



Stantec

**Étude géotechnique
Nouveau bâtiment proposé
Champs de tir Connaught - boulevard Shirley
Ottawa (Ontario)**

Préparé pour:
Gendarmerie royale du Canada
1200, promenade Vanier
Ottawa (Ontario) K1A 0R2

Préparé par:
Stantec Consulting Ltd.
200 – 2781, chemin Lancaster
Ottawa (Ontario) K1B 1A7

N^o de projet : 122410794

Juin 2013

Table des matières

1.0 INTRODUCTION	1
2.0 DESCRIPTION DU PROJET	1
3.0 PORTÉE DES TRAVAUX.....	2
4.0 MÉTHODE DE RECONNAISSANCE.....	2
4.1 TRAVAUX DE TERRAIN.....	2
4.2 ARPENTAGE.....	3
4.3 TRAVAUX EN LABORATOIRE	3
5.0 RÉSULTATS DE L'ÉTUDE	3
5.1 STRATIGRAPHIE	3
5.1.1 Matériaux superficiels.....	3
5.1.2 Remblai	4
5.1.3 Argile en plasticité élevée (CH)	4
5.1.4 Till de sable argileux.....	5
5.1.5 Fond rocheux	5
5.2 EAU SOUTERRAINE.....	5
6.0 DISCUSSION ET RECOMMANDATIONS	5
6.1 ÉVALUATION GÉOTECHNIQUE.....	5
6.2 NIVELLEMENT ET PRÉPARATION DU SITE	6
6.2.1 Sous les semelles de fondation et les dalles-sur-sol.....	6
6.2.2 Préparation du sol de fondation du pavage	6
6.2.3 Préparation générale du site	7
6.3 SEMELLE DE FONDATION.....	7
6.3.1 Protection contre le gel.....	8
6.4 DALLE-SUR-SOL	8
6.5 STRUCTURE DE CHAUSSÉE.....	9
6.6 EXCAVATION ET REMBLAYAGE	9
6.7 CONSIDÉRATIONS SISMIQUES	10
6.8 TYPE DE CIMENT ET POTENTIEL DE CORROSION	12
7.0 RÉFÉRENCES	13
8.0 CONCLUSION.....	14

Liste des tableaux

Tableau 6.1 : Résistances géotechniques pour les fondations peu profondes	7
Tableau 6.2 : Conception de la structure de chaussée.....	9
Tableau 6.3 : Paramètres de classification sismique du site	11
Tableau 6.4 : Résultats des analyses de pH, sulfate, chlorure et résistivité.....	12

ANNEXE A	Énoncé des conditions générales
ANNEXE B	Plan clé Plan de localisation des forages
ANNEXE C	Symboles et termes utilisés pour les rapports de puits et forages Rapports de forages Rapports de forages essais en 2005 par Jacques Whitford Limited
ANNEXE D	Résultats des analyses en laboratoire
ANNEXE E	Calcul de l'aléa sismique, Code national du bâtiment 2010 Caractérisation de la résistance à la liquéfaction, avec profils de profondeur Rapport de résistance cyclique (RCR) et rapport de contrainte cyclique (RCC) avec profondeur City of Ottawa Seismic Site Classification Map From Combined Geological/Geophysical Data (carte de classification sismique du site à partir de données géologiques et géophysiques combinées de la Ville d'Ottawa)

1.0 Introduction

Ce rapport présente les résultats d'une étude géotechnique réalisée pour un projet de bâtiment préfabriqué en acier, dans la zone des installations du Champs de tir Connaught, sur le boulevard Shirley, au sud du stand de tir au pistolet, à Ottawa (Ontario). L'emplacement du site est indiqué sur le plan clé, dessin 1, à l'annexe A. Les travaux ont été effectués conformément à notre proposition no 1224-B12027 datée du 24 février 2012. L'autorisation de procéder a été reçue par courriel le 28 février 2012.

Le présent rapport a été préparé spécialement et uniquement pour le projet qui y est décrit. Ce rapport présente les résultats factuels de l'étude géotechnique et fournit des recommandations en vue de la conception et de la construction du projet.

2.0 Description du projet

Il est entendu que ce nouvel édifice proposé sera un bâtiment préfabriqué en acier (calibre 26). On prévoit que le bâtiment sera une structure à deux niveaux comportant une mezzanine à charpente métallique, sans sous-sol, et qu'il couvrira une superficie approximative au sol de 1 200 mètres carrés. De nouvelles zones pavées et conduites souterraines feront également partie de ce projet. La disposition proposée sur le site est indiquée sur le dessin 2, à l'annexe A.

Le bâtiment reposera sur des semelles de fondation et une dalle-sur-sol d'une épaisseur de 100 à 300 mm. Des sections de la dalle-sur-sol comprendront des semelles intégrales pour soutenir la mezzanine.

L'élévation du plancher fini (ÉPF) du bâtiment proposé était inconnue; par conséquent, aux fins du présent rapport, on suppose que l'ÉPF du bâtiment proposé est semblable à celle du niveau existant dans la même zone.

En 2005, Jacques Whitford Limited (maintenant Stantec) a réalisé une étude géotechnique (numéro de projet 1005948) en vue de la conception du bâtiment d'administration et d'entraînement, également situé dans la zone des installations du Champs de tir Connaught, et directement à l'est de l'emplacement proposé du nouveau bâtiment. Le bâtiment actuel repose sur des semelles de fondation.

3.0 Portée des travaux

La portée des travaux était composée des éléments suivants:

- quatre forages jusqu'à une profondeur d'environ 6 m sous la surface du sol ou jusqu'à la profondeur de refus, dans l'empreinte proposée du bâtiment;
- réaliser des essais de pénétration standard (EPS) en prélevant des échantillons de sol à intervalles réguliers sur toute la profondeur;
- effectuer des essais de cisaillement au scissomètre à intervalles réguliers dans le matériau cohérent, afin d'évaluer la résistance au cisaillement non drainé et la résistance au cisaillement à l'état remanié;
- mesurer les niveaux d'eau souterraine dans les trous ouverts pendant le forage;
- arpenter les élévations de la surface du sol aux emplacements des forages, par rapport à un repère géodésique situé à proximité qui nous a été fourni;
- transporter les échantillons prélevés vers notre laboratoire d'Ottawa aux fins d'examen visuel et d'essai de classification. Les essais en laboratoire comprenaient des analyses du pH, des concentrations de sulfate hydrosoluble, du chlorure, de la teneur en eau des limites d'Atterberg de granulométrie;
- préparer un rapport d'étude géométrique qui comprend l'étude et des recommandations de conception pour le bâtiment proposé, dont :
 1. a résistance à l'état limite et la protection contre le gel pour les fondations peu profondes;
 2. la classification sismique du site conforme à l'édition de 2010 du Code national du bâtiment du Canada (CNBC) et l'évaluation du potentiel de liquéfaction;
 3. le module de réaction du sol pour une construction dalle-sur-sol;
 4. les exigences liées à l'excavation et au remblayage;
 5. les niveaux d'eau souterraine et exigences d'assèchement.

4.0 Méthode de Reconnaissance

4.1 TRAVAUX DE TERRAIN

Avant de réaliser l'étude, le personnel de Stantec a pris des dispositions pour localiser les installations souterraines de services publics près des emplacements des forages proposés.

Le 13 mars 2012, quatre (4) trous de forage au total, numérotés BH12-01 à BH12-04, ont été réalisés dans l'empreinte proposée du bâtiment, avec une foreuse CME55 montée sur un camion. Les localisations des forages sont indiquées dans le dessin n° 2, à l'annexe B.

Les forages ont été forés jusqu'à une profondeur d'environ 6 m. Des échantillons de sol ont été prélevés à intervalles réguliers au moyen de cuillères à fentes pendant les essais de pénétration standard (EPS). La résistance au cisaillement non drainé et la résistance au cisaillement à l'état remanié ont été mesurées dans le matériau cohérent par des essais de cisaillement au scissomètre. La stratigraphie souterraine rencontrée à chacun des forages a été

consignée sur le terrain par le personnel en géotechnique de Stantec. Tous les trous de forage ont été remblayés avec les sols de tarières, puis damés en place. Tous les échantillons ont été placés dans des sacs résistant à l'humidité et ont été retournés au laboratoire Stantec d'Ottawa aux fins d'analyse en laboratoire et de classification détaillées.

4.2 ARPENTAGE

Les localisations des forages ont été déterminées avec une précision subdécimétrique à l'aide d'un appareil GPS Trimble. Les élévations de la surface du sol mesurées aux forages sont illustrées dans les rapports de forages à l'Annexe C.

4.3 TRAVAUX EN LABORATOIRE

Tous les échantillons retournés au laboratoire ont été soumis à une caractérisation visuelle détaillée, effectuée par un ingénieur en géotechnique. Certains échantillons ont fait l'objet d'une analyse de la teneur en eau, des limites d'Atterberg et d'un essai de granulométrie. Des essais ont été réalisés pour mesurer le pH, la résistivité et la teneur en chlorure et en sulfate hydrosoluble du sol.

Les échantillons qui restaient après les essais ont été entreposés et seront conservés pendant un mois après la publication du présent rapport. Après cette période, les échantillons seront jetés, à moins d'indication contraire.

