

**ANNEXE QC-186**

**Rapport factuel d'investigation géotechnique complémentaire –  
Prolongement du parc et de la halde vers l'est**

---





Août 2015

## CANADIAN MALARTIC GP

### MINE CANADIAN MALARTIC, MALARTIC, QUÉBEC

### Projet d'extension de la fosse Canadian Malartic

### Rapport factuel d'investigation géotechnique complémentaire - Prolongement du parc et de la halde vers l'est

**Présenté à:**

M. Carl Pednault  
Surintendant - Parc à résidus  
Mine Canadian Malartic  
100, chemin du Lac Mourier  
Malartic (Québec) J0Y 1Z0

RAPPORT

**Numéro de projet: 014-1403061-RF-Rev0**

**Distribution:**

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





## Table des matières

<b>1.0</b>	<b>INTRODUCTION.....</b>	<b>1</b>
1.1	Mise en situation et objectifs de l'étude .....	1
1.2	Description du site à l'étude.....	1
<b>2.0</b>	<b>TRAVAUX RÉALISÉS ET MÉTHODOLOGIE .....</b>	<b>1</b>
2.1	Forages géotechniques .....	2
2.2	Puits d'observation .....	3
2.3	Tranchées d'exploration .....	3
2.4	Essais de laboratoire .....	4
<b>3.0</b>	<b>RÉSULTATS.....</b>	<b>4</b>
3.1	Description et propriétés des sols et du socle rocheux.....	5
3.1.1	Secteur du prolongement du parc à résidus .....	5
3.1.2	Secteur du prolongement de la halde à stériles .....	8
<b>4.0</b>	<b>SOMMAIRE DES RÉSULTATS.....</b>	<b>11</b>
4.1	Secteur du prolongement du parc à résidus .....	12
4.2	Secteur du prolongement de la halde à stériles.....	12
<b>5.0</b>	<b>LIMITATIONS DE L'ÉTUDE .....</b>	<b>13</b>
<b>6.0</b>	<b>SIGNATURES.....</b>	<b>13</b>
<b>7.0</b>	<b>RÉFÉRENCES.....</b>	<b>14</b>



# RAPPORT D'INVESTIGATION GÉOTECHNIQUE COMPLÉMENTAIRE - PROLONGEMENT DU PARC ET DE LA HALDE VERS L'EST

## TABLEAUX

Tableau 1: Sommaire des essais géotechniques de laboratoire .....	4
Tableau 2: Localisations et profondeurs des forages et de la tranchée d'exploration réalisés .....	4
Tableau 3: Élévations et épaisseurs de la couche de silt rencontrée dans les sondages réalisés dans le secteur du prolongement du parc à résidus .....	6
Tableau 4: Élévations et épaisseurs de la couche de sols cohérents rencontrée dans les sondages réalisés dans le secteur du prolongement du parc à résidus .....	7
Tableau 5: Élévations de la surface, profondeurs du roc, épaisseurs de roc foré et RQD moyen pondéré .....	8
Tableau 6: Sommaire des paramètres de résistance au cisaillement drainée et non drainée.....	9
Tableau 7: Résumé des paramètres de consolidation obtenus des essais oedométriques .....	10
Tableau 8: Élévations de la surface, profondeurs du roc, épaisseurs de roc foré et RQD moyen pondéré .....	11

## FIGURES (APRES LE TEXTE)

Figure 1 : Localisation des sondages réalisés dans le secteur du prolongement du parc à résidus et de la halde à stériles

## ANNEXES

### ANNEXE A

Journaux de sondage (forages et tranchée d'exploration)

### ANNEXE B

Photographies

### ANNEXE C

Résultats des essais de laboratoire

### ANNEXE D

Conditions générales et limitations



## **1.0 INTRODUCTION**

### **1.1 Mise en situation et objectifs de l'étude**

Dans le cadre du projet d'extension de la fosse Canadian Malartic, Canadian Malartic GP (CMGP) a mandaté Golder Associés Ltée (Golder) afin d'effectuer une investigation géotechnique complémentaire dans le secteur visé par le prolongement du parc à résidus et de la halde à stériles de la mine Canadian Malartic (la Mine), située à Malartic, Québec. Les objectifs de ce mandat étaient de recueillir l'information complémentaire de base sur la nature et les propriétés mécaniques des sols ainsi que sur la profondeur du socle rocheux.

Par le passé, des campagnes d'investigation géotechnique et hydrogéologique ont été réalisées par Golder en 2011 et 2012, en fonction des limites du secteur d'extension du parc à résidus et de la halde à stériles qui étaient alors en évaluation par la Mine. Suivant un ajustement de ces limites pour le projet du prolongement des aires d'accumulation, une campagne d'investigation complémentaire géotechnique et hydrogéologique a été réalisée par Golder au courant de l'été 2013. Un seul rapport d'investigation géotechnique intègre les résultats de ces deux campagnes de 2011 et 2012 (Golder, 2014a).

Les résultats de ces travaux antérieurs ont permis d'identifier des secteurs comportant des épaisseurs considérables de sols cohérents. Comme présenté dans le rapport du concept du projet d'extension du parc à résidus et de la halde à stériles (Golder, 2014b), le secteur est, situé près du futur bassin de pompage Est, et le secteur nord-est, situé dans la zone nord-est du prolongement de la halde à stériles, ont montré des épaisseurs de sols cohérents pouvant atteindre 10 m. La figure 1 présente le plan du site ainsi que les empreintes du prolongement projeté du parc à résidus et de la halde à stériles.

Afin de préciser la nature, l'étendue et les propriétés géotechniques des différentes couches de sols présentes dans ces deux secteurs à l'étude, une campagne d'investigation géotechnique complémentaire a été réalisée. Le présent rapport fournit les résultats de cette investigation géotechnique complémentaire.

### **1.2 Description du site à l'étude**

Le secteur investigué dans le cadre de cette caractérisation complémentaire est situé à l'est du parc à résidus et de la halde à stériles existants et au sud de la route 117, entre les coordonnées 718 000 et 718 650 m Est, et entre les coordonnées 5 332 500 et 5 334 750 m Nord, selon la projection et le système de référence UTM NAD83.

Une description plus exhaustive du site peut être consultée au rapport antérieur d'investigation géotechnique (Golder, 2014a). Le présent rapport doit être lu et considéré comme un complément de ce dernier.

## **2.0 TRAVAUX RÉALISÉS ET MÉTHODOLOGIE**

Les travaux effectués lors de cette campagne d'investigation complémentaire ont consisté en :

- six forages géotechniques incluant le prélèvement d'échantillons de sols pour analyses de laboratoire;
- une tranchée d'exploration;
- trois profils de résistance au cisaillement non drainée; et



- l'aménagement d'un forage en puits d'observation.

Les sentiers d'accès jusqu'aux emplacements des sondages ont été aménagés préalablement à la réalisation des travaux par la Mine, lorsque nécessaire.

## 2.1 Forages géotechniques

La localisation des six forages géotechniques est représentée sur la figure 1. Les emplacements de forage ont été déterminés afin de mieux définir la stratigraphie du mort-terrain dans le périmètre nord du prolongement de la halde à stériles longeant la route 117 et d'entreprendre le début de la caractérisation des sols dans le secteur de la vallée du ruisseau Raymond, à l'extrémité est du prolongement projeté du parc à résidus.

Les forages BH-14-308 et BH-14-309 ont été effectués sur la limite nord-est du prolongement de la halde à stériles. Le forage PZ-14-37 a, quant à lui, été réalisé légèrement au nord de la limite projetée de la halde à stériles, à son extrémité nord-est.

Les forages BH-14-305A, BH-14-305B et BH-14-306A ont été réalisés dans le secteur de la vallée du ruisseau Raymond, à la limite est du prolongement du parc à résidus.

Les journaux de forage sont présentés à l'annexe A, incluant un sommaire des symboles et de la terminologie utilisés pour la description des sols.

Les forages ont été réalisés à l'aide d'une foreuse de marque Sedidril, montée sur un chenillard et opérée par l'entreprise Forage Giroux sous la supervision de Golder. Les dépôts meubles ont été forés à l'aide de tubages à couronne de diamants de calibre NW (88,9 mm de diamètre) et de calibre NQ (75,7 mm de diamètre), dans le cas du roc. Le puits d'observation a été foré à l'aide de tubages de calibre HW (114,2 mm de diamètre) afin de faciliter l'installation des tuyaux de chlorure de polyvinyle CPV.

Les travaux de forage de même que l'échantillonnage des sols et la caractérisation subséquente ont été effectués sous la supervision d'un représentant de Golder. Les sols ont été échantillonnés au moyen de cuillères fendues de 51 mm de diamètre extérieur et de 0,61 m de longueur. Les essais de pénétration standard (SPT) ont été effectués selon les procédures décrites par la norme ASTM D1586. L'indice  $N$  de l'essai SPT permet d'évaluer la compacité des sols granulaires traversés. Les résultats des essais SPT sont présentés dans les journaux de forage à l'annexe A.

Des tubes à paroi mince (tubes Shelby) ont aussi été utilisés pour récupérer des échantillons de sols fins pour essais en laboratoire.

Des profils de résistance au cisaillement non drainée des sols cohérents ont été effectués dans trois forages. Ces mesures ont été effectuées à l'aide d'un scissomètre de chantier de marque Nilcon selon la norme ASTM D2573, suivant un espacement vertical d'au plus 1,0 m entre les essais. Les résultats de mesure de la résistance au cisaillement non drainée des sols cohérents sont présentés dans les journaux de forage à l'annexe A.

La profondeur finale des forages est comprise entre 4,42 m (BH-14-305A) et 23,62 m (BH-14-306A).



Tous les échantillons de sols récupérés lors de l'investigation ont été acheminés au bureau de Golder à Val-d'Or où ils ont ensuite été identifiés pour leur envoi vers le laboratoire de Golder à Ottawa, pour la réalisation des essais.

### 2.2 Puits d'observation

Un puits d'observation à un niveau a été aménagé dans le forage PZ-14-37. L'emplacement de ce puits d'observation est présenté à la figure 1.

Le puits est constitué d'un tubage de chlorure de polyvinyle (CPV) de 38 mm de diamètre terminé par une crépine en CPV avec des ouvertures de 0,25 mm. La crépine est entourée d'une enveloppe de sable de silice dont la grosseur des grains est généralement comprise entre 0,6 mm et 1,7 mm (sable n° 1). L'espace annulaire au-dessus de la crépine a ensuite été scellé par de la bentonite granulaire hydratée sur une épaisseur d'environ 4,8 m, puis par un coulis de ciment jusqu'en surface. L'installation du puit a été complétée par la mise en place d'un tubage protecteur hors sol en polyéthylène haute densité (HDPE) muni d'un couvercle cadénassé. Les détails d'installation du puits d'observation sont présentés dans les journaux de forage à l'annexe A.

Le puits d'observation a été développé afin d'enlever les particules fines de la lanterne de sable et ainsi obtenir des échantillons d'eau le moins turbide possible et restaurer la conductivité hydraulique naturelle de la formation au niveau de la crépine. Le développement, par pistonnage et pompage, a été réalisé à l'aide de tubages Waterra® dédiés en polyéthylène haute densité, munis à leur extrémité d'un piston adapté à une valve à bille.

L'installation et le développement du puits a été réalisée conformément au *Guide d'échantillonnage à des fins d'analyses environnementales : Cahier 3 – Échantillonnage des eaux souterraines* du MDDELCC<sup>1</sup> (MDDEP, 2011).

### 2.3 Tranchées d'exploration

La tranchée d'exploration TP-14-304 a été faite préalablement à la réalisation du forage dans la même zone, afin de confirmer la présence de sols cohérents et d'en favoriser l'interception lors du forage prévu, du côté sud de la vallée du ruisseau Raymond. La tranchée d'exploration est identifiée sur la figure 1. La fiche de tranchée se trouve en annexe A. L'annexe B présente des photographies prises lors de l'excavation de la tranchée d'exploration.

La tranchée TP-14-304 a été réalisée à l'aide d'une pelle mécanique de marque Komatsu, modèle PC 350 HD jusqu'à une profondeur de 5,00 m. La réalisation de la tranchée incluant la description des sols et le prélèvement des échantillons ont été supervisés par un représentant de Golder.

Les échantillons de sols récupérés lors de l'investigation de la tranchée d'exploration ont été acheminés au bureau de Golder à Val-d'Or. Aucun essai en laboratoire n'a été réalisé sur les échantillons provenant de la tranchée d'exploration.

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





# RAPPORT D'INVESTIGATION GÉOTECHNIQUE COMPLÉMENTAIRE - PROLONGEMENT DU PARC ET DE LA HALDE VERS L'EST

Suivant la description des sols et le prélèvement des échantillons, la tranchée d'exploration a été remblayée sans délai avec les matériaux excavés, selon l'ordre inverse de leur séquence d'excavation. Le remblayage s'est fait par couches successives qui ont été compactées avec le godet de la pelle.

## 2.4 Essais de laboratoire

Le tableau 1 présente la liste des essais de laboratoire réalisés sur les échantillons de sols prélevés dans les six forages et la tranchée d'exploration. Les résultats détaillés des essais sont présentés en annexe C.

Les essais de teneur en eau, de granulométrie par tamisage et sédimentométrie, de densité relative et les limites d'Atterberg visent à confirmer la nature des sols en place. Les autres essais visent quant à eux à définir la résistance au cisaillement des sols échantillonnés, à l'exception des essais de consolidation à l'œdomètre qui permettent de déterminer la compressibilité des sols testés.

**Tableau 1: Sommaire des essais géotechniques de laboratoire**

Essai	Norme	Nombre d'essais
Teneur en eau	ASTM D2216	18
Granulométrie par tamisage et sédimentométrie	ASTM D422	17
Densité relative	ASTM D854	2
Limites d'Atterberg	ASTM D4318	15
Scissomètre de laboratoire	ASTM D4648	3
Consolidation oedométrique	ASTM D2435	2
Compression triaxiale en conditions consolidée et non drainée (CIU)	ASTM D4767	2
Cisaillement direct	ASTM D3080	2

ASTM : American Society for Testing and Materials

## 3.0 RÉSULTATS

Le tableau 2 présente les coordonnées, l'élévation et les profondeurs des six forages et de la tranchée d'exploration réalisés. Le nivellement et l'arpentage de l'ensemble des forages ont été réalisés par le personnel de CMGP à l'aide d'un appareil GPS d'une précision d'environ 13 mm.

Les données présentes au tableau 2 se retrouvent également dans les journaux de forage, en annexe A.

**Tableau 2: Localisations et profondeurs des forages et de la tranchée d'exploration réalisés**

Forage ou Tranchée	Coordonnées (UTM NAD83, zone 17)		Élévation de la surface du sol (m)	Profondeur du roc (m)	Profondeur finale du forage/tranchée (m)
	EST	NORD			
	(m)	(m)			
<b>Secteur du prolongement du parc à résidus</b>					
TP-14-304 <sup>1</sup>	718 303	5 332 640	ND	N/A	5,00
BH-14-305A	718 300,84	5 332 621,57	312,12	N/A	4,42
BH-14-305B	718 298,85	5 332 647,71	311,53	11,43	14,17
BH-13-306A	718 356,15	5 332 946,04	310,34	15,09	23,62



# RAPPORT D'INVESTIGATION GÉOTECHNIQUE COMPLÉMENTAIRE - PROLONGEMENT DU PARC ET DE LA HALDE VERS L'EST

Forage ou Tranchée	Coordonnées (UTM NAD83, zone 17)		Élévation de la surface du sol (m)	Profondeur du roc (m)	Profondeur finale du forage/tranchée (m)
	EST	NORD			
	(m)	(m)			
<b>Secteur du prolongement de la halde à stériles</b>					
BH-14-308	718 040,19	5 334 656,75	307,73	2,74	9,75
BH-14-309	718 251,58	5 334 671,76	306,50	7,42	14,07
PZ-14-37	718 565,47	5 334 748,89	307,15	N/A	22,86

<sup>1</sup> Les coordonnées de la tranchée d'exploration TP-14-304 ont été relevées à l'aide d'un GPS de poche d'une précision horizontale d'environ 5 m.

## 3.1 Description et propriétés des sols et du socle rocheux

Les sous-sections suivantes présentent la stratigraphie interprétée à partir des six forages et de la tranchée d'exploration réalisés dans les deux secteurs à l'étude. Les propriétés mécaniques des unités stratigraphiques évaluées à partir des résultats des essais *in situ* et des essais de laboratoire sont également rapportées.

Il est à noter que les informations recueillies fournissent des indications sur la nature des sols et du roc à l'endroit précis des sondages et que la stratigraphie du site peut être variable entre les sondages et au-delà.

### 3.1.1 Secteur du prolongement du parc à résidus

Cette sous-section présente la stratigraphie interprétée à partir des trois forages (BH-14-305A, BH-14-305B et BH-14-306A) et de la tranchée d'exploration (TP-14-304) réalisés à la limite est projetée du prolongement du parc à résidus, en bordure de la vallée du ruisseau Raymond. Les forages et la tranchée d'exploration sont localisés sur la figure 1. Il est à noter que le BH-14-306A se trouve au nord du ruisseau Raymond alors que les trois autres sondages se trouvent au sud.

#### Terre végétale et sols organiques

À l'endroit des trois forages et de la tranchée d'exploration, une couche de terre végétale constituée de silt, de couleur noire a été rencontrée à partir de la surface jusqu'à une profondeur variant entre 0,10 m (BH-14-305A) et 0,45 m (BH-14-305B).

#### Silt peu plastique à non plastique

À l'endroit des trois forages et de la tranchée d'exploration, une unité stratigraphique, constituée d'un silt non plastique à peu plastique, de couleur brun-gris à gris et de compacité très lâche à lâche, a été interceptée à différentes profondeurs. Au droit de la tranchée d'exploration (TP-14-304), la couche de silt a été observée entre 0,20 et 2,20 m de profondeur. Cette même couche a été interceptée entre 0,10 et 3,81 m de profondeur au droit du BH-14-305A tandis qu'elle a été interceptée à différentes profondeurs (0,45 m, 3,35 m, 6,86 m et 9,91 m) au droit du BH-14-305B.

Au nord du ruisseau Raymond, cette couche de silt a également été interceptée au droit du BH-14-306A à des profondeurs de 0,76 m, 4,57 m et 13,72 m sur des épaisseurs variables entre 0,76 m et 3,81 m. Dans la plupart des échantillons de silt, des traces de sable fin ont été notées alors que des traces de gravier ont également été observées au droit de la tranchée d'exploration.



Le tableau 3 présente les élévations et les épaisseurs de la couche de silt observée à ces différents sondages.

La teneur en eau mesurée en laboratoire sur les différents échantillons de ce matériau varie entre 19,6 % et 30,1 %. Une faible plasticité y a été notée au droit du BH-14-306A, entre 4,57 m et 8,38 m de profondeur.

**Tableau 3: Élévations et épaisseurs de la couche de silt rencontrée dans les sondages réalisés dans le secteur du prolongement du parc à résidus**

Forage ou Tranchée	Élévation de la surface de la couche de silt (m)	Épaisseur de la couche de silt (m)
TP-14-04	ND <sup>1</sup>	2,00
BH-14-305A	312,10	3,71
BH-14-305B	311,08	1,84
	308,18	0,46
	304,67	2,28
	301,62	1,52
BH-14-306A	309,58	1,53
	305,77	3,81
	296,62	0,76

<sup>1</sup> L'élévation de la tranchée d'exploration TP-14-304 n'est pas disponible puisqu'elle a été arpentée au GPS de poche.

### Silt argileux et argile silteuse à argile (sols cohérents)

À l'endroit des forages BH-14-305B, BH-14-306A et de la tranchée d'exploration TP-14-304, un horizon de sols cohérents constitué de silt argileux, d'argile silteuse ou d'argile de consistance très molle à raide et de couleur brun-gris à gris a été intercepté.

Au nord du ruisseau Raymond, une première couche d'argile silteuse à silt argileux a été interceptée entre 2,29 et 4,57 m de profondeur et une deuxième couche d'argile silteuse entre 8,38 m et 13,72 m de profondeur (BH-14-306A). La présence de lits de sable fin y a été notée dans la première strate.

Au sud du ruisseau Raymond, le forage BH-14-305B a montré une couche d'argile silteuse entre 2,59 m et 3,35 m de profondeur. Cette couche a été également observée entre 3,81 m et 5,33 m suivie d'une unité d'argile entre 5,33 m et 6,86 m de profondeur. La présence de varves a été notée dans le dernier segment. À l'endroit de la tranchée d'exploration TP-14-304, l'argile silteuse à silt argileux a été interceptée à 2,20 m de profondeur et jusqu'à 5,00 m. L'argile silteuse a été identifiée comme étant varvée au droit de la tranchée TP-14-304.

Le tableau 4 résume les élévations auxquelles la surface des sols cohérents a été observée ainsi que les épaisseurs de ces différentes couches.



**Tableau 4: Élévations et épaisseurs de la couche de sols cohérents rencontrée dans les sondages réalisés dans le secteur du prolongement du parc à résidus**

Forage ou Tranchée	Élévation de la surface de la couche de sols cohérents (m)	Épaisseur de la couche de sols cohérents (m)
TP-14-304	ND	2,80
BH-14-305B	308,94	0,76
	307,72	3,05
BH-14-306A	308,05	2,28
	301,96	5,34

### **Résistance au cisaillement**

Les essais de résistance au cisaillement non drainée réalisés à l'aide du scissomètre de chantier à l'endroit du forage BH-14-305B montrent des valeurs entre 26,3 et 35,9 kPa, entre 3,0 m et 6,0 m. La valeur de la résistance au cisaillement non drainée remaniée se situe entre 3,4 et 4,8 kPa pour ce même forage. Selon le Manuel Canadien d'Ingénierie des Fondations (MCIF, 2006), le rapport des résistances au cisaillement non drainées pour ce forage en fait un matériau cohérent de sensibilité ( $S_t$ ) forte ( $4 < S_t < 8$ ) à très forte ( $8 < S_t < 16$ ).

Les données de résistance au cisaillement non drainée intacte et remaniée montrent des valeurs entre 16,5 et 41 kPa et entre 0,7 et 4,3 kPa, respectivement à l'endroit du BH-14-306A. Le rapport de ces données indique que cette argile silteuse serait de sensibilité ( $S_t$ ) forte ( $4 < S_t < 8$ ) à sensible ( $S_t > 16$ ). Les profils de résistance au cisaillement drainée se retrouvent sur les journaux de forage à l'annexe A.

### **Teneurs en eau et limites d'Atterberg**

Les mesures de teneur en eau ont démontré des valeurs entre 34,4 % et 71,2 %. Les limites d'Atterberg sur ces mêmes échantillons ont montré une limite de liquidité entre 21,5 et 61,7, une limite de plasticité entre 16,4 et 24,1 et un indice de plasticité entre 5,0 et 37,6. Tous les échantillons montrent un indice de liquidité supérieur à 1,0, ce qui indique que ces sols cohérents sont susceptibles de se comporter comme un liquide visqueux lorsque soumis à une contrainte de cisaillement.

### **Sable, sable silteux et sable argileux**

Sous la couche de terre végétale au forage BH-14-306A, une couche de sable brun montrant un peu de particules fines plastiques, de compacité très lâche a été interceptée entre 0,3 et 0,76 m de profondeur.

Une couche de sable silteux de couleur grise et de compacité lâche a été interceptée à l'endroit du BH-14-305B entre 9,14 et 9,91 m.

### **Till**

Au droit des forages BH-14-305A et BH-14-306A, une couche de till constituée d'un sable silteux et gravier, de couleur gris à gris-bleu et de compacité compacte a été interceptée. Le till a été rencontré entre 3,81 m et 4,42 m à l'endroit du BH-14-305A et, entre 14,48 m et 15,09 m, au droit du BH-14-306A.



## Socle rocheux

Le socle rocheux a été foré à l'endroit des forages BH-14-305B et BH-14-306A où il a été rencontré à des profondeurs de 11,43 m et 15,09 m respectivement. Le roc a été foré sur une course variant entre 2,74 m (BH-14-305B) et 8,53 m (BH-14-306A). Le tableau 5 présente l'élévation où le roc a été intercepté, la profondeur et l'indice de qualité RQD (*Rock Quality Designation*) pondéré en fonction de la longueur de course de carottage réalisée à chaque forage. Ces valeurs de RQD montrent que le socle rocheux est de qualité passable à bonne.

Le socle rocheux a été identifié comme étant un roc à grains fins (wacke) légèrement altéré (BH-14-306A), de couleur gris-bleu, de résistance moyenne à forte et présentant des veines de quartz.

**Tableau 5: Élévations de la surface, profondeurs du roc, épaisseurs de roc foré et RQD moyen pondéré**

Forage	Élévation de la surface du socle rocheux (m)	Profondeur du socle rocheux par rapport à la surface du sol (m)	Épaisseur de roc forée (m)	RQD moyen pondéré (%)
BH-14-305B	300,10	11,43	2,74	82
BH-14-306A	295,25	15,09	8,53	52

### 3.1.2 Secteur du prolongement de la halde à stériles

Cette sous-section présente la description des différentes unités stratigraphiques interceptées au droit des trois forages (BH-14-308, BH-14-309 et PZ-14-37) réalisés sur la limite nord du prolongement de la halde à stériles.

#### Terre végétale et sols organiques

À l'endroit de ces forages, une couche de terre végétale, constituée de silt devenant parfois sableux, de couleur noir, a été rencontrée de la surface jusqu'à une profondeur variant entre 0,10 m (BH-14-308) et 0,30 m (BH-14-309 et PZ-14-37).

#### Argile silteuse à silt argileux (sols cohérents)

À l'endroit du BH-14-309, une couche d'argile silteuse de couleur grise et de consistance molle à raide a été rencontrée sous la couche de terre végétale, à l'élévation 306,20 m et sur une épaisseur de 3,97 m.

#### Teneurs en eau et limites d'Atterberg

Les mesures de teneur en eau réalisées sur l'argile silteuse interceptée à l'endroit du BH-14-309 montrent des valeurs variant entre 30,5 % et 50,2 %. Les limites d'Atterberg effectuées sur ce même matériau montrent une limite de liquidité entre 29,2 % et 36,4 % et une limite de plasticité variant entre 20,6 % et 20,9 %. Les indices de plasticité calculés à partir de la limite de liquidité et de la limite de plasticité varient entre 8,3 % et 15,8 %. Dans les deux cas, l'indice de liquidité est supérieur à 1,0, ce qui en fait un matériau dont le comportement est susceptible de se rapprocher d'un liquide visqueux lorsque soumis à une contrainte de cisaillement.



### **Résistance au cisaillement**

Le profil de résistance au cisaillement non drainée effectuée au BH-14-309 obtenu à l'aide du scissomètre de chantier montre que la couche altérée en surface de l'argile silteuse possède une résistance au cisaillement supérieure à 45 kPa et diminue jusqu'à 20,6 kPa, à 3,15 m de profondeur. La résistance au cisaillement non drainée augmente ensuite légèrement avec la profondeur et se situe entre 20,6 kPa et 30,7 kPa de 3,15 m à 4,15 m. La résistance au cisaillement non drainée remaniée varie entre 2,2 et 6,7 kPa. Selon le MCIF (2006), les rapports de résistance au cisaillement non drainée de l'argile silteuse en font une argile de sensibilité ( $S_t$ ) forte ( $4 < S_t < 8$ ) à très forte ( $8 < S_t < 16$ ). Les profils de résistance au cisaillement drainée se retrouvent sur les journaux de forage en annexe A.

