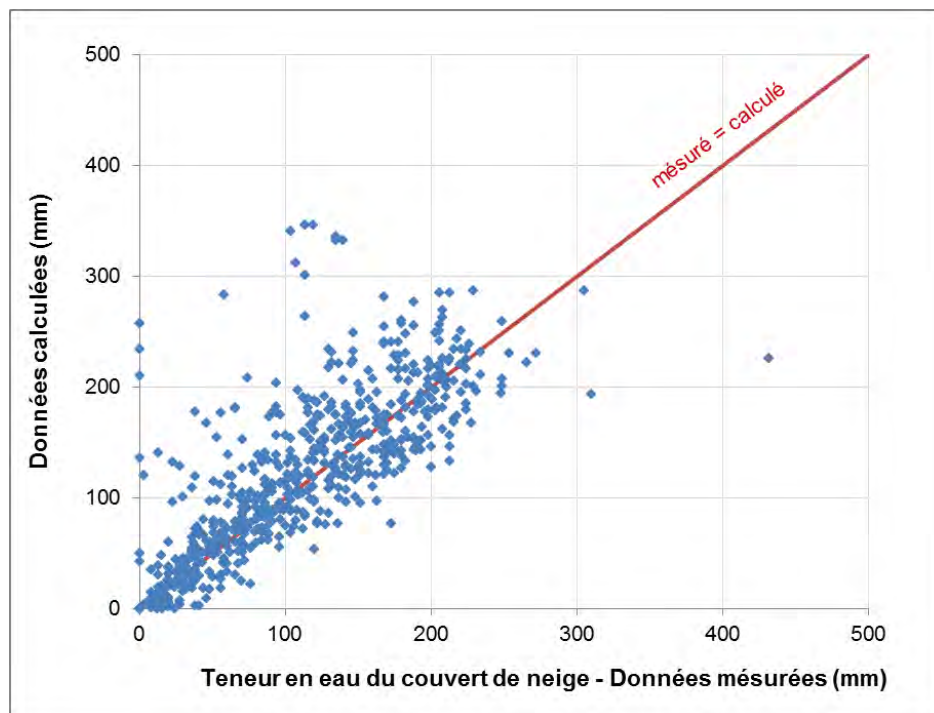


Figure 1: Comparaison entre les données mesurées et calculées de teneur en eau du couvert de neige

Le modèle d'accumulation et fonte des neiges a servi ensuite pour estimer la série combinée des précipitations liquides et de la fonte des neiges de la période 1951-2012. L'analyse statistique de cette série a calculé les intensités des événements combinés d'une durée de 1 à 120 jours pour différentes périodes de retour. Les données de la période 1996-2012 ont été prises en compte en considérant que la précipitation liquide est égale à la précipitation totale lorsque la température moyenne journalière est positive. L'erreur occasionnée par cette méthode (par exemple pour un jour de printemps au cours duquel la température moyenne est négative, mais où une précipitation liquide est observée) est négligeable.

Le tableau 9 présente les résultats de l'analyse.



Tableau 9: Précipitations liquides et fonte des neiges extrêmes (mm) pour différentes périodes de retour de 1 à 120 jours (station de Val-d'Or, 1951-2012)

| Période de retour (ans) | Durée de l'événement de précipitations liquides (en jours) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------|--|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|
| | 1 j | 2 j | 3 j | 4 j | 5 j | 6 j | 7 j | 8 j | 9 j | 10 j | 12 j | 15 j | 20 j | 25 j | 30 j | 40 j | 50 j | 60 j | 75 j | 90 j | 105 j | 120 j |
| 2 | 34 | 52 | 68 | 82 | 95 | 106 | 116 | 125 | 134 | 141 | 154 | 178 | 211 | 234 | 255 | 283 | 311 | 339 | 381 | 414 | 438 | 448 |
| 5 | 42 | 61 | 81 | 101 | 117 | 130 | 143 | 155 | 166 | 175 | 192 | 217 | 253 | 282 | 307 | 342 | 374 | 404 | 451 | 488 | 505 | 517 |
| 10 | 48 | 67 | 88 | 112 | 129 | 145 | 160 | 173 | 186 | 195 | 214 | 238 | 274 | 307 | 335 | 376 | 408 | 438 | 487 | 528 | 540 | 552 |
| 25 | 57 | 74 | 97 | 125 | 144 | 161 | 178 | 194 | 207 | 217 | 239 | 260 | 297 | 334 | 365 | 413 | 446 | 474 | 527 | 571 | 577 | 591 |
| 50 | 63 | 78 | 104 | 134 | 154 | 173 | 191 | 208 | 221 | 233 | 256 | 275 | 312 | 351 | 384 | 439 | 471 | 497 | 553 | 597 | 601 | 615 |
| 100 | 71 | 98 | 123 | 145 | 165 | 185 | 204 | 222 | 238 | 252 | 275 | 305 | 341 | 373 | 402 | 450 | 493 | 532 | 582 | 620 | 632 | 637 |
| 1 000 | 99 | 120 | 145 | 170 | 194 | 216 | 239 | 262 | 278 | 295 | 319 | 347 | 385 | 425 | 460 | 520 | 560 | 595 | 641 | 670 | 687 | 699 |
| 2 000 | 108 | 140 | 168 | 195 | 220 | 242 | 262 | 281 | 298 | 313 | 337 | 365 | 407 | 445 | 480 | 543 | 590 | 625 | 665 | 688 | 705 | 716 |



2.6 Précipitations maximales probables (PMP)

La PMP de 24 heures avec une précipitation totale de 375 mm a été obtenue en se basant sur l'analyse des données météorologiques de Val-d'Or effectuée par Golder et sur les suggestions de Bill Hogg, ancien expert d'Environnement Canada (voir aussi Golder, 2009b).

2.7 Épaisseur du couvert de neige

Les épaisseurs maximales du couvert de neige sont nécessaires pour établir les scénarios de crue printanière. L'hypothèse prudente est d'utiliser les épaisseurs maximales mesurées du couvert de neige comme étant représentatives du volume disponible pour la fonte de la neige, ce qui implique que la sublimation de la neige pendant la période de la fonte est considérée négligeable.

Pour analyser le couvert maximal de neige, une série de maxima annuels a été extraite des données de la station de Val-d'Or. Une analyse de fréquence a ensuite permis d'établir l'épaisseur de neige maximale selon différentes périodes de retour (tableau 10).

Tableau 10: Épaisseurs maximales du couvert de neige (station de Val-d'Or, 1955-2012)

| Période de retour (ans) | Épaisseur maximale du couvert de neige (cm neige) | Épaisseur maximale du couvert de neige (mm équivalent en eau) |
|-------------------------|---|---|
| 2 | 82 | 263 |
| 5 | 107 | 343 |
| 10 | 122 | 392 |
| 25 | 140 | 448 |
| 50 | 152 | 486 |
| 100 | 163 | 522 |
| 1 000 | 195 | 624 |
| 2 000 | 203 | 651 |

Une densité de 0,32 mm d'eau par millimètre de neige a été utilisée pour convertir l'épaisseur du couvert de neige en une épaisseur équivalente en eau. Ce facteur correspond à la moyenne multiannuelle (1962-1995) des données de densité de neige fournies par Environnement Canada pour le mois d'avril.

2.8 Scénarios de crue printanière

Sur la base de l'analyse présentée dans les paragraphes précédents, il devient possible d'établir des scénarios de calcul pour la crue printanière. La directive 019 (MDDELCC, 2012) recommande de prendre en compte dans la conception des ouvrages de rétention des parcs à résidus avec retenue d'eau, le scénario d'une fonte des neiges de fréquence 1:100 ans sur une période de trente jours, cumulée à une précipitation liquide estivale d'une durée de 24 heures de récurrence 1:1 000 ans ou 1 :2 000 ans. Le tableau 11 présente ces valeurs.

En fonction de la durée de vie prévue des ouvrages, un coefficient de sécurité pourra être appliqué pour tenir compte des changements climatiques.



Tableau 11: Scénarios de crue printanière et pluies extrêmes estivales (1 :1 000 ans ou 1 :2 000 ans) cumulées à la fonte sur 30 jours d'un couvert de neige 1 :100 ans (station de Val-d'Or, 1951-2012)

| Composant de la crue | Intensité crue avec une pluie 1 :1 000 ans (mm) | Intensité crue avec une pluie 1 :2 000 ans (mm) |
|---|---|---|
| [A] Précipitation 24 h | 122 | 132 |
| [B] Couvert de neige 1 :100 ans (équivalent en eau) | 522 | 522 |
| Événement climatique recommandé dans la directive 019 [A + B] | 644 | 654 |

2.9 Évaporation

Le tableau 12 présente les valeurs mensuelles et multiannuelles d'évaporation sur lac pour la station météorologique d'Amos (1968-1994), la seule station à proximité du site, pour laquelle Environnement Canada (EC, 2010) a calculé des valeurs d'évaporation sur lac à partir de mesures d'évaporation en bac. Les valeurs indiquent les pertes par évaporation après la fonte du couvert de glace. Elles n'incluent pas les pertes par sublimation de la neige. Les maximums d'évaporation sont généralement atteints en juin-juillet avec environ 120 mm en moyenne pour chacun de ces deux mois. L'évaporation annuelle moyenne est d'environ 591 mm. Cette valeur varie peu sur les 26 années de données : l'évaporation minimale est égale à 533 mm alors que la valeur maximale est égale à 660 mm.

Tableau 12: Moyennes multiannuelles de l'évaporation mensuelle sur lac (station d'Amos, 1968-1994)

| Mois | Évaporation (mm) |
|-----------------|---------------------------------|
| Janvier | Non disponible / Non applicable |
| Février | Non disponible / Non applicable |
| Mars | Non disponible / Non applicable |
| Avril | 34 |
| Mai | 115 |
| Juin | 121 |
| Juillet | 125 |
| Août | 102 |
| Septembre | 60 |
| Octobre | 33 |
| Novembre | Non disponible / Non applicable |
| Décembre | Non disponible / Non applicable |
| (Annuel) | 591 |



Le tableau 13 présente les valeurs mensuelles et multiannuelles d'évaporation sur lac peu profonds calculées selon la méthode de calcul Morton (Morton, 1983). Les paramètres utilisés dans ce calcul sont la température moyenne, la température du point de rosée et l'ensoleillement. L'analyse a été effectuée pour la période de 1969 à 1999 soit 30 années de données disponibles. La moyenne multiannuelle mensuelle a été utilisée lorsque la situation requerrait des années en dehors de la plage disponible.

Tableau 13: Moyennes multiannuelles de l'évaporation sur lac peu profonds – méthode de calcul Morton

| Mois | Évaporation (mm) |
|-----------------|-------------------------|
| Janvier | 0 |
| Février | 0 |
| Mars | 20 |
| Avril | 58 |
| Mai | 101 |
| Juin | 124 |
| Juillet | 136 |
| Août | 108 |
| Septembre | 54 |
| Octobre | 25 |
| Novembre | 2 |
| Décembre | 0 |
| (Annuel) | 627 |

La figure 2 illustre la comparaison entre l'évaporation mensuelle multiannuelle pour la station météorologique d'Amos (1968-1994) et l'évaporation mensuelle multiannuelle sur lac peu profonds calculée avec la méthode Morton avec les données de la station de Val-d'Or (1969-1999).

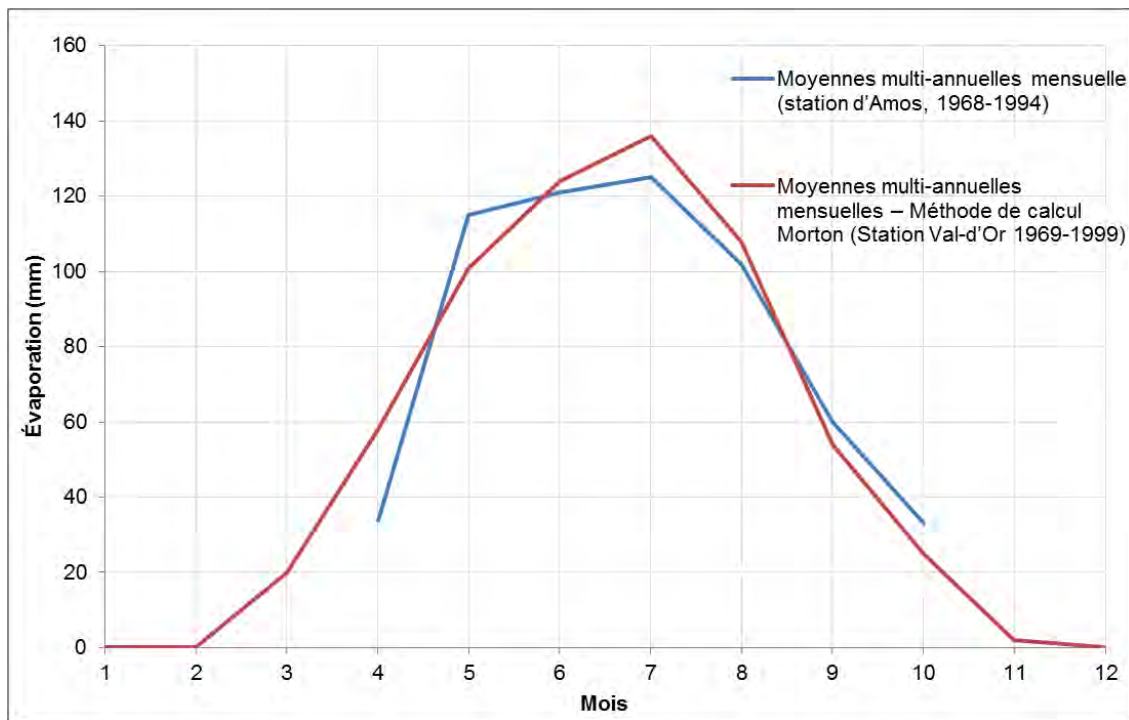


Figure 2: Comparaison entre l'évaporation mensuelle multiannuelle pour la station météorologique d'Amos (1968-1994) et l'évaporation mensuelle multiannuelle sur lac peu profonds calculée avec la méthode Morton avec les données de la station de Val-d'Or (1969-1999).

2.10 Évapotranspiration potentielle

Le tableau 14 présente les moyennes mensuelles multiannuelles de l'évapotranspiration potentielle calculées selon la méthode de Morton (Morton, 1983). Les paramètres utilisés dans ce calcul sont la température, la température du point de rosée et l'ensoleillement. L'analyse a été effectuée pour la période de 1969 à 1999 soit 30 années de données disponibles. La moyenne multiannuelle mensuelle a été utilisée lorsque la situation requérait des années en dehors de la plage disponible.



Tableau 14: Moyennes multiannuelles de l'évapotranspiration potentielle sur lac (station de Val-d'Or, 1954-1995)

| Mois | Évapotranspiration potentielle (mm) |
|-----------------|-------------------------------------|
| Janvier | 0 |
| Février | 1 |
| Mars | 21 |
| Avril | 73 |
| Mai | 134 |
| Juin | 153 |
| Juillet | 162 |
| Août | 129 |
| Septembre | 67 |
| Octobre | 27 |
| Novembre | 2 |
| Décembre | 0 |
| (Annuel) | 768 |

2.11 Vents

Les données de la station de Val-d'Or pour la période 1971-2012 ont été utilisées pour faire une analyse des vitesses et des directions des vents. Selon ces données, les directions principales du vent sont du nord-ouest et du sud (voir figure 3). Une analyse de fréquence (fonction log-normale) a déterminé les vitesses maximales du vent pour chaque direction. Le tableau 15 présente les vitesses maximales des vents selon différentes périodes de retour.

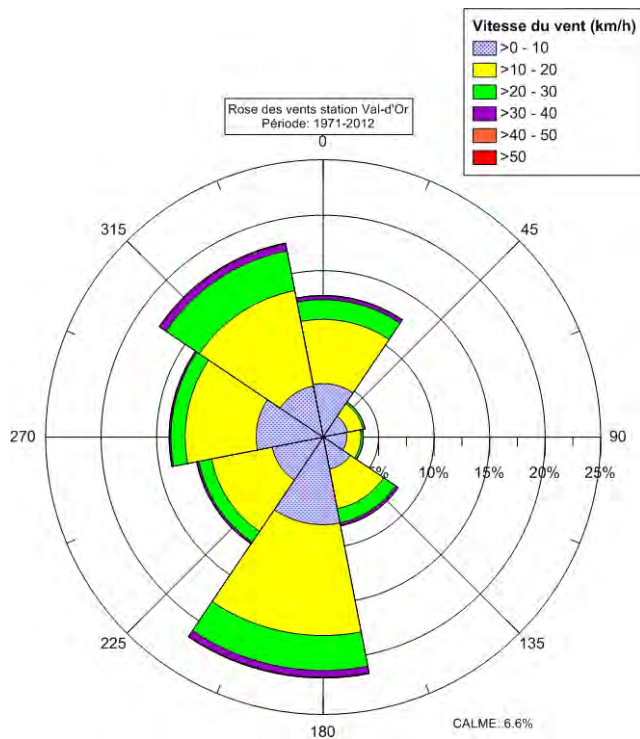


Figure 3: Rose des vents pour la station de Val-d'Or

Tableau 15: Analyse de fréquence pour la vitesse maximale des vents (station de Val-d'Or, 1955-2009)

| Période de retour (ans) | NE | E | SE | S | SO | O | NO | N |
|-------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 2 | 29 | 28 | 39 | 47 | 40 | 38 | 43 | 41 |
| 5 | 33 | 33 | 46 | 52 | 46 | 43 | 48 | 46 |
| 10 | 35 | 36 | 49 | 55 | 49 | 47 | 51 | 50 |
| 25 | 38 | 39 | 53 | 58 | 52 | 51 | 54 | 54 |
| 50 | 40 | 41 | 56 | 60 | 55 | 54 | 57 | 57 |
| 100 | 42 | 43 | 58 | 62 | 57 | 57 | 59 | 60 |
| 200 | 43 | 45 | 61 | 64 | 59 | 60 | 61 | 64 |
| 500 | 45 | 48 | 64 | 66 | 62 | 64 | 64 | 68 |
| 1 000 | 47 | 50 | 66 | 67 | 64 | 67 | 66 | 71 |

2.12 Couvert de glace sur les lacs et les rivières

L'épaisseur et la durée d'un couvert de glace sont des données requises pour l'évaluation de la gestion de l'eau dans les réservoirs du projet.

Une base de données disponible (Lenormand et autres, 2002) documente plus de 1 600 mesures individuelles d'épaisseur du couvert de glace en lacs et en rivières. Des mesures ont été prises entre 1907 et 1999, à



89 stations à travers le Québec. Deux d'entre elles se trouvent autour de Val-d'Or dans le lac Blouin et dans le lac de Montigny.

Une évaluation des données recueillies aux deux stations placées sur des lacs indique (tableau 16) que l'épaisseur maximale moyenne du couvert de glace est de 0,9 m, que la date moyenne pour la formation d'un couvert complet de glace est le 28 novembre et que la date moyenne pour la fonte complète du couvert de glace est le 7 mai. Le tableau expose aussi les minima et les maxima historiques de ces variables selon la base de données; cela donne une indication de leur variabilité possible d'une année à l'autre.

Ces données ont servi pour le développement d'un modèle d'accumulation et de fonte de la couche de glace sur un réservoir. La figure 4 présente quelques détails du modèle.

Tableau 16: Résumé des données historiques concernant la couche de glace sur deux lacs autour de la station de Val-d'Or, 1954 à 1994

| | Date de la formation de la couche complète de glace | Épaisseur maximale de la couche de glace (cm) | Date de la fonte complète |
|---------|---|---|---------------------------|
| Minimum | 04 novembre | 51 | 17 avril |
| Moyenne | 28 novembre | 86 | 7 mai |
| Maximum | 14 décembre | 125 | 25 mai |

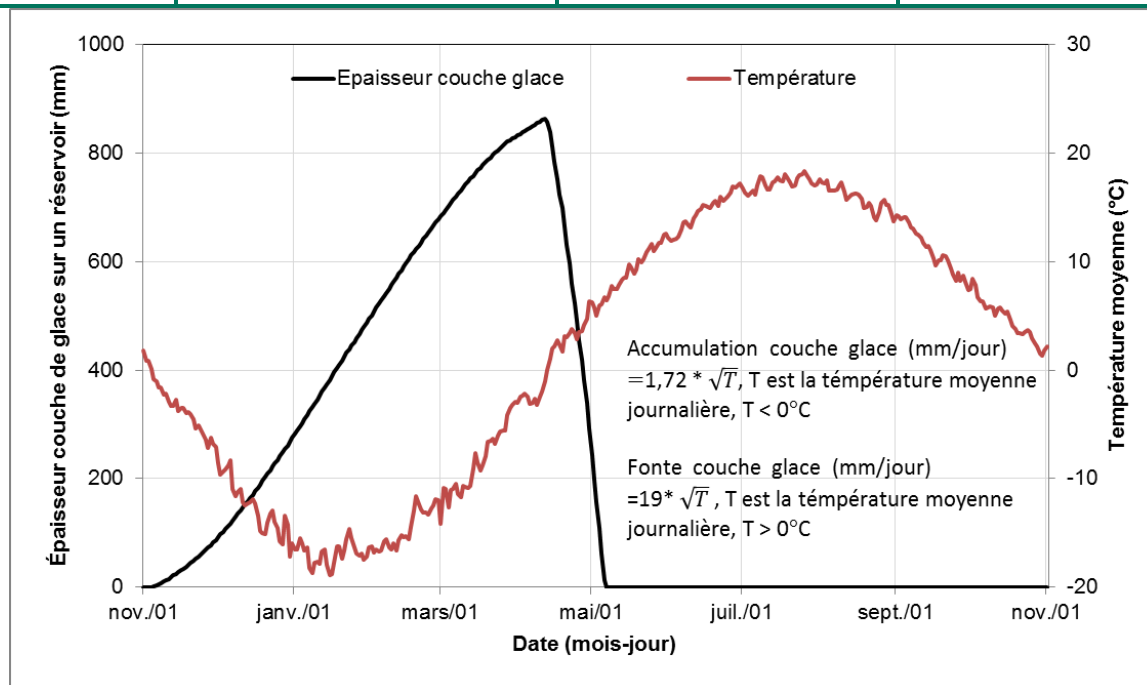


Figure 4: Modèle proposé pour la formation et la fonte de la couche de glace - application pour une année climatologique moyenne (station de Val-d'Or)



3.0 RÉFÉRENCES

- CNRC, 1990. Hydrologie des crues au Canada, Guide de planification et de conceptions. Conseil national de recherches Canada. 1990.
- Environnement Canada, 2007. Canadian Snow Data: Daily Snow Depth and Snow Water Equivalent; Snow Water Equivalent Database, update to 2004 – Environment Canada, Climate Processes and Earth Observation Division, Meteorological Service of Canada, téléchargé en mai 2009 du site www.ccin.ca.
- Environnement Canada, 2010. Base de données d'évaporation sur les lacs. Climat Québec, Environnement Canada, communication électronique, 19 octobre 2010, Sébastien Ouellet-Proulx (Sebastien.Ouellet-Proulx@ec.gc.ca).
- Environnement Canada, 2011. Données horaires de précipitation pour la station de Val-d'Or. Climat Québec, Environnement Canada, communication électronique, 16 février 2011, Laetitia Davignon (Laetitia.Davignon@ec.gc.ca).
- Environnement Canada, 2012. Explication de l'analyse de la valeur extrême de la pluie + neige fondue. Environnement Canada, communication électronique, 16 octobre 2012, Philip L. Jarret (Philip.Jarret@ec.gc.ca).
- Environnement Canada, 2013. Données horaires de direction et vitesse du vent et données journalières de températures moyennes, précipitation liquide, solide et totale, épaisseur du couvert de neige, ensoleillement journalier et température du point de rosée à la station de Val-d'Or. Climat Québec, Environnement Canada, communication électronique, 31 juillet 2013, Sharon Stone / Services climatiques (climate.services@ec.gc.ca).
- Environnement Canada, 2014. Tableau avec les statistiques Intensité, Durée et Fréquence (IDF) de la station Val-d'Or A (ID 7098600) téléchargé de http://climate.weather.gc.ca/index_e.html le 24 janvier 2014.
- Lenormand, F., Duguay, C.R., et Gauthier, R. 2002. Canadian Ice Database. Laboratoire de télédétection et de modélisation des environnements froids, Centre d'études nordiques, Département de géographie, Université Laval, Québec.
- Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les Changement Climatiques (MDDELCC), 2012. Directive 019 sur l'industrie minière. Direction des politiques de l'eau, Services des eaux industrielles. Mars 2012
- Morton, F.I., 1983. Operational estimates of areal evapotranspiration and their significance to the science and practice of hydrology. *Journal of Hydrology* 66: 1-76.

\\golder.gds\gal\montreal\actif\2014\1221\1403061 cmgp- études phase iii- malartic\5 préparation livrables\4000 - géotech- halde parc\008-14-03061-4000-rf-rev0-conception parc et halde\annexe a\annexe a - données hydrologiques.docx



ANNEXE B

Fiche d'aléa sismique

2010 National Building Code Seismic Hazard Calculation

INFORMATION: Eastern Canada English (613) 995-5548 français (613) 995-0600 Facsimile (613) 992-8836
Western Canada English (250) 363-6500 Facsimile (250) 363-6565

Requested by: Karine Doucet, Golder Associés
Site Coordinates: 48.12 North 78.105 West
User File Reference: Mine Canadian Malartic

February 18, 2014

National Building Code ground motions:

2% probability of exceedance in 50 years (0.000404 per annum)

| Sa(0.2) | Sa(0.5) | Sa(1.0) | Sa(2.0) | PGA (g) |
|---------|---------|---------|---------|---------|
| 0.213 | 0.138 | 0.077 | 0.026 | 0.075 |

Notes. Spectral and peak hazard values are determined for firm ground (NBCC 2010 soil class C - average shear wave velocity 360-750 m/s). Median (50th percentile) values are given in units of g. 5% damped spectral acceleration (Sa(T), where T is the period in seconds) and peak ground acceleration (PGA) values are tabulated. Only 2 significant figures are to be used. **These values have been interpolated from a 10 km spaced grid of points. Depending on the gradient of the nearby points, values at this location calculated directly from the hazard program may vary. More than 95 percent of interpolated values are within 2 percent of the calculated values.**

Ground motions for other probabilities:

| | | | |
|---------------------------------------|-------|--------|-------|
| Probability of exceedance per annum | 0.010 | 0.0021 | 0.001 |
| Probability of exceedance in 50 years | 40% | 10% | 5% |
| Sa(0.2) | 0.036 | 0.094 | 0.139 |
| Sa(0.5) | 0.021 | 0.059 | 0.089 |
| Sa(1.0) | 0.010 | 0.032 | 0.049 |
| Sa(2.0) | 0.004 | 0.011 | 0.017 |
| PGA | 0.012 | 0.032 | 0.047 |

References

National Building Code of Canada 2010 NRCC no. 53301; sections 4.1.8, 9.20.1.2, 9.23.10.2, 9.31.6.2, and 6.2.1.3

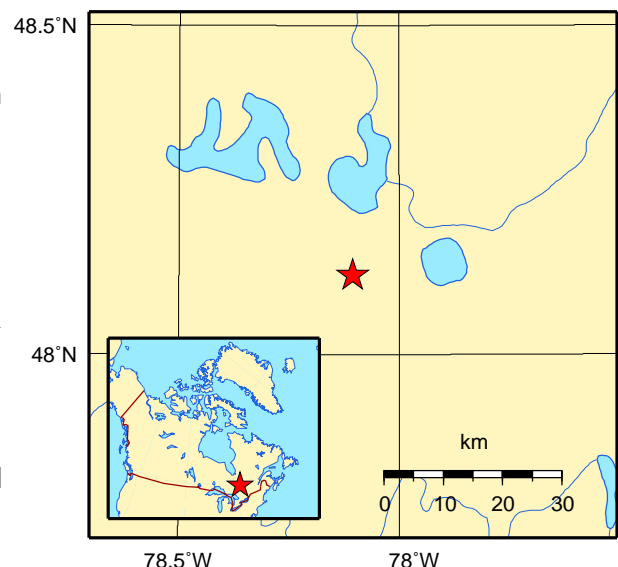
Appendix C: Climatic Information for Building Design in Canada - table in Appendix C starting on page C-11 of Division B, volume 2

User's Guide - NBC 2010, Structural Commentaries NRCC no. 53543 (in preparation)
Commentary J: Design for Seismic Effects

Geological Survey of Canada Open File xxxx
Fourth generation seismic hazard maps of Canada: Maps and grid values to be used with the 2010 National Building Code of Canada (in preparation)

See the websites www.EarthquakesCanada.ca and www.nationalcodes.ca for more information

Aussi disponible en français





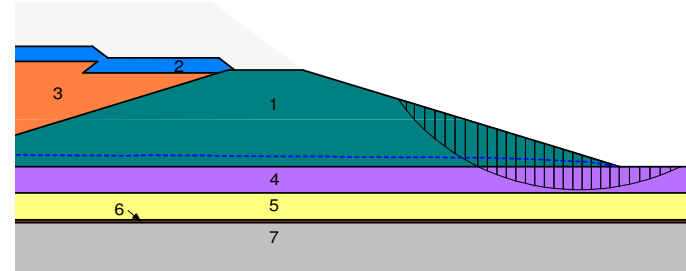
ANNEXE C

Résultats des analyses de stabilité : parc à résidus

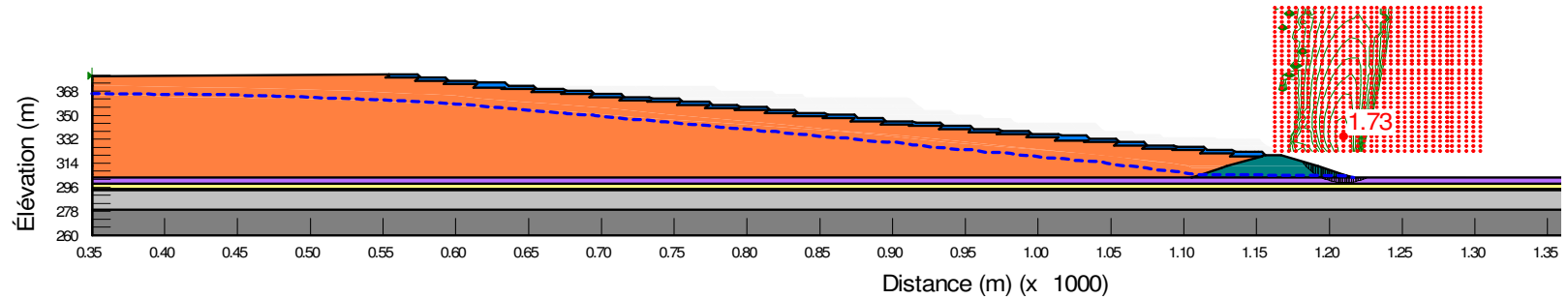
Analyse de stabilité en condition statique
Configuration en opération pour la berme de départ du prolongement du parc - sans mitigation

Figure C-1

| N° | Matériaux | Propriétés géotechniques | | |
|----|-----------------------------------|-------------------------------|-------------|------------|
| | | γ (kN/m ³) | C_u (kPa) | ϕ (°) |
| 1 | Berme de départ | 20,5 | - | 37 |
| 2 | Stériles | 20,5 | - | 37 |
| 3 | Résidus miniers Canadian Malartic | 19,5 | - | 30 |
| 4 | Silt argileux | 17,5 | - | 29 |
| 5 | Silt lâche | 17,5 | - | 30 |
| 6 | Sable lâche | 18,5 | - | 32 |
| 7 | Socle rocheux | - | - | - |



F.S. 1,73



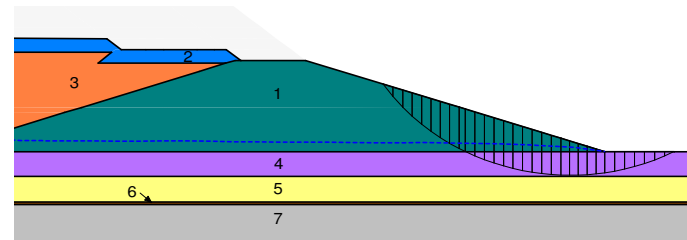
Date : Novembre 2014
 Projet : 1403061

Dessiné par : N.P.
 Révisé par : A.M.D.

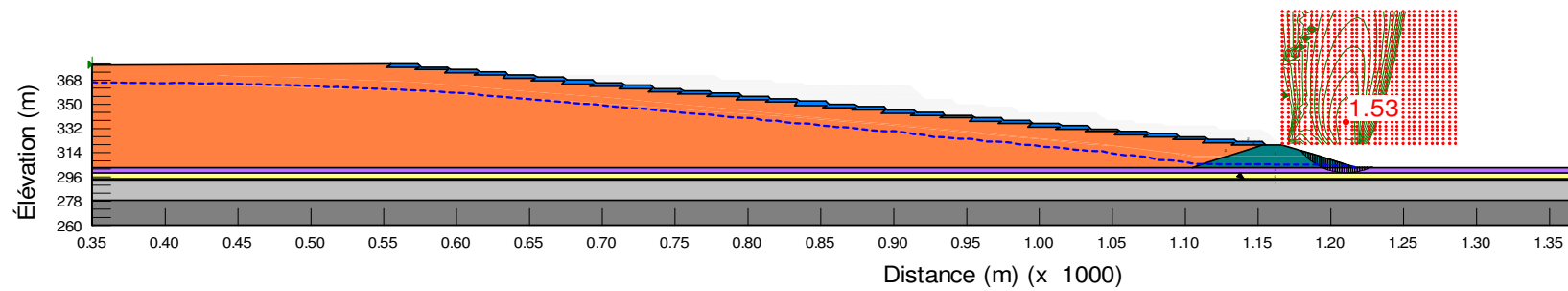
Analyse de stabilité en condition pseudo-statique
Configuration en opération pour la berme de départ du prolongement du parc - sans mitigation

Figure C-2

| N° | Matériaux | Propriétés géotechniques | | |
|----|-----------------------------------|-------------------------------|-------------|------------|
| | | γ (kN/m ³) | C_u (kPa) | ϕ (°) |
| 1 | Berme de départ | 20,5 | - | 37 |
| 2 | Stériles | 20,5 | - | 37 |
| 3 | Résidus miniers Canadian Malartic | 19,5 | - | 30 |
| 4 | Silt argileux | 17,5 | - | 29 |
| 5 | Silt lâche | 17,5 | - | 30 |
| 6 | Sable lâche | 18,5 | - | 32 |
| 7 | Socle rocheux | - | - | - |



F.S. 1,53



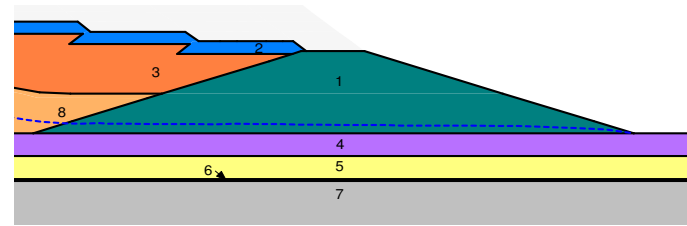
Date : Novembre 2014
 Projet : 1403061

Dessiné par : N.P.
 Révisé par : A.M.D.

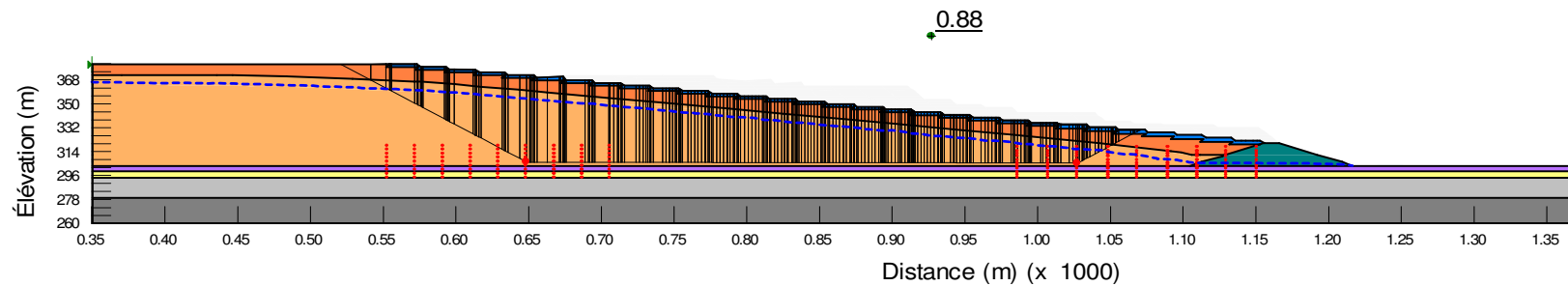
Analyse de stabilité en condition post-liquéfaction
Configuration en opération pour la berme de départ du prolongement du parc - sans mitigation

Figure C-3

| N° | Matériaux | Propriétés géotechniques | | |
|----|-----------------------------------|-------------------------------|-------------|------------|
| | | γ (kN/m ³) | C_u (kPa) | ϕ (°) |
| 1 | Berme de départ | 20,5 | - | 37 |
| 2 | Stériles | 20,5 | - | 37 |
| 3 | Résidus miniers Canadian Malartic | 19,5 | - | 30 |
| 4 | Silt argileux | 17,5 | - | 29 |
| 5 | Silt lâche | 17,5 | - | 30 |
| 6 | Sable lâche | 18,5 | - | 32 |
| 7 | Socle rocheux | - | - | - |
| 8 | Résidus miniers CM liquéfié | 19,5 | - | 5,7 |



F.S. 0,88



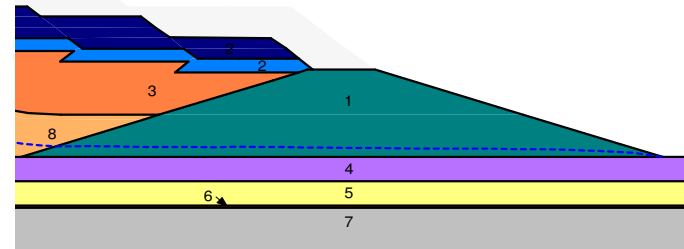
Date : Novembre 2014
 Projet : 1403061

Dessiné par : N.P.
 Révisé par : A.M.D.

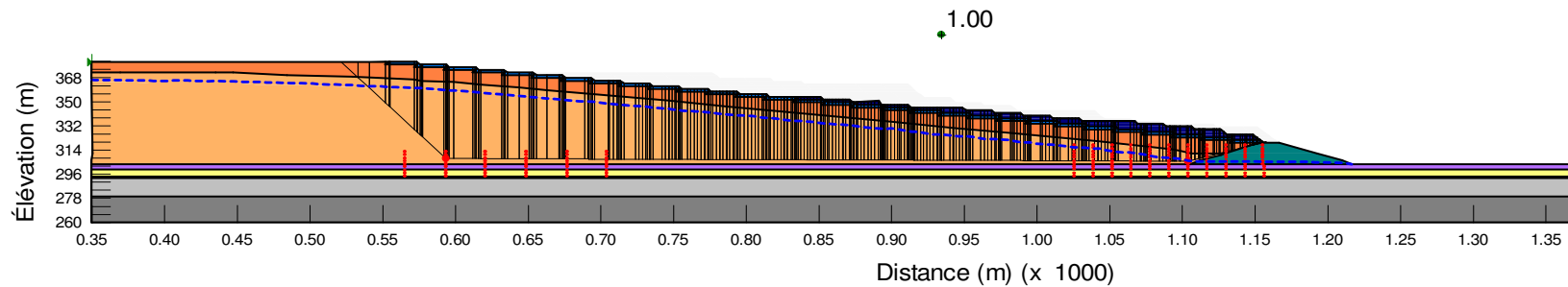
Analyse de stabilité en condition post-liquéfaction
Configuration en opération pour la berme de départ du prolongement du parc - avec mitigation

Figure C-4

| N° | Matériaux | Propriétés géotechniques | | |
|----|-----------------------------------|-------------------------------|-------------|------------|
| | | γ (kN/m ³) | C_u (kPa) | ϕ (°) |
| 1 | Berme de départ | 20,5 | - | 37 |
| 2 | Stériles | 20,5 | - | 37 |
| 3 | Résidus miniers Canadian Malartic | 19,5 | - | 30 |
| 4 | Silt argileux | 17,5 | - | 29 |
| 5 | Silt lâche | 17,5 | - | 30 |
| 6 | Sable lâche | 18,5 | - | 32 |
| 7 | Socle rocheux | - | - | - |
| 8 | Résidus miniers CM liquéfié | 19,5 | - | 5,7 |



F.S. 1.00



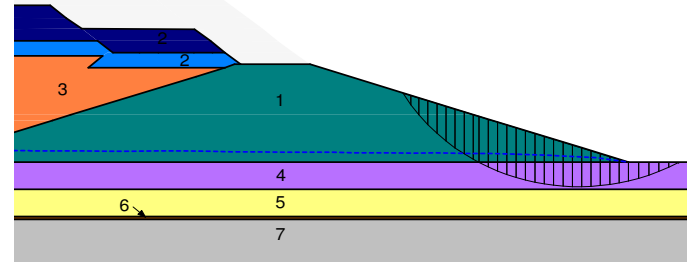
Date : Novembre 2014
 Projet : 1403061

Dessiné par : N.P.
 Révisé par : A.M.D.

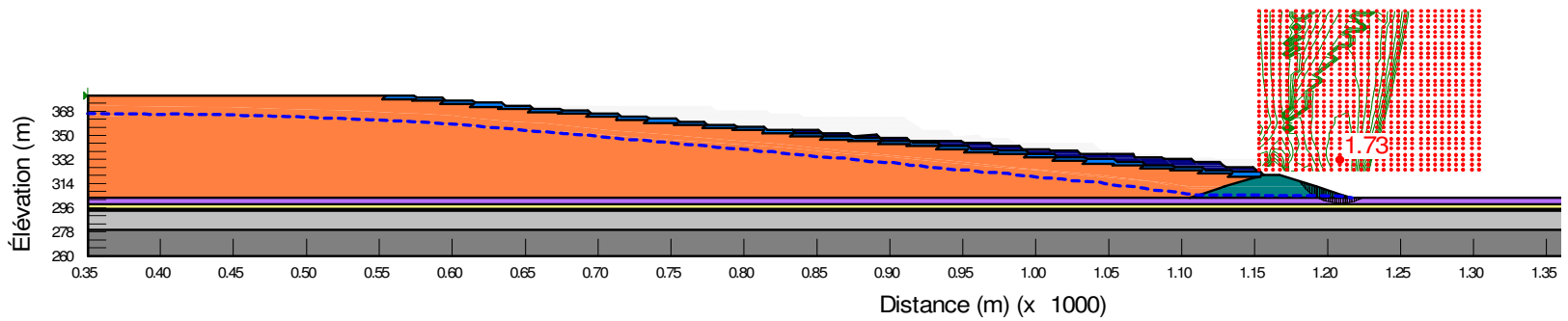
Analyse de stabilité en condition statique
Configuration en opération pour la berme de départ du prolongement du parc - avec mitigation

Figure C-5

| N° | Matériaux | Propriétés géotechniques | | |
|----|-----------------------------------|-------------------------------|-------------|------------|
| | | γ (kN/m ³) | C_u (kPa) | ϕ (°) |
| 1 | Berme de départ | 20,5 | - | 37 |
| 2 | Stériles | 20,5 | - | 37 |
| 3 | Résidus miniers Canadian Malartic | 19,5 | - | 30 |
| 4 | Silt argileux | 17,5 | - | 29 |
| 5 | Silt lâche | 17,5 | - | 30 |
| 6 | Sable lâche | 18,5 | - | 32 |
| 7 | Socle rocheux | - | - | - |



F.S. 1,73



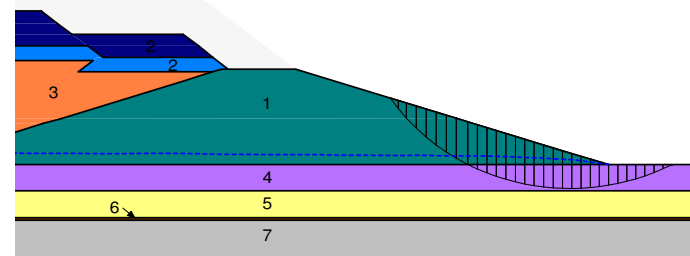
Date : Novembre 2014
 Projet : 1403061

Dessiné par : N.P.
 Révisé par : A.M.D.

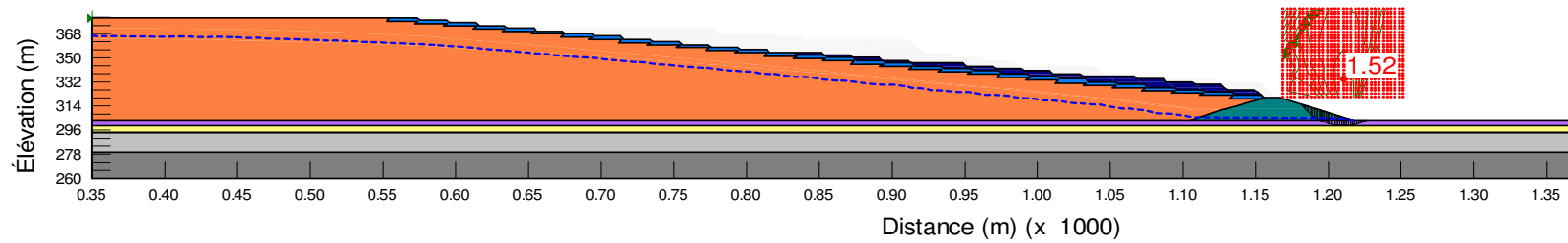
Analyse de stabilité en condition pseudo-statique
Configuration en opération pour la berme de départ du prolongement du parc - avec mitigation

Figure C-6

| N° | Matériaux | Propriétés géotechniques | | |
|----|-----------------------------------|-------------------------------|-------------|------------|
| | | γ (kN/m ³) | C_u (kPa) | ϕ (°) |
| 1 | Berme de départ | 20,5 | - | 37 |
| 2 | Stériles | 20,5 | - | 37 |
| 3 | Résidus miniers Canadian Malartic | 19,5 | - | 30 |
| 4 | Silt argileux | 17,5 | - | 29 |
| 5 | Silt lâche | 17,5 | - | 30 |
| 6 | Sable lâche | 18,5 | - | 32 |
| 7 | Socle rocheux | - | - | - |



F.S. 1,52



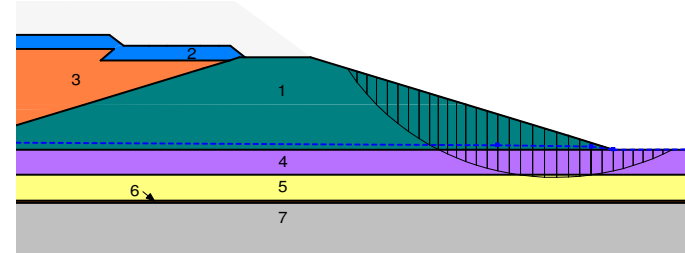
Date : Novembre 2014
 Projet : 1403061

Dessiné par : N.P.
 Révisé par : A.M.D.

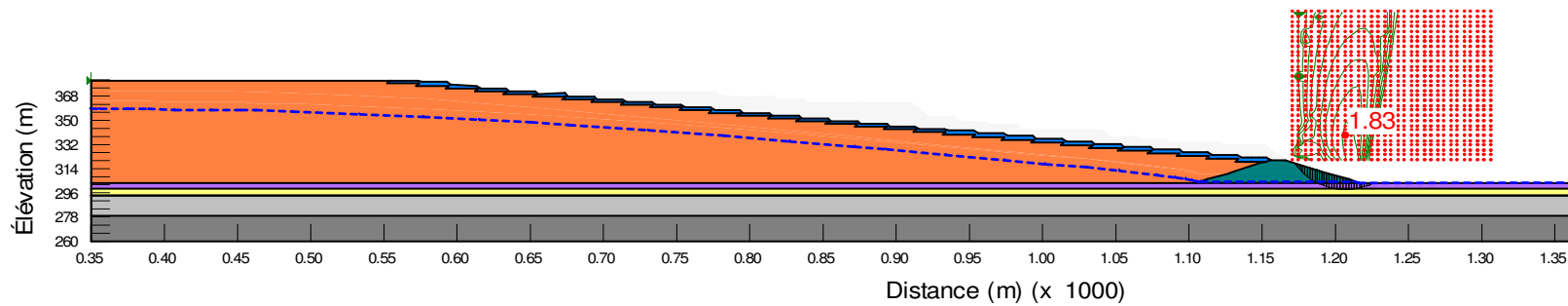
Analyse de stabilité en condition statique
Configuration en fin d'opération pour la berme de départ du prolongement du parc - sans mitigation

Figure C-7

| N° | Matériaux | Propriétés géotechniques | | |
|----|-----------------------------------|-------------------------------|-------------|------------|
| | | γ (kN/m ³) | C_u (kPa) | ϕ (°) |
| 1 | Berme de départ | 20,5 | - | 37 |
| 2 | Stériles | 20,5 | - | 37 |
| 3 | Résidus miniers Canadian Malartic | 19,5 | - | 30 |
| 4 | Silt argileux | 17,5 | - | 29 |
| 5 | Silt lâche | 17,5 | - | 30 |
| 6 | Sable lâche | 18,5 | - | 32 |
| 7 | Socle rocheux | - | - | - |



F.S. 1,83



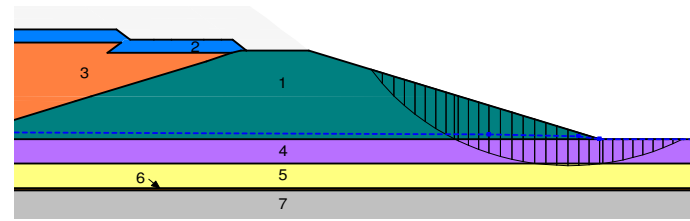
Date : Novembre 2014
 Projet : 1403061

Dessiné par : N.P.
 Révisé par : A.M.D.

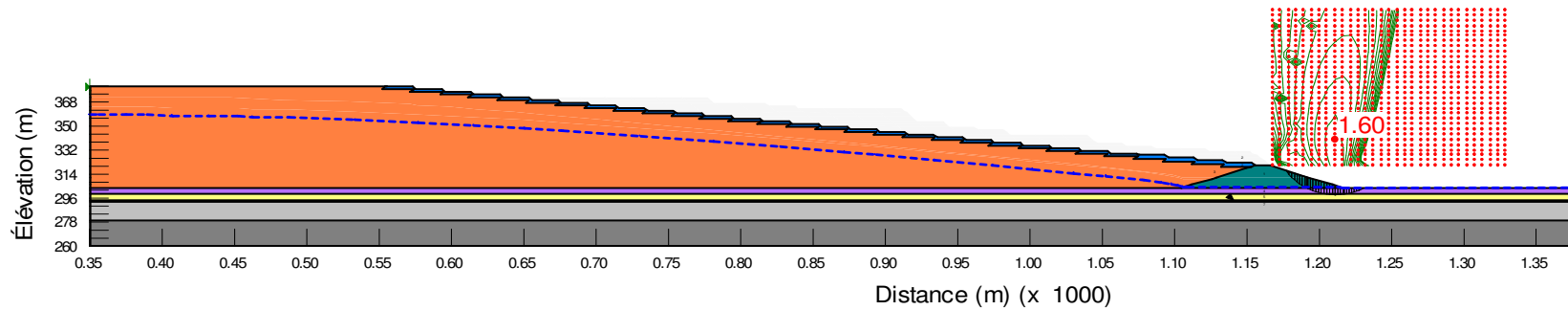
Analyse de stabilité en condition pseudo-statique
Configuration en fin d'opération pour la berme de départ du prolongement du parc - sans mitigation

Figure C-8

| N° | Matériaux | Propriétés géotechniques | | |
|----|-----------------------------------|-------------------------------|-------------|------------|
| | | γ (kN/m ³) | C_u (kPa) | ϕ (°) |
| 1 | Berme de départ | 20,5 | - | 37 |
| 2 | Stériles | 20,5 | - | 37 |
| 3 | Résidus miniers Canadian Malartic | 19,5 | - | 30 |
| 4 | Silt argileux | 17,5 | - | 29 |
| 5 | Silt lâche | 17,5 | - | 30 |
| 6 | Sable lâche | 18,5 | - | 32 |
| 7 | Socle rocheux | - | - | - |



F.S. 1,60



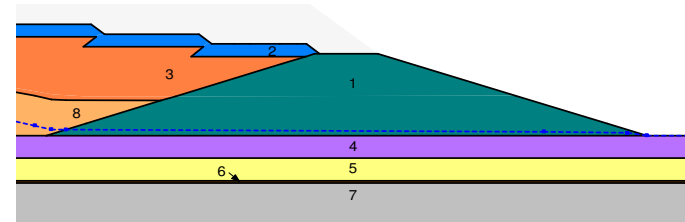
Date : Novembre 2014
 Projet : 1403061

Dessiné par : N.P.
 Révisé par : A.M.D.

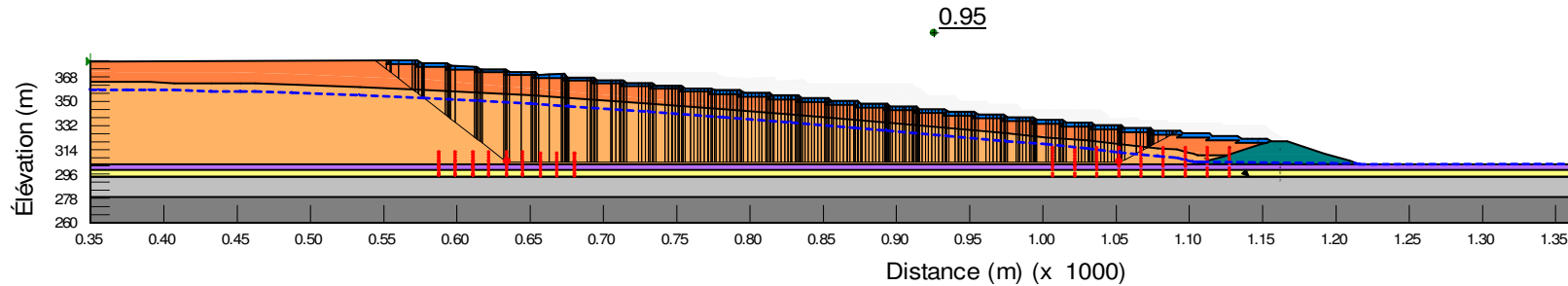
Analyse de stabilité en condition post-liquéfaction
Configuration en fin d'opération pour la berme de départ du prolongement du parc - sans mitigation

Figure C-9

| N° | Matériaux | Propriétés géotechniques | | |
|----|-----------------------------------|-------------------------------|-------------|------------|
| | | γ (kN/m ³) | C_u (kPa) | ϕ (°) |
| 1 | Berme de départ | 20,5 | - | 37 |
| 2 | Stériles | 20,5 | - | 37 |
| 3 | Résidus miniers Canadian Malartic | 19,5 | - | 30 |
| 4 | Silt argileux | 17,5 | - | 29 |
| 5 | Silt lâche | 17,5 | - | 30 |
| 6 | Sable lâche | 18,5 | - | 32 |
| 7 | Socle rocheux | - | - | - |
| 8 | Résidus miniers CM liquéfié | 19,5 | - | 5,7 |



F.S. 0,95



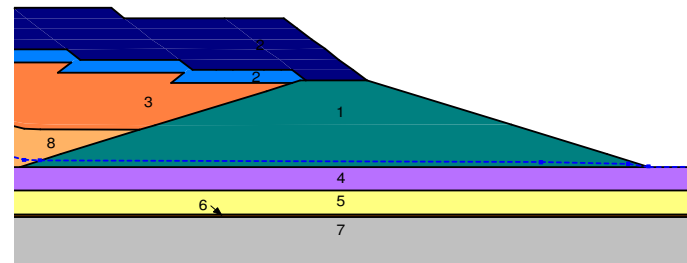
Date : Novembre 2014
 Projet : 1403061

Dessiné par : N.P.
 Révisé par : A.M.D.