5.0 Résultats de l'étude

Les conditions souterraines consistaient en une couche de remblai sur de l'argile à haute plasticité, recouvrant du till. Aucun socle rocheux n'a été découvert durant l'étude. Les conditions souterraines observées dans les forages sont présentées dans les rapports de forages à l'annexe C. Une explication des symboles et des termes utilisés pour décrire les rapports de forages est également fournie.

Les rapports de forages extraits de l'étude réalisée en 2005 pour un bâtiment d'administration et d'entraînement sont aussi présentés à l'annexe C. Durant l'étude de 2005, on a découvert une couche de remblai sur un dépôt d'argile de grande plasticité (argile silteuse), recouvrant du till. Le profil du sous-sol en 2012 correspond aux résultats en plasticité élevée de 2005.

Dans les sous-sections suivantes figurent une description de l'état du sous-sol observé dans les forages en 2012 ainsi que les résultats de l'étude.

5.1 STRATIGRAPHIE

5.1.1 Matériaux superficiels

Au moment du travaux de terrain, le site était couvert de gazon, de parcs de stationnement en gravier et de chemins en gravier. La surface du sol du site était relativement plate et comportait

une légère pente descendant vers le nord-est. On a relevé une différence d'élévation maximale de 0,24 m aux localisations des forages. La disposition générale du site est indiquée sur le dessin 2, Plan de localisation des forages, à l'annexe B.

5.1.2 Remblai

On a rencontré du remblai sous les matériaux superficiels dans tous les forages. Le remblai s'étendait de 0,71 m à 0,95 m sous la surface du sol ou entre les élévations de 62,5 m à 62,4 m.

La granulométrie et les essais de la teneur en eau effectués sur des échantillons représentatifs extraits de la couche de remblai ont donné les résultats suivants :

- Gravier : 50 %
- Sable : 38 %
- Matériaux fins (silt et argile) : 12 %
- Teneur en eau : 4 à 7 %

Selon le système unifié de classification des sols (USCS) (ASTM, 2000), le matériau de remblai peut être classifié comme étant du gravier mal gradué avec du sable et du silt (GP-GM). La granulométrie en plasticité élevée est indiquée dans la figure 1, à l'annexe D.

5.1.3 Argile en plasticité élevée (CH)

On a rencontré un dépôt d'argile dans tous les forages, directement sous la couche de remblai. La profondeur de l'argile sous la surface existante du sol variait d'environ 0,71 m à 0,95 m et atteignait des élévations de 59,2 m à 57,5 m. L'épaisseur de la couche d'argile variait de 3,3 m à 5,0 m. Dans le forage BH12-2, on a observé une trace de sable dans l'argile.

Les valeurs N d'essai de pénétration standard obtenues pour l'argile variaient de 1 à 10, et la résistance au cisaillement non drainé variait de 55 kPa à 125 kPa, ce qui indique une consistance ferme à très raide.

La granulométrie et les essais de la teneur en eau effectués sur des échantillons représentatifs extraits de la couche d'argile ont donné les résultats suivants :

- Gravier : 0 %
- Sable : 6 %
- Silt 46 %
- Argile 48 %
- Teneur en eau : 25 à 41 %

Un essai de limite d'Atterberg réalisé sur un échantillon de cette couche a indiqué un sol très plastique. On a classifié cette couche comme étant de l'argile en plasticité élevée, avec du sable (CH). La granulométrie est indiquée dans la figure 2, à l'annexe D.

5.1.4 Till de sable argileux

On a découvert un dépôt de till dans tous les forages, directement sous la couche d'argile. La profondeur du till sous la surface existante du sol variait de 4,0 m à 5,8 m environ et atteignait des élévations de 57,3 m à 57,1 m. L'épaisseur du till atteignait la profondeur maximale d'exploration.

Les valeurs N d'essai de pénétration standard du till variaient de 1 à 13, ce qui indique un état très lâche à compact.

La granulométrie et les essais de la teneur en eau effectués sur des échantillons représentatifs extraits de la couche de till ont donné les résultats suivants :

- Gravier : 16 %
- Sable : 35 %
- Matériaux fins (silt et argile) : 49 %
- Teneur en eau : 11 à 16 %

Le till peut être classifié comme étant un sable argileux avec du gravier (SM). La granulométrie est indiquée dans la figure 3, à l'annexe D.

5.1.5 Fond rocheux

Aucun socle rocheux n'a été découvert durant l'étude. La cartographie du sol de cette zone montre qu'il est probablement composé de calcaire.

5.2 EAU SOUTERRAINE

On n'a pas observé d'eau souterraine au moment du forage. Toutefois, durant l'étude de 2005, l'eau souterraine a été mesurée à 1,2 m sous la surface du sol. On doit s'attendre à des fluctuations en raison des variations saisonnières ou des événements de précipitation.

6.0 Discussion et recommandations

6.1 ÉVALUATION GÉOTECHNIQUE

Selon les renseignements sur les forages, les couches inférieures du sol dans la zone du nouveau bâtiment proposé consistent en une couche de remblai sur de l'argile en plasticité élevée, recouvrant du till.

Les aspects géotechniques suivants devraient être pris en compte pendant les activités de conception :

- Les semelles de fondation conventionnelles fondées sur le matériau natif sont appropriées pour la conception de la nouvelle structure. On a rencontré une couche de remblai de 0,7 m

à 0,9 m en épaisseur le remblai existant est inadéquat pour la fondation des semelles et de la dalle, et une sous-excavation sera nécessaire.

- Aucune eau souterraine n'a été découverte à la profondeur de construction proposée. Il est prévu que l'eau de ruissellement de surface et les eaux souterraines peuvent être contrôlées par des méthodes de siphonnement et de pompage, si l'on en découvre lors de la construction.
- La classification recommandée, relativement à la réponse sismique de ce site, correspond à la classe D.

6.2 NIVELLEMENT ET PRÉPARATION DU SITE

6.2.1 Sous les semelles de fondation et les dalles-sur-sol

Il est recommandé que les semelles de fondation et les dalles soient placées sur des sols natifs ou du remblai structural reposant sur des sols natifs adéquats. Les rapports de forages indiquent que de 0,7 à 0,9 m de remblai existant nécessiteront une sous-excavation sous l'empreinte au sol du bâtiment.

Toutes structures existantes, végétation superficielle, terre végétale, tout remblai existant (gravier mal gradué avec du sable et du silt), toutes conduites souterraines, chaussée et autres matériaux délétères doivent être entièrement enlevés de l'empreinte au sol du bâtiment et de la zone d'influence des fondations. La zone d'influence est définie comme étant une zone délimitée par une ligne dessinée correspondant à 1 horizontal pour 1 vertical, vers l'extérieur et vers le bas à partir du bord des semelles dans le sol compétent. Les surfaces de sol de fondation préparées doivent être inspectées par un personnel en géotechnique qualifié avant d'y placer le remblai structural ou le béton. Un remblai structural, tel qu'il est défini ci-dessous, doit être utilisé pour augmenter le niveau du sol jusqu'à la surface inférieure des semelles et sous les dalles, au besoin. Toutes les zones ramollies ou perturbées qui sont révélées lors de l'inspection du sol de fondation doivent être retirées et remplacées par du remblai structural approuvé.

6.2.2 Préparation du sol de fondation du pavage

Toutes structures existantes, végétation superficielle, terre végétale, tout remblai existant (gravier mal gradué avec du sable et du silt), toutes unités de béton à la surface ou enfouies dans le sol et autres matériaux délétères doivent être entièrement enlevés des zones pavées proposées. Le remblai existant peut demeurer en place sous les zones pavées, seulement à condition qu'il soit exempt de matières organiques et qu'il ait subi un compactage d'épreuve. Le sol de fondation exposé doit subir un compactage d'épreuve à l'aide d'un équipement de compactage lourd, en présence d'un inspecteur en géotechnique. Toutes les zones ramollies ou perturbées qui sont révélées lors de l'inspection du sol de fondation ou du compactage d'épreuve doivent être retirées jusqu'à une profondeur de 500 mm et remplacées par du remblai de sol de fondation compacté, tel qu'il est défini ci-dessous.

Les transitions autour des sous-excavations à l'intérieur de 1,2 m de la surface finie, où le remblai et le sol natif sont de natures différentes, doivent être construits en pentes de sorte à avoir un rapport de 3 horizontal pour 1 vertical.

6.2.3 Préparation générale du site

Le remblai structural doit être composé de matériaux granulaires qui répondent aux exigences relatives aux matériaux « OPSS Granular A », matériaux « OPSS Granular B », de type I ou II. Aucune matière recyclée (asphalte, béton, etc.) ne doit être présente dans le remblai structural placé dans l'empreinte au sol du bâtiment.

Le remblai de sol de fondation est composé de matériaux qui répondent aux exigences relatives aux matériaux « OPSS Select Subgrade Material (SSM) ». Les sols natif pourront être réutilisés en tant que remblai de sol de fondation, à condition que leur teneur en eau au moment de leur mise en place permette le compactage.

Le remblai structural doit être compacté à au moins 98 % de la densité sèche maximale de compactage normale (DSMCN). Le degré de compactage peut être réduit à 95 % de la DSMCN pour le remblai de sol de fondation dans les zones de stationnement. Là où le remblai de sol de fondation est différent du matériau existant sur le site, les bords du remblai existant devraient être terrasser de sorte à avoir un rapport pas plus prononcé que 3 horizontal pour 1 vertical, avant la mise en place du nouveau remblai de sol de fondation.