Pour ce même forage, les valeurs de résistance au cisaillement non drainée obtenues des essais de scissomètre en laboratoire effectués sur l'argile silteuse varient entre 15,6 kPa (entre 2,44 et 3,05 m) et 9,2 kPa (entre 3,35 et 3,96 m) pour la résistance au pic et entre 0 et 2,8 kPa pour la résistance au cisaillement non drainée résiduelle. Ces valeurs sont de l'ordre de 25 % à 70 % plus faibles que les valeurs obtenues au scissomètre de chantier à des profondeurs similaires. Ces valeurs sont également présentées au tableau 6 et en annexe C. Les données de résistance au cisaillement non drainée obtenues du scissomètre de laboratoire doivent être utilisées avec précaution puisque le transport et la manutention des tubes Shelby peuvent générer un remaniement de l'argile et influencer la résistance au cisaillement non drainée.

Deux échantillons d'argile silteuse prélevés au droit du BH-14-309 ont été soumis à des essais de cisaillement direct. Ceux-ci ont montré des angles de friction interne effectif au pic ( $\Phi'_p$ ) variant entre 32,2 et 35,0 degrés tandis que l'angle de friction interne résiduel varie entre 31,9 et 34,8 degrés.

Un essai triaxial consolidé isotropiquement et non drainé (CIU) a permis d'estimer un angle de friction interne effectif au pic ( $\Phi'_p$ ) de 25,6 degrés. Cette valeur a été établie à l'aide du critère basé sur le rapport maximal des contraintes effectives principales  $(\sigma'_1/\sigma'_3)_{\max}$  sur le plan  $q-p'$ .

Ces résultats d'essais en laboratoire sont rassemblés au tableau 6 et les résultats détaillés des essais se retrouvent à l'annexe C.

**Tableau 6: Sommaire des paramètres de résistance au cisaillement drainée et non drainée**

<b>Paramètre de résistance au cisaillement</b>	<b>BH-14-309 TS-4 (2,44-3,05) Argile silteuse</b>	<b>BH-14-309 TS-5 (3,35-3,96) Argile silteuse</b>
<b>Essai de cisaillement direct</b>		
Angle de frottement interne effectif au pic, $\Phi'_p$	32,2°	35,0°
Angle de frottement interne effectif résiduel, $\Phi'_r$	31,9°	34,8°
<b>Essai de compression triaxiale (CIU) – non drainé, avec mesure des pressions interstitielles</b>		
Angle de frottement interne effectif au pic, $\Phi'_p$	25,6°	-
<b>Essai au scissomètre de laboratoire – non drainé</b>		
Résistance au cisaillement non drainé, au pic	15,6 kPa	9,2 kPa
Résistance au cisaillement non drainé, résiduelle	2,8 kPa	0 kPa



## Silt

À l'endroit des forages BH-14-308 et BH-14-309, une unité stratigraphique constituée d'un silt de couleur brun à gris a été interceptée directement sous la couche de terre végétale à une profondeur de 0,10 m dans le cas du BH-14-308 et sous la couche d'argile silteuse, à 4,27 m de profondeur dans le cas du BH-14-309. Dans le premier cas (BH-14-308), le silt a été intercepté jusqu'à une profondeur de 2,44 m et présentait un peu de sable fin en profondeur. La présence de matière organique y a été également notée entre 0,10 m et 0,30 m ainsi que des varves entre 0,30 m et 0,76 m. Dans le deuxième cas (BH-14-309), le silt a été rencontré jusqu'à une profondeur de 6,86 m. Cet horizon a montré un peu de sable fin et des traces de gravier entre 6,10 et 6,86 m.

Les indices de pénétration standard  $N$  mesurés dans cette unité de sol ont montré un matériau très lâche à lâche. Les essais de densité relative réalisés sur le silt échantillonné au droit des forages BH-14-308 et BH-14-309 ont montré des valeurs de 2,71 et 2,74, respectivement. Ces données ont été nécessaires à la réalisation des essais de consolidation oedométriques.

## Teneurs en eau et limites d'Atterberg

Les teneurs en eau réalisées sur ce matériau ont permis d'observer des valeurs variant entre 20,4 % (BH-14-308) et 26,0 % (BH-14-309) tandis que les limites d'Atterberg ont confirmé que ce matériau est de nature non plastique.

## Résistance au cisaillement

L'essai triaxial CIU réalisé sur l'échantillon de silt prélevé au droit du BH-14-308 entre 1,52 m et 2,13 m indique un angle de friction interne effectif au pic de 38,2 degrés établi à l'aide du critère basé sur le rapport maximal des contraintes effectives principales  $(\sigma'_1/\sigma'_3)_{\max}$  sur le plan  $q-p'$ .

## Consolidation

Les essais de consolidation à l'oedomètre réalisés sur des échantillons intacts interceptés au droit des forages BH-14-308 et BH-14-309 sont résumés au Tableau 7. Les deux courbes de consolidation oedométrique présentées en annexe C montrent le comportement typique de l'échantillon soumis à un essai de compression axiale. Il est à noter que les échantillons soumis aux essais oedométriques se sont avérés de nature silteuse et donc, de nature moins argileuse que les couches environnantes aux échantillons prélevés.

**Tableau 7: Résumé des paramètres de consolidation obtenus des essais oedométriques**

Paramètre	BH-14-308 TS-3 (1,52-2,13 m)	BH-14-309 TS-6 (4,27-4,88 m)
Indice des vides initial, $e_0$	0,60	0,59
Indice des vides final, $e_f$	0,47	0,51
Indice de compression, $C_c^1$	0,078	0,034
Indice de recompression, $C_r^1$	0,019	0,014

<sup>1</sup> Ces valeurs dépendent de l'indice des vides de l'échantillon lorsque soumis à un effort de compression. Elles doivent être utilisées avec précaution.



### Sable graveleux à gravier et sable

À l'endroit du PZ-14-37, un important dépôt de matériaux pulvérulents a été rencontré immédiatement sous la couche de terre végétale en surface. Le dépôt a été identifié comme un gravier sableux fin de compacité très dense à compact entre 0,30 et 4,57 m de profondeur suivi d'un sable graveleux brun-gris de compacité dense à compact jusqu'à 6,86 m. Ensuite, un sable et gravier de compacité très dense a été rencontré entre 6,86 m et 15,24 m de profondeur. Un gravier sableux de compacité très dense a finalement été intercepté à partir de 15,24 m de profondeur, jusqu'à 22,86 m. Le roc n'a pas été atteint dans ce forage. La présence de cailloux et de blocs de tailles variables entre 0,30 m et 0,60 m a été notée à différentes profondeurs tout au long du forage.

### Till

Une couche de till de compacité dense à très dense constituée de silt argileux et gravier (BH-14-308) ou de gravier sableux (BH-14-309) a été interceptée sous la couche de silt. La présence de fragments de roc a également été notée dans les deux forages. Dans le cas du BH-14-308, le till a été interceptée entre 2,44 m et 2,74 m de profondeur au droit du BH-14-308, tandis qu'il a été intercepté entre 6,86 m et 7,42 m au droit du BH-14-309. Les indices de pénétration standard ont démontré une compacité dense à très dense.

### Socle rocheux

Le socle rocheux a été foré au droit des forages BH-14-308 et BH-14-309, où il a été rencontré à des profondeurs de 2,74 m et 7,42 m, respectivement. Le roc a été foré sur une course variant de 7,01 m (BH-14-308) à 6,65 m (BH-14-309). Le Tableau 8 présente l'élévation où le roc a été intercepté, la profondeur et l'indice de qualité RQD (*Rock Quality Designation*) pondéré en fonction de la longueur de course de carottage réalisée à chaque forage. Ces valeurs de RQD montrent que le socle rocheux est de bonne qualité.

Le socle rocheux a été identifié comme étant un roc à grains fins à moyens, de couleur gris-bleu et de résistance moyenne. Des veines de quartz y ont été notées de même que des veines de calcite.

**Tableau 8: Élévations de la surface, profondeurs du roc, épaisseurs de roc foré et RQD moyen pondéré**

Forage	Élévation de la surface du socle rocheux (m)	Profondeur du socle rocheux par rapport à la surface du sol (m)	Épaisseur de roc forée (m)	RQD moyen pondéré (%)
BH-14-308	304,99	2,74	7,01	75
BH-14-309	299,08	7,42	6,65	88

## 4.0 SOMMAIRE DES RÉSULTATS

Afin de préciser la nature, l'étendue et les propriétés géotechniques des différentes couches de sols présentes dans certaines zones du prolongement des aires d'accumulation, une campagne d'investigation complémentaire a été réalisée. Le présent rapport fournit les résultats de cette investigation géotechnique complémentaire qui incluait la réalisation de six forages géotechniques, une tranchée d'exploration et l'aménagement d'un forage en puits d'observation. Les sections suivantes recensent les principales conclusions de l'étude.





## **4.1 Secteur du prolongement du parc à résidus**

Dans le secteur du prolongement du parc à résidus, les résultats de l'investigation ont permis d'observer des horizons de silt généralement non plastiques d'épaisseurs comprises entre 0,46 m et 3,81 m en alternance avec des horizons de sols cohérents d'épaisseurs comprises entre 0,76 m et 5,34 m constitués de silt argileux, d'argile silteuse ou d'argile. Des unités stratigraphiques de faible épaisseur de sable, sable silteux ou sable argileux d'une épaisseur inférieure à 1 m ont également été rencontrées à différentes profondeurs à travers les autres unités. Il est à noter que les forages BH-14-305A, BH-14-305B et BH-14-306A ont été réalisés dans une topographie ascendante vers le sud, ce qui peut expliquer possiblement l'interception du roc à une profondeur plus faible au droit du BH-14-305A, lequel se trouve légèrement plus au sud.

La comparaison stratigraphique avec les sondages réalisés (BH-11-22 et BH-13-05) à l'intérieur du secteur convoité pour le prolongement du parc à résidus dans le cadre de la précédente investigation géotechnique (Golder, 2014a) révèle une bonne cohérence entre les sondages des deux investigations. En effet, les élévations, l'alternance et la nature des différentes unités stratigraphiques observées lors de la précédente investigation (Golder, 2014a) sont similaires à celles de la présente investigation complémentaire, à l'exception des épaisseurs de sols cohérents qui sont plus importantes dans les forages BH-11-22 et BH-13-05. Ces derniers avaient été effectués plus à l'ouest, à environ 500 m en amont des forages réalisés durant la présente campagne, et dans la partie centrale du ruisseau Raymond à partir d'un chemin existant traversant le ruisseau.

Il est à noter que les forages BH-15-305B et BH-15-306A, réalisés de part et d'autre du ruisseau Raymond, laissent une importante zone de terrain non caractérisée d'une largeur d'environ 300 m située entre ces forages et traversant la vallée du ruisseau Raymond. Considérant que des épaisseurs de sols cohérents ont été identifiées dans ces deux forages et la largeur considérable de la vallée du ruisseau Raymond dans ce secteur, nous recommandons de poursuivre l'investigation géotechnique complémentaire dans ce secteur, à l'étape de la conception détaillée des structures de rétention du parc à résidus dans ce secteur afin de d'obtenir plus d'informations sur la nature, l'étendue et les propriétés géotechniques des sols en place.

## **4.2 Secteur du prolongement de la halde à stériles**

La comparaison stratigraphique entre les forages réalisés durant cette investigation complémentaire et les forages et tranchées réalisés par le passé montre que le secteur investigué comprend un vaste dépôt de sols fins cohérents en surface, coupé selon un axe nord-sud par un dépôt de sols granulaires dans la partie est du secteur du prolongement, constitué de sable graveleux à gravier et sable d'une épaisseur de plus de 22 m à l'emplacement du forage PZ-14-37, témoignant de la variabilité des conditions géologiques de ce secteur.

Les deux forages réalisés le long de la limite nord de la halde, BH-14-308 et BH-14-309, révèlent quant à eux une certaine variabilité dans les unités stratigraphiques. Au droit du BH-14-308, un horizon de silt d'une épaisseur de 2,34 m d'épaisseur repose sur un till de faible épaisseur, lequel se trouve sur le socle rocheux, à 2,74 m de profondeur. Au droit du BH-14-309, un horizon de sols cohérents constitué d'argile silteuse d'une épaisseur de 3,97 m repose sur un silt non plastique observé sur une épaisseur de 2,59 m. Sous le silt, un dépôt de till constitué d'un gravier sableux et d'une épaisseur de 0,56 m repose sur le socle rocheux, lequel a été intercepté à 7,42 m de profondeur.



Finalement, les essais de laboratoire réalisés sur les échantillons de sols prélevés dans le secteur du prolongement de la halde à stériles ont permis d'obtenir les informations complémentaires concernant des propriétés mécaniques des sols rencontrés.

## 5.0 LIMITATIONS DE L'ÉTUDE

Les conditions d'utilisation et les limitations de l'étude sont présentées à l'annexe D.

## 6.0 SIGNATURES

### GOLDER ASSOCIÉS LTÉE

Michaël Demers Bonin, ing. jr, M.Sc.A.  
Géotechnicien

Simon Chapuis, ing, M.Sc.A.

Mayana Kissiova, ing., M.Ing.  
Associée principale

MDB/SC/MK/eb

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\4081 investigation\final\014-1403061-rf-rev0-inveset  
compt geotech.docx



## 7.0 RÉFÉRENCES

- Golder Associés Ltée, 2014a. *Rapport d'investigation géotechnique – Prolongement du parc à résidus et de la halde à stériles vers l'est*, Mine Canadian Malartic, Projet d'extension de la mine Canadian Malartic, Malartic, Québec, Octobre 2014, no. Réf. 029-13-1221-0020-3010-RF-Rev2.
- Golder Associés Ltée, 2014b. *Concept du projet d'extension du parc à résidus et de la halde à stériles*, Mine Canadian Malartic, Malartic, Québec, Mars 2014, no. Réf. 027-13-1221-0020-3040-RF-Rev0.
- Holtz, D., Robert et William D. Kovacs, 1991. *Introduction à la géotechnique*, traduit par Jean Lafleur, Montréal, Presses Internationales Polytechnique, 808 p.
- Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs du Québec, 2011 (révisé le 23 février 2012), *Guide d'échantillonnage à des fins d'analyses environnementales – Cahier 3 : Échantillonnage des eaux souterraines*, Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec, 62 pages.
- Société Canadienne de Géotechnique, 2006. *Manuel Canadien d'Ingénierie des Fondations*, 4<sup>e</sup> éd. Richmond, Bi-Tech Publisher Ltd., 488 p.









# **ANNEXE A**

## **Journaux de sondage (forages et tranchée d'exploration)**



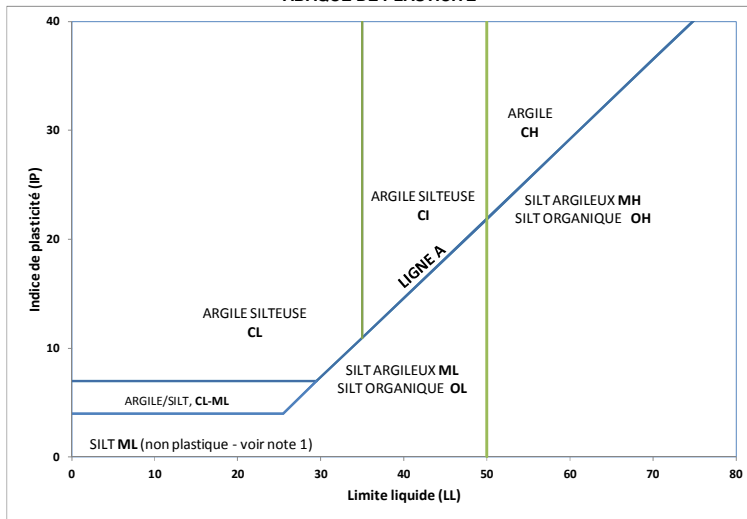




# MÉTHODE DE CLASSIFICATION DES SOLS

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)	Limites de liquidité < 35	Aucune		Faible à moyenne	~ 3 mm	Faible à moyenne	0 % à 30 %	CL	ARGILE SILTEUSE
					Limites de liquidité : 35 à 50	Aucune		Moyenne à élevée	1 mm à 3 mm	Moyenne		CI	ARGILE SILTEUSE
Limites 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 cm<sup>2</sup> de surface, poussé dans le sol à une vitesse de 2 cm/s. Des capteurs électroniques mesurent la résistance en pointe ( $q_t$ ), la pression interstitielle ( $u$ ) et la friction latérale à des intervalles de pénétration de 25 mm.

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

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

## TYPES D'ÉCHANTILLON

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

## ANALYSES

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

## SIGNES VISUELS DE CONTAMINATION

A	Absent
F	Faible
M	Modéré
P	Prononcé

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

## SOLS PULVÉRULENTS (DÉPOURVUS DE COHÉSION)

### Compacité

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

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

### Condition d'humidité au chantier

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

## SOLS COHÉRENTS

### Consistance

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

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

### Teneur en eau

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

**Secteur du prolongement du parc à résidus**



# FICHE DE TRANCHÉE D'EXPLORATION

Projet: Mine Canadian Malartic  
 Endroit: Malartic, Québec  
 No. de projet: 1403061-4080  
 Description du site: \_\_\_\_\_  
 Effectué par: M. Sénécal  
 Date: 2014-09-16

Tranchée No.: TP-14-304  
 Photographie: **OUI**  **NON**   
 Face(s) décrite(s): \_\_\_\_\_  
 Datum: UTM, Nad 83, Zone 17  
 Coordonnées: 5332640 N, 718303 E



PROFONDEUR (m)	SOLS EN PLACE <small>(nature, composition, couleur, consistance, compacité, humidité, etc.)</small>		ÉCHANTILLONS		ANALYSES						
	ÉLÉV. PROF. (m)	DESCRIPTION VISUELLE	PROF. (m)	NUMÉRO	ESSAI LAB	TENEUR EN EAU (%)					
						0	20	40	60	80	100
0		<b>SURFACE</b>									
	0.00	TERRE VÉGÉTALE - (ML) SILT, présence de racines; noir; saturé, très lâche.	0.00-0.20	TP-14-304-SP1							
	0.20	(ML) SILT, un peu de sable fin, présence de matière organique; brun; non cohérent, humide.	0.20-0.50	TP-14-304-SP2							
	0.50	(ML) SILT, trace de gravier et de sable fins; gris-brun avec lits orangés; non cohérent, humide.	0.50-2.20	TP-14-304-SP3							
1											
2											
	2.20	(CL-ML) ARGILE SILTEUSE à SILT ARGILEUX; gris, varvé; cohérent, w>LP, mou.	2.20-5.00	TP-14-304-SP4 TP-14-304-SP5 (20kg)							
3											
4											
5	5.00	FIN DE LA TRANCHÉE. ROC NON ATTEINT.									
6											

## EXCAVATION

ÉQUIPEMENT UTILISÉ: Komatsu PC 350 HD PROFONDEUR MAXIMALE: 5 m  
 DIMENSIONS: \_\_\_\_\_ ORIENTATION: \_\_\_\_\_

## REMARQUES

Aucune venue d'eau. Eau présente en surface.

ÉCHELLE VERTICALE

1 : 50

**Golder Associés**

VÉRIFIÉ PAR: S. Chapuis

**JOURNAL DE SONDAGE BH-14-305A**



PROJET: 1403061-4080

PAGE 1 DE 1

LOCALISATION: Mine Canadian Malartic, Malartic, Québec

DATUM: UTM, Nad 83, Zone 17

CLIENT: Canadian Malartic

COORDONNÉES: 718300.85E, 5332621.57N

ENTREPRENEUR: Forage Giroux

PLONGÉE: -90°

DATE DU FORAGE: 2014-10-01

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 (%)						
								W <sub>p</sub> W <sub>n</sub> W <sub>i</sub> RÉSIS. CISAILLEMENT      Nat.: + Cu, kPa      Rem.: ⊕ 0      20      40      60      80      100							
0	FORAGE PAR ROTATION TUBAGE NW (88.9 mm)	312.20		Surface											
0.00				TERRE VÉGÉTALE - (ML) SILT, présence de matière organique; noir; saturé, très lâche.	1	CF	87	2							
0.10				(ML) SILT, un peu de sable fin, trace de matière organique (racines); brun à gris; non cohérent, humide, lâche.	2	CF	87	5							
0.46				(ML) SILT, un peu de sable fin; brun-gris; non cohérent, humide, lâche.	3	CF	48	5							
					4	CF	64	5							
						5	CF	49	6						
3		309.15		Devenant avec trace de sable et de gravier fins.											
		3.05													
4		308.39		(SM-GW) SABLE SILTEUX et GRAVIER, fin à grossier, TILL; gris; saturé, compact.	6	CF	33	-							
		3.81													
		307.78		FIN DU FORAGE											
		4.42													

Coulis  
ciment-bentonite

GENERAL 1403061-4080-BH-20150521.GPJ GENERAL.GDT 15-8-19 J.A.

ÉCHELLE VERTICALE

1 : 50

**Golder Associés**

JOURNAL PAR: M. Senécal

VÉRIFIÉ PAR: S. Chapuis

**JOURNAL DE SONDAGE BH-14-305B**



PROJET: 1403061-4080

PAGE 1 DE 2

LOCALISATION: Mine Canadian Malartic, Malartic, Québec

CLIENT: Canadian Malartic

DATUM: UTM, Nad 83, Zone 17

ENTREPRENEUR: Forage Giroux

COORDONNÉES: 718298.85E, 5332647.71N

DATE DU FORAGE: 2014-10-01

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				RÉSIS. CISAILLEMENT Cu, kPa	
									W <sub>p</sub>	W <sub>n</sub>				Nat. : + Rem. : ⊕
0	FORAGE PAR ROTATION TUBAGE NW (88.9 mm)	311.53		Surface										
0.00				TERRE VÉGÉTALE - (ML) SILT, présence de matière organique; noir; saturé, très lâche.	1A	CF	33	0						
311.08				(ML) SILT, un peu de sable fin; gris-brun; non cohérent, humide, très lâche.	1B									
0.45														
1					2	CF	59	7						
2					3	CF	62	2		○			MH w LP LL	
3					4A	CF	95	1						
					4B									
4					5A	CF	100	3						
				5B										
5				6	CF	69	0		○				MH w LP LL	
6				7	CF	100	0							
7				8	CF	100	0							
8				9	CF	100	0							
9				10	CF	62	7		○					
10				11	CF	82	8							

ÉCHELLE VERTICALE

1 : 50

JOURNAL PAR: M. Senécal

VÉRIFIÉ PAR: S. Chapuis

**Golder Associés**

GENERAL 1403061-4080-BH-20150521.GPJ GENERAL.GDT 15-8-19 J.A.





**JOURNAL DE SONDAGE BH-14-306A**



PROJET: 1403061-4080

PAGE 1 DE 3

LOCALISATION: Mine Canadian Malartic, Malartic, Québec

DATUM: UTM, Nad 83, Zone 17

CLIENT: Canadian Malartic

COORDONNÉES: 718356.15E, 5332946.04N

ENTREPRENEUR: Forage Giroux

PLONGÉE: -90°

DATE DU FORAGE: 2014-10-02

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
0	FORAGE PAR ROTATION TUBAGE NW (88.9 mm)	310.34		Surface									
0.00				TERRE VÉGÉTALE - (ML) SILT, présence de matière organique; noir; saturé, très lâche.	1A	CF	57	2					
0.30				(SP-SC) SABLE, fin, un peu de fines plastiques, présence de matière organique (racines); brun; non cohérent, saturé, très lâche.	1B								
309.58				(ML) SILT, un peu de sable fin; gris-brun; non cohérent, saturé, très lâche.	2	CF	100	0					
0.76													
1					3	CF	100	0					
2					4	CF	100	0					
3					5	CF	100	0					
308.05				(CL-ML) ARGILE SILTEUSE à SILT ARGILEUX; grise, présence de lits très minces de sable fin (2 à 3 lits par 61 cm); cohérent, w>LP, mou.	6	CF	100	0					
2.29													
4					7	CF	100	0					
306.34			Devenant ferme.	8	CF	100	0						
4.00													
5				9	CF	100	0						
305.77			(ML) SILT de faible plasticité, un peu de sable fin; gris; non cohérent, saturé, très lâche.	10	CF	100	0						
4.57													
6				11	CF	100	0						
7													
				SUITE À LA PAGE 2									

GENERAL 1403061-4080-BH-20150521.GPJ GENERAL.GDT 15-8-19 J.A.

ÉCHELLE VERTICALE

1 : 50

JOURNAL PAR: M. Senécal

VÉRIFIÉ PAR: S. Chapuis

**Golder Associés**

**JOURNAL DE SONDAGE BH-14-306A**

PROJET: 1403061-4080

PAGE 2 DE 3

LOCALISATION: Mine Canadian Malartic, Malartic, Québec



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			RESIS. CISAILLEMENT Cu, kPa												
									Wp				Wn	Wl										
SUITE DE LA PAGE 1																								
8	FORAGE PAR ROTATION TUBAGE NW (88.9 mm)	301.96		(ML) SILT de faible plasticité, un peu de sable fin; gris; non cohérent, saturé, très lâche.	11	CF	100	0	⊕															
		8.38		(CL) ARGILE SILTEUSE; grise; cohérente, w>LP, ferme.	12	CF	100	0		⊕														
9						13	CF	100	0															
10						14	CF	100	0															
11				299.34		Devenant molle.	15	CF	100	0														
				11.00																				
12				298.15		Devenant raide.	16	CF	62	10														
				12.19																				
13																								
14				296.62		(ML) SILT sableux, fin; gris; non cohérent, saturé, très lâche.	17	CF	43	3														
				13.72																				
15				295.86		(SM-GW) SABLE SILTEUX et GRAVIER, fin à grossier, TILL; gris-bleu; non-cohérent, saturé, compact.	18	CF	46	23														
				14.48																				
16		FORAGE PAR ROTATION CAROTTIER NQ (75.7 mm)		295.25		SOCLE ROCHEUX: gris-bleu, légèrement altéré, grains fins, résistance forte, très pauvre qualité, présence de veines de quartz.	19	CR	50	9														
				15.09																				
17			293.58		Devenant d'excellente qualité.	20	CR	100	97															
		16.76			21	CR	100	90																
SUITE À LA PAGE 3																								

ÉCHELLE VERTICALE

1 : 50

JOURNAL PAR: M. Senécal

VÉRIFIÉ PAR: S. Chapuis

**Golder Associés**

GENERAL 1403061-4080-BH-20150521.GPJ GENERAL.GDT 15-8-19 J.A.

**JOURNAL DE SONDAGE BH-14-306A**

PROJET: 1403061-4080

PAGE 3 DE 3

LOCALISATION: Mine Canadian Malartic, Malartic, Québec



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 (%)			Cu, kPa				Nat. : + Rem. : ⊕		
				SUITE DE LA PAGE 2														
	FORAGE PAR ROTATION CAROTTIER NQ (75.7 mm)	292.97 17.37		Devenant de très pauvre qualité.	22	CR	55	0										
18		292.48 17.86		Devenant de bonne qualité.	23	CR	100	80										
19																		
20																		
21		289.97 20.37		Devenant de pauvre qualité.	25	CR	96	43										
22																		
23		287.48 22.86		Devenant frais et de bonne qualité.	27	CR	100	79										
24	286.72 23.62	FIN DU FORAGE.																
25																		
26																		

Coulis  
ciment-bentonite

GENERAL 1403061-4080-BH-20150521.GPJ GENERAL.GDT 15-8-19 J.A.