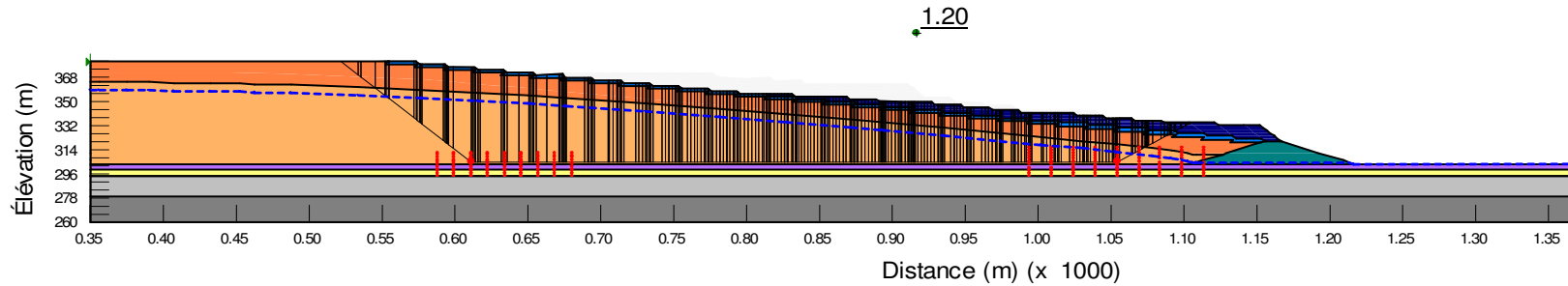
Analyse de stabilité en condition post-liquéfaction
Configuration en fin d'opération pour la berme de départ du prolongement du parc - avec mitigation

Figure C-10

| N° | Matériaux | Propriétés géotechniques | | |
|----|-----------------------------------|-------------------------------|-------------|------------|
| | | γ (kN/m ³) | C_u (kPa) | ϕ (°) |
| 1 | Berme de départ | 20,5 | - | 37 |
| 2 | Stériles | 20,5 | - | 37 |
| 3 | Résidus miniers Canadian Malartic | 19,5 | - | 30 |
| 4 | Silt argileux | 17,5 | - | 29 |
| 5 | Silt lâche | 17,5 | - | 30 |
| 6 | Sable lâche | 18,5 | - | 32 |
| 7 | Socle rocheux | - | - | - |
| 8 | Résidus miniers CM liquéfié | 19,5 | - | 5,7 |



F.S. 1,20



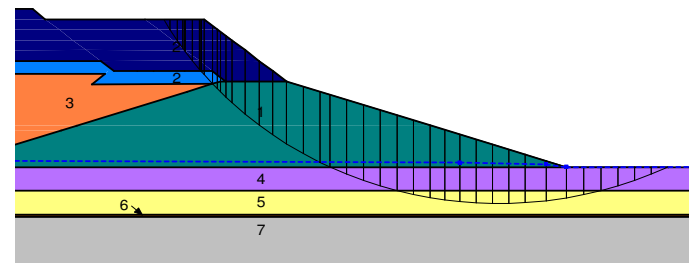
Date : Novembre 2014
 Projet : 1403061

Dessiné par : N.P.
 Révisé par : A.M.D.

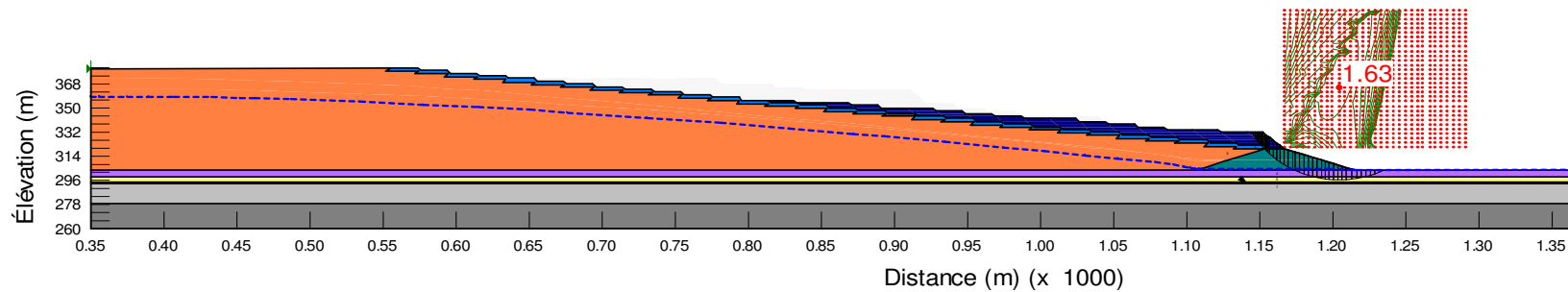
Analyse de stabilité en condition statique
Configuration en fin d'opération pour la berme de départ du prolongement du parc - avec mitigation

Figure C-11

| N° | Matériaux | Propriétés géotechniques | | |
|----|-----------------------------------|-------------------------------|-------------|------------|
| | | γ (kN/m ³) | C_u (kPa) | ϕ (°) |
| 1 | Berme de départ | 20,5 | - | 37 |
| 2 | Stériles | 20,5 | - | 37 |
| 3 | Résidus miniers Canadian Malartic | 19,5 | - | 30 |
| 4 | Silt argileux | 17,5 | - | 29 |
| 5 | Silt lâche | 17,5 | - | 30 |
| 6 | Sable lâche | 18,5 | - | 32 |
| 7 | Socle rocheux | - | - | - |



F.S. 1,63



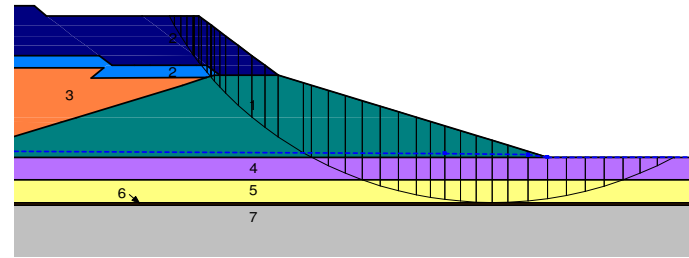
Date : Novembre 2014
 Projet : 1403061

Dessiné par : N.P.
 Révisé par : A.M.D.

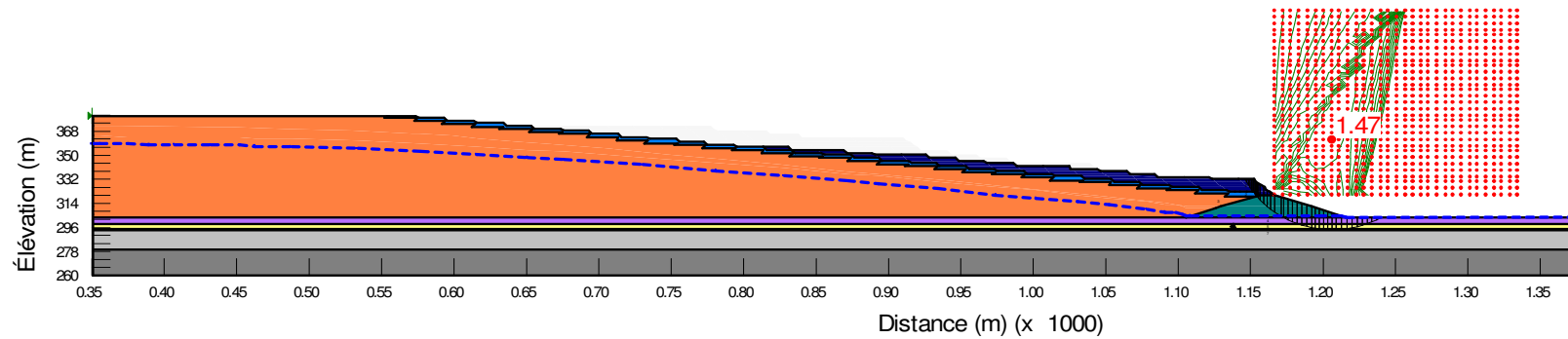
Analyse de stabilité en condition pseudo-statique
Configuration en fin d'opération pour la berme de départ du prolongement du parc - avec mitigation

Figure C-12

| N° | Matériaux | Propriétés géotechniques | | |
|----|-----------------------------------|-------------------------------|-------------|------------|
| | | γ (kN/m ³) | C_u (kPa) | ϕ (°) |
| 1 | Berme de départ | 20,5 | - | 37 |
| 2 | Stériles | 20,5 | - | 37 |
| 3 | Résidus miniers Canadian Malartic | 19,5 | - | 30 |
| 4 | Silt argileux | 17,5 | - | 29 |
| 5 | Silt lâche | 17,5 | - | 30 |
| 6 | Sable lâche | 18,5 | - | 32 |
| 7 | Soacle rocheux | - | - | - |



F.S. 1,47



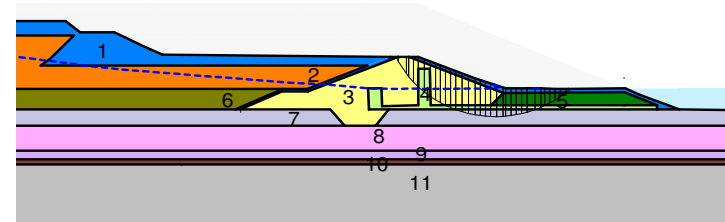
Date : Novembre 2014
 Projet : 1403061

Dessiné par : N.P.
 Révisé par : A.M.D.

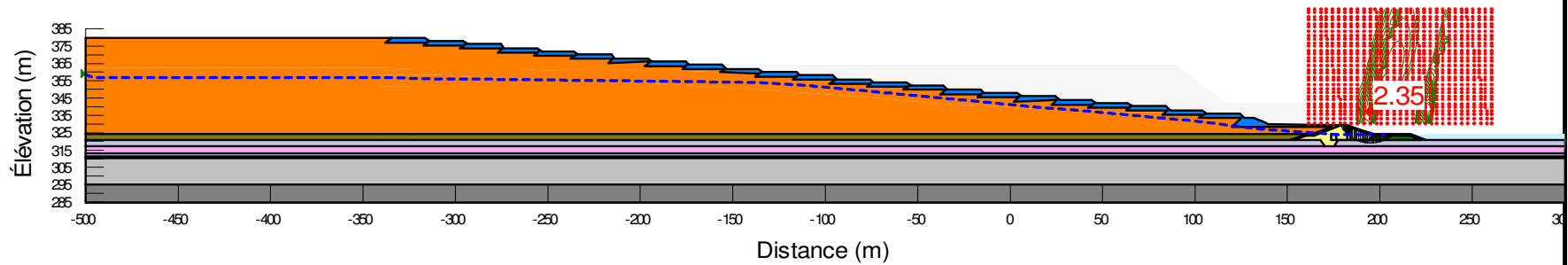
Analyse de stabilité en condition statique
Configuration en opération dans le secteur de la digue 5 - sans mitigation

Figure C-13

| N° | Matériaux | Propriétés géotechniques | | |
|----|-----------------------------------|-------------------------------|--------------------|------------|
| | | γ (kN/m ³) | C_u (kPa) | ϕ (°) |
| 1 | Stériles | 20,5 | - | 37 |
| 2 | Résidus miniers Canadian Malartic | 19,5 | - | 30 |
| 3 | Till (digue 5) | 21,0 | - | 35 |
| 4 | Filtre de sable (digue 5) | 21,0 | - | 35 |
| 5 | Enrochement (ancienne berme) | 21,0 | - | 35 |
| 6 | Résidus East-Malartic | 17,0 | - | 26 |
| 7 | Silt argileux | 17,5 | - | 27 |
| 8 | Argile silteuse | 16,5 | - | 28 |
| 9 | Silt argileux | 17,5 | - </td <td>29</td> | 29 |
| 10 | Till | 19,0 | - | 35 |
| 11 | Socle rocheux | - | - | - |



F.S. 2,35



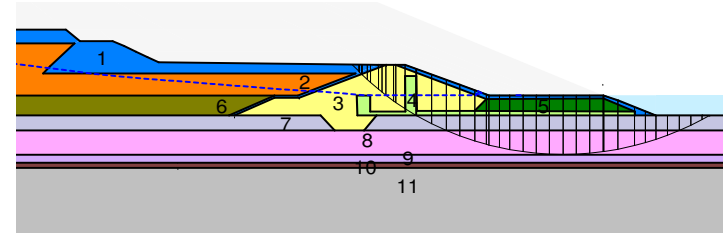
Date : Novembre 2014
 Projet : 1403061

Dessiné par : N.P.
 Révisé par : A.M.D.

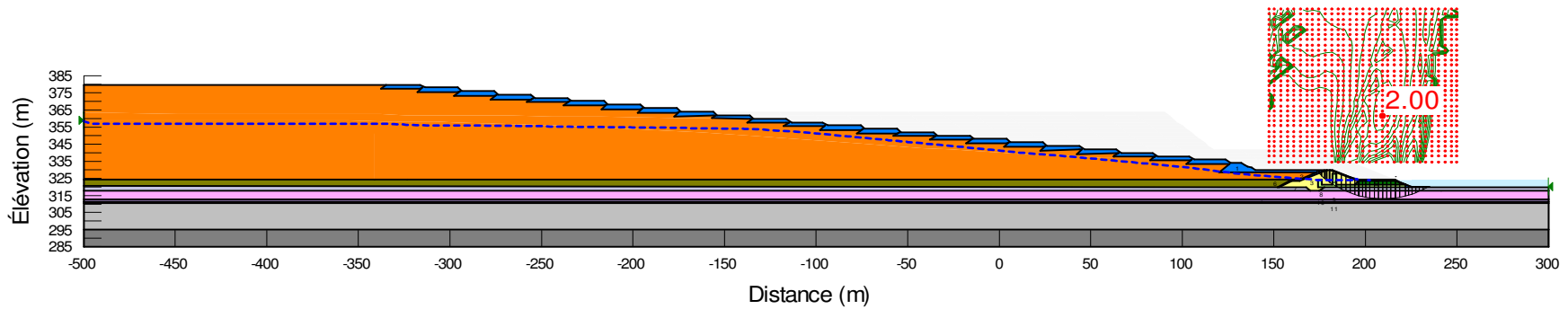
**Analyse de stabilité en condition pseudo-statique
Configuration en opération dans le secteur de la digue 5 - sans mitigation**

Figure C-14

| N° | Matériaux | Propriétés géotechniques | | |
|----|-----------------------------------|-------------------------------|-------------|------------|
| | | γ (kN/m ³) | C_u (kPa) | ϕ (°) |
| 1 | Stériles | 20,5 | - | 37 |
| 2 | Résidus miniers Canadian Malartic | 19,5 | - | 30 |
| 3 | Till (digue 5) | 21,0 | - | 35 |
| 4 | Filtre de sable (digue 5) | 21,0 | - | 35 |
| 5 | Enrochement (ancienne berme) | 21,0 | - | 35 |
| 6 | Résidus East-Malartic | 17,0 | - | 26 |
| 7 | Silt argileux | 17,5 | - | 27 |
| 8 | Argile silteuse | 16,5 | - | 28 |
| 9 | Silt argileux | 17,5 | - <td 29 | |
| 10 | Till | 19,0 | - | 35 |
| 11 | Socle rocheux | - | - | - |



F.S. 2,00



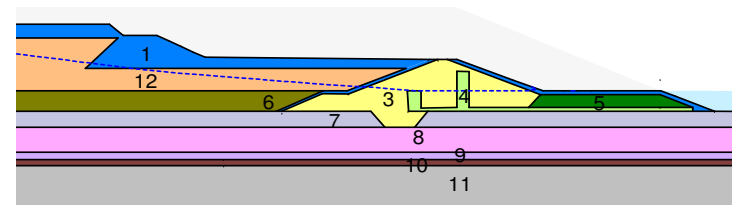
Date : Novembre 2014
Projet : 1403061

Dessiné par : N.P.
Révisé par : A.M.D.

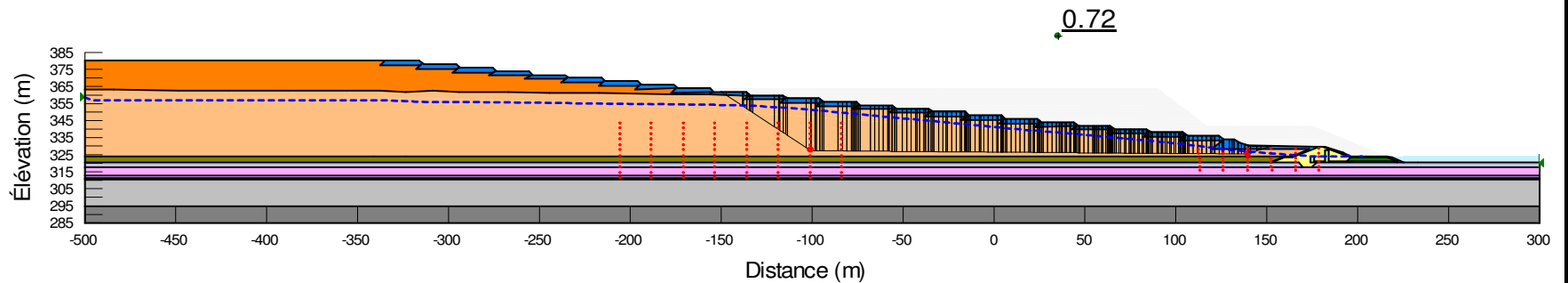
**Analyse de stabilité en condition post-liquéfaction
Configuration en opération dans le secteur de la digue 5 - sans mitigation**

Figure C-15

| N° | Matériaux | Propriétés géotechniques | | |
|----|-----------------------------------|-------------------------------|-------------|------------|
| | | γ (kN/m ³) | C_u (kPa) | ϕ (°) |
| 1 | Stériles | 20,5 | - | 37 |
| 2 | Résidus miniers Canadian Malartic | 19,5 | - | 30 |
| 3 | Till (digue 5) | 21,0 | - | 35 |
| 4 | Filtre de sable (digue 5) | 21,0 | - | 35 |
| 5 | Enrochement (ancienne berme) | 21,0 | - | 35 |
| 6 | Résidus East-Malartic | 17,0 | - | 26 |
| 7 | Silt argileux | 17,5 | - | 27 |
| 8 | Argile silteuse | 16,5 | - | 28 |
| 9 | Silt argileux | 17,5 | - | 29 |
| 10 | Till | 19,0 | - | 35 |
| 11 | Socle rocheux | - | - | - |
| 12 | Résidus miniers CM liquéfié | 19,5 | - | 5,7 |



F.S. 0,72



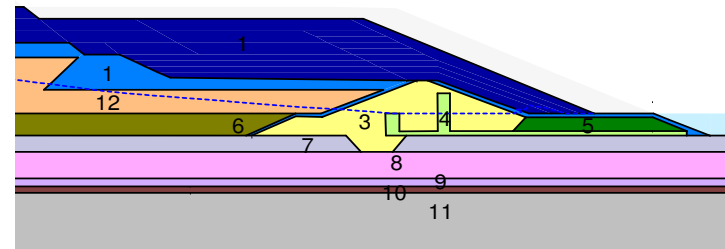
Date : Novembre 2014
Projet : 1403061

Dessiné par : N.P.
Révisé par : A.M.D.

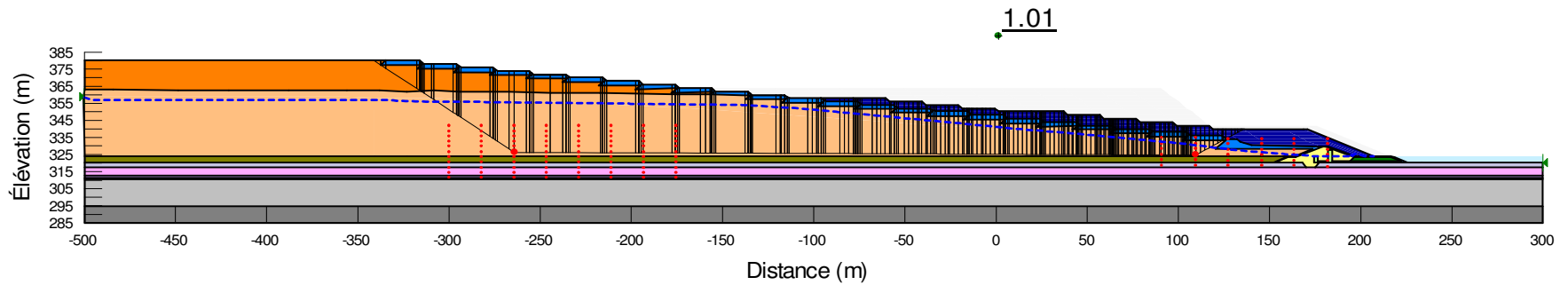
**Analyse de stabilité en condition post-liquéfaction
Configuration en opération dans le secteur de la digue 5 - avec mitigation**

Figure C-16

| N° | Matériaux | Propriétés géotechniques | | |
|----|-----------------------------------|-------------------------------|-------------|------------|
| | | γ (kN/m ³) | C_u (kPa) | ϕ (°) |
| 1 | Stériles | 20,5 | - | 37 |
| 2 | Résidus miniers Canadian Malartic | 19,5 | - | 30 |
| 3 | Till (digue 5) | 21,0 | - | 35 |
| 4 | Filtre de sable (digue 5) | 21,0 | - | 35 |
| 5 | Enrochement (ancienne berme) | 21,0 | - | 35 |
| 6 | Résidus East-Malartic | 17,0 | - | 26 |
| 7 | Silt argileux | 17,5 | - | 27 |
| 8 | Argile silteuse | 16,5 | - | 28 |
| 9 | Silt argileux | 17,5 | - | 29 |
| 10 | Till | 19,0 | - | 35 |
| 11 | Socle rocheux | - | - | - |
| 12 | Résidus miniers CM liquéfié | 19,5 | - | 5,7 |



F.S. 1,01



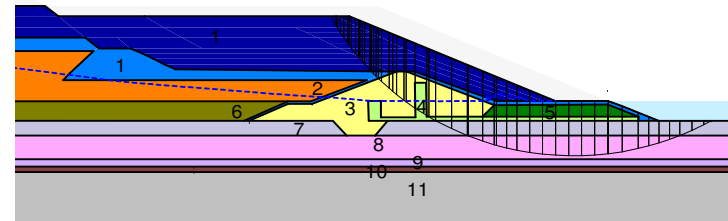
Date : Novembre 2014
Projet : 1403061

Dessiné par : N.P.
Révisé par : A.M.D.

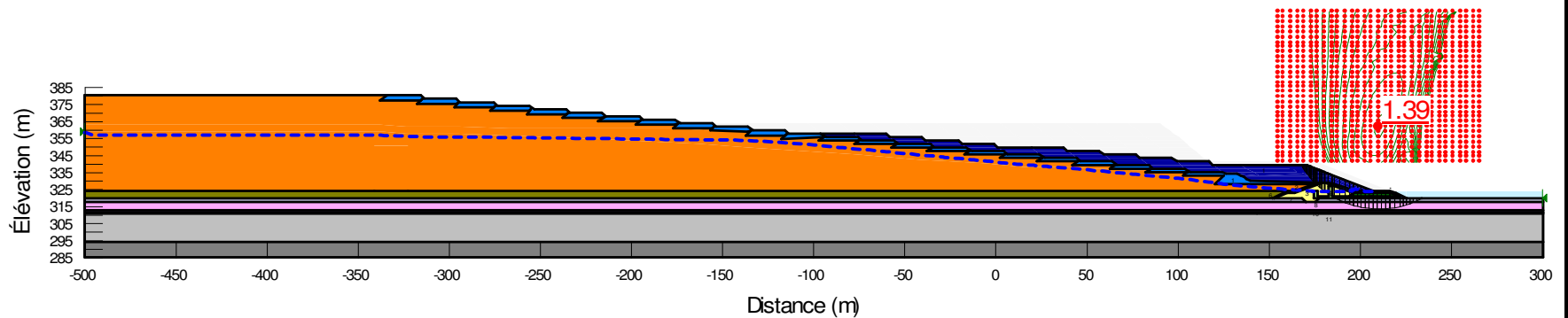
**Analyse de stabilité en condition pseudo-statique
Configuration en opération dans le secteur de la digue 5 - avec mitigation**

Figure C-17

| N° | Matériaux | Propriétés géotechniques | | |
|----|-----------------------------------|-------------------------------|-------------|------------|
| | | γ (kN/m ³) | C_u (kPa) | ϕ (°) |
| 1 | Stériles | 20,5 | - | 37 |
| 2 | Résidus miniers Canadian Malartic | 19,5 | - | 30 |
| 3 | Till (digue 5) | 21,0 | - | 35 |
| 4 | Filtre de sable (digue 5) | 21,0 | - | 35 |
| 5 | Enrochement (ancienne berme) | 21,0 | - | 35 |
| 6 | Résidus East-Malartic | 17,0 | - | 26 |
| 7 | Silt argileux | 17,5 | - | 27 |
| 8 | Argile silteuse | 16,5 | - | 28 |
| 9 | Silt argileux | 17,5 | - | 29 |
| 10 | Till | 19,0 | - | 35 |
| 11 | Socle rocheux | - | - | - |



F.S. 1,39



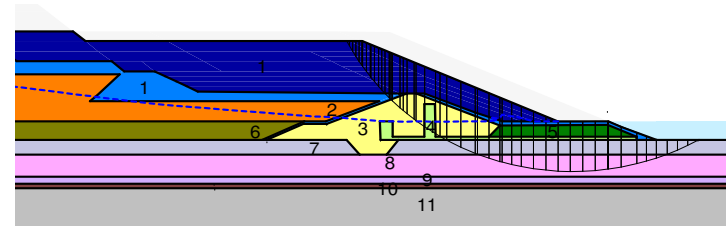
Date : Novembre 2014
Projet : 1403061

Dessiné par : N.P.
Révisé par : A.M.D.

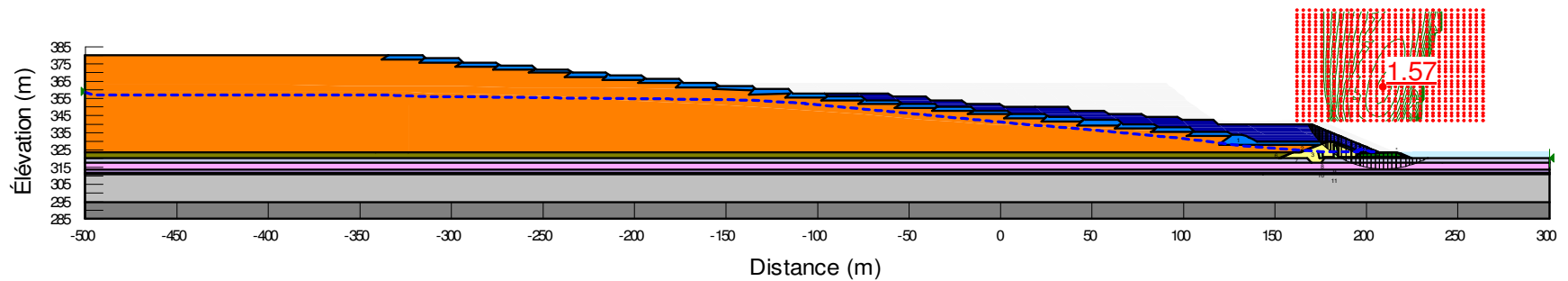
Analyse de stabilité en condition statique
Configuration en opération dans le secteur de la digue 5 - avec mitigation

Figure C-18

| N° | Matériaux | Propriétés géotechniques | | |
|----|-----------------------------------|-------------------------------|-------------|------------|
| | | γ (kN/m ³) | C_u (kPa) | ϕ (°) |
| 1 | Stériles | 20,5 | - | 37 |
| 2 | Résidus miniers Canadian Malartic | 19,5 | - | 30 |
| 3 | Till (digue 5) | 21,0 | - | 35 |
| 4 | Filtre de sable (digue 5) | 21,0 | - | 35 |
| 5 | Enrochement (ancienne berme) | 21,0 | - | 35 |
| 6 | Résidus East-Malartic | 17,0 | - | 26 |
| 7 | Silt argileux | 17,5 | - | 27 |
| 8 | Argile silteuse | 16,5 | - | 28 |
| 9 | Silt argileux | 17,5 | - | 29 |
| 10 | Till | 19,0 | - | 35 |
| 11 | Socle rocheux | - | - | - |



F.S. 1,57



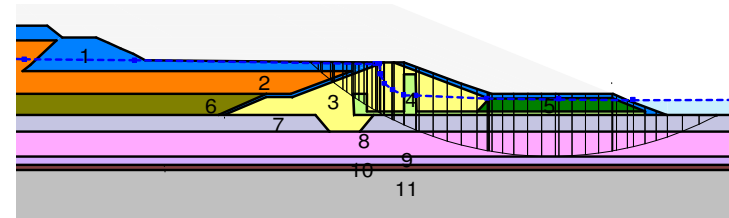
Date : Novembre 2014
 Projet : 1403061

Dessiné par : N.P.
 Révisé par : A.M.D.

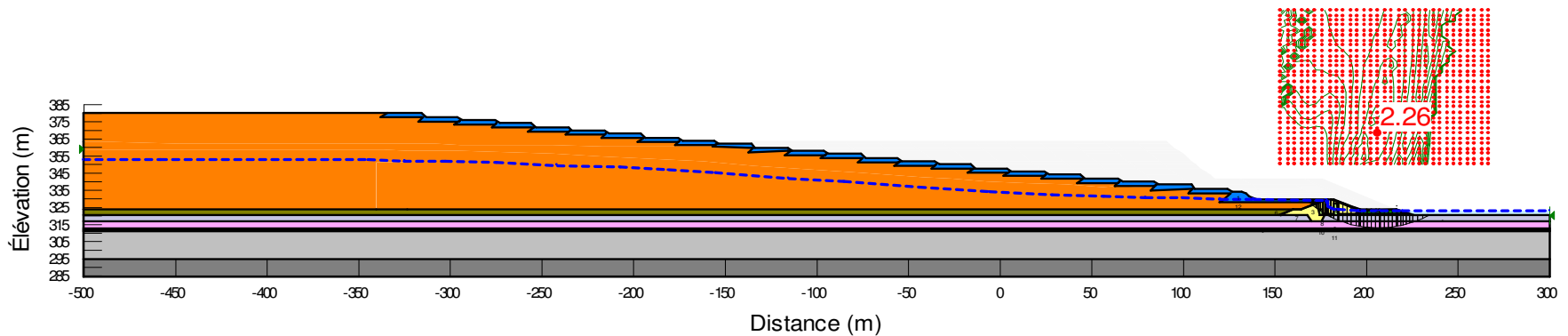
Analyse de stabilité en condition statique
Configuration en fin d'opération dans le secteur de la digue 5 - sans mitigation

Figure C-19

| N° | Matériaux | Propriétés géotechniques | | |
|----|-----------------------------------|-------------------------------|-------------|------------|
| | | γ (kN/m ³) | C_u (kPa) | ϕ (°) |
| 1 | Stériles | 20,5 | - | 37 |
| 2 | Résidus miniers Canadian Malartic | 19,5 | - | 30 |
| 3 | Till (digue 5) | 21,0 | - | 35 |
| 4 | Filtre de sable (digue 5) | 21,0 | - | 35 |
| 5 | Enrochement (ancienne berme) | 21,0 | - | 35 |
| 6 | Résidus East-Malartic | 17,0 | - | 26 |
| 7 | Silt argileux | 17,5 | - | 27 |
| 8 | Argile silteuse | 16,5 | - | 28 |
| 9 | Silt argileux | 17,5 | - | 29 |
| 10 | Till | 19,0 | - | 35 |
| 11 | Socle rocheux | - | - | - |



F.S. 2,26



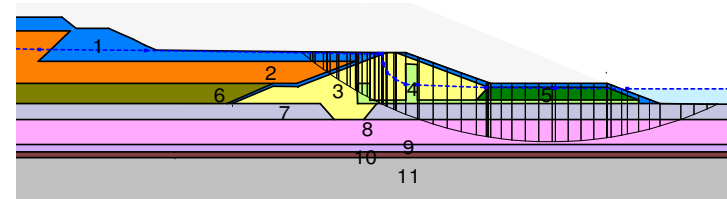
Date : Novembre 2014
 Projet : 1403061

Dessiné par : N.P.
 Révisé par : A.M.D.

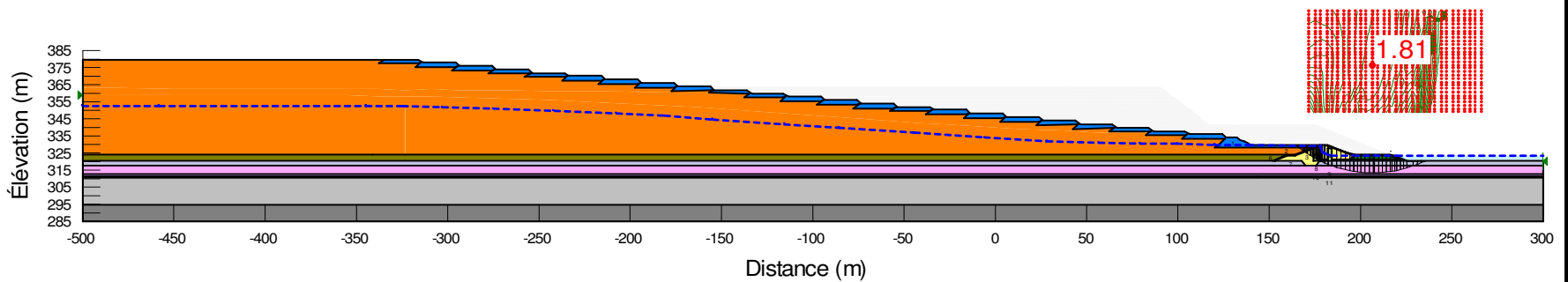
Analyse de stabilité en condition pseudo-statique
Configuration en fin d'opération dans le secteur de la digue 5 - sans mitigation

Figure C-20

| N° | Matériaux | Propriétés géotechniques | | |
|----|-----------------------------------|-------------------------------|-------------|------------|
| | | γ (kN/m ³) | C_u (kPa) | ϕ (°) |
| 1 | Stériles | 20,5 | - | 37 |
| 2 | Résidus miniers Canadian Malartic | 19,5 | - | 30 |
| 3 | Till (digue 5) | 21,0 | - | 35 |
| 4 | Filtre de sable (digue 5) | 21,0 | - | 35 |
| 5 | Enrochement (ancienne berme) | 21,0 | - | 35 |
| 6 | Résidus East-Malartic | 17,0 | - | 26 |
| 7 | Silt argileux | 17,5 | - | 27 |
| 8 | Argile silteuse | 16,5 | - | 28 |
| 9 | Silt argileux | 17,5 | - | 29 |
| 10 | Till | 19,0 | - | 35 |
| 11 | Socle rocheux | - | - | - |



F.S. 1,81



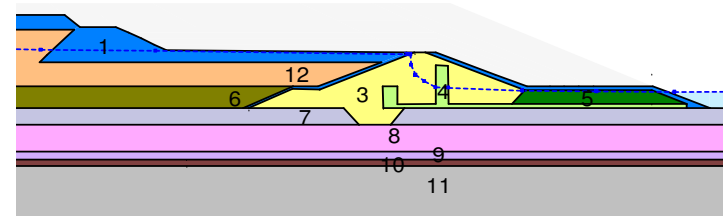
Date : Novembre 2014
 Projet : 1403061

Dessiné par : N.P.
 Révisé par : A.M.D.

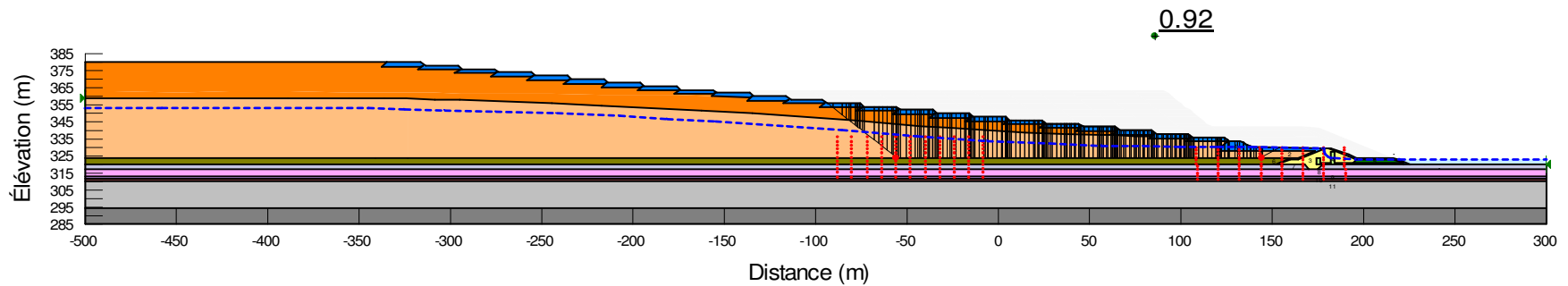
**Analyse de stabilité en condition post-liquéfaction
Configuration en fin d'opération dans le secteur de la digue 5 - sans mitigation**

Figure C-21

| N° | Matériaux | Propriétés géotechniques | | |
|----|-----------------------------------|-------------------------------|-------------|------------|
| | | γ (kN/m ³) | C_u (kPa) | ϕ (°) |
| 1 | Stériles | 20,5 | - | 37 |
| 2 | Résidus miniers Canadian Malartic | 19,5 | - | 30 |
| 3 | Till (digue 5) | 21,0 | - | 35 |
| 4 | Filtre de sable (digue 5) | 21,0 | - | 35 |
| 5 | Enrochement (ancienne berme) | 21,0 | - | 35 |
| 6 | Résidus East-Malartic | 17,0 | - | 26 |
| 7 | Silt argileux | 17,5 | - | 27 |
| 8 | Argile silteuse | 16,5 | - | 28 |
| 9 | Silt argileux | 17,5 | - | 29 |
| 10 | Till | 19,0 | - | 35 |
| 11 | Socle rocheux | - | - | - |
| 12 | Résidus miniers CM liquéfié | 19,5 | - | 5,7 |



F.S. 0,92



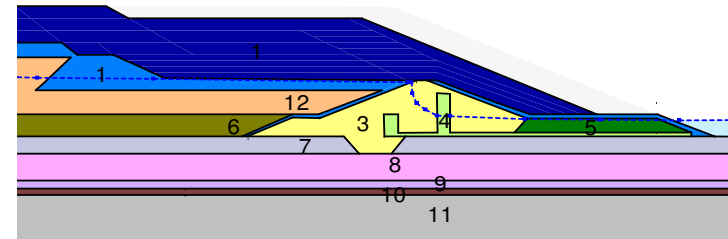
Date : Novembre 2014
Projet : 1403061

Dessiné par : N.P.
Révisé par : A.M.D.

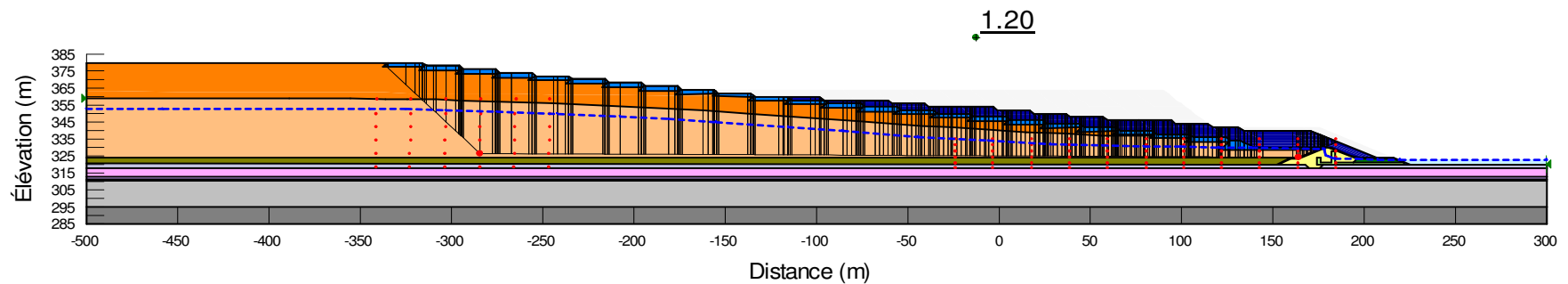
**Analyse de stabilité en condition post-liquéfaction
Configuration en fin d'opération dans le secteur de la digue 5 - avec mitigation**

Figure C-22

| N° | Matériaux | Propriétés géotechniques | | |
|----|-----------------------------------|-------------------------------|-------------|------------|
| | | γ (kN/m ³) | C_u (kPa) | ϕ (°) |
| 1 | Stériles | 20,5 | - | 37 |
| 2 | Résidus miniers Canadian Malartic | 19,5 | - | 30 |
| 3 | Till (digue 5) | 21,0 | - | 35 |
| 4 | Filtre de sable (digue 5) | 21,0 | - | 35 |
| 5 | Enrochement (ancienne berme) | 21,0 | - | 35 |
| 6 | Résidus East-Malartic | 17,0 | - | 26 |
| 7 | Silt argileux | 17,5 | - | 27 |
| 8 | Argile silteuse | 16,5 | - | 28 |
| 9 | Silt argileux | 17,5 | - | 29 |
| 10 | Till | 19,0 | - | 35 |
| 11 | Socle rocheux | - | - | - |
| 12 | Résidus miniers CM liquéfié | 19,5 | - | 5,7 |



F.S. 1,20



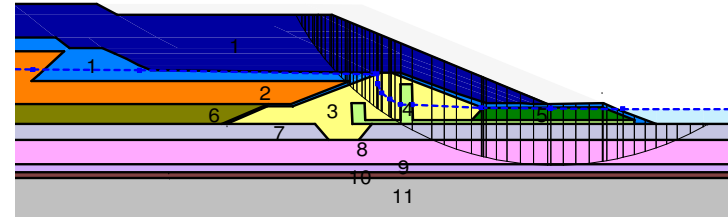
Date : Novembre 2014
Projet : 1403061

Dessiné par : N.P.
Révisé par : A.M.D.

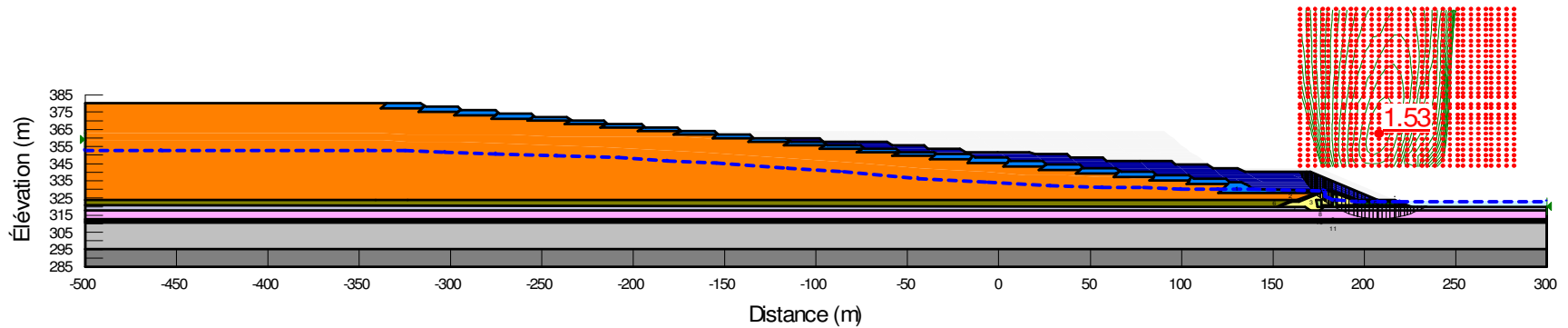
Analyse de stabilité en condition statique
Configuration en fin d'opération dans le secteur de la digue 5 - avec mitigation

Figure C-23

| N° | Matériaux | Propriétés géotechniques | | |
|----|-----------------------------------|-------------------------------|--------------------|------------|
| | | γ (kN/m ³) | C_u (kPa) | ϕ (°) |
| 1 | Stériles | 20,5 | - | 37 |
| 2 | Résidus miniers Canadian Malartic | 19,5 | - | 30 |
| 3 | Till (digue 5) | 21,0 | - | 35 |
| 4 | Filtre de sable (digue 5) | 21,0 | - | 35 |
| 5 | Enrochement (ancienne berme) | 21,0 | - | 35 |
| 6 | Résidus East-Malartic | 17,0 | - | 26 |
| 7 | Silt argileux | 17,5 | - | 27 |
| 8 | Argile silteuse | 16,5 | - | 28 |
| 9 | Silt argileux | 17,5 | - </td <td>29</td> | 29 |
| 10 | Till | 19,0 | - | 35 |
| 11 | Socle rocheux | - | - | - |



F.S. 1,53



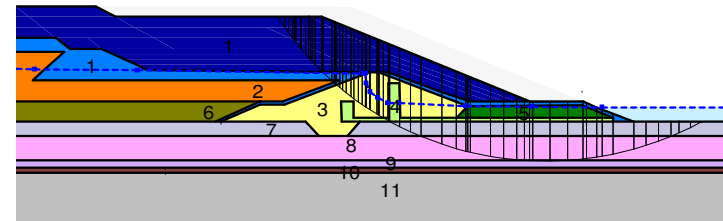
Date : Novembre 2014
 Projet : 1403061

Dessiné par : N.P.
 Révisé par : A.M.D.

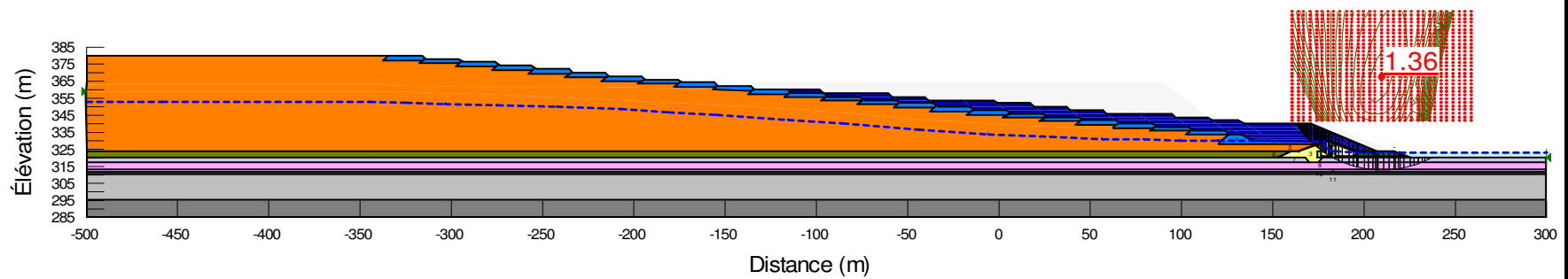
**Analyse de stabilité en condition pseudo-statique
Configuration en fin d'opération dans le secteur de la digue 5 - avec mitigation**

Figure C-24

| N° | Matériaux | Propriétés géotechniques | | |
|----|-----------------------------------|-------------------------------|-------------|------------|
| | | γ (kN/m ³) | C_u (kPa) | ϕ (°) |
| 1 | Stériles | 20,5 | - | 37 |
| 2 | Résidus miniers Canadian Malartic | 19,5 | - | 30 |
| 3 | Till (digue 5) | 21,0 | - | 35 |
| 4 | Filtre de sable (digue 5) | 21,0 | - | 35 |
| 5 | Enrochement (ancienne berme) | 21,0 | - | 35 |
| 6 | Résidus East-Malartic | 17,0 | - | 26 |
| 7 | Silt argileux | 17,5 | - | 27 |
| 8 | Argile silteuse | 16,5 | - | 28 |
| 9 | Silt argileux | 17,5 | - | 29 |
| 10 | Till | 19,0 | - | 35 |
| 11 | Socle rocheux | - | - | - |



F.S. 1,36



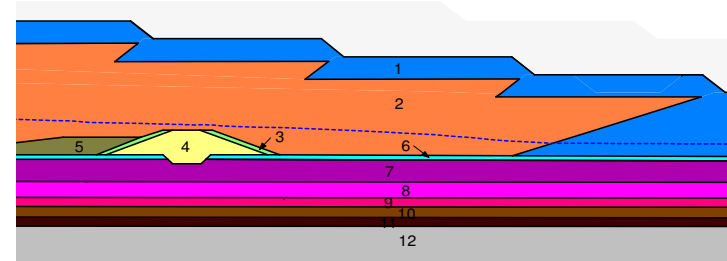
Date : Novembre 2014
Projet : 1403061

Dessiné par : N.P.
Révisé par : A.M.D.

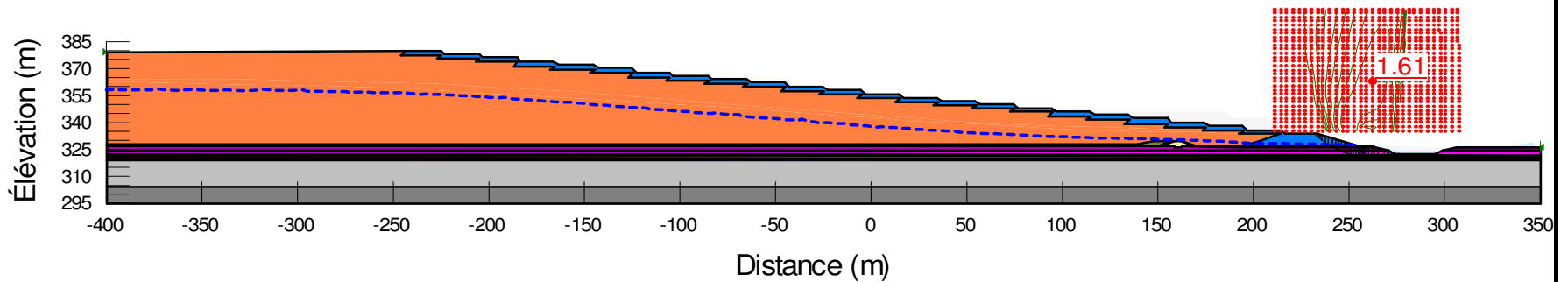
Analyse de stabilité en condition statique
Configuration en opération dans le secteur de la digue 4 - sans mitigation

Figure C-25

| N° | Matériaux | Propriétés géotechniques | | |
|----|-----------------------------------|-------------------------------|-------------|------------|
| | | γ (kN/m ³) | C_u (kPa) | ϕ (°) |
| 1 | Stériles | 20,5 | - | 37 |
| 2 | Résidus miniers Canadian Malartic | 19,5 | - | 30 |
| 3 | Enrochement (digue 4) | 21,0 | - | 35 |
| 4 | Noyau till (digue 4) | 21,0 | - | 35 |
| 5 | Résidus East-Malartic | 17,0 | - | 26 |
| 6 | Silt très lâche | 17,5 | - | 26 |
| 7 | Silt argileux raide | 17,5 | - | 27 |
| 8 | Argile silteuse ferme | 16,5 | - | 28 |
| 9 | Argile silteuse raide | 17 | - | 29 |
| 10 | Silt lâche | 17,5 | - | 30 |
| 11 | Sable et gravier (Till) | 18,5 | - | 32 |
| 12 | Socle rocheux | - | - | - |



F.S. 1,61



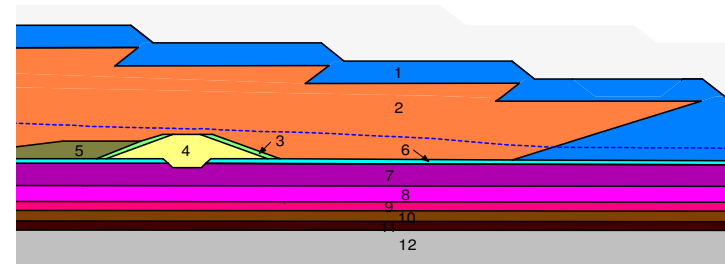
Date : Novembre 2014
 Projet : 1403061

Dessiné par : N.P.
 Révisé par : A.M.D.

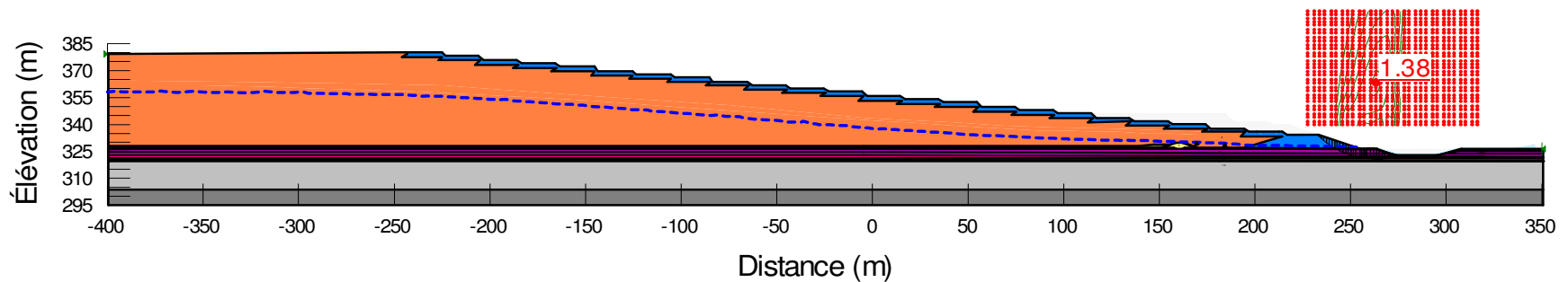
**Analyse de stabilité en condition pseudo-statique
Configuration en opération dans le secteur de la digue 4 - sans mitigation**

Figure C-26

| N° | Matériaux | Propriétés géotechniques | | |
|----|-----------------------------------|-------------------------------|-------------|------------|
| | | γ (kN/m ³) | C_u (kPa) | ϕ (°) |
| 1 | Stériles | 20,5 | - | 37 |
| 2 | Résidus miniers Canadian Malartic | 19,5 | - | 30 |
| 3 | Enrochement (digue 4) | 21,0 | - | 35 |
| 4 | Noyau till (digue 4) | 21,0 | - | 35 |
| 5 | Résidus East-Malartic | 17,0 | - | 26 |
| 6 | Silt très lâche | 17,5 | - | 26 |
| 7 | Silt argileux raide | 17,5 | - | 27 |
| 8 | Argile silteuse ferme | 16,5 | - | 28 |
| 9 | Argile silteuse raide | 17 | - | 29 |
| 10 | Silt lâche | 17,5 | - | 30 |
| 11 | Sable et gravier (Till) | 18,5 | - | 32 |
| 12 | Socle rocheux | - | - | - |



F.S. 1,38



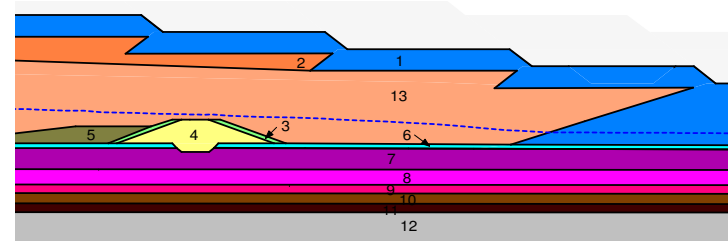
Date : Novembre 2014
Projet : 1403061

Dessiné par : N.P.
Révisé par : A.M.D.