Le déblai de terre doit être inspecté par le personnel en géotechnique, afin d'assurer que tout matériau non convenable soit enlevé avant le placement du remblai structural ou de fondation. Toutes les zones ramollies observées lors de l'inspection doivent être sous-excavées et remblayées, selon les directives de l'ingénieur en géotechnique. L'inspection et l'essai des matériaux doivent être réalisés de manière à assurer que tout le remblai soit placé et compacté selon le degré requis.

6.3 SEMELLE DE FONDATION

Des semelles placées sur des sols natifs non perturbés ou sur du remblai structural placé sur un sol natif peuvent être conçues à l'aide des paramètres de conception indiqués au tableau 6.1.

Tableau 6.1 : Résistances géotechniques pour les fondations peu profondes

Type de fondation	Dimensions de la fondation	État-limite ultime (kPa)	État-limite de service (kPa)
Semelle filante	0,6 m à 1,5 m (largeur)	145	130
Semelle carrée	0,6 m à 1,5 m (largeur)	170	130
Semelle intégrales aux dalles	0,6 m à 1,5 m (largeur)	130	120
Semelles filantes ou carrées	0,6 m à 3,5 m (largeur)	145	80

La résistance d'appui des états-limites ultimes (ULS) comprend un facteur de résistance de 0,5 et suppose une profondeur minimale d'enfouissement de la semelle de 1,8 m. Les résistances d'appui des ULS devront être réduites, si la profondeur d'enfouissement est inférieure.

La résistance d'appui des états-limites de service (SLS) correspond au tassement total de 25 mm. Le tassement différentiel dépendra de la taille de la fondation, des charges et des niveaux de fondation, mais on s'attend généralement à ce qu'il soit inférieur à 25 mm pour les tailles de fondation basées sur les résistances indiquées précédemment.

6.3.1 Protection contre le gel

Semelle filante

Toutes les semelles en périmètre et toutes les semelles intérieures situées à moins de 1 m des murs extérieurs nécessiteront une protection minimale contre le gel équivalente à une couverture de sol de 1,5 m pour la protection contre l'effet du gel. Les semelles situées dans les zones non chauffées ou les semelles extérieures, comme celles des murs de soutènement, des enseignes et des lampadaires, doivent comporter une protection minimale contre le gel équivalente à une couverture de sol d'au moins 1,8 m pour la protection contre l'effet du gel.

Radier (Semelle Carrée)

Pour les fondations sur radiers, une couche de matière isolant d'une épaisseur de 50 mm doit être installée autour du périmètre du bâtiment. La matière isolant doit s'étendre à 1,8 m au-delà de l'empreinte au sol du bâtiment et à 1 m à l'intérieur de l'empreinte au sol du bâtiment.

Général

Lorsque la construction est entreprise dans des conditions hivernales, le sol de fondation des semelles doit être protégé du gel. Les murs et les colonnes de la fondation doivent être protégés contre le soulèvement en raison de la congélation adhérente du sol.

Les bases de toutes les excavations de semelle doivent être inspectées par un ingénieur en géotechnique avant la mise en place du béton, afin de confirmer la résistance et d'assurer que les sols de fondation ne sont pas perturbés.

6.4 DALLE-SUR-SOL

Une couche de matériau granulaire qui se draine facilement, comme un matériau « OPSS Granular A », d'une épaisseur d'au moins 200 mm doit être placée directement sous la dalle à des fins de nivellement et de soutien. Ce matériau doit être compacté à au moins 100 % de la densité sèche maximale de compactage normale (DSMCN). Des drains de périmètre doivent être installés aux endroits où les niveaux de sol définitifs autour du bâtiment sont plus élevés que le dessous de la dalle.

Les dalles construites conformément aux recommandations indiquées précédemment peuvent être conçues au moyen d'un module de réaction du sol, k , de 40 MPa/m.

Des joints de construction doivent être placés dans la dalle autour des murs portants pour permettre à la dalle de résister à de petits déplacements sans se fissurer.

Lorsque la construction est entreprise dans des conditions hivernales, le sol de fondation des dalles doit être protégé du gel. Sinon, le sol de fondation des dalles doit être complètement dégelé, puis il doit subir un compactage d'épreuve avant la mise en place du béton.

6.5 STRUCTURE DE CHAUSSEE

Le sol de fondation dans les zones de chaussée doit être préparé conformément à la description qui figure à la section 6.2.2. On présume que les aires de stationnement seront utilisées principalement par des véhicules de promenade. Le tableau 6.2 résume la conception minimale de la chaussée pour les zones où la pose de nouvel asphalte est proposée.

Tableau 6.2 : Conception de la structure de chaussée

Matériau	Espace de stationnement pour véhicules légers	Chemin d'accès
Béton asphaltique HL-3	50 mm	40 mm
Béton asphaltique HL-8	-	50 mm
Couche de base de matériaux conformes aux « OPSS Granular A »	150 mm	150 mm
Couche de fondation de matériaux conformes aux « OPSS Granular B Type II »	300 mm	400 mm

Il est recommandé que le sol de fondation et les surfaces finies soient nivelés, de manière à ce que l'eau soit dirigée vers un drain convenable.

Une pente de 3 horizontal pour 1 vertical doit être incorporée dans la surface du sol de fondation en tant que transition pour le gel entre différentes structures de chaussées. Il est recommandé que l'étendue latérale des couches supérieure et de fondation ne soit pas finie verticalement derrière la bordure de la chaussée. Un bord aminci avec une pente à la proportion 3 horizontal pour 1 vertical est recommandé dans la ligne du sol de fondation pour minimiser les problèmes de soulèvement différentiel par le gel sous les bordures de trottoir et les trottoirs.

Les matériaux des couches supérieures et de fondation doivent être conformes aux spécifications standardisées de l'Ontario (OPSS). Ces matériaux doivent faire l'objet d'un essai et être approuvés par un ingénieur en géotechnique avant leur livraison au site, et ils doivent être compactés à au moins 100 % de la DSMCN.

Le béton asphaltique doit être conforme à l'OPSS 1150 et placé et compacté à au moins 96 % de la densité Marshall. Il est recommandé que la conception du mélange d'asphalte soit examinée par un ingénieur en géotechnique avant le choix de la conception du mélange final et avant le début du pavage.

6.6 EXCAVATION ET REMBLAYAGE

Le sol du site peut être classé comme un sol de type 3, selon la *Loi sur la santé et la sécurité au travail de l'Ontario* (LSST) et la réglementation relative aux projets de construction ainsi que les

règlements locaux. Les excavations temporaires dans le terrain de recouvrement doivent avoir une pente de 1 horizontal pour 1 vertical à partir de la base de l'excavation. Les excavations doivent être inspectées régulièrement pour y déceler tout signe d'instabilité, et elles doivent être aplanies au besoin.

On ne prévoit découvrir aucune eau souterraine à la profondeur d'excavation proposée. Si l'on découvre de l'eau de ruissellement de surface et des eaux souterraines pendant l'excavation et la construction, on devrait pouvoir les éliminer par des méthodes de siphonnement et de pompage.

Le remblai de la fondation doit être placé et compacté par couches. Le remblai de la fondation dans les bâtiments doit être un remblai structural placé conformément à la description qui figure à la section 6.2. Le remblai de la fondation extérieure doit être un matériau de remblai de sol de fondation compacté conformément à la description relative au remblai de sol de fondation, à la section 6.2. Des précautions doivent être prises à proximité immédiate des murs, afin d'éviter le compactage du sol, car cela pourrait endommager les murs.

Le coussin de support des services publics doit être placée conformément aux exigences de conception des canalisations. Il est recommandé qu'une couche minimale de 150 mm à 200 mm de matériau « OPSS Granular A » soit placée sous le radier de la canalisation comme matériau de coussin de support. Le remblai granulaire de canalisation placé au-dessus du radier doit consister en un matériau « OPSS Granular A ». Une couverture latérale et verticale d'au moins 300 mm doit être mise en place. Ces matériaux doivent être compactés à au moins 95 % de la DSMPN.

Le remblai pour les tranchées de service dans les zones de paysage peut être composé de matériaux déblayés, replacés et compactés par couches. Là où les tranchées de service traversent des zones pavées, la tranchée doit être remblayée au moyen de remblai de sol de fondation (tel qu'il est défini à la section 6.2), à partir du haut de la couverture de canalisation jusqu'à 1,2 m de la surface de chaussée proposée, placé par couches et compacté jusqu'à au moins 95 % de la DSMCN. Le matériau utilisé dans la couche supérieure de 1,2 m et sous la ligne du sol de fondation doit être semblable à celui qui est exposé dans les parois de la tranchée, afin d'éviter le soulèvement différentiel par le gel, placé par couches et compacté à au moins 95 % de la DSMCN. Différents matériaux butant dans cette zone nécessiteront une tranchée hors gel de 3 horizontal pour 1 vertical, afin de minimiser les effets du soulèvement différentiel par le gel.

6.7 CONSIDÉRATIONS SISMIQUES

Une évaluation de liquéfaction sismique a été réalisée pour ce site. La liquéfaction sismique est la perte soudaine de rigidité et de résistance du sol causée par les effets de charge d'un séisme. La liquéfaction peut entraîner des tassements considérables et une rupture structurale.