ÉCHELLE VERTICALE

1 : 50

**Golder Associés**

JOURNAL PAR: M. Senécal

VÉRIFIÉ PAR: S. Chapuis



## **Secteur du prolongement de la halde à stériles**



**JOURNAL DE SONDAGE BH-14-308**



PROJET: 1403061-4080

PAGE 1 DE 2

LOCALISATION: Mine Canadian Malartic, Malartic, Québec

DATUM: UTM, Nad 83, Zone 17

CLIENT: Canadian Malartic

COORDONNÉES: 718040.19E, 5334656.75N

ENTREPRENEUR: Forage Giroux

PLONGÉE: -90°

DATE DU FORAGE: 2014-09-04

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 (%)					
0	FORAGE PAR ROTATION TUBAGE NW (88.9 mm)	307.73		Surface										
0.00				TERRE VÉGÉTALE - (ML) SILT										
0.10				sableux, présence de matière	1B	CF	74	7						
0.30				organique; noir; sec à humide, très										
0.30				lâche.										
0.76				(ML) SILT, trace de matière	2	CF	84	9						
0.76				organique; brun; non cohérent,										
				humide, lâche.										
				Devenant brun pâle, varvé.										
				Devenant gris.										
1		306.21		Devenant avec un peu de sable	3	TS	77	-						
1.52				fin.										
2		305.44												
2.29				(ML) SILT sableux, fin; brun-pâle;	4A									
2.44				non cohérent, saturé, compact.	4B	CF	74	37						
2.74				(GM-MH) SILT ARGILEUX et										
3		304.99		GRAVIER, fin à grossier, un peu										
2.74				de sable fin à grossier, présence	5	CR	100	22						
				de fragments de roc, TILL;										
				gris-brun; non cohérent, saturé,										
4				dense.										
				SOCLE ROCHEUX: gris-bleu;	6	CR	100	20						
				grains fins à moyens, frais,										
				résistance moyenne, très pauvre										
5		303.44		qualité, présence de veines de										
4.29				quartz.										
				Devenant de qualité moyenne.	7	CR	100	63						
6		302.07												
5.66				Devenant d'excellente qualité	8	CR	100	100						
7														
					9	CR	100	96						

SUITE À LA PAGE 2

ÉCHELLE VERTICALE

1 : 50

JOURNAL PAR: M. Senécal

VÉRIFIÉ PAR: S. Chapuis

**Golder Associés**

GENERAL 1403061-4080-BH-20150521.GPJ GENERAL.GDT 15-8-19 J.A.

**JOURNAL DE SONDAGE BH-14-308**

PROJET: 1403061-4080

PAGE 2 DE 2

LOCALISATION: Mine Canadian Malartic, Malartic, Québec



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 $\diamond$					RÉSIS. CISAILLEMENT						
									TENEUR EN EAU (%)					Cu, kPa						
									Wp   Wn   Wl					Nat. : + Rem. : $\oplus$						
0 20 40 60 80 100																				
				SUITE DE LA PAGE 1																
8	FORAGE PAR ROTATION CAROTTIER NQ (75.7 mm)	297.98 9.75		Devevant d'excellente qualité	9	CR	100	96										Coulis ciment-bentonite		
9					10	CR	100	98												
10				FIN DU FORAGE.																
11																				
12																				
13																				
14																				
15																				
16																				
17																				

GENERAL 1403061-4080-BH-20150521.GPJ GENERAL.GDT 15-8-19 J.A.

ÉCHELLE VERTICALE

1 : 50

**Golder Associés**

JOURNAL PAR: M. Senécal

VÉRIFIÉ PAR: S. Chapuis



**JOURNAL DE SONDAGE BH-14-309**



PROJET: 1403061-4080

PAGE 1 DE 2

LOCALISATION: Mine Canadian Malartic, Malartic, Québec

DATUM: UTM, Nad 83, Zone 17

CLIENT: Canadian Malartic

COORDONNÉES: 718251.59E, 5334671.76N

ENTREPRENEUR: Forage Giroux

PLONGÉE: -90°

DATE DU FORAGE: 2014-09-05

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 (%)
									W <sub>p</sub>	W <sub>n</sub>			
0		306.50		Surface									
0.00		306.20		TERRE VÉGÉTALE - (ML) SILT sableux, présence de matière organique; noir; saturé, très lâche.	1B	CF	51	2					
0.30		305.74		(Cl) ARGILE SILTEUSE, présence de matière organique (racines); brun-gris; cohérente, w~LP, raide. / Devenant w>LP.	2	CF	100	1					
0.76		304.98		Devenant ferme.	3	TS	100	-					
1.52		304.06		(CL) ARGILE SILTEUSE; grise; cohérente, w>LP, molle à ferme.	4	TS	100	-					
2.44		302.23		(ML) SILT; gris; non cohérent, saturé, très lâche.	6	TS	100	-					
4.27		300.40		(ML) SILT, un peu de sable fin, trace de gravier; non cohérent, saturé, très lâche.	8	CF	66	3					
6.10		299.64		(GW) GRAVIER sableux, fin à grossier, sous-angulaire, présence de fragments de roc, TILL; gris-bleu; saturé, très dense.	9	CF	33	R					
6.86		299.08			10	CR	100	90					
7.42				SUITE À LA PAGE 2									

GENERAL 1403061-4080-BH-20150521.GPJ GENERAL.GDT 15-8-19 J.A.

ÉCHELLE VERTICALE

1 : 50

**Golder Associés**

JOURNAL PAR: M. Senécal

VÉRIFIÉ PAR: S. Chapuis

**JOURNAL DE SONDAGE BH-14-309**

PROJET: 1403061-4080

PAGE 2 DE 2

LOCALISATION: Mine Canadian Malartic, Malartic, Québec



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	
				SUITE DE LA PAGE 1														
8	FORAGE PAR ROTATION CAROTTIER NQ (75.7 mm)			SOCLE ROCHEUX: gris-bleu; frais, grains fins à moyens, résistance moyenne, excellente qualité, présence de veines de quartz et de calcite.	10	CR	100	90										
9		297.51 8.99		Devenant de très mauvaise qualité.	11	CR	15	0										
		296.92 9.58		Devenant d'excellente qualité.	12	CR	100	0										
10					13	CR	100	100										
11					14	CR	100	97										
12																		
13																		
14		292.43 14.07		FIN DU FORAGE.														
15																		
16																		
17																		

Coulis  
ciment-bentonite

GENERAL 1403061-4080-BH-20150521.GPJ GENERAL.GDT 15-8-19 J.A.

ÉCHELLE VERTICALE  
1 : 50

**Golder Associés**

JOURNAL PAR: M. Senécal  
VÉRIFIÉ PAR: S. Chapuis

**JOURNAL DE SONDAGE PZ-14-37**



PROJET: 1403061-4080

PAGE 1 DE 3

LOCALISATION: Mine Canadian Malartic, Malartic, Québec

DATUM: UTM, Nad 83, Zone 17

CLIENT: Canadian Malartic

COORDONNÉES: 718565.47E, 5334748.89N

ENTREPRENEUR: Forage Giroux

PLONGÉE: -90°

DATE DU FORAGE: 2014-09-09

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 $\diamond$					
									TENEUR EN EAU (%)					
								W <sub>p</sub> W <sub>n</sub> W <sub>i</sub> RÉSIS. CISAILLEMENT      Nat.: + Cu, kPa      Rem.: $\oplus$ 0      20      40      60      80      100						
0	FORAGE PAR ROTATION TUBAGE HW (114.2 mm)	307.15		Surface								Élévation du CPV: 307.96m  Élévation du niveau d'eau: 306.85m (2014-09-23)  Coulis ciment-bentonite		
		0.00		TERRE VÉGÉTALE - (ML) SILT sableux; noir; humide, très lâche.	1	CF	41	13						
		306.85		(GW) GRAVIER sableux, fin à grossier, sous-angulaire; gris-bleu; saturé, très dense.										
		0.30		Devenant avec présence de cailloux.										
		306.54												
		0.61												
1														
2						2	CF	74	100					
3						3	CF	36	75					
			304.10		Devenant compact.									
		3.05			4	CF	39	29						
4					5	CF	13	29						
5		302.58		(SW) SABLE fin à grossier, graveleux, gravier fin à grossier, sous-arrondi, présence de cailloux, trace de fines; brun-gris; saturé, compact.	6	CF	39	12			MH			
		4.57												
		301.79		Devenant dense.										
		5.36			7	CF	66	36						
6		301.05		Devenant sous-angulaire, très dense.										
		6.10			8	CF	72	75						
7		300.29		(SW-GW) SABLE, fin à grossier et GRAVIER, fin à grossier, sous-arrondi à sous-angulaire, présence de cailloux et de blocs (30 à 61 cm), un peu de fines; brun-gris; saturé, très dense.	9	CF	33	55			MH			
		6.86												
				SUITE À LA PAGE 2	10	CF	28	85						

GENERAL 1403061-4080-BH-20150521.GPJ GENERAL.GDT 15-8-19 J.A.

ÉCHELLE VERTICALE

1 : 50

JOURNAL PAR: M. Senécal

VÉRIFIÉ PAR: S. Chapuis

**Golder Associés**




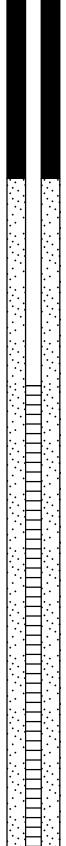
**JOURNAL DE SONDAGE PZ-14-37**



PROJET: 1403061-4080

PAGE 3 DE 3

LOCALISATION: Mine Canadian Malartic, Malartic, Québec

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			RÉSIS. CISAILLEMENT							
									TENEUR EN EAU (%)			Cu, kPa				Nat. : + Rem. : ⊕			
				SUITE DE LA PAGE 2															
18	FORAGE PAR ROTATION TUBAGE NW (88.9 mm)			(GW) GRAVIER sableux, fin à grossier, sous-arrondi à sous angulaire, sable fin à grossier, présence d'un bloc de 51 cm, un peu de fines; brun-gris; saturé, très dense. Présence d'un bloc de 61 cm.															
19				Présence d'un bloc de 30 cm.															
20																			
21																			
22																			
23		284.29 22.86		FIN DU FORAGE.															
24																			
25																			
26																			

ÉCHELLE VERTICALE

1 : 50

**Golder Associés**

JOURNAL PAR: M. Senécal

VÉRIFIÉ PAR: S. Chapuis

GENERAL 1403061-4080-BH-20150521.GPJ GENERAL.GDT 15-8-19 J.A.





# **ANNEXE B**

## **Photographies**





Annexe B - Photos



Photo 1 : Tranchée TP-14-304 (16 septembre 2014).



Photo 2 : Varves - Tranchée TP-14-304 (16 septembre 2014).





# **ANNEXE C**

## **Résultats des essais de laboratoire**



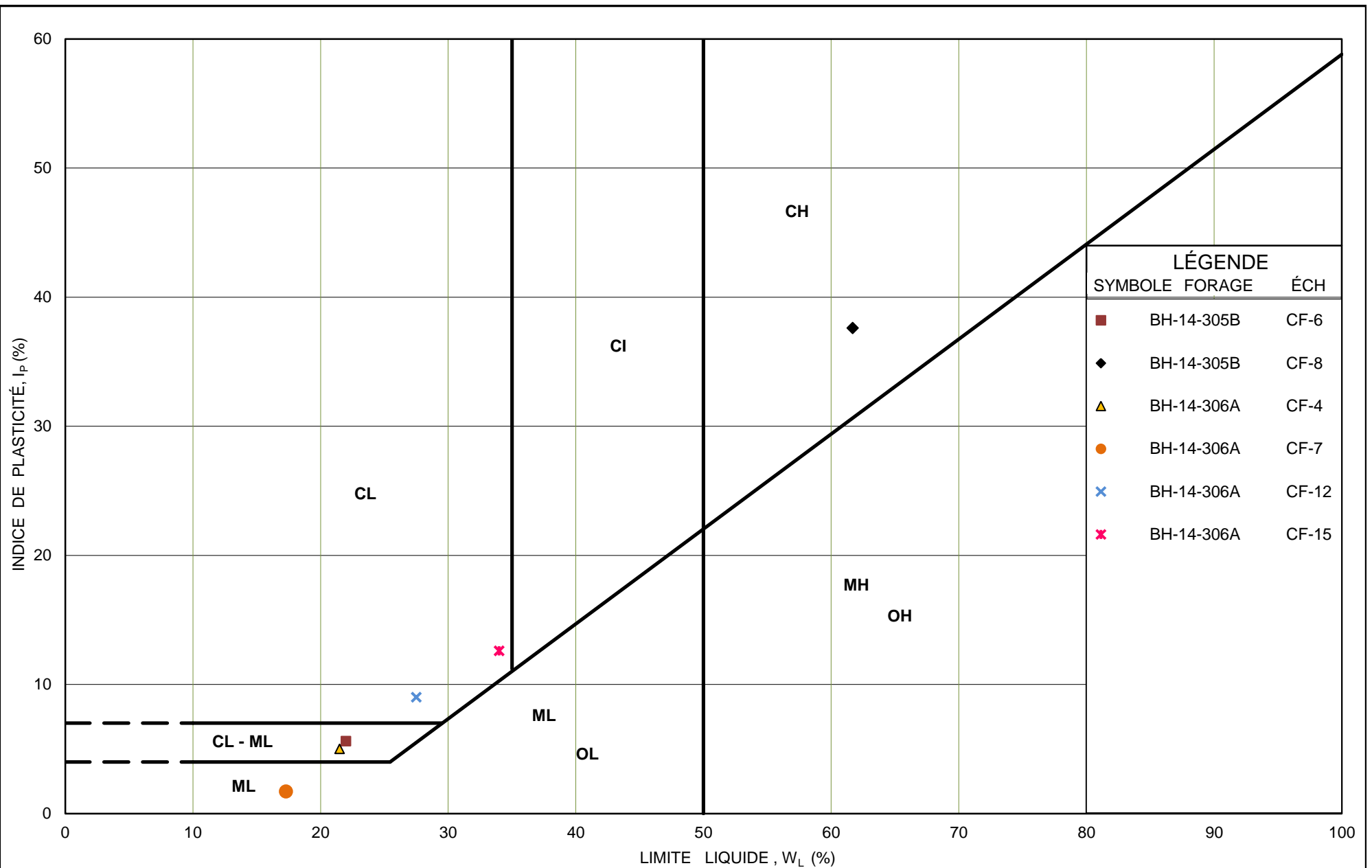
**Secteur du prolongement du parc à résidus**



## SOMMAIRE DES TENEURS EN EAU ET DES LIMITES D'ATTERBERG

NUMÉRO DE PROJET : 1403061-4080  
 NOM DE PROJET: CMGP / Étude Phase III / Malartic  
 DATE DES ESSAIS: 5 déc. 2014

Forage No.	Échantillon No.	Profondeur (m)	Teneur en Eau (%)	Limites Atterberg			
				W <sub>L</sub>	W <sub>P</sub>	I <sub>L</sub>	I <sub>P</sub>
14-305B	CF-3	1,52-2,13	29,8%	N/P			
14-305B	CF-5B	3,35-3,66	28,2%				
14-305B	CF-6	3,81-4,42	39,8%	22,0	16,4	4,2	5,6
14-305B	CF-8	5,33-5,94	72,1%	61,7	24,1	1,3	37,6
14-305B	CF-10	6,86-7,47	30,1%	N/P			
14-305B	CF-12	8,38-8,99	19,6%	N/P			
14-305B	CF-14	9,91-10,52	27,3%	N/P			
14-306A	CF-4	2,29-2,90	34,4%	21,5	16,6	3,6	5,0
14-306A	CF-7	4,57-5,18	29,4%	17,3	15,6	8,0	1,7
14-306A	CF-12	8,38-8,99	57,1%	27,5	18,5	4,3	9,0
14-306A	CF-15	10,67-11,28	51,6%	34,0	21,3	2,4	12,6



## ABAQUE DE PLASTICITÉ

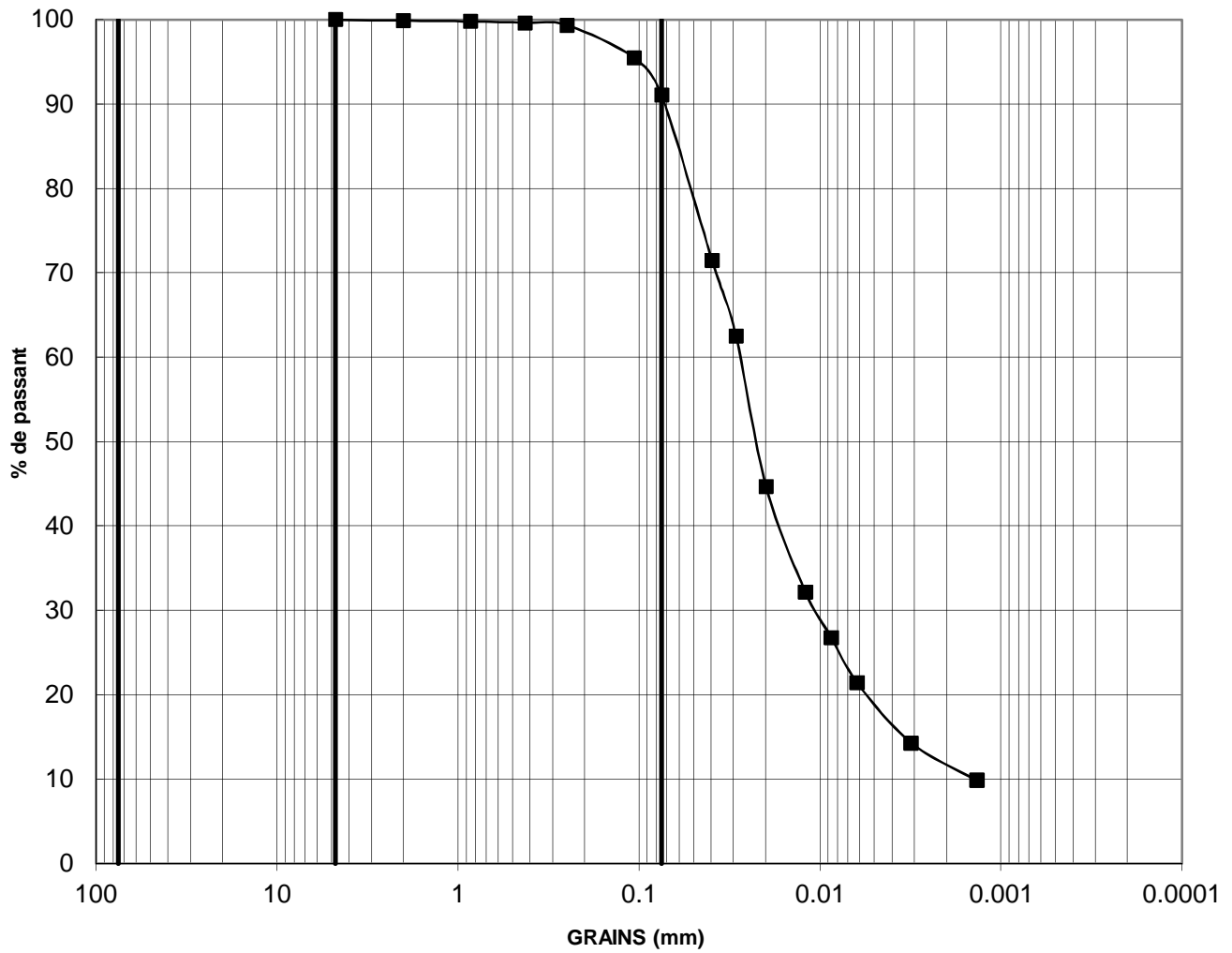
Figure : Classification des sols à grains fins

Projet No.: 1403061-4080

Compilé par : SC      Vérifié par :



# ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE

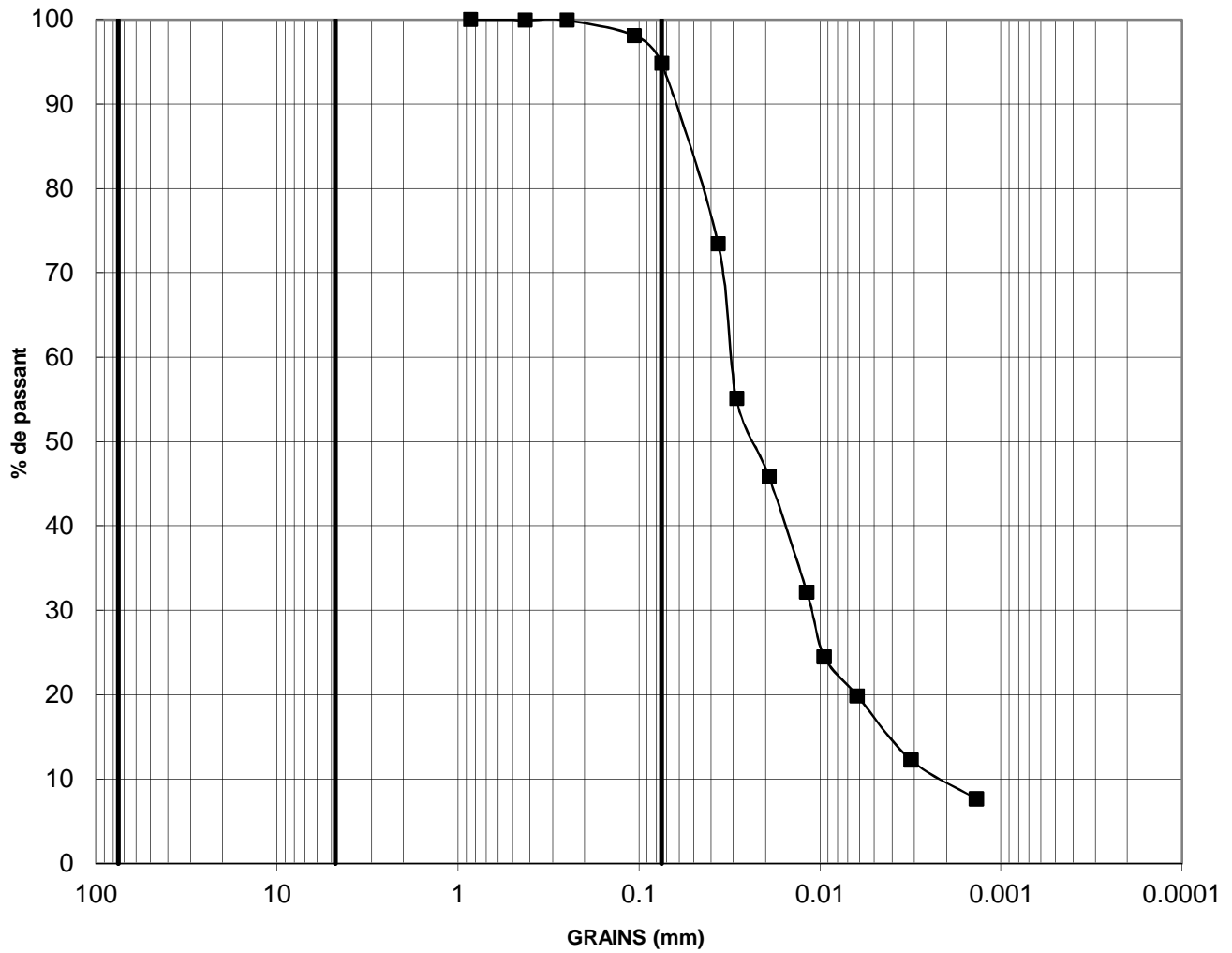


grossier	fin	grossier	moyen	fin	
GRAVIER		SABLE			SILT & ARGILE

Constituants	%
Gravier	
Sable	9
Silt & Argile	91

Forage	Échantillon	Profondeur (m)
■ 14-305B	CF-3	1.52-2.13

# ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE

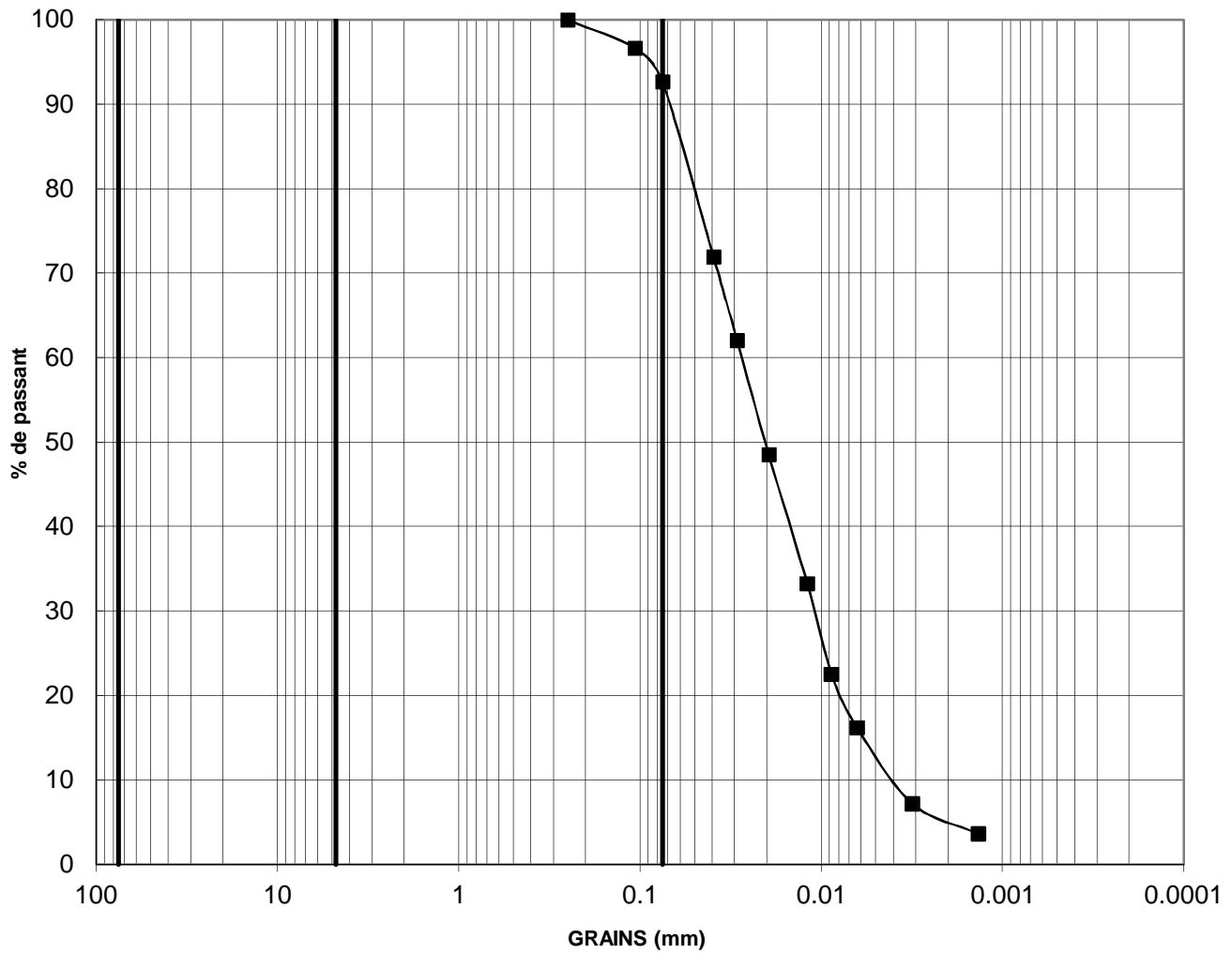


grossier	fin	grossier	moyen	fin		
GRAVIER		SABLE			SILT & ARGILE	

Constituants	%
Gravier	
Sable	5
Silt & Argile	95

Forage	Échantillon	Profondeur (m)
■ 14-305B	5B	3.35-3.66

# ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE

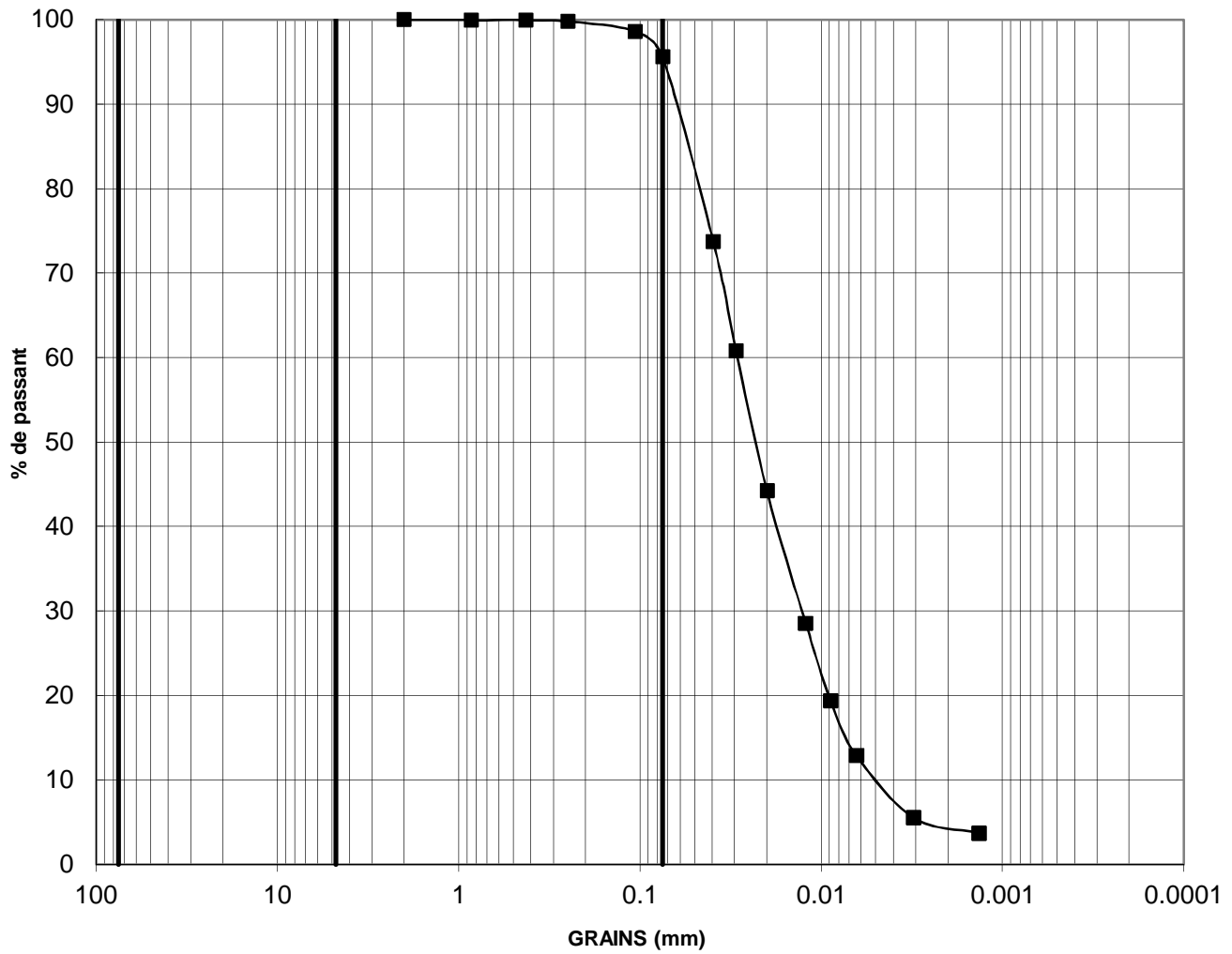


grossier	fin	grossier	moyen	fin		
GRAVIER		SABLE			SILT & ARGILE	

Constituants	%
Gravier	
Sable	7
Silt & Argile	93

Forage	Échantillon	Profondeur (m)
■ 14-305B	CF-12	8.38-8.99

# ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE

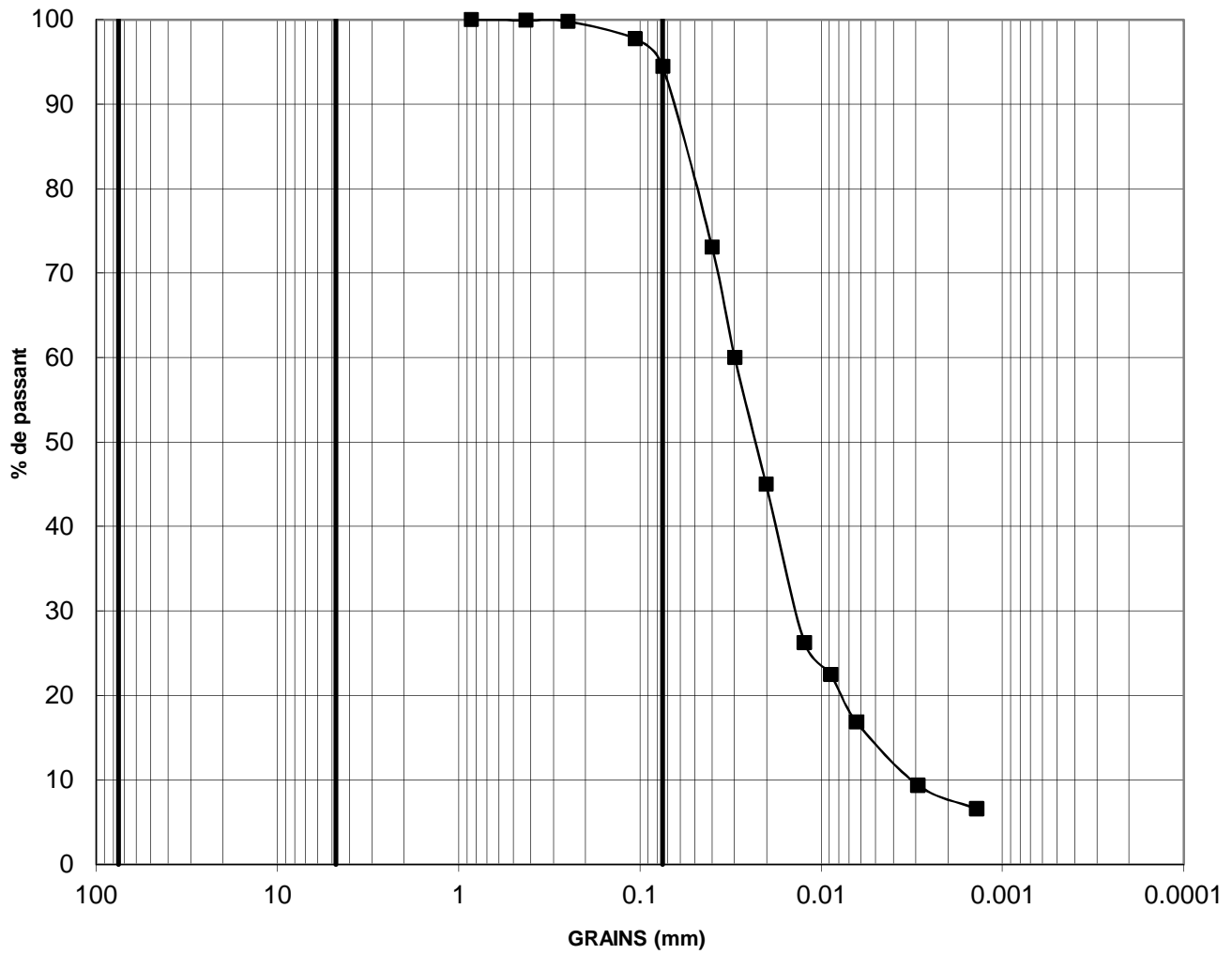


grossier	fin	grossier	moyen	fin		
GRAVIER		SABLE			SILT & ARGILE	

Constituants	%
Gravier	
Sable	4
Silt & Argile	96

Forage	Échantillon	Profondeur (m)
■ 14-305B	CF-14	9.91-10.52

# ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE

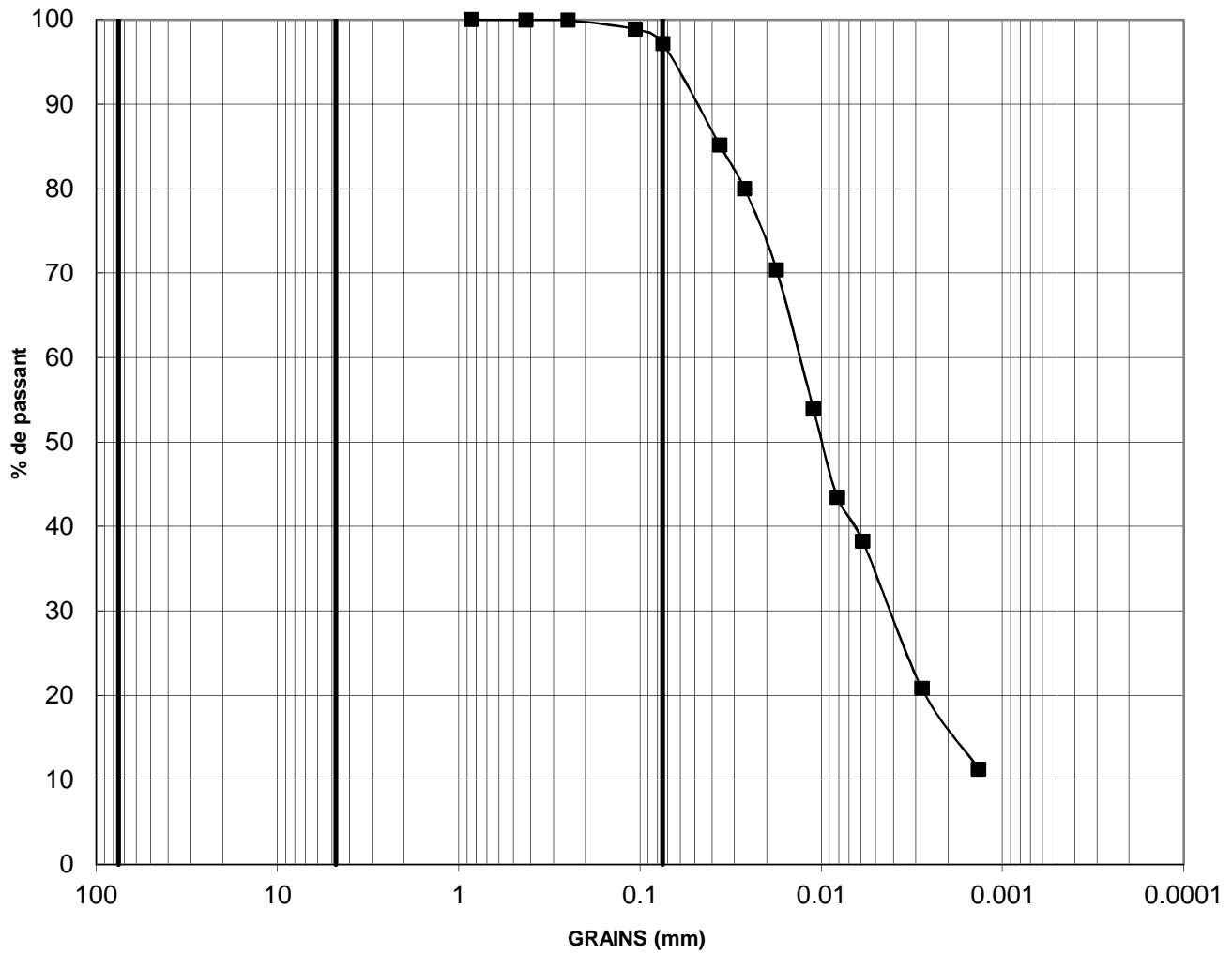


grossier	fin	grossier	moyen	fin	
GRAVIER		SABLE			SILT & ARGILE

Constituants	%
Gravier	
Sable	5
Silt & Argile	95

Forage	Échantillon	Profondeur (m)
■ 14-306A	CF-3	1.52-2.13

# ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE

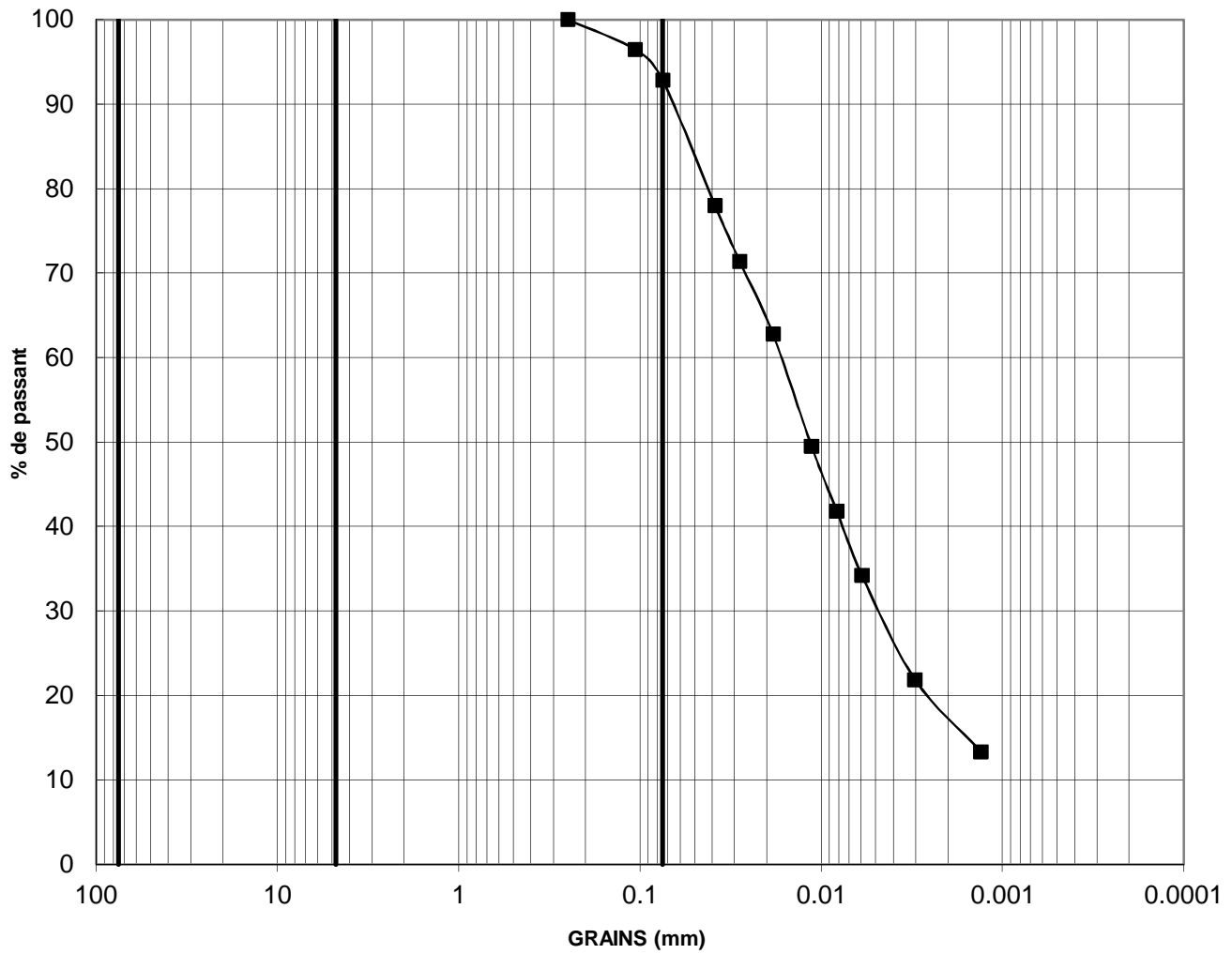


grossier	fin	grossier	moyen	fin	
GRAVIER		SABLE			SILT & ARGILE

Constituants	%
Gravier	
Sable	3
Silt & Argile	97

Forage	Échantillon	Profondeur (m)
■ 14-306A	CF-4	2.29-2.90

# ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE

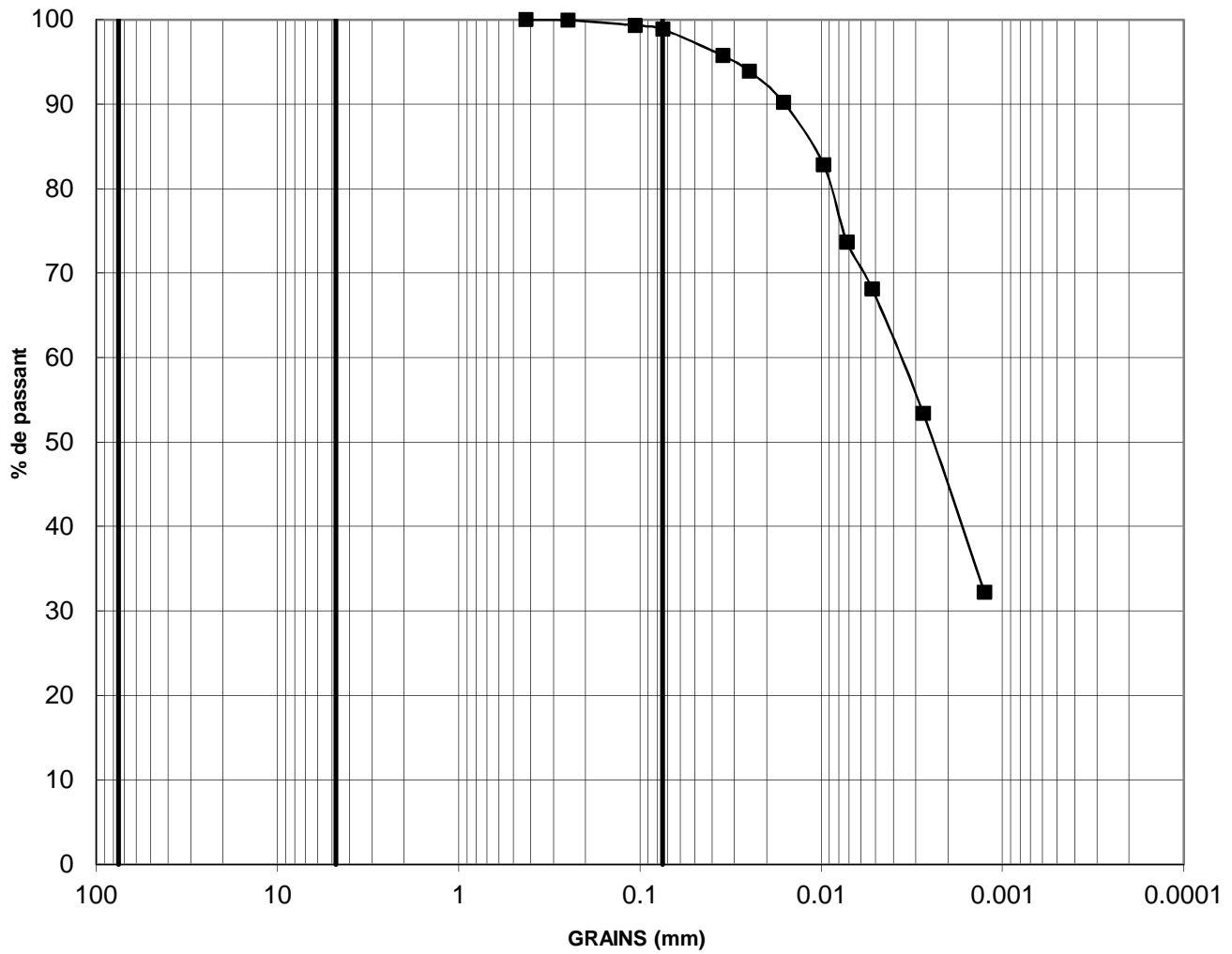


grossier	fin	grossier	moyen	fin	
GRAVIER		SABLE			SILT & ARGILE

Constituants	%
Gravier	
Sable	7
Silt & Argile	93

Forage	Échantillon	Profondeur (m)
■ 14-306A	CF-7	4.57-5.18

# ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE



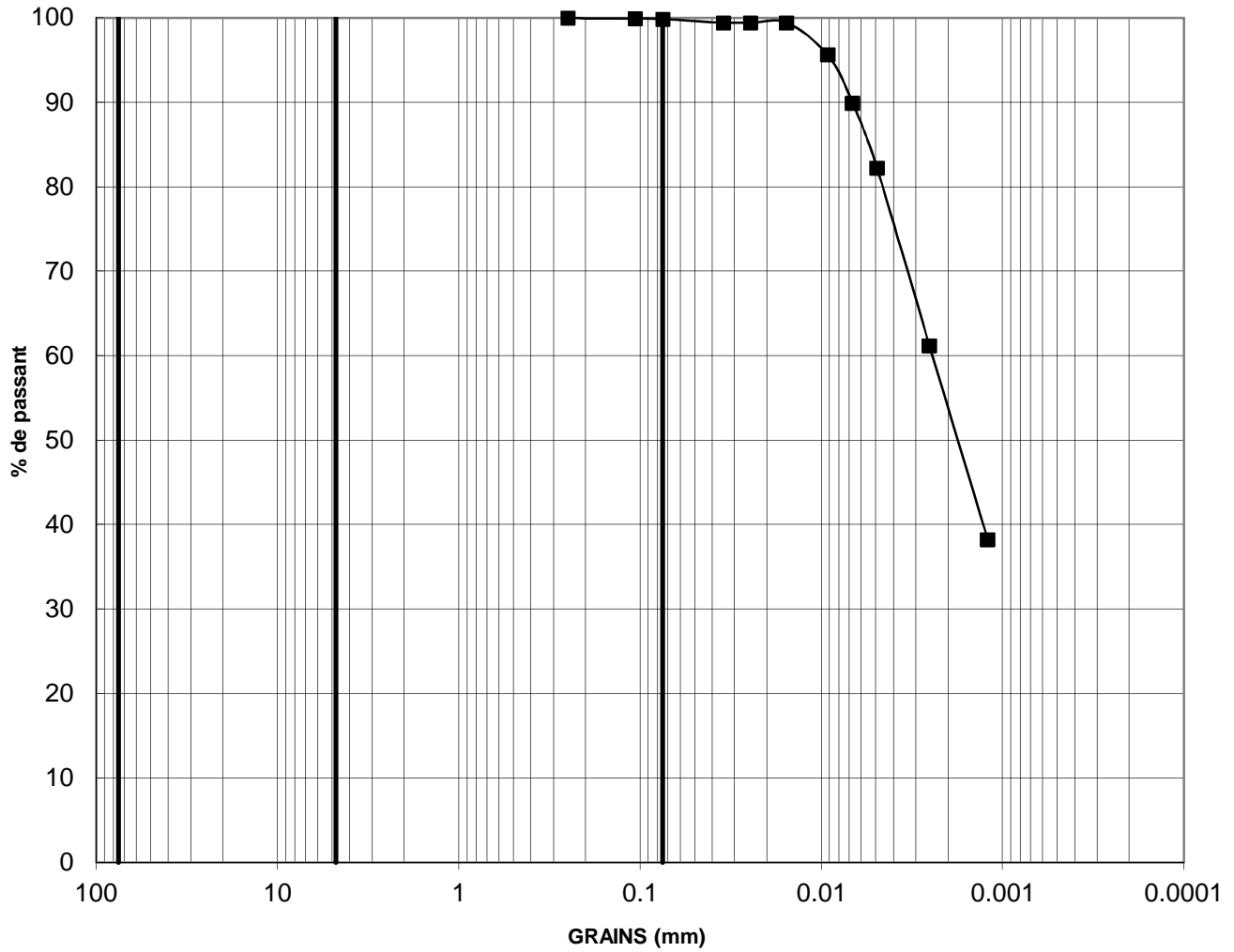
grossier	fin	grossier	moyen	fin	
GRAVIER		SABLE			SILT & ARGILE