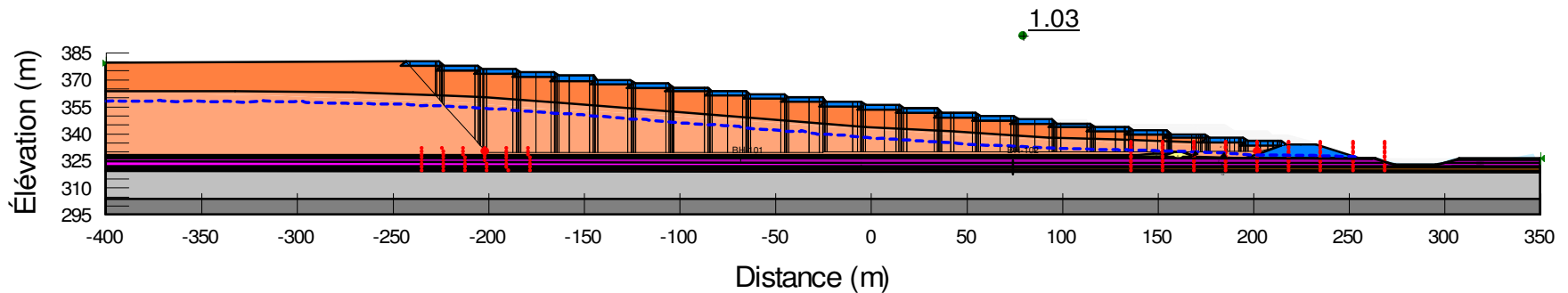
**Analyse de stabilité en condition post-liquéfaction
Configuration en opération dans le secteur de la digue 4 - sans mitigation**

Figure C-27

| N° | Matériaux | Propriétés géotechniques | | |
|----|-----------------------------------|-------------------------------|-------------|------------|
| | | γ (kN/m ³) | C_u (kPa) | ϕ (°) |
| 1 | Stériles | 20,5 | - | 37 |
| 2 | Résidus miniers Canadian Malartic | 19,5 | - | 30 |
| 3 | Enrochement (digue 4) | 21,0 | - | 35 |
| 4 | Noyau till (digue 4) | 21,0 | - | 35 |
| 5 | Résidus East-Malartic | 17,0 | - | 26 |
| 6 | Silt très lâche | 17,5 | - | 26 |
| 7 | Silt argileux raide | 17,5 | - | 27 |
| 8 | Argile silteuse ferme | 16,5 | - | 28 |
| 9 | Argile silteuse raide | 17 | - | 29 |
| 10 | Silt lâche | 17,5 | - | 30 |
| 11 | Sable et gravier (Till) | 18,5 | - | 32 |
| 12 | Socle rocheux | - | - | - |
| 13 | Résidus miniers CM liquéfié | 19,5 | - | 5,7 |



F.S. 1,03



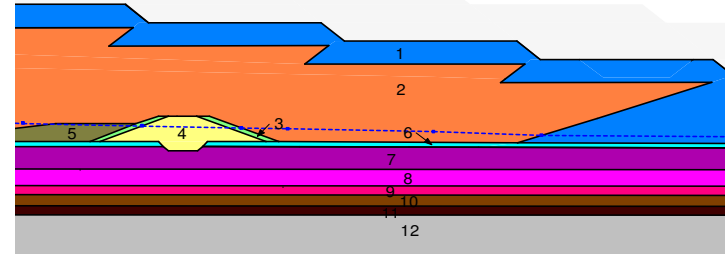
Date : Novembre 2014
Projet : 1403061

Dessiné par : N.P.
Révisé par : A.M.D.

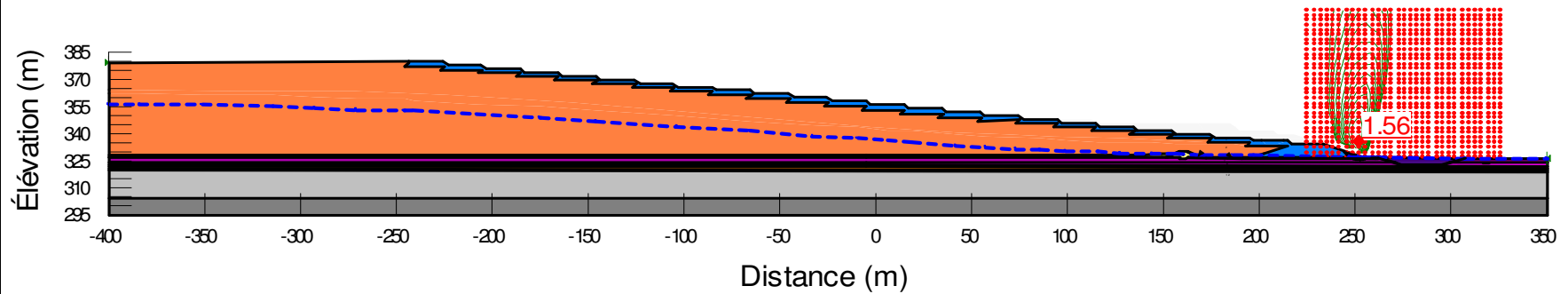
Analyse de stabilité en condition statique
Configuration en fin d'opération dans le secteur de la digue 4 - sans mitigation

Figure C-28

| N° | Matériaux | Propriétés géotechniques | | |
|----|-----------------------------------|-------------------------------|-------------|------------|
| | | γ (kN/m ³) | C_u (kPa) | ϕ (°) |
| 1 | Stériles | 20,5 | - | 37 |
| 2 | Résidus miniers Canadian Malartic | 19,5 | - | 30 |
| 3 | Enrochement (digue 4) | 21,0 | - | 35 |
| 4 | Noyau till (digue 4) | 21,0 | - | 35 |
| 5 | Résidus East-Malartic | 17,0 | - | 26 |
| 6 | Silt très lâche | 17,5 | - | 26 |
| 7 | Silt argileux raide | 17,5 | - | 27 |
| 8 | Argile silteuse ferme | 16,5 | - | 28 |
| 9 | Argile silteuse raide | 17 | - | 29 |
| 10 | Silt lâche | 17,5 | - | 30 |
| 11 | Sable et gravier (Till) | 18,5 | - | 32 |
| 12 | Socle rocheux | - | - | - |



F.S. 1,56



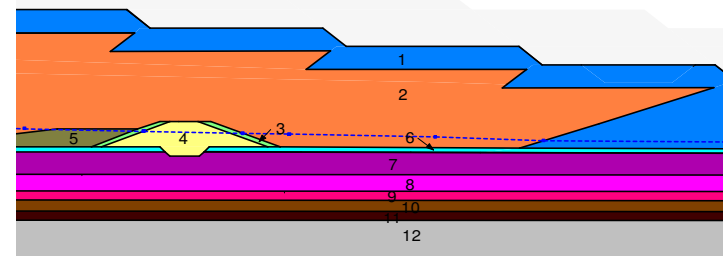
Date : Novembre 2014
 Projet : 1403061

Dessiné par : N.P.
 Révisé par : A.M.D.

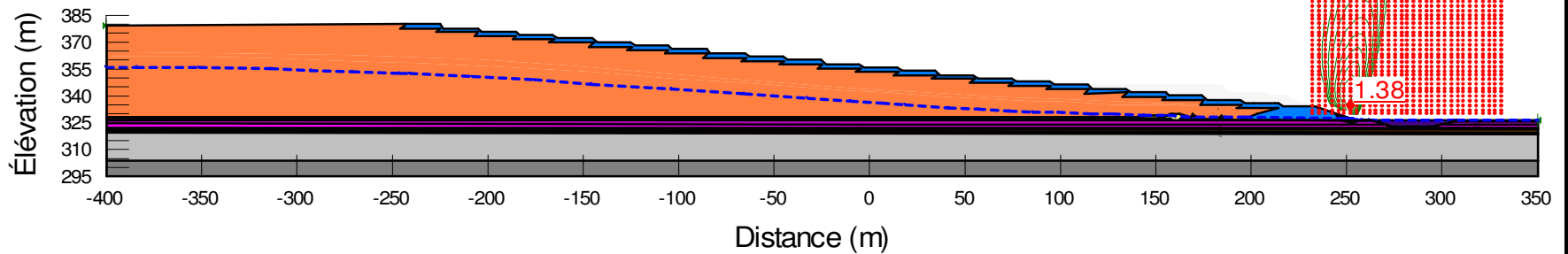
Analyse de stabilité en condition pseudo-statique
Configuration en fin d'opération dans le secteur de la digue 4 - sans mitigation

Figure C-29

| N° | Matériaux | Propriétés géotechniques | | |
|----|-----------------------------------|-------------------------------|-------------|------------|
| | | γ (kN/m ³) | C_u (kPa) | ϕ (°) |
| 1 | Stériles | 20,5 | - | 37 |
| 2 | Résidus miniers Canadian Malartic | 19,5 | - | 30 |
| 3 | Enrochement (digue 4) | 21,0 | - | 35 |
| 4 | Noyau till (digue 4) | 21,0 | - | 35 |
| 5 | Résidus East-Malartic | 17,0 | - | 26 |
| 6 | Silt très lâche | 17,5 | - | 26 |
| 7 | Silt argileux raide | 17,5 | - | 27 |
| 8 | Argile silteuse ferme | 16,5 | - | 28 |
| 9 | Argile silteuse raide | 17 | - | 29 |
| 10 | Silt lâche | 17,5 | - | 30 |
| 11 | Sable et gravier (Till) | 18,5 | - | 32 |
| 12 | Socle rocheux | - | - | - |



F.S. 1,38



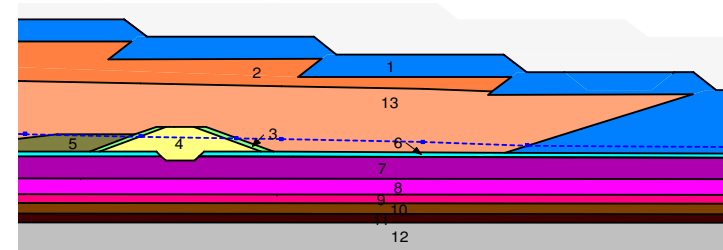
Date : Novembre 2014
 Projet : 1403061

Dessiné par : N.P.
 Révisé par : A.M.D.

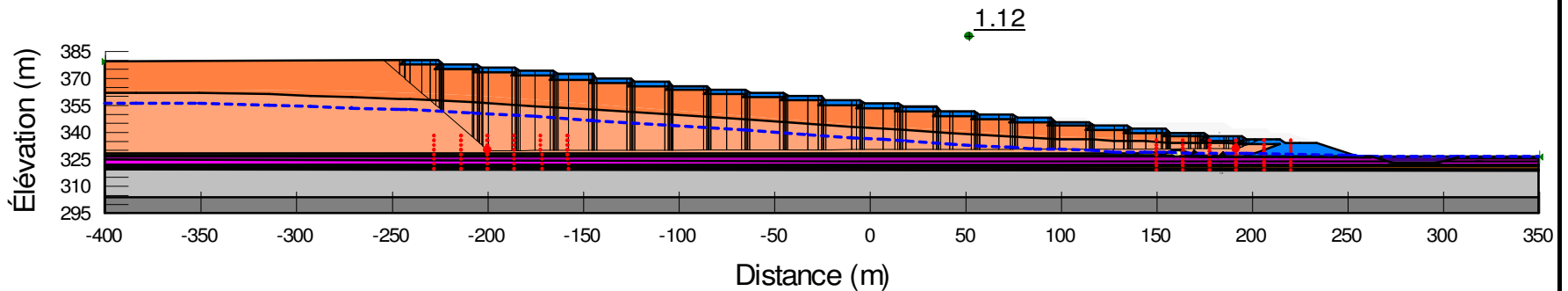
**Analyse de stabilité en condition post-liquéfaction
Configuration en fin d'opération dans le secteur de la digue 4 - sans mitigation**

Figure C-30

| N° | Matériaux | Propriétés géotechniques | | |
|----|-----------------------------------|-------------------------------|-------------|------------|
| | | γ (kN/m ³) | C_u (kPa) | ϕ (°) |
| 1 | Stériles | 20,5 | - | 37 |
| 2 | Résidus miniers Canadian Malartic | 19,5 | - | 30 |
| 3 | Enrochement (digue 4) | 21,0 | - | 35 |
| 4 | Noyau till (digue 4) | 21,0 | - | 35 |
| 5 | Résidus East-Malartic | 17,0 | - | 26 |
| 6 | Silt très lâche | 17,5 | - | 26 |
| 7 | Silt argileux raide | 17,5 | - | 27 |
| 8 | Argile silteuse ferme | 16,5 | - | 28 |
| 9 | Argile silteuse raide | 17 | - | 29 |
| 10 | Silt lâche | 17,5 | - | 30 |
| 11 | Sable et gravier (Till) | 18,5 | - | 32 |
| 12 | Socle rocheux | - | - | - |
| 13 | Résidus miniers CM liquéfié | 19,5 | - | 5,7 |



F.S. 1,12



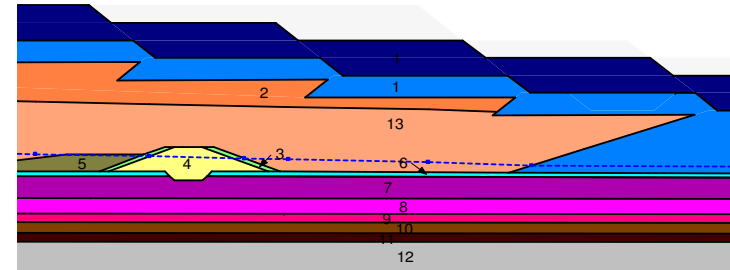
Date : Novembre 2014
Projet : 1403061

Dessiné par : N.P.
Révisé par : A.M.D.

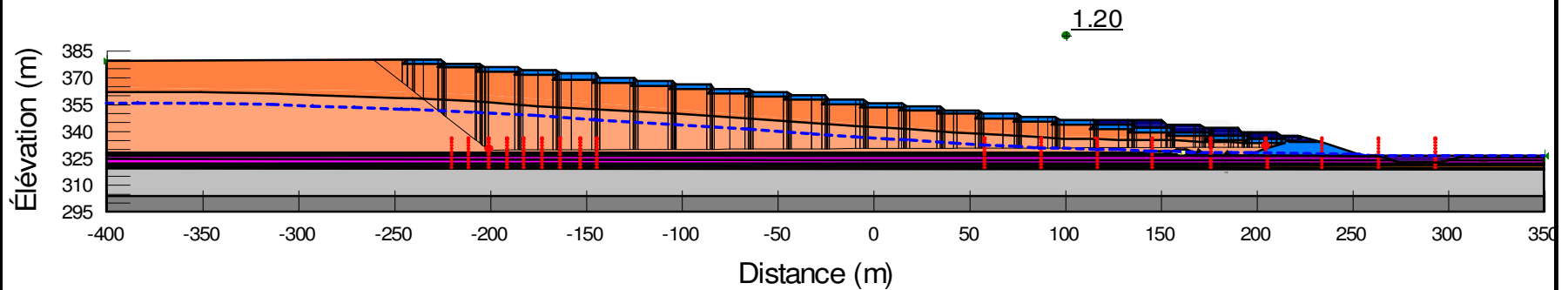
**Analyse de stabilité en condition post-liquéfaction
Configuration en fin d'opération dans le secteur de la digue 4 - avec mitigation**

Figure C-31

| N° | Matériaux | Propriétés géotechniques | | |
|----|-----------------------------------|-------------------------------|-------------|------------|
| | | γ (kN/m ³) | C_u (kPa) | ϕ (°) |
| 1 | Stériles | 20,5 | - | 37 |
| 2 | Résidus miniers Canadian Malartic | 19,5 | - | 30 |
| 3 | Enrochement (digue 4) | 21,0 | - | 35 |
| 4 | Noyau till (digue 4) | 21,0 | - | 35 |
| 5 | Résidus East-Malartic | 17,0 | - | 26 |
| 6 | Silt très lâche | 17,5 | - | 26 |
| 7 | Silt argileux raide | 17,5 | - | 27 |
| 8 | Argile silteuse ferme | 16,5 | - | 28 |
| 9 | Argile silteuse raide | 17 | - | 29 |
| 10 | Silt lâche | 17,5 | - | 30 |
| 11 | Sable et gravier (Till) | 18,5 | - | 32 |
| 12 | Socle rocheux | - | - | - |
| 13 | Résidus miniers CM liquéfié | 19,5 | - | 5,7 |



F.S. 1,20



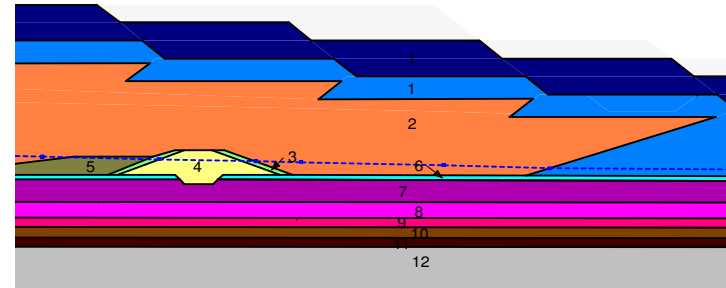
Date : Novembre 2014
Projet : 1403061

Dessiné par : N.P.
Révisé par : A.M.D.

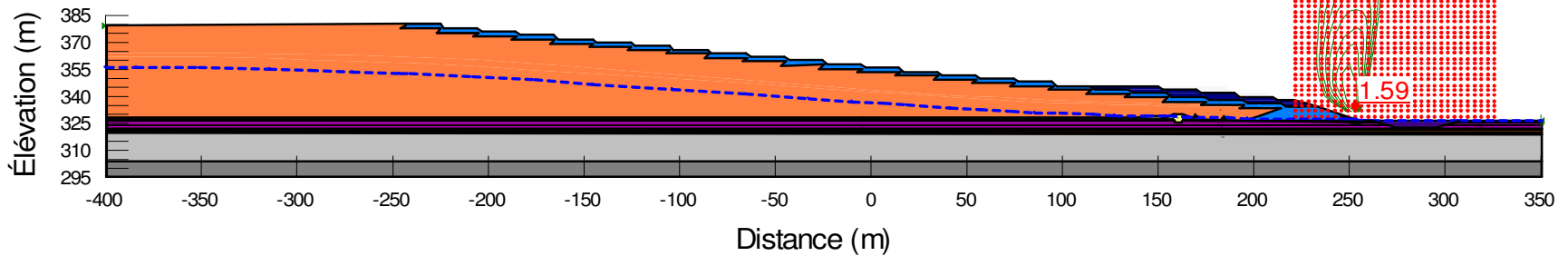
Analyse de stabilité en condition statique
Configuration en fin d'opération dans le secteur de la digue 4 - avec mitigation

Figure C-32

| N° | Matériaux | Propriétés géotechniques | | |
|----|-----------------------------------|-------------------------------|-------------|------------|
| | | γ (kN/m ³) | C_u (kPa) | ϕ (°) |
| 1 | Stériles | 20,5 | - | 37 |
| 2 | Résidus miniers Canadian Malartic | 19,5 | - | 30 |
| 3 | Enrochement (digue 4) | 21,0 | - | 35 |
| 4 | Noyau till (digue 4) | 21,0 | - | 35 |
| 5 | Résidus East-Malartic | 17,0 | - | 26 |
| 6 | Silt très lâche | 17,5 | - | 26 |
| 7 | Silt argileux raide | 17,5 | - | 27 |
| 8 | Argile silteuse ferme | 16,5 | - | 28 |
| 9 | Argile silteuse raide | 17 | - | 29 |
| 10 | Silt lâche | 17,5 | - | 30 |
| 11 | Sable et gravier (Till) | 18,5 | - | 32 |
| 12 | Socle rocheux | - | - | - |



F.S. 1,59



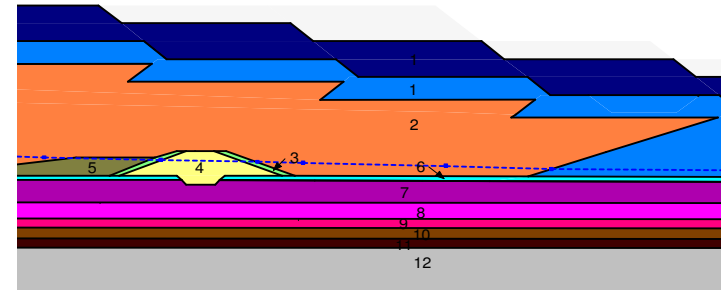
Date : Novembre 2014
 Projet : 1403061

Dessiné par : N.P.
 Révisé par : A.M.D.

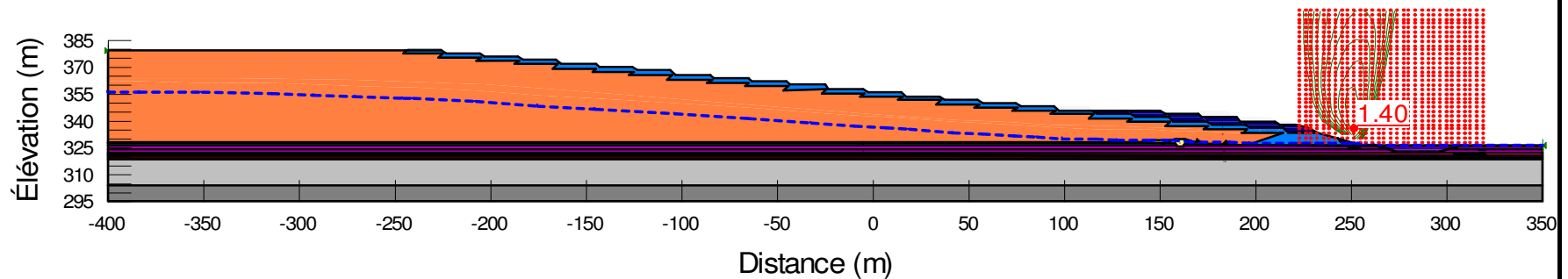
Analyse de stabilité en condition pseudo-statique
Configuration en fin d'opération dans le secteur de la digue 4 - avec mitigation

Figure C-33

| N° | Matériaux | Propriétés géotechniques | | |
|----|-----------------------------------|-------------------------------|-------------|------------|
| | | γ (kN/m ³) | C_u (kPa) | ϕ (°) |
| 1 | Stériles | 20,5 | - | 37 |
| 2 | Résidus miniers Canadian Malartic | 19,5 | - | 30 |
| 3 | Enrochement (digue 4) | 21,0 | - | 35 |
| 4 | Noyau till (digue 4) | 21,0 | - | 35 |
| 5 | Résidus East-Malartic | 17,0 | - | 26 |
| 6 | Silt très lâche | 17,5 | - | 26 |
| 7 | Silt argileux raide | 17,5 | - | 27 |
| 8 | Argile silteuse ferme | 16,5 | - | 28 |
| 9 | Argile silteuse raide | 17 | - | 29 |
| 10 | Silt lâche | 17,5 | - | 30 |
| 11 | Sable et gravier (Till) | 18,5 | - | 32 |
| 12 | Socle rocheux | - | - | - |



F.S. 1,40



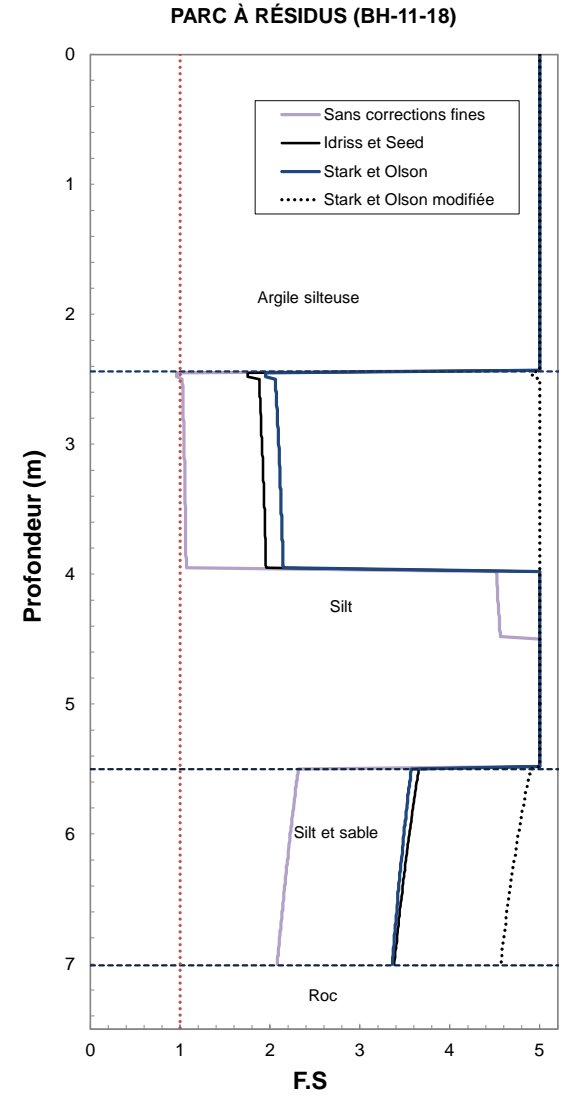
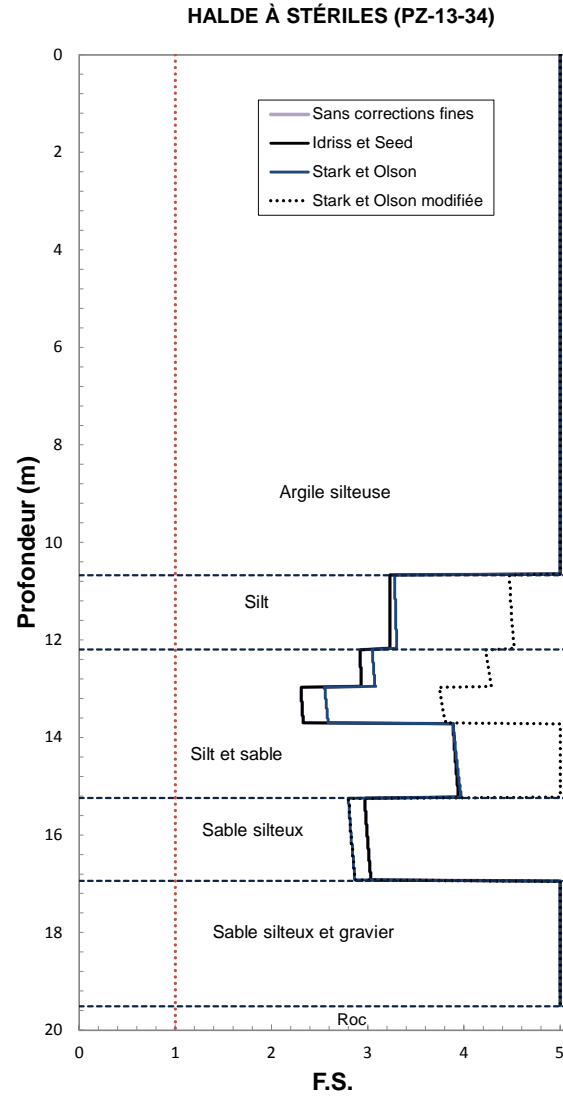
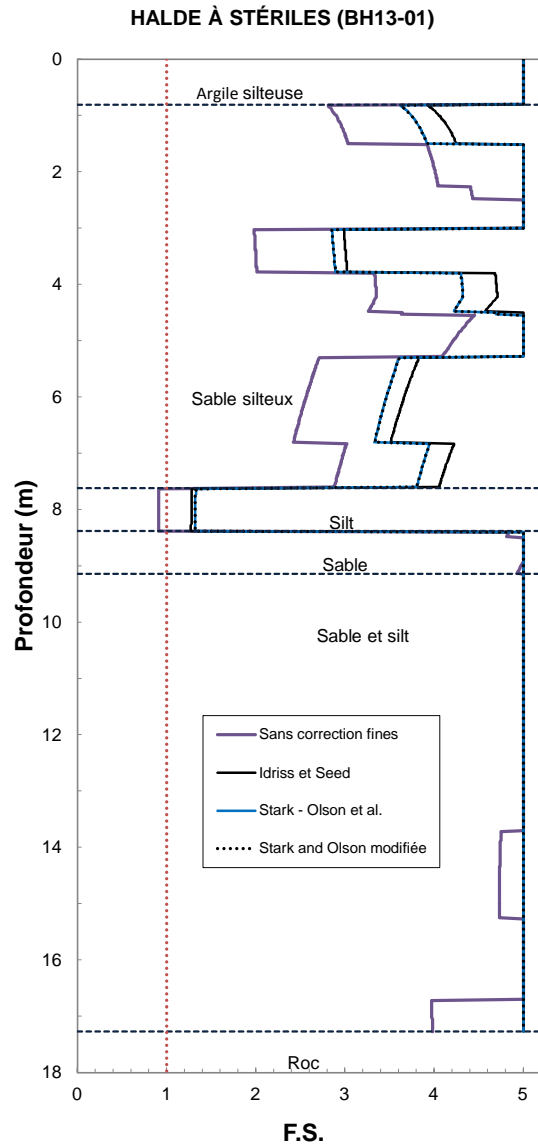
Date : Novembre 2014
 Projet : 1403061

Dessiné par : N.P.
 Révisé par : A.M.D.



ANNEXE D

Résultats des analyses de liquéfaction : fondation





ANNEXE E

Études – mise en place de la halde à stériles sur la cellule 1

ANNEXE E-1

PRELIMINARY SLOPE STABILITY AND STAGED CONSTRUCTION RESULTS –
WASTE ROCK STOCKPILE – CELL NO. 1, CANADIAN MALARTIC, QUÉBEC

DATE April 2014**PROJECT No.** 002-13-1221-0102-Rev0**TO** Mr. Christian Roy
Corporation Minière Osisko - Mine Canadian Malartic**FROM** Tom Zalucki, P.Eng.; Marielle Limoges, Eng.;
Paul Dittrich, P.Eng.; **EMAIL** Marielle_Limoges@golder.com**RE: PRELIMINARY SLOPE STABILITY AND STAGED CONSTRUCTION RESULTS – WASTE ROCK STOCKPILE – CELL NO. 1, CANADIAN MALARTIC MINE, QUEBEC**

Golder Associés Ltée (Golder) has been retained by Osisko Mining Corporation (Osisko) to provide geotechnical engineering services for the construction of an up to about 100 m high waste rock stockpile at the Canadian Malartic Mine in Quebec. It is understood that Osisko is currently constructing the waste rock stockpile within an area identified as Cell No. 1 which is one of the many different tailings disposal areas at the former East Malartic Tailings Facility and is shown on Figure 1 following the text of this memorandum. However, as part of the Extension Canadian Malartic, it is expected that the footprint of the waste rock stockpile will eventually extend further east beyond Cell No. 1.

This Technical Memorandum provides the results of preliminary effective stress slope stability and staged construction analyses that have been carried out along two critical sections within Cell No. 1 (also identified on Figure 1), as follows:

- Section A-A': oriented in an east-west direction; and,
- Section B-B': oriented in a north-south direction adjacent to the future open pit.

A discussion pertaining to the installation of instruments, including vibrating wire piezometers (VWPs), as a means of verifying / refining the analyses and staged construction recommendations is also provided.

This Technical Memorandum should be read in conjunction with the “*Important Information and Limitations of this Report*” attached following the text of this document. The reader’s attention is specifically drawn to this information as it is essential for the proper use and interpretation of this document.

FIELD OBSERVATIONS

It is understood that prior to the completion of our preliminary staged construction/effective stress slope stability analyses, the western and central portions of Cell No. 1 were filled by Osisko using an approximately 10 m thick lift of waste rock generated from the mining operation. It is also understood that “shortly” after the filling operation, a tension crack was observed behind the crest of the waste rock slope near the eastern limit of the stockpile where the weak/soft foundation soils were first encountered. The development of a tension crack is

generally the first apparent sign of slope instability. Preliminary total stress slope stability analyses (using undrained parameters representing short-term conditions immediately after completion of filling) as well as short-term effective stress slope stability analyses (using drained parameters, B-bar method to estimate excess pore water pressure development and assuming no time delays) were carried out to assess the maximum height of the stockpile that could be constructed “instantaneously” while maintaining an acceptable Factor of Safety (FoS) against instability. Both the total stress and effective stress slope stability analyses indicated that an approximately 10 m high stockpile would have a FoS of about unity (i.e., indicating potential slope failure) for the stratigraphy and geotechnical parameters utilized in the models.

The field observations and preliminary total stress / short-term effective stress slope stability analyses are in agreement with each other and highlight the importance of carrying out detailed staged construction analyses in order to ensure stability of the waste rock stockpile.

SLOPE STABILITY / STAGED CONSTRUCTION ANALYSES

Methodology

Based on the stratigraphic soil model and geotechnical parameters defined in the subsequent sections, staged construction analyses (used to calculate excess pore water pressures within the foundation soils in response to the waste rock stockpile construction at various periods of time) in combination with limit equilibrium, effective stress slope stability analyses were carried out to check the FoS against instability at critical stages and times of construction. Subsequent to confirmation with Osisko on its intention to install VWP's and slope inclinometers (SIs) within Cell No. 1, a target minimum FoS of 1.25 was adopted for the design of the stockpile during the construction phase (representing short-term conditions), while a minimum FoS of 1.5 was adopted for the full height of the stockpile (representing long-term/permanent conditions). It should be noted that the overall slope of the stockpile considered in the analyses is 2.5H:1V. It is understood that this slope geometry is achieved at the site by the construction of 11.5 m wide benches every 10 m in height (i.e., individual lift thickness).

It should be noted that initially rotational (i.e., circular) slip surfaces were evaluated to establish a minimum FoS for each lift of waste rock material. However, additional slope stability analyses indicated that translational (i.e., non-circular or block-type) failure surfaces generally govern when the height of the stockpile/embankment is much greater than the thickness of the weak foundation layer (i.e., the soft cohesive deposit in this case). As such, the recommendations provided below are based on translational type failure surfaces. A translational mode of failure typically occurs along a planar slip surface and where the weak layer is at a relatively shallow depth.

Stratigraphy

A number of boreholes and Cone Penetration Tests (CPTs) were previously advanced/carried out within the proposed footprint of Cell No. 1 as well as in adjacent areas. Although the stratigraphy within the footprint of Cell No. 1 is variable, one stratigraphic profile has been utilized in the analyses and is considered to be representative of the critical site conditions within Cell No. 1. A summary of the stratigraphic profile used in the analyses is presented below.

| Stratigraphic Unit | Depth |
|-------------------------------|---------------|
| Fine-grained (Silty) Tailings | 0 m to 4 m |
| Clayey Silt to Clay | 4 m to 9.5 m |
| Granular Till | 9.5 m to 11 m |
| Bedrock | > 11 m |

It should be noted that this stratigraphic profile was utilized for the slope stability analyses along both cross-sections. The difference between cross-sections A-A' and B-B' lies in the space available for the construction of a stability berm at the toe of the waste rock stockpile. At the location of cross-section B-B', the proximity of the future open pit was considered while along cross-section A-A', it was assumed that the stability berm could be constructed without any constraints.

Geotechnical Parameters

Results from in situ tests (for example, field vanes, SPTs, CPTs and permeability tests) and laboratory tests (for example, one-dimensional consolidation tests and consolidated isotropic undrained (CIU) triaxial compression tests), carried out on samples of the fine-grained (i.e., silty) tailings and cohesive (i.e., clayey) deposits, where applicable, were utilized to establish geotechnical parameters for each stratigraphic unit. Relevant technical data found in literature and our past experience with similar soils were also considered in establishing the geotechnical parameters.

A summary of the relevant geotechnical parameters used in the effective stress slope analyses is presented below:

| Stratigraphic Unit | Top Elevation (m) | Thickness (m) | Unit Weight, γ (kN/m ³) | Apparent Cohesion, c' (kPa) | Effective Friction Angle, ϕ' (degrees) | Coefficient of Consolidation, c_v (cm ² /sec) | B-bar |
|--------------------|-------------------|---------------|--|-------------------------------|---|--|-------|
| Rock Fill | Variable | Up to 100 m | 20.5 | 0 | 37 | - | - |
| Silty Tailings | 318.0 | 4.0 | 17.0 | 0 | 30 | 1×10^{-2} | 0.4 |
| Clay | 314.0 | 5.5 | 16.5 | 0 | 34 | 1×10^{-3} | 1.0 |
| Granular Till | 308.5 | 1.5 | 20.0 | 0 | 35 | - | - |

Notes:

1. The apparent cohesion and effective friction angle is used to define the strength of the foundation soils.
2. The vertical coefficient of consolidation is used in assessing the rate of dissipation of excess pore pressures with time.
3. The B-bar parameter is used to establish the magnitude of the increase in excess pore pressures as a result of a change in vertical stress (i.e., due to filling).

Results of Analyses

The following is a summary of the results from the analyses carried out on the two cross-sections identified above. At this time, the analyses were carried out for a 70 m high stockpile; however, it should be noted that the recommendations for the last three lifts of 10 m in thickness (i.e., to reach the final design height of 100 m) are expected to be similar to the recommendations for the last lift presented below. It should also be noted that the analyses assume the construction of a toe berm to improve stability and reduce the delay periods between each lift of waste rock.

Section A-A' (oriented in an east-west direction)

| Stage No. | Lift Thickness (m) | Total Height (m) | Slope of Waste Rock ¹ | Stability Berm Dimensions | Delay Period Before Start of Filling (days) ² | Minimum FoS |
|-----------|--------------------|------------------|----------------------------------|---------------------------|--|-------------|
| 1 | 5 | 5 | 1.35H:1V | --- | 0 | 1.43 |
| 2 | 5 | 10 | 1.35H:1V | 5 m high by 75 m long | 0 | 1.48 |
| 3 | 10 | 20 | 1.35H:1V | 5 m high by 75 m long | 75 | 1.31 |
| 4 | 10 | 30 | 1.35H:1V | 5 m high by 75 m long | 80 | 1.25 |
| 5 | 10 | 40 | 1.35H:1V | 5 m high by 75 m long | 60 | 1.26 |
| 6 | 10 | 50 | 1.35H:1V | 5 m high by 75 m long | 40 | 1.27 |
| 7 | 10 | 60 | 1.35H:1V | 5 m high by 75 m long | 30 | 1.27 |
| 8 | 10 | 70 | 1.35H:1V | 5 m high by 75 m long | 30 | 1.28 |

Notes:

1. The slope of waste rock refers to the side slope of each individual lift and not the overall slope of the stockpile which includes 11.5 m wide benches every 10 m in height.
2. Delay period to be applied before the **start** of filling stage.

Section B-B' (oriented in a north-south direction; adjacent to future open pit)

| Stage No. | Lift Thickness (m) | Total Height (m) | Slope of Waste Rock ¹ | Stability Berm Dimensions | Offset between Toe of Stability Berm and Crest of Excavated Overburden at Open Pit (m) | Slope of Excavated Overburden at Open Pit ² | Delay Period Before Start of Filling (days) ³ | Minimum FoS |
|-----------|--------------------|------------------|----------------------------------|---------------------------|--|--|--|-------------------|
| 1 | 5 | 5 | 1.35H:1V | --- | 20 | 2.5H:1V | 0 | 1.15 ⁴ |
| 2 | 5 | 10 | 1.35H:1V | 5 m high by 44.5 m long | 20 | 2.5H:1V | 50 | 1.25 |
| 3 | 10 | 20 | 1.35H:1V | 5 m high by 44.5 m long | 20 | 2.5H:1V | 105 | 1.26 |
| 4 | 10 | 30 | 1.35H:1V | 5 m high by 44.5 m long | 20 | 2.5H:1V | 85 | 1.26 |
| 5 | 10 | 40 | 1.35H:1V | 5 m high by 44.5 m long | 20 | 2.5H:1V | 50 | 1.25 |
| 6 | 10 | 50 | 1.35H:1V | 5 m high by 44.5 m long | 20 | 2.5H:1V | 40 | 1.26 |
| 7 | 10 | 60 | 1.35H:1V | 5 m high by 44.5 m long | 20 | 2.5H:1V | 30 | 1.26 |
| 8 | 10 | 70 | 1.35H:1V | 5 m high by 44.5 m long | 20 | 2.5H:1V | 30 | 1.27 |

Notes:

1. The slope of waste rock refers to the side slope of each individual lift and not the overall slope of the stockpile which includes 11.5 m wide benches every 10 m in height.
2. The overall geometry along Section B-B' includes an 8 m wide bench along the top of bedrock extending from the toe of the excavated overburden slope to the crest of rock pit slope.
3. Delay period to be applied before the **start** of filling stage.
4. It is noted that the minimum FoS associated with Stage 1 (i.e., the first 5 m lift) is less than 1.25. Additional slope stability mitigation measures are recommended to be implemented (for example, increasing the offset between the toe of the stability berm and the crest of the excavated overburden of the open pit if space permits). Alternatively, given that the FoSs associated with the subsequent stages are equal to or greater than 1.25, the FoS of 1.15 may be acceptable for the first stage if the northern area of Cell No. 1 is instrumented (VWPs and SIs) and monitored closely during construction.

Pseudo-static slope stability analyses were also carried out to assess the stability of the rock waste stockpile during a seismic event. Pseudo-static analyses involve adding a “lateral force” (representing the earthquake loading) to static limit equilibrium analyses. For the design peak ground acceleration (PGA) equal to 0.075 g for this site, the results indicate that the minimum FoS varies between about 1 and 1.1 during the construction phase (representing short-term conditions), while a FoS greater than 1.1 is achieved for the full height of the stockpile once the excess pore pressures have dissipated (representing the long-term/permanent conditions).

DISCUSSION – INSTRUMENTATION

Given the relatively long delay periods associated with the construction of the waste rock stockpile and considering the overall schedule, it was strongly recommended to Osisko that VWP's be installed within the cohesive deposit and the silty tailings to measure excess pore pressures during construction. By measuring the magnitude of excess pore pressures during placement of rock waste fill as well as the rate of dissipation of excess pore pressures during the delay periods, the data can be used to confirm/refine some of the key geotechnical parameters (i.e., B-bar and coefficient of consolidation) used in the analyses. This monitoring data accompanied by a reassessment/reanalysis of the staged construction could result in a modification to the recommended delay periods and/or size of the stability berms.

Installation of slope inclinometers was also recommended near the north end of Cell No. 1 (i.e., adjacent to the future open pit) since this area represents the critical section in terms of slope stability. A slope inclinometer is used to monitor subsurface movements and deformations and is a good tool for assessing stability of slopes and/or magnitude and rate of lateral ground movement.

At the time of preparation of this Technical Memorandum, it should be noted that the installation of the recommended VWP's within Cell No. 1 was already in progress. The stratigraphy encountered in the boreholes advanced in order to install the VWP's was generally similar to the stratigraphic profile assumed in the stability analyses with the exception of one borehole where a significantly thicker cohesive deposit was encountered. Once the instruments are installed and the associated investigation program is completed, a reassessment of the geotechnical parameters and the stratigraphic profile should be conducted. Slope stability / staged construction analyses should also be reanalyzed, especially once pore water pressure data are collected from the VWP's.

A monitoring program as well as an action plan should also be developed to support the Mine with the construction of the waste rock stockpile within Cell No. 1. Recommendations should include, but not be limited to, the magnitude of pore water pressures during each stage of construction.

CLOSURE

We trust that this document satisfies your current requirements.

Yours truly,



Tomasz Zalucki, P.Eng. (Ontario)
Geotechnical Engineer



Marielle Limoges Shaiget, Eng., P.Eng. (NL)
Geotechnical Engineer

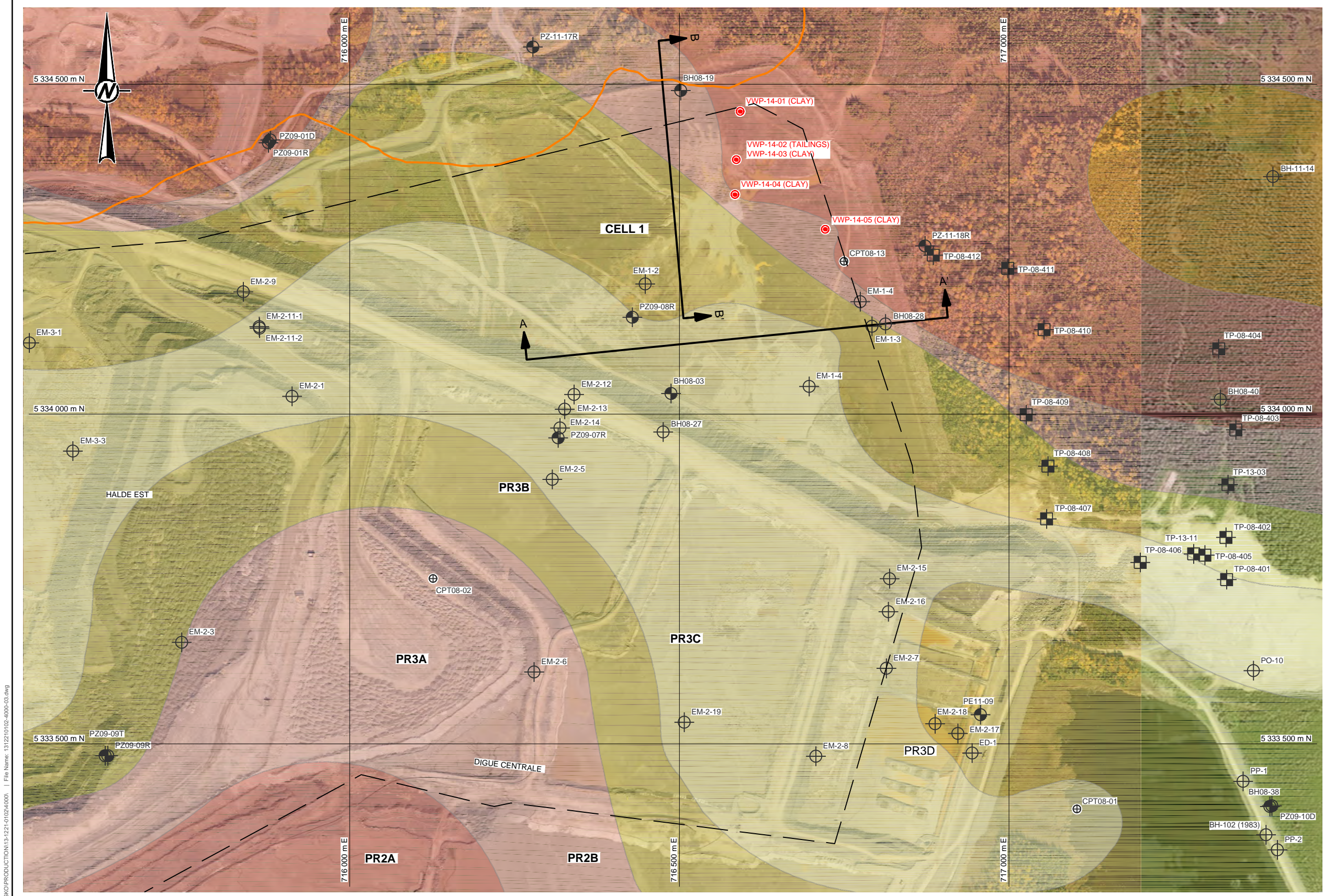


J. Paul Dittrich, P.Eng. (Ontario)
Senior Geotechnical Engineer, Principal

TZ/MLS/JPD/MK/kr

Attachment: Figure 1 - Cross-Section Location

\\golder.gds\gal\montreal\actif\2014\1221\1403061 cmgp- études phase iii- malartic\5 préparation livrables\4000 - géotech- halde parc\008-14-03061-4000-rf-rev0-conception parc et halde\annexe e\annexe e-1\002-13-1221-0102-rev0 - staged construction memo.docx



LEGEND

| | |
|--|--|
| | LIMIT OF CELL No. 1 WASTE ROCK STOCKPILE |
| | EXISTING MONITORING WELL |
| | EXISTING BOREHOLE |
| | EXISTING TEST PIT |
| | EXISTING CPT |
| | VIBRATING WIRE PIEZOMETER |

COHESIVE SOIL THICKNESS (m)*

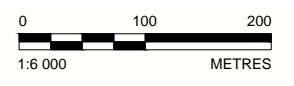
| | | | |
|--|------------|--|-----------|
| | 0 TO 1 m | | 5 TO 10 m |
| | 1 TO 2.5 m | | > 10 m |
| | 2.5 TO 5 m | | |

NOTES

- COORDINATE SYSTEM : UTM NAD 83, AREA 17
- * THIS MAP IS AN INTERPRETATION BASED ON BOREHOLES, CPT AND TEST PITS, CONTOURS MAY DIFFER FROM REALITY.

REFERENCE

PHOTOGRAPH PROVIDED BY OSISKO (JULY 2012 AND OCTOBER 2013)



Path: \\goldier.gis\gal\Montreal\SIG\CD\PROJETS\OSISKO\PRODUCTION\13-1221-0102-4000-03.dwg | File Name: 1312210102-4000-03.dwg

CLIENT
CANADIAN MALARTIC GP

CONSULTANT



YYYY-MM-DD 2014-04-17
 PREPARED M. Limoges Shaigetz
 DESIGN R. Gravel
 REVIEW M. Limoges Shaigetz
 APPROVED M. Kissiova

PROJECT
SLOPE STABILITY AND STAGED
CONSTRUCTION ANALYSIS AND RECOMMENDATIONS
WASTEROCK STOCKPILE - CELL No 1

TITLE
CROSS-SECTION LOCATION

| | | | |
|-----------------------------|---------------|-----------|-------------|
| PROJECT No. 13-1221-0102 | PHASE 4000 | Rev. 0 | FIGURE 1 |
|-----------------------------|---------------|-----------|-------------|

25 mm IF THIS MEASUREMENT DOES NOT MATCH WHAT IS SHOWN, THE SHEET SIZE HAS BEEN MODIFIED FROM ANSI B

ANNEXE E-2

MINE CANADIAN MALARTIC - HALDE À STÉRILES - CELLULE 1 -
RAPPORT FACTUEL D'INVESTIGATION GÉOTECHNIQUE ET
D'INSTALLATION D'INSTRUMENTS



Novembre 2014

MINE CANADIAN MALARTIC - HALDE À STÉRILES - CELLULE 1

Rapport factuel d'investigation géotechnique et d'installation d'instruments

Présenté à:

Denis Cimon, ing.
Mine Canadian Malartic
100, chemin du Lac Mourier
Malartic, Québec, J0Y 1Z0

RAPPORT



N° de référence : 005-13-1221-0102-Rev0

Distribution:

1 version électronique : Mine Canadian Malartic,
Malartic, Québec

1 exemplaire : Golder Associés Ltée, Montréal,
Québec





Table des matières

| | |
|--|-----------|
| 1.0 INTRODUCTION..... | 1 |
| 1.1 Mandat et objectif | 1 |
| 1.2 Mise en contexte..... | 1 |
| 1.3 Localisation et description du site | 1 |
| 2.0 TRAVAUX RÉALISÉS ET MÉTHODOLOGIE | 2 |
| 2.1 Accès aux forages | 2 |
| 2.2 Forage et échantillonnage | 2 |
| 2.2.1 Essais de pénétration standard..... | 3 |
| 2.2.2 Essais de résistance au cisaillement <i>in situ</i> | 3 |
| 2.3 Installation des piézomètres à corde vibrante et des systèmes d'acquisition des données..... | 3 |
| 2.4 Protection et arpentage des instruments | 5 |
| 3.0 DESCRIPTION DES SOLS..... | 5 |
| 3.1 Stratigraphie générale | 6 |
| 3.2 Stériles (route d'accès) | 6 |
| 3.3 Résidus (ML) | 6 |
| 3.4 Tourbe (PT) | 6 |
| 3.5 Argile silteuse (CL-CI)..... | 6 |
| 3.6 Silt et silt argileux (ML) | 8 |
| 3.7 Sable et gravier (SP-GW)..... | 8 |
| 4.0 SOMMAIRE DES RÉSULTATS ET DES OBSERVATIONS | 8 |
| 5.0 CONDITIONS ET LIMITATIONS | 9 |
| 6.0 SIGNATURES..... | 9 |
| 7.0 RÉFÉRENCES..... | 10 |



TABLEAUX

Tableau 1 : Caractéristiques d'installation des piézomètres..... 4
Tableau 2 : Localisation de profondeur des forages réalisés 5
Tableau 3 : Épaisseur des unités stratigraphiques rencontrées..... 6

GRAPHIQUES

Graphique 1 : Résistance au cisaillement non drainée de l'argile silteuse..... 7

FIGURES

Figure 1 : Vue en plan et emplacement des forages

ANNEXES

ANNEXE A

Photos

ANNEXE B

Journaux de forage

ANNEXE C

Résistance au cisaillement non drainée de l'argile - mesures *in situ*

ANNEXE D

Fiches de calibration et d'installation des piézomètres à corde vibrante

ANNEXE E

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.

1.1 Mandat et objectif

Dans le cadre de l'étude de la stabilité de la halde à stériles dans le secteur de la cellule 1 et de sa construction par étape, Osisko, et maintenant CMGP, a mandaté Golder Associés Ltée (Golder) afin de réaliser une étude de caractérisation géotechnique détaillée des matériaux présents dans l'empreinte de la cellule 1 et de procéder à l'installation d'instruments dans ce même secteur de la Mine.

Cette étude avait pour but de mieux comprendre le comportement des matériaux *in situ* dans la cellule 1 et d'installer des piézomètres à corde vibrante dans le but de suivre les pressions interstitielles lors de l'avancée de la halde à stériles vers le nord.

Ce rapport factuel présente les résultats de l'investigation durant laquelle des instruments (principalement, des piézomètres à corde vibrante) ont été installés. Il présente également les résultats des essais *in situ*. Les résultats des essais en laboratoire et le suivi des pressions interstitielles sont présentés dans la mise à jour de l'étude de stabilité de la halde dans le secteur de la cellule 1 et sa construction par étape (Golder, 2014b).

1.2 Mise en contexte

Suite à la présentation des résultats préliminaires des analyses de stabilité de la halde sur la cellule 1 le 1^{er} mars 2014 (Golder, 2014a), il avait été recommandé d'installer, à des endroits ciblés, des piézomètres à corde vibrante dans l'argile et dans les résidus de la cellule 1, de même qu'un inclinomètre dans les sols de fondation. Les piézomètres devaient être installés sous l'emplacement futur de la halde de stériles afin de suivre l'évolution des pressions interstitielles lors de la construction de la halde. L'inclinomètre devait être installé au pied de la halde afin de suivre les mouvements des fondations, particulièrement vis-à-vis l'agrandissement de la fosse (secteur Barnat).

Il est à noter que l'installation de l'inclinomètre a été retardée afin de permettre la mise en place de la berme de stabilité aux abords de la halde. Cet instrument sera mis en place par la suite afin de suivre les mouvements des sols en place.