Une évaluation préliminaire a été réalisée, pendant laquelle on a suivi la méthode présentée dans le *Manuel canadien d'ingénierie des fondations*, 2006 (MCIF). Pour cette analyse préliminaire, un séisme de magnitude 6,2, typique dans la région d'Ottawa, a été utilisé. On a

supposé une accélération maximale du sol de 0,32 g et une amplification de 1,3. Selon les valeurs N d'essai de pénétration standard et nos paramètres de conception pour le sol, des tracés de coefficient de sécurité contre la liquéfaction (CSL) avec profondeur ont été effectués pour le site. L'évaluation préliminaire indique que la couche de till peut être susceptible de se liquéfier.

Une évaluation détaillée a été réalisée à l'aide du logiciel SHAKE2000. Pour cette analyse préliminaire, un séisme de magnitude 6,2, typique dans la région d'Ottawa, a été utilisé. On a supposé une accélération maximale du sol de 0,32 g, une vitesse d'onde de cisaillement de 165 m/s pour le remblai, une vitesse d'onde de cisaillement de 150 m/s pour l'argile et une vitesse d'onde de cisaillement de 165 m/s pour le till. Les estimations du rapport de résistance cyclique (RCR) et du rapport de contrainte cyclique (RCC) sont présentées à l'annexe E.

L'analyse indique que :

- Le till peut être susceptible de se liquéfier (c.-à-d. que le coefficient de sécurité contre la liquéfaction est de moins de 1).
- La couche de till a une épaisseur limitée dans l'empreinte au sol du bâtiment. Le tassement résultant de la liquéfaction est estimé à moins de 37 mm.
- La couche d'argile a un indice de plasticité supérieur à 20 (voir l'annexe D, figure 4) et le rapport entre la teneur en eau et la limite de liquidité est inférieur à 0,8. Cette couche peut être considérée comme étant non liquéfiable. Cependant, cette couche peut encore subir des déformations, si les contraintes de cisaillement cycliques dépassent la résistance au cisaillement statique non drainé de la matière argileuse.
- Les profils de CSL, RCR et RCC du site sont présentés à l'annexe E.

Tel qu'il est décrit dans l'édition de 2010 du Code national du bâtiment du Canada (CNBC), les bâtiments et leurs fondations doivent être conçus pour résister à une force sismique minimale. Conformément au tableau 4.1.8.4.A de l'édition de 2010 du CNBC, la réponse sismique au site correspond à une classe D. La classe du site est fondée sur les paramètres de conception suivants :

Tableau 6.3 : Paramètres de classification sismique du site

Profondeur sous la surface du sol	Couche de sol	Résistance au cisaillement non drainé (kPa)	Valeur « N ₆₀ »
1,8 m à 5,0 m	Argile en plasticité élevée	55 – 125	6
5,0 m à 7,0 m	Till	-	8
> 7,0 m	Socle rocheux	-	100

La carte de classification sismique du site à partir de données géologiques et géophysiques combinées de la Ville d'Ottawa (publiée par l'Université Carleton et Ressources naturelles Canada), qui est jointe à l'annexe E, indique que le secteur de la baie Shirleys peut varier d'un site de classe B à D.

6.8 TYPE DE CIMENT ET POTENTIEL DE CORROSION

Un échantillon extrait du dépôt d'argile a été soumis à Paracel Laboratories Ltd., à Ottawa, en Ontario, aux fins d'analyse du pH, des concentrations de sulfate et de chlorure hydrosoluble et de la résistivité. Les résultats d'analyse chimique sont présentés au tableau 6.4.

Tableau 6.4 : Résultats des analyses de pH, sulfate, chlorure et résistivité

N° du trou de forage	N° de l'échantillon	Profondeur (m)	pH	Chlorure (µg/g)	Sulfate (µg/g)	Résistivité (Ohm-m)
BH12-3	SS-4	2,3 à 2,9	7,43	<5	32	65,8

Le résultat du sulfate soluble indique que l'on peut s'attendre à un degré négligeable d'attaque sulfatique du béton qui est en contact avec le sol et les eaux souterraines. Aussi, un ciment normal de type GU Portland devrait donc être adéquat pour le béton utilisé sur ce site.

Le pH, la résistivité et la concentration de chlorure peuvent être utilisés pour estimer le potentiel de corrosion sur le site. Ces résultats doivent être pris en compte pour le choix des revêtements protecteurs des objets en acier enterrés.

7.0 Références

- ASTM. 2000. *Standard Practice for Classification of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classification System)* (ASTM D2487). ASTM International, West Conshohocken, PA.
- ASTM 4.08. *Standard D422-63: Standard Test Method for Particle-Size Analysis of Soils.*
- ASTM 4.08. *Standard D1586-99: Standard Test Method for Penetration Test and Split-Barrel Sampling of Soils.*
- ASTM 4.08. *Standard D2216-98: Standard Test Method for Laboratory Determination of Water (Moisture) Content of Soil and Rock by Mass.*
- ASTM 4.08. *Standard D2487-00: Standard Practice for Classification of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classification System).*
- Canadian Geotechnical Society. *Canadian Foundation Engineering Manual, 4th Edition.* Richmond: BiTech Publisher Ltd, 2006.
- Hunt, R.E. (1986). *Geotechnical Engineering Techniques and Practices*, U.S.A: McGraw-Hill Inc.
- Hunt, Roy E. (1984). *Geotechnical Engineering Investigation Manual*, U.S.A: McGraw-Hill Inc.
- Kramer, S.L. (1996). *Geotechnical Earthquake Engineering*, New Jersey, U.S.A: Prentice-Hall Inc.
- Ministry of Labour. *Occupational Health and Safety Act and Regulations for Construction Projects.* Toronto, Ontario: Publications Ontario, 2002.
- Ministry of Transportation. *Ontario Provincial Standards for Roads and Municipal Services.* Downsview, Ontario: Ministry of Transportation, 1998.
- Ministry of Transportation. *Pavement Design and Rehabilitation Manual Document No. SDO-90-01.* Downsview, ON, 1990.

8.0 Conclusion

L'utilisation de ce rapport est assujettie à l'énoncé des conditions générales figurant à l'annexe A. Il incombe à la Gendarmerie royale du Canada, qui est identifiée comme étant « la cliente » dans l'énoncé des conditions générales, et à ses représentants de prendre connaissance des conditions et d'aviser Stantec Consulting Ltd. si l'une ou l'autre de ces conditions n'est pas respectée. L'énoncé général des conditions traite des éléments suivants :

- Utilisation du rapport
- Fondement au rapport
- Norme de diligence
- Interprétation de l'état du site
- État variable ou imprévu du site
- Planification, conception ou construction

Le présent rapport a été préparé par Bridgit Bocage et révisé par Chris McGrath.

Le tout respectueusement soumis,

STANTEC CONSULTING LTD.

Bridgit Bocage, M.Eng., E.I.T.
Génie géotechnique

Chris McGrath, P.Eng.
Associé – ingénieur en géotechnique

V:\01224\Active\1224107XX\122410794\Report & Analysis\Finalreport_Fdn_Investigation_20120725.Docx

ANNEXE A

Énoncé des conditions générales

ÉNONCÉ DES CONDITIONS GÉNÉRALES

UTILISATION DU RAPPORT : Ce rapport a été préparé pour le bénéfice unique du client ou ses mandataires et ne peut être utilisé par un tiers sans le consentement écrit de Stantec Consulting Ltd. et du Client. Toute utilisation de ce rapport par un tiers et toute décision prise à partir de ce rapport ou basée sur une ou plusieurs de ses conclusions demeurent la responsabilité de ce tiers.

FONDEMENTS DU RAPPORT : Les informations, opinions et/ou recommandations données dans ce rapport sont en accord avec notre compréhension actuelle du projet spécifique au site tel que décrit par le client. Leur applicabilité se limite aux conditions du site qui existaient au moment de l'investigation ou de l'étude. Si le projet spécifique à cette étude est remplacé ou modifié par rapport à ce qui est décrit dans ce rapport ou si les conditions du site ont évolué, ce rapport n'est plus valide (à moins que le client demande à Stantec Consulting Ltd. de réviser et de mettre à jour ce rapport afin qu'il reflète adéquatement les changements apportés au projet et/ou l'évolution des conditions au site).

RÈGLES DE L'ART : La préparation de ce rapport, ainsi que tous les travaux qui en découlent, ont été effectués en conformité avec les règles de l'art normalement acceptées dans la province où les travaux ont eu lieu et pour le service professionnel spécifique fourni au client. Aucune autre garantie ne s'applique.

INTERPRÉTATIONS DES CONDITIONS AU SITE : La description des sols, du socle rocheux ou des autres matériaux, ainsi que les énoncés fournis dans ce rapport sur leur état, sont fondés sur les conditions rencontrées au site (emplacements d'échantillonnage et/ou d'essai spécifiques) au moment de la réalisation des travaux par Stantec Consulting Ltd. Les classifications et les énoncés sur les conditions ont été effectués en conformité avec les pratiques normalement acceptées, lesquelles sont discrétionnaires par nature. Aucune description spécifique ne doit être considérée comme exacte, mais plutôt comme un reflet du comportement anticipé du matériau. L'extrapolation des conditions in situ ne peut être effectuée que sur une étendue limitée au-delà des points d'échantillonnage ou d'essai. Cette étendue dépend de la variabilité des conditions des sols, du socle rocheux et de l'eau souterraine, liées aux conditions géologiques, aux activités de construction et à l'utilisation du site.