Constituants	%
Gravier	
Sable	1
Silt & Argile	99

Forage	Échantillon	Profondeur (m)
■ 14-306A	CF-12	8.38-8.99



# ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE

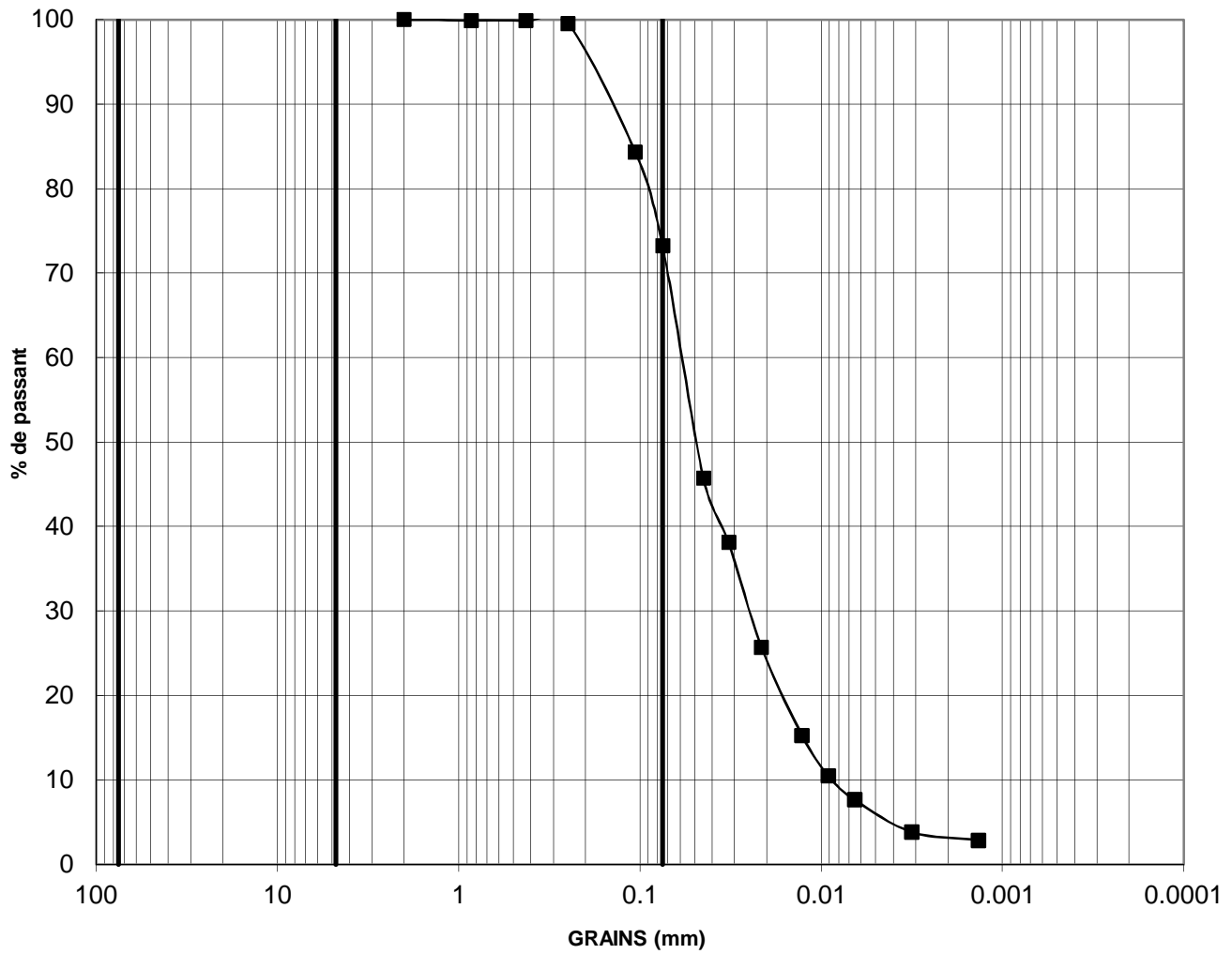


grossier	fin	grossier	moyen	fin	
GRAVIER		SABLE			SILT & ARGILE

Constituants	%
Gravier	
Sable	0
Silt & Argile	100

Forage	Échantillon	Profondeur (m)
■	14-306A CF-15	10.67-11.28

# ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE



grossier	fin	grossier	moyen	fin		
GRAVIER		SABLE			SILT & ARGILE	

Constituants	%
Gravier	
Sable	27
Silt & Argile	73

Forage	Échantillon	Profondeur (m)
■ 14-306A	CF-17	13.72-14.33

## **Secteur du prolongement de la halde à stériles**



## SUMMARY OF WATER CONTENT DETERMINATIONS

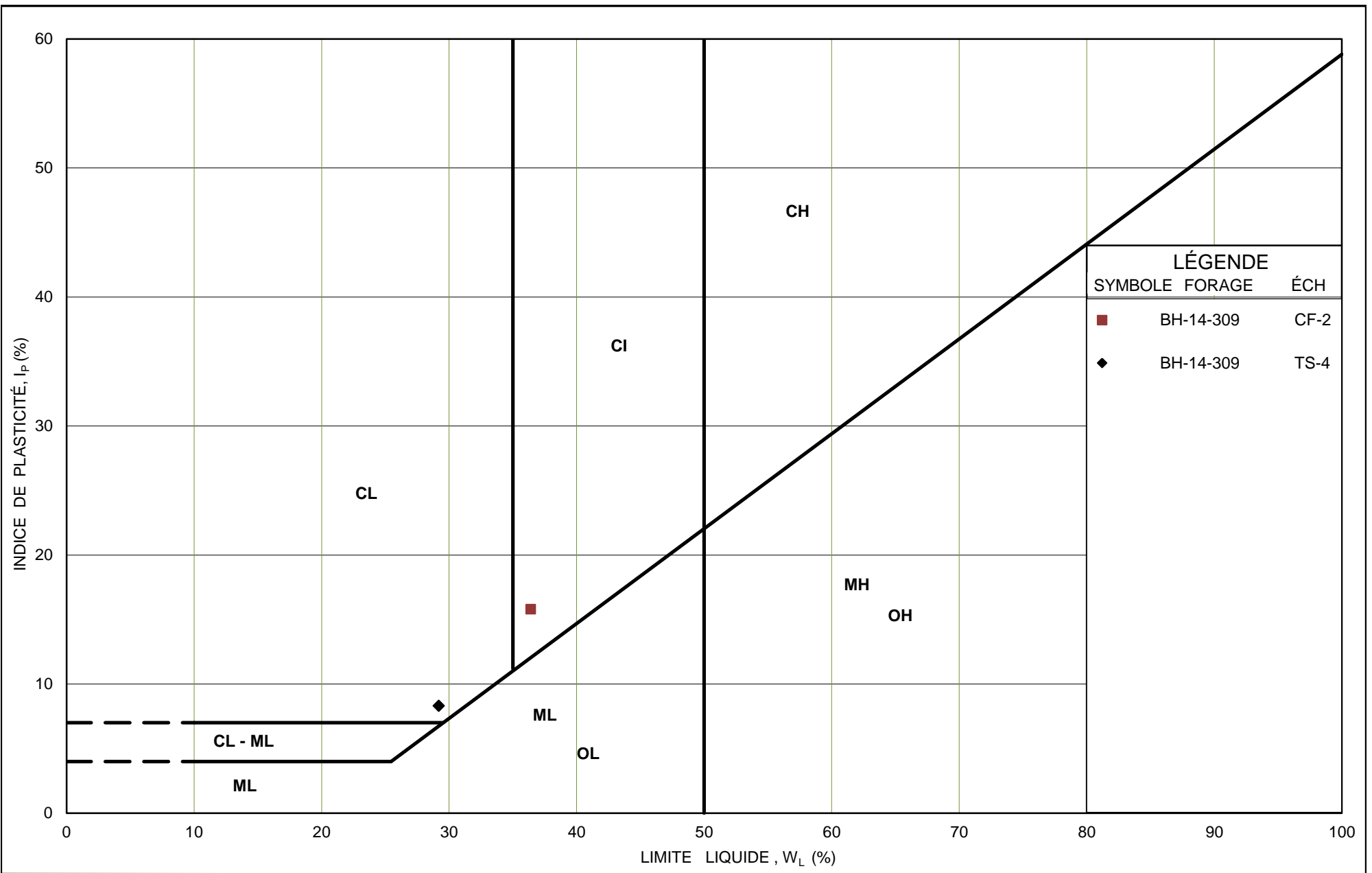
### ASTM D 2216-10

---

PROJECT NUMBER 1403061  
PROJECT NAME CMGP / Étude Phase III / Malartic  
DATE November, 2014

---

Borehole No.	Sample No.	Depth (m)	Water	Atterberg Limits LL, PL, PI
			Content (%)	
BH-14-308	CF-2	0,76-1,37	22,1%	NP
BH-14-308	TS-3	1,52-2,13	20,4%	
BH-14-309	CF-2	0,76-1,37	50,2%	LL=36,4, PL=20,6, PI=15,8
BH-14-309	CF-7	5,33-5,90	26,0%	NP
BH-14-309	CF-8	6,10-6,71	24,4%	NP
BH-14-309	TS-4	2,44-3,05	30,5%	LL=29,2, PL=20,9, PI=8,3
BH-14-309	TS-5	3,35-3,96	23,2%	



## ABAQUE DE PLASTICITÉ

Figure : Classification des sols à grains fins

Projet No.: 1403061-4080

Compilé par : SC      Vérifié par :

## SPECIFIC GRAVITY TEST RESULTS

### ASTM D 854-06 TEST METHOD A

---

PROJECT NUMBER	1403061		
PROJECT NAME	CMGP / Étude Phase III / Malartic		
DATE TESTED	October, 2014		

---

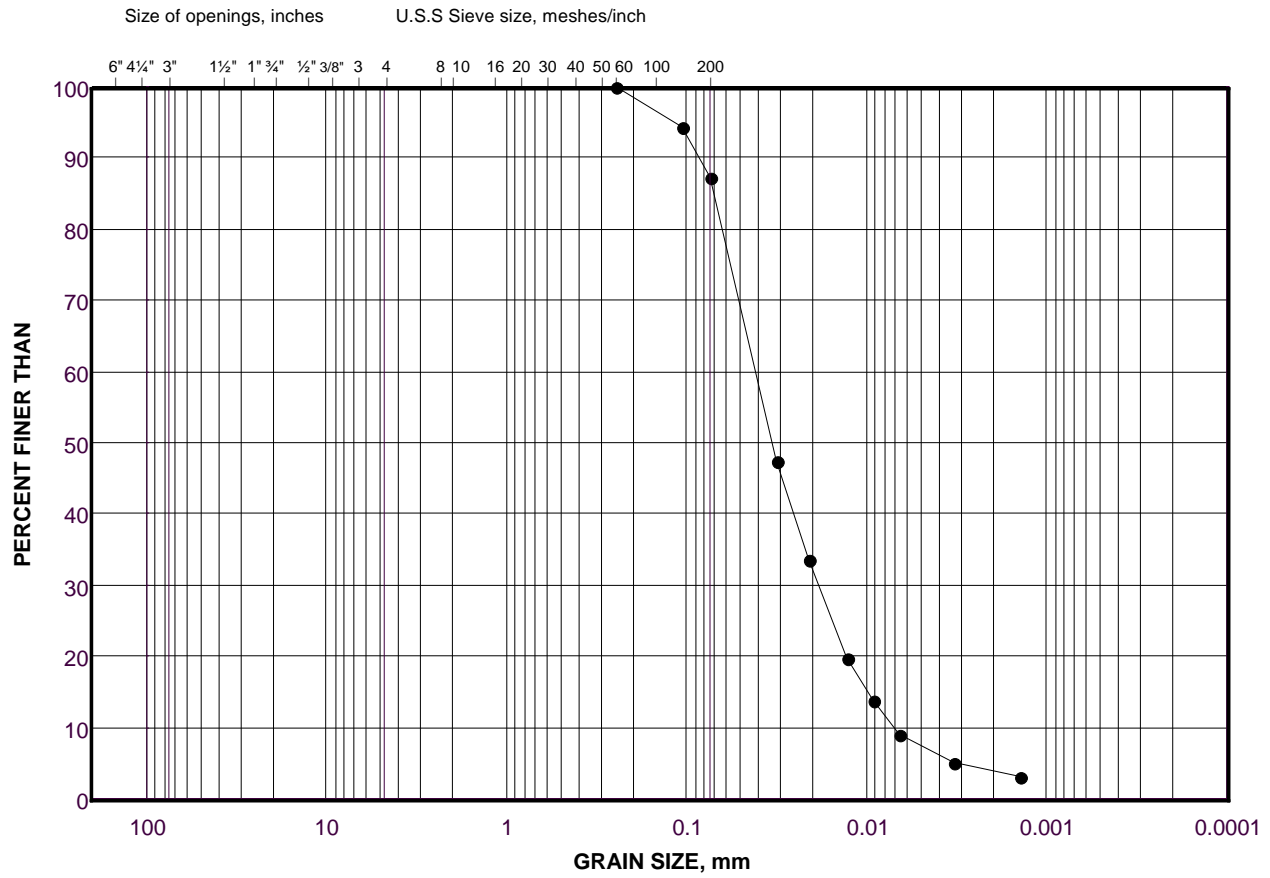
Borehole	Sample	Specific
No.	No.	Gravity
BH-14-308	TS-3	2,71
BH-14-309	TS-6	2,74

---

Note: Test carried out on soil particles <4.75mm using distilled water.

# GRAIN SIZE DISTRIBUTION

FIGURE



COBBLE	COARSE	FINE	COARSE	MEDIUM	FINE	SILT AND CLAY SIZES
	GRAVEL SIZE		SAND SIZE			
SIZE						

## LEGEND

SYMBOL	BOREHOLE	SAMPLE	DEPTH(m)
•	BH-14-308	TS-3	1.52 - 2.13

Project Number: 1403061

Checked By: RD \_\_\_\_\_

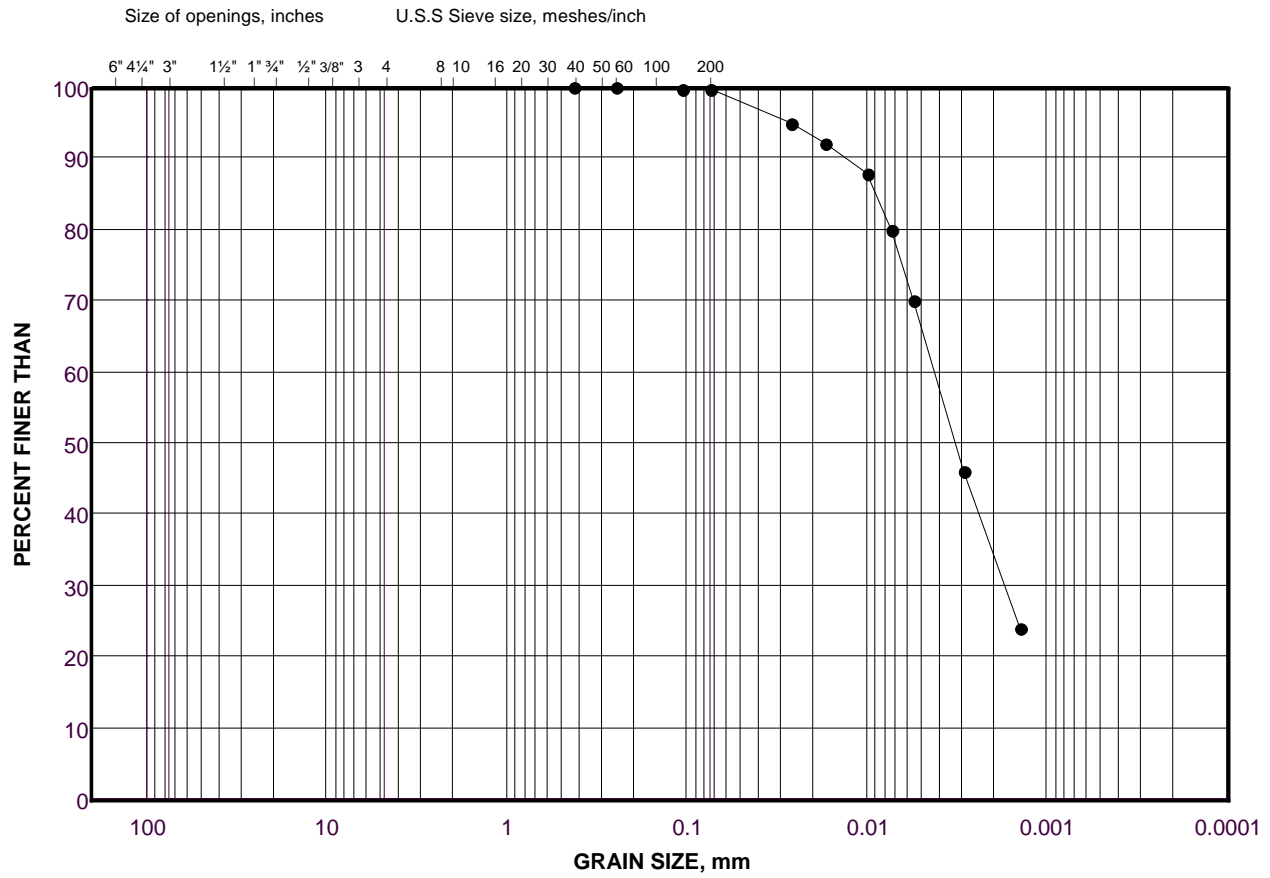
**Golder Associates**

Date: 10-Nov-14



# GRAIN SIZE DISTRIBUTION

FIGURE



COBBLE	COARSE	FINE	COARSE	MEDIUM	FINE	SILT AND CLAY SIZES
	GRAVEL SIZE		SAND SIZE			
SIZE						

## LEGEND

SYMBOL	BOREHOLE	SAMPLE	DEPTH(m)
•	BH-14-309	TS-4	2.44 - 3.05

Project Number: 1403061(4080)