1.3 Localisation et description du site

La section nord-est de l'empilement de stériles est une zone où les stériles seront entreposés directement sur la cellule 1. Cette cellule est une ancienne aire d'entreposage des résidus qui se caractérise par l'empilement d'un dépôt de résidus relativement lâche reposant sur une épaisseur variable de mort-terrain. Cette section de l'empilement est également située au sud l'agrandissement de la fosse (secteur Barnat).



2.0 TRAVAUX RÉALISÉS ET MÉTHODOLOGIE

La mise en place de cinq piézomètres a été faite dans quatre forages répartis selon les profils est-ouest (A-A') et nord-sud (B-B'). Les travaux réalisés dans le cadre du projet sont les suivants :

- Le forage, l'échantillonnage et la caractérisation des sols rencontrés dans les quatre forages.
- La réalisation d'essais au scissomètre de chantier (Nilcon).
- La mise en place de cinq piézomètres à corde vibrante et la lecture manuelle de ceux-ci.
- Le remplissage des trous de forage avec un coulis de ciment-bentonite.
- La surveillance des travaux lors de la protection des câbles liés aux piézomètres.
- L'installation des systèmes d'acquisition des données.
- La formation d'un employé de la mine sur l'utilisation et le branchement des systèmes d'acquisition des données.
- La réalisation d'un programme de laboratoire pour la caractérisation de l'argile et de la tourbe.

La section suivante décrit la méthodologie employée pour chacune des activités reliées à la caractérisation géotechnique des sols ainsi qu'à l'installation des piézomètres à corde vibrante.

2.1 Accès aux forages

Deux routes d'accès composées de stériles sur la surface des résidus de la cellule 1 ont été aménagées afin de permettre à la foreuse d'accéder aux endroits ciblés pour les forages. Au droit des forages, du gravier de diamètre inférieur à 50 mm a été placé pour permettre l'avancement de la tarière.

Les routes d'accès ont été photographiées (photographies 1 et 2) et sont présentées dans l'ANNEXE A.

2.2 Forage et échantillonnage

Les forages géotechniques ont été réalisés du 16 au 24 avril 2014. L'emplacement des forages, nommés VWP-14-01 à VWP-14-05, est montré à la figure 1. Les forages ont été complétés jusqu'au refus de la cuillère fendue lors des essais SPT sauf pour le forage VWP-14-04S qui a été poursuivie jusqu'à la profondeur désirée pour l'échantillonnage au tube Shelby. Leur profondeur varie entre 14 et 23 m, incluant l'épaisseur de la route d'accès.

Golder a retenu les services de la compagnie Succession Forage George Downing Ltée. (Downing), pour effectuer les forages. Les forages ont été faits principalement à la tarière évidée au moyen d'une foreuse de type CME-850 montée sur chenille. Par contre, les forages VWP-14-02/03 et VWP-14-04 ont nécessité le forage par rotation à l'aide d'un tubage de type NW étant donné la profondeur du socle rocheux largement supérieure à ce qui avait été anticipée. Tous les travaux de forage et d'échantillonnage ont été effectués sous la supervision du représentant de Golder sur le terrain.

Lors des forages, les matériaux rencontrés ont été prélevés au moyen d'une cuillère à tous les 0,75 m (2,5 pi) d'intervalle. Les échantillons étaient rapprochés afin d'observer la profondeur des contacts entre les différentes



lithologies. Pour certains forages, cet intervalle est passé à 1,5 m pour les échantillons récupérés dans l'argile étant donné que l'épaisseur de l'argile était déjà connue lors de l'enfoncement du scissomètre de chantier.

Des échantillons ont été récupérés à l'aide de tubes Shelby dans le forage VWP-14-04S. L'échantillonnage a été fait à des profondeurs ciblées, selon les résultats du VWP-14-04, afin de définir des propriétés représentatives des matériaux. Les échantillons ont été envoyés à notre laboratoire de Mississauga pour fin d'analyses et les résultats seront présentés dans le rapport de Golder (Golder 2014b). Les résultats des essais effectués sur les échantillons recueillis dans le forage ont été compilés et inscrits aux journaux de forage présenté à l'ANNEXE B.

Des mesures *in situ* de la résistance au cisaillement non drainée des sols cohérents ont également été effectuées dans les forages VWP-14-01 à VWP-14-05, mis à part le forage VWP-14-04S. Ces essais ont permis de quantifier la résistance non drainée au cisaillement, au droit de chacun de ces forages.

Les journaux de forage sont présentés à l'ANNEXE B du rapport. La description des matériaux 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 forages.

2.2.1 Essais de pénétration standard

Des essais de pénétration à la cuillère fendue (SPT) ont permis d'évaluer la compacité ou la consistance des différents matériaux rencontrés et de prélever des échantillons remaniés. Les essais SPT ont été réalisés en suivant la norme ASTM D-1586. Les résultats des essais SPT sont présentés dans les journaux de forages disponibles à l'ANNEXE B.

2.2.2 Essais de résistance au cisaillement *in situ*

Un profil de résistance au cisaillement *in situ* en condition non drainé a été effectué sur les sols cohérents observés dans chacun des forages. Un scissomètre de chantier de type M-1000 (Nilcon) fabriqué par Roctest a servi pour déterminer la résistance au cisaillement *in situ* de ces matériaux cohérents en suivant la norme ASTM D-2573.

Les résultats des essais sont résumés dans les journaux de forages à l'ANNEXE B. Les calculs associés à ces valeurs sont présentés à l'ANNEXE C ainsi que la fiche de calibration du scissomètre Nilcon utilisé.

2.3 Installation des piézomètres à corde vibrante et des systèmes d'acquisition des données

Lors de la réalisation des forages, cinq piézomètres à corde vibrante (modèle VW2100-2.0 fabriqué par RST Instruments) ont été installés à des profondeurs ciblées. Un piézomètre a été installé dans la couche d'argile à chacun des forages en plus d'un piézomètre installé dans les résidus au forage VWP-14-02/03 conjointement au piézomètre installé dans l'argile. Le résumé de l'installation des piézomètres est présenté au tableau 1 suivant.



Tableau 1 : Caractéristiques d'installation des piézomètres

| Forage | # série du piézomètre | Élévation de la surface du chemin d'accès (m) | Élévation du piézomètre (m) | Unité stratigraphique au niveau du piézomètre |
|--------------|-----------------------|---|-----------------------------|---|
| VWP-14-01 | VW28405 | 319,33 | 308,3 | Argile silteuse |
| VWP-14-02/03 | VW28402 | 319,02 | 314,0 | Résidus |
| VWP-14-02/03 | VW28403 | 319,02 | 306,0 | Argile silteuse |
| VWP-14-04 | VW28404 | 321,92 | 306,9 | Argile silteuse |
| VWP-14-05 | VW28405 | 319,0 ¹ | 309,5 | Argile silteuse |

L'emplacement des piézomètres à corde vibrante a été déterminé de façon à ce que chaque instrument soit localisé dans la couche ayant la résistance au cisaillement non drainée la plus faible dans le dépôt de sols cohérents rencontrés. Cette couche a été identifiée au moyen des mesures *in situ*. Un coulis de ciment-bentonite a été injecté par la base jusqu'à la surface du forage. Le détail de l'installation des piézomètres est montré dans les journaux de forages à l'ANNEXE B.

Avant l'installation des piézomètres, les filtres métalliques ont été saturés selon les recommandations du fabricant et maintenus submergés pendant au moins 24 heures avant leur installation.

Le choix de l'emplacement des piézomètres vise à représenter différents chargements finaux de la halde à stériles. Dans l'axe de la coupe AA', un piézomètre (VWP-14-05) a été installé dans l'argile sous le premier banc de la halde (hauteur de stériles estimée à 10 m selon le développement de la halde actuel). Il est anticipé qu'à cet endroit, la halde recouvrira éventuellement ce piézomètre de plusieurs dizaines de mètres de stériles suite au prolongement potentiel de la halde vers l'est. Dans l'axe de la coupe BB', un piézomètre (VWP-14-01) a été installé dans l'argile sous la future berme de stabilité (hauteur de stériles estimée à 5 m). Un piézomètre a été installé dans l'argile et un autre dans les résidus (VWP-14-02/03) sous le second banc de la halde (hauteur de stériles estimée à 20 m). Finalement, un piézomètre (VWP-14-04) a été installé dans l'argile sous le quatrième banc de la halde (hauteur de stériles estimée à 40 m).

Deux systèmes d'acquisition de données ont été installés, une fois la protection des câbles complétée. Les deux systèmes d'acquisition de données sont de marque RST et permettent l'enregistrement des pressions selon différents intervalles de temps. L'un d'eux a été installé entre le VWP-14-01 et le VWP-14-02/03 et inclus la liaison aux piézomètres VWP-14-01 à VWP-14-04. L'autre système d'acquisition des données a été installé au piézomètre VWP-14-05. Pour y arriver, les câbles ont été allongés puis protégés sous la surveillance du personnel de la mine. L'allongement des câbles a été nécessaire car les points de lecture ont été déplacés et que la longueur des câbles initialement prévue n'était plus suffisante.

Plusieurs lectures ont été prises manuellement durant et après de l'installation des piézomètres pour la calibration des résultats. Les lectures initiales prises lors de l'installation ainsi que les fiches de calibration des piézomètres fournies par RST instruments sont présentées l'ANNEXE D.

¹ L'élévation de surface du chemin d'accès a été estimée.



2.4 Protection et arpentage des instruments

Afin de protéger les câbles des piézomètres, il avait été initialement prévu de les enterrer 1 m sous la surface des résidus. Malheureusement, la présence d'eau en surface et la résistance trop faible de résidus saturés ont rendus cette méthode impossible à appliquer. Ainsi, les câbles ont été placés en serpent (photographies 3, 4 et 5) sur une membrane géotextile repliée sur les câbles. Par la suite, la membrane a été recouverte de sable ou de résidus sur une épaisseur de 0,5 à 1 m. Le sable a ensuite été recouvert de 1 à 1,5 m de stériles (photographies 6 à 8).

Un relevé d'arpentage a été fait le 7 mai 2014 pour localiser les piézomètres à corde vibrante. Le positionnement en coordonnées UTM NAD83 est résumé au tableau ci-dessous.

Tableau 2 : Localisation de profondeur des forages réalisés

| Forage | Coordonnées (UTM NAD 83) | | Élévation de la surface du chemin d'accès (m) | Élévation de la base du forage (m) |
|--------------|--------------------------|-----------------------|---|------------------------------------|
| | Nord | Est | | |
| VWP-14-01 | 5334458,8 | 716593,9 | 319,33 | 299,6 |
| VWP-14-02/03 | 5334385,2 | 716586,7 | 319,02 | 301,6 |
| VWP-14-04 | 5334350,3 | 716582,8 | 321,92 | 298,8 |
| VWP-14-04S | 5334350,3 ² | 716582,8 ² | 321,92 ² | 304,5 |
| VWP-14-05 | 5334278 ³ | 716727 ³ | 319,0 ³ | 305,4 |

L'élévation des forages VWP-14-04 et VWP-14-04S est supérieure aux autres étant donné que l'emplacement du forage se trouvait sur un bourrelet créé par l'avancement de la halde. Ces deux forages se trouvaient à moins de 5 m du pied nord de la halde à stériles.

3.0 DESCRIPTION DES SOLS

Les sections suivantes présentent la stratigraphie interprétée à partir de l'examen visuel des sols lors de la réalisation des forages ainsi qu'à partir des résultats des essais de laboratoire effectués sur les échantillons prélevés dans le forage VWP-14-04S. La description détaillée des sols rencontrés est fournie dans le journal de forage à l'ANNEXE B.

Les résultats obtenus lors des forages ne fournissent des indications qu'à ces endroits précis et la nature des sols peut changer sur le site étudié. Toutefois, la stratigraphie observée est semblable d'un forage à l'autre. Les sous-sections suivantes présentent les types de sols rencontrés dans les forages VWP-14-01 à VWP-14-05.

² Le forage a été fait à environ 2 m de distance du forage VWP-14-04 et il n'a pas été arpenté.

³ L'arpentage a été fait avec un GPS de poche et l'élévation de surface du chemin d'accès a été estimée.



3.1 Stratigraphie générale

Les épaisseurs des différents matériaux rencontrés à l'endroit de chacun des six forages réalisés sont présentées au Tableau 3. Elles sont présentées selon l'ordre dans lequel elles ont été rencontrées lors des travaux, soit de la surface de la cellule 1 vers le socle rocheux.

Tableau 3 : Épaisseur des unités stratigraphiques rencontrées

| Forage | Épaisseur des unités stratigraphiques (m) | | | | | |
|--------------|---|---------|--------|--------------------|-------------------------|---------------------|
| | Stériles (route d'accès) | Résidus | Tourbe | Argile silteuse | Silt / Silt argileux | Sable et Gravier |
| VWP-14-01 | 1,8 | 5,5 | 1,4 | 5,2 | 2,7 | 3,2 |
| VWP-14-02/03 | 1,3 | 6,6 | 1,3 | 4,9 | 3,1 | 0,1 |
| VWP-14-04 | 0,9 | 7,2 | 2,5 | 9,6 | 2,8 | 0 |
| VWP-14-04S | 9,1 ⁴ | | 1,8 | > 6,4 ⁵ | 0 | 0 |
| VWP-14-05 | 3,1 | 3,5 | 0,4 | 3,8 | 2,3 | 0,6 |

3.2 Stériles (route d'accès)

Les stériles ont été placés sur les résidus afin d'avoir une surface portante pour que la foreuse accèdent aux sites. L'épaisseur de stériles varie selon la capacité portante des résidus au droit des forages.

3.3 Résidus (ML)

Les résidus rencontrés au sommet de la cellule 1 sont dans un état lâche à très lâche (indice N de 0 à 5). Ils sont majoritairement silteux (ML), mais peuvent comprendre une fraction de sable non-négligeable. Ils sont gris et parfois brunâtre dans la partie supérieure de la lithologie. Ils sont non cohérent et humide à saturé relativement à la position de la nappe phréatique.

3.4 Tourbe (PT)

Sous la couche de résidus se trouve un horizon de tourbe marquant le début des dépôts meubles. La tourbe rencontrée est fibreuse, brune et non cohérente. Elle se trouve dans un état lâche à très lâche (indice N de 2 à 7). La tourbe est saturée étant donné que la nappe phréatique se trouve au-dessus.

3.5 Argile silteuse (CL-CI)

La couche d'argile silteuse a été rencontrée à une profondeur d'environ 7 à 11 m sous la surface de la route d'accès. Son épaisseur est relativement constante d'un forage à l'autre (3,8 m à 5,2 m) mis à part les forages VWP-14-04 et VWP-14-04S qui présentent une épaisseur plus grande (9,6 m). Généralement, l'épaisseur d'argile observée dans cette section du site augmente en se dirigeant vers le nord. Les résultats du forage VWP-14-04 montrent qu'une plus grande accumulation d'argile est présente près de ce forage. Par contre,

⁴ L'épaisseur de la route d'accès n'a pas été mesurée au droit de ce forage.

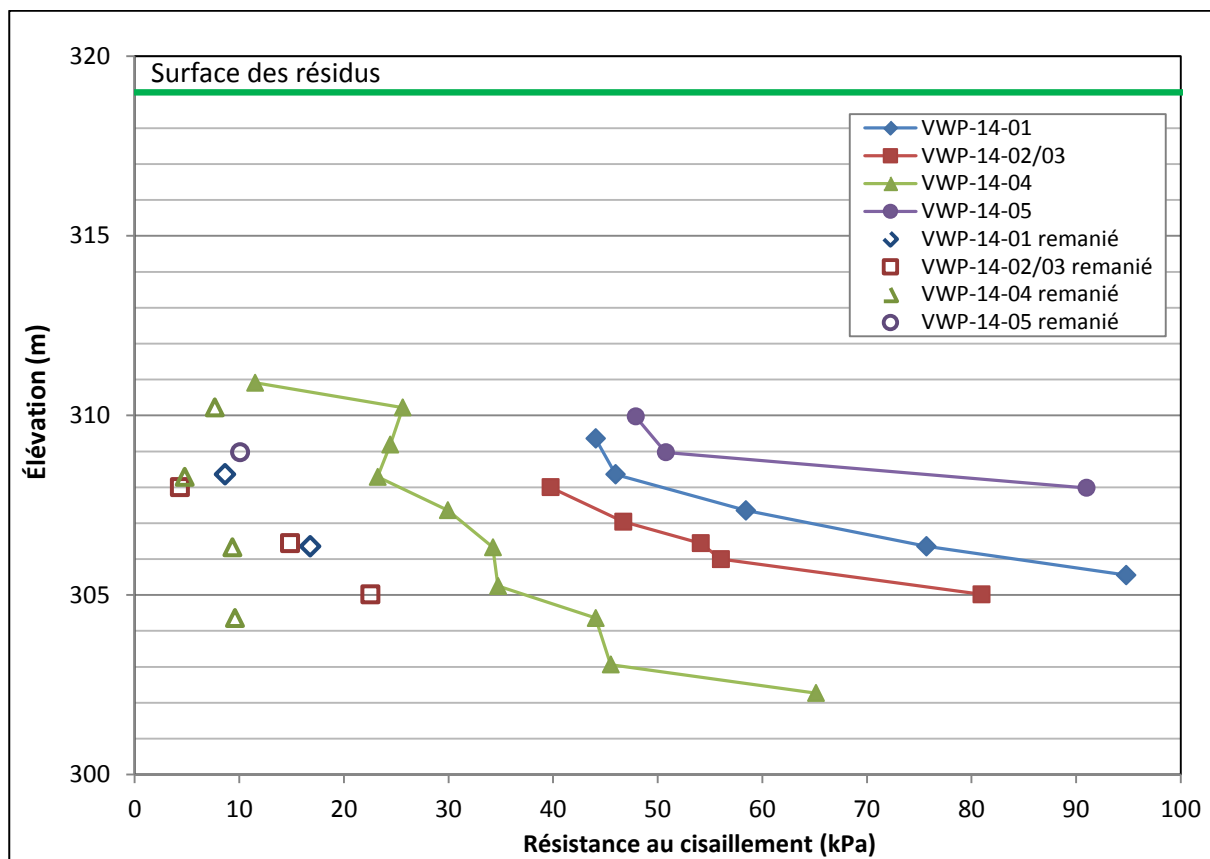
⁵ La limite inférieure de la couche n'a pas été rencontrée.



selon les forages environnants, cette plus grande épaisseur d'argile pourrait être un phénomène local dû à l'irrégularité de l'élévation du socle rocheux.

Des lits de silts (varves) ont été observés au travers de l'argile dans chacun des forages. La fréquence de l'apparition des lits de silts est variable et l'épaisseur des lits est généralement inférieure à 2 mm. L'argile silteuse est grise, cohérente et sa teneur en eau naturelle est plus grande que sa limite de liquidité. Elle est de consistance généralement ferme, mais devient raide avec la profondeur. L'argile rencontrée au VWP-14-04 est plus molle que celle observée dans les autres forages. Ceci pourrait être dû à une certaine déstructuration causée par l'avancement du premier banc de la halde. Comme il a été mentionné plus haut, le forage VWP-14-04 se trouvait sur un bourrelet présent au pied de la halde. Les profils de résistance au cisaillement obtenu par les essais *in situ* au scissomètre Nilcon sont représentatifs de la consistance de l'argile. Ils sont présentés au Graphique 1.

Des essais de résistance au cisaillement *in situ* remaniée (C_u) ont été faits dans les forages VWP-14-01 à VWP-14-05. Les valeurs varient de 4 kPa à 23 kPa. Les facteurs de sensibilité (S_t) obtenus (résistance au cisaillement intacte / résistance au cisaillement remaniée) varient de 3,3 à 9,2, ce qui en fait une argile de sensibilité moyenne ($2 < S_t < 4$) à très forte ($8 < S_t < 16$). Les valeurs de C_u sont présentées au Graphique 1.



Graphique 1 : Résistance au cisaillement non drainée de l'argile silteuse



Il est à noter que certaines valeurs présentées au graphique ci-haut ne représentent pas la résistance maximale du matériau puisque la rupture n'a pas été observée durant l'essai. Il s'agit de valeurs obtenues lors des derniers essais des forages VWP-14-01 et VWP-14-05, du deuxième essai au forage VWP-14-02/03 et du neuvième essai au forage VWP-14-04. Ces valeurs sont précédées d'un symbole « > » aux journaux de forage. Également, les dernières mesures prises aux forages VWP-14-01 et VWP-14-05 ont été faites dans la couche de silt argileux sous-jacent.

3.6 Silt et silt argileux (ML)

Sous la couche d'argile silteuse se trouve un horizon de silt à silt argileux (ML) d'une épaisseur d'environ 2 à 3 m. Le silt et le silt argileux sont gris, non cohérent, compacts et saturés. Les résultats des essais SPT varient entre 10 et 25.

3.7 Sable et gravier (SP-GW)

En se rapprochant du roc, la taille des grains des dépôts meubles a tendance à augmenter. Les forages VWP-14-01, VWP-14-02/03 et VWP-14-05 présentent une couche de sable et gravier au contact du roc. Le sable et gravier est gris, non cohérent, compact à dense et saturé. Il est présente des indices N élevé ou un refus de l'avancement de la cuillère.

4.0 SOMMAIRE DES RÉSULTATS ET DES OBSERVATIONS

Dans le cadre des analyses de stabilité de la halde à stériles, Golder a réalisé une investigation géotechnique à la cellule 1. Les objectifs des travaux étaient d'installer des piézomètres à corde vibrante dans l'argile et les résidus, de recueillir l'information sur la nature et les propriétés mécaniques des sols et de vérifier la profondeur du socle rocheux.

Pour répondre à ces objectifs, quatre forages ont été effectués sur le site de la cellule 1. La caractérisation des sols rencontrés a été faite sur le terrain au moyen d'une identification visuelle et de tests *in situ*. Des échantillons de sols ont été prélevés à différentes profondeurs dans le but de compléter la caractérisation des sols à l'aide d'essais en laboratoire. Les résultats des essais de laboratoire seront présentés dans le rapport de stabilité par étapes (Golder, 2014b).

La caractérisation géotechnique a permis d'obtenir davantage de données sur les sols présents dans ce secteur. Le profil stratigraphique est généralement conforme à ce qui a été observé lors d'études antérieures. En général, les résidus déposés à l'intérieur de la cellule 1 recouvrent le sol naturel composé de tourbe en surface, d'argile silteuse, de silt à silt argileux et de sable et gravier sur le socle rocheux.

La couche de sol cohérent rencontrée avait une épaisseur maximale de 9,6 m. Toutefois, selon les forages environnants, il est possible de croire que cette épaisseur soit un phénomène local et que l'argile silteuse dans ce secteur ait une épaisseur moyenne d'environ 5 m. L'argile silteuse présente une consistance ferme à raide mis à part le forage VWP-14-04 qui présente une argile molle à ferme. La déstructuration de l'argile due à l'avancement de la halde, pourrait avoir diminué sa résistance. Les facteurs de sensibilité (S_f) obtenus varient de 3,3 à 9,2, ce qui en fait une argile de sensibilité moyenne à très forte.



L'argile silteuse est recouverte de tourbe ayant une épaisseur de 0,4 à 2,5 m et repose sur des sols de granulométries plus grossières (silt, sable et gravier) ayant une épaisseur de 2,8 à 5,9 m. Cette stratigraphie est favorable au drainage par le haut et par le bas de l'argile lorsque celle-ci est soumise à du chargement.

Le socle rocheux a été estimé à des profondeurs variant de 13,6 m à 23,1 m sous la surface, selon le refus d'enfoncement de la cuillère fendue.

Cinq piézomètres ont été installés dans le cadre de cette campagne de terrain. Quatre d'entre eux ont été installés dans l'argile silteuse et un dans les résidus. Les quatre piézomètres installés sur le profil de la coupe BB' (VWP-14-01 à VWP-14-04) ont été reliés au même système d'acquisition de données et le piézomètre installé au VWP-14-05 a été relié à son propre système d'acquisition de données.

Les données recueillies lors de cette investigation géotechnique et lors d'un premier chargement, ont été utilisées pour mettre à jour les paramètres de l'étude de stabilité par étape. Le deuxième but de l'installation de ces instruments était de pouvoir suivre la variation des pressions interstitielles dans l'argile au fil de l'évolution de la halde à stériles.

5.0 CONDITIONS ET LIMITATIONS

Les conditions et limitations applicables à ce rapport sont jointes à l'ANNEXE E.

6.0 SIGNATURES

GOLDER ASSOCIÉS LTÉE

Nicolas Pépin, ing. jr., M.Sc.A.
Ingénieur de projet

Mayana Kissiova, ing., M.Sc.
Directrice de projet, associée principale

Karine Doucet, ing.

NP/KD/MK/tca

Golder, Golder Associés et le concept GA sur son logo sont des marques de commerce de Golder Associates Corporation.

\\golder.gds\gal\montreal\actif\2014\1221\1403061 cmgp- études phase iii- malartic\5 préparation livrables\4000 - géotech- halde parc\008-14-03061-4000-rf-rev0-conception parc et halde\annexe e\annexe e-2\005-13-1221-0102_rf-rev0.docx



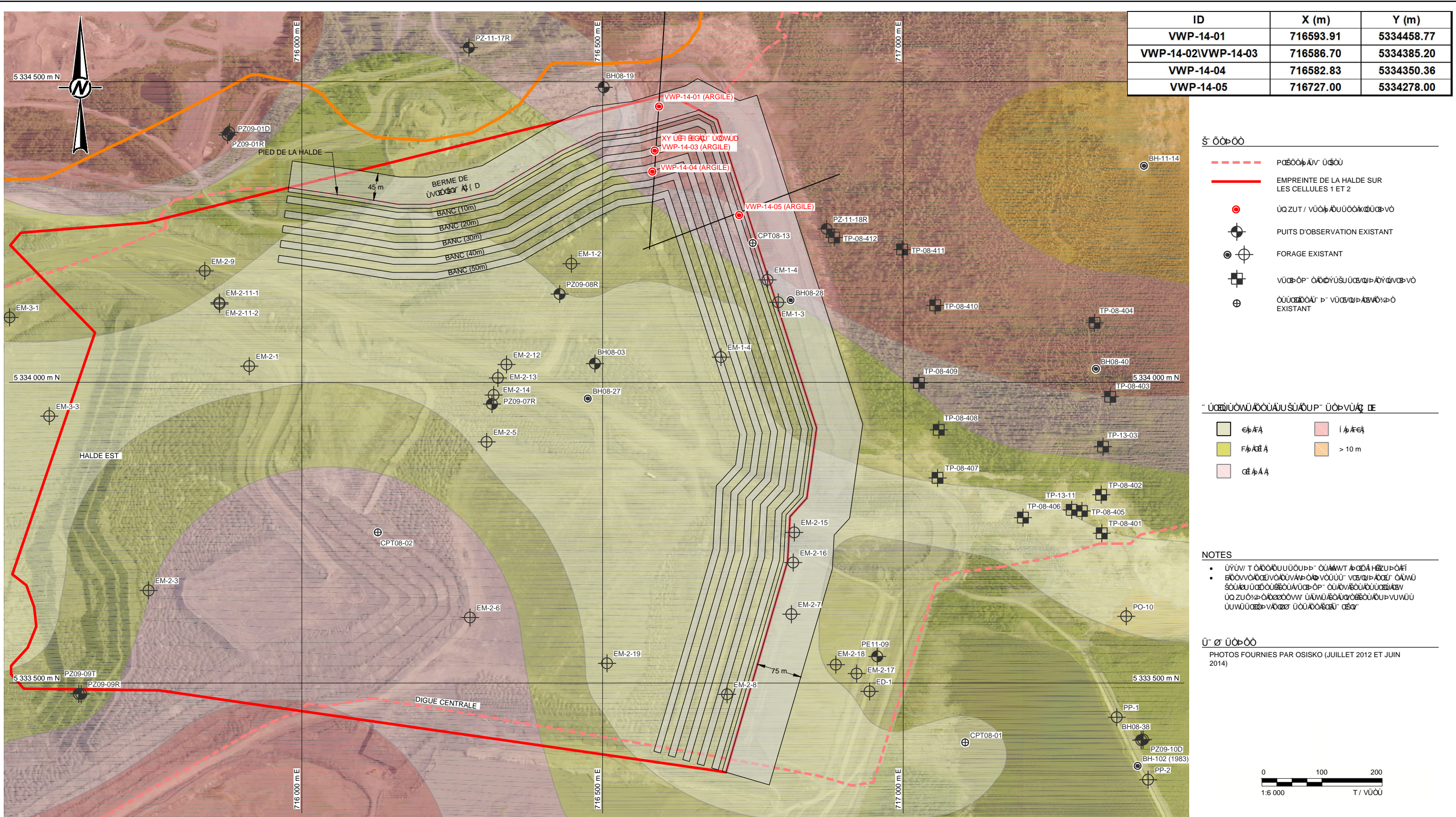
7.0 RÉFÉRENCES

Canadian Geotechnical Society. 2006. *Canadian Foundation Engineering Manual* (4^e edition). Publié par The Canadian Geotechnical Society, Richmond, Colombie-Britannique, 488 p.

Holtz, R. D. et Kovacs, W. D. 1991. *Introduction à la géotechnique*, traduction de Jean Lafleur. Éditions de l'École Polytechnique de Montréal, Montréal, Québec, 808 p.

Golder 2014a, Preliminary Slope Stability and Staged Construction Results- Waste Rock Stockpile- Cell No. 1, Canadian Malartic, Québec

Golder 2014b, Slope Stability and Staged Construction Analysis and Recommendations – Waste Rock Stockpile – Cell No. 1, Canadian Malartic Mine, Quebec



Chem: \\gdrive.qds\gal\Montreal\SIG\CAD\PROJETS\OSISKO\PRODUCTION\13-1221-0102\5010 - Nom du fichier: 1312210102-5010-02.dwg

L'ÉCHELLE DES COULEURS, DES SYMBOLES ET DES LÉGENDES EST SOUS-ENTENDUE À MOINS D'ÊTRE PRÉCISÉMENT INDICÉ. 25 mm

| | | | | |
|------------|----------------------|--------|---|--------|
| CLIENT | CANADIAN MALARTIC GP | PROJET | OSISKO / VIBRANTE EN VUE DE LA CONSTRUCTION | |
| CONSULTANT | AAAA-MM-JJ | TITRE | EMPLACEMENTS DES PIÉZOMÈTRES À CORDE VIBRANTE | |
| | 2014-10-23 | | | |
| | OSISKO | | | |
| | S. Betnesky | | | |
| | OSISKO | | | |
| | M. Kissiova | | | |
| | 13-1221-0102 | PHASE | 5010 | FIGURE |
| | | 0 | | 1 |



ANNEXE A

Photos



Photographie 1: Accès aux forages situés sur la coupe BB'.



Photographie 2: Accès au forage VWP-14-05.

Golder Associés



Photographie 3: Installation du câble du piézomètre à corde vibrante dans le géotextile.



Photographie 4: Installation du câble en serpent dans le géotextile.



Photographie 5: Installation du câble en serpent dans le géotextile.



Photographie 6: Protection du câble avec une couche de sable.



Photographie 7: Protection du câble avec une couche de sable.



Photographie 8: Protection du câble avec une couche de stériles miniers.



ANNEXE B

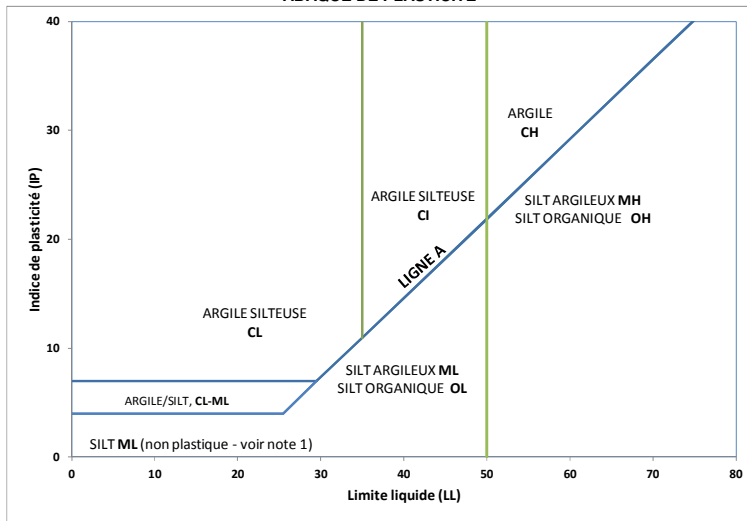
Journaux de forage



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 | ≤1 ou ≥3 | <30% | GP | GRAVIER | | | | |
| | | | Graviers contenant > 12 % de fines (masse) | Bien étalé | ≥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) | Mal étalé | <6 | | ≤1 ou ≥3 | GM | GRAVIER SILTEUX | | | |
| | | | | Sables contenant > 12 % de fines (en masse) | Bien étalé | ≥6 | | 1 à 3 | GC | GRAVIER ARGILEUX | | | |
| | | 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) | Limites 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 | |
| | | | | Limites de liquidité > 50 | Lente à très lente | Faible à moyenne | | 3 mm à 6 mm | Faible | 5 % à 30 % | OL | SILT ORGANIQUE | |
| | | | | | Aucune | Moyenne à élevée | | 1 mm à 3 mm | Moyenne à élevée | 5 % à 30 % | OH | SILT ORGANIQUE | |
| | | | | ARGILES (Au-dessous de la ligne A) | Limite de liquidité < 35 | Aucune | | Faible à moyenne | ~ 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 |
| Limite de liquidité > 50 | 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 | | | | | 30 % à 75 % | PT | TOURBE SILTEUSE ou SABLEUSE | | | | | |
| | | Prédominance de tourbe; peut contenir un peu de sol minéral, tourbe fibreuse ou amorphe | | | | 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.

PTI: 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 cm² 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_d:

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 _r | 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 ₄ | 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) ^{1,2} |
|------------|---------------------------------|
| 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 N₆₀.

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. |

JOURNAL DE SONDAGE VWP-14-01



PROJET: 13-1221-0102-5010

PAGE 1 DE 3

LOCALISATION: Malartic, Qué.

DATUM: Géodésique

CLIENT: Corporation Minière Osisko Ltée.

COORDONNÉES: 716593.91E, 5334458.77N

ENTREPRENEUR: Succession Forage George Downing Limitée

PLONGÉE: -90°

DATE DU FORAGE: 2014-04-21

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 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 |
| 0 | | 319.33 0.00 | | Surface STÉRILES MINIERS (ROUTE D'ACCÈS). | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | | 317.55 1.78 | | RÉSIDUS MINIERS (ML) SILT, brun, non cohérent, humide, très lâche. | 1 | CF | 67 | 2 | | | | | | | | | |
| | | 317.04 2.29 | | Devenant avec un peu de sable, gris et saturé. | 2 | CF | 46 | 3 | | | | | | | | | |
| | | | | | 3 | CF | 54 | 4 | | | | | | | | | |
| | | | | | 4 | CF | 54 | 0 | | | | | | | | | |
| | | | | | 5 | CF | 63 | 0 | | | | | | | | | |
| | | | | | 6 | CF | 46 | 0 | | | | | | | | | |
| | | | | | 7 | CF | 67 | 0 | | | | | | | | | |
| | | 312.04 7.29 | | (PT) TOURBE fibreuse, brune, non cohérente, saturée, lâche. | 8 | CF | 56 | 1 | | | | | | | | | |
| | | | | | 9 | CF | 67 | 6 | | | | | | | | | |
| | | | | SUITE À LA PAGE 2 | | | | | | | | | | | | | |

Coulis
ciment-bentonite
Rapport
massique:
4 eau
1 ciment
0.7 bentonite

JOURNAL DE SONDAGE WWP-14-01

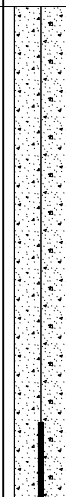
PROJET: 13-1221-0102-5010

PAGE 2 DE 3



LOCALISATION: Malartic, Qué.

| 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 (%) | | | | | |
| | | | | SUITE DE LA PAGE 1 | | | | | | | | | | |
| 8 | | | | (PT) TOURBE fibreuse, brune, non cohérente, saturée, lâche. | 9 | CF | 67 | 6 | | | | | | |
| | | 310.69 8.64 | | (CL) ARGILE SILTEUSE, grise, cohérente, W>LP, ferme. | 10 | CF | 95 | 6 | | | | | | |
| 9 | | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | | | | | | | | | | | | | | |
| 11 | | | | | 11 | CF | 87 | - | | | | | | |
| 12 | | 307.35 11.98 307.14 12.19 | | Devenant raide. Devenant varvée (silt). | 12 | CF | 84 | - | | | | | | |
| 13 | | | | | 13 | CF | 76 | - | | | | | | |
| 14 | | 305.51 13.82 | | (ML) SILT ARGILEUX, gris, non cohérent, saturé, compact. | 14 | CF | 90 | 15 | | | | | | |
| 15 | | 304.09 15.24 | | (ML) SILT, non cohérent, saturé, compact. | 15 | CF | 66 | 11 | | | | | | |
| 16 | | | | | 16 | CF | 66 | 11 | | | | | | |
| 17 | | 302.80 16.53 302.57 16.76 | | (SP-GW) SABLE ET GRAVIER, gris, non cohérent, saturé, compact. Devenant dense. | 17 | CF | 51 | 14 | | | | | | |
| | | | | SUITE À LA PAGE 3 | 20 | CF | 43 | 36 | | | | | | |



Coulis
ciment-bentonite
Rapport
massique:
4 eau
1 ciment
0.7 bentonite

Piézomètre à
corde vibrante
VW28405
filtre métallique
profondeur :
11.0m

ÉCHELLE VERTICALE

1 : 50

Golder Associés

JOURNAL PAR: N. Pépin

VÉRIFIÉ PAR: M. Limoges

JOURNAL DE SONDAGE VWP-14-01

PROJET: 13-1221-0102-5010

PAGE 3 DE 3



LOCALISATION: Malartic, Qué.

| 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 | | | RÉSIS. CISAILLEMENT | | | | |
| | | | | | | | | | TENEUR EN EAU (%) | Wp | Wn | Wl | | | Nat. : + | Rem. : ⊕ |
| | | | | SUITE DE LA PAGE 2 | | | | | | | | | | | | |
| 18 | TARIÈRE 4 1/2" INT. 8" EXT. | 301.96 17.37 | | SABLE ET GRAVIER assumé. | | | | | | | | | | | | |
| 19 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 20 | | 299.65 19.68 | | FIN DU FORAGE. REFUS D'AVANCEMENT DE LA CUILLÈRE FENDUE. | | | | | | | | | | | | |
| 21 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 22 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 23 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 24 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 25 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 26 | | | | | | | | | | | | | | | | |

JOURNAL DE SONDAGE VWP-14-02/03



PROJET: 13-1221-0102-5010

PAGE 1 DE 3

LOCALISATION: Malartic, Qué.

CLIENT: Corporation Minière Osisko Ltée.

DATUM: Géodésique

ENTREPRENEUR: Succession Forage George Downing Limitée

COORDONNÉES: 716586.7E, 5334385.2N

DATE DU FORAGE: 2014-04-19/20

PLONGÉE: -90°

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. CISAILLEMENT |
| | | | | | | Wp1 — Wn — Wl Nat.: + Rem.: ⊕ Cu, kPa 0 20 40 60 80 100 | | | | | | | | | | |
| 0 | | 319.02 | | Surface | | | | | | | | | | | | |
| 0.00 | | | | STÉRILES MINIERS (ROUTE D'ACCÈS). | | | | | | | | | | | | |
| 1 | | 317.95 | | GLACE. | | | | | | | | | | | | |
| 1.07 | | | | Mélange de RÉSIDUS MINIERS et de STÉRILES MINIERS. | | | | | | | | | | | | |
| 1.27 | | | | | 1 | CF | 52 | 4 | | | | | | | | |
| 2 | | 316.73 | | RÉSIDUS MINIERS (ML) SILT, brun, présence de gravier, non cohérent, saturé, très lâche. Devenant gris, sans gravier. | | | | | | | | | | | | |
| 2.29 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 316.48 | | | | | 2 | CF | 59 | 4 | | | | | | | | |
| 2.54 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | | | | | 3 | CF | 67 | 2 | | | | | | | | |
| 4 | | | | | 4 | CF | 54 | 2 | | | | | | | | |
| 5 | | | | | 5 | CF | 90 | 0 | | | | | | | | |
| 6 | | | | | 6 | CF | 69 | 0 | | | | | | | | |
| 7 | | | | | 7 | CF | 76 | 0 | | | | | | | | |
| 8 | | | | | 8 | CF | 63 | 1 | | | | | | | | |
| 9 | | | | | 9 | CF | 64 | 5 | | | | | | | | |

SUITE À LA PAGE 2

Coulis ciment-bentonite
Rapport massique:
4 eau
1 ciment
0.7 bentonite

Piézomètre à corde vibrante
VW28402
Filtre métallique
profondeur : 5.0m

JOURNAL DE SONDAGE VWP-14-02/03

PROJET: 13-1221-0102-5010

PAGE 2 DE 3



LOCALISATION: Malartic, Qué.

| 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 \diamond | | | | | | | |
| | | | | | | | | | TENEUR EN EAU (%) | | | | | | | |
| | | | | | | | | Wp — Wn — Wi RÉSIS. CISAILLEMENT Nat.: + Cu, kPa Rem.: \oplus | | | | | | | | |
| | | | | SUITE DE LA PAGE 1 | | | | | | | | | | | | |
| 8 | TARIÈRE 4 1/2" INT. 8" EXT. | 311.15 7.87 | | (PT) TOURBE fibreuse, brune, non cohérente, saturée, très lâche. | 9 | CF | 64 | 5 | | | | | | | | |
| 9 | | 309.83 9.19 | | (ML) SILT ARGILEUX, gris, cohérent, W>LP, mou. | 11 | CF | 100 | 3 | | | | | | | | |
| 10 | TUBAGE NW (88.9 mm) | 309.11 9.91 | | (CL) ARGILE SILTEUSE, grise, varvée, cohérente, W>LP, ferme. | 12 | CF | 100 | 2 | | | | | | | | |
| 11 | | 307.59 11.43 | | (CL) ARGILE SILTEUSE, grise, cohérente, W>LP, ferme. | 14 | CF | 100 | - | | | | | | | | |
| 12 | | 306.83 12.19 | | Devenant raide. | 15 | CF | 100 | - | | | | | | | | |
| 13 | | | | | 16 | CF | 100 | - | | | | | | | | |
| 14 | | 304.90 14.12 | | (ML) SILT ARGILEUX, gris, non cohérent, saturé, compact. | 17 | CF | 100 | - | | | | | | | | |
| 15 | | 303.78 15.24 | | (ML) SILT, gris, non cohérent, saturé, compact. | 19 | CF | 49 | 14 | | | | | | | | |
| 16 | | | | 20 | CF | 0 | 20 | | | | | | | | | |
| 17 | | 301.77 | | | 21 | CF | 46 | 25 | | | | | | | | |
| | | | | SUITE À LA PAGE 3 | | | | | | | | | | | | |

ÉCHELLE VERTICALE

1 : 50

Golder Associés

JOURNAL PAR: N. Pépin

VÉRIFIÉ PAR: M. Limoges

>46.7
kPa

Piézomètre à
corde vibrante
VW28403
Filtre métallique
profondeur :
13.0m

JOURNAL DE SONDAGE VWP-14-02/03

PROJET: 13-1221-0102-5010

PAGE 3 DE 3



LOCALISATION: Malartic, Qué.

| PROFONDEUR (mètres) | MÉTHODE DE FORAGE | STRATIGRAPHIE | | ÉCHANTILLONS | | | OBSERVATIONS ET RÉSULTATS | | | | | ESSAIS DE LABORATOIRE | AMÉNAGEMENT(S) DE Puits 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 (%) | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | SUITE DE LA PAGE 2 | | | | | | | | | | | |
| | | 17.25 301.65 17.37 | | (SP-GW) SABLE ET GRAVIER, gris, saturé, compact. FIN DU FORAGE. REFUS D'AVANCEMENT DE LA CUILLÈRE FENDUE. | | | | | | | | | | | |
| 18 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 19 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 20 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 21 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 22 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 23 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 24 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 25 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 26 | | | | | | | | | | | | | | | |

JOURNAL DE SONDAGE VWP-14-04



PROJET: 13-1221-0102-5010

PAGE 1 DE 3

LOCALISATION: Malartic, Qué.

DATUM: Géodésique

CLIENT: Corporation Minière Osisko Ltée.

COORDONNÉES: 716582.83E, 5334350.26N

ENTREPRENEUR: Succession Forage George Downing Limitée

PLONGÉE: -90°

DATE DU FORAGE: 2014-04-17/18

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 Puits 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 | |
| 0 | | 321.92 0.00 | | Surface GLACE ET STÉRILES MINIERS (ROUTE D'ACCÈS). | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | | 320.98 0.94 | | RÉSIDUS MINIERS (ML) SILT, gris, non cohérent, saturé, très lâche. | 1 | CF | 92 | 3 | | | | | | | | | | |
| 2 | | 320.09 1.83 | | Devenant lâche. | 2 | CF | 43 | 4 | | | | | | | | | | |
| 3 | | 318.87 3.05 | | Devenant très lâche. | 3 | CF | 46 | 5 | | | | | | | | | | |
| 4 | | | | | 4 | CF | 59 | 0 | | | | | | | | | | |
| 5 | | 317.35 4.57 | | Devenant lâche. | 5 | CF | 46 | 2 | | | | | | | | | | |
| 6 | | | | | 6 | CF | 64 | 5 | | | | | | | | | | |
| 7 | | | | | 7 | CF | 46 | 5 | | | | | | | | | | |
| | | | | | 8 | CF | 66 | 4 | | | | | | | | | | |
| | | | | | 9 | CF | 57 | 4 | | | | | | | | | | |
| | | | | | 10A | CF | 55 | 3 | | | | | | | | | | |
| | | | | SUIVE À LA PAGE 2 | | | | | | | | | | | | | | |

JOURNAL DE SONDAGE VWP-14-04

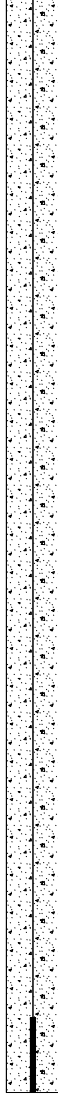
PROJET: 13-1221-0102-5010

PAGE 2 DE 3



LOCALISATION: Malartic, Qué.

| 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 | | | | RÉSIS. CISAILLEMENT | |
| | | | | | | | | | TENEUR EN EAU (%) | | | | Cu, kPa | |
| | | | | SUITE DE LA PAGE 1 | | | | | | | | | | |
| 8 | | 313.79 | | Devenant lâche. | 10A | CF | 55 | 3 | | | | | | |
| | | 8.13 | | (PT) TOURBE fibreuse, brune, non cohérente, saturée, lâche. | 10B | CF | 100 | 3 | | | | | | |
| 9 | | | | | 11 | CF | 46 | 7 | | | | | | |
| 10 | | | | | 12 | CF | 61 | 6 | | | | | | |
| 11 | | 311.25 | | (CL) ARGILE SILTEUSE, grise, cohérente, W>LP, molle. | 14 | CF | 70 | - | | | | | | |
| 12 | | 309.73 | | Devenant varvée. | 15 | CF | 100 | - | | | | | | |
| 13 | | 12.19 | | | | | | | | | | | | |
| 14 | | | | | 16 | CF | 85 | - | | | | | | |
| 15 | | 307.36 | | Devenant ferme. | 17 | CF | 100 | - | | | | | | |
| 16 | | 14.56 | | | | | | | | | | | | |
| 17 | | | | | 18 | CF | 100 | - | | | | | | |
| | | | | SUITE À LA PAGE 3 | | | | | | | | | | |



Coulis
ciment-bentonite
Rapport
massique:
4 eau
1 ciment
0.7 bentonite

Piézomètre à
corde vibrante
VW28404
Filtre métallique
profondeur :
15.0m

JOURNAL DE SONDAGE VWP-14-04

PROJET: 13-1221-0102-5010

PAGE 3 DE 3



LOCALISATION: Malartic, Qué.

| 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 (%) | | | | | |
| | | | | SUITE DE LA PAGE 2 | | | | | | | | | | |
| 18 | TUBAGE NW (88.9 mm) | 302.39 19.53 | | Devenant ferme. | 19 | CF | 100 | - | | | | | | |
| 19 | | | | | | | | | | | | | | |
| 20 | | 301.63 20.29 | | Devenant raide. | 20 | CF | 100 | 11 | | | | | | |
| 21 | | 301.63 20.29 | | (ML) SILT ARGILEUX, gris, non cohérent, saturé, compact. | 21 | CF | 82 | 18 | | | | | | |
| 22 | | 300.74 21.18 | | Devenant avec présence de gravier fin. | 22 | CF | 49 | 20 | | | | | | |
| 23 | | 299.97 21.95 | | (ML) SILT, un peu de sable, gris, non cohérent, saturé, compact. | 23 | CF | 84 | 17 | | | | | | |
| 24 | 298.81 23.11 | FIN DU FORAGE. REFUS D'AVANCEMENT DE LA CUILLÈRE FENDUE. | | | | | | | | | | | | |

ÉCHELLE VERTICALE

1 : 50

Golder Associés

JOURNAL PAR: N. Pépin

VÉRIFIÉ PAR: M. Limoges

JOURNAL DE SONDAGE VWP-14-04S



PROJET: 13-1221-0102-5010

PAGE 1 DE 3

LOCALISATION: Malartic, Qué.

DATUM: Géodésique

CLIENT: Corporation Minière Osisko Ltée.

COORDONNÉES: 716582.83E, 5334350.26N

ENTREPRENEUR: Succession Forage George Downing Limitée

PLONGÉE: -90°

DATE DU FORAGE: 2014-04-24

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 Puits 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 | | |
| | | | | | | | | | Wp | Wn | Wl | Nat. : + | | | |
| | | | | | | | | | Cu, kPa | | | Rem. : ⊕ | | | |
| | | | | | | | | | 0 | 20 | 40 | 60 | 80 | 100 | |
| 0 | | 321.92 0.00 | | Surface | | | | | | | | | | | |
| 1 | | | | | | CF | | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 314.30 | | | 1 | CF | 67 | 0 | | | | | | | |
| | | | | SUITE À LA PAGE 2 | | | | | | | | | | | |

JOURNAL DE SONDAGE VWP-14-04S

PROJET: 13-1221-0102-5010

PAGE 2 DE 3



LOCALISATION: Malartic, Qué.

| PROFONDEUR (mètres) | MÉTHODE DE FORAGE | STRATIGRAPHIE | | ÉCHANTILLONS | | | OBSERVATIONS ET RÉSULTATS | | | | | | ESSAIS DE LABORATOIRE | AMÉNAGEMENT(S) DE Puits 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 | | | |
| | | | | | | | | Wp — Wn — Wl Cu, kPa Nat.: + Rem.: ⊕ | | | | | | | | | | |
| | | | | SUITE DE LA PAGE 1 | | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | | 7.62 | | RÉSIDUS MINIERs (ML) SILT, gris, non cohérent, saturé, très lâche. | 1 | CF | 67 | 0 | | | | | | | | | | |
| 9 | | 312.78 | | (PT) TOURBE fibreuse, brune, non cohérente, saturée. | 2 | CF | 16 | 0 | | | | | | | | | | |
| | | 9.14 | | | | 3 | TS | 41 | - | | | | | | | | | |
| 10 | | | | (CL) ARGILE SILTEUSE, grise, cohérente, W>LP, molle. | 4 | TS | 77 | - | | | | | | | | | | |
| | | 310.94 | | | | 5 | TS | 70 | - | | | | | | | | | |
| 11 | | 10.98 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 12 | | | | | 6 | TS | 69 | - | | | | | | | | | | |
| 13 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 14 | | | | | 7 | TS | 99 | - | | | | | | | | | | |
| 15 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 16 | | | | | 8 | TS | 100 | - | | | | | | | | | | |
| 17 | | | | | 9 | TS | 100 | - | | | | | | | | | | |
| | | | | SUITE À LA PAGE 3 | | | | | | | | | | | | | | |

ÉCHELLE VERTICALE

1 : 50

Golder Associés

JOURNAL PAR: N. Pépin

VÉRIFIÉ PAR: M. Limoges

JOURNAL DE SONDAGE VWP-14-04S

PROJET: 13-1221-0102-5010

PAGE 3 DE 3



LOCALISATION: Malartic, Qué.

| 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 2 | | | | | | | | | | | | | |
| | | 304.55 17.37 | | FIN DU FORAGE. | | | | | | | | | | | | | |
| 18 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 19 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 20 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 21 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 22 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 23 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 24 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 25 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 26 | | | | | | | | | | | | | | | | | |

JOURNAL DE SONDAGE VWP-14-05



PROJET: 13-1221-0102-5010

PAGE 1 DE 2

LOCALISATION: Malartic, Qué.

DATUM: Géodésique

CLIENT: Corporation Minière Osisko Ltée.