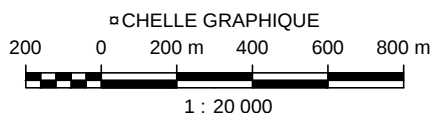
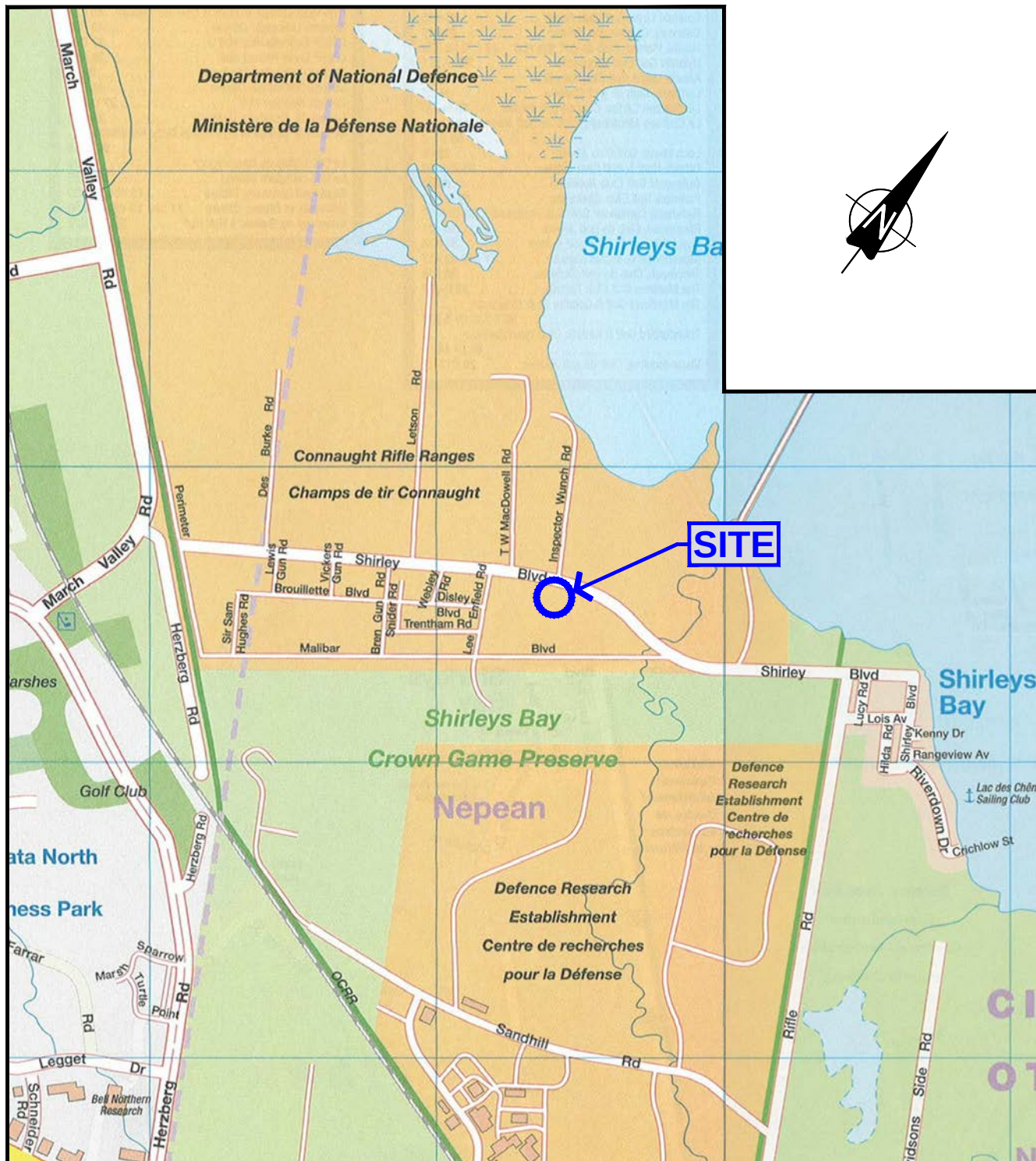
CONDITIONS VARIABLES OU INNATENDUES : Si les conditions réelles du site ou des sols sont différentes de celles décrites dans ce rapport ou identifiées à l'endroit des sondages ou essais, Stantec Consulting Ltd. doit en être immédiatement avisée afin d'évaluer si la variation des conditions in situ est importante et nécessite une réévaluation des conclusions et recommandations du rapport. Stantec Consulting Ltd. n'est pas responsable des dommages encourus si elle n'est pas avisée des changements des conditions du site ou des sols dès leur découverte.

PLANIFICATION, CONCEPTION OU CONSTRUCTION : Les plans de conception et les spécifications du futur développement doivent être révisés par Stantec Consulting Ltd. suffisamment avant le début de l'étape suivante du projet (acquisition de propriété, soumission, construction, etc.) afin de confirmer que ce rapport traite intégralement des spécifications du projet élaboré et que le contenu a été interprété correctement. Des services d'assurance qualité spécifiques (observations sur le terrain et essais) pendant la construction constituent une partie nécessaire dans l'évaluation des conditions du terrain et des travaux de préparation du site. Les travaux qui découlent des recommandations incluses dans ce rapport ne doivent être effectués qu'en présence d'un ingénieur géotechnique qualifié. Stantec Consulting Ltd. ne peut être tenue responsable des travaux effectués sur le site en son absence.

ANNEXE B

Plan clé

Plan de localisation des forages



RÉFÉRENCE: MAPART

NOTE: CE DESSIN ILLUSTRE L'INFORMATION COMPLÉMENTAIRE SPÉCIFIQUE À UN RAPPORT DE STANTEC CONSULTING LTD. ET NE DOIVENT PAS ÊTRE UTILISÉS POUR LES AUTRES OBJECTIFS.

PLAN CL

ÉTUDE GÉOTECHNIQUE
CHAMPS DE TIR CONNAUGHT, SHIRLEY'S BLVD, OTTAWA, ONTARIO

Projet No.: 122410794

Échelle: 1 : 20 000

Date: 13/06/18

Dessiné par: GBB

Approuvé par:

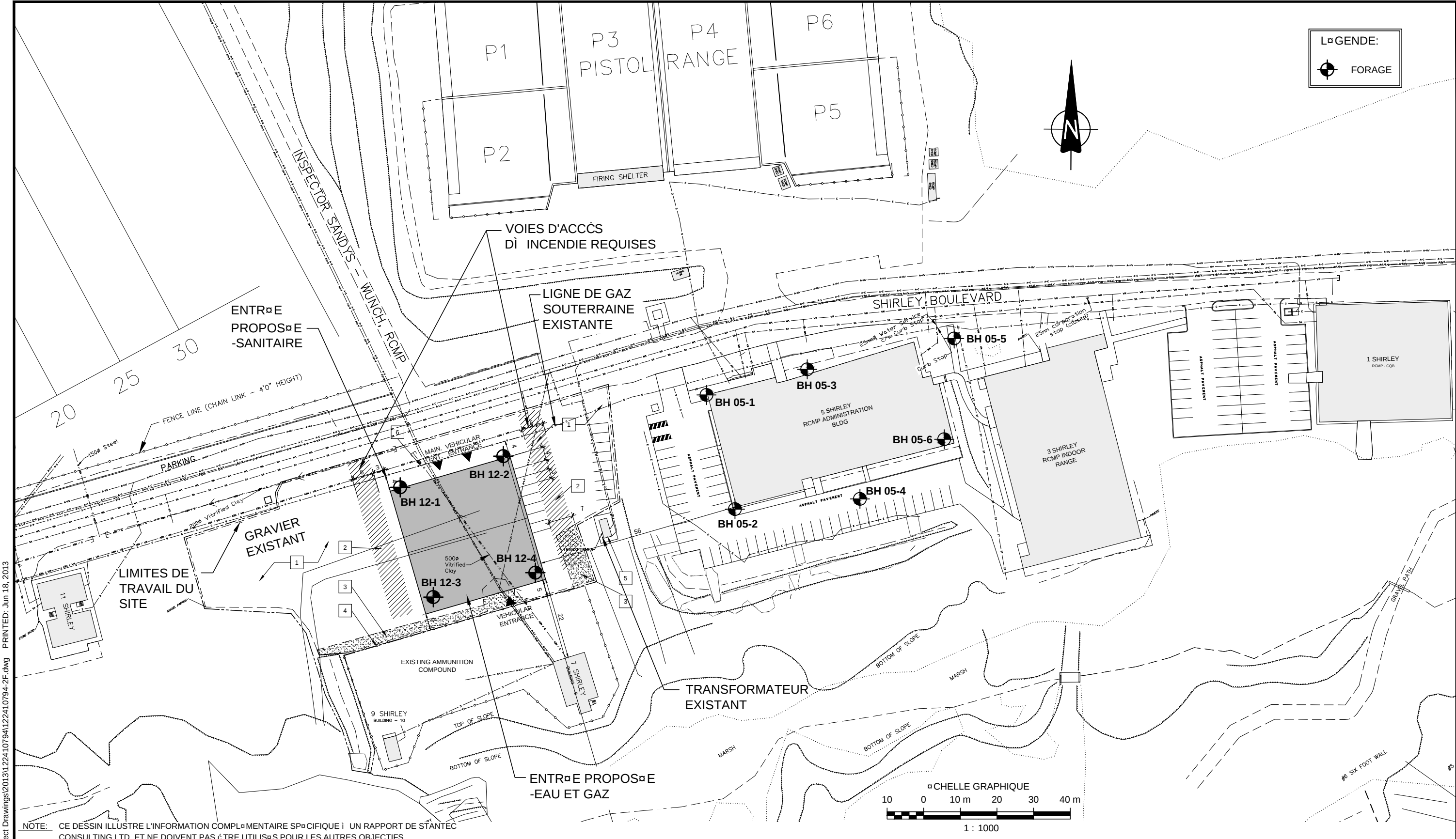
Dessin No.:

1



Stantec

Client: LA GENDARMERIE ROYALE DU CANADA



NOTE: CE DESSIN ILLUSTRE L'INFORMATION COMPLÉMENTAIRE SPÉCIFIQUE À UN RAPPORT DE STANTEC CONSULTING LTD. ET NE DOIVENT PAS ÊTRE UTILISÉS POUR LES AUTRES OBJECTIFS.