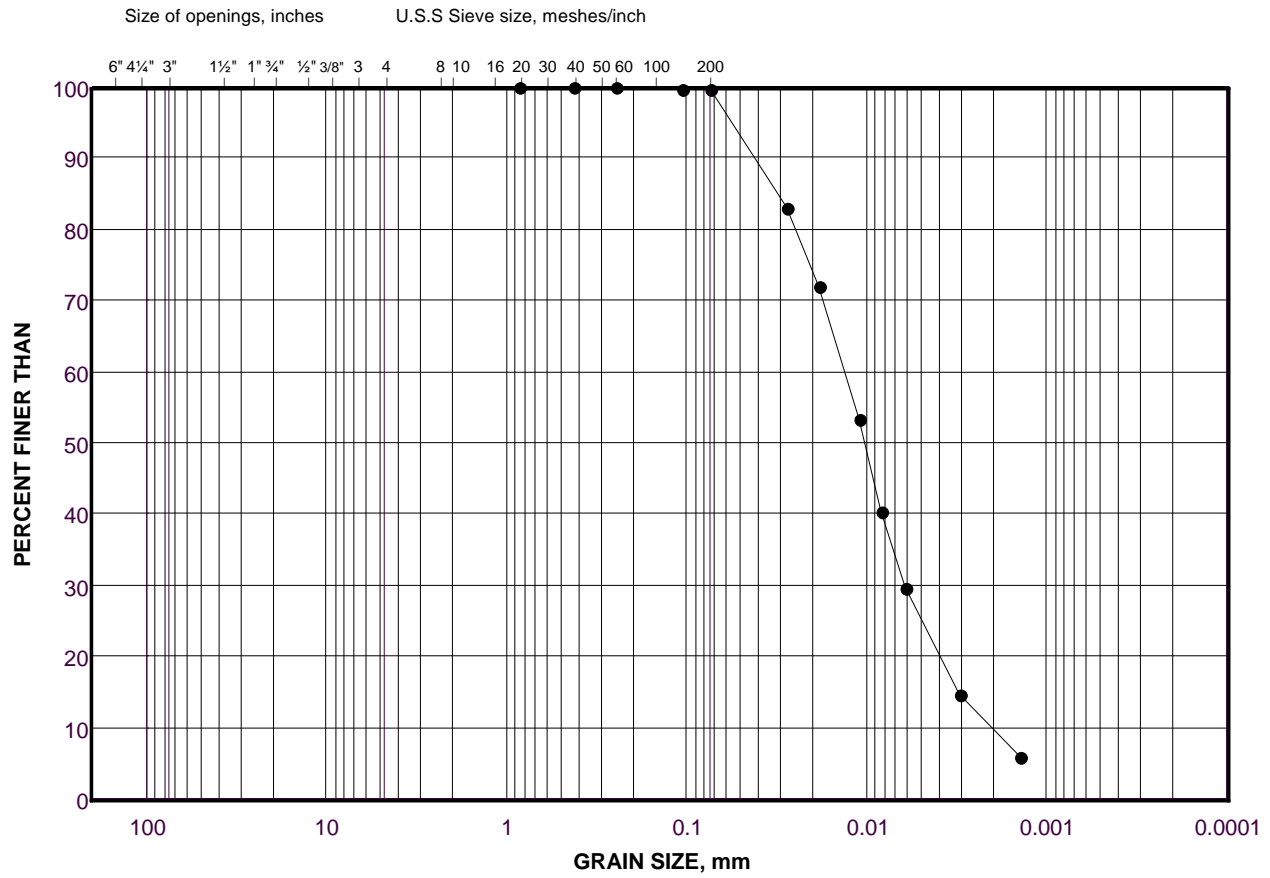
Checked By: \_\_\_\_\_

**Golder Associates**

Date: 25-Nov-14

# GRAIN SIZE DISTRIBUTION

FIGURE



COBBLE	COARSE	FINE	COARSE	MEDIUM	FINE	SILT AND CLAY SIZES
	GRAVEL SIZE		SAND SIZE			
SIZE						

## LEGEND

SYMBOL	BOREHOLE	SAMPLE	DEPTH(m)
•	BH-14-309	TS-6	4.27 - 4.88

Project Number: 1403061

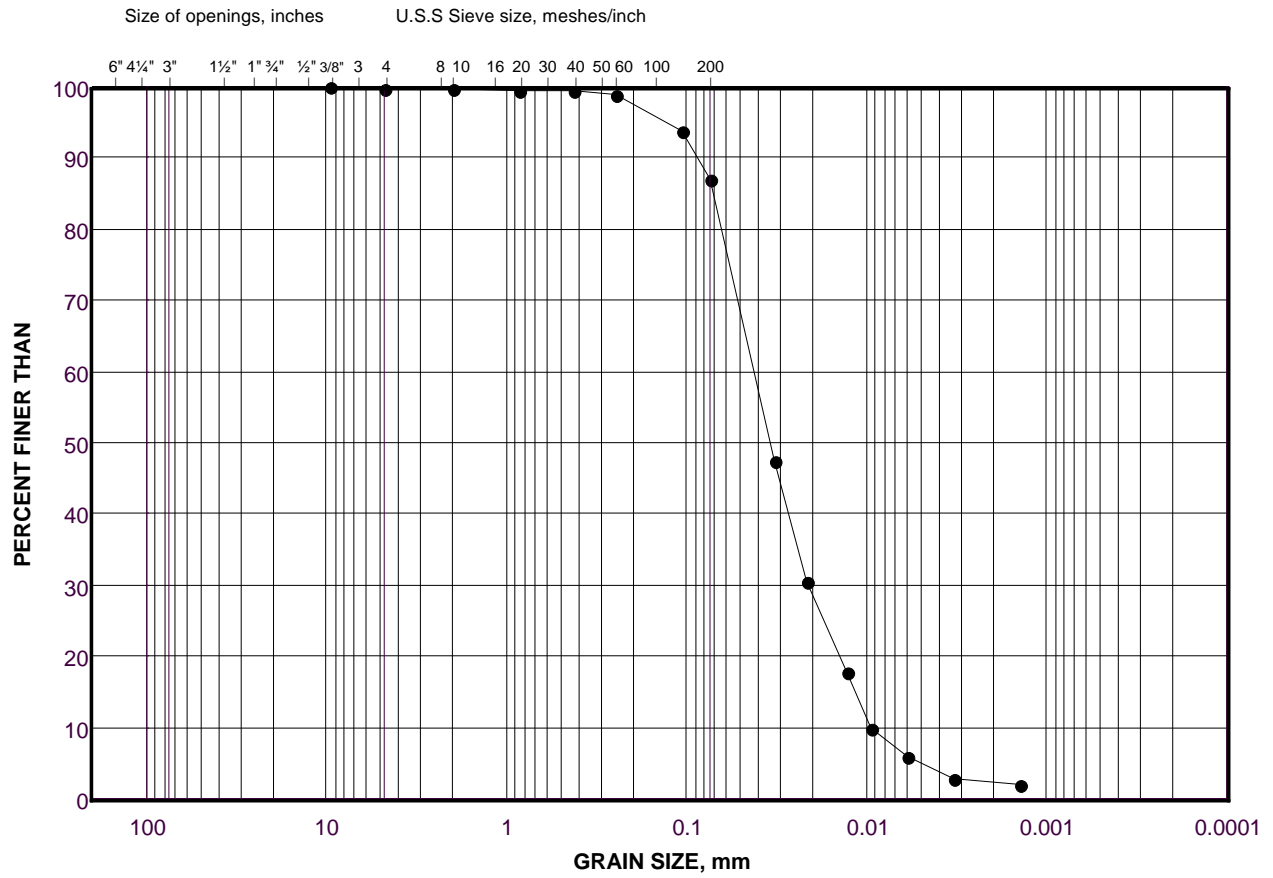
Checked By: RD \_\_\_\_\_

**Golder Associates**

Date: 10-Nov-14

# GRAIN SIZE DISTRIBUTION

FIGURE



COBBLE	COARSE	FINE	COARSE	MEDIUM	FINE	SILT AND CLAY SIZES
	GRAVEL SIZE		SAND SIZE			
SIZE						

## LEGEND

SYMBOL	BOREHOLE	SAMPLE	DEPTH(m)
•	BH-14-309	CF-8	6.10 - 6.71

Project Number: 1403061

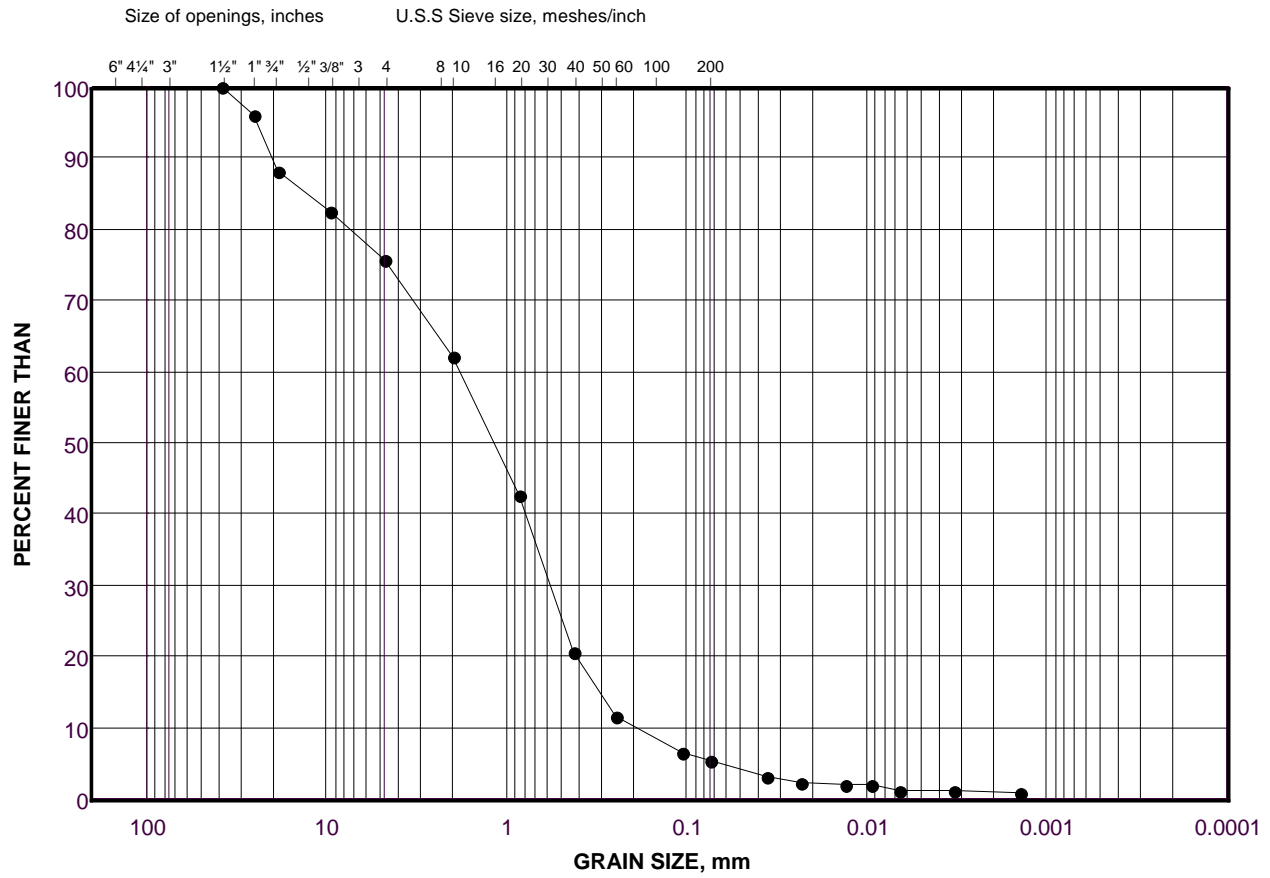
Checked By: RD \_\_\_\_\_

**Golder Associates**

Date: 29-Oct-14

# GRAIN SIZE DISTRIBUTION

FIGURE



COBBLE SIZE	COARSE	FINE	COARSE	MEDIUM	FINE	SILT AND CLAY SIZES FINE GRAINED
	GRAVEL SIZE		SAND SIZE			

## LEGEND

SYMBOL	BOREHOLE	SAMPLE	DEPTH(m)
•	PZ-14-37	CF-6	4.75 - 5.18

Project Number: 1403061

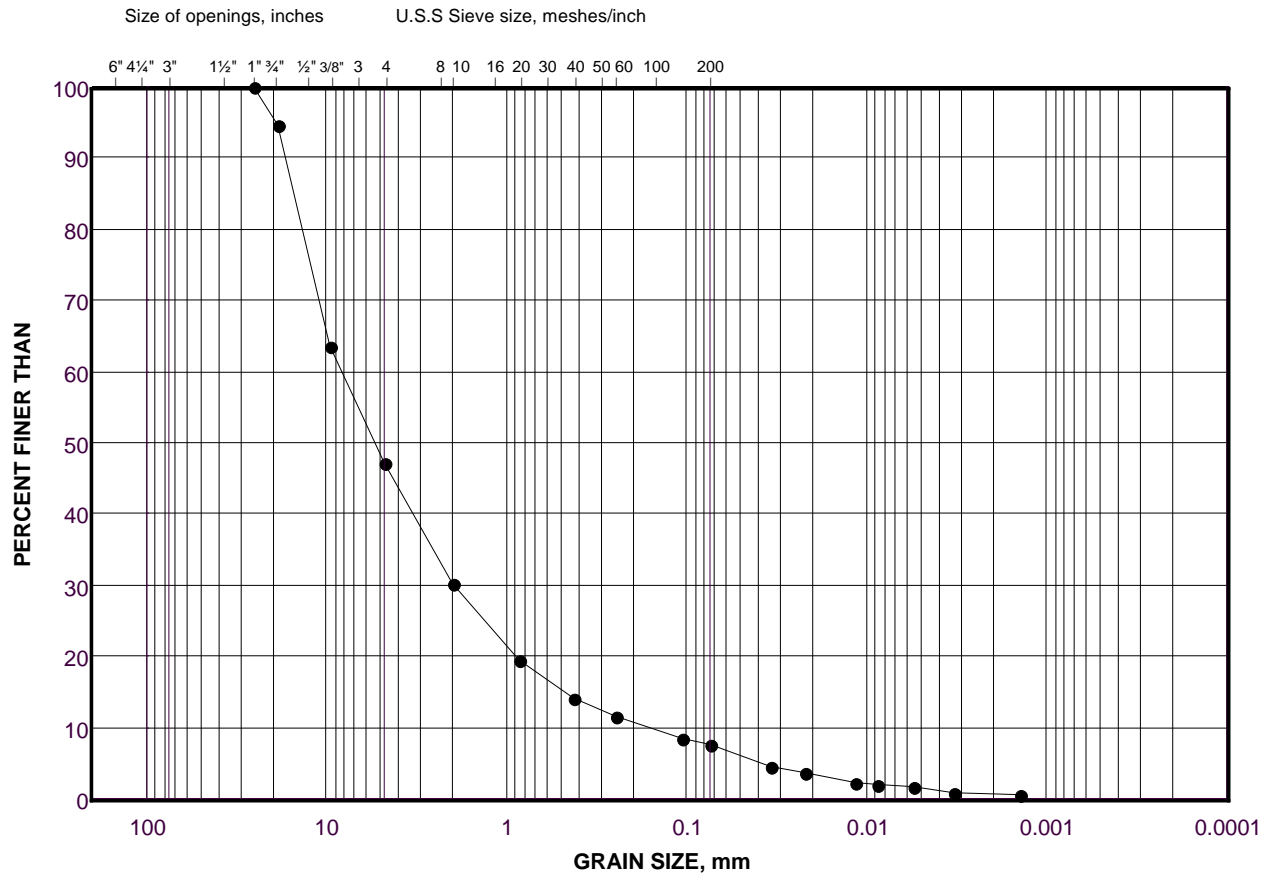
Checked By: RD \_\_\_\_\_

**Golder Associates**

Date: 29-Oct-14

# GRAIN SIZE DISTRIBUTION

FIGURE



COBBLE SIZE	COARSE	FINE	COARSE	MEDIUM	FINE	SILT AND CLAY SIZES FINE GRAINED
	GRAVEL SIZE		SAND SIZE			

## LEGEND

SYMBOL	BOREHOLE	SAMPLE	DEPTH(m)
•	PZ-14-37	CF-9	6.86 - 7.47

Project Number: 1403061

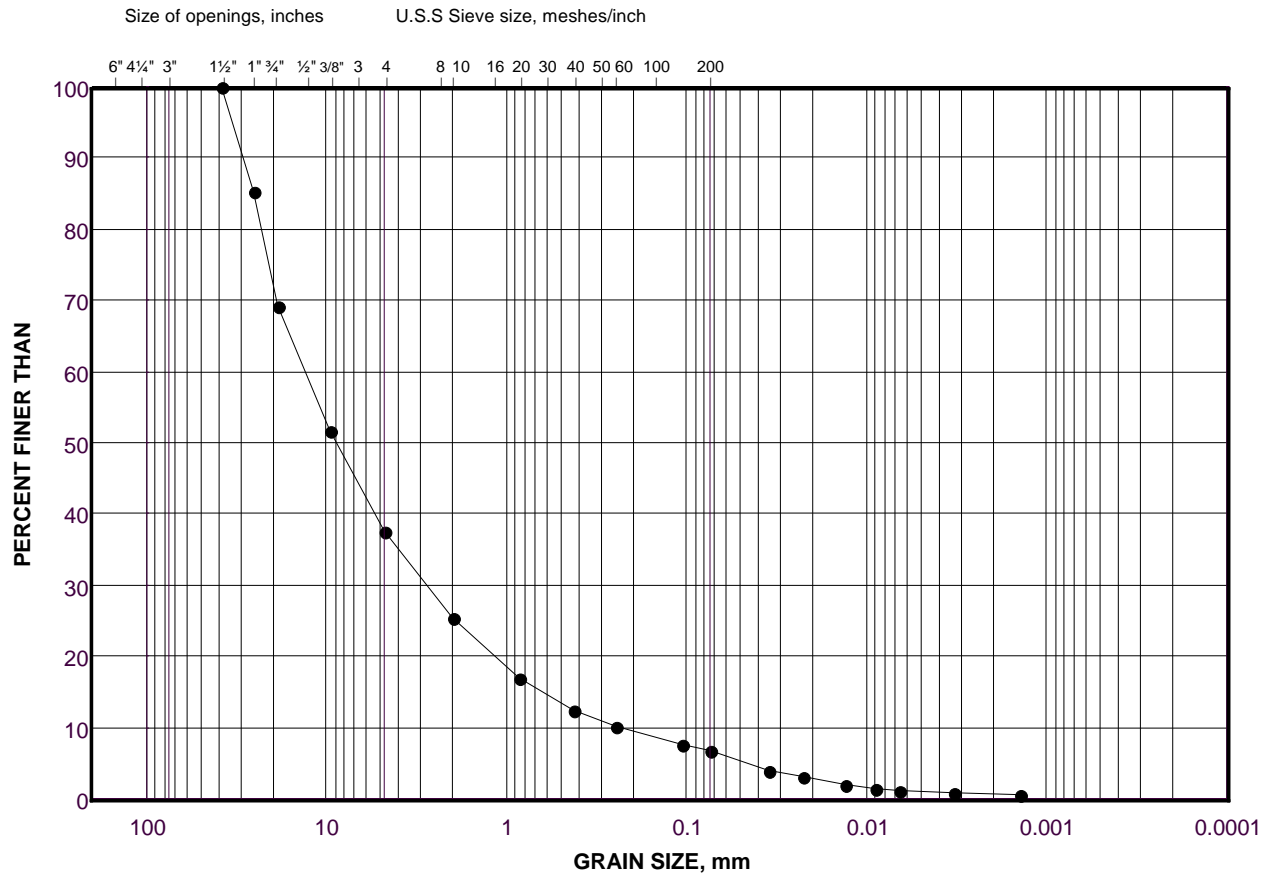
Checked By: RD \_\_\_\_\_

**Golder Associates**

Date: 29-Oct-14

# GRAIN SIZE DISTRIBUTION

FIGURE



COBBLE SIZE	COARSE	FINE	COARSE	MEDIUM	FINE	SILT AND CLAY SIZES FINE GRAINED
	GRAVEL SIZE		SAND SIZE			

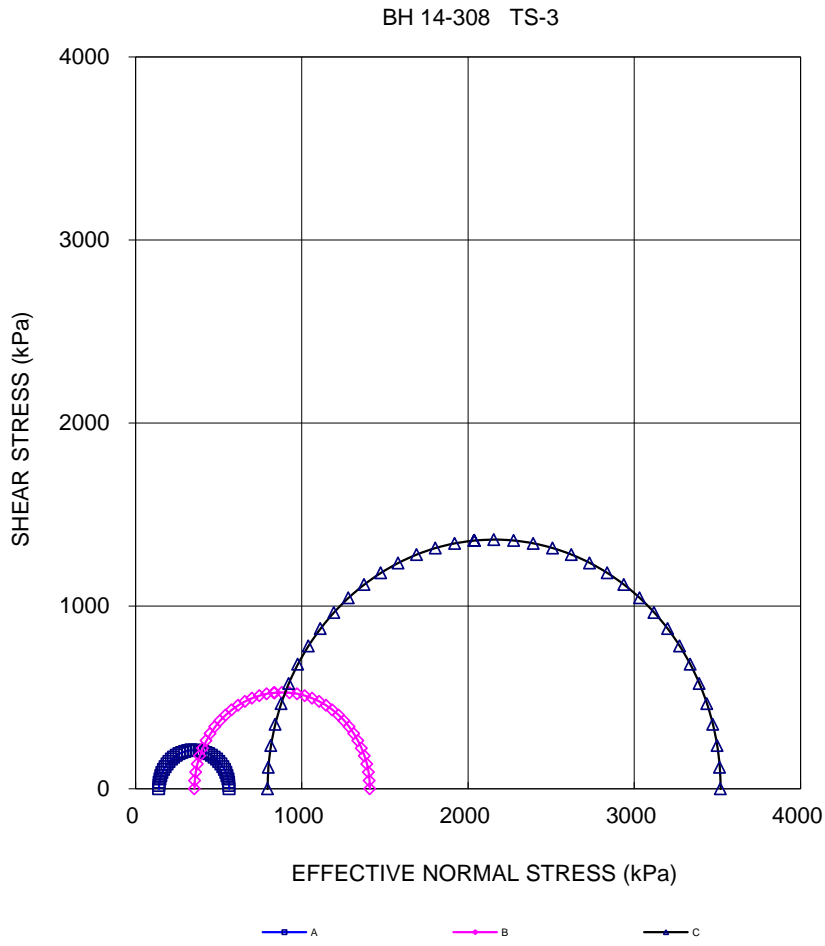
## LEGEND

SYMBOL	BOREHOLE	SAMPLE	DEPTH(m)
•	PZ-14-37	CF-12	15.24 - 15.64

CONSOLIDATED UNDRAINED TRIAXIAL WITH PORE PRESSURE MEASUREMENTS SHEET 1 OF 4		FIGURE		
TEST STAGE		A	B	C
BOREHOLE NUMBER		BH-14-308	BH-14-308	BH-14-308
SAMPLE		TS-3	TS-3	TS-3
SPECIMEN DIAMETER, cm		7,00	7,00	7,00
SPECIMEN HEIGHT, cm		14,00	13,45	13,01
NATURAL WATER CONTENT, %		24,1	-	-
DRY DENSITY, Mg/m <sup>3</sup>		1,637	-	-
WATER CONTENT AFTER SATURATION, %		23,5	-	-
CELL PRESSURE, $\sigma_3$ , kPa		315,0	535,0	765,0
BACK PRESSURE, kPa		65,0	65,0	65,0
PORE PRESSURE PARAMETER "B"		0,96	-	-
EFFECTIVE CONSOLIDATION STRESS, $\sigma_c$ , kPa		250,0	470,0	700,0
VOLUMETRIC STRAIN DURING CONSOLIDATION, %		3,5	1,1	0,9
WATER CONTENT AFTER CONSOLIDATION, %		21,3	20,7	20,1
AVERAGE RATE OF STRAIN, %/hr		0,50	0,50	0,50
TIME TO FAILURE, HOURS		6,6	5,5	10,5
WATER CONTENT AFTER TEST, %		-	-	22,7
MAX. DEVIATOR STRESS, $(\sigma_1 - \sigma_3)$ , kPa		423,2	882,0	2725,5
AXIAL STRAIN AT $(\sigma_1 - \sigma_3)$ maximum, %		3,3	2,7	5,3
MAX EFFECTIVE PRINCIPAL STRESS RATIO, $(\sigma'_1 / \sigma'_3)$ maximum		4,0	4,0	4,4
DEVIATOR STRESS AT $(\sigma'_1 / \sigma'_3)$ maximum, kPa		423,2	1054,8	2712,5
AXIAL STRAIN AT $(\sigma'_1 / \sigma'_3)$ maximum, %		3,3	2,7	4,9
PORE PRESSURE PARAMETER, Af, AT $(\sigma_1 - \sigma_3)$ maximum		0,26	0,11	-0,03
PORE PRESSURE PARAMETER, Af, AT $(\sigma'_1 / \sigma'_3)$ maximum		0,26	0,11	-0,03
FILTER DRAINS USED, y/n		y	y	y
TEST NOTES:	<p>Multistage Test.</p> <p>Effective consolidation stresses are assigned by the client.</p> <p>Specimen taken 14-30 cm from from bottom of tube.</p>			
FAILURE PLANE NUMBER		-	-	1,00
ANGLE OF FAILURE, DEGREES		-	-	70,00
Date:	10/22/2014	Prepared By:		RD
Project No.	1403061	Checked By:		MM
<b>Golder Associates</b>				

CONSOLIDATED UNDRAINED TRIAXIAL  
WITH PORE PRESSURE MEASUREMENTS  
SHEET 2 OF 4

FIGURE



Date: 10/22/2014  
Project No. 1403061

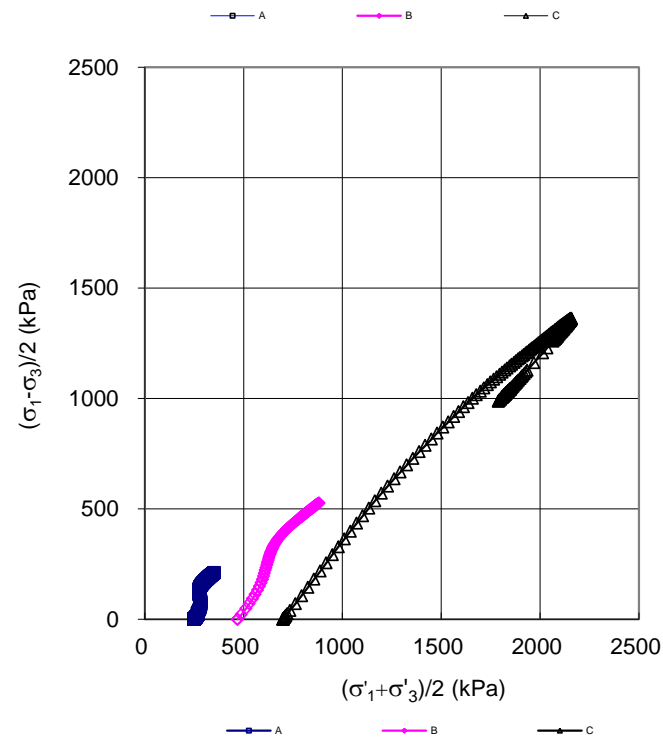
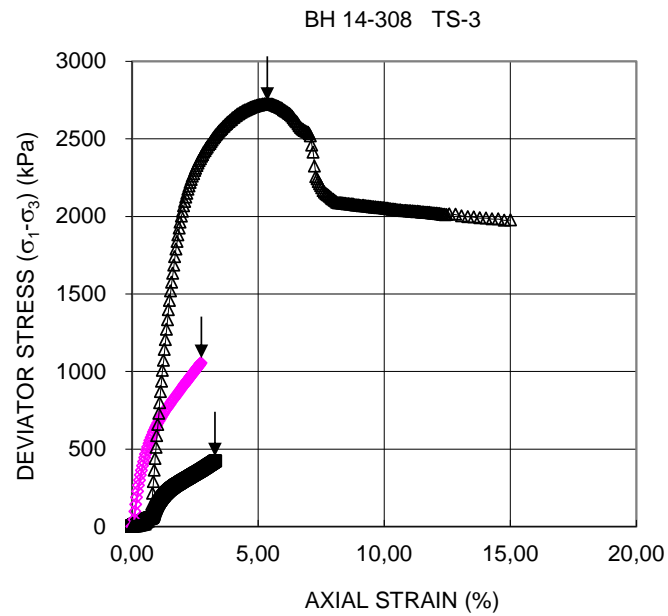
**Golder Associates**

Prepared By: RD  
Checked By: MM



**CONSOLIDATED UNDRAINED TRIAXIAL  
WITH PORE PRESSURE MEASUREMENTS  
SHEET 3 OF 4**

**FIGURE**



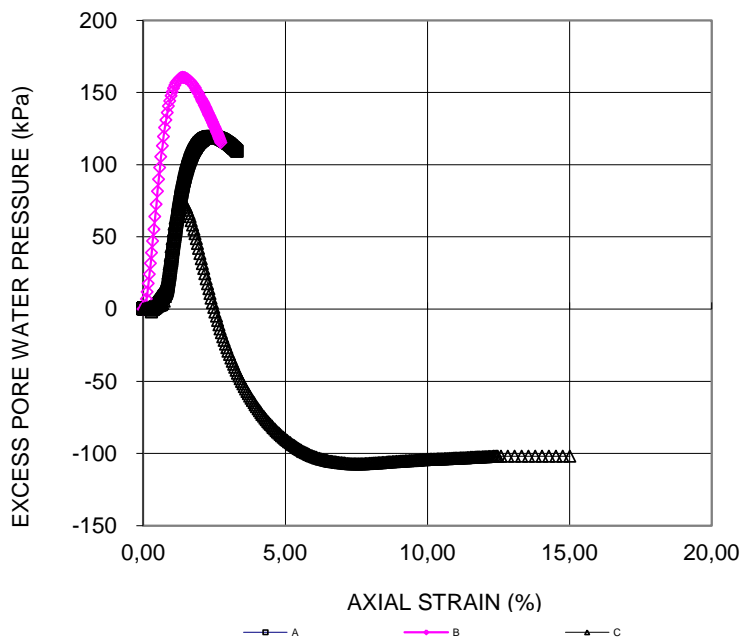
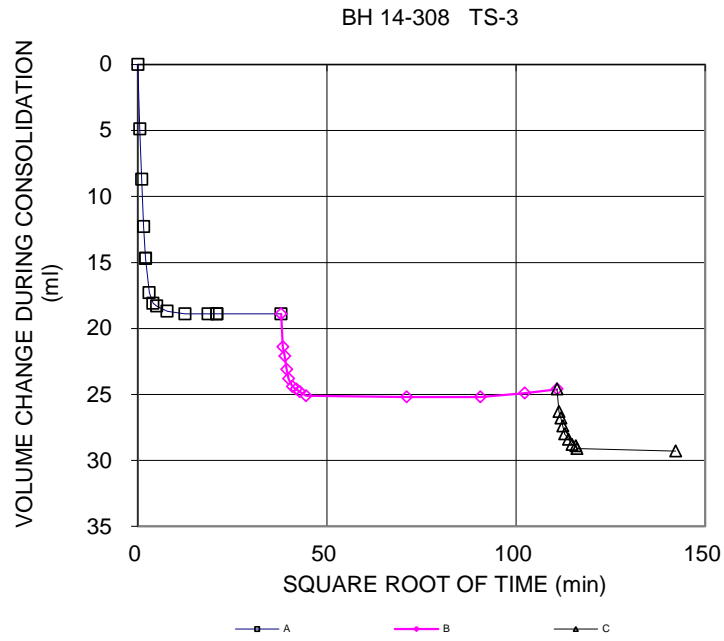
Date: 10/22/2014  
Project No. 1403061

**Golder Associates**

Prepared By: RD  
Checked By: MM

**CONSOLIDATED UNDRAINED TRIAXIAL  
WITH PORE PRESSURE MEASUREMENTS  
SHEET 4 OF 4**

**FIGURE**



Date: 10/22/2014  
Project No. 1403061

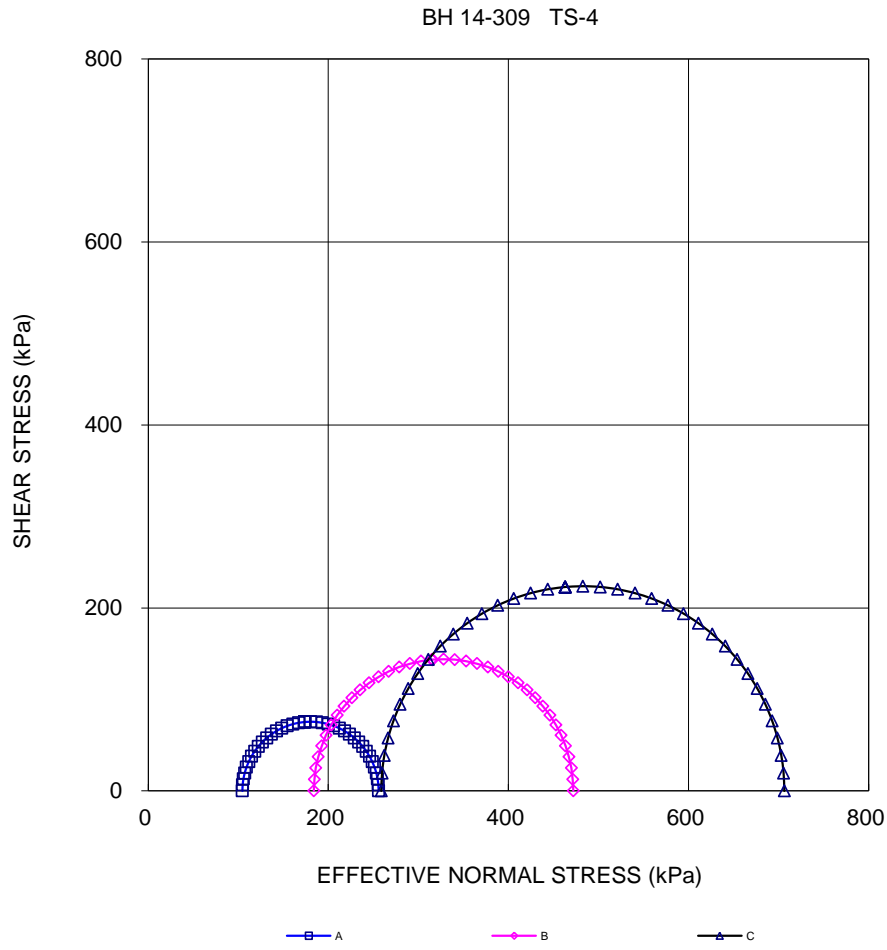
**Golder Associates**

Prepared By: RD  
Checked By: MM

CONSOLIDATED UNDRAINED TRIAXIAL WITH PORE PRESSURE MEASUREMENTS SHEET 1 OF 4		FIGURE		
TEST STAGE		A	B	C
BOREHOLE NUMBER		BH-14-309	BH-14-309	BH-14-309
SAMPLE		TS-4	TS-4	TS-4
SPECIMEN DIAMETER, cm		7,00	7,00	7,00
SPECIMEN HEIGHT, cm		14,00	13,08	12,73
NATURAL WATER CONTENT, %		51,0	-	-
DRY DENSITY, Mg/m <sup>3</sup>		1,116	-	-
WATER CONTENT AFTER SATURATION, %		49,8	-	-
CELL PRESSURE, $\sigma_3$ , kPa		315,0	535,0	765,0
BACK PRESSURE, kPa		65,0	65,0	65,0
PORE PRESSURE PARAMETER "B"		0,99	-	-
EFFECTIVE CONSOLIDATION STRESS, $\sigma_c$ , kPa		250,0	470,0	700,0
VOLUMETRIC STRAIN DURING CONSOLIDATION, %		15,6	3,4	2,3
WATER CONTENT AFTER CONSOLIDATION, %		35,8	32,9	31,0
AVERAGE RATE OF STRAIN, %/hr		0,50	0,50	0,50
TIME TO FAILURE, HOURS		3,6	4,2	8,6
WATER CONTENT AFTER TEST, %		-	-	31,0
MAX. DEVIATOR STRESS, $(\sigma_1 - \sigma_3)$ , kPa		151,2	288,2	456,2
AXIAL STRAIN AT $(\sigma_1 - \sigma_3)$ maximum, %		1,8	2,1	4,3
MAX EFFECTIVE PRINCIPAL STRESS RATIO, $(\sigma'_1 / \sigma'_3)$ maximum		2,4	2,6	3,1
DEVIATOR STRESS AT $(\sigma'_1 / \sigma'_3)$ maximum, kPa		151,2	288,2	456,2
AXIAL STRAIN AT $(\sigma'_1 / \sigma'_3)$ maximum, %		1,8	2,1	4,3
PORE PRESSURE PARAMETER, Af, AT $(\sigma_1 - \sigma_3)$ maximum		0,96	0,99	1,06
PORE PRESSURE PARAMETER, Af, AT $(\sigma'_1 / \sigma'_3)$ maximum		0,96	0,99	1,06
FILTER DRAINS USED, y/n		y	y	y
TEST NOTES:	Multistage Test. Effective consolidation stresses are assigned by the client. Specimen taken 15 - 32cm from bottom of tube.			
FAILURE PLANE NUMBER		-	-	1,00
ANGLE OF FAILURE, DEGREES		-	-	60,00
Date:	10/22/2014	Prepared By:		RD
Project No.	1403061	Checked By:		MM
<b>Golder Associates</b>				

CONSOLIDATED UNDRAINED TRIAXIAL  
WITH PORE PRESSURE MEASUREMENTS  
SHEET 2 OF 4

FIGURE

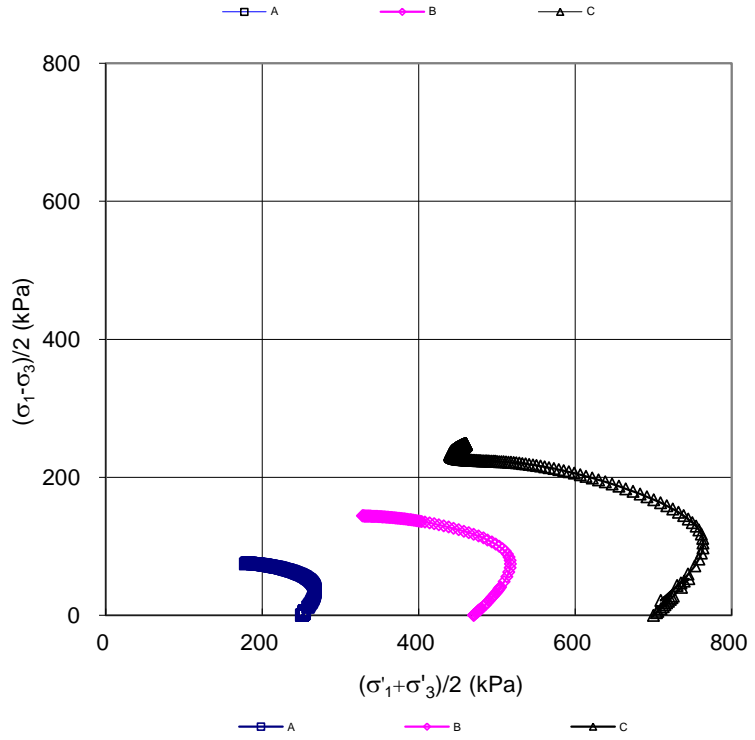
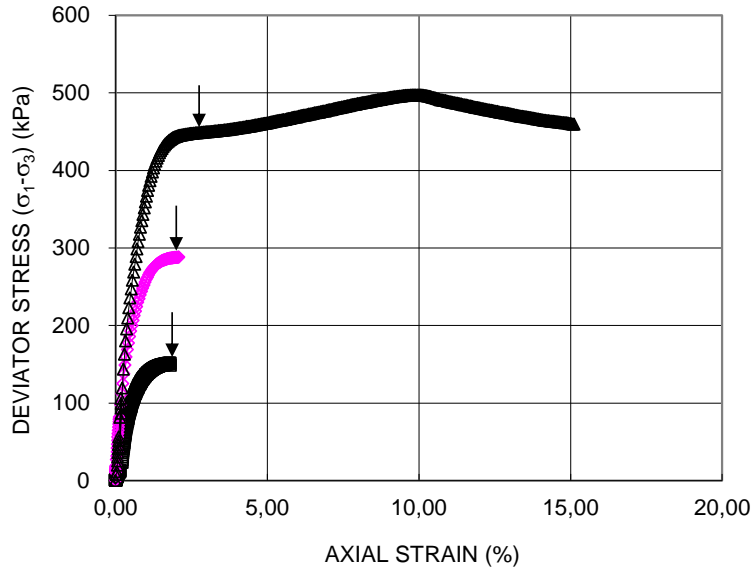