COORDONNÉES: 716727E, 5334278N

ENTREPRENEUR: Succession Forage George Downing Limitée

PLONGÉE: -90°

DATE DU FORAGE: 2014-04-23

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 PUIES 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 | | | | |
| | | | | | | | | | Cu, kPa | | | Nat. : + Rem. : ⊕ | | | |
| | | | | | | | | | 0 | 20 | 40 | 60 | 80 | 100 | |
| 0 | | 319.00 | | Surface | | | | | | | | | | | |
| | | 0.00 | | STÉRILES MINIERS (ROUTE D'ACCÈS). | | | | | | | | | | | |
| | TARIÈRE 4 1/2" INT. 8" EXT. | 315.95 | | RÉSIDUS MINIERS (ML-SP), SABLE ET SILT, gris-brun, non cohérent, saturé, lâche. | 1 | CF | 61 | 7 | | | | | | | |
| | | 315.19 | | RÉSIDUS MINIERS (ML) SILT sableux, gris, non cohérent, saturé, très lâche. | 2 | CF | 59 | 3 | | | | | | | |
| | | | | | | 3 | CF | 72 | 3 | | | | | | |
| | | | | | | 4 | CF | 64 | 0 | | | | | | |
| | | | | | | 5 | CF | 54 | 0 | | | | | | |
| | | | 312.50 | | (PT) TOURBE fibreuse, brune, non cohérente, saturée, très lâche. | | | | | | | | | | |
| | | | 312.12 | | (ML) SILT ARGILEUX, gris, non cohérent, saturé, lâche. | 6 | CF | 77 | 7 | | | | | | |
| | | 311.38 | | | 7 | CF | 85 | 4 | | | | | | | |
| | | | | SUITE À LA PAGE 2 | | | | | | | | | | | |

Coulis
ciment-bentonite
Rapport
massique:
4 eau
1 ciment
0.7 bentonite

JOURNAL DE SONDAGE VWP-14-05

PROJET: 13-1221-0102-5010

PAGE 2 DE 2



LOCALISATION: Malartic, Qué.

| 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 (%) | |
| | | | | | | | | | Wp | Wn | | | | Wl |
| | | | | SUITE DE LA PAGE 1 | | | | | | | | | | |
| 8 | TARIÈRE 4 1/2" INT. 8" EXT. | 7.62 | | (CL) ARGILE SILTEUSE, grise, non cohérente, W~LP, molle. | 7 | CF | 85 | 4 | | | | | | |
| | | 310.62 | | | Devenant varvée et ferme. | 8 | CF | 100 | - | | | | | |
| 9 | | 8.38 | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | 9 | CF | 100 | - | | | | | |
| 10 | | | | | | 10 | CF | 85 | - | ⊕ | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| 11 | | | 308.33 | | (ML) SILT ARGILEUX, gris, non cohérent, saturé, compact. | 11 | CF | 51 | - | | | | | |
| | | | 10.67 | | | 12 | CF | 48 | 10 | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| 12 | | | 306.81 | | (ML) SILT, un peu d'argile, gris, non cohérent, saturé, compact. | 13 | CF | 100 | 10 | | | | | |
| | | | 12.19 | | | | | | | | | | | |
| 13 | | | 306.05 | | (ML-SP), SILT ET SABLE, gris, non cohérent, saturé, compact. | 14 | CF | - | R | | | | | |
| | | | 12.95 | | | | | | | | | | | |
| 14 | | | 305.44 | | FIN DU FORAGE. REFUS D'AVANCEMENT DE LA CUILLÈRE FENDUE. | | | | | | | | | |
| | | 13.56 | | | | | | | | | | | | |
| 15 | | | | | | | | | | | | | | |
| 16 | | | | | | | | | | | | | | |
| 17 | | | | | | | | | | | | | | |

Coulis ciment-bentonite
Rapport massique:
4 eau
1 ciment
0.7 bentonite
Piézomètre à corde vibrante VW28401
Filtre métallique profondeur : 9.5m

>91.0 kPa



ANNEXE C

Résistance au cisaillement non drainée de l'argile - mesures *in situ*



CERTIFICAT D'ÉTALONNAGE SCISSOMÈTRE

Modèle: M-1000
Numéro de série: 460004
MONO00180

| Poids "W" kg | Couple appliqué "M" kg.m | Déflexion radiale à partir de la ligne de référence de couple zéro "a" cm |
|--------------------|-----------------------------------|--|
| 9,072 | 1,152 | 0,951 |
| 18,144 | 2,301 | 2,268 |
| 27,216 | 3,426 | 3,309 |
| 36,287 | 4,608 | 4,585 |
| 45,359 | 5,761 | 5,735 |
| 54,431 | 6,913 | 6,930 |
| 66,503 | 8,065 | 8,087 |
| 74,575 | 9,217 | 9,249 |

Facteur d'étalonnage, $K=$ 0,9765 kg.m/cm

L'étalonnage a été exécuté à l'aide de normes et d'étalons traçables aux étalons nationaux, et/ou dérivé de techniques d'auto-étalonnage, et/ou dérivé de constantes physiques.

No de traçabilité: TR-12-08
Numero de certificat: 460004.xls

Étalonné par: Stephan Marcelais

Date: 2014/01/29

Essai de résistance au cisaillement non drainé Scissomètre de chantier de type Nilcon

| | | | |
|---------|---|-------------|---------------------|
| Client: | <u>Corporation Minière Osisko</u> | No. projet: | <u>13-1221-0102</u> |
| Projet: | <u>Installation piézomètres et Inclinomètre</u> | No. forage: | <u>VWP-14-01</u> |
| Site: | <u>Osisko, Malartic (QC)</u> | | |

| | |
|---|--|
| Fait par: <u>N.Pépin</u> | Date: <u>21-avr-14</u> |
| Calculé par: <u>M.Demers Bonin</u> | |
| Vérifié par: <u>N.Pépin</u> | |
| Appareil no.: <u>MON000180</u> | Élévation du forage <u>319.334</u> m (top accès) |
| Constante (K) de l'appareil <u>0.9765</u> kg*m/cm | |
| Type de palette : Petite (5 x 11 cm) C = 2 | Modèle: <u>M-1000</u> |
| Moyenne (6.5 x 13 cm) C = 1 | |
| Grande (8 x 17 cm) C = 0.5 | |

| PROF. (m) | ÉLÉV. (m) | Type de palette | C | $S_u \text{ (kPa) } = 9.81 * K * C * (a_s - a_f)$ | | | | S_t |
|--------------|--------------|-----------------|---|---|--------|---------------|----------|-------|
| | | | | $(a_s - a_f)$ | C_u | $(a_s - a_f)$ | C_{ur} | |
| 9.98 | 309.35 | Moyenne | 1 | 4.60 | 44.066 | | | |
| 10.98 | 308.35 | Moyenne | 1 | 4.80 | 45.981 | 0.9 | 8.622 | 5.33 |
| 11.98 | 307.35 | Moyenne | 1 | 6.10 | 58.435 | | | |
| 12.98 | 306.35 | Moyenne | 1 | 7.90 | 75.678 | 1.75 | 16.764 | 4.51 |
| 13.78 | 305.55 | Moyenne | 1 | 9.90 | >94.8 | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |

Légende:

- S_u : Résistance au cisaillement non drainée
- S_{ur} : Résistance au cisaillement du sol remanié
- a_s : Distance radiale jusqu'au pic (cm)
- a_f : Distance radiale jusqu'au plateau de friction (cm)
- S_t : Sensibilité (C_u / C_{ur})

Commentaire:
Le signe ">" représente des valeurs où l'argile n'a pas été amenée à la rupture. La résistance de l'argile à cette profondeur est donc supérieure à la résistance mesurée.

**Essai de résistance au cisaillement non drainé
Scissomètre de chantier de type Nilcon**

| | | | |
|---------|--|-------------|--------------|
| Client: | Corporation Minière Osisko | No. projet: | 13-1221-0102 |
| Projet: | Installation piézomètres et Inclinomètre | No. forage: | VWP-14-02/03 |
| Site: | Osisko, Malartic (QC) | | |

| | |
|---|--|
| Fait par: <u>N.Pépin</u> | Date: 20-avr-14 |
| Calculé par: <u>M.Demers Bonin</u> | |
| Vérifié par: <u>N.Pépin</u> | |
| Appareil no.: <u>MON000180</u> | Élévation du forage <u>319.019</u> m (top accès) |
| Constante (K) de l'appareil <u>0.9765</u> kg*m/cm | |
| Type de palette : Petite (5 x 11 cm) C = 2 | Modèle: <u>M-1000</u> |
| Moyenne (6.5 x 13 cm) C = 1 | |
| Grande (8 x 17 cm) C = 0.5 | |

| PROF. (m) | ÉLÉV. (m) | Type de palette | C | S _u (kPa) = 9.81*K*C*(a _s - a _f) | | | | S _i |
|--------------|--------------|-----------------|-----|--|----------------|------------------------------------|-----------------|----------------|
| | | | | (a _s - a _f) | C _u | (a _s - a _f) | C _{ur} | |
| 11.02 | 308.00 | Grande | 0.5 | 8.30 | 39.75 | 0.9 | 4.31 | 9.22 |
| 11.98 | 307.04 | Grande | 0.5 | 9.75 | >46.70 | | | |
| 12.58 | 306.44 | Moyenne | 1 | 5.65 | 54.12 | 1.55 | 14.85 | 3.65 |
| 13.02 | 306.00 | Moyenne | 1 | 5.85 | 56.04 | | | |
| 14.00 | 305.02 | Moyenne | 1 | 8.45 | 80.95 | 2.35 | 22.51 | 3.60 |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |

Légende:

- S_u: Résistance au cisaillement non drainée
- S_{ur}: Résistance au cisaillement du sol remanié
- a_s: Distance radiale jusqu'au pic (cm)
- a_f: Distance radiale jusqu'au plateau de friction (cm)
- S_i: Sensibilité (Cu / Cu_r)

Commentaire:
Le signe ">" représente des valeurs où l'argile n'a pas été amenée à la rupture. La résistance de l'argile à cette profondeur est donc supérieure à la résistance mesurée.

**Essai de résistance au cisaillement non drainé
Scissomètre de chantier de type Nilcon**

| | | | |
|---------|---|-------------|---------------------|
| Client: | <u>Corporation Minière Osisko</u> | No. projet: | <u>13-1221-0102</u> |
| Projet: | <u>Installation piézomètres et Inclinomètre</u> | No. forage: | <u>VWP-14-04</u> |
| Site: | <u>Osisko, Malartic (QC)</u> | | |

| | | | |
|-----------------------------|-----------------------------|---------------------|-----------------------------|
| Fait par: | <u>N.Pépin</u> | Date: | <u>17-avr-14</u> |
| Calculé par: | <u>M.Demers Bonin</u> | | |
| Vérfié par: | <u>N.Pépin</u> | | |
| Appareil no.: | <u>MON000180</u> | Élévation du forage | <u>321.92</u> m (top accès) |
| Constante (K) de l'appareil | <u>0.9765</u> kg*m/cm | | |
| Type de palette : | Petite (5 x 11 cm) C = 2 | Modèle: | <u>M-1000</u> |
| | Moyenne (6.5 x 13 cm) C = 1 | | |
| | Grande (8 x 17 cm) C = 0.5 | | |

| PROF. (m) | ÉLÉV. (m) | Type de palette | C | S_u (kPa) = 9.81*K*C*(a _s - a _f) | | | | S _t |
|--------------|--------------|-----------------|-----|---|----------------|------------------------------------|-----------------|----------------|
| | | | | (a _s - a _f) | C _u | (a _s - a _f) | C _{ur} | |
| 11.01 | 310.91 | Moyenne | 1 | 1.20 | 11.50 | | | |
| 11.70 | 310.22 | Grande | 0.5 | 5.35 | 25.63 | 1.6 | 7.66 | 3.34 |
| 12.73 | 309.19 | Grande | 0.5 | 5.10 | 24.43 | | | |
| 13.63 | 308.29 | Grande | 0.5 | 4.85 | 23.23 | 1 | 4.79 | 4.85 |
| 14.56 | 307.36 | Grande | 0.5 | 6.25 | 29.94 | | | |
| 15.59 | 306.33 | Grande | 0.5 | 7.15 | 34.25 | 1.95 | 9.34 | 3.67 |
| 16.67 | 305.25 | Grande | 0.5 | 7.25 | 34.73 | | | |
| 17.56 | 304.36 | Grande | 0.5 | 9.20 | 44.07 | 2 | 9.58 | 4.60 |
| 18.86 | 303.06 | Grande | 0.5 | 9.50 | >45.50 | | | |
| 19.65 | 302.27 | Moyenne | 1 | 6.80 | 65.14 | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |

Légende:
 S_u: Résistance au cisaillement non drainée
 S_{ur}: Résistance au cisaillement du sol remanié
 a_s: Distance radiale jusqu'au pic (cm)
 a_f: Distance radiale jusqu'au plateau de friction (cm)
 S_t: Sensibilité (C_u / C_{ur})

Commentaire:
 Le signe ">" représente des valeurs où l'argile n'a pas été amenée à la rupture. La résistance de l'argile à cette profondeur est donc supérieure à la résistance mesurée.

Essai de résistance au cisaillement non drainé
Scissomètre de chantier de type Nilcon

| | | | |
|---------|---|-------------|---------------------|
| Client: | <u>Corporation Minière Osisko</u> | No. projet: | <u>13-1221-0102</u> |
| Projet: | <u>Installation piézomètres et Inclinomètre</u> | No. forage: | <u>VWP-14-05</u> |
| Site: | <u>Osisko, Malartic (QC)</u> | | |

| | | | |
|-----------------------------|-----------------------------|---------------------|--------------------------|
| Fait par: | <u>N.Pépin</u> | Date: | <u>23-avr-14</u> |
| Calculé par: | <u>M.Demers Bonin</u> | | |
| Véifié par: | <u>N.Pépin</u> | | |
| Appareil no.: | <u>MON000180</u> | Élévation du forage | <u>319</u> m (top accès) |
| Constante (K) de l'appareil | <u>0.9765</u> kg*m/cm | | Valeur non précise |
| Type de palette : | Petite (5 x 11 cm) C = 2 | Modèle: | <u>M-1000</u> |
| | Moyenne (6.5 x 13 cm) C = 1 | | |
| | Grande (8 x 17 cm) C = 0.5 | | |

| PROF. (m) | ÉLÉV. (m) | Type de palette | C | S _u (kPa) = 9.81*K*C*(a _s - a _f) | | | | S _t |
|--------------|--------------|-----------------|---|--|----------------|------------------------------------|-----------------|----------------|
| | | | | (a _s - a _f) | C _u | (a _s - a _f) | C _{ur} | |
| 9.03 | 309.97 | Moyenne | 1 | 5.00 | 47.90 | | | |
| 10.03 | 308.97 | Moyenne | 1 | 5.30 | 50.77 | 1.05 | 10.06 | 5.05 |
| 11.02 | 307.98 | Moyenne | 1 | 9.50 | >91 | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |

Légende:

- S_u: Résistance au cisaillement non drainée
- S_{ur}: Résistance au cisaillement du sol remanié
- a_s: Distance radiale jusqu'au pic (cm)
- a_f: Distance radiale jusqu'au plateau de friction (cm)
- S_t: Sensibilité (Cu / C_u)

Commentaire:
Le signe ">" représente des valeurs où l'argile n'a pas été amenée à la rupture. La résistance de l'argile à cette profondeur est donc supérieure à la résistance mesurée.



ANNEXE D

Fiches de calibration et d'installation des piézomètres à corde vibrante



innovation in
geotechnical
instrumentation

Calibration Record

RST Instruments Ltd., 11545 Kingston St., Maple Ridge, British Columbia, Canada V2X 0Z5
Tel: 604 540 1100 • Fax: 604 540 1005 • Toll Free: 1 800 665 5599 (North America only)
e-mail: info@rstinstruments.com • Website: www.rstinstruments.com

Vibrating Wire Piezometer

Customer: HOSKIN SCIENTIFIQUE LTEE
Model: VW2100-2.0
Serial Number: VW28401
Mfg Number: 1404855
Range: 2.0 MPa
Temperature: 20.3 °C
Barometric Pressure: 993.9 millibars
Work Order Number: 203562
Cable Length: 250 meters
Cable Markings: 100213 m - 100462 m
Cable Colour Code: Red / Black (Coil) Green / White (Thermistor)
Cable Type: EL380004HDL
Thermistor Type: 3 kΩ

| Applied Pressure (MPa) | First Reading (B units) | Second Reading (B units) | Average Reading (B units) | Calculated Linear (MPa) | Linearity Error (% FS) | Polynomial Error (% FS) |
|------------------------|-------------------------|--------------------------|---------------------------|-------------------------|------------------------|-------------------------|
| 0.0 | 8742 | 8742 | 8742 | 0.004 | 0.22 | 0.01 |
| 0.4 | 8046 | 8047 | 8047 | 0.399 | -0.05 | -0.01 |
| 0.8 | 7346 | 7346 | 7346 | 0.796 | -0.18 | 0.00 |
| 1.2 | 6641 | 6641 | 6641 | 1.196 | -0.18 | 0.00 |
| 1.6 | 5931 | 5931 | 5931 | 1.599 | -0.03 | 0.01 |
| 2.0 | 5217 | 5218 | 5218 | 2.004 | 0.21 | -0.01 |
| Max. Error (%): | | | | | 0.22 | 0.01 |

Linear Calibration Factor: C.F.= 0.00056739 MPa/B unit
Regression Zero: At Calibration = 8749.8 B unit
Temperature Correction Factor: Tk = 0.0002021 MPa/°C rise

Polynomial Gage Factors (MPa) A: -2.6095E-09 B: -0.00053096 C: 4.8412

Pressure is calculated with the following equations:

Linear: $P(\text{MPa}) = C.F.(L_i - L_c) - [Tk(T_i - T_c)] + [0.00010(B_i - B_c)]$

Polynomial: $P(\text{MPa}) = A(L_c)^2 + B L_c + C + Tk(T_c - T_i) - [0.00010(B_c - B_i)]$

| | Date (dd/mm/yy) | VW Readout Pos. B (Li) | Temp °C (Ti) | Baro (Bi) |
|------------------------|------------------|------------------------|--------------|---------------|
| Shipped Zero Readings: | <u>31-Mar-14</u> | <u>8747</u> | <u>19.2</u> | <u>1014.0</u> |

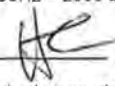
L_i, L_c = initial (at installation) and current readings

T_i, T_c = initial (at installation) and current temperature, in °C

B_i, B_c = initial (at installation) and current barometric pressure readings, in millibars

B units = B scale output of VW 2102, VW 2104, VW 2106 and DT 2011 readouts

B units = Hz² / 1000 ie. 1700Hz = 2890 B units

Technician: H. Chang 

Date: 31-Mar-14

This instrument has been calibrated using standards traceable to the NIST in compliance with ANSI Z540-1



Document Number ELL0143H



MIG01058



innovation in
geotechnical
instrumentation

Calibration Record

RST Instruments Ltd., 11545 Kingston St., Maple Ridge, British Columbia, Canada V2X 0Z5
Tel: 604 540 1100 • Fax: 604 540 1005 • Toll Free: 1 800 665 5599 (North America only)
e-mail: info@rstinstruments.com • Website: www.rstinstruments.com

Vibrating Wire Piezometer

Customer: HOSKIN SCIENTIFIQUE LTEE
Model: VW2100-2.0
Serial Number: VW28402
Mfg Number: 1404857
Range: 2.0 MPa
Temperature: 20.8 °C
Barometric Pressure: 1001.0 millibars
Work Order Number: 203562
Cable Length: 110 meters
Cable Markings: 100574 m - 100683 m
Cable Colour Code: Red / Black (Coil) Green / White (Thermistor)
Cable Type: EL380004HDL
Thermistor Type: 3 kΩ

| Applied Pressure (MPa) | First Reading (B units) | Second Reading (B units) | Average Reading (B units) | Calculated Linear (MPa) | Linearity Error (% FS) | Polynomial Error (% FS) |
|------------------------|-------------------------|--------------------------|---------------------------|-------------------------|------------------------|-------------------------|
| 0.0 | 8682 | 8683 | 8683 | 0.004 | 0.22 | -0.01 |
| 0.4 | 8005 | 8006 | 8006 | 0.399 | -0.03 | 0.02 |
| 0.8 | 7325 | 7326 | 7326 | 0.796 | -0.19 | -0.01 |
| 1.2 | 6640 | 6640 | 6640 | 1.196 | -0.19 | 0.00 |
| 1.6 | 5950 | 5950 | 5950 | 1.599 | -0.05 | 0.00 |
| 2.0 | 5255 | 5255 | 5255 | 2.005 | 0.23 | 0.00 |
| Max. Error (%): | | | | | 0.23 | 0.02 |

Linear Calibration Factor: C.F. = 0.00058357 MPa/B unit
Regression Zero: At Calibration = 8690.0 B unit
Temperature Correction Factor: Tk = 0.0004380 MPa/°C rise

Polynomial Gage Factors (MPa) A: -2.8836E-09 B: -0.00054338 C: 4.9352

Pressure is calculated with the following equations:

Linear: $P(\text{MPa}) = C.F.(L_i - L_c) - [Tk(T_i - T_c)] + [0.00010(B_i - B_c)]$

Polynomial: $P(\text{MPa}) = A(L_c)^2 + BL_c + G + Tk(T_c - T_i) - [0.00010(B_c - B_i)]$

| Date (dd/mm/yy) | VW Readout Pos. B (Li) | Temp °C (Ti) | Baro (Bi) |
|-----------------|------------------------|--------------|-----------|
| 31-Mar-14 | 8689 | 19.3 | 1014.0 |

Li, Lc = initial (at installation) and current readings
Ti, Tc = initial (at installation) and current temperature, in °C
Bi, Bc = initial (at installation) and current barometric pressure readings, in millibars
B units = B scale output of VW 2102, VW 2104, VW 2106 and DT 2011 readouts
B units = Hz² / 1000 ie: 1700Hz = 2890 B units

Technician: H. Chang

Date: 31-Mar-14

This instrument has been calibrated using standards traceable to the NIST in compliance with ANSI Z540-1



Document Number: ELLD143H



MIG0106B



innovation in
geotechnical
instrumentation

Calibration Record

RST Instruments Ltd., 11545 Kingston St., Maple Ridge, British Columbia, Canada V2X 0Z5
Tel: 604 540 1100 • Fax: 604 540 1005 • Toll Free: 1 800 665 5599 (North America only)
e-mail: info@rstinstruments.com • Website: www.rstinstruments.com

Vibrating Wire Piezometer

Customer: HOSKIN SCIENTIFIQUE LTEE
Model: VW2100-2.0
Serial Number: VW28403
Mfg Number: 1405886
Range: 2.0 MPa
Temperature: 19.7 °C
Barometric Pressure: 1003.7 millibars
Work Order Number: 203562
Cable Length: 110 meters
Cable Markings: 100463 m - 100573 m
Cable Colour Code: Red / Black (Coil) Green / White (Thermistor)
Cable Type: EL380004HDL
Thermistor Type: 3 kΩ

| Applied Pressure (MPa) | First Reading (B units) | Second Reading (B units) | Average Reading (B units) | Calculated Linear (MPa) | Linearity Error (% FS) | Polynomial Error (% FS) |
|------------------------|-------------------------|--------------------------|---------------------------|-------------------------|------------------------|-------------------------|
| 0.0 | 9014 | 9015 | 9015 | 0.004 | 0.21 | -0.01 |
| 0.4 | 8343 | 8343 | 8343 | 0.400 | -0.02 | 0.02 |
| 0.8 | 7669 | 7669 | 7669 | 0.796 | -0.18 | 0.00 |
| 1.2 | 6990 | 6990 | 6990 | 1.196 | -0.19 | -0.01 |
| 1.6 | 6306 | 6306 | 6306 | 1.599 | -0.05 | 0.00 |
| 2.0 | 5617 | 5618 | 5618 | 2.004 | 0.22 | 0.00 |
| Max. Error (%): | | | | | 0.22 | 0.02 |

Linear Calibration Factor: C.F. = 0.00058884 MPa/B unit
Regression Zero: At Calibration = 9021.5 B unit
Temperature Correction Factor: Tk = 0.00004576 MPa/°C rise

Polynomial Gage Factors (MPa) A: -2.8483E-09 B: -0.00054716 C: 5.1636

Pressure is calculated with the following equations:

Linear: $P(\text{MPa}) = C.F. (L_i - L_c) - [Tk(T_i - T_c)] + [0.00010(B_i - B_c)]$

Polynomial: $P(\text{MPa}) = A(L_c)^2 + B L_c + C + Tk(T_c - T_i) - [0.00010(B_c - B_i)]$

| | Date (dd/mm/yy) | VW Readout Pos. B (Li) | Temp °C (Ti) | Baro (Bi) |
|------------------------|------------------|------------------------|--------------|---------------|
| Shipped Zero Readings: | <u>31-Mar-14</u> | <u>9018</u> | <u>19.5</u> | <u>1014.0</u> |

L_i, L_c = initial (at installation) and current readings

T_i, T_c = initial (at installation) and current temperature, in °C

B_i, B_c = initial (at installation) and current barometric pressure readings, in millibars

B units = B scale output of VW 2102, VW 2104, VW 2106 and DT 2011 readouts

B units = Hz² / 1000 ie: 1700Hz = 2890 B units

Technician: H. Chang

Date: 31-Mar-14

This instrument has been calibrated using standards traceable to the NIST in compliance with ANSI Z540-1



Document Number: ELL0143H





innovation in
geotechnical
instrumentation

Calibration Record

RST Instruments Ltd., 11545 Kingston St., Maple Ridge, British Columbia, Canada V2X 0Z5
Tel: 604 540 1100 • Fax: 604 540 1005 • Toll Free: 1 800 665 5599 (North America only)
e-mail: info@rstinstruments.com • Website: www.rstinstruments.com

Vibrating Wire Piezometer

Customer: HOSKIN SCIENTIFIQUE LTEE
Model: VW2100-2.0
Serial Number: VW28404
Mfg Number: 1405887
Range: 2.0 MPa
Temperature: 19.7 °C
Barometric Pressure: 1003.7 millibars
Work Order Number: 203562
Cable Length: 170 meters
Cable Markings: 100042 m - 100211 m
Cable Colour Code: Red / Black (Coil) Green / White (Thermistor)
Cable Type: EL380004HDL
Thermistor Type: 3 kΩ

| Applied Pressure (MPa) | First Reading (B units) | Second Reading (B units) | Average Reading (B units) | Calculated Linear (MPa) | Linearity Error (% FS) | Polynomial Error (% FS) |
|------------------------|-------------------------|--------------------------|---------------------------|-------------------------|------------------------|-------------------------|
| 0.0 | 9110 | 9110 | 9110 | 0.003 | 0.15 | 0.00 |
| 0.4 | 8427 | 8427 | 8427 | 0.399 | -0.03 | 0.00 |
| 0.8 | 7741 | 7741 | 7741 | 0.798 | -0.12 | 0.00 |
| 1.2 | 7052 | 7052 | 7052 | 1.198 | -0.12 | 0.00 |
| 1.6 | 6360 | 6360 | 6360 | 1.599 | -0.04 | 0.00 |
| 2.0 | 5664 | 5665 | 5665 | 2.003 | 0.15 | 0.00 |
| Max. Error (%): | | | | | 0.15 | 0.00 |

Linear Calibration Factor: C.F. = 0.00058049 MPa/B unit
Regression Zero: At Calibration = 9115.1 B unit
Temperature Correction Factor: Tk = 0.000002903 MPa/°C rise

Polynomial Gage Factors (MPa) A: -1.8884E-09 B: -0.0005258 C: 5.1907

Pressure is calculated with the following equations:

Linear: $P(\text{MPa}) = C.F. (L_i - L_c) - [Tk(T_i - T_c)] + [0.00010(B_i - B_c)]$

Polynomial: $P(\text{MPa}) = A(L_c)^2 + BL_c + C + Tk(T_c - T_i) - [0.00010(B_c - B_i)]$

| | Date (dd/mm/yy) | VW Readout Pos. B (Li) | Temp °C (Ti) | Baro (Bi) |
|------------------------|------------------|------------------------|--------------|---------------|
| Shipped Zero Readings: | <u>31-Mar-14</u> | <u>9112</u> | <u>19.3</u> | <u>1014.0</u> |

L_i, L_c = initial (at installation) and current readings

T_i, T_c = initial (at installation) and current temperature, in °C

B_i, B_c = initial (at installation) and current barometric pressure readings, in millibars

B units = B scale output of VW 2102, VW 2104, VW 2106 and DT 2011 readouts

B units = Hz² / 1000 ie: 1700Hz = 2890 B units

Technician: H. Chang

Date: 31-Mar-14

This instrument has been calibrated using standards traceable to the NIST in compliance with ANSI Z540-1



Document Number: ELL0143H



innovation in
geotechnical
instrumentation

Calibration Record

RST Instruments Ltd., 11545 Kingston St., Maple Ridge, British Columbia, Canada V2X 0Z5
Tel: 604 540 1100 • Fax: 604 540 1005 • Toll Free: 1 800 665 5599 (North America only)
e-mail: info@rstinstruments.com • Website: www.rstinstruments.com

Vibrating Wire Piezometer

Customer: HOSKIN SCIENTIFIQUE LTEE
Model: VW2100-2.0
Serial Number: VW28405
Mfg Number: 1405888
Range: 2.0 MPa
Temperature: 19.7 °C
Barometric Pressure: 1003.7 millibars
Work Order Number: 203562
Cable Length: 25 meters
Cable Markings: 100034 m - 100058 m
Cable Colour Code: Red / Black (Coil) Green / White (Thermistor)
Cable Type: EL380004HDL
Thermistor Type: 3 kΩ

| Applied Pressure (MPa) | First Reading (B units) | Second Reading (B units) | Average Reading (B units) | Calculated Linear (MPa) | Linearity Error (% FS) | Polynomial Error (% FS) |
|------------------------|-------------------------|--------------------------|---------------------------|-------------------------|------------------------|-------------------------|
| 0.0 | 8831 | 8831 | 8831 | 0.004 | 0.18 | -0.02 |
| 0.4 | 8165 | 8165 | 8165 | 0.400 | -0.01 | 0.03 |
| 0.8 | 7497 | 7498 | 7498 | 0.797 | -0.16 | 0.01 |
| 1.2 | 6826 | 6826 | 6826 | 1.196 | -0.19 | -0.02 |
| 1.6 | 6149 | 6149 | 6149 | 1.599 | -0.05 | -0.01 |
| 2.0 | 5467 | 5468 | 5468 | 2.004 | 0.21 | 0.01 |
| Max. Error (%): | | | | | 0.21 | 0.03 |

Linear Calibration Factor: C.F. = 0.00059480 MPa/B unit
Regression Zero: At Calibration = 8837.2 B unit
Temperature Correction Factor: Tk = 0.0004100 MPa/°C rise

Polynomial Gage Factors (MPa) A: -2.7124E-09 B: -0.00055601 C: 5.1213

Pressure is calculated with the following equations:

Linear: $P(\text{MPa}) = C.F. (L_i - L_c) - [Tk(T_i - T_c)] + [0.00010(B_i - B_c)]$

Polynomial: $P(\text{MPa}) = A(L_c)^2 + B L_c + C + Tk(T_c - T_i) - [0.00010(B_c - B_i)]$

| | Date (dd/mm/yy) | VW Readout Pos B (Li) | Temp °C (Ti) | Baro (Bi) |
|------------------------|------------------|-----------------------|--------------|---------------|
| Shipped Zero Readings: | <u>31-Mar-14</u> | <u>8843</u> | <u>19.3</u> | <u>1014.0</u> |

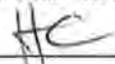
L_i, L_c = initial (at installation) and current readings

T_i, T_c = initial (at installation) and current temperature, in °C

B_i, B_c = initial (at installation) and current barometric pressure readings, in millibars

B units = B scale output of VW 2102, VW 2104, VW 2106 and DT 2011 readouts

B units = Hz² / 1000 ie. 1700Hz = 2890 B units

Technician: H. Chang 

Date: 31-Mar-14

This instrument has been calibrated using standards traceable to the NIST in compliance with ANSI Z540-1



Document Number: ELL0143H



M/001085

Piézomètre à corde vibrante - Formulaire d'installation



Numéro de projet: 13-1221-0102 / 5010

Personnel de terrain: N. Pépin

Client: Corporation minière Osisko

Date: 22-avr-14

Identification du forage: VWP-14-01

Diamètre du forage: 8 "

Profondeur inclinée du forage : 19,68 m sous la surface du sol

Élévation du sol: 319,3 masl

Azimuth: - °

Pendage moyen: 90,0 °

Coordonnées / Est: 716593,91

Nord: 5334458,77

1. Détails d'installation

| Identification | # série du piézomètre | Capacité maximale de pression [MPa] | Profondeur visée inclinée [m] |
|----------------|-----------------------|-------------------------------------|-------------------------------|
| VWP-14-01 | VW28405 | 2,0 | 11,0 |

2. Mesures manuelles de la profondeur de l'eau souterraine

| Étapes | Date [aaaa-mm-jj] | Heure [hh:mm] | Prof. inclinée [m bgs] |
|--|-------------------|---------------|------------------------|
| Avant nettoyage du trou (niveau statique) | | | |
| Entre nettoyage et descente du montage tube PVC/piézomètres | | | |
| Après descente de l'équipement et avant injection du coulis (pour calculs) | 22-avr-14 | 10h00 | 6,6 |
| Autre: | | | |

3. Lecture du piézomètre et pression barométrique à différentes étapes

| Étapes | Date et heure [aaaa-mm-jj hh:mm] | Pression barométrique B [mBar] 10 mBar = 1 kPa | Lecture L [unité B ou UL] | Lecture Température [°C] | Lecture Fréquence [µs] | Commentaires |
|--|----------------------------------|---|---------------------------|--------------------------|------------------------|--|
| Avant la descente de l'équipement (Bi, Li, Ti) | 22 avril 2014 07:45 | | 8847,6 | 13,9 | 336,18 | Dans 13 cm d'eau |
| Après la descente, avant l'injection coulis | 22 avril 2014 08:00 | | 8747,5 | 7,3 | 338,11 | Piézomètre à une profondeur de 12,40 m bgs |
| Après le pompage du coulis | 22 avril 2014 10:00 | | 8627,2 | 9,4 | 340,46 | |
| 24 heures après le coulis | 23 avril 2014 16:30 | | 8833 | 10,1 | 336,47 | |
| Autres: | 26 avril 2014 17:20 | | 8837,7 | 7,6 | 336,38 | |

4. Vérification du bon fonctionnement de l'appareil avant l'installation

| Lectures | Date et heure [aaaa-mm-jj hh:mm] | Pression barométrique B [mBar] 10 mBar = 1 kPa | Lecture L [unité B ou UL] | Lecture Température [°C] | Lecture Fréquence [µs] | Commentaires |
|--|----------------------------------|---|---------------------------|--------------------------|------------------------|--------------|
| ZÉRO de calibration du fournisseur | 31 mars 2014 | 1014 | 8843 | 19,3 | - | |
| Lecture dans l'air à la réception terrain | 15 avril 2014 13:30 | | 8852,6 | 20 | 336,1 | |
| Lecture à une profondeur de 0,15 m sous l'eau | 15 avril 2014 13:30 | | 8849,3 | 16,4 | 336,16 | |
| Lecture à une profondeur de _____ m sous l'eau | | | | | | |

Commentaires:

Piézomètre à corde vibrante - Formulaire d'installation



Numéro de projet: 13-1221-0102 / 5010

Personnel de terrain: N. Pépin

Client: Corporation minière Osisko

Date: 20-avr-14

Identification du forage: VWP-14-02/03

Diamètre du forage: 8 "

Profondeur inclinée du forage : 17,37 m sous la surface du sol

Élévation du sol: 319,0 masl

Azimuth: - °

Pendage moyen: 90,0 °

Coordonnées / Est: 716586,7

Nord: 5334385,2

1. Détails d'installation

| Identification | # série du piézomètre | Capacité maximale de pression [MPa] | Profondeur visée inclinée [m] |
|----------------|-----------------------|-------------------------------------|-------------------------------|
| VWP-14-02 | VW28402 | 2,0 | 5,0 |

2. Mesures manuelles de la profondeur de l'eau souterraine

| Étapes | Date [aaaa-mm-jj] | Heure [hh:mm] | Prof. inclinée [m bgs] |
|--|-------------------|---------------|------------------------|
| Avant nettoyage du trou (niveau statique) | | | |
| Entre nettoyage et descente du montage tube PVC/piézomètres | | | |
| Après descente de l'équipement et avant injection du coulis (pour calculs) | 20-avr-14 | 15h30 | 1,05 |
| Autre: | | | |

3. Lecture du piézomètre et pression barométrique à différentes étapes

| Étapes | Date et heure [aaaa-mm-jj hh:mm] | Pression barométrique B [mBar] 10 mBar = 1 kPa | Lecture L [unité B ou UL] | Lecture Température [°C] | Lecture Fréquence [µs] | Commentaires |
|--|----------------------------------|---|---------------------------|--------------------------|------------------------|--|
| Avant la descente de l'équipement (Bi, Li, Ti) | 20 avril 2014 15:10 | | 8686,2 | 6,9 | 339,3 | Dans 10 cm d'eau |
| Après la descente, avant l'injection coulis | 20 avril 2014 15:30 | | 8607,4 | 6,2 | 340,85 | Piézomètre 1-2 m plus profond que sa position finale |
| Après le pompage du coulis | 20 avril 2014 17:00 | | 8595,2 | 8,3 | 341,09 | |
| 24 heures après le coulis | 22 avril 2014 10:20 | | 8618,6 | 6,6 | 340,63 | |
| Autres: | 26 avril 2014 17:20 | | 8618 | 5,5 | 340,64 | |

4. Vérification du bon fonctionnement de l'appareil avant l'installation

| Lectures | Date et heure [aaaa-mm-jj hh:mm] | Pression barométrique B [mBar] 10 mBar = 1 kPa | Lecture L [unité B ou UL] | Lecture Température [°C] | Lecture Fréquence [µs] | Commentaires |
|--|----------------------------------|---|---------------------------|--------------------------|------------------------|--------------|
| ZÉRO de calibration du fournisseur | 31 mars 2014 | 1014 | 8689 | 19,3 | - | |
| Lecture dans l'air à la réception terrain | 15 avril 2014 14:00 | | 8698 | 19,7 | 339,07 | |
| Lecture à une profondeur de 0,15 m sous l'eau | 15 avril 2014 14:00 | | 8695 | 19,3 | 339,13 | |
| Lecture à une profondeur de _____ m sous l'eau | | | | | | |

Commentaires:

Piézomètre à corde vibrante - Formulaire d'installation



Numéro de projet: 13-1221-0102 / 5010

Personnel de terrain: N. Pépin

Client: Corporation minière Osisko

Date: 20-avr-14

Identification du forage: VWP-14-02/03

Diamètre du forage: 8 "

Profondeur inclinée du forage : 17,37 m sous la surface du sol

Élévation du sol: 319,0 masl

Azimuth: - °

Pendage moyen: 90,0 °

Coordonnées / Est: 716586,7

Nord: 5334385,2

1. Détails d'installation

| Identification | # série du piézomètre | Capacité maximale de pression [MPa] | Profondeur visée inclinée [m] |
|----------------|-----------------------|-------------------------------------|-------------------------------|
| VWP-14-03 | VW28403 | 2,0 | 13,0 |

2. Mesures manuelles de la profondeur de l'eau souterraine

| Étapes | Date [aaaa-mm-jj] | Heure [hh:mm] | Prof. inclinée [m bgs] |
|--|-------------------|---------------|------------------------|
| Avant nettoyage du trou (niveau statique) | | | |
| Entre nettoyage et descente du montage tube PVC/piézomètres | | | |
| Après descente de l'équipement et avant injection du coulis (pour calculs) | 20-avr-14 | 15h30 | 1,05 |
| Autre: | | | |

3. Lecture du piézomètre et pression barométrique à différentes étapes

| Étapes | Date et heure [aaaa-mm-jj hh:mm] | Pression barométrique B [mBar] 10 mBar = 1 kPa | Lecture L [unité B ou UL] | Lecture Température [°C] | Lecture Fréquence [µs] | Commentaires |
|--|----------------------------------|---|---------------------------|--------------------------|------------------------|--|
| Avant la descente de l'équipement (Bi, Li, Ti) | 20 avril 2014 15:15 | | 9021,3 | 6,9 | 332,94 | Dans 10 cm d'eau |
| Après la descente, avant l'injection coulis | 20 avril 2014 15:30 | | 8802,4 | 7,3 | 337,49 | Piézomètre 1-2 m plus profond que sa position finale |
| Après le pompage du coulis | 20 avril 2014 17:00 | | 8780,2 | 8 | 337,49 | |
| 24 heures après le coulis | 22 avril 2014 10:20 | | 8930,9 | 7,3 | 334,62 | |
| Autres: | 26 avril 2014 17:10 | | 8941,1 | 6,6 | 334,43 | |

4. Vérification du bon fonctionnement de l'appareil avant l'installation

| Lectures | Date et heure [aaaa-mm-jj hh:mm] | Pression barométrique B [mBar] 10 mBar = 1 kPa | Lecture L [unité B ou UL] | Lecture Température [°C] | Lecture Fréquence [µs] | Commentaires |
|--|----------------------------------|---|---------------------------|--------------------------|------------------------|--------------|
| ZÉRO de calibration du fournisseur | 31 mars 2014 | 1014 | 9018 | 19,5 | - | |
| Lecture dans l'air à la réception terrain | 15 avril 2014 14:30 | | 9026,3 | 19,7 | 332,84 | |
| Lecture à une profondeur de 0,15 m sous l'eau | 15 avril 2014 14:30 | | 9023,4 | 18,6 | 332,9 | |
| Lecture à une profondeur de _____ m sous l'eau | | | | | | |

Commentaires:

Piézomètre à corde vibrante - Formulaire d'installation



Numéro de projet: 13-1221-0102 / 5010

Personnel de terrain: N. Pépin

Client: Corporation minière Osisko

Date: 19-avr-14

Identification du forage: VWP-14-04

Diamètre du forage: 8 "

Profondeur inclinée du forage : 23,11 m sous la surface du sol

Élévation du sol: 321,9 masl

Azimuth: - °

Pendage moyen: 90,0 °

Coordonnées / Est: 716582,83

Nord: 5334350,26

1. Détails d'installation

| Identification | # série du piézomètre | Capacité maximale de pression [MPa] | Profondeur visée inclinée [m] |
|----------------|-----------------------|-------------------------------------|-------------------------------|
| VWP-14-04 | VW28404 | 2,0 | 15,0 |

2. Mesures manuelles de la profondeur de l'eau souterraine

| Étapes | Date [aaaa-mm-jj] | Heure [hh:mm] | Prof. inclinée [m bgs] |
|--|-------------------|---------------|------------------------|
| Avant nettoyage du trou (niveau statique) | | | |
| Entre nettoyage et descente du montage tube PVC/piézomètres | | | |
| Après descente de l'équipement et avant injection du coulis (pour calculs) | 19-avr-14 | 15h20 | 4,44 |
| Autre: | | | |

3. Lecture du piézomètre et pression barométrique à différentes étapes

| Étapes | Date et heure [aaaa-mm-jj hh:mm] | Pression barométrique B [mBar] 10 mBar = 1 kPa | Lecture L [unité B ou UL] | Lecture Température [°C] | Lecture Fréquence [µs] | Commentaires |
|--|----------------------------------|---|---------------------------|--------------------------|------------------------|--|
| Avant la descente de l'équipement (Bi, Li, Ti) | 19 avril 2014 10:30 | | 9115,4 | 14,3 | 331,22 | Dans 10 cm d'eau |
| Après la descente, avant l'injection coulis | 19 avril 2014 13:37 | | 8918 | 7,3 | 335,07 | Piézomètre 1-2 m plus profond que sa position finale |
| Après le pompage du coulis | 19 avril 2014 15:20 | | 8820,4 | 8,3 | 336,71 | |
| 24 heures après le coulis | 22 avril 2014 10:15 | | 8870,4 | 7,3 | 335,76 | |
| Autres: | 26 avril 2014 17:15 | | 8840,3 | 7,3 | 336,33 | |

4. Vérification du bon fonctionnement de l'appareil avant l'installation

| Lectures | Date et heure [aaaa-mm-jj hh:mm] | Pression barométrique B [mBar] 10 mBar = 1 kPa | Lecture L [unité B ou UL] | Lecture Température [°C] | Lecture Fréquence [µs] | Commentaires |
|--|----------------------------------|---|---------------------------|--------------------------|------------------------|--------------|
| ZÉRO de calibration du fournisseur | 31 mars 2014 | 1014 | 9112 | 19,3 | - | |
| Lecture dans l'air à la réception terrain | 15 avril 2014 13:30 | | 9121,3 | 19,7 | 331,11 | |
| Lecture à une profondeur de 0,15 m sous l'eau | 15 avril 2014 13:30 | | 9119,6 | 18,2 | 331,14 | |
| Lecture à une profondeur de _____ m sous l'eau | | | | | | |

Commentaires:

Piézomètre à corde vibrante - Formulaire d'installation



Numéro de projet: 13-1221-0102 / 5010

Personnel de terrain: N. Pépin

Client: Corporation minière Osisko

Date: 23-avr-14

Identification du forage: VWP-14-05

Diamètre du forage: 8 "

Profondeur inclinée du forage : 13,56 m sous la surface du sol

Élévation du sol: 319,0 masl

Azimuth: - °

Pendage moyen: 90,0 °

Coordonnées / Est: 716727

Nord: 5334278

1. Détails d'installation

| Identification | # série du piézomètre | Capacité maximale de pression [MPa] | Profondeur visée inclinée [m] |
|----------------|-----------------------|-------------------------------------|-------------------------------|
| VWP-14-05 | VW28401 | 2,0 | 9,5 |

2. Mesures manuelles de la profondeur de l'eau souterraine

| Étapes | Date [aaaa-mm-jj] | Heure [hh:mm] | Prof. inclinée [m bgs] |
|--|-------------------|---------------|------------------------|
| Avant nettoyage du trou (niveau statique) | | | |
| Entre nettoyage et descente du montage tube PVC/piézomètres | | | |
| Après descente de l'équipement et avant injection du coulis (pour calculs) | 23-avr-14 | 13h25 | 3,73 |
| Autre: | | | |

3. Lecture du piézomètre et pression barométrique à différentes étapes

| Étapes | Date et heure [aaaa-mm-jj hh:mm] | Pression barométrique B [mBar] 10 mBar = 1 kPa | Lecture L [unité B ou UL] | Lecture Température [°C] | Lecture Fréquence [µs] | Commentaires |
|--|----------------------------------|---|---------------------------|--------------------------|------------------------|---|
| Avant la descente de l'équipement (Bi, Li, Ti) | 23 avril 2014 13:00 | | 8751,5 | 13,9 | 338,02 | Dans 14 cm d'eau |
| Après la descente, avant l'injection coulis | 23 avril 2014 13:25 | | 8630,5 | 9 | 340,4 | Piézomètre à une profondeur de 10,6 m bgs |
| Après le pompage du coulis | 23 avril 2014 15:00 | | 8556 | 10,4 | 341,88 | |
| 24 heures après le coulis | 24 avril 2014 07:15 | | 8630,7 | 6,7 | 340,39 | |
| Autres: | 26 avril 2014 17:00 | | 8634,9 | 9,7 | 340,31 | |

4. Vérification du bon fonctionnement de l'appareil avant l'installation

| Lectures | Date et heure [aaaa-mm-jj hh:mm] | Pression barométrique B [mBar] 10 mBar = 1 kPa | Lecture L [unité B ou UL] | Lecture Température [°C] | Lecture Fréquence [µs] | Commentaires |
|--|----------------------------------|---|---------------------------|--------------------------|------------------------|--------------|
| ZÉRO de calibration du fournisseur | 31 mars 2014 | 1014 | 8747 | 19,2 | - | |
| Lecture dans l'air à la réception terrain | 15 avril 2014 12:30 | | 8755,4 | 20,4 | 337,96 | |
| Lecture à une profondeur de 0,15 m sous l'eau | 15 avril 2014 12:30 | | 8751,6 | 17 | 338,03 | |
| Lecture à une profondeur de _____ m sous l'eau | | | | | | |

Commentaires:



ANNEXE E

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 au projet tel que décrit dans ce rapport 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. Si la conception, l'emplacement ou l'élévation du projet doivent être modifiés et/ou si le projet n'est pas amorcé à l'intérieur d'une période de 18 mois suivant la remise de ce rapport, Golder devrait être consultée pour confirmer que ses recommandations sont encore valides.

Les commentaires, interprétations et recommandations présentés dans ce rapport sont basés sur une évaluation limitée des conditions souterraines tel que décrit ailleurs dans ce texte et sont formulés dans le seul et unique but d'orienter la conception du projet. À moins d'avis contraire, les interprétations, commentaires et les recommandations présentés dans ce rapport ont été formulés à la lumière de nos connaissances concernant les conditions du site, l'utilisation courante et/ou prévue du site, les règlements, normes et critères en vigueur de même 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.

Comme certains détails du projet envisagé peuvent ne pas être connus de Golder au moment de la remise de ce rapport, il est recommandé que Golder soit consultée lors de l'élaboration des plans et devis reliés aux considérations géotechniques afin de s'assurer qu'ils demeurent conformes à l'intention et aux recommandations de ce rapport.

Il est aussi recommandé que les services de Golder soient retenus durant la phase de construction afin de confirmer que les conditions souterraines sur l'ensemble du site ne diffèrent pas de façon significative de celles évoquées dans ce rapport et que les activités de construction n'ont aucun impact négatif sur les considérations géotechniques liées à la conception. À cet égard, il importe de souligner que le contrôle des eaux superficielles et/ou souterraines est fréquemment requis comme mesure temporaire ou permanente lors de la construction. Une mauvaise conception du drainage et/ou de l'assèchement peut avoir des conséquences néfastes. De même, les conditions souterraines peuvent être substantiellement modifiées par les activités de construction (circulation de machinerie, excavation, enfoncement de pieux, dynamitage, etc.) ayant cours sur le site ou sur les terrains adjacents ainsi que par l'exposition des sols aux intempéries (gel, sécheresse, pluie, etc.).

Golder ne pourra être tenue responsable de conditions souterraines imprévisibles ni de leurs impacts sur les coûts de construction et l'échéancier de réalisation des travaux. Golder ne pourra être tenue responsable de dommages résultant 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. Golder n'acceptera aucune responsabilité pour les effets de mesures de drainage et/ou d'assèchement à moins d'avoir été spécifiquement consultée et impliquée dans la conception et le suivi du système de drainage et/ou d'assèchement. Golder ne pourra être tenue responsable de dommages résultant de toutes modifications futures aux règlements, normes ou critères applicables de même que 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 ni de l'échec d'une quelconque transaction en raison des informations factuelles contenues dans ce rapport.

Le Client de même que tout entrepreneur réalisant des travaux qui s'inspirent de ou qui sont susceptibles d'avoir une incidence sur les considérations géotechniques évoquées dans ce rapport doivent informer

Golder ainsi que l'ingénieur concepteur de tout événement, activité, information, découverte passé, présent ou future susceptible de modifier les conditions souterraines décrites dans ce rapport et leur offrir la possibilité de réviser leurs recommandations ainsi que les plans de construction. Cette obligation couvre aussi le cas où les conditions rencontrées sur le site différeraient de façon significative de celles anticipées dans ce rapport, soit en raison de la variabilité naturelle des conditions souterraines ou en raison d'activités de construction. Il est entendu que la reconnaissance d'un changement des conditions du sol et du roc nécessite qu'un examen soit effectué sur le site par un professionnel qualifié et expérimenté dans la pratique de la géotechnique.

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 comme étant valides.

Les horizons de sols et de roc étant souvent de composition et de géométrie 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. De même, la classification et l'identification des sols et du roc implique une certaine part de jugement. Les descriptions de sol et de roc apparaissant dans ce rapport s'appuient sur des méthodes de classification et d'identification communément acceptées et rejoignent les exigences normales de la pratique professionnelle usuelle de la géotechnique. Par ailleurs, il importe de souligner que 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 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 peuvent eux-mêmes être tributaires de contraintes physiques, budgétaires ou d'échéancier convenues avec le Client.

Dans tous les cas, on doit considérer que les résultats obtenus et présentés dans ce rapport ne s'appliquent qu'aux endroits où ont été réalisés les sondages, qu'aux profondeurs d'échantillonnage indiquées et qu'au moment de l'étude. Les conditions souterraines interprétées, tant physiques que quantitatives ou qualitatives, peuvent varier sensiblement entre et au-delà des sondages réalisés et des profondeurs d'échantillonnage indiquées.

Les mesures et caractéristiques de l'eau souterraine présentées dans ce rapport ne sont valables que pour les endroits et les dates spécifiées. Ces conditions peuvent en effet varier selon les saisons, les années ou en raison d'activités ou d'événements sur le site à l'étude ou sur des terrains adjacents.

Chez Golder Associés, nous mettons tout en œuvre pour constituer la firme la plus respectée mondialement pour ses services spécialisés en consultation, en conception et en construction dans les secteurs des sciences de la Terre, de l'environnement et de l'énergie. L'entreprise est la propriété des employés depuis sa création en 1960. Nos objectifs clairs ainsi que le caractère unique de notre culture et de nos façons d'opérer donnent à chacun l'occasion et le pouvoir d'exceller, ce qui attire chez nous les meilleurs spécialistes dans nos domaines d'expertise. 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 croissent de façon constante, avec des employés qui travaillent à partir de nos nombreux bureaux situés 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 | + 86 21 6258 5522 |
| Europe | + 356 21 42 30 20 |
| Océanie | + 61 3 8862 3500 |

solutions@golder.com
www.golder.com

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



ANNEXE E-3

SLOPE STABILITY AND STAGED CONSTRUCTION ANALYSIS AND
RECOMMENDATIONS – WASTE ROCK STOCKPILE – CELL NO. 1, CANADIAN
MALARTIC MINE, QUÉBEC

DATE November, 2014**PROJECT No.** 007-13-1221-0102-Rev0**TO** Mr. Denis Cimon
Mine Canadian Malartic**FROM** Tom Zalucki, P.Eng.; Karine Doucet, Eng.;
Paul Dittrich, P.Eng.;**EMAIL** Karine_Doucet@golder.com**RE: SLOPE STABILITY AND STAGED CONSTRUCTION ANALYSIS AND RECOMMENDATIONS – WASTE
ROCK STOCKPILE – CELL NO. 1, CANADIAN MALARTIC MINE, QUEBEC**

For information purposes, in June 2014, Yamana Gold Inc. (Yamana) and Agnico-Eagle Mine Limited (AEM) acquired all issued and outstanding common shares of Osisko. Partners AEM and Yamana created the Canadian Malartic GP (CMGP), partnership created to manage, among others, Mine Canadian Malartic (Mine). It is important to avoid any form of confusion that all documentation written and study conducted after June 15 2014 refer itself to CMGP, and those written and conducted before June 16 2014 refer to Corporation Minière Osisko (Osisko).

In early 2014, Golder Associés Ltée (Golder) has been retained by Osisko to provide geotechnical engineering services for the construction of an up to about 100 m high waste rock stockpile at the Canadian Malartic Mine in Quebec. It is understood that CMGP is currently constructing the waste rock stockpile within an area identified as Cell No. 1 which is one of many tailings disposal areas within the former East Malartic Tailings Facility and is shown on Figure 1 following the text of this Technical Memorandum. However, as part of the Extension Canadian Malartic, it is expected that the footprint of the waste rock stockpile will eventually extend further east beyond Cell No. 1.

This Technical Memorandum provides the results of effective stress slope stability and staged construction analyses that have been carried out along two critical sections within Cell No. 1 (also identified on Figure 1), as follows:

- Section A-A': oriented in an east-west direction; and,
- Section B-B': oriented in a north-south direction adjacent to the future open pit.

A brief discussion pertaining to the installation of instruments, including vibrating wire piezometers (VWPs) and slope inclinometers (SIs), as a means of verifying staged construction recommendations, is also provided.

It should be noted that this document supersedes Technical Memorandum No. 002-13-1221-0102-RevA dated April 30, 2014, which provided preliminary slope stability and staged construction results for the waste rock stockpile within Cell No. 1. Following submission of the above mentioned April 30, 2014 document, several VWPs were installed in the foundation soils beneath the waste rock stockpile and additional

laboratory tests were carried out in order to refine the geotechnical parameters of the foundation soils and provide updated effective stress slope stability and staged construction analyses.

This Technical Memorandum should be read in conjunction with the “*Important Information and Limitations of this Report*” attached following the text of this document. The reader’s attention is specifically drawn to this information as it is essential for the proper use and interpretation of this document.

1.0 FIELD OBSERVATIONS

It is understood that prior to the completion of the preliminary staged construction/effective stress slope stability analyses, the western and central portions of Cell No. 1 were filled by Osisko using an approximately 10 m thick lift of waste rock generated from the mining operation. It is also understood that “shortly” after the filling operation, a tension crack was observed behind the crest of the waste rock slope near the eastern limit of the stockpile where the weak/soft foundation soils were first encountered. The development of a tension crack is generally the first apparent sign of slope instability. Preliminary total stress slope stability analyses (using undrained parameters representing short-term conditions immediately after completion of filling) as well as short-term effective stress slope stability analyses (using drained parameters, B-bar method to estimate excess pore water pressure development and assuming no time delays) were carried out to assess the maximum height of the stockpile that could be constructed “instantaneously” while maintaining an acceptable Factor of Safety (FoS) against instability. Both the total stress and effective stress slope stability analyses indicate that an approximately 10 m high stockpile would have a FoS of about unity (i.e. indicating potential slope failure) for the stratigraphy and geotechnical parameters utilized in the models.