Référence:	Projet No.:	122410794	Client:	ÉTUDE GÉOTECHNIQUE	PLAN DE LOCALISATION DES FORAGES	Dessin No.:	2		
	Échelle:	1 : 1000							LA GENDARMERIE ROYALE DU CANADA
	Date:	13/06/18							
	Dessiné par:	GBB	Adresse du site:						
	Approuvé par:								

T:\Autocad\Drawings\Project Drawings\2013\122410794\122410794-2F.dwg PRINTED: Jun 18, 2013

ANNEXE C

Symboles et termes utilisés pour les rapports de puits et forages

Rapports de forages

Rapports de forages réalisées en 2005 par Jacques Whitford Limited

SYMBOLES ET TERMES UTILISÉS POUR LES RAPPORTS DE Puits ET FORAGES

DESCRIPTION DES SOLS

Terminologie décrivant la genèse de quelques sols communs:

<i>Terre végétale</i>	- mélange de sols et d'humus capable de supporter une croissance végétale
<i>Tourbe</i>	- mélange de fragments visible ou invisible de matières organiques en décomposition
<i>Till</i>	- dépôt glacial non stratifié dont les composantes peut s'étendre de l'argile aux rochers
<i>Remblais</i>	- matériaux mis en place par l'Homme (à l'exception des services sous-terrains)

Terminologie décrivant la structure des sols:

<i>Altérée</i>	- Ayant des signes visible d'oxydation des minéraux argileux, fissures de dessiccation..
<i>Fissurée</i>	- Ayant des fissures, et par conséquence une structure par block
<i>Varvée</i>	- composée d'une alternance de couches de silt et d'argile
<i>Stratifié</i>	- composée de successions alternatives de différents types de sols, ex. silt et sable
<i>Couche</i>	- > 75 mm d'épaisseur
<i>Lit</i>	- 2 mm to 75 mm d'épaisseur
<i>Inter couche</i>	- < 2 mm d'épaisseur

Terminologie décrivant les types de sols:

La classification des sols est basée sur la taille des grains qui les constituent ainsi que sur leur plasticité en accord avec le Système Unifié de Classification des Sols "Unified Soil Classification System" (USCS) (ASTM D 2487 ou D 2488). Cette classification ne tient pas compte des particules dont la taille est supérieure à 76 mm (3 pouces). Le USCS procure pour la classification, un symbole pour chaque groupe de sol (ex. SM) ainsi qu'un nom (ex. sable silteux).

Terminologie décrivant les cailloux, les blocs et tous les matériaux dépourvus d'une matrice :

La terminologie décrivant les matériaux non classables dans le USCS, (ex. particules supérieure à 76 mm, matière organique, débris de construction etc.) est basée sur la proportion que représentent ces éléments :

<i>Trace ou occasionnel</i>	Moins de 10%
<i>Un peu ou quelques</i>	10-20%
<i>Plusieurs ou beaucoup de</i>	> 20%

Terminologie décrivant la compacité des sols pulvérulents :

La terminologie standard pour décrire les sols pulvérulents tient compte, entre autre, de la compacité (autrefois "densité relative"), déterminée par l'indice de pénétration standard "N". La relation entre la compacité et la valeur-N est donnée dans le tableau suivant.

Compacité	Indice de pénétration "N"
<i>Très lâche</i>	<4
<i>Lâche</i>	4-10
<i>Compacte</i>	10-30
<i>Dense</i>	30-50
<i>Très Dense</i>	>50

Terminologie décrivant la consistance des sols cohérents:

La terminologie standard pour décrire les sols cohérents tient compte, entre autre, de la consistance qui est basée sur la résistance au cisaillement non drainé mesurée à l'aide d'un scissomètre, d'un pénétromètre, ou d'un essai de compression uniaxiale.

Consistance	Résistance au Cisaillement non drainé	
	kips/pi ²	kPa
<i>Très Molle</i>	<0.25	<12.5
<i>Molle</i>	0.25 - 0.5	12.5 - 25
<i>Ferme</i>	0.5 - 1.0	25 - 50
<i>Raide</i>	1.0 - 2.0	50 - 100
<i>Très raide</i>	2.0 - 4.0	100 - 200
<i>Dure</i>	>4.0	>200



DESCRIPTION DU ROC

Terminologie pour la classification qualitative du roc:

RQD	Qualité du massif rocheux
0-25	<i>Très mauvaise qualité</i>
25-50	<i>Mauvaise qualité</i>
50-75	<i>Qualité moyenne</i>
75-90	<i>Bonne qualité</i>
90-100	<i>Excellente qualité</i>

L'Indice de qualité de la roche (RQD) est associé soit à un cisaillement local, un système de discontinuités, une faille ou de l'érosion du massif rocheux. Le RQD a été prévu pour les carottes obtenues en utilisant un carottier de calibre "N"; Cependant, il pourrait être employé pour des carottes de différents diamètres, si les fractures reliées aux carottes peuvent être distinguées de celles reliées au système de fracturation de la roche. La terminologie décrivant la qualité de masse rocheuse basée sur le RQD est subjective et suppose qu'une roche dure d'excellente qualité, possède une valeur supérieure en ingénierie qu'une roche faible de très mauvaise qualité.

Terminologie décrivant le massif rocheux

Espacement (mm)	Classification des discontinuités	Litage, Lamination, Bandes
> 6000	<i>Éloignées</i>	-
2000-6000	<i>Très espacées</i>	<i>Très épais</i>
600-2000	<i>Espacées</i>	<i>épais</i>
200-600	<i>Moyennement espacées</i>	<i>Moyen</i>
60-200	<i>Rapprochées</i>	<i>Fin</i>
20-60	<i>Serrées</i>	<i>Très fin</i>
<20	<i>Très serrées</i>	<i>Laminé</i>
<6	-	<i>Finement Laminé</i>

Terminologie décrivant la force de la roche:

Classification suivant la dureté	Compression uniaxiale (MPa)
<i>Extrêmement faible</i>	< 1
<i>Très faible</i>	1 – 5
<i>Faible</i>	5 – 25
<i>Moyennement forte</i>	25 – 50
<i>Forte</i>	50 – 100
<i>Très forte</i>	100 – 250
<i>Extrêmement forte</i>	> 250

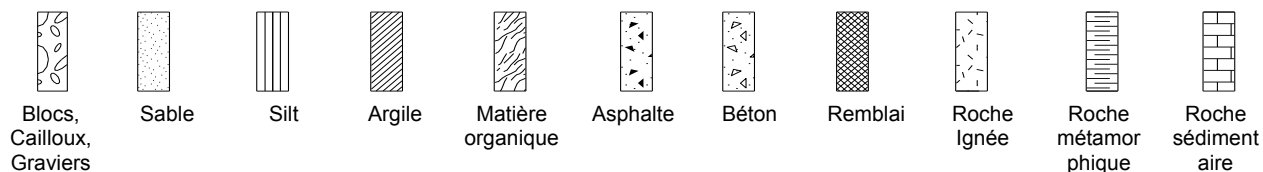
Terminologie décrivant le degré d'altération de la roche:

Terme	Description
<i>Pas d'altération</i>	Aucun signe d'altération dans les discontinuités. Légère décoloration le long des discontinuités majeures
<i>Altération légère</i>	La décoloration indique l'altération des discontinuités tout au long des surfaces decontact. Toutes les discontinuités peuvent être décolorées
<i>Altération modérée</i>	Moins de la moitié de la roche est décomposée et/ou désintégrée en sols
<i>Altération élevée</i>	Plus de la moitié de la roche est décomposée et/ou désintégrée en sols
<i>Complètement altéré</i>	Toute la roche est décomposée et/ou désintégrée en sols. La structure originel du massif est toujours largement intact.



SYMBOLES STRATIGRAPHIQUES

L'habillage des strates donne une description visuelle du sol ou du socle rocheux. C'est une combinaison des symboles de base suivants. Leurs dimensions ne reflètent pas les vraies dimensions des particules, l'épaisseur des couches, etc.