Date: 10/22/2014  
Project No. 1403061

**Golder Associates**

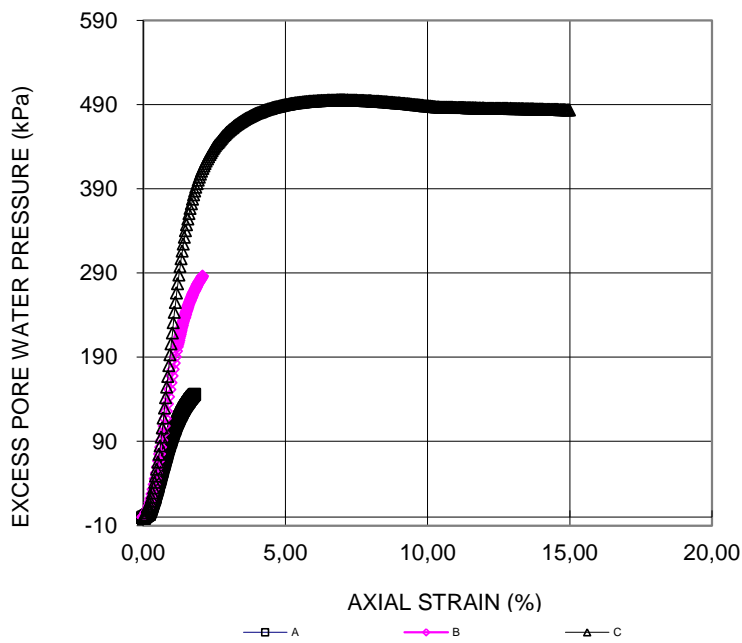
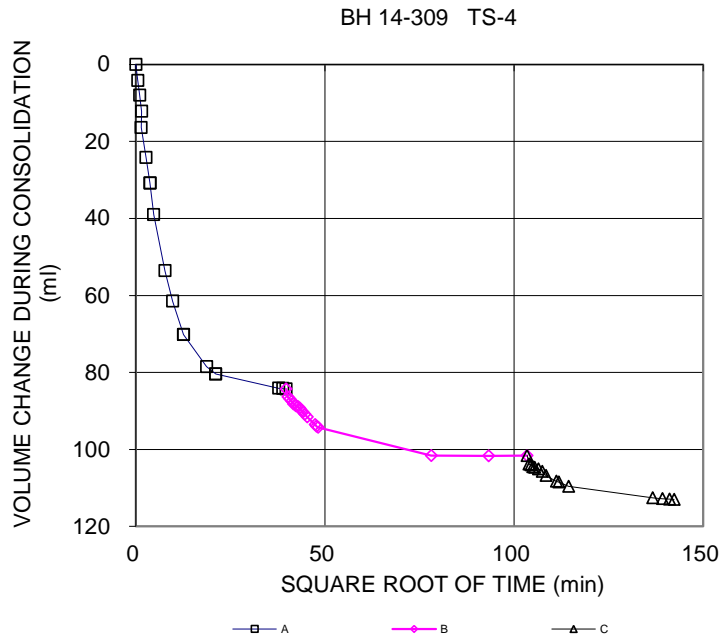
Prepared By: RD  
Checked By: MM

BH 14-309 TS-4



**CONSOLIDATED UNDRAINED TRIAXIAL  
WITH PORE PRESSURE MEASUREMENTS  
SHEET 4 OF 4**

**FIGURE**



Date: 10/22/2014  
Project No. 1403061

**Golder Associates**

Prepared By: RD  
Checked By: MM

**CONSOLIDATED DRAINED DIRECT SHEAR TEST  
SHEET 1 OF 3**

**FIGURE**

TEST STAGE	A	B	C
BOREHOLE NUMBER	BH-14-309	BH-14-309	3H-14-309
SAMPLE	TS-4	TS-4	TS-4
SAMPLE DEPTH, (m)	2.44-3.05	2.44-3.05	2.44-3.05
SAMPLE HEIGHT, (mm)	37,80	37,8	37,8
SAMPLE LENGTH, (mm)	60,00	60,00	60,00
WATER CONTENT, BEFORE TEST, (%)	47,4	47,4	47,4
NORMAL (CONSOLIDATION) STRESS, (kPa)	175	450	700
WATER CONTENT, AFTER TEST, (%)	40,1	34,3	29,6
DISPLACEMENT RATE, mm/min	0,0048	0,0048	0,0048
TIME TO FAILURE, hours	19	22	19
PEAK SHEAR STRESS <sup>1</sup> , (kPa)	94,1	250,1	466,5
HORIZONTAL DISPLACEMENT AT PEAK, (mm)	5,5	6,3	5,6
RESIDUAL SHEAR STRESS, (kPa)	90,2	242,0	465,0
HORIZONTAL DISPLACEMENT AT RESIDUAL, (mm)	12,0	13,9	12,4
DRY DENSITY, initial, Mg/m <sup>3</sup>	1,134	1,104	1,202
WET DENSITY, initial, Mg/m <sup>3</sup>	1,669	1,626	1,770

**TEST NOTES:**

<sup>1</sup> In the absence of a peak, the shear stress reported is at 10 percent relative horizontal displacement (ASTM D3080).

Date: 2014-10-15

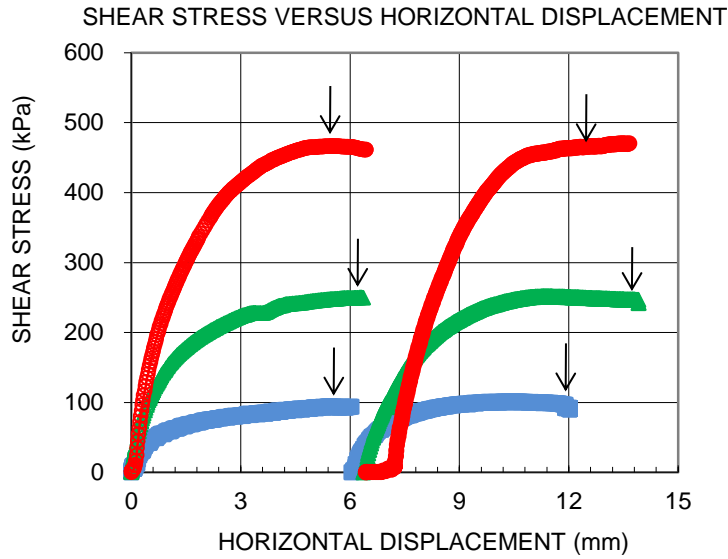
Prepared By: LH

Project No. 1403061

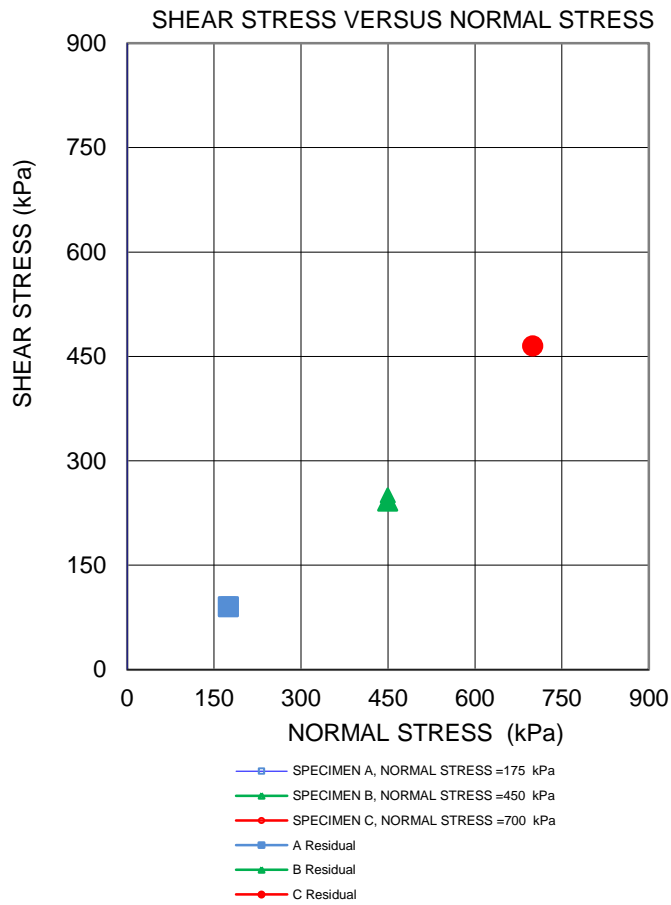
**Golder Associates**

Checked By: MM

BH-14-309 TS-4



BH-14-309 TS-4



Date: #####

Project No. 1403061

**Golder Associates**

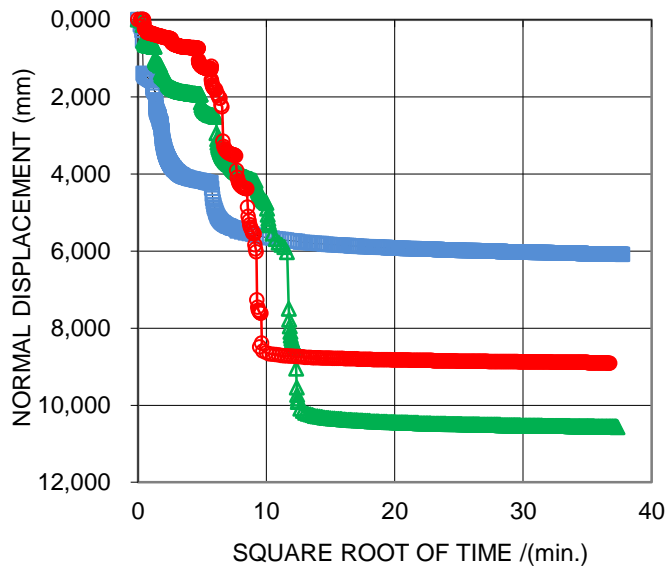
Prepared By LH

Checked By: MM



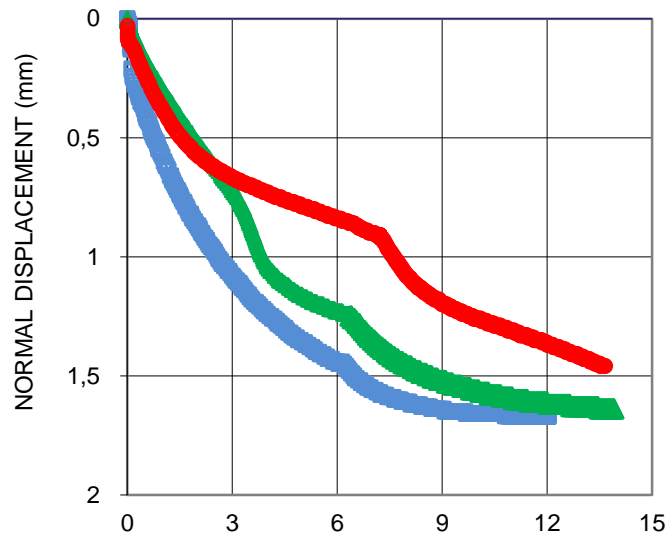
BH-14-309 TS-4

NORMAL DISPLACEMENT VERSUS SQUARE ROOT OF TIME



BH-14-309 TS-4

NORMAL DISPLACEMENT VERSUS HORIZONTAL DISPLACEMENT



HORIZONTAL DISPLACEMENT (mm)

- SPECIMEN A, NORMAL STRESS =175 kPa
- SPECIMEN B, NORMAL STRESS =450 kPa
- SPECIMEN C, NORMAL STRESS =700 kPa
- A Residual
- B Residual
- C Residual

Date: #####

Project No. 1403061

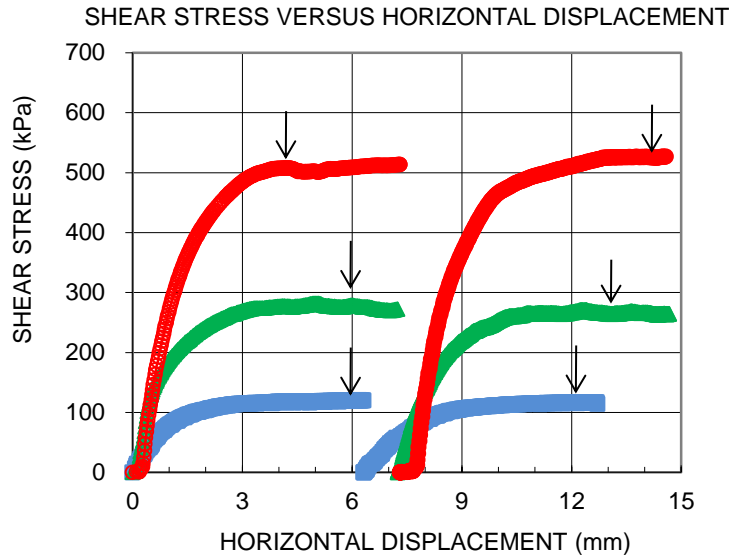
**Golder Associates**

Prepared By LH

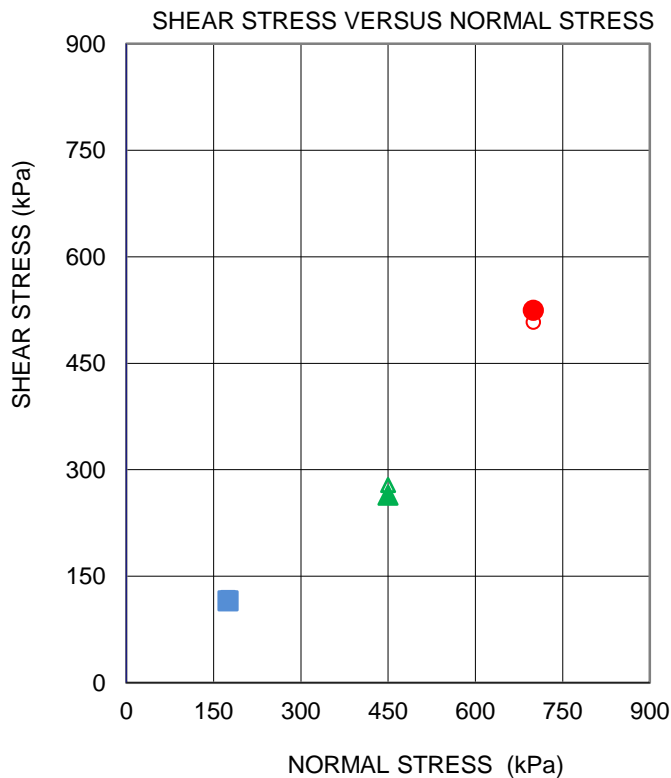
Checked By: MM

CONSOLIDATED DRAINED DIRECT SHEAR TEST SHEET 1 OF 3		FIGURE		
TEST STAGE	A	B	C	
BOREHOLE NUMBER	BH-14-309	BH-14-309	3H-14-309	
SAMPLE	TS-5	TS-5	TS-5	
SAMPLE DEPTH, (m)	3.35-3.96	3.35-3.96	3.35-3.96	
SAMPLE HEIGHT, (mm)	37,80	37,8	37,8	
SAMPLE LENGTH, (mm)	60,00	60,00	60,00	
WATER CONTENT, BEFORE TEST, (%)	27,4	24,5	26,1	
NORMAL (CONSOLIDATION) STRESS, (kPa)	175	450	700	
WATER CONTENT, AFTER TEST, (%)	23,9	23,2	23,8	
DISPLACEMENT RATE, mm/min	0,0048	0,0048	0,0048	
TIME TO FAILURE, hours	21	21	15	
PEAK SHEAR STRESS <sup>1</sup> , (kPa)	119,5	278,5	507,8	
HORIZONTAL DISPLACEMENT AT PEAK, (mm)	6,0	6,0	4,2	
RESIDUAL SHEAR STRESS, (kPa)	115,1	264,1	524,6	
HORIZONTAL DISPLACEMENT AT RESIDUAL, (mm)	12,2	13,1	14,3	
DRY DENSITY, initial, Mg/m <sup>3</sup>	1,507	1,527	1,448	
WET DENSITY, initial, Mg/m <sup>3</sup>	1,920	1,900	1,826	
TEST NOTES:				
<sup>1</sup> In the absence of a peak, the shear stress reported is at 10 percent relative horizontal displacement (ASTM D3080).				
Date: #####				Prepared By: LH
Project No. 1403061	<b>Golder Associates</b>			Checked By: MM

BH-14-309 TS-5



BH-14-309 TS-5



- SPECIMEN A, NORMAL STRESS =175 kPa
- SPECIMEN B, NORMAL STRESS =450 kPa
- SPECIMEN C, NORMAL STRESS =700 kPa
- A Residual
- B Residual
- C Residual

Date: 2014-10-20

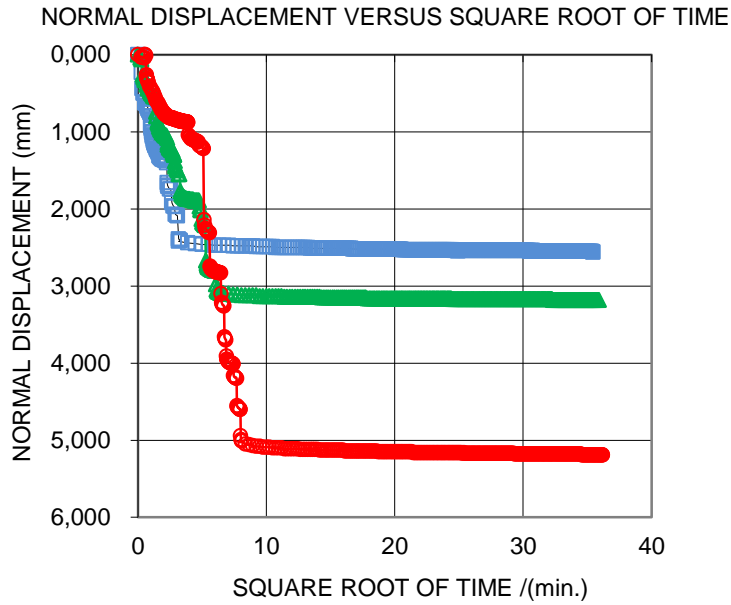
Project No. 1403061

**Golder Associates**

Prepared By LH

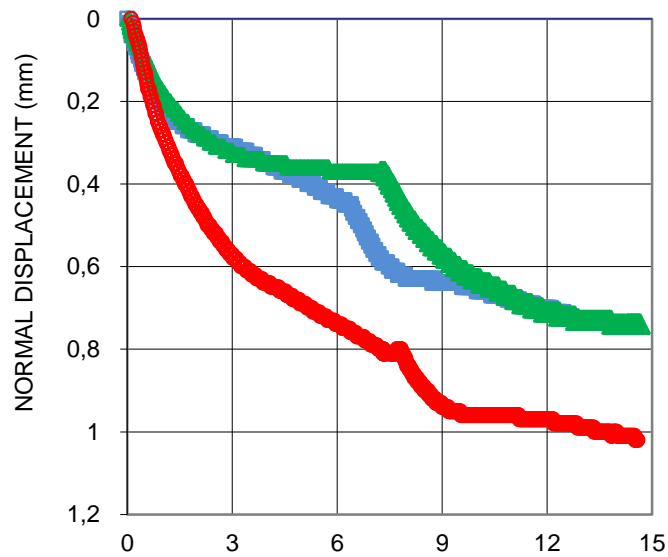
Checked By: MM

BH-14-309 TS-5



BH-14-309 TS-5

NORMAL DISPLACEMENT VERSUS HORIZONTAL DISPLACEMENT



HORIZONTAL DISPLACEMENT (mm)

- SPECIMEN A, NORMAL STRESS =175 kPa
- SPECIMEN B, NORMAL STRESS =450 kPa
- SPECIMEN C, NORMAL STRESS =700 kPa
- A Residual
- B Residual
- C Residual

Date: #####

Project No. 1403061

**Golder Associates**

Prepared By LH

Checked By: MM

## SUMMARY OF LABORATORY VANE TESTING

### ASTM D 4648 - 05

Project Number		1403061				Date of Testing		10/7/2014	
Borehole	Sample	Sample Depth	Vane Angular Deflection	Peak	Residual	Vane Blade	Peak	Residual	Water
No.	No.	(m)	Peak / Residual	Torque	Torque	Constant	Shear Strength	Shear Strength	Content
			Degrees	(Nm)	(Nm)	(m <sup>3</sup> )	(kPa)	(kPa)	(%)
BH-14-308	TS-3	1.52-2.13	25 / 0	0,10	0	4,28E-06	23,25	0	20,4
BH-14-309	TS-4	2.44-3.05	17 / 3	0,07	0,01	4,35E-06	15,56	2,75	30,5
BH-14-309	TS-5	3.35-3.96	10 / 0	0,04	0	4,35E-06	9,16	0	23,2

Checked By: MM

**Golder Associates**

**CONSOLIDATION TEST SUMMARY**  
SHEET 1 OF 4

**FIGURE**

**SAMPLE IDENTIFICATION**

Project Number	1403061	Sample Number	TS-3
Borehole Number	BH-14-308	Sample Depth, m	1.52-2.13

**TEST CONDITIONS**

Test Type	Laboratory Standard	Load Duration, hr	24
Oedometer Number	5		
Date Started	10-07-2014		
Date Completed	10-22-2014		

**SAMPLE DIMENSIONS AND PROPERTIES - INITIAL**

Sample Height, cm	1,90	Unit Weight, kN/m <sup>3</sup>	20,26
Sample Diameter, cm	6,34	Dry Unit Weight, kN/m <sup>3</sup>	16,57
Area, cm <sup>2</sup>	31,55	Specific Gravity, measured	2,71
Volume, cm <sup>3</sup>	60,07	Solids Height, cm	1,187
Water Content, %	22,31	Volume of Solids, cm <sup>3</sup>	37,45
Wet Mass, g	124,12	Volume of Voids, cm <sup>3</sup>	22,62
Dry Mass, g	101,48	Degree of Saturation, %	100,1

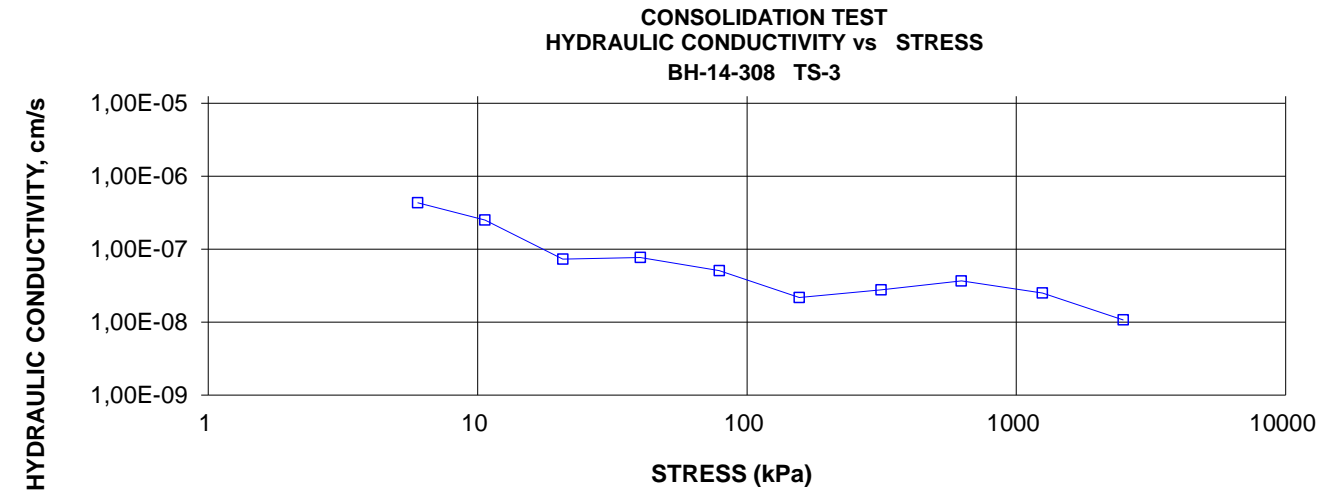
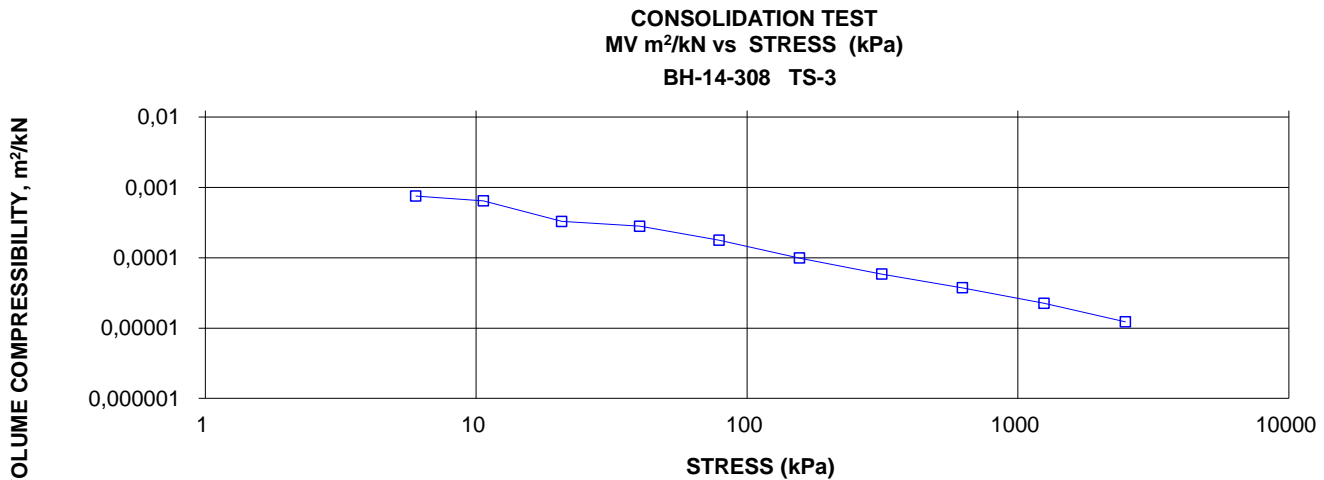
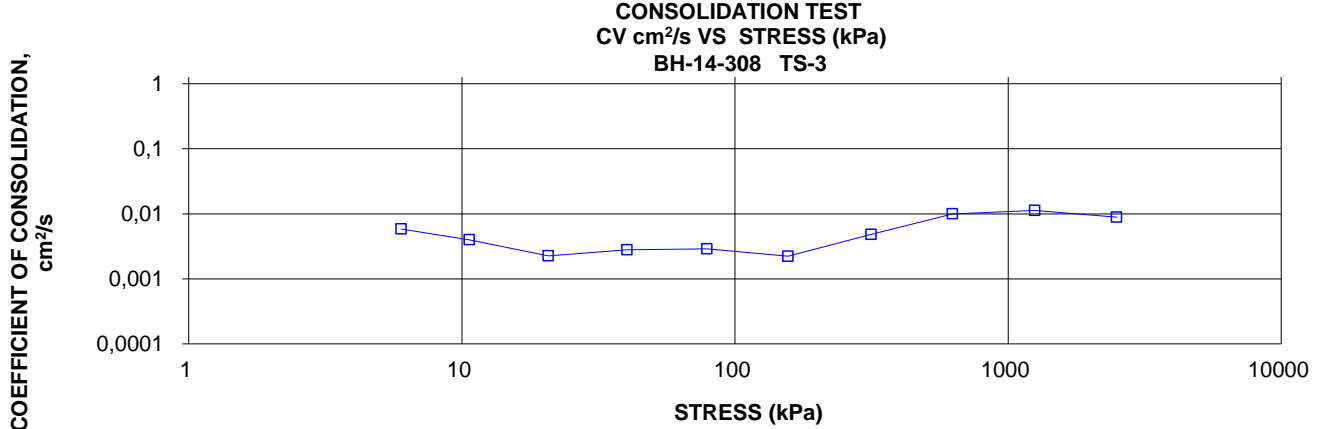
**TEST COMPUTATIONS**