The field observations and preliminary total stress and short-term effective stress slope stability analyses are in agreement with each other indicating consistency in the choice of geotechnical parameters and highlighting the importance of carrying out detailed staged construction analyses in order to ensure stability of the waste rock stockpile.

2.0 VIBRATING WIRE PIEZOMETER INSTALLATIONS AND ADDITIONAL LABORATORY TESTING

An additional field investigation was carried out between April 17 and 24, 2014 (after the preliminary staged construction/effective stress slope stability analyses were completed) during which time a total of five boreholes (refer to Record of Boreholes) were advanced near the north-east portion of Cell No. 1 (as shown on Figure 1) in order to install vibrating wire piezometers (VWPs). A list of VWPs installed inside the boreholes is provided below.

| Borehole No. | Ground Surface Elevation | VWP No. | VWP Tip Depth / Elevation | Soil Unit at Tip of VWP |
|--------------|--------------------------|---|---------------------------|-------------------------|
| VWP-14-01 | 319.33 m | VW28405 | 11.0 m / 308.33 m | Silty Clay |
| VWP-14-02/03 | 319.02 m | VW28402 | 5.0 m / 314.02 m | Tailings |
| | | VW28403 | 13.0 m / 306.02 m | Silty Clay |
| VWP-14-04 | 321.92 m | VW28404 | 15.0 m / 306.92 m | Silty Clay |
| VWP-14-04S | 321.92 m | - VWPs were not installed in this borehole. - Borehole advanced in order to collect Shelby tube samples. | | |
| VWP-14-05 | 319.00 m | VW28401 | 9.5 m / 309.5 m | Silty Clay |

Data (i.e. total pore water pressure) collected from the VWP's is shown on Figure 2. It should be noted that VWP's installed in boreholes VWP-14-01 and VWP-14-05 failed before any meaningful data could be collected. The other instruments eventually ceased functioning; however, a sufficient amount of data was collected in order to be able to refine some of the geotechnical parameters (i.e. B-bar and coefficient of consolidation/permeability) for the tailings and cohesive deposit.

In addition to advancing boreholes within Cell No. 1 in order to install VWP's, Shelby tube samples were also obtained from borehole VWP-14-04S in order to carry out additional geotechnical laboratory tests, as follows:

- One-dimensional consolidation test on a fibrous peat sample (refer to Figure 3);
- Consolidated isotropic undrained (CIU) triaxial compression test on a fibrous peat and clay sample (refer to Figures 4 and 5, respectively); and,
- Consolidated drained direct shear test on a varved clayey/silt sample (refer to Figure 6).

SLOPE STABILITY / STAGED CONSTRUCTION ANALYSES

Methodology

Based on the stratigraphic soil model and geotechnical parameters defined in the subsequent sections, staged construction analyses (used to calculate excess pore water pressures within the foundation soils in response to the waste rock stockpile construction at various periods of time) in combination with limit equilibrium, effective stress slope stability analyses were carried out to check the FoS against instability at critical stages and times of construction. Subsequent to confirmation with the Mine on its intention to install VWP's and slope inclinometers (SIs) within Cell No. 1, a target minimum FoS of 1.25 was adopted for the design of the stockpile during the construction phase (representing short-term conditions), while a minimum FoS of 1.5 was adopted for the full height of the stockpile (representing long-term/permanent conditions). It should be noted that the overall slope of the stockpile considered in the analyses is about 2.5H:1V. It is understood that this slope geometry is achieved at the site by the construction of 11.5 m wide benches every 10 m in height (i.e. individual lift thickness).

It should be noted that rotational (i.e. circular) slip surfaces were initially evaluated to establish a minimum FoS for each lift of waste rock material. However, additional stability analyses indicated that translational (i.e. non-circular or block-type) failure surfaces generally govern when the height of the stockpile/embankment is greater than the thickness of the weak foundation layer (i.e. the soft cohesive deposit in this case). As such, the recommendations provided below are based on translational type failure surfaces. A translational mode of failure typically occurs along a planar slip surface and where the weak layer is at a relatively shallow depth.

3.0 STRATIGRAPHY

A number of boreholes and Cone Penetration Tests (CPTs) were previously advanced/carried out within the proposed footprint of Cell No. 1 as well as in adjacent areas. Furthermore, as mentioned previously, several boreholes were advanced more recently within the north-east portion of Cell No. 1 in order to install VWP's. Although the stratigraphy within the footprint of Cell No. 1 is variable, one stratigraphic profile has been utilized in the analyses and is considered to be representative of the critical site conditions within Cell No. 1. A summary of the stratigraphic profile used in the analyses is presented below.

| Stratigraphic Unit | Depth (below Elev. 318 m) |
|--|----------------------------------|
| Fine-grained (Silty) Tailings | 0 m to 4 m |
| Clayey Silt to Silty Clay | 4 m to 5.5 m |
| Silty Clay to Clay (Varved) ¹ | 5.5 m to 9.5 m |
| Granular Till | 9.5 m to 11 m |
| Bedrock | > 11 m |

Note:

1. Clayey and silty varves.

It should be noted that a fibrous peat was encountered in some of the boreholes associated with the recent VWP installations. However, given that the peat is on average 1.5 m thick and appears to be localized; considering that the effective friction angle (based on the laboratory testing – see Figure 4) varies between about 40 degrees and 55 degrees (fibrous peats generally exhibit high friction angles which can be attributed to the strength of the fibres which contribute to particle interlocking); and that the coefficient of consolidation/permeability of the peat and the cohesive deposit is comparable (i.e. same order of magnitude), the peat has not been included or explicitly modelled in the stratigraphic profile.

The stratigraphic profile summarized above was utilized for the slope stability analyses along both cross-sections. The difference between cross-sections A-A' and B-B' lies in the space available for the construction of a stability berm at the toe of the waste rock stockpile. At the location of cross-section B-B', the proximity of the future open pit was considered while along cross-section A-A', it was assumed that the stability berm could be constructed without any constraints.

4.0 GEOTECHNICAL PARAMETERS

Geotechnical parameters were established for the various stratigraphic units using the following:

- Results from in situ tests (for example, field vanes, SPTs, CPTs and permeability tests);
- Results from laboratory tests (for example, one-dimensional consolidation tests and consolidated isotropic undrained (CIU) triaxial compression tests and direct shear tests), carried out on samples of the fine-grained (i.e. silty) tailings and cohesive (i.e. clayey) deposits, where applicable;
- Pore water pressure data collected from VWPs installed within the tailings and cohesive deposits; and,
- Relevant technical data found in literature and our past experience with similar soils.

A summary of the relevant geotechnical parameters used in the effective stress staged construction stability analyses is presented below:

| Stratigraphic Unit | Top Elevation (m) | Thickness (m) | Unit Weight, γ (kN/m ³) | Apparent Cohesion, c' (kPa) ¹ | Effective Friction Angle, ϕ' (degrees) ¹ | Coefficient of Consolidation, c_v (cm ² /sec) ² | In Situ Permeability, k_0 (cm/sec) ² | C_k ³ | B-bar ⁴ |
|--------------------|-------------------|---------------|--|--|--|---|---|--------------------|--------------------|
| Rock Fill | Variable | Up to 110 m | 20.5 | 0 | 37 | - | - | - | - |
| Silty Tailings | 318.0 | 4.0 | 17.0 | 0 | 30 | 3.5×10^{-1} | - | - | 1.0 |
| Clay | 314.0 | 1.5 | 16.5 | 0 | 34 | - | 1.2×10^{-6} | 0.5 | 1.0 |
| Clay (Varved) | 312.5 | 4.0 | 16.5 | 0 | 30 | - | 1.2×10^{-6} | 0.5 | 1.0 |
| Granular Till | 308.5 | 1.5 | 20.0 | 0 | 35 | - | - | - | - |

Notes:

- The apparent cohesion and effective friction angle is used to define the strength of the foundation soils.
- The vertical coefficient of consolidation (c_v) and permeability (k) is used in assessing the rate of dissipation of excess pore pressures with time.
- The C_k parameter (i.e. the permeability change index) is used to account for changing (i.e. decreasing) permeabilities with changing (i.e. decreasing) void ratio which varies as a result of a change in vertical stress (i.e. due to filling) and subsequent consolidation.
 $C_k = \Delta e / \Delta \log-k$ (Terzaghi et al., 1996)¹
- The B-bar parameter is used to establish the magnitude of the increase in excess pore pressures as a result of a change in vertical stress (i.e. due to filling).
 $B\text{-bar} = \Delta u / \Delta \sigma$ (Skempton, 1954)²

5.0 RESULTS OF ANALYSES

The following is a summary of the results from the staged construction stability analyses carried out on the two cross-sections identified above. Both models assume that the stockpile will be constructed to a final height of 100 m and that the construction of a toe berm will be included in order to improve stability and reduce the delay periods between each lift of waste rock. It should also be noted that the future open pit north of Cell No. 1 was modelled after the completion of construction of the waste rock stockpile to its full height. Additional details pertaining to the geometry of the stability berms and excavations, where applicable, are presented below.

| Section | Slope of Waste Rock ¹ | Stability Berm Dimensions | Minimum Offset between Toe of Stability Berm and Crest of Excavated Overburden at Open Pit | Slope of Excavated Overburden at Open Pit ² |
|---------|----------------------------------|---------------------------|--|--|
| A-A' | 1.35H:1V | 5 m high by 75 m long | N/A | N/A |
| B-B' | 1.35H:1V | 5 m high by 50 m long | 15 m | 2.5H:1V |

Note:

- The slope of waste rock refers to the side slope of each individual lift and not the overall slope of the stockpile which includes 11.5 m wide benches every 10 m in height.
- The overall geometry along Section B-B' includes an 8 m wide bench along the top of bedrock extending from the toe of the excavated overburden slope to the crest of rock pit slope.

¹ Terzaghi, K., Peck, R. B., and Mesri., G., 1996. Soil mechanics in engineering practice. Wiley, New York, p.549.

² Skempton, A.W., 1954. The pore pressure coefficients A and B. Geotechnique 4(4), p.143-147.

The following table provides a summary of the recommended delay periods associated with each stage of construction/filling within Cell No. 1.

| Stage No. | Lift Thickness (m) | Total Height of Stockpile (m) | Elevation (m) ¹ | Delay Period Before Start of Filling / Excavating (days) ² | Minimum FoS |
|-----------|--------------------|-------------------------------|----------------------------|---|-------------------|
| 1 | 5 | 5 | 125 | 0 | 1.18 ³ |
| 2 | 5 | 10 | 130 | 15 | ≥ 1.25 |
| 3 | 10 | 20 | 140 | 190 | ≥ 1.25 |
| 4 | 10 | 30 | 150 | 115 | ≥ 1.25 |
| 5 | 10 | 40 | 160 | 110 | ≥ 1.25 |
| 6 | 10 | 50 | 170 | 140 | ≥ 1.25 |
| 7 | 10 | 60 | 180 | 140 | ≥ 1.25 |
| 8 | 10 | 70 | 190 | 150 | ≥ 1.25 |
| 9 | 10 | 80 | 200 | 150 | ≥ 1.25 |
| 10 | 10 | 90 | 210 | 150 | ≥ 1.25 |
| 11 | 10 | 100 | 220 | 230 (no presence of open pit) | ≥ 1.25 |
| 12 | -- | 100 | 220 | 100 (excavation of open pit) ⁴ | ≥ 1.25 |

Notes:

1. It has been assumed that the existing ground surface elevation within Cell No. 1 is at approximately Elev. 120 m. However, it should be noted that the ground surface is variable within this area.
2. Delay period to be applied before the **start** of filling stage.
3. It is noted that the minimum FoS associated with Stage 1 (i.e. the first 5 m lift) is less than 1.25. Additional slope stability mitigation measures are recommended to be implemented. Alternatively, given that the FoSs associated with the subsequent stages are equal to or greater than 1.25, the FoS of 1.15 may be acceptable for the first stage if Cell No. 1 is instrumented (with VVPs and SIs) and monitored closely during construction.
4. The proposed open pit (i.e. north of Cell No. 1) can only be excavated 100 days after the final lift has been placed.

Figures 8 and 9 illustrate the conditions immediately upon construction of the final lift and excavation of the open pit along Sections A-A' and B-B', respectively, (it should be noted that excess pore water pressures have not dissipated completely) and indicate that the stockpile will have a FoS of equal to or greater than 1.25.

Static slope stability analyses were also carried out along Sections A-A' and B-B' to determine the minimum FoS after the final configuration of the waste rock stockpile has been achieved (including excavation of the open pit north of Cell No. 1) and once all of the excess pore water pressures have dissipated (approximately representative of the long-term/permanent conditions). Stability analyses carried out on Sections A-A' and B-B' indicate that the stockpile will have a minimum FoS of about 2.5 and 1.5, respectively, for deep-seated, global failure surfaces, as shown on Figures 9 and 10.

Pseudo-static slope stability analyses were also carried out to assess the stability of the rock waste stockpile under long-term conditions during a seismic event. The pseudo-static analyses were based on the US Army Corps of Engineers (1984)³ method. This method of analysis suggests the use of conventional pseudo-static analysis by incorporating a horizontal seismic load coefficient (i.e. a "lateral force" representing the earthquake loading) equal to one-half of the Peak Ground Acceleration (PGA) at the site of interest and reducing the relevant soil strength parameters (for example, effective friction angle of cohesive deposits) by 20% in order to reach a Factor of Safety of 1.0. However, in order to align the selected method with Directive 019 (which

³ US Army Corps of Engineers. 2003. Slope Stability – Engineer Manual.

suggests that a minimum Factor of Safety of 1.1 has to be achieved for pseudo-static analysis), the soil strength parameters were not reduced.

It should be noted that for a return period of 2,475 years for a seismic event (i.e. 2% probability of exceedance in 50 years), the PGA is equal to 0.075g, as shown on Figure 11. As such, a horizontal seismic load coefficient of 0.0375 (i.e. $\frac{1}{2} \cdot 0.075$) was used in the pseudo-static analyses.

The pseudo-static stability analyses carried out on Sections A-A' and B-B' indicate that a minimum FoS of about 2.2 and 1.3, respectively, is achieved for the full height of the stockpile (including excavation of the open pit north of Cell No. 1) once the excess pore pressures have completely dissipated (representing the long-term/permanent conditions). The results of the pseudo-static slope stability analyses carried out on Sections A-A' and B-B' are shown on Figures 12 and 13, respectively.

6.0 DISCUSSION – INSTRUMENTATION

Given the relatively long delay periods associated with the construction of the waste rock stockpile and considering the overall schedule, it is strongly recommended that VWP's be installed within the cohesive deposit and the silty tailings to measure excess pore pressures during construction. By measuring the magnitude of excess pore pressures during placement of rock waste fill as well as the rate of dissipation of excess pore pressures during the delay periods, the data can be used to confirm/reassess the estimated delay periods. Furthermore, the data can be monitored in order to refine parameters for the proposed easterly fill area.

Installation of SIs is also strongly recommended. At least one SI should be installed on the east side of Cell No. 1 and a minimum of two SIs should be installed on the north side of Cell No. 1 (i.e. adjacent to the future open pit); since this area represents the critical section in terms of slope stability. A SI is used to monitor lateral movements in the foundation soils and is a good tool for assessing stability of slopes and/or magnitude and rate of lateral ground deformations.

A monitoring program as well as an action plan should also be developed to support the mine with the construction of the waste rock stockpile within Cell No. 1. Recommendations should include, but not be limited to, the maximum allowable magnitude of pore water pressures during each stage of construction and rate of lateral ground movements.

7.0 CLOSURE

We trust that this document satisfies your current requirements.

Yours truly,



Tomasz Zalucki, P.Eng. (Ontario)
Geotechnical Engineer



Karine Doucet, P.Eng (Québec)
Geotechnical Engineer



J. Paul Dittrich, P.Eng. (Ontario)
Senior Geotechnical Engineer, Principal

TZ/KD/JPD/MK/

- Attachments:
- Important Information and Limitations of This Report
 - Figure 1 – Cross-Section Location
 - Record of Boreholes – VWP-14-01, VWP-14-02/03, VWP-14-04, VWP-14-04S and VWP-14-05
 - Figure 2 – Vibrating Wire Piezometer Data
 - Figure 3 – Consolidation Test Summary – Borehole VWP-14-04S Sample 4
 - Figure 4 – Consolidated Undrained Triaxial Test Summary – Borehole VWP-14-04S Sample 4
 - Figure 5 – Consolidated Undrained Triaxial Test Summary – Borehole VWP-14-04S Sample 6
 - Figure 6 – Consolidated Drained Direct Shear Test Summary – Borehole VWP-14-04S Sample 8
 - Figure 7 – Static Slope Stability Analysis – Short-Term (Upon Construction of Final Lift) – Section A-A' – 100 m High Waste Rock Stockpile
 - Figure 8 – Static Slope Stability Analysis – Short-Term (Upon Construction of Final Lift) – Section B-B' – 100 m High Waste Rock Stockpile and Open Pit
 - Figure 9 – Static Slope Stability Analysis – Long-Term – Section A-A' – 100 m High Waste Rock Stockpile
 - Figure 10 – Static Slope Stability Analysis – Long-Term – Section B-B' – 100 m High Waste Rock Stockpile and Open Pit
 - Figure 11 – 2010 National Building Code Seismic Hazard Calculation
 - Figure 12 – Pseudo-Static Slope Stability Analysis – Long-Term – Section A-A' – 100 m High Waste Rock Stockpile
 - Figure 13 – Pseudo-Static Slope Stability Analysis – Long-Term – Section B-B' – 100 m High Waste Rock Stockpile and Open Pit



IMPORTANT INFORMATION AND LIMITATIONS OF THIS REPORT

Standard of Care: Golder Associates Ltd. (Golder) has prepared this report in a manner consistent with that level of care and skill ordinarily exercised by members of the engineering and science professions currently practising under similar conditions in the jurisdiction in which the services are provided, subject to the time limits and physical constraints applicable to this report. No other warranty, expressed or implied is made.

Basis and Use of the Report: This report has been prepared for the specific site, design objective, development and purpose described to Golder by the Client. The factual data, interpretations and recommendations pertain to a specific project as described in this report and are not applicable to any other project or site location. Any change of site conditions, purpose, development plans or if the project is not initiated within eighteen months of the date of the report may alter the validity of the report. Golder can not be responsible for use of this report, or portions thereof, unless Golder is requested to review and, if necessary, revise the report.

The information, recommendations and opinions expressed in this report are for the sole benefit of the Client. No other party may use or rely on this report or any portion thereof without Golder's express written consent. If the report was prepared to be included for a specific permit application process, then upon the reasonable request of the client, Golder may authorize in writing the use of this report by the regulatory agency as an Approved User for the specific and identified purpose of the applicable permit review process. Any other use of this report by others is prohibited and is without responsibility to Golder. The report, all plans, data, drawings and other documents as well as all electronic media prepared by Golder are considered its professional work product and shall remain the copyright property of Golder, who authorizes only the Client and Approved Users to make copies of the report, but only in such quantities as are reasonably necessary for the use of the report by those parties. The Client and Approved Users may not give, lend, sell, or otherwise make available the report or any portion thereof to any other party without the express written permission of Golder. The Client acknowledges that electronic media is susceptible to unauthorized modification, deterioration and incompatibility and therefore the Client can not rely upon the electronic media versions of Golder's report or other work products.

The report is of a summary nature and is not intended to stand alone without reference to the instructions given to Golder by the Client, communications between Golder and the Client, and to any other reports prepared by Golder for the Client relative to the specific site described in the report. In order to properly understand the suggestions, recommendations and opinions expressed in this report, reference must be made to the whole of the report. Golder can not be responsible for use of portions of the report without reference to the entire report.

Unless otherwise stated, the suggestions, recommendations and opinions given in this report are intended only for the guidance of the Client in the design of the specific project. The extent and detail of investigations, including the number of test holes, necessary to determine all of the relevant conditions which may affect construction costs would normally be greater than has been carried out for design purposes. Contractors bidding on, or undertaking the work, should rely on their own investigations, as well as their own interpretations of the factual data presented in the report, as to how subsurface conditions may affect their work, including but not limited to proposed construction techniques, schedule, safety and equipment capabilities.

Soil, Rock and Groundwater Conditions: Classification and identification of soils, rocks, and geologic units have been based on commonly accepted methods employed in the practice of geotechnical engineering and related disciplines. Classification and identification of the type and condition of these materials or units involves judgment, and boundaries between different soil, rock or geologic types or units may be transitional rather than abrupt. Accordingly, Golder does not warrant or guarantee the exactness of the descriptions.



IMPORTANT INFORMATION AND LIMITATIONS OF THIS REPORT

Special risks occur whenever engineering or related disciplines are applied to identify subsurface conditions and even a comprehensive investigation, sampling and testing program may fail to detect all or certain subsurface conditions. The environmental, geologic, geotechnical, geochemical and hydrogeologic conditions that Golder interprets to exist between and beyond sampling points may differ from those that actually exist. In addition to soil variability, fill of variable physical and chemical composition can be present over portions of the site or on adjacent properties. The professional services retained for this project include only the geotechnical aspects of the subsurface conditions at the site, unless otherwise specifically stated and identified in the report. The presence or implication(s) of possible surface and/or subsurface contamination resulting from previous activities or uses of the site and/or resulting from the introduction onto the site of materials from off-site sources are outside the terms of reference for this project and have not been investigated or addressed.

Soil and groundwater conditions shown in the factual data and described in the report are the observed conditions at the time of their determination or measurement. Unless otherwise noted, those conditions form the basis of the recommendations in the report. Groundwater conditions may vary between and beyond reported locations and can be affected by annual, seasonal and meteorological conditions. The condition of the soil, rock and groundwater may be significantly altered by construction activities (traffic, excavation, groundwater level lowering, pile driving, blasting, etc.) on the site or on adjacent sites. Excavation may expose the soils to changes due to wetting, drying or frost. Unless otherwise indicated the soil must be protected from these changes during construction.

Sample Disposal: Golder will dispose of all uncontaminated soil and/or rock samples 90 days following issue of this report or, upon written request of the Client, will store uncontaminated samples and materials at the Client's expense. In the event that actual contaminated soils, fills or groundwater are encountered or are inferred to be present, all contaminated samples shall remain the property and responsibility of the Client for proper disposal.

Follow-Up and Construction Services: All details of the design were not known at the time of submission of Golder's report. Golder should be retained to review the final design, project plans and documents prior to construction, to confirm that they are consistent with the intent of Golder's report.

During construction, Golder should be retained to perform sufficient and timely observations of encountered conditions to confirm and document that the subsurface conditions do not materially differ from those interpreted conditions considered in the preparation of Golder's report and to confirm and document that construction activities do not adversely affect the suggestions, recommendations and opinions contained in Golder's report. Adequate field review, observation and testing during construction are necessary for Golder to be able to provide letters of assurance, in accordance with the requirements of many regulatory authorities. In cases where this recommendation is not followed, Golder's responsibility is limited to interpreting accurately the information encountered at the borehole locations, at the time of their initial determination or measurement during the preparation of the Report.

Changed Conditions and Drainage: Where conditions encountered at the site differ significantly from those anticipated in this report, either due to natural variability of subsurface conditions or construction activities, it is a condition of this report that Golder be notified of any changes and be provided with an opportunity to review or revise the recommendations within this report. Recognition of changed soil and rock conditions requires experience and it is recommended that Golder be employed to visit the site with sufficient frequency to detect if conditions have changed significantly.

Drainage of subsurface water is commonly required either for temporary or permanent installations for the project. Improper design or construction of drainage or dewatering can have serious consequences. Golder takes no responsibility for the effects of drainage unless specifically involved in the detailed design and construction monitoring of the system.

JOURNAL DE SONDAGE VWP-14-01



PROJET: 13-1221-0102-5010

PAGE 1 DE 3

LOCALISATION: Malartic, Qué.

DATUM: Géodésique

CLIENT: Corporation Minière Osisko Ltée.

COORDONNÉES: 716593.91E, 5334458.77N

ENTREPRENEUR: Succession Forage George Downing Limitée

PLONGÉE: -90°

DATE DU FORAGE: 2014-04-21

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 PUIES 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 | |
| 0 | | 319.33 0.00 | | Surface STÉRILES MINIERS (ROUTE D'ACCÈS). | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | | 317.55 1.78 | | RÉSIDUS MINIERS (ML) SILT, brun, non cohérent, humide, très lâche. | 1 | CF | 67 | 2 | | | | | | | | | | |
| | | 317.04 2.29 | | Devenant avec un peu de sable, gris et saturé. | 2 | CF | 46 | 3 | | | | | | | | | | |
| | | | | | 3 | CF | 54 | 4 | | | | | | | | | | |
| | | | | | 4 | CF | 54 | 0 | | | | | | | | | | |
| | | | | | 5 | CF | 63 | 0 | | | | | | | | | | |
| | | | | | 6 | CF | 46 | 0 | | | | | | | | | | |
| | | | | | 7 | CF | 67 | 0 | | | | | | | | | | |
| | | | | | 8 | CF | 56 | 1 | | | | | | | | | | |
| | | 312.04 7.29 | | (PT) TOURBE fibreuse, brune, non cohérente, saturée, lâche. | 9 | CF | 67 | 6 | | | | | | | | | | |
| | | | | SUITE À LA PAGE 2 | | | | | | | | | | | | | | |

Coulis
ciment-bentonite
Rapport
massique:
4 eau
1 ciment
0.7 bentonite

JOURNAL DE SONDAGE WWP-14-01

PROJET: 13-1221-0102-5010

PAGE 2 DE 3



LOCALISATION: Malartic, Qué.

| 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 (%) | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | SUITE DE LA PAGE 1 | | | | | | | | | | |
| 8 | | | | (PT) TOURBE fibreuse, brune, non cohérente, saturée, lâche. | 9 | CF | 67 | 6 | | | | | | |
| | | 310.69 8.64 | | (CL) ARGILE SILTEUSE, grise, cohérente, W>LP, ferme. | 10 | CF | 95 | 6 | | | | | | |
| 10 | | | | | 11 | CF | 87 | - | | | | | | |
| 11 | | | | | 12 | CF | 84 | - | ⊕ | | | | | |
| 12 | | 307.35 11.98 | | Devenant raide. | 13 | CF | 76 | - | | | | | | |
| | | 307.14 12.19 | | Devenant varvée (silt). | 14 | CF | 100 | - | | | | | | |
| 13 | | | | | 15 | CF | 100 | - | ⊕ | | | | | |
| 14 | | 305.51 13.82 | | (ML) SILT ARGILEUX, gris, non cohérent, saturé, compact. | 16 | CF | 90 | 15 | | | | | | |
| 15 | | | | | 17 | CF | 66 | 11 | | | | | | |
| | | 304.09 15.24 | | (ML) SILT, non cohérent, saturé, compact. | 18 | CF | 66 | 11 | | | | | | |
| 16 | | | | | 19 | CF | 51 | 14 | | | | | | |
| 17 | | 302.80 16.53 302.57 16.76 | | (SP-GW) SABLE ET GRAVIER, gris, non cohérent, saturé, compact. Devenant dense. | 20 | CF | 43 | 36 | | | | | | |
| | | | | SUITE À LA PAGE 3 | | | | | | | | | | |

Coulis ciment-bentonite
Rapport massique:
4 eau
1 ciment
0.7 bentonite

Piézomètre à corde vibrante
VW28405
filtre métallique
profondeur : 11.0m

ÉCHELLE VERTICALE

1 : 50

Golder Associés

JOURNAL PAR: N. Pépin

VÉRIFIÉ PAR: M. Limoges

JOURNAL DE SONDAGE VWP-14-01

PROJET: 13-1221-0102-5010

PAGE 3 DE 3



LOCALISATION: Malartic, Qué.

| 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 (%) | | | | |
| | | | | | | | | | 0 | 20 | 40 | 60 | | | 80 | 100 |
| | | | | SUITE DE LA PAGE 2 | | | | | | | | | | | | |
| 18 | TARIÈRE 4 1/2" INT. 8" EXT. | 301.96 17.37 | | SABLE ET GRAVIER assumé. | | | | | | | | | | | | |
| 19 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 20 | | 299.65 19.68 | | FIN DU FORAGE. REFUS D'AVANCEMENT DE LA CUILLÈRE FENDUE. | | | | | | | | | | | | |
| 21 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 22 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 23 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 24 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 25 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 26 | | | | | | | | | | | | | | | | |

JOURNAL DE SONDAGE VWP-14-02/03

PROJET: 13-1221-0102-5010

PAGE 3 DE 3



LOCALISATION: Malartic, Qué.

| 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 | |
| | | | | SUITE DE LA PAGE 2 | | | | | | | | | | | | |
| | | 17.25 301.65 17.37 | | (SP-GW) SABLE ET GRAVIER, gris, saturé, compact. FIN DU FORAGE. REFUS D'AVANCEMENT DE LA CUILLÈRE FENDUE. | | | | | | | | | | | | |
| 18 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 19 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 20 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 21 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 22 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 23 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 24 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 25 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 26 | | | | | | | | | | | | | | | | |

JOURNAL DE SONDAGE VWP-14-04



PROJET: 13-1221-0102-5010

PAGE 1 DE 3

LOCALISATION: Malartic, Qué.

DATUM: Géodésique

CLIENT: Corporation Minière Osisko Ltée.

COORDONNÉES: 716582.83E, 5334350.26N

ENTREPRENEUR: Succession Forage George Downing Limitée

PLONGÉE: -90°

DATE DU FORAGE: 2014-04-17/18

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 Puits 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 (%) | | | | | | |
| | | | | | | | | | W _{p1} | W _n | W _i | W _{p1} | W _n | W _i | | | W _{p1} | W _n |
| 0 | | 321.92 0.00 | | Surface GLACE ET STÉRILES MINIERES (ROUTE D'ACCÈS). | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | | 320.98 0.94 | | RÉSIDUS MINIERES (ML) SILT, gris, non cohérent, saturé, très lâche. | 1 | CF | 92 | 3 | | | | | | | | | | |
| 2 | | 320.09 1.83 | | Devenant lâche. | 2 | CF | 43 | 4 | | | | | | | | | | |
| 3 | | 318.87 3.05 | | Devenant très lâche. | 3 | CF | 46 | 5 | | | | | | | | | | |
| 4 | TARIÈRE 4 1/2" INT. 8" EXT. | | | | 4 | CF | 59 | 0 | | | | | | | | | | |
| 5 | | 317.35 4.57 | | Devenant lâche. | 5 | CF | 46 | 2 | | | | | | | | | | |
| 6 | | | | | 6 | CF | 64 | 5 | | | | | | | | | | |
| 7 | | | | | 7 | CF | 46 | 5 | | | | | | | | | | |
| | | | | | 8 | CF | 66 | 4 | | | | | | | | | | |
| | | | | | 9 | CF | 57 | 4 | | | | | | | | | | |
| | | | | | 10A | CF | 55 | 3 | | | | | | | | | | |
| | | | | SUITE À LA PAGE 2 | | | | | | | | | | | | | | |

JOURNAL DE SONDAGE VWP-14-04

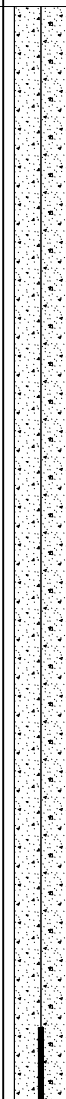
PROJET: 13-1221-0102-5010

PAGE 2 DE 3



LOCALISATION: Malartic, Qué.

| 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 Cu, kPa |
| | | | | | | | | | Wp | Wn | | | | |
| | | | | SUITE DE LA PAGE 1 | | | | | | | | | | |
| 8 | | 313.79 | | Devenant lâche. | 10A | CF | 55 | 3 | | | | | | |
| | | 8.13 | | (PT) TOURBE fibreuse, brune, non cohérente, saturée, lâche. | 10B | CF | 100 | 3 | | | | | | |
| 9 | | | | | 11 | CF | 46 | 7 | | | | | | |
| | | | | | 12 | CF | 61 | 6 | | | | | | |
| 10 | | | | | 13 | CF | 72 | 5 | | | | | | |
| | | 311.25 | | (CL) ARGILE SILTEUSE, grise, cohérente, W>LP, molle. | 14 | CF | 70 | - | | | | | | |
| 11 | | 10.67 | | | | | | | | | | | | |
| 12 | | 309.73 | | Devenant varvée. | 15 | CF | 100 | - | | | | | | |
| | | 12.19 | | | | | | | | | | | | |
| 13 | | | | | | | | | | | | | | |
| 14 | | | | | 16 | CF | 85 | - | | | | | | |
| | | 307.36 | | Devenant ferme. | 17 | CF | 100 | - | | | | | | |
| 15 | | 14.56 | | | | | | | | | | | | |
| 16 | | | | | | | | | | | | | | |
| 17 | | | | | 18 | CF | 100 | - | | | | | | |
| | | | | SUITE À LA PAGE 3 | | | | | | | | | | |



Coulis
ciment-bentonite
Rapport
massique:
4 eau
1 ciment
0.7 bentonite

Piézomètre à
corde vibrante
VW28404
Filtre métallique
profondeur :
15.0m

JOURNAL DE SONDAGE VWP-14-04

PROJET: 13-1221-0102-5010

PAGE 3 DE 3



LOCALISATION: Malartic, Qué.

| 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 | | RÉSIS. CISAILLEMENT | | | |
| | | | | | | | | | Wp | Wn | Nat. : + | | | Rem. : ⊕ |
| | | | | SUITE DE LA PAGE 2 | | | | | | | | | | |
| 18 | TUBAGE NW (88.9 mm) | 302.39 19.53 | [Hatched pattern] | Devenant ferme. | 19 | CF | 100 | - | | | | | | |
| 19 | | | | | | | | | | | | | | |
| 20 | | 301.63 20.29 | [Hatched pattern] | Devenant raide. | 20 | CF | 100 | 11 | | | | | | |
| 21 | | | | | | | | | | | | | | |
| 22 | | 300.74 21.18 | [Hatched pattern] | (ML) SILT ARGILEUX, gris, non cohérent, saturé, compact. | 21 | CF | 82 | 18 | | | | | | |
| 23 | | | | | | | | | | | | | | |
| 24 | 299.97 21.95 | | Devenant avec présence de gravier fin. | 22 | CF | 49 | 20 | | | | | | | |
| 25 | 298.81 23.11 | | (ML) SILT, un peu de sable, gris, non cohérent, saturé, compact. | 23 | CF | 84 | 17 | | | | | | | |
| 26 | | | FIN DU FORAGE. REFUS D'AVANCEMENT DE LA CUILLÈRE FENDUE. | | | | | | | | | | | |

ÉCHELLE VERTICALE

1 : 50

Golder Associés

JOURNAL PAR: N. Pépin

VÉRIFIÉ PAR: M. Limoges

JOURNAL DE SONDAGE VWP-14-04S



PROJET: 13-1221-0102-5010

PAGE 1 DE 3

LOCALISATION: Malartic, Qué.

DATUM: Géodésique

CLIENT: Corporation Minière Osisko Ltée.

COORDONNÉES: 716582.83E, 5334350.26N

ENTREPRENEUR: Succession Forage George Downing Limitée

PLONGÉE: -90°

DATE DU FORAGE: 2014-04-24

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 Puits 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 | | |
| | | | | | | | | | W_p — W_n — W_l | | | Nat. : + Rem. : ⊕ | | | |
| | | | | | | | | | Cu, kPa | | | | | | |
| | | | | | | | | | 0 | 20 | 40 | 60 | 80 | 100 | |
| 0 | | 321.92 0.00 | | Surface | | | | | | | | | | | |
| 1 | | | | | | CF | | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | TARIÈRE 4 1/2" INT. 8" EXT. | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 314.30 | | | 1 | CF | 67 | 0 | | | | | | | |
| | | | | SUITE À LA PAGE 2 | | | | | | | | | | | |

JOURNAL DE SONDAGE VWP-14-04S

PROJET: 13-1221-0102-5010

PAGE 2 DE 3



LOCALISATION: Malartic, Qué.

| 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 | | |
| | | | | | | | | Wp — Wn — Wi 0 20 40 60 80 100 | | | | | | | | | |
| | | | | SUITE DE LA PAGE 1 | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | | 7.62 | | RÉSIDUS MINIERES (ML) SILT, gris, non cohérent, saturé, très lâche. | 1 | CF | 67 | 0 | | | | | | | | | |
| 9 | | 312.78 | | (PT) TOURBE fibreuse, brune, non cohérente, saturée. | 2 | CF | 16 | 0 | | | | | | | | | |
| | | 9.14 | | | | 3 | TS | 41 | - | | | | | | | | |
| 10 | | | | (CL) ARGILE SILTEUSE, grise, cohérente, W>LP, molle. | 4 | TS | 77 | - | | | | | | | | | |
| | | | | | | 5 | TS | 70 | - | | | | | | | | |
| 11 | | 310.94 | | (CL) ARGILE SILTEUSE, grise, cohérente, W>LP, molle. | 6 | TS | 69 | - | | | | | | | | | |
| | | 10.98 | | | | 7 | TS | 99 | - | | | | | | | | |
| 12 | | | | (CL) ARGILE SILTEUSE, grise, cohérente, W>LP, molle. | 8 | TS | 100 | - | | | | | | | | | |
| | | | | | | 9 | TS | 100 | - | | | | | | | | |
| 13 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 14 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 15 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 16 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 17 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | SUITE À LA PAGE 3 | | | | | | | | | | | | | |

ÉCHELLE VERTICALE

1 : 50

Golder Associés

JOURNAL PAR: N. Pépin

VÉRIFIÉ PAR: M. Limoges

JOURNAL DE SONDAGE VWP-14-04S

PROJET: 13-1221-0102-5010

PAGE 3 DE 3



LOCALISATION: Malartic, Qué.

| 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 2 | | | | | | | | | | | | | |
| | | 304.55 17.37 | | FIN DU FORAGE. | | | | | | | | | | | | | |
| 18 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 19 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 20 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 21 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 22 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 23 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 24 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 25 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 26 | | | | | | | | | | | | | | | | | |

JOURNAL DE SONDAGE VWP-14-05



PROJET: 13-1221-0102-5010

PAGE 1 DE 2

LOCALISATION: Malartic, Qué.

DATUM: Géodésique

CLIENT: Corporation Minière Osisko Ltée.

COORDONNÉES: 716727E, 5334278N

ENTREPRENEUR: Succession Forage George Downing Limitée

PLONGÉE: -90°

DATE DU FORAGE: 2014-04-23

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 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 | | | | |
| | | | | | | | | | Wp Wn Wl | | | Nat. : + Rem. : ⊕ | | | | | |
| | | | | | | | | | 0 | 20 | 40 | 60 | 80 | 100 | | | |
| 0 | | 319.00 | | Surface | | | | | | | | | | | | | |
| | | 0.00 | | STÉRILES MINIERS (ROUTE D'ACCÈS). | | | | | | | | | | | | | |
| | TARIÈRE 4 1/2" INT. 8" EXT. | 315.95 | | RÉSIDUS MINIERS (ML-SP), SABLE ET SILT, gris-brun, non cohérent, saturé, lâche. | 1 | CF | 61 | 7 | | | | | | | | | |
| | | 315.19 | | RÉSIDUS MINIERS (ML) SILT sableux, gris, non cohérent, saturé, très lâche. | 2 | CF | 59 | 3 | | | | | | | | | |
| | | | | | | 3 | CF | 72 | 3 | | | | | | | | |
| | | | | | | 4 | CF | 64 | 0 | | | | | | | | |
| | | | | | | 5 | CF | 54 | 0 | | | | | | | | |
| | | | 312.50 | | (PT) TOURBE fibreuse, brune, non cohérente, saturée, très lâche. | | | | | | | | | | | | |
| | | | 312.12 | | (ML) SILT ARGILEUX, gris, non cohérent, saturé, lâche. | 6 | CF | 77 | 7 | | | | | | | | |
| | | 311.38 | | | 7 | CF | 85 | 4 | | | | | | | | | |
| | | | | SUITE À LA PAGE 2 | | | | | | | | | | | | | |

Coulis
ciment-bentonite
Rapport
massique:
4 eau
1 ciment
0.7 bentonite

JOURNAL DE SONDAGE WWP-14-05

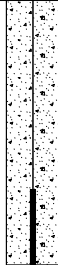
PROJET: 13-1221-0102-5010

PAGE 2 DE 2



LOCALISATION: Malartic, Qué.

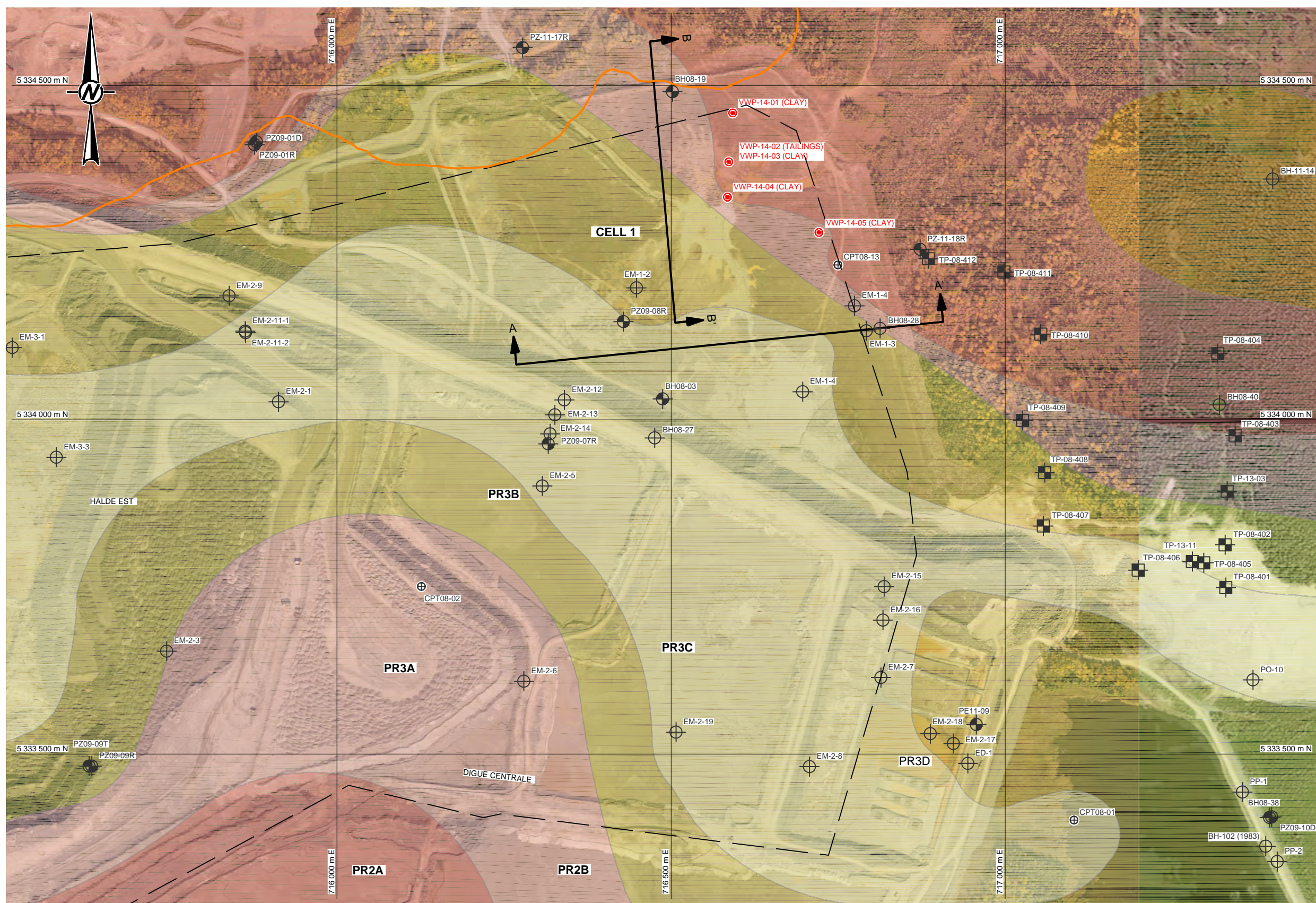
| PROFONDEUR (mètres) | MÉTHODE DE FORAGE | STRATIGRAPHIE | | ÉCHANTILLONS | | | OBSERVATIONS ET RÉSULTATS | | | | ESSAIS DE LABORATOIRE | AMÉNAGEMENT(S) DE Puits D'OBSERVATION ET NIVEAU(X) D'EAU SOUTERRAINE | | | |
|------------------------|-----------------------------|----------------------------|--------------------|--|--|------|---------------------------|--------------------------|---------------------------------|----|--------------------------|--|--|--|--|
| | | ÉLÉV. PROF. (mètres) | STRATI- GRAPHIE | DESCRIPTION | NUMÉRO | TYPE | % RÉCUPÉRA. | COUPS 0.3m ou RQD (%) | RÉSIS. PÉNÉTRATION DYNAMIQUE | | | | | | |
| | | | | | | | | | TENEUR EN EAU (%) | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | SUITE DE LA PAGE 1 | | | | | | | | | | | |
| 8 | TARIÈRE 4 1/2" INT. 8" EXT. | 7.62 | [Hatched pattern] | (CL) ARGILE SILTEUSE, grise, non cohérente, W~LP, molle. | 7 | CF | 85 | 4 | | | | | | | |
| | | 310.62 | | | Devenant varvée et ferme. | 8 | CF | 100 | - | | | | | | |
| 9 | | 8.38 | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | 9 | CF | 100 | - | | | | | | |
| 10 | | | | | | 10 | CF | 85 | - | | | | | | |
| | | | | | | | | | | ⊕ | | | | | |
| 11 | | 308.33 | 10.67 | [Diagonal lines] | (ML) SILT ARGILEUX, gris, non cohérent, saturé, compact. | 11 | CF | 51 | - | | | | | | |
| | | | | | | | 12 | CF | 48 | 10 | | | | | |
| 12 | | 306.81 | 12.19 | | (ML) SILT, un peu d'argile, gris, non cohérent, saturé, compact. | 13 | CF | 100 | 10 | | | | | | |
| 13 | | 306.05 | 12.95 | [Dotted pattern] | (ML-SP), SILT ET SABLE, gris, non cohérent, saturé, compact. | 14 | CF | - | R | | | | | | |
| | | 305.44 | 13.56 | | | | | | | | | | | | |
| 14 | | | | | FIN DU FORAGE. REFUS D'AVANCEMENT DE LA CUILLÈRE FENDUE. | | | | | | | | | | |
| 15 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 16 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 17 | | | | | | | | | | | | | | | |



Coulis ciment-bentonite
Rapport massique:
4 eau
1 ciment
0.7 bentonite
Piézomètre à corde vibrante VW28401
Filtre métallique profondeur : 9.5m

>91.0 kPa

Path: \\goldcorp\gis\gal\montreal\GIS\CAD\PROJECTS\OSISKO\PRODUCTION\13-1221-0102-4000-03.dwg | File Name: 1312210102-4000-03.dwg



LEGEND

- LIMIT OF CELL No. 1 WASTE ROCK STOCKPILE
- EXISTING MONITORING WELL
- EXISTING BOREHOLE
- EXISTING TEST PIT
- EXISTING CPT
- VIBRATING WIRE PIEZOMETER

COHESIVE SOIL THICKNESS (m)*

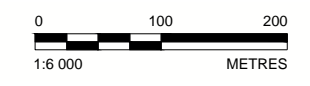
| | |
|------------|-----------|
| 0 TO 1 m | 5 TO 10 m |
| 1 TO 2.5 m | > 10 m |
| 2.5 TO 5 m | |

NOTES

- COORDINATE SYSTEM : UTM NAD 83, AREA 17
- * THIS MAP IS AN INTERPRETATION BASED ON BOREHOLES, CPT AND TEST PITS, CONTOURS MAY DIFFER FROM REALITY.

REFERENCE

PHOTOGRAPH PROVIDED BY OSISKO (JULY 2012 AND OCTOBER 2013)



CLIENT
CANADIAN MALARTIC GP

CONSULTANT



YYYY-MM-DD 2014-04-17
 PREPARED M. Limoges Shaigetz
 DESIGN R. Gravel
 REVIEW M. Limoges Shaigetz
 APPROVED M. Kissiova

PROJECT
SLOPE STABILITY AND STAGED
CONSTRUCTION ANALYSIS AND RECOMMENDATIONS
WASTEROCK STOCKPILE - CELL No 1

TITLE
CROSS-SECTION LOCATION

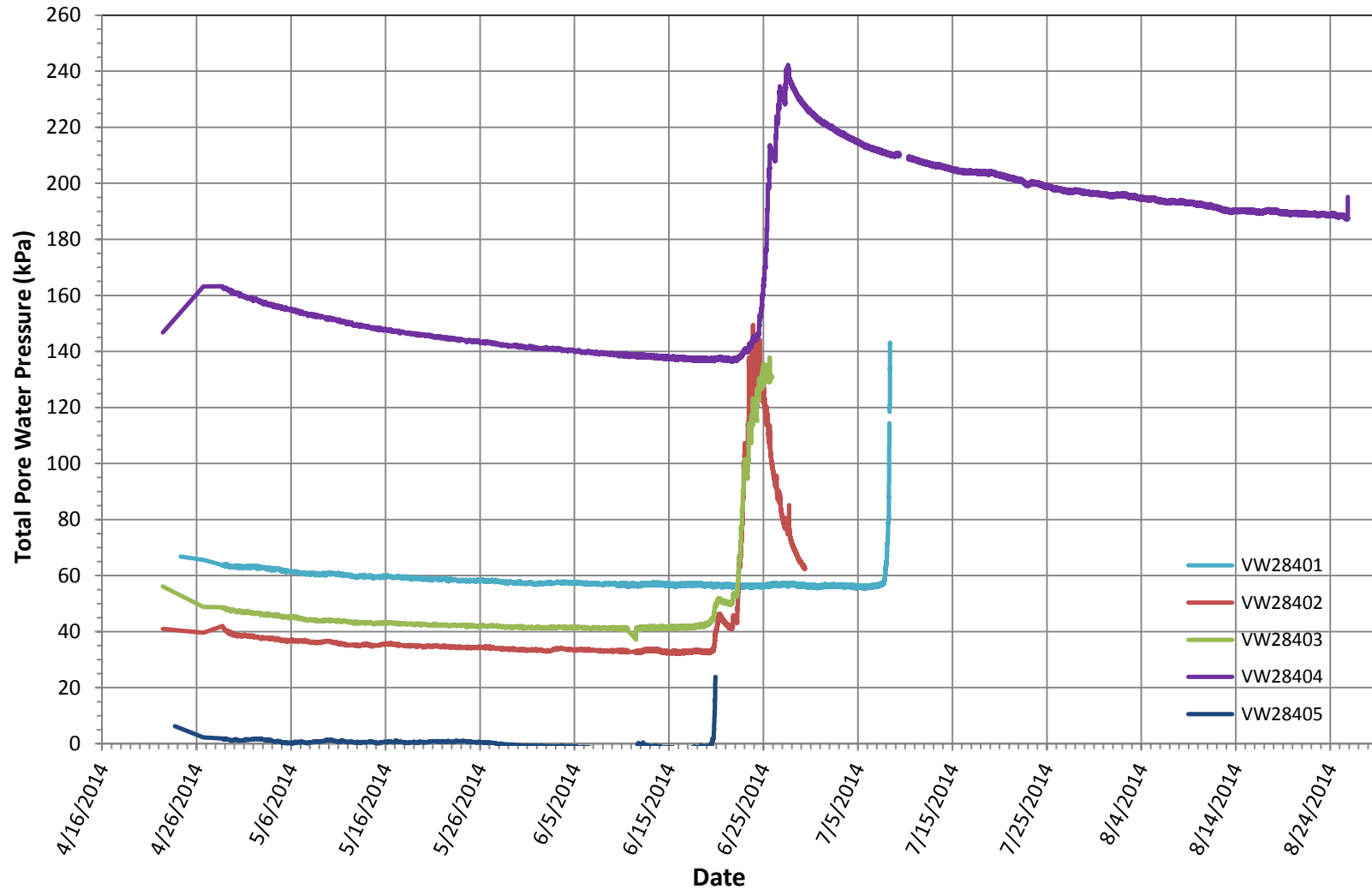
| | | | |
|-----------------------------|---------------|-----------|-------------|
| PROJECT No. 13-1221-0102 | PHASE 4000 | Rev. A | FIGURE 1 |
|-----------------------------|---------------|-----------|-------------|

25 mm IF THIS MEASUREMENT DOES NOT MATCH WHAT IS SHOWN, THE SHEET SIZE HAS BEEN MODIFIED FROM ANSI B



Vibrating Wire Piezometer Data Cell No. 1, Canadian Malartic Mine, Quebec

Figure 2



NOTE:

1. It should be noted that all VWP instruments failed (i.e. stopped functioning) over time.

CONSOLIDATION TEST SUMMARY
SHEET 1 of 4

FIGURE 3

SAMPLE IDENTIFICATION

| | | | |
|-----------------|--------------|-----------------|------------|
| Project Number | 13-1221-0102 | Sample Number | 4 |
| Borehole Number | VWP-14-04S | Sample Depth, m | 9.91-10.51 |

TEST CONDITIONS

| | | | |
|------------------|------------|-------------------|----|
| Test Type | Standard | Load Duration, hr | 24 |
| Oedometer Number | 1 | | |
| Date Started | 05/20/2014 | | |
| Date Completed | 07/11/2014 | | |

SAMPLE DIMENSIONS AND PROPERTIES - INITIAL

| | | | |
|-------------------------|--------|------------------------------------|-------|
| Sample Height, cm | 2.56 | Unit Weight, kN/m ³ | 9.38 |
| Sample Diameter, cm | 6.34 | Dry Unit Weight, kN/m ³ | 2.17 |
| Area, cm ² | 31.54 | Specific Gravity, measured | 1.61 |
| Volume, cm ³ | 80.58 | Solids Height, cm | 0.352 |
| Water Content, % | 332.08 | Volume of Solids, cm ³ | 11.10 |
| Wet Mass, g | 77.04 | Volume of Voids, cm ³ | 69.48 |
| Dry Mass, g (assumed) | 17.83 | Degree of Saturation, % | 85.2 |

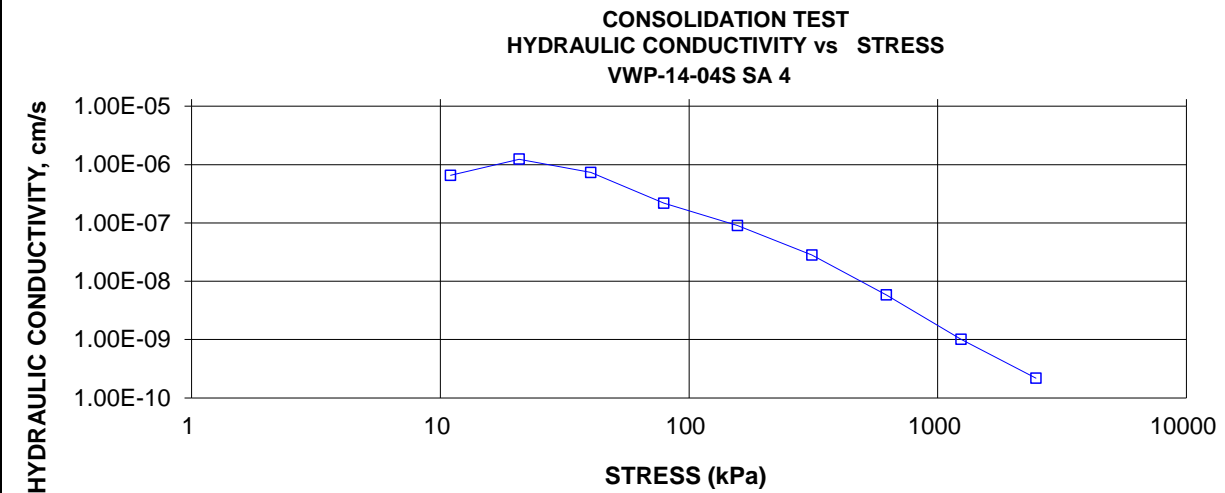
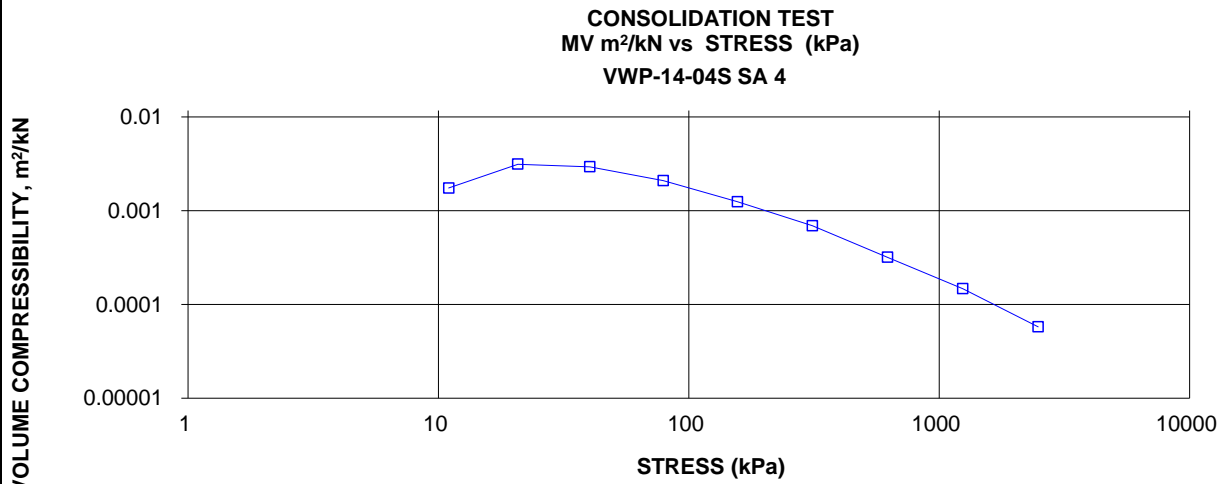
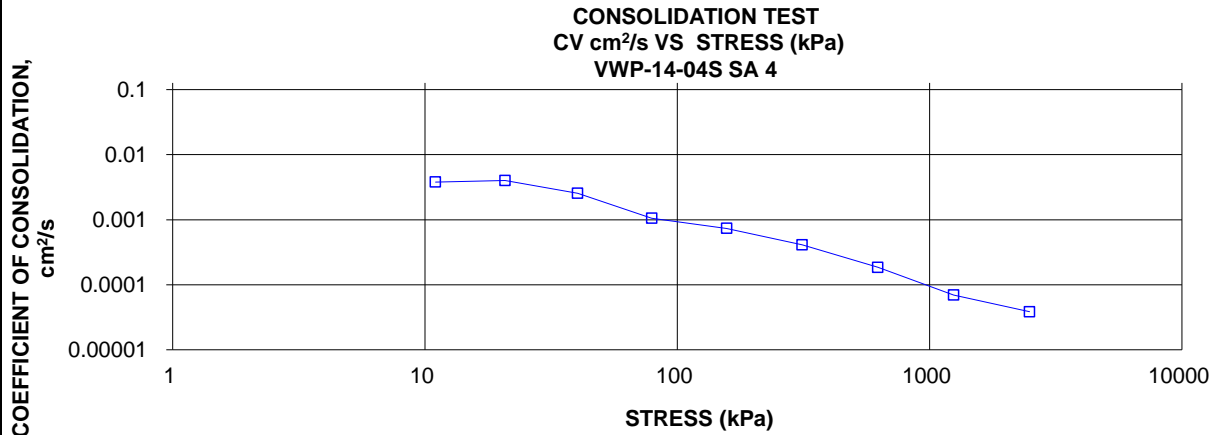
TEST COMPUTATIONS

| Stress kPa | Corr. | Void Ratio | Average | t ₉₀ sec | cv. cm ² /s | mv m ² /kN | k cm/s |
|---------------|--------------|---------------|--------------|------------------------|---------------------------|--------------------------|-----------|
| | Height cm | | Height cm | | | | |
| 0.00 | 2.555 | 6.258 | 2.555 | | | | |
| 6.15 | 2.550 | 6.244 | 2.553 | | | | |
| 11.00 | 2.528 | 6.183 | 2.539 | 359 | 3.81E-03 | 1.75E-03 | 6.53E-07 |
| 20.75 | 2.450 | 5.960 | 2.489 | 327 | 4.02E-03 | 3.15E-03 | 1.24E-06 |
| 40.26 | 2.303 | 5.543 | 2.377 | 470 | 2.55E-03 | 2.94E-03 | 7.35E-07 |
| 79.11 | 2.095 | 4.950 | 2.199 | 969 | 1.06E-03 | 2.10E-03 | 2.18E-07 |
| 156.73 | 1.847 | 4.247 | 1.971 | 1116 | 7.38E-04 | 1.25E-03 | 9.02E-08 |
| 311.88 | 1.572 | 3.466 | 1.710 | 1500 | 4.13E-04 | 6.94E-04 | 2.81E-08 |
| 622.33 | 1.319 | 2.746 | 1.445 | 2385 | 1.86E-04 | 3.19E-04 | 5.81E-09 |
| 1243.05 | 1.085 | 2.081 | 1.202 | 4392 | 6.97E-05 | 1.47E-04 | 1.01E-09 |
| 2484.95 | 0.901 | 1.560 | 0.993 | 5426 | 3.85E-05 | 5.78E-05 | 2.18E-10 |
| 1243.05 | 0.925 | 1.626 | 0.913 | | | | |
| 311.88 | 1.020 | 1.897 | 0.972 | | | | |
| 79.11 | 1.122 | 2.188 | 1.071 | | | | |
| 20.75 | 1.227 | 2.484 | 1.174 | | | | |
| 6.15 | 1.294 | 2.676 | 1.260 | | | | |

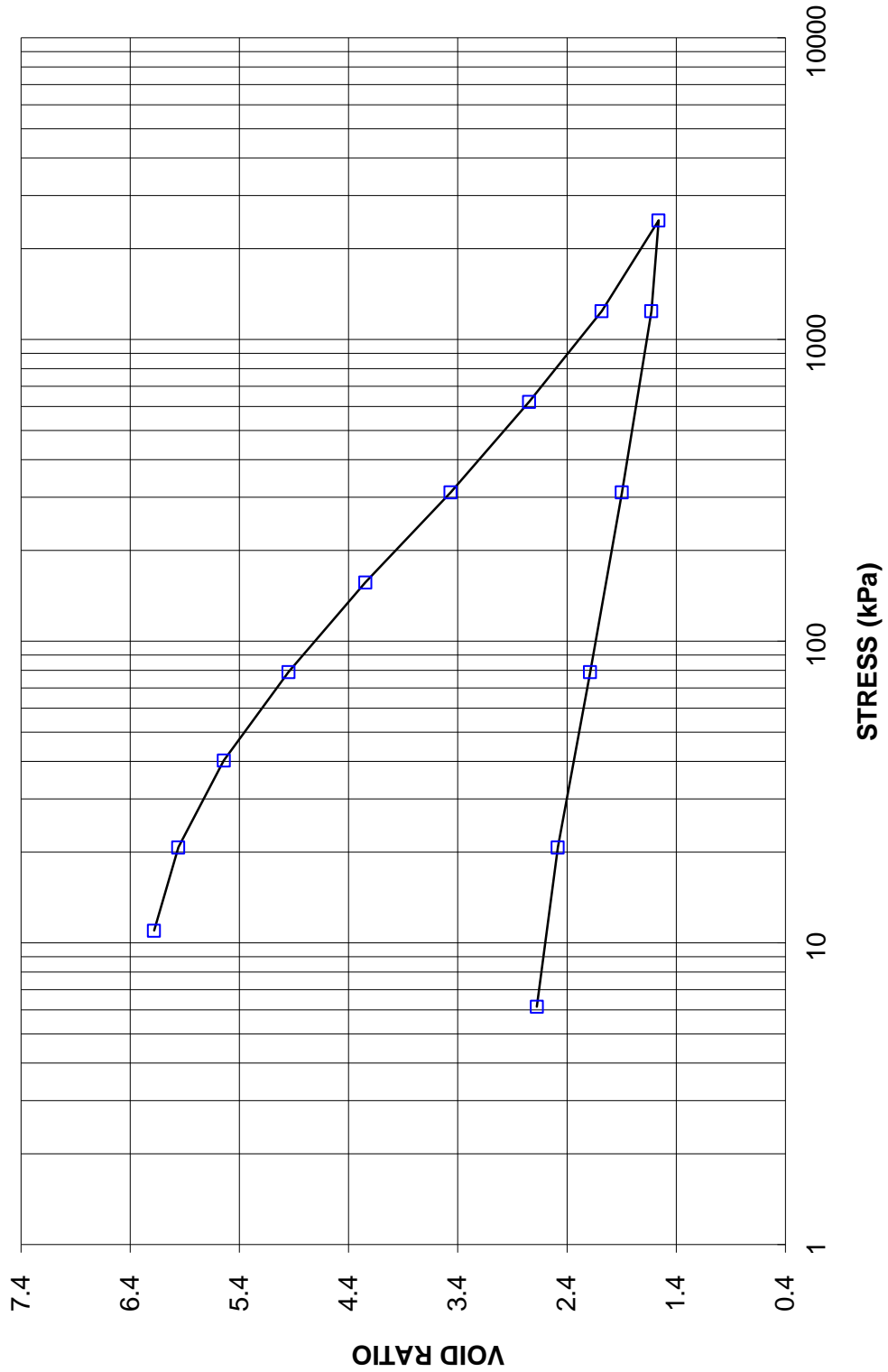
Note:
Consolidation loading and unloading schedule assigned by the client.
Specimen taken 46-51 cm from bottom of the tube
k calculated using cv based on t₉₀ values.

SAMPLE DIMENSIONS AND PROPERTIES - FINAL

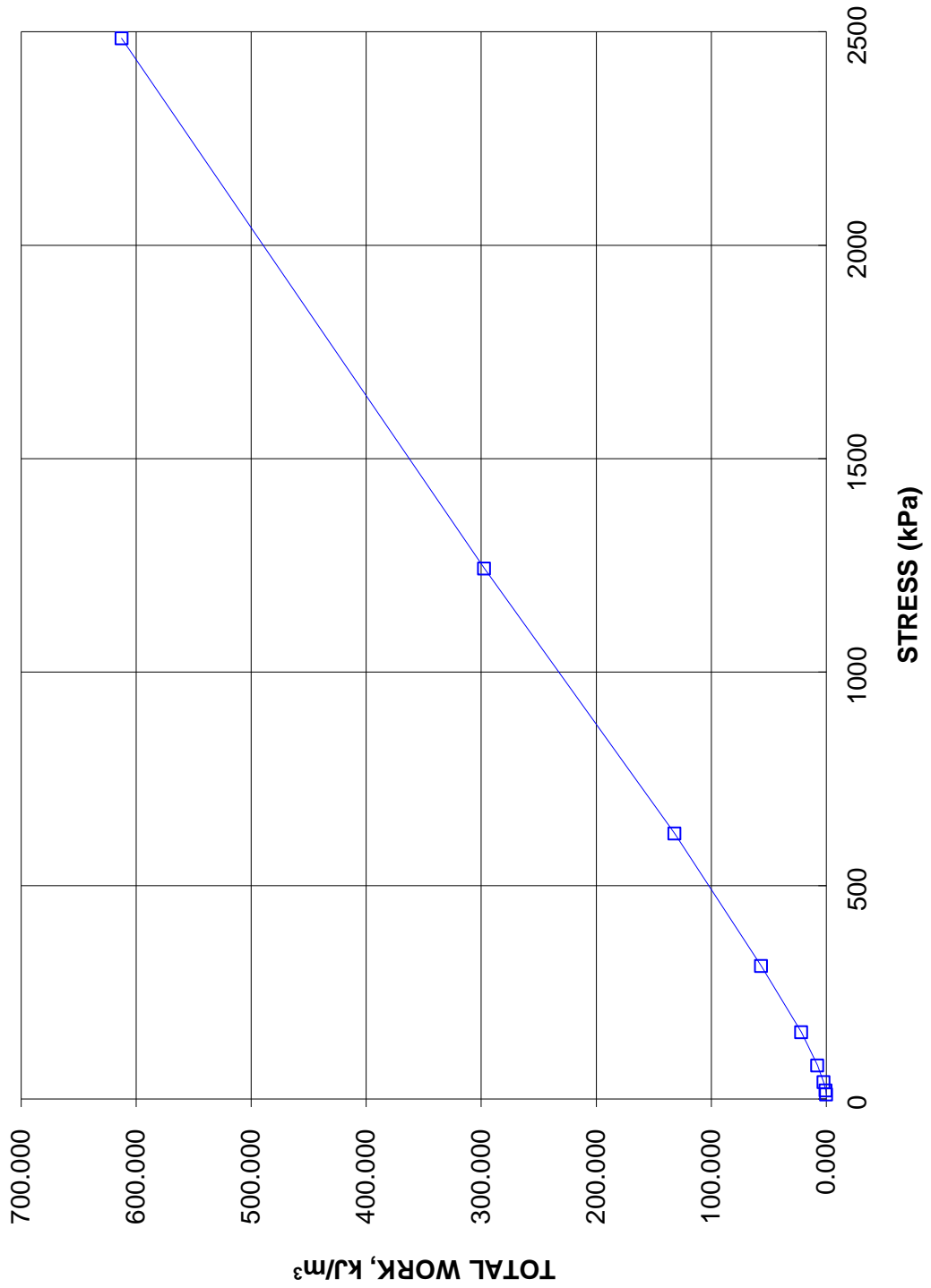
| | | | |
|-------------------------|--------|------------------------------------|-------|
| Sample Height, cm | 1.29 | Unit Weight, kN/m ³ | 11.36 |
| Sample Diameter, cm | 6.34 | Dry Unit Weight, kN/m ³ | 4.28 |
| Area, cm ² | 31.54 | Specific Gravity, measured | 1.61 |
| Volume, cm ³ | 40.81 | Solids Height, cm | 0.352 |
| Water Content, % | 165.23 | Volume of Solids, cm ³ | 11.10 |
| Wet Mass, g | 47.29 | Volume of Voids, cm ³ | 29.71 |
| Dry Mass, g | 17.83 | | |



CONSOLIDATION TEST
VOID RATIO vs STRESS
VWP-14-04S SA 4



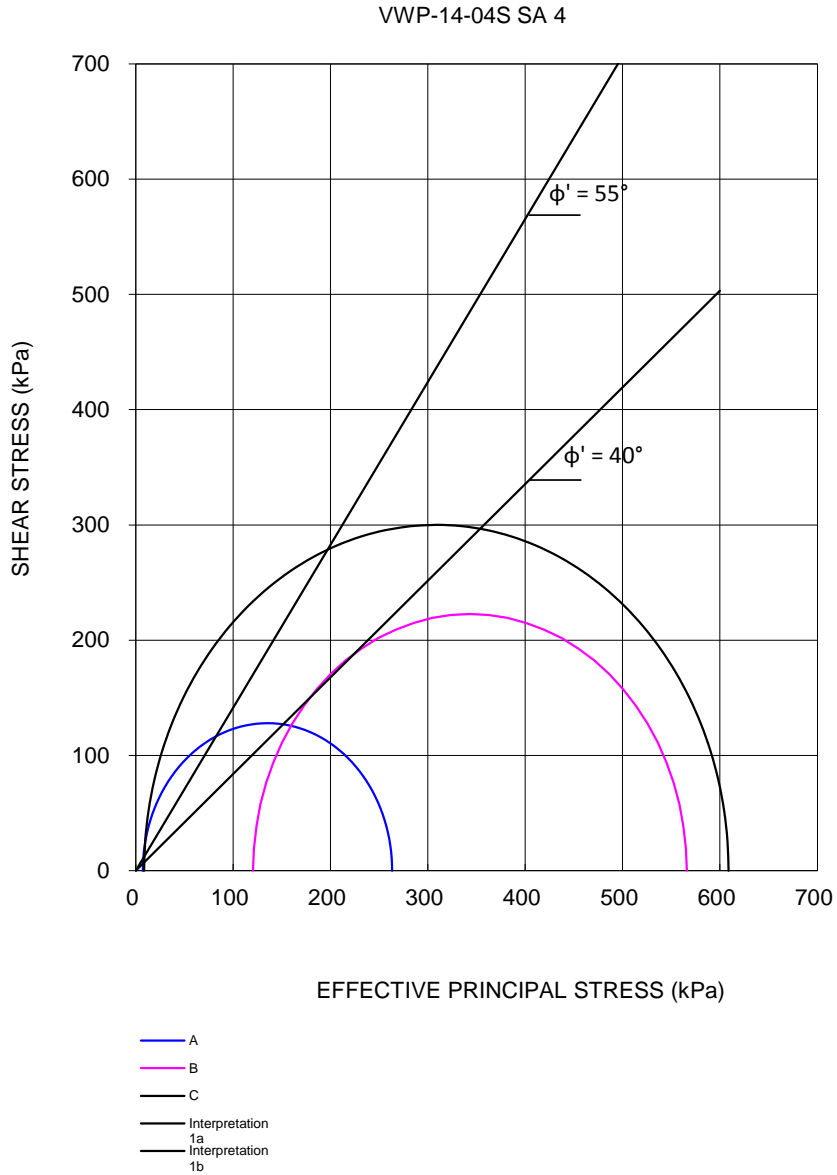
CONSOLIDATION TEST
TOTAL WORK, kJ/m^3 vs STRESS
VWP-14-04S SA 4



**CONSOLIDATED UNDRAINED TRIAXIAL
WITH PORE PRESSURE MEASUREMENTS
SHEET 1 OF 4**

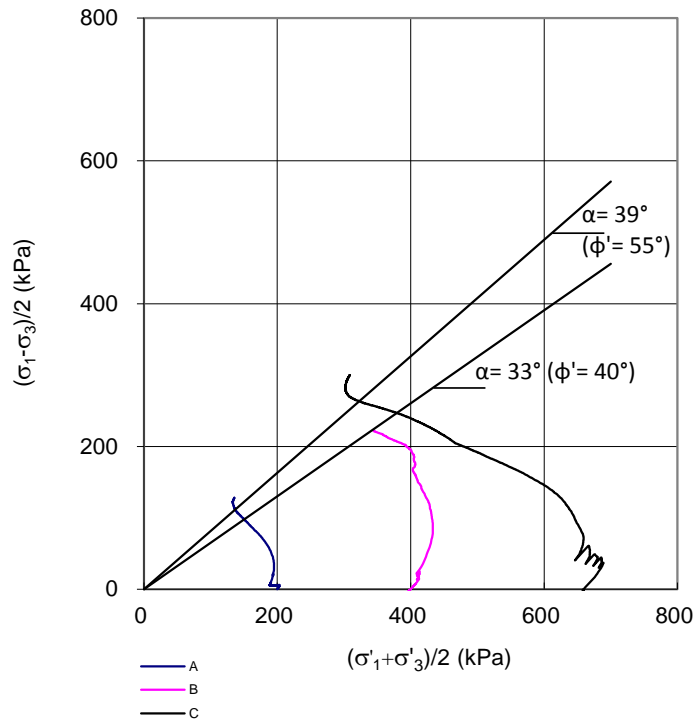
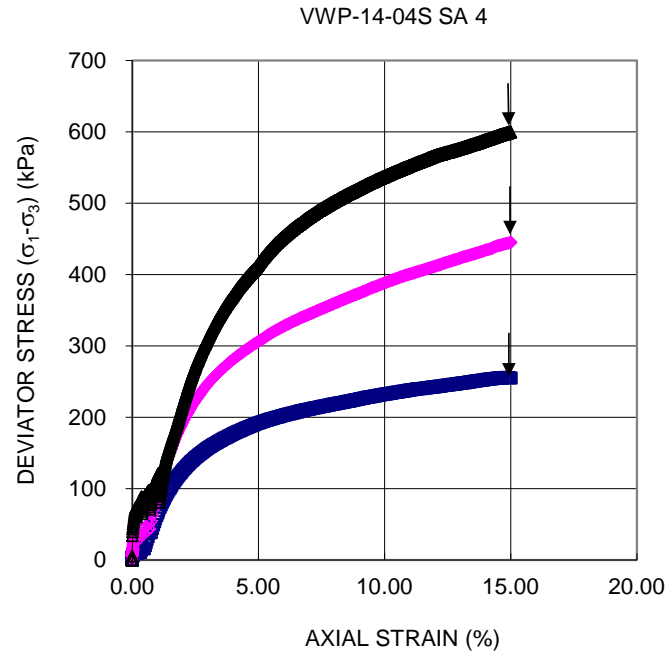
FIGURE 4

| TEST STAGE | A | B | C |
|---|---|------------|-----------------|
| BOREHOLE NUMBER | VWP-14-04S /WP-14-04S /WP-14-04S | | |
| SAMPLE | 4 | 4 | 4 |
| DEPTH, m | 9.91-10.51 | 9.91-10.51 | 9.91-10.51 |
| SPECIMEN DIAMETER, cm | 6.98 | 6.95 | 6.93 |
| SPECIMEN HEIGHT, cm | 13.94 | 13.95 | 13.95 |
| NATURAL WATER CONTENT, % | 247.4 | 262.4 | 480.9 |
| DRY DENSITY, Mg/m ³ | 0.31 | 0.30 | 0.18 |
| WATER CONTENT AFTER SATURATION, % | 231.3 | 241.0 | 452.6 |
| CELL PRESSURE, σ_3 , kPa | 265.0 | 465.0 | 725.0 |
| BACK PRESSURE, kPa | 65.0 | 65.0 | 65.0 |
| PORE PRESSURE PARAMETER "B" | 0.99 | 0.99 | 0.99 |
| CONSOLIDATION PRESSURE, σ_c , kPa | 200.0 | 400.0 | 660.0 |
| VOLUMETRIC STRAIN DURING CONSOLIDATION, % | 18.4 | 41.0 | 52.5 |
| WATER CONTENT AFTER CONSOLIDATION, % | 171.7 | 102.4 | 158.4 |
| AVERAGE RATE OF STRAIN, %/hr | 0.5 | 0.5 | 0.5 |
| TIME TO FAILURE, HOURS | 29.9 | 30.0 | 30.0 |
| WATER CONTENT AFTER TEST, % | 176.3 | 133.1 | 232.0 |
| MAX. DEVIATOR STRESS, $(\sigma_1 - \sigma_3)$, kPa | 256.0 | 445.3 | 600.1 |
| AXIAL STRAIN AT $(\sigma_1 - \sigma_3)$ maximum, % | 14.9 | 15.0 | 15.0 |
| MAX EFFECTIVE PRINCIPAL STRESS RATIO, (σ'_1 / σ'_3) maximum | 35.6 | 4.7 | 70.8 |
| DEVIATOR STRESS AT (σ'_1 / σ'_3) maximum, kPa | 256.0 | 445.3 | 600.0 |
| AXIAL STRAIN AT (σ'_1 / σ'_3) maximum, % | 14.9 | 15.0 | 15.0 |
| PORE PRESSURE PARAMETER, Af, AT $(\sigma_1 - \sigma_3)$ maximum | 0.75 | 0.63 | 1.09 |
| PORE PRESSURE PARAMETER, Af, AT (σ'_1 / σ'_3) maximum | 0.75 | 0.63 | 1.09 |
| FILTER DRAINS USED, y/n | y | y | y |
| TEST NOTES: | <p style="margin-left: 40px;">Consolidation pressures are assigned by the client. Specimen A taken 31 to 46 cm from bottom of tube. Specimen B taken 16 to 31 cm from bottom of tube. Specimen C taken 0 to 16 cm from bottom of tube.</p> | | |
| FAILURE PLANE NUMBER | - | - | - |
| ANGLE OF FAILURE, DEGREES | - | - | bulged |
| Date: | 5/28/2014 | | Prepared By: RD |
| Project No. | 13-1221-0102 | | Checked By: TZ |
| Golder Associates | | | |



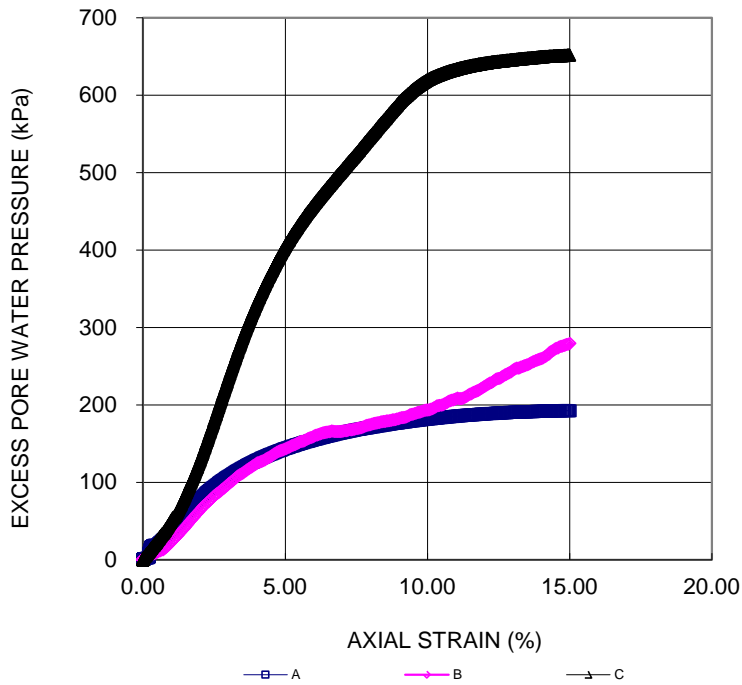
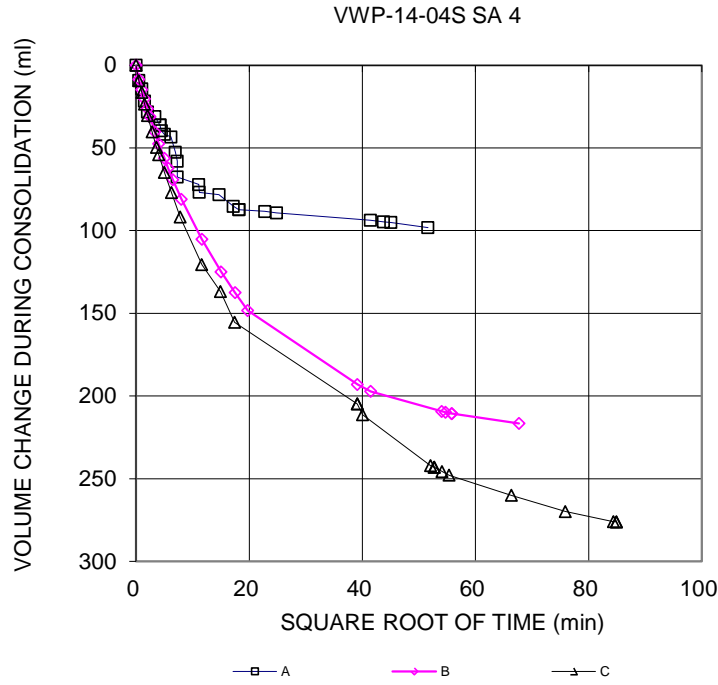
**CONSOLIDATED UNDRAINED TRIAXIAL
WITH PORE PRESSURE MEASUREMENTS
SHEET 3 OF 4**

FIGURE 4



**CONSOLIDATED UNDRAINED TRIAXIAL
WITH PORE PRESSURE MEASUREMENTS
SHEET 4 OF 4**

FIGURE 4



Date: 5/28/2014
Project No. 13-1221-0102

Golder Associates

Prepared By: RD
Checked By: TZ

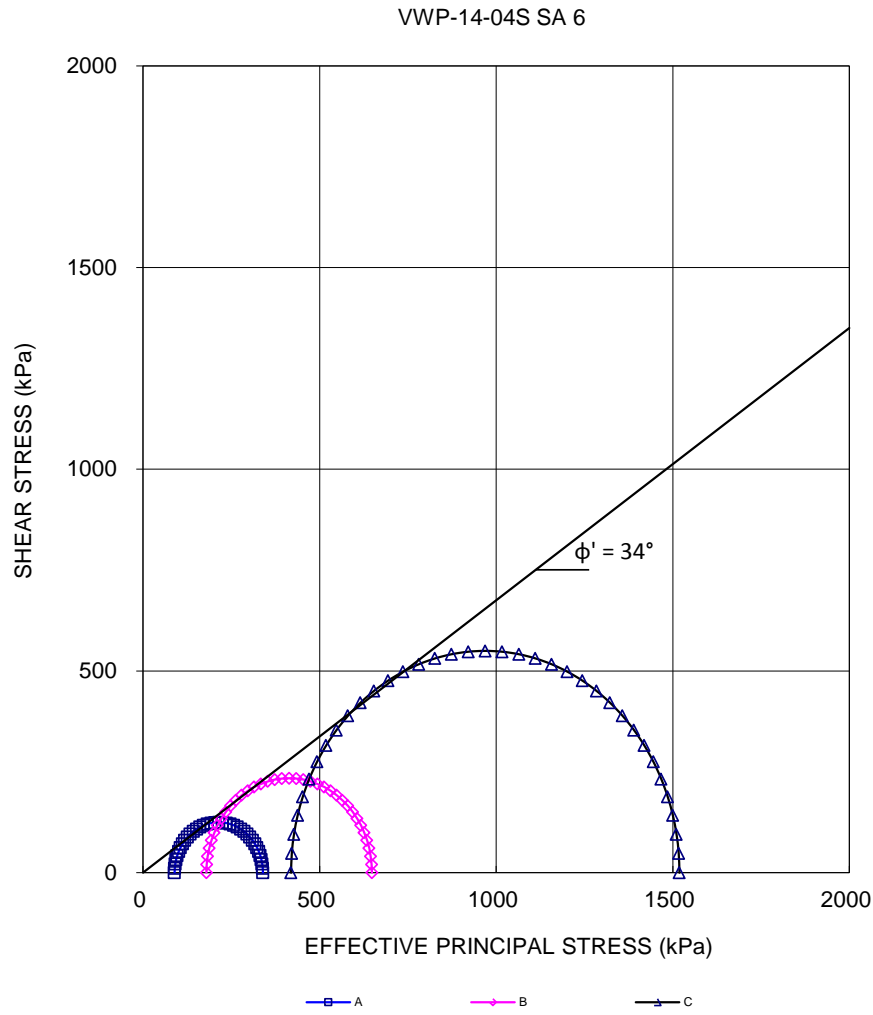
**CONSOLIDATED UNDRAINED TRIAXIAL
WITH PORE PRESSURE MEASUREMENTS
SHEET 1 OF 4**

FIGURE 5

| TEST STAGE | A | B | C |
|---|---|-------------|-----------------|
| BOREHOLE NUMBER | VWP-14-04S | VWP-14-04S | VWP-14-04S |
| SAMPLE | 6 | 6 | 6 |
| DEPTH, m | 12.20-12.80 | 12.20-12.80 | 12.20-12.80 |
| SPECIMEN DIAMETER, cm | 5.04 | 5.04 | 5.04 |
| SPECIMEN HEIGHT, cm | 10.13 | 10.15 | 10.13 |
| NATURAL WATER CONTENT, % | 28.4 | 28.3 | 26.5 |
| DRY DENSITY, Mg/m ³ | 1.53 | 1.55 | 1.59 |
| WATER CONTENT AFTER SATURATION, % | 28.4 | 28.2 | 26.5 |
| CELL PRESSURE, σ_3 , kPa | 215.0 | 535.0 | 725.0 |
| BACK PRESSURE, kPa | 65.0 | 135.0 | 65.0 |
| PORE PRESSURE PARAMETER "B" | 0.99 | 0.99 | 0.99 |
| CONSOLIDATION PRESSURE, σ_c , kPa | 150.0 | 400.0 | 660.0 |
| VOLUMETRIC STRAIN DURING CONSOLIDATION, % | 6.0 | 9.0 | 9.6 |
| WATER CONTENT AFTER CONSOLIDATION, % | 24.5 | 22.4 | 20.4 |
| AVERAGE RATE OF STRAIN, %/hr | 0.5 | 0.5 | 0.5 |
| TIME TO FAILURE, HOURS | 30.0 | 30.0 | 30.0 |
| WATER CONTENT AFTER TEST, % | 23.2 | 21.8 | 20.0 |
| MAX. DEVIATOR STRESS, $(\sigma_1 - \sigma_3)$, kPa | 250.0 | 468.8 | 1099.7 |
| AXIAL STRAIN AT $(\sigma_1 - \sigma_3)$ maximum, % | 15.0 | 15.0 | 15.0 |
| MAX EFFECTIVE PRINCIPAL STRESS RATIO, (σ'_1 / σ'_3) maximum | 4.0 | 3.7 | 3.7 |
| DEVIATOR STRESS AT (σ'_1 / σ'_3) maximum, kPa | 198.0 | 428.3 | 939.2 |
| AXIAL STRAIN AT (σ'_1 / σ'_3) maximum, % | 7.7 | 11.0 | 10.1 |
| PORE PRESSURE PARAMETER, Af, AT $(\sigma_1 - \sigma_3)$ maximum | 0.24 | 0.47 | 0.22 |
| PORE PRESSURE PARAMETER, Af, AT (σ'_1 / σ'_3) maximum | 0.43 | 0.56 | 0.34 |
| FILTER DRAINS USED, y/n | y | y | y |
| TEST NOTES: | <p style="margin-left: 40px;">Consolidation pressures are assigned by the client. Specimen A taken 28 to 41 cm from bottom of tube. Specimen B taken 16 to 28 cm from bottom of tube. Specimen C taken 4 to 16 cm from bottom of tube.</p> | | |
| FAILURE PLANE NUMBER | - | - | - |
| ANGLE OF FAILURE, DEGREES | bulged | bulged | bulged |
| Date: | 6/2/2014 | | Prepared By: RD |
| Project No. | 13-1221-0102 | | Checked By: TZ |
| Golder Associates | | | |

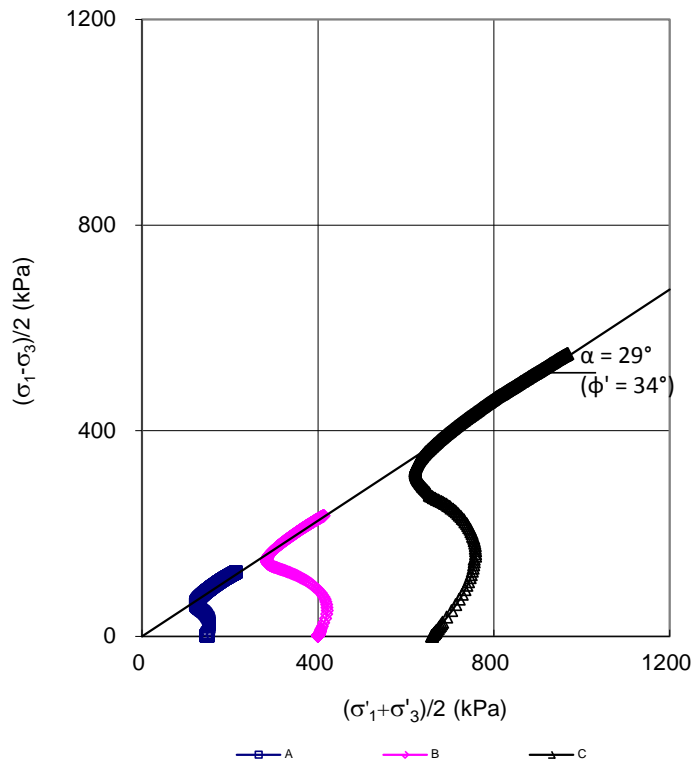
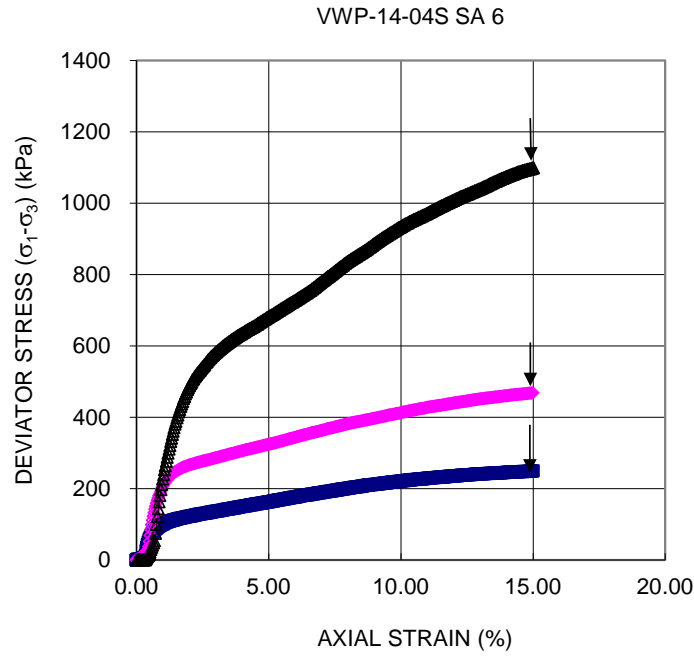
CONSOLIDATED UNDRAINED TRIAXIAL
WITH PORE PRESSURE MEASUREMENTS
SHEET 2 OF 4

FIGURE 5



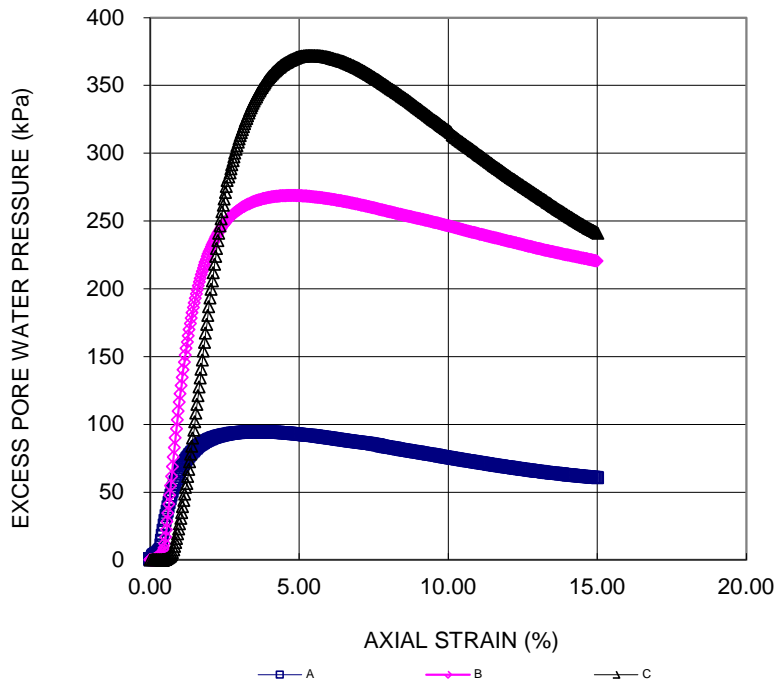
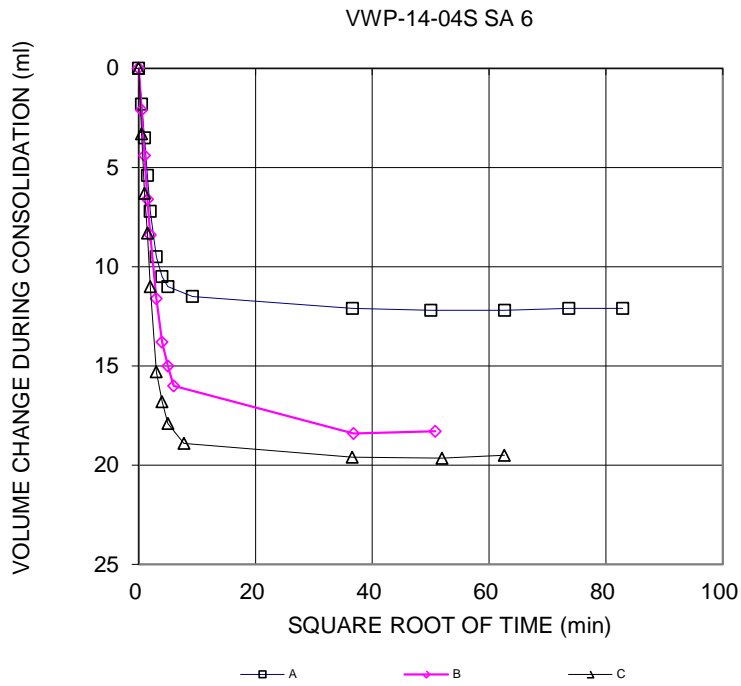
**CONSOLIDATED UNDRAINED TRIAXIAL
WITH PORE PRESSURE MEASUREMENTS
SHEET 3 OF 4**

FIGURE 5



**CONSOLIDATED UNDRAINED TRIAXIAL
WITH PORE PRESSURE MEASUREMENTS
SHEET 4 OF 4**

FIGURE 5



Date: 6/2/2014
Project No. 13-1221-0102

Golder Associates

Prepared By: RD
Checked By: TZ

**CONSOLIDATED DRAINED DIRECT SHEAR TEST
SHEET 1 OF 3**

FIGURE 6

| TEST STAGE | A | B | C |
|---|--------------------------------|-------------|-------------|
| BOREHOLE NUMBER | VWP-14-04SVWP-14-04SVWP-14-04S | | |
| SAMPLE | 8 | 8 | 8 |
| SAMPLE DEPTH, (m) | 15.24-15.85 | 15.24-15.85 | 15.24-15.85 |
| SAMPLE HEIGHT, (mm) | 38.20 | 38.20 | 38.20 |
| SAMPLE LENGTH, (mm) | 60.00 | 60.00 | 60.00 |
| WATER CONTENT, BEFORE TEST, (%) | 56.8 | 58.0 | 54.3 |
| NORMAL (CONSOLIDATION) STRESS, (kPa) | 175 | 450 | 700 |
| WATER CONTENT, AFTER TEST, (%) | 45.9 | 33.9 | 37.2 |
| DISPLACEMENT RATE, mm/min | 0.0048 | 0.0048 | 0.0048 |
| TIME TO FAILURE, hours | 21 | 21 | 21 |
| PEAK SHEAR STRESS ¹ , (kPa) | 82.8 | 237.4 | 388.6 |
| HORIZONTAL DISPLACEMENT AT PEAK, (mm) | 6.0 | 6.0 | 6.0 |
| RESIDUAL SHEAR STRESS, (kPa) | 89.6 | 261.5 | 395.4 |
| HORIZONTAL DISPLACEMENT AT RESIDUAL, (mm) | 14.3 | 13.7 | 13.9 |
| DRY DENSITY, initial, Mg/m ³ | 1.019 | 1.047 | 1.027 |
| WET DENSITY, initial, Mg/m ³ | 1.598 | 1.655 | 1.585 |

TEST NOTES:

¹ In the absence of a peak, the shear stress reported is at 10 percent relative horizontal displacement (ASTM D3080).

Sample "A" taken 30-36 cm from bottom of the tube

Sample "B" taken 24-30 cm from bottom of the tube

Sample "C" taken 18-24 cm from bottom of the tube

Date: 5/30/2014

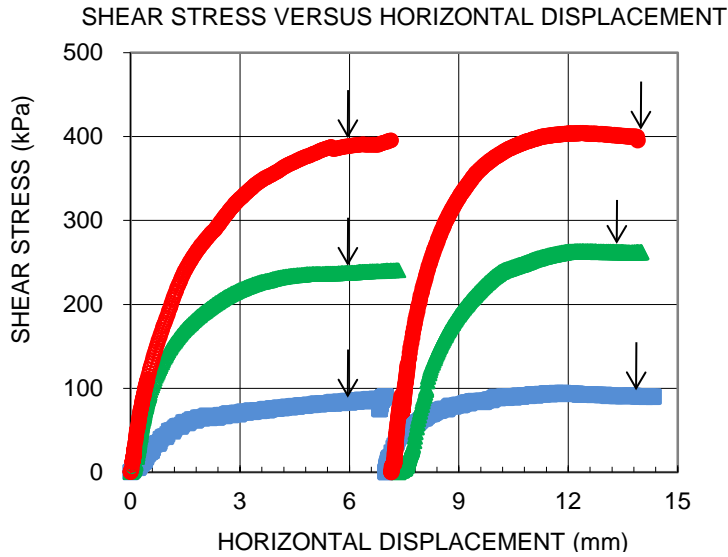
Project No. 13-1221-0102

Golder Associates

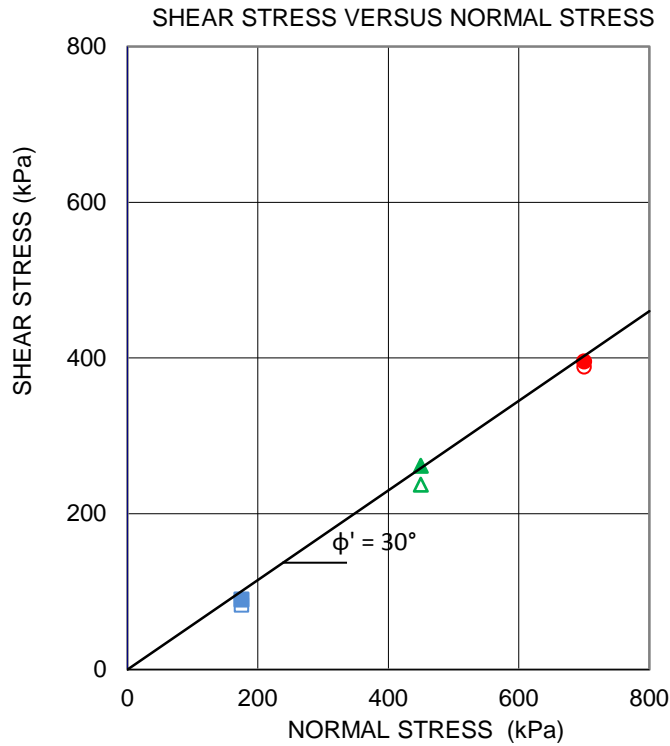
Prepared By: LH

Checked By:

BH VWP-14-04S SA 8



BH VWP-14-04S SA 8



- SPECIMEN A, NORMAL STRESS =175 kPa
- ▲— SPECIMEN B, NORMAL STRESS =450 kPa
- SPECIMEN C, NORMAL STRESS =700 kPa
- A Residual
- ▲— B Residual

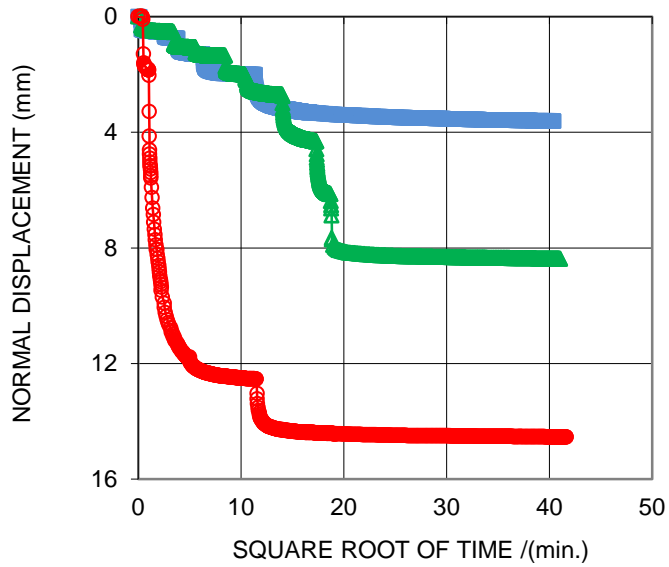
Date: 5/30/2014
Project No. 13-1221-0102

Golder Associates

Prepared By: LH
Checked By: TZ

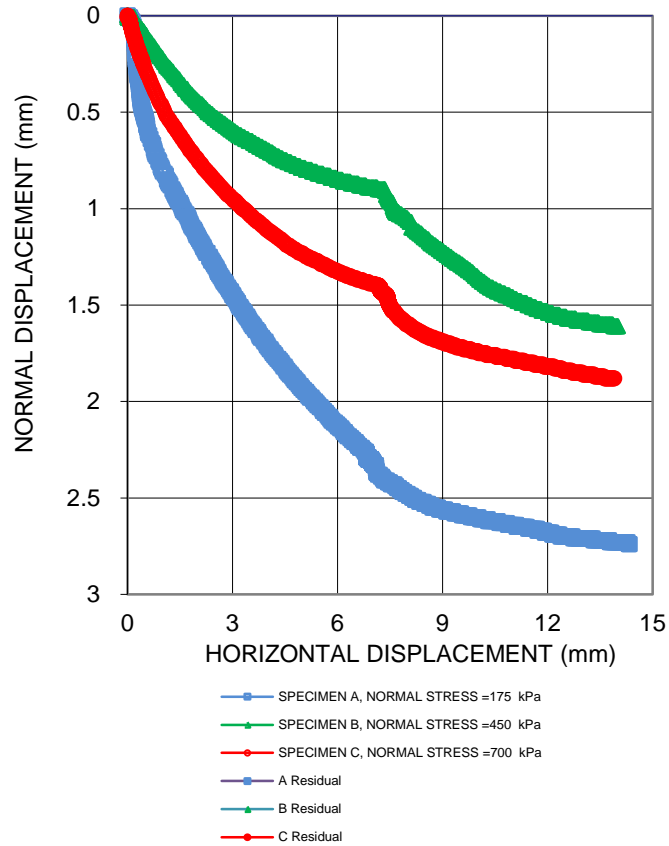
BH VWP-14-04S SA 8

NORMAL DISPLACEMENT VERSUS SQUARE ROOT OF TIME



BH VWP-14-04S SA 8

NORMAL DISPLACEMENT VERSUS HORIZONTAL DISPLACEMENT



Date: 5/30/2014
Project No. 13-1221-0102

Golder Associates

Prepared By: LH
Checked By: TZ



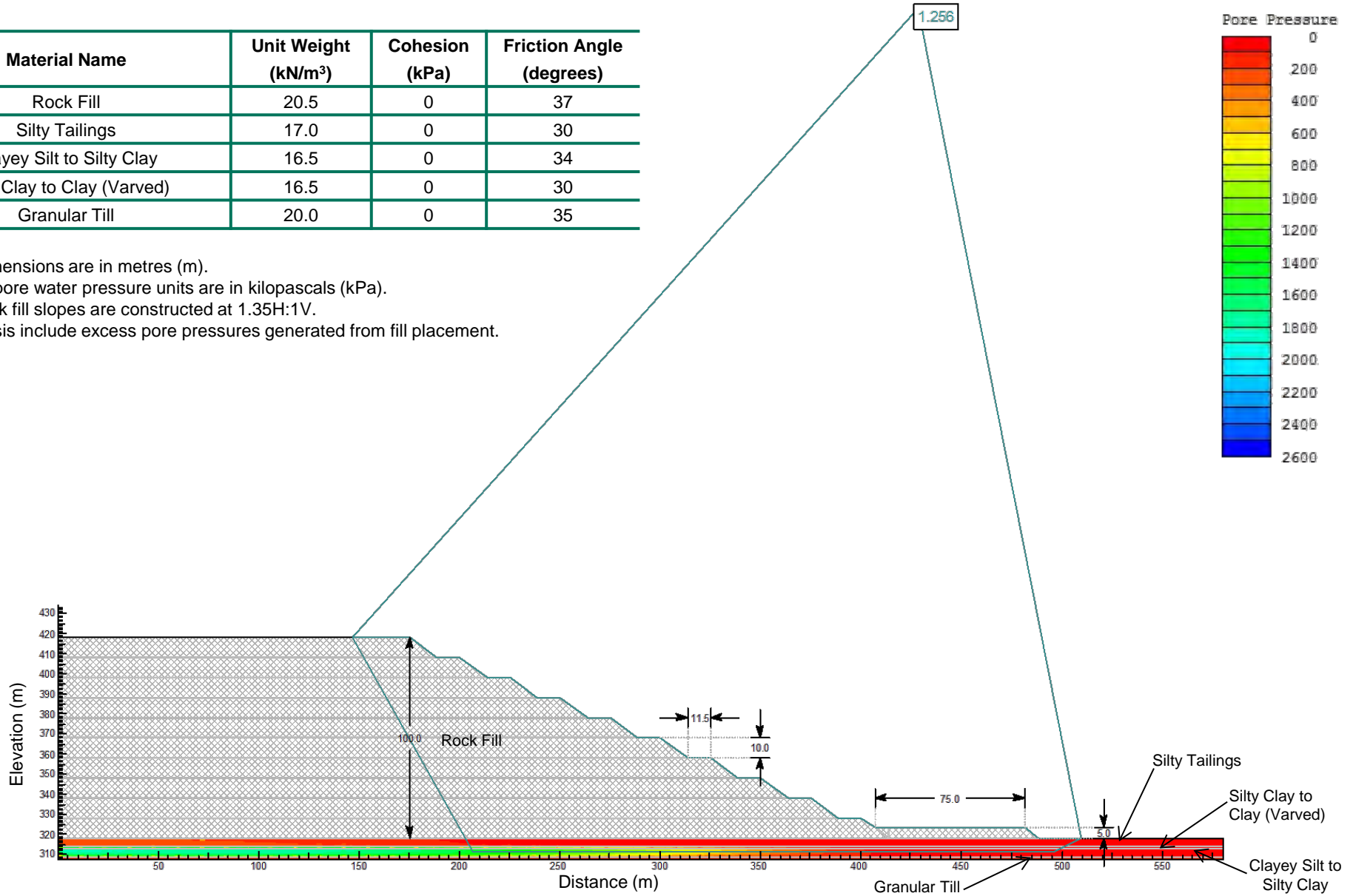
Static Slope Stability Analysis – Short-Term (Upon Construction of Final Lift); Section A-A' – 100 m High Waste Rock Stockpile Cell No. 1, Canadian Malartic Mine, Quebec

Figure 7

| Material Name | Unit Weight (kN/m ³) | Cohesion (kPa) | Friction Angle (degrees) |
|-----------------------------|----------------------------------|----------------|--------------------------|
| Rock Fill | 20.5 | 0 | 37 |
| Silty Tailings | 17.0 | 0 | 30 |
| Clayey Silt to Silty Clay | 16.5 | 0 | 34 |
| Silty Clay to Clay (Varved) | 16.5 | 0 | 30 |
| Granular Till | 20.0 | 0 | 35 |

NOTES:

1. All dimensions are in metres (m).
2. Total pore water pressure units are in kilopascals (kPa).
3. All rock fill slopes are constructed at 1.35H:1V.
4. Analysis include excess pore pressures generated from fill placement.