Stress kPa	Corr.	Void Ratio	Average	t <sub>90</sub> sec	cv. cm <sup>2</sup> /s	mv m <sup>2</sup> /kN	k cm/s
	Height cm		Height cm				
0,00	1,904	0,604	1,904				
5,99	1,895	0,597	1,900	130	5,89E-03	7,54E-04	4,35E-07
10,64	1,890	0,592	1,893	190	4,00E-03	6,44E-04	2,52E-07
20,71	1,883	0,587	1,887	332	2,27E-03	3,29E-04	7,32E-08
40,17	1,873	0,578	1,878	267	2,80E-03	2,81E-04	7,70E-08
78,94	1,860	0,567	1,866	254	2,91E-03	1,77E-04	5,06E-08
156,42	1,845	0,555	1,853	327	2,23E-03	9,93E-05	2,17E-08
314,46	1,828	0,540	1,836	148	4,83E-03	5,85E-05	2,77E-08
624,83	1,806	0,521	1,817	70	9,99E-03	3,75E-05	3,67E-08
1249,94	1,779	0,499	1,792	60	1,13E-02	2,25E-05	2,50E-08
2493,84	1,750	0,474	1,764	74	8,92E-03	1,23E-05	1,07E-08
1249,94	1,757	0,480	1,753				
314,46	1,774	0,494	1,765				
78,94	1,788	0,507	1,781				
20,71	1,799	0,516	1,794				
5,99	1,808	0,523	1,803				

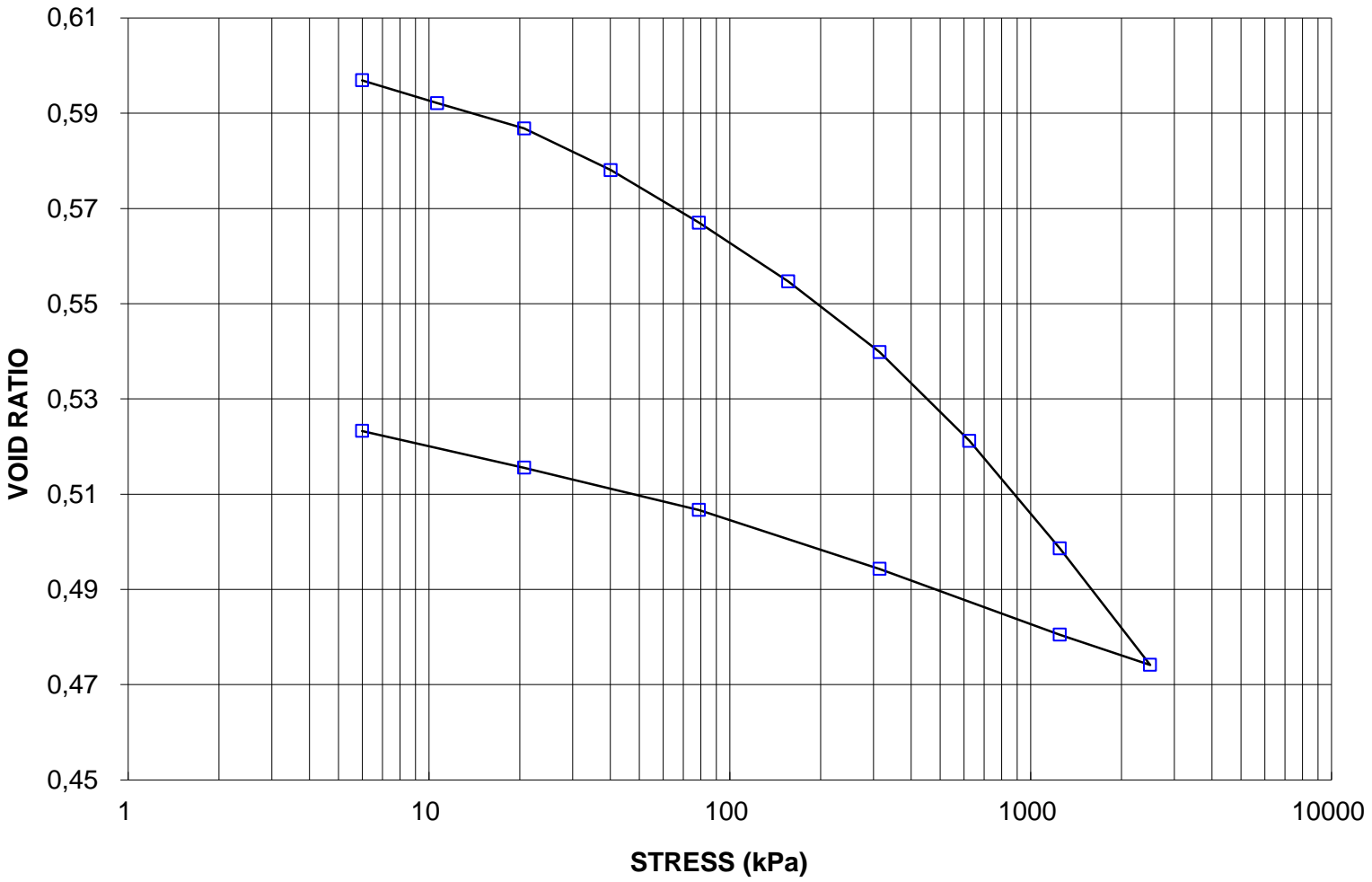
Note:  
Consolidation loading and unloading schedule assigned by the client.  
Specimen taken 35-40 cm from bottom of the tube  
k calculated using cv based on t<sub>90</sub> values.

**SAMPLE DIMENSIONS AND PROPERTIES - FINAL**

Sample Height, cm	1,81	Unit Weight, kN/m <sup>3</sup>	20,98
Sample Diameter, cm	6,34	Dry Unit Weight, kN/m <sup>3</sup>	17,45
Area, cm <sup>2</sup>	31,55	Specific Gravity, measured	2,71
Volume, cm <sup>3</sup>	57,04	Solids Height, cm	1,187
Water Content, %	20,26	Volume of Solids, cm <sup>3</sup>	37,45
Wet Mass, g	122,04	Volume of Voids, cm <sup>3</sup>	19,60
Dry Mass, g	101,48		

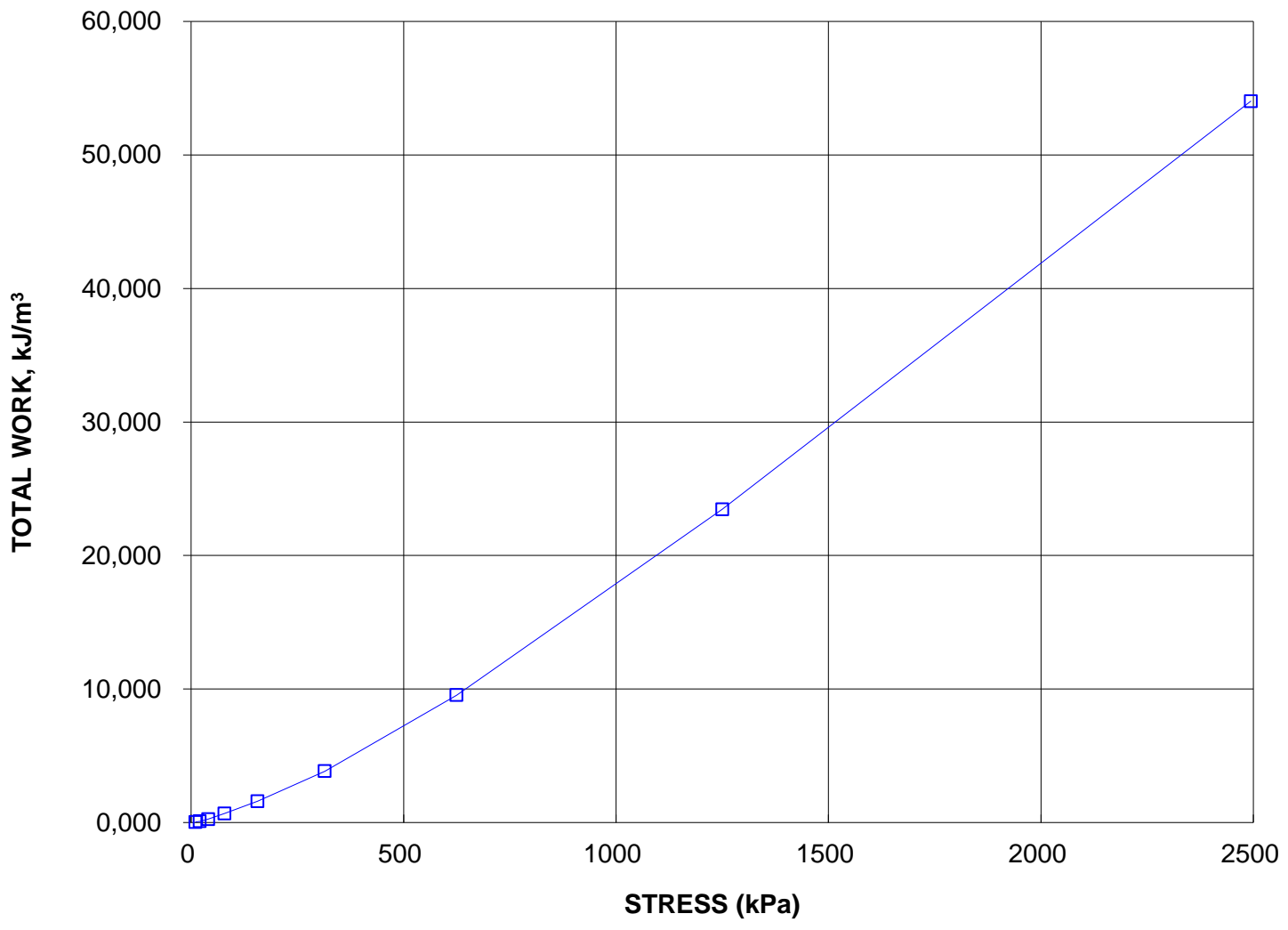


CONSOLIDATION TEST  
VOID RATIO vs STRESS  
BH-14-308 TS-3





CONSOLIDATION TEST  
TOTAL WORK, kJ/m<sup>3</sup> vs STRESS  
BH-14-308 TS-3



Project No. 1403061  
Prepared By: RD

Goldier Associates

Checked By: MM

**CONSOLIDATION TEST SUMMARY**  
SHEET 1 OF 4

**FIGURE**

**SAMPLE IDENTIFICATION**

Project Number	1403061	Sample Number	TS-6
Borehole Number	BH-14-309	Sample Depth, m	4.27-4.88

**TEST CONDITIONS**

Test Type	Standard	Load Duration, hr	24
Oedometer Number	1		
Date Started	10/07/2014		
Date Completed	10/21/2014		

**SAMPLE DIMENSIONS AND PROPERTIES - INITIAL**

Sample Height, cm	2,56	Unit Weight, kN/m <sup>3</sup>	20,59
Sample Diameter, cm	6,34	Dry Unit Weight, kN/m <sup>3</sup>	16,85
Area, cm <sup>2</sup>	31,54	Specific Gravity, measured	2,74
Volume, cm <sup>3</sup>	80,58	Solids Height, cm	1,602
Water Content, %	22,15	Volume of Solids, cm <sup>3</sup>	50,54
Wet Mass, g	169,16	Volume of Voids, cm <sup>3</sup>	30,04
Dry Mass, g	138,48	Degree of Saturation, %	102,1

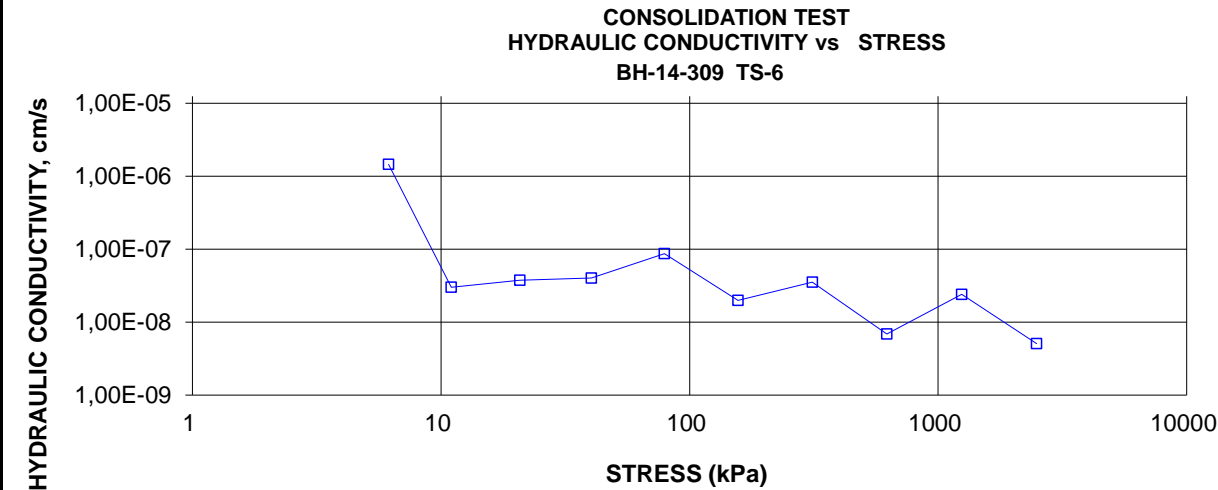
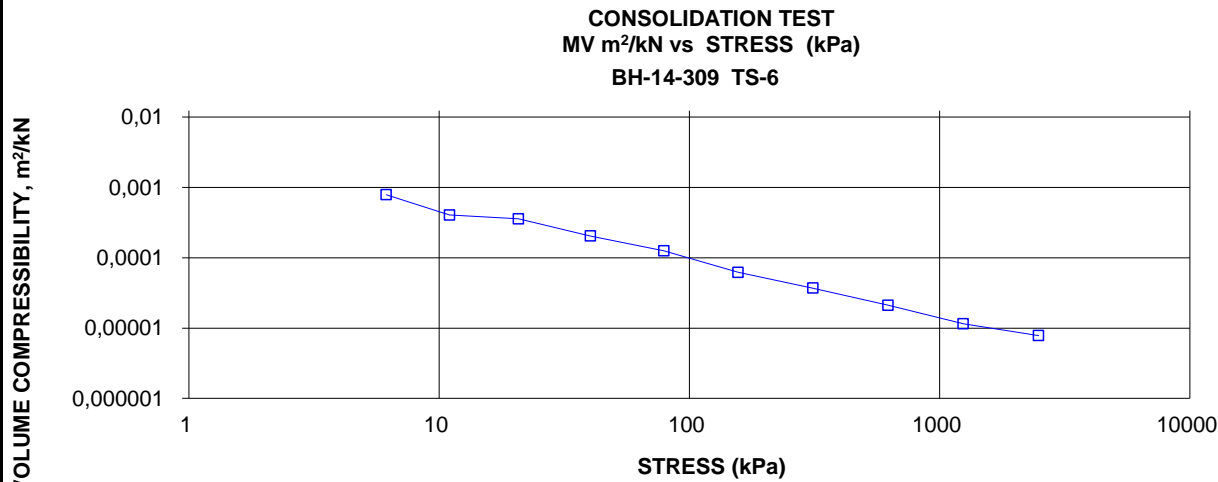
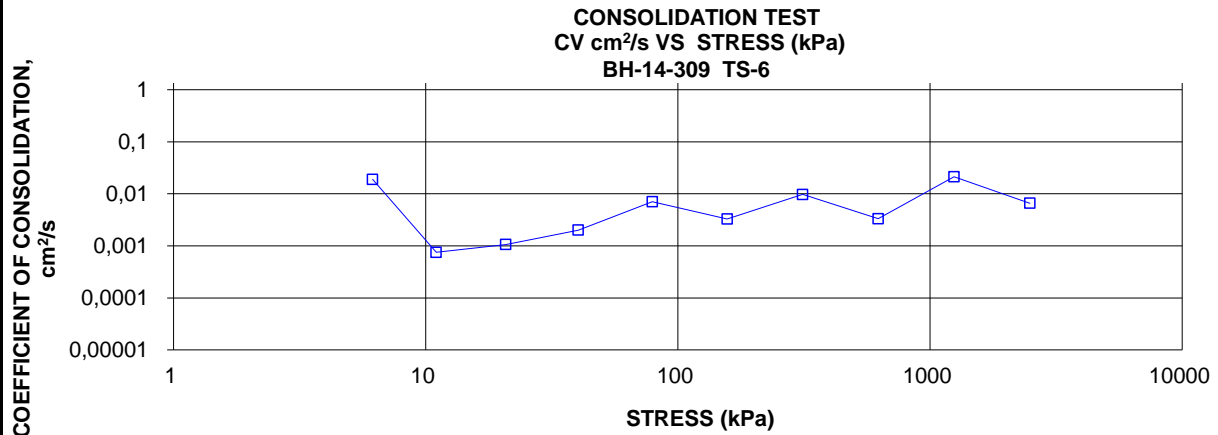
**TEST COMPUTATIONS**

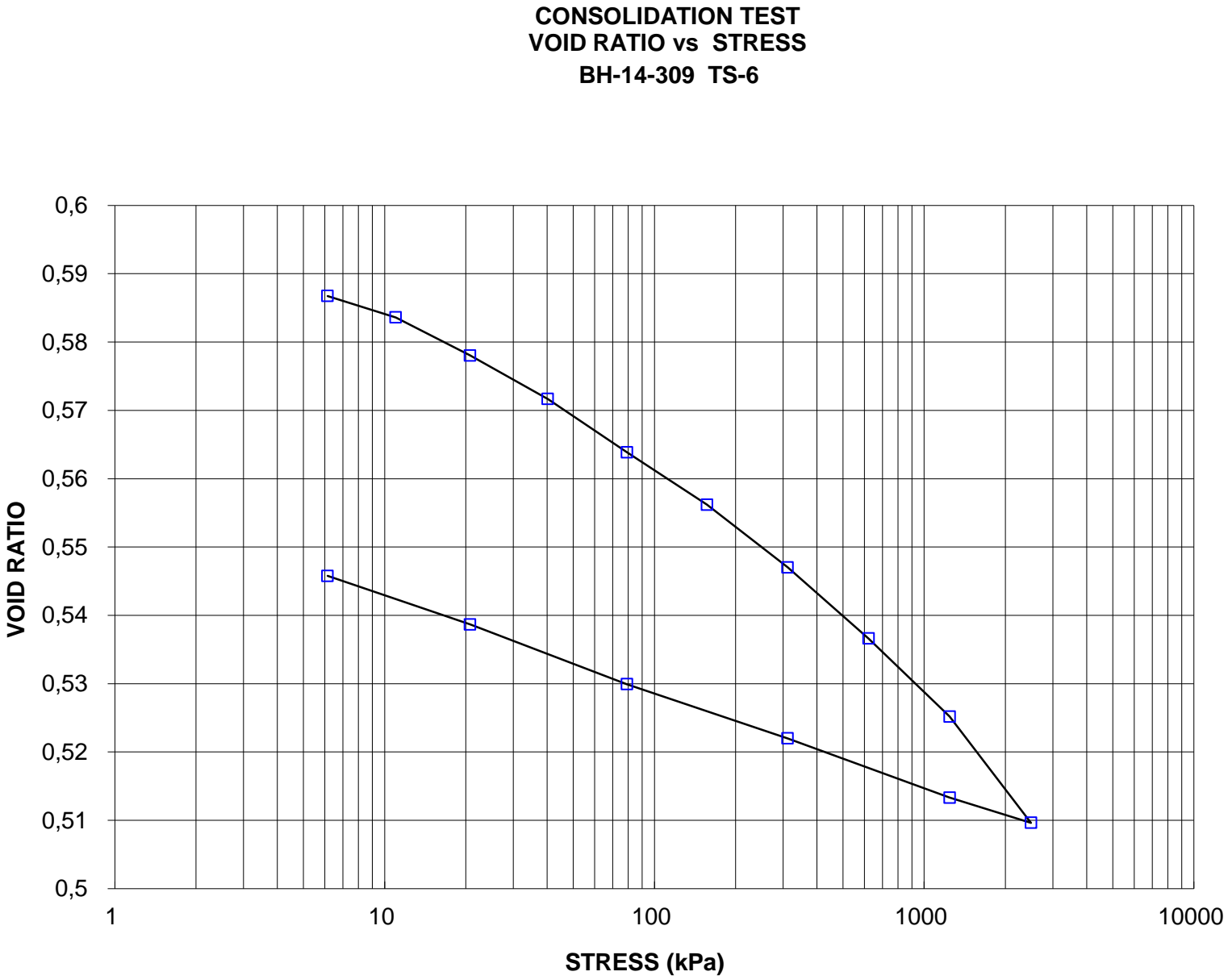
Stress kPa	Corr.	Void Ratio	Average	t <sub>90</sub> sec	cv. cm <sup>2</sup> /s	mv m <sup>2</sup> /kN	k cm/s
	Height cm		Height cm				
0,00	2,555	0,594	2,555				
6,15	2,543	0,587	2,549	73	1,89E-02	7,87E-04	1,46E-06
11,00	2,538	0,584	2,540	1815	7,54E-04	4,06E-04	3,00E-08
20,75	2,529	0,578	2,533	1276	1,07E-03	3,57E-04	3,73E-08
40,26	2,519	0,572	2,524	673	2,01E-03	2,05E-04	4,02E-08
79,11	2,506	0,564	2,512	190	7,04E-03	1,26E-04	8,69E-08
156,73	2,494	0,556	2,500	406	3,26E-03	6,20E-05	1,98E-08
311,89	2,479	0,547	2,486	135	9,71E-03	3,71E-05	3,53E-08
622,16	2,462	0,537	2,471	390	3,32E-03	2,11E-05	6,85E-09
1243,61	2,444	0,525	2,453	60	2,13E-02	1,15E-05	2,40E-08
2487,90	2,419	0,510	2,432	190	6,60E-03	7,83E-06	5,06E-09
1243,61	2,425	0,513	2,422				
311,89	2,439	0,522	2,432				
79,11	2,452	0,530	2,445				
20,75	2,466	0,539	2,459				
6,15	2,477	0,546	2,471				

Note:  
Consolidation loading and unloading schedule assigned by the client.  
Specimen taken 7.5 to 16cm from top of the tube  
k calculated using cv based on t<sub>90</sub> values.

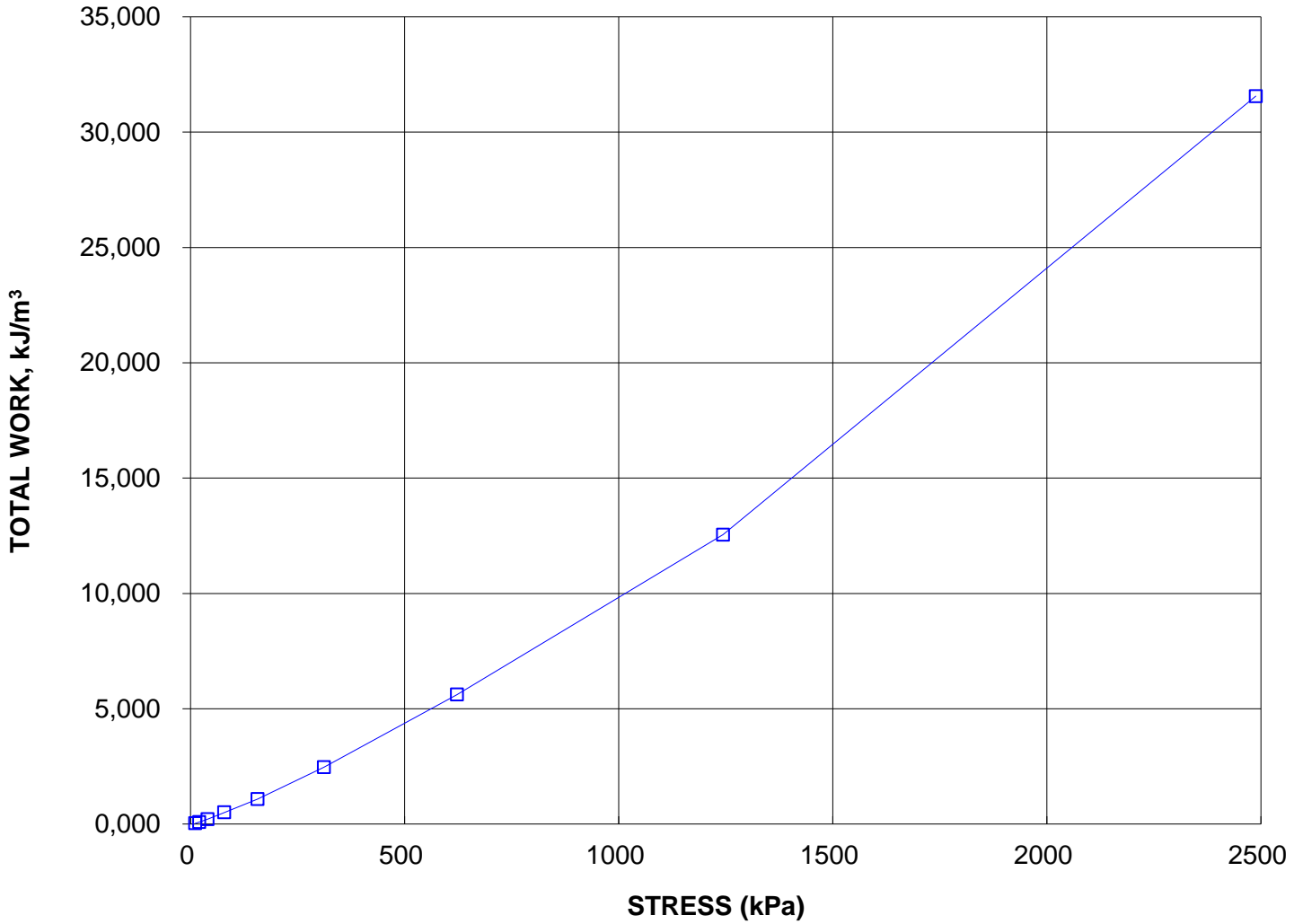
**SAMPLE DIMENSIONS AND PROPERTIES - FINAL**

Sample Height, cm	2,48	Unit Weight, kN/m <sup>3</sup>	20,89
Sample Diameter, cm	6,34	Dry Unit Weight, kN/m <sup>3</sup>	17,38
Area, cm <sup>2</sup>	31,54	Specific Gravity, measured	2,74
Volume, cm <sup>3</sup>	78,12	Solids Height, cm	1,602
Water Content, %	20,15	Volume of Solids, cm <sup>3</sup>	50,54
Wet Mass, g	166,38	Volume of Voids, cm <sup>3</sup>	27,58
Dry Mass, g	138,48		





CONSOLIDATION TEST  
TOTAL WORK, kJ/m<sup>3</sup> vs STRESS  
BH-14-309 TS-6







# **ANNEXE D**

## **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.

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

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

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

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

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