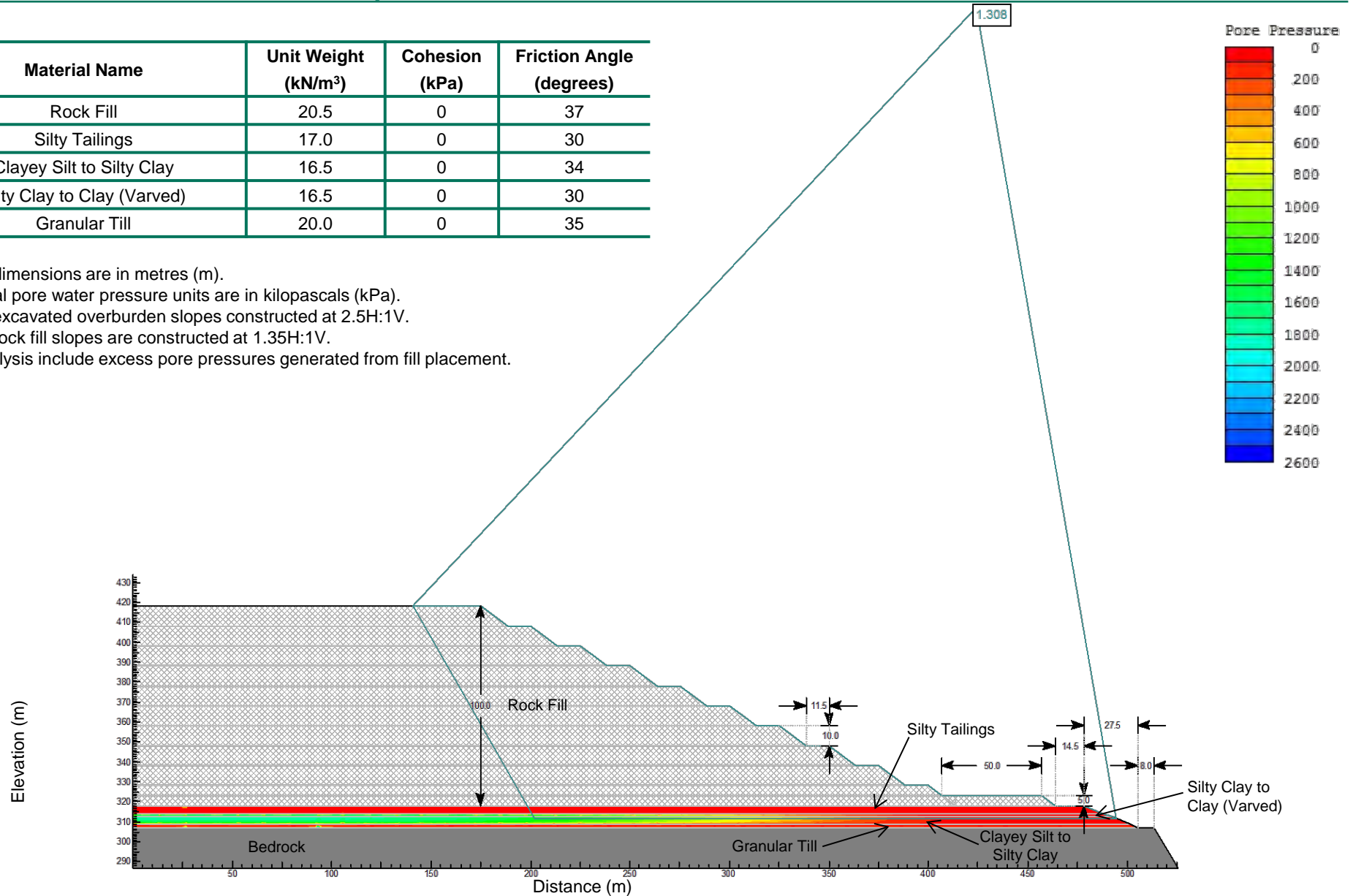
Static Slope Stability Analysis – Short-Term (Upon Construction of Final Lift); Section B-B' – 100 m High Waste Rock Stockpile and Open Pit; Cell No. 1, Canadian Malartic Mine, Quebec

Figure 8

| Material Name | Unit Weight (kN/m ³) | Cohesion (kPa) | Friction Angle (degrees) |
|-----------------------------|----------------------------------|----------------|--------------------------|
| Rock Fill | 20.5 | 0 | 37 |
| Silty Tailings | 17.0 | 0 | 30 |
| Clayey Silt to Silty Clay | 16.5 | 0 | 34 |
| Silty Clay to Clay (Varved) | 16.5 | 0 | 30 |
| Granular Till | 20.0 | 0 | 35 |

NOTES:

1. All dimensions are in metres (m).
2. Total pore water pressure units are in kilopascals (kPa).
3. All excavated overburden slopes constructed at 2.5H:1V.
4. All rock fill slopes are constructed at 1.35H:1V.
5. Analysis include excess pore pressures generated from fill placement.





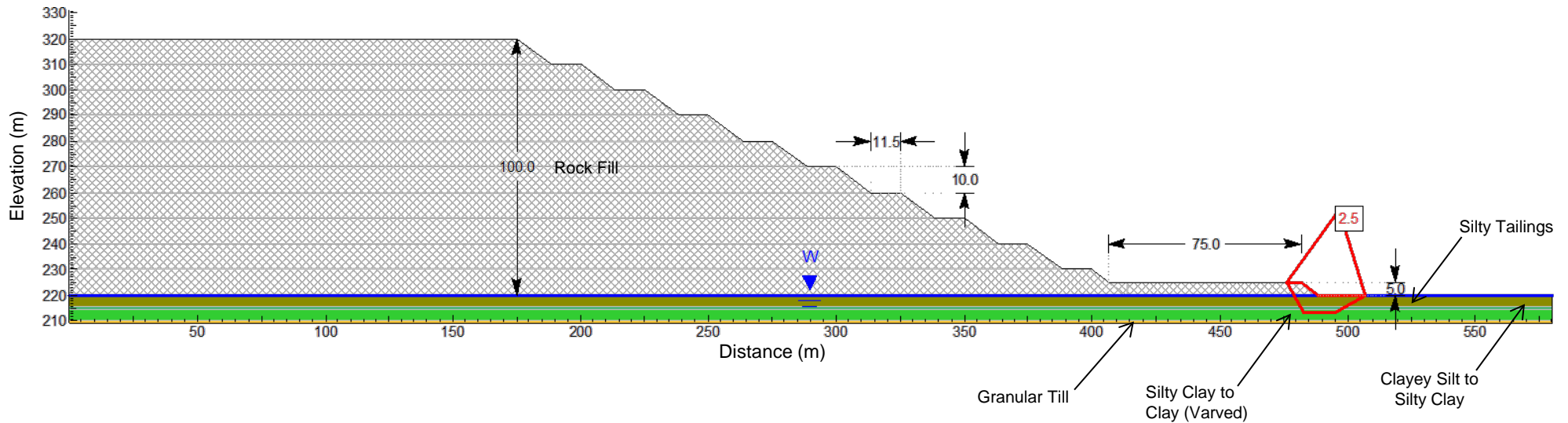
Static Slope Stability Analysis – Long-Term Section A-A' – 100 m High Waste Rock Stockpile Cell No. 1, Canadian Malartic Mine, Quebec

Figure 9

| Material Name | Unit Weight (kN/m ³) | Cohesion (kPa) | Friction Angle (degrees) |
|-----------------------------|----------------------------------|----------------|--------------------------|
| Rock Fill | 20.5 | 0 | 37 |
| Silty Tailings | 17.0 | 0 | 30 |
| Clayey Silt to Silty Clay | 16.5 | 0 | 34 |
| Silty Clay to Clay (Varved) | 16.5 | 0 | 30 |
| Granular Till | 20.0 | 0 | 35 |

NOTES:

1. All dimensions are in metres (m).
2. All rock fill slopes are constructed at 1.35H:1V.
3. Analysis assumes all excess pore pressures have dissipated.





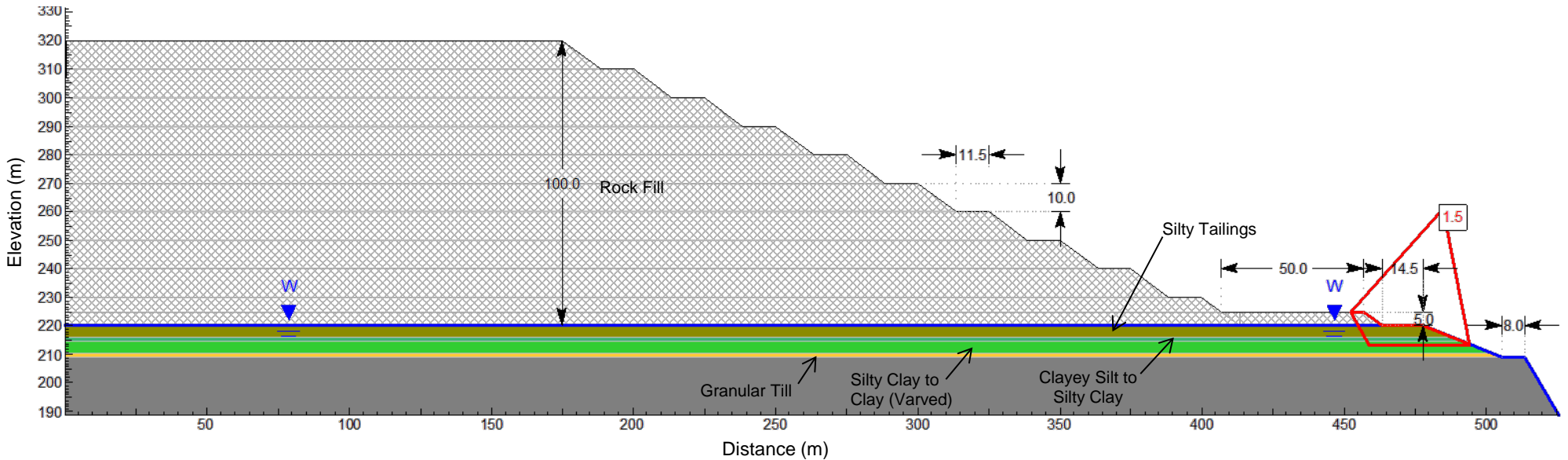
Static Slope Stability Analysis – Long-Term Section B-B' – 100 m High Waste Rock Stockpile and Open Pit Cell No. 1, Canadian Malartic Mine, Quebec

Figure 10

| Material Name | Unit Weight (kN/m ³) | Cohesion (kPa) | Friction Angle (degrees) |
|-----------------------------|----------------------------------|----------------|--------------------------|
| Rock Fill | 20.5 | 0 | 37 |
| Silty Tailings | 17.0 | 0 | 30 |
| Clayey Silt to Silty Clay | 16.5 | 0 | 34 |
| Silty Clay to Clay (Varved) | 16.5 | 0 | 30 |
| Granular Till | 20.0 | 0 | 35 |

NOTES:

1. All dimensions are in metres (m).
2. All rock fill slopes are constructed at 1.35H:1V.
3. All excavated overburden slopes constructed at 2.5H:1V.
4. Analysis assumes all excess pore pressures have dissipated.





2010 National Building Code Seismic Hazard Calculation

INFORMATION: Eastern Canada English (613) 995-5548 français (613) 995-0600 Facsimile (613) 992-8836
 Western Canada English (250) 363-6500 Facsimile (250) 363-6565

Requested by: Golder Associés,
 Site Coordinates: 48.12 North 78.105 West
 User File Reference: Malartic

February 24, 2014

National Building Code ground motions:

2% probability of exceedance in 50 years (0.000404 per annum)

| Sa(0.2) | Sa(0.5) | Sa(1.0) | Sa(2.0) | PGA (g) |
|---------|---------|---------|---------|---------|
| 0.213 | 0.138 | 0.077 | 0.026 | 0.075 |

Notes. Spectral and peak hazard values are determined for firm ground (NBCC 2010 soil class C - average shear wave velocity 360-750 m/s). Median (50th percentile) values are given in units of g. 5% damped spectral acceleration (Sa(T), where T is the period in seconds) and peak ground acceleration (PGA) values are tabulated. Only 2 significant figures are to be used. *These values have been interpolated from a 10 km spaced grid of points. Depending on the gradient of the nearby points, values at this location calculated directly from the hazard program may vary. More than 95 percent of interpolated values are within 2 percent of the calculated values.*

Ground motions for other probabilities:

| | | | |
|---------------------------------------|-------|--------|-------|
| Probability of exceedance per annum | 0.010 | 0.0021 | 0.001 |
| Probability of exceedance in 50 years | 40% | 10% | 5% |
| Sa(0.2) | 0.036 | 0.094 | 0.139 |
| Sa(0.5) | 0.021 | 0.059 | 0.089 |
| Sa(1.0) | 0.010 | 0.032 | 0.049 |
| Sa(2.0) | 0.004 | 0.011 | 0.017 |
| PGA | 0.012 | 0.032 | 0.047 |

References

National Building Code of Canada 2010 NRCC no. 53301; sections 4.1.8, 9.20.1.2, 9.23.10.2, 9.31.6.2, and 6.2.1.3

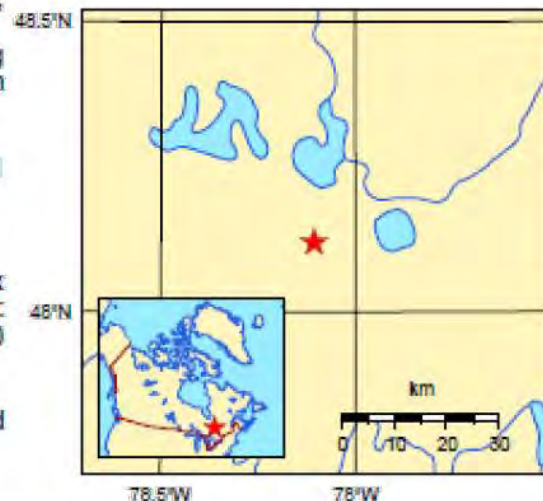
Appendix C: Climatic Information for Building Design in Canada - table in Appendix C starting on page C-11 of Division B, volume 2

User's Guide - NBC 2010, Structural Commentaries NRCC no. 53543 (in preparation) Commentary J: Design for Seismic Effects

Geological Survey of Canada Open File xxxx Fourth generation seismic hazard maps of Canada: Maps and grid values to be used with the 2010 National Building Code of Canada (in preparation)

See the websites www.EarthquakesCanada.ca and www.nationalcodes.ca for more information

Aussi disponible en français





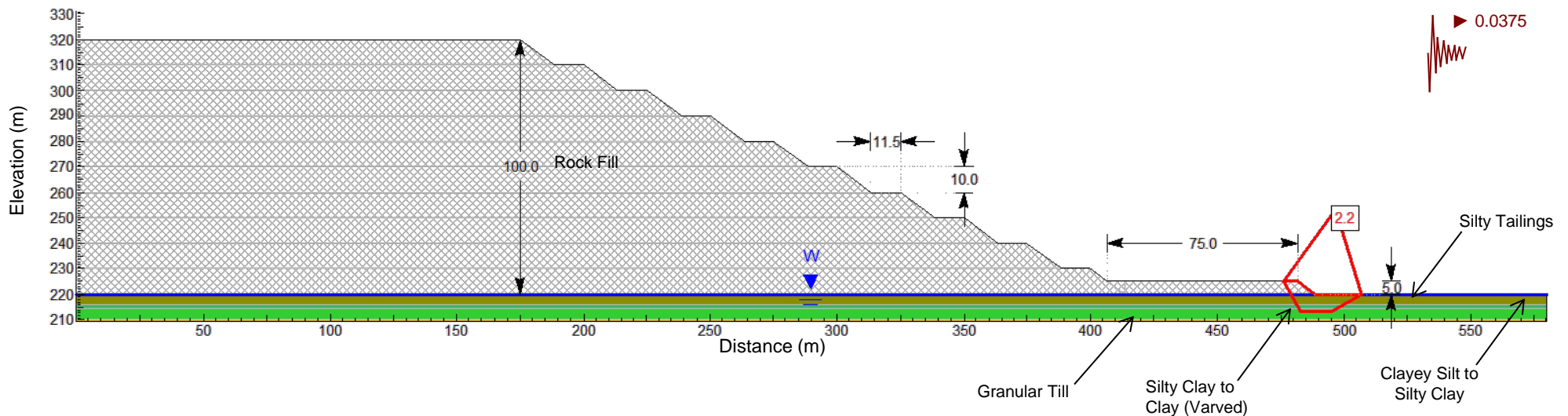
Pseudo-Static Slope Stability Analysis – Long-Term Section A-A' – 100 m High Waste Rock Stockpile Cell No. 1, Canadian Malartic Mine, Quebec

Figure 12

| Material Name | Unit Weight (kN/m ³) | Cohesion (kPa) | Friction Angle (degrees) |
|-----------------------------|----------------------------------|----------------|--------------------------|
| Rock Fill | 20.5 | 0 | 37 |
| Silty Tailings | 17.0 | 0 | 30 |
| Clayey Silt to Silty Clay | 16.5 | 0 | 34 |
| Silty Clay to Clay (Varved) | 16.5 | 0 | 30 |
| Granular Till | 20.0 | 0 | 35 |

NOTES:

1. All dimensions are in metres (m).
2. All rock fill slopes are constructed at 1.35H:1V.
3. The horizontal seismic load coefficient has been modelled as one-half of the peak ground acceleration (i.e. 0.5 x 0.075g).
4. Analysis assumes all excess pore pressures have dissipated.





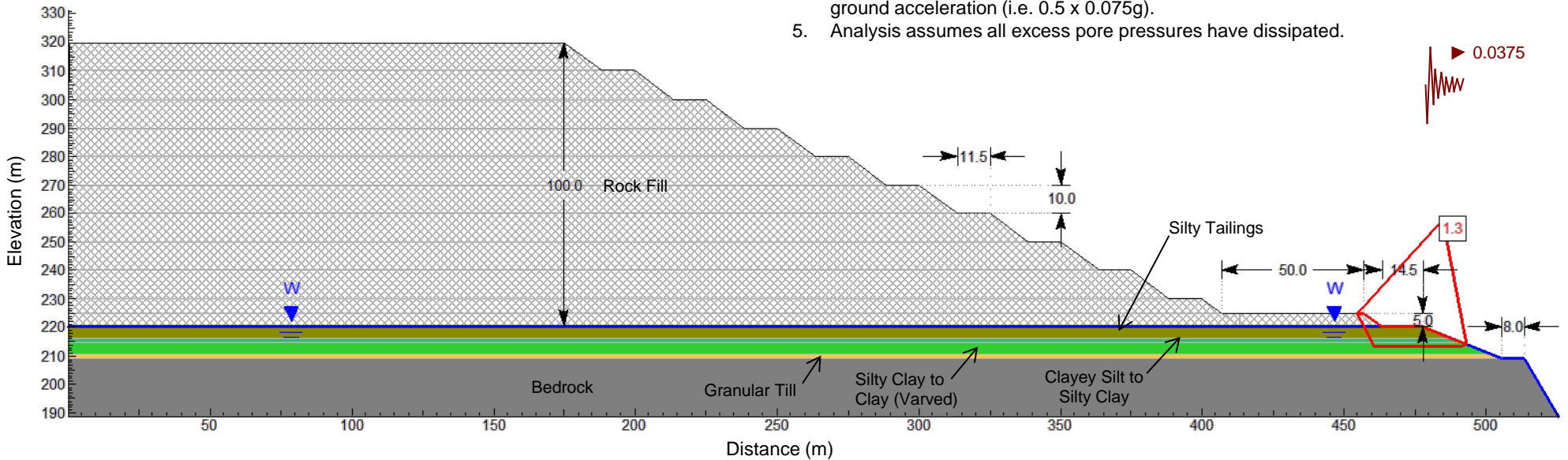
Pseudo-Static Slope Stability Analysis – Long-Term Section B-B' – 100 m High Waste Rock Stockpile and Open Pit Cell No. 1, Canadian Malartic Mine, Quebec

Figure 13

| Material Name | Unit Weight (kN/m ³) | Cohesion (kPa) | Friction Angle (degrees) |
|-----------------------------|----------------------------------|----------------|--------------------------|
| Rock Fill | 20.5 | 0 | 37 |
| Silty Tailings | 17.0 | 0 | 30 |
| Clayey Silt to Silty Clay | 16.5 | 0 | 34 |
| Silty Clay to Clay (Varved) | 16.5 | 0 | 30 |
| Granular Till | 20.0 | 0 | 35 |

NOTES:

1. All dimensions are in metres (m).
2. All rock fill slopes are constructed at 1.35H:1V.
3. All excavated overburden slopes constructed at 2.5H:1V.
4. The horizontal seismic load coefficient has been modelled as one-half of the peak ground acceleration (i.e. 0.5 x 0.075g).
5. Analysis assumes all excess pore pressures have dissipated.





ANNEXE F

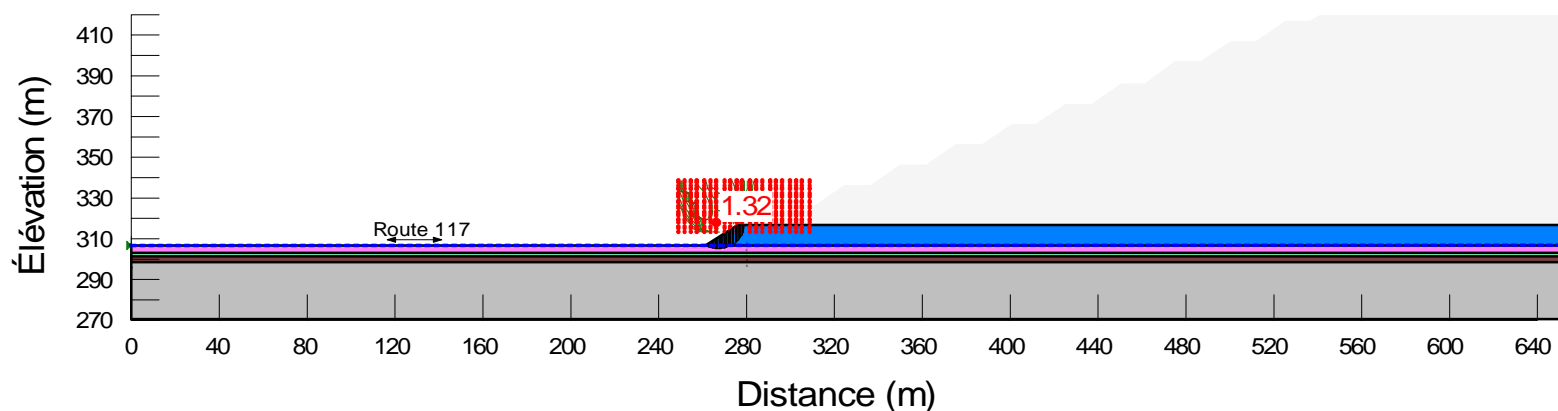
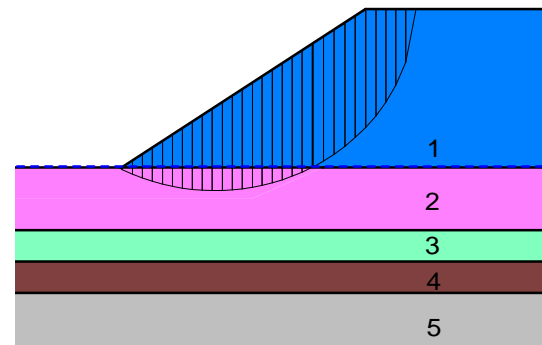
Résultats des analyses de stabilité : prolongement de la halde à stériles

Analyse de stabilité en condition statique
Configuration du premier rehaussement selon une épaisseur d'argile moyenne - sans mitigation

Figure F-1

| N° | Matériaux | Propriétés géotechniques | | |
|----|-----------------|-------------------------------|-------------|------------|
| | | γ (kN/m ³) | C_u (kPa) | ϕ (°) |
| 1 | Stériles | 20,5 | - | 37 |
| 2 | Argile silteuse | 17,5 | 30 à 60 | - |
| 3 | Silt | 17,5 | - | 30 |
| 4 | Till | 19,0 | - | 35 |
| 5 | Socle rocheux | - | - | - |

F.S. 1,32



Date : Novembre 2014
 Projet : 1403061

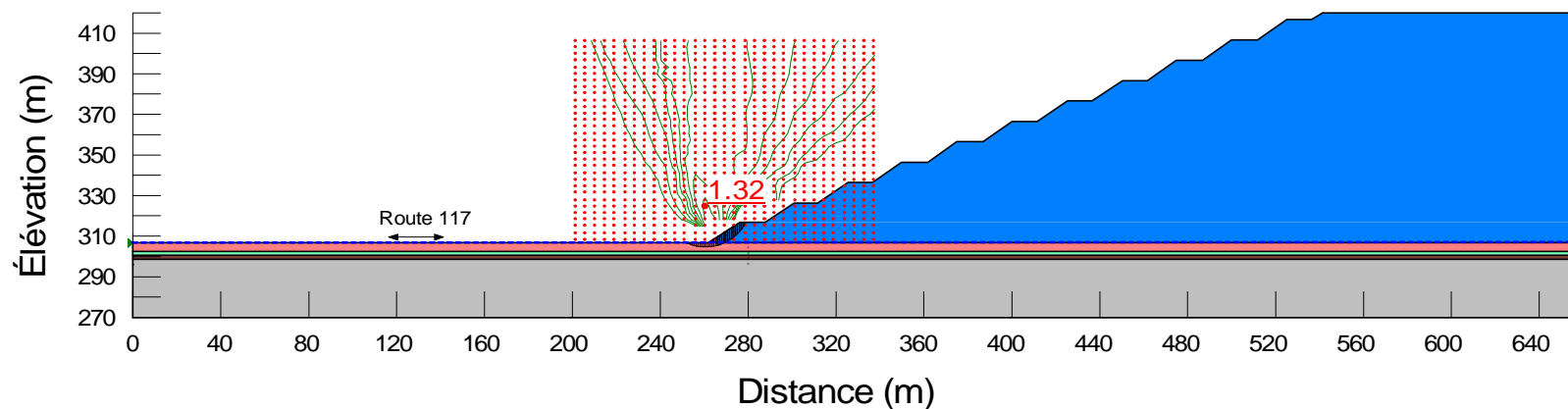
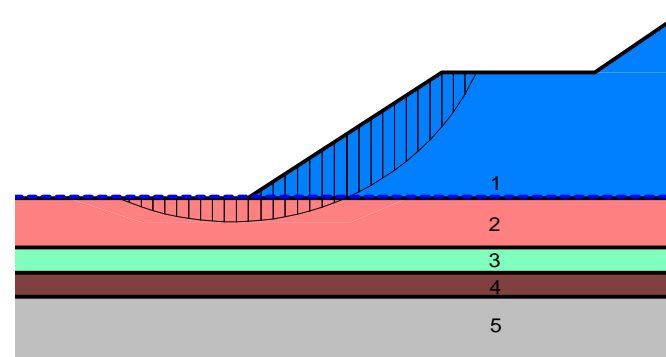
Dessiné par : N.P.
 Révisé par : A.M.D.

Analyse de stabilité en condition statique
Configuration finale selon une épaisseur d'argile moyenne - sans mitigation

Figure F-2

| N° | Matériaux | Propriétés géotechniques | | |
|----|-----------------|-------------------------------|-------------|------------|
| | | γ (kN/m ³) | C_u (kPa) | ϕ (°) |
| 1 | Stériles | 20,5 | - | 37 |
| 2 | Argile silteuse | 17,5 | - | 30 |
| 3 | Silt | 17,5 | - | 30 |
| 4 | Till | 19,0 | - | 35 |
| 5 | Socle rocheux | - | - | - |

F.S. 1,32



Date : Novembre 2014
 Projet : 1403061

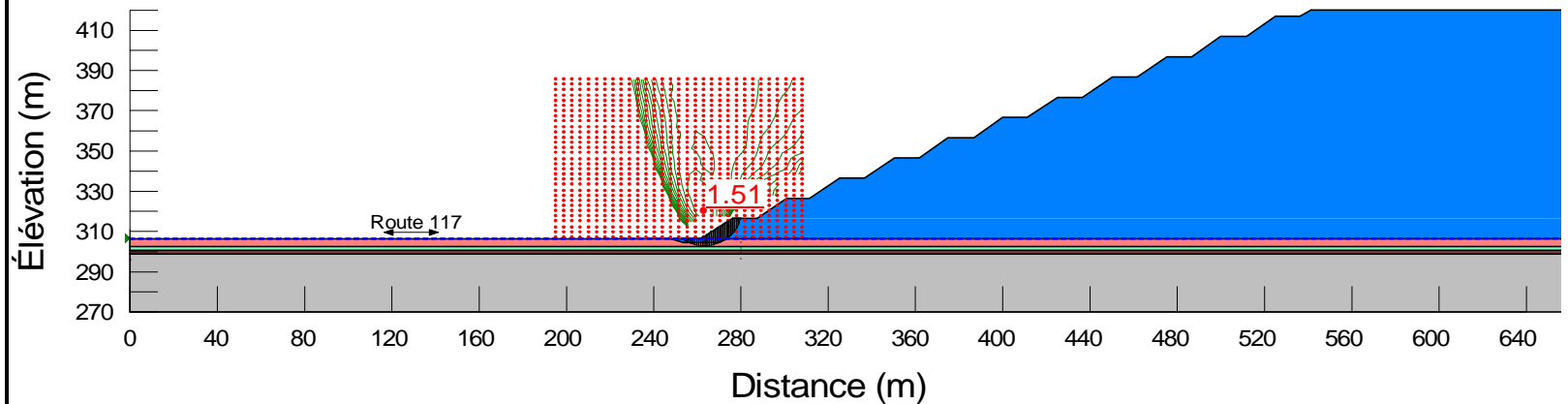
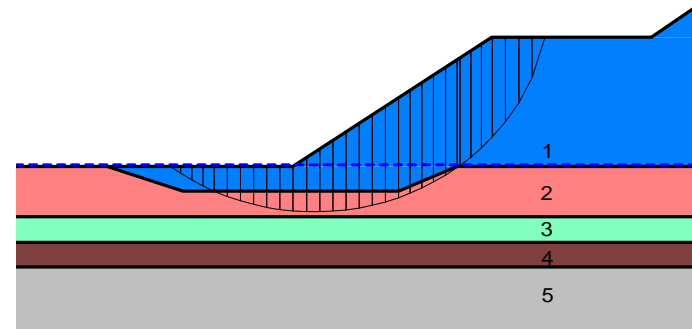
Dessiné par : N.P.
 Révisé par : A.M.D.

Analyse de stabilité en condition statique
Configuration finale selon une épaisseur d'argile moyenne - avec mitigation

Figure F-3

| N° | Matériaux | Propriétés géotechniques | | |
|----|-----------------|-------------------------------|-------------|------------|
| | | γ (kN/m ³) | C_u (kPa) | ϕ (°) |
| 1 | Stériles | 20,5 | - | 37 |
| 2 | Argile silteuse | 17,5 | - | 30 |
| 3 | Silt | 17,5 | - | 30 |
| 4 | Till | 19,0 | - | 35 |
| 5 | Socle rocheux | - | - | - |

F.S. 1,51



Date : Novembre 2014
 Projet : 1403061

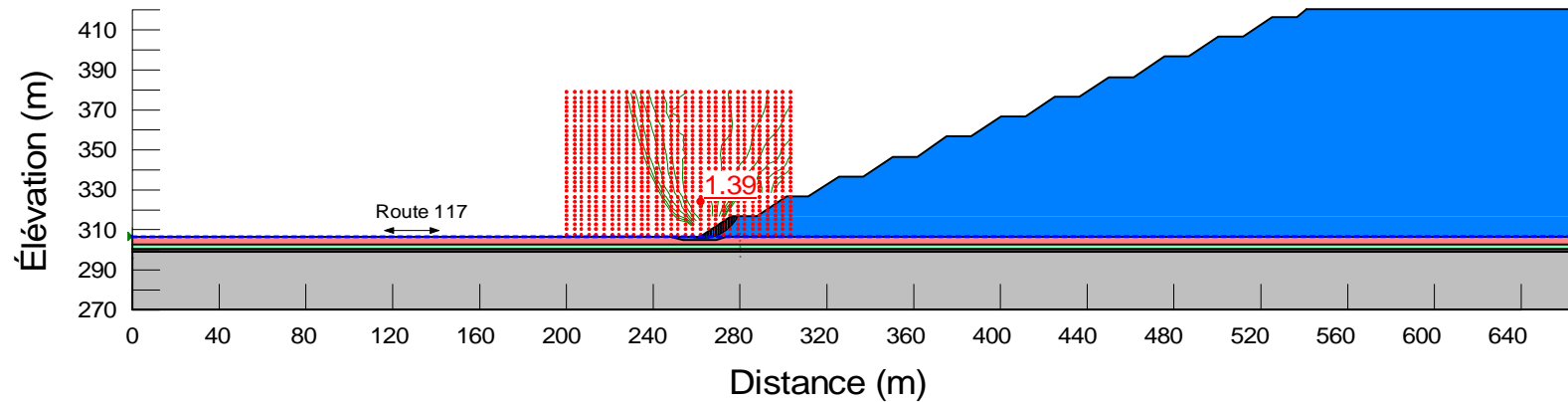
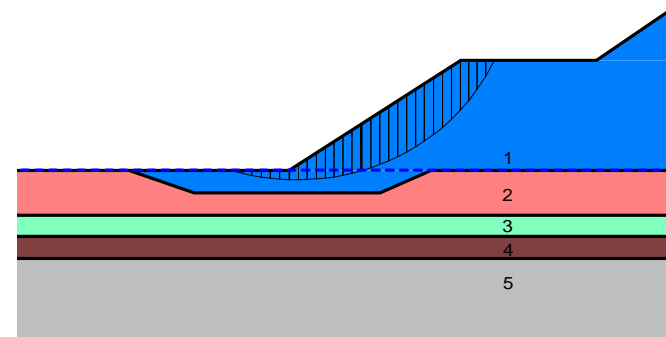
Dessiné par : N.P.
 Révisé par : A.M.D.

**Analyse de stabilité en condition pseudo-statique
Configuration finale selon une épaisseur d'argile moyenne - avec mitigation**

Figure F-4

| N° | Matériaux | Propriétés géotechniques | | |
|----|-----------------|-------------------------------|-------------|------------|
| | | γ (kN/m ³) | C_u (kPa) | ϕ (°) |
| 1 | Stériles | 20,5 | - | 37 |
| 2 | Argile silteuse | 17,5 | - | 30 |
| 3 | Silt | 17,5 | - | 30 |
| 4 | Till | 19,0 | - | 35 |
| 5 | Socle rocheux | - | - | - |

F.S. 1,39



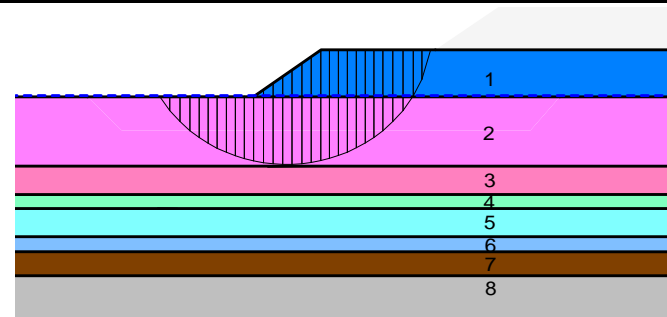
Date : Novembre 2014
Projet : 1403061

Dessiné par : N.P.
Révisé par : A.M.D.

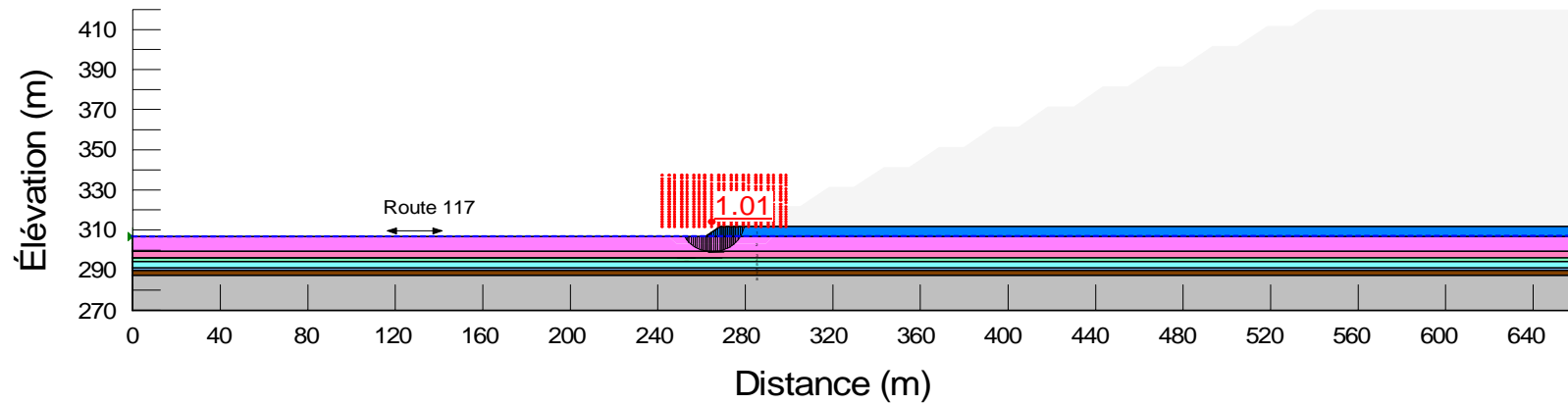
Analyse de stabilité en condition statique
Configuration du premier rehaussement selon une épaisseur d'argile importante - sans mitigation

Figure F-5

| N° | Matériaux | Propriétés géotechniques | | |
|----|-----------------|-------------------------------|-------------|------------|
| | | γ (kN/m ³) | C_u (kPa) | ϕ (°) |
| 1 | Stériles | 20,5 | - | 37 |
| 2 | Argile silteuse | 17,5 | 33 à 18 | - |
| 3 | Argile silteuse | 17,5 | 18 à 59 | - |
| 4 | Silt lâche | 17,5 | - | 30 |
| 5 | Silt et sable | 18,0 | - | 30 |
| 6 | Sable silteux | 18,0 | - | 30 |
| 7 | Till | 19,0 | - | 35 |
| 8 | Socle rocheux | - | - | - |



F.S. 1,01



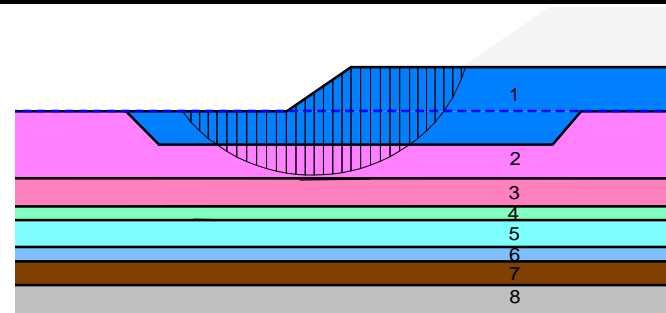
Date : Novembre 2014
 Projet : 1403061

Dessiné par : N.P.
 Révisé par : A.M.D.

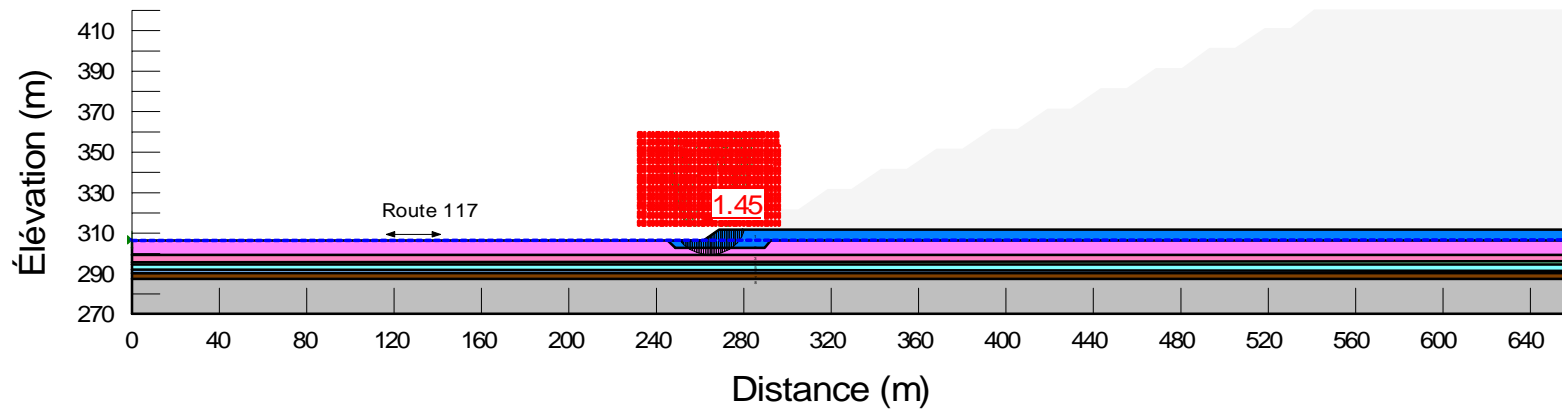
Analyse de stabilité en condition statique
Configuration du premier rehaussement selon une épaisseur d'argile importante - avec mitigation

Figure F-6

| N° | Matériaux | Propriétés géotechniques | | |
|----|-----------------|-------------------------------|-------------|------------|
| | | γ (kN/m ³) | C_u (kPa) | ϕ (°) |
| 1 | Stériles | 20,5 | - | 37 |
| 2 | Argile silteuse | 17,5 | 33 à 18 | - |
| 3 | Argile silteuse | 17,5 | 18 à 59 | - |
| 4 | Silt lâche | 17,5 | - | 30 |
| 5 | Silt et sable | 18,0 | - | 30 |
| 6 | Sable silteux | 18,0 | - | 30 |
| 7 | Till | 19,0 | - | 35 |
| 8 | Socle rocheux | - | - | - |



F.S. 1,45



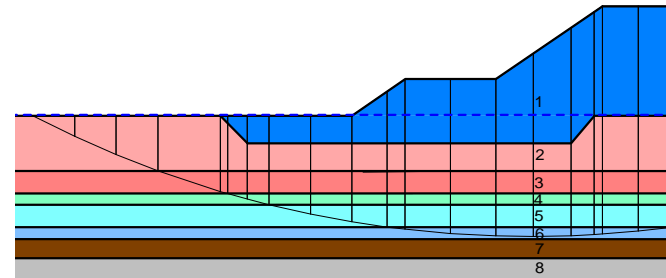
Date : Novembre 2014
 Projet : 1403061

Dessiné par : N.P.
 Révisé par : A.M.D.

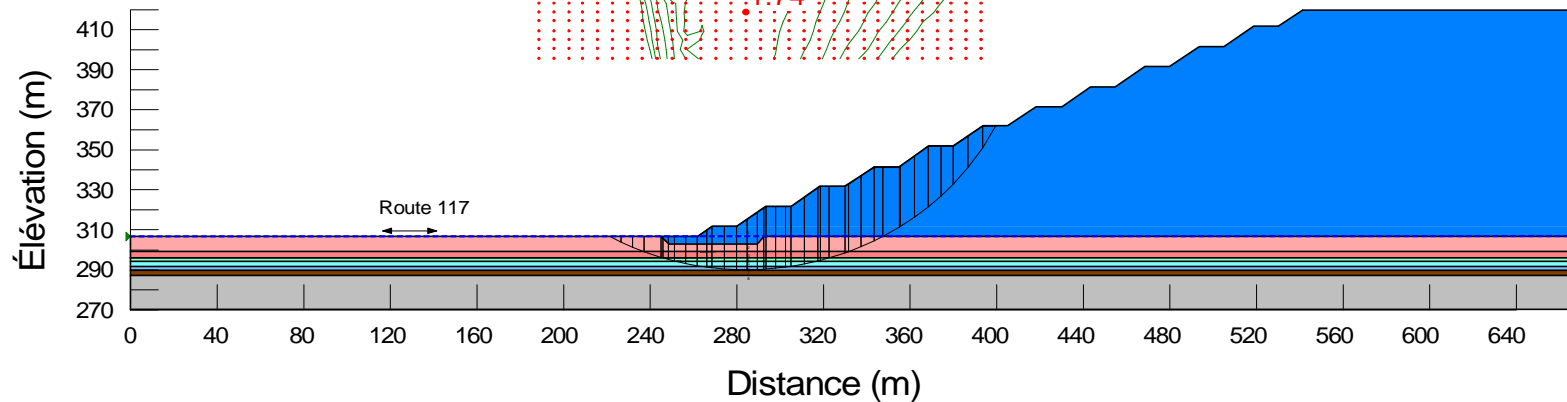
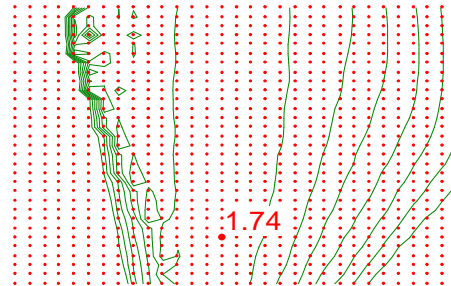
Analyse de stabilité en condition statique
Configuration finale selon une épaisseur d'argile importante - avec mitigation

Figure F-7

| N° | Matériaux | Propriétés géotechniques | | |
|----|-----------------|-------------------------------|-------------|------------|
| | | γ (kN/m ³) | C_u (kPa) | ϕ (°) |
| 1 | Stériles | 20,5 | - | 37 |
| 2 | Argile silteuse | 17,5 | - | 30 |
| 3 | Argile silteuse | 17,5 | - | 30 |
| 4 | Silt lâche | 17,5 | - | 30 |
| 5 | Silt et sable | 18,0 | - | 30 |
| 6 | Sable silteux | 18,0 | - | 30 |
| 7 | Till | 19,0 | - | 35 |
| 8 | Socle rocheux | - | - | - |



F.S. 1,74



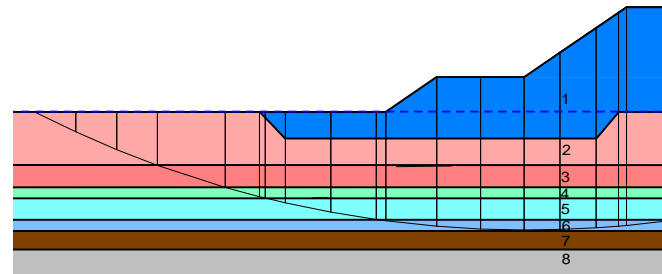
Date : Novembre 2014
 Projet : 1403061

Dessiné par : N.P.
 Révisé par : A.M.D.

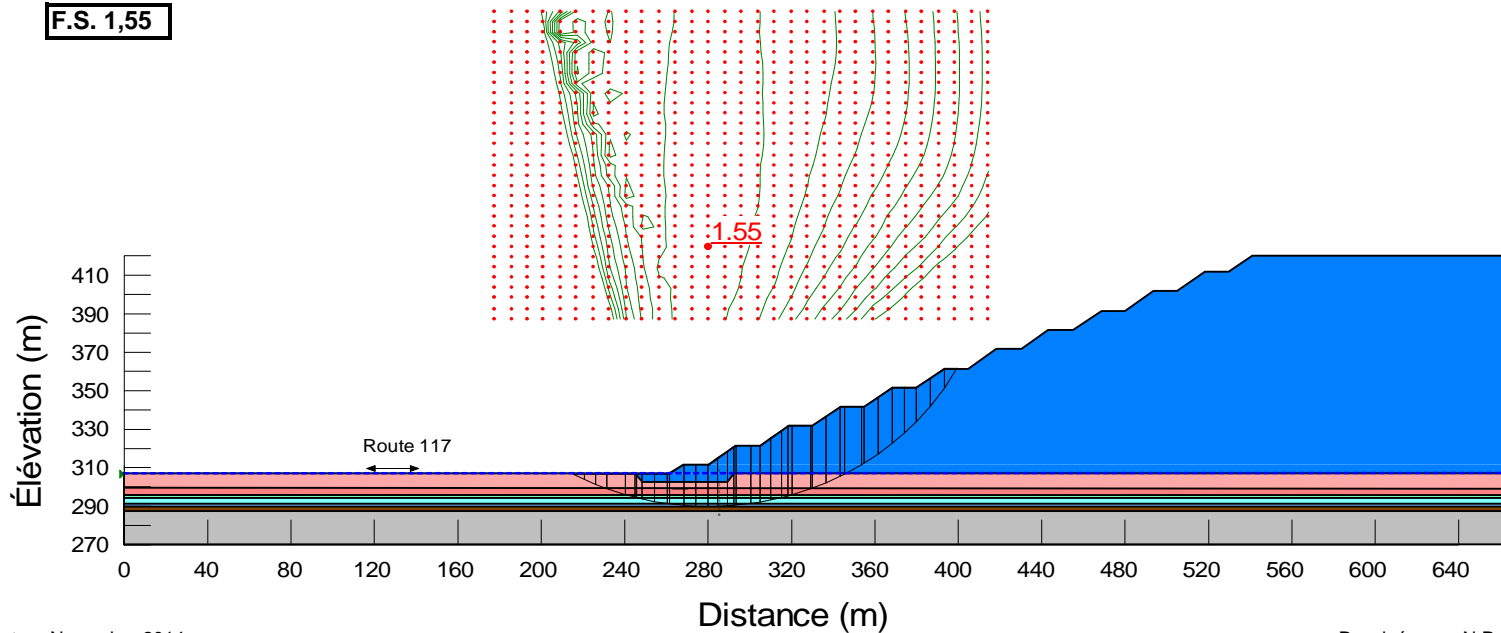
Analyse de stabilité en condition pseudo-statique
Configuration finale selon une épaisseur d'argile importante - avec mitigation

Figure F-8

| N° | Matériaux | Propriétés géotechniques | | |
|----|-----------------|-------------------------------|-------------|------------|
| | | γ (kN/m ³) | C_u (kPa) | ϕ (°) |
| 1 | Stériles | 20,5 | - | 37 |
| 2 | Argile silteuse | 17,5 | - | 30 |
| 3 | Argile silteuse | 17,5 | - | 30 |
| 4 | Silt lâche | 17,5 | - | 30 |
| 5 | Silt et sable | 18,0 | - | 30 |
| 6 | Sable silteux | 18,0 | - | 30 |
| 7 | Till | 19,0 | - | 35 |
| 8 | Socle rocheux | - | - | - |



F.S. 1,55



Date : Novembre 2014
 Projet : 1403061

Dessiné par : N.P.
 Révisé par : A.M.D.



ANNEXE G

Limitations de l'étude

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 au projet tel que décrit dans ce rapport 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. Si la conception, l'emplacement ou l'élévation du projet doivent être modifiés et/ou si le projet n'est pas amorcé à l'intérieur d'une période de 18 mois suivant la remise de ce rapport, Golder devrait être consultée pour confirmer que ses recommandations sont encore valides.

Les commentaires, interprétations et recommandations présentés dans ce rapport sont basés sur une évaluation limitée des conditions souterraines tel que décrit ailleurs dans ce texte et sont formulés dans le seul et unique but d'orienter la conception du projet. À moins d'avis contraire, les interprétations, commentaires et les recommandations présentés dans ce rapport ont été formulés à la lumière de nos connaissances concernant les conditions du site, l'utilisation courante et/ou prévue du site, les règlements, normes et critères en vigueur de même 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.

Comme certains détails du projet envisagé peuvent ne pas être connus de Golder au moment de la remise de ce rapport, il est recommandé que Golder soit consultée lors de l'élaboration des plans et devis reliés aux considérations géotechniques afin de s'assurer qu'ils demeurent conformes à l'intention et aux recommandations de ce rapport.

Il est aussi recommandé que les services de Golder soient retenus durant la phase de construction afin de confirmer que les conditions souterraines sur l'ensemble du site ne diffèrent pas de façon significative de celles évoquées dans ce rapport et que les activités de construction n'ont aucun impact négatif sur les considérations géotechniques liées à la conception. À cet égard, il importe de souligner que le contrôle des eaux superficielles et/ou souterraines est fréquemment requis comme mesure temporaire ou permanente lors de la construction. Une mauvaise conception du drainage et/ou de l'assèchement peut avoir des conséquences néfastes. De même, les conditions souterraines peuvent être substantiellement modifiées par les activités de construction (circulation de machinerie, excavation, enfoncement de pieux, dynamitage, etc.) ayant cours sur le site ou sur les terrains adjacents ainsi que par l'exposition des sols aux intempéries (gel, sécheresse, pluie, etc.).

Golder ne pourra être tenue responsable de conditions souterraines imprévisibles ni de leurs impacts sur les coûts de construction et l'échéancier de réalisation des travaux. Golder ne pourra être tenue responsable de dommages résultant 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. Golder n'acceptera aucune responsabilité pour les effets de mesures de drainage et/ou d'assèchement à moins d'avoir été spécifiquement consultée et impliquée dans la conception et le suivi du système de drainage et/ou d'assèchement. Golder ne pourra être tenue responsable de dommages résultant de toutes modifications futures aux règlements, normes ou critères applicables de même que 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 ni de l'échec d'une quelconque transaction en raison des informations factuelles contenues dans ce rapport.

Le Client de même que tout entrepreneur réalisant des travaux qui s'inspirent de ou qui sont susceptibles d'avoir une incidence sur les considérations géotechniques évoquées dans ce rapport doivent informer

Golder ainsi que l'ingénieur concepteur de tout événement, activité, information, découverte passé, présent ou future susceptible de modifier les conditions souterraines décrites dans ce rapport et leur offrir la possibilité de réviser leurs recommandations ainsi que les plans de construction. Cette obligation couvre aussi le cas où les conditions rencontrées sur le site différeraient de façon significative de celles anticipées dans ce rapport, soit en raison de la variabilité naturelle des conditions souterraines ou en raison d'activités de construction. Il est entendu que la reconnaissance d'un changement des conditions du sol et du roc nécessite qu'un examen soit effectué sur le site par un professionnel qualifié et expérimenté dans la pratique de la géotechnique.

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 comme étant valides.

Les horizons de sols et de roc étant souvent de composition et de géométrie 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. De même, la classification et l'identification des sols et du roc implique une certaine part de jugement. Les descriptions de sol et de roc apparaissant dans ce rapport s'appuient sur des méthodes de classification et d'identification communément acceptées et rejoignent les exigences normales de la pratique professionnelle usuelle de la géotechnique. Par ailleurs, il importe de souligner que 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 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 peuvent eux-mêmes être tributaires de contraintes physiques, budgétaires ou d'échéancier convenues avec le Client.

Dans tous les cas, on doit considérer que les résultats obtenus et présentés dans ce rapport ne s'appliquent qu'aux endroits où ont été réalisés les sondages, qu'aux profondeurs d'échantillonnage indiquées et qu'au moment de l'étude. Les conditions souterraines interprétées, tant physiques que quantitatives ou qualitatives, peuvent varier sensiblement entre et au-delà des sondages réalisés et des profondeurs d'échantillonnage indiquées.

Les mesures et caractéristiques de l'eau souterraine présentées dans ce rapport ne sont valables que pour les endroits et les dates spécifiées. Ces conditions peuvent en effet varier selon les saisons, les années ou en raison d'activités ou d'événements sur le site à l'étude ou sur des terrains 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

| | |
|------------------|-------------------|
| Afrique | + 27 11 254 4800 |
| Asie | + 86 21 6258 5522 |
| Océanie | + 61 3 8862 3500 |
| Europe | + 356 21 42 30 20 |
| Amérique du Nord | + 1 800 275 3281 |
| Amérique du Sud | + 56 2 2616 2000 |

solutions@golder.com
www.golder.com

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