TYPE D'ÉCHANTILLONNAGE

CF	Échantillon cuillère fendue (obtenu en performant l'Essai de Pénétration Standard)
ST	Échantillon d'un Tube Shelby
DP	Échantillon par enfoncement direct (petit calibre, avancement hydraulique du tubage)
PS	Échantillon d'un Tube à Piston
BS	Échantillon tout venant
WS	Échantillon par lavage
HQ, NQ, BQ, etc.	Carotte du roc obtenue en utilisant un carottier diamanté à calibre standard

MESURE DU NIVEAU DE L'EAU



Mesuré dans les tubes d'observation, piézomètres.



Déduit

RECUPÉRATION

Pour les échantillons de sols, la récupération est enregistrée comme la longueur totale de l'échantillon récupéré. Pour le roc, la récupération est définie comme la longueur totale cumulative de toutes les carottes récupérées dans le tube de forage divisée par la course du carottier. Elle est enregistrée en pourcentage.

INDICE-N

Les Indices-N sont les résultats des Essais de Pénétration Standard au chantier : c'est le nombre de coup d'un marteau de 140 livres (64 kg) tombant d'une hauteur de 30 pouces (760 mm), nécessaire pour enfoncer un carottier fendu d'un diamètre 2 pouces (50.8 mm) de un pied (305 mm) dans le sol. Si la pénétration requise n'est pas atteinte, on reporte le nombre de coups sur l'avancement en millimètres (ex.50/75). Quelques méthodes de conception se servent de l'indice N corrigé pour normaliser les effets de la pression de mort terrain, le rapport en énergie lors de l'enfoncement, le diamètre du forage, etc. Sur les rapports de forage, aucune correction n'a été apportée aux indices N recueillis au chantier.

ESSAI DE PÉNÉTRATION DYNAMIQUE AU CÔNE « DYNAMIC CONE PENETRATION TEST » (DCPT)

Les essais de pénétration dynamique au cône (DCPT) sont réalisés en utilisant un cône normalisé de 60 degrés relié aux tiges de forage de calibre "A" tout en gardant les critères standard du poids du marteau et de la hauteur de chute de l'essai de pénétration standard. La valeur du DCPT est le nombre de coups du marteau exigé pour enfoncer le cône de un pied (305 mm) dans le sol. Le DCPT est utilisé comme une sonde pour évaluer le changement de lithologie.

AUTRES ESSAIS

S	Granulométrie
H	Sédimentométrie
k	Perméabilité au laboratoire
γ	Masse volumique
G_s	Masse volumique spécifique des particules de sols
CD	Essai triaxial consolidé drainé
CU	Essai triaxial consolidé, non drainé, avec mesure des pressions des vides
UU	Essai triaxial non consolidé, non drainé
DS	Essai de cisaillement direct
C	Essai de consolidation
Q_u	Compression uniaxiale
I_p	Indice de résistance (le I_p correspond à $I_p(50)$ dans lequel l'indice est corrigé par rapport à un diamètre de référence de 50 mm)

	Essai de perméabilité à obturateur unique; intervalle d'essai, de la profondeur indiquée jusqu'au fond du forage.
	Essai de perméabilité à deux obturateurs; intervalle d'essai comme indiqué
	Essai de perméabilité à charge variable dans le tube de forage
	Essai de perméabilité à charge variable dans un piézomètre



CLIENT: La Gendarmerie royale du Canada

FORAGE : BH 12-1

SITE: Étude Géotechnique - Champs de tir Connaught, Ottawa, ON

PROJET: 122410794

DATES: SONDAGE: 13 mars, 2012

DATES: NIVEAU D'EAU:

REPÈRE: Géodésique

PROFONDEUR (m)	ÉLÉVATION (m)	DESCRIPTION STRATIGRAPHIQUE	STRATIGRAPHIE	NIVEAU D'EAU	TYPE	NUMÉRO	RÉCUPÉRATION (mm)	INDICE "N" OU RQD	RÉSISTANCE AU CISAILEMENT NON DRAINÉ- kPa															
									50 100 150 200 TENEUR EN EAU ET LIMITES D'ATTERBERG W_p W W_L ESSAIS DE PÉNÉTRATION DYNAMIQUE, COUPS/0.3m ★ ESSAIS DE PÉNÉTRATION STANDARD, COUPS/0.3m ● 10 20 30 40 50 60 70 80 90															
0	63.32	REMBLAI: Gravier mal gradué, avec du sable, un peu de silt			BS	1																		
1	62.4	ARGILE de plasticité élevée, ferme à raide, brun-gris			SS	2	390	7																
2					SS	3	490	10																
3					SS	4	560	7																
4					SS	5	600	2																
5	58.7	TILL: Sable argileux (SC), avec du gravier, très lâche à compacte			SS	6	600	1																
6	57.2				SS	7	390	13																
7		Fin du forage																						
8																								
9																								
10																								

▽ Profondeur de la nappe phréatique estimée lors du forage
 ▼ Profondeur de la nappe phréatique mesuré dans le tuyau vertical

□ Essai de cisaillement en place, kPa
 □ Essai de cisaillement remanié, kPa
 ▲ Essai au pénétromètre de poche, kPa

CLIENT: La Gendarmerie royale du Canada

FORAGE : BH 12-2

SITE: Étude Géotechnique - Champs de tir Connaught, Ottawa, ON

PROJET: 122410794

DATES: SONDAGE: 13 mars, 2012

DATES: NIVEAU D'EAU:

REPÈRE: Géodésique

PROFONDEUR (m)	ÉLÉVATION (m)	DESCRIPTION STRATIGRAPHIQUE	STRATIGRAPHIE	NIVEAU D'EAU	TYPE	NUMÉRO	RÉCUPÉRATION (mm)	INDICE "N" OU RQD	RÉSISTANCE AU CISAILEMENT NON DRAINÉ- kPa																	
									50 100 150 200 TENEUR EN EAU ET LIMITES D'ATTEMBERG ESSAIS DE PÉNÉTRATION DYNAMIQUE, COUPS/0.3m ESSAIS DE PÉNÉTRATION STANDARD, COUPS/0.3m 10 20 30 40 50 60 70 80 90																	
0	63.45	REMBLAI: Gravier mal gradué, avec du sable, avec de silt			BS	1																				
1	62.5	ARGILE de plasticité élevée (CH), avec du sable, raide à très raide			SS	2	450	6																		
2					SS	3	550	8																		
3					SS	4	600	4																		
4					SS	5	600	1																		
5	58.0																									
6	57.3	TILL: Sable argileux (SC), avec du gravier, lâche			SS	6	600	9																		
7		Fin du forage																								
8																										
9																										
10																										

▽ Profondeur de la nappe phréatique estimée lors du forage
 ▼ Profondeur de la nappe phréatique mesuré dans le tuyau vertical

□ Essai de cisaillement en place, kPa
 □ Essai de cisaillement remanié, kPa
 ▲ Essai au pénétromètre de poche, kPa

CLIENT: La Gendarmerie royale du Canada

FORAGE : BH 12-3

SITE: Étude Géotechnique - Champs de tir Connaught, Ottawa, ON

PROJET: 122410794

DATES: SONDAGE: 13 mars, 2012

DATES: NIVEAU D'EAU:

REPÈRE: Géodésique

PROFONDEUR (m)	ÉLÉVATION (m)	DESCRIPTION STRATIGRAPHIQUE	STRATIGRAPHIE	NIVEAU D'EAU	TYPE	NUMÉRO	RÉCUPÉRATION (mm)	INDICE "N" OU RQD	RÉSISTANCE AU CISAILLEMENT NON DRAINÉ- kPa																	
									50 100 150 200 TENEUR EN EAU ET LIMITES D'ATTEMBERG ESSAIS DE PÉNÉTRATION DYNAMIQUE, COUPS/0.3m ESSAIS DE PÉNÉTRATION STANDARD, COUPS/0.3m 10 20 30 40 50 60 70 80 90																	
0	63.21	REMBLAI: Gravier mal gradué, avec du sable, avec de silt (GP-GM), gris			BS	1																				
1	62.5	ARGILE de plasticité élevée (CH), ferme à très raide, brun-gris			SS	2	560	7																		
2					SS	3	600	9																		
3					SS	4	600	4																		
4	59.2				SS	5	600	3																		
5		TILL: Sable argileux (SC), avec du gravier, lâche			SS	6	600	5																		
6	57.1				SS	7	270	10																		
7					SS	8	300	10																		
8		Fin du forage																								
9																										
10																										

▽ Profondeur de la nappe phréatique estimée lors du forage
 ▼ Profondeur de la nappe phréatique mesuré dans le tuyau vertical

□ Essai de cisaillement en place, kPa
 □ Essai de cisaillement remanié, kPa
 ▲ Essai au pénétromètre de poche, kPa

CLIENT: La Gendarmerie royale du Canada

FORAGE : BH 12-4

SITE: Étude Géotechnique - Champs de tir Connaught, Ottawa, ON

PROJET: 122410794

DATES: SONDAGE: 13 mars, 2012

DATES: NIVEAU D'EAU:

REPÈRE: Géodésique

PROFONDEUR (m)	ÉLÉVATION (m)	DESCRIPTION STRATIGRAPHIQUE	STRATIGRAPHIE	NIVEAU D'EAU	TYPE	NUMÉRO	RÉCUPÉRATION (mm)	INDICE "N" OU RQD	RÉSISTANCE AU CISAILEMENT NON DRAINÉ- kPa															
									50 100 150 200 TENEUR EN EAU ET LIMITES D'ATTERBERG ESSAIS DE PÉNÉTRATION DYNAMIQUE, COUPS/0.3m ESSAIS DE PÉNÉTRATION STANDARD, COUPS/0.3m 10 20 30 40 50 60 70 80 90															
0	63.26	REMBLAI: Gravier mal gradué, avec du sable, avec de silt (GP-GM), gris			BS	1																		
1	62.5	ARGILE de plasticité élevée (CH), raide, gris			SS	2	50	4																
2					SS	3	600	9																
3					SS	4	600	4																
4					SS	5	600	5																
5					SS	6	600	1																
6	57.5	TILL: Sable argileux (SC), avec du gravier, lâche			SS	7	600	1																
6	57.2	Fin du forage																						
7																								
8																								
9																								
10																								

▽ Profondeur de la nappe phréatique estimée lors du forage
 ▼ Profondeur de la nappe phréatique mesuré dans le tuyau vertical

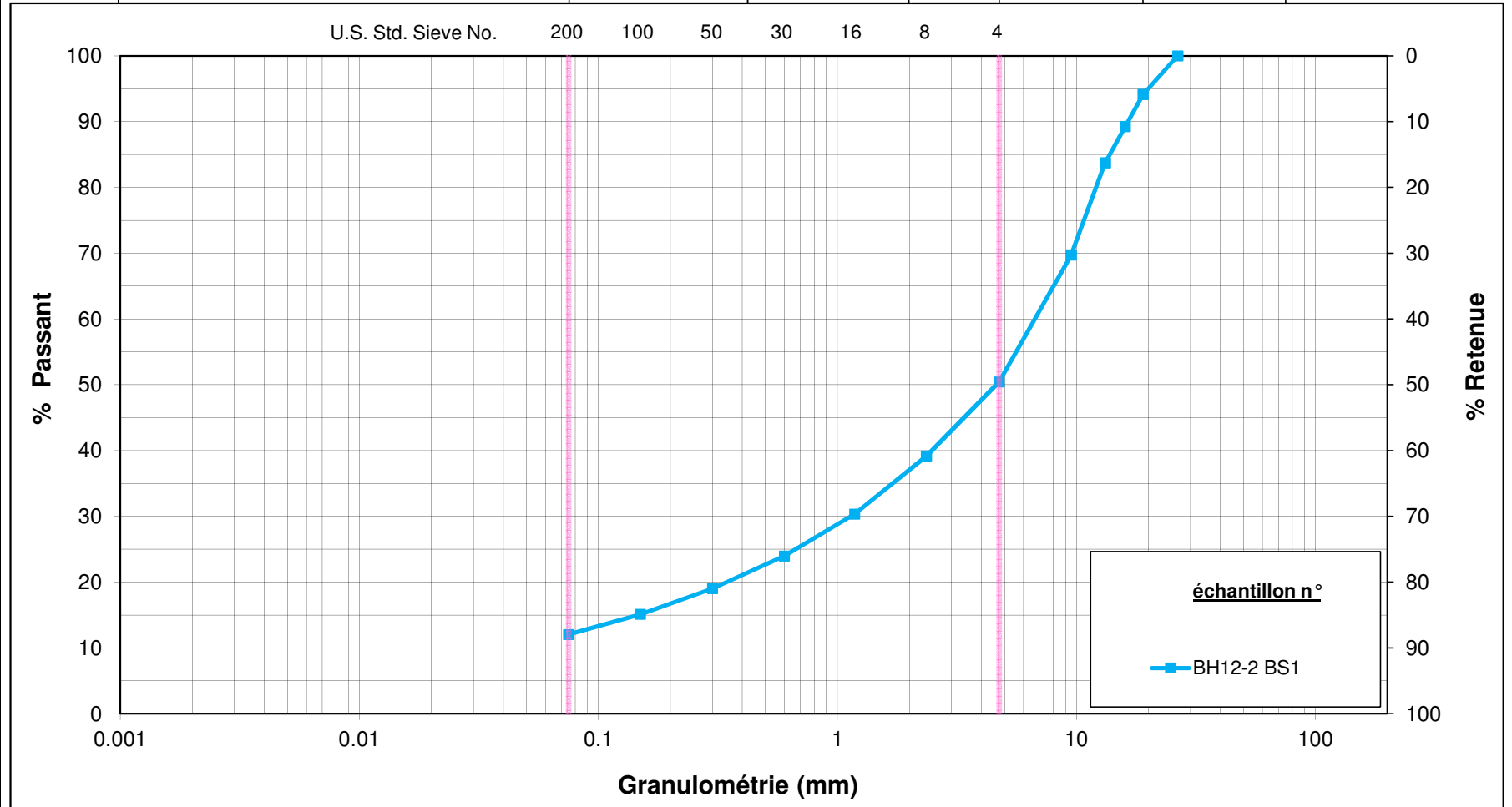
□ Essai de cisaillement en place, kPa
 □ Essai de cisaillement remanié, kPa
 ▲ Essai au pénétromètre de poche, kPa

ANNEXE D

Résultats des essais en laboratoire

Système Unifié de Classification des Sols

ARGILE & SILT	SABLE			GRAVIER	
	Fin	Moyen	Grossier	Fin	Grossier



ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE

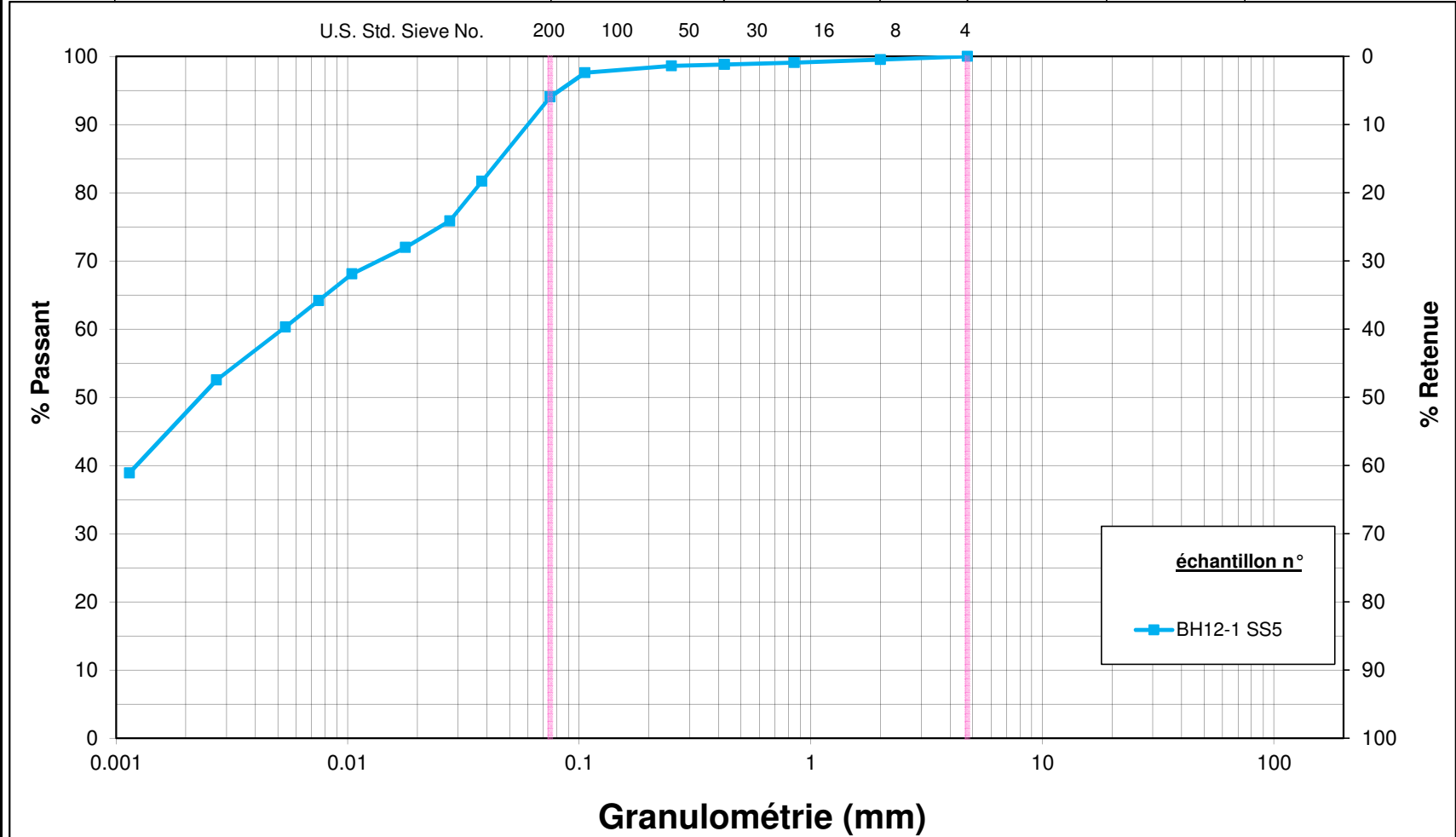
REMBLAI: Gravier mal gradué, avec du sable, avec de silt (GP-GM)

Figure N° 1

Projet N° 122410794

Système Unifié de Classification des Sols

ARGILE & SILT	SABLE			GRAVIER	
	Fin	Moyen	Grossier	Fin	Grossier



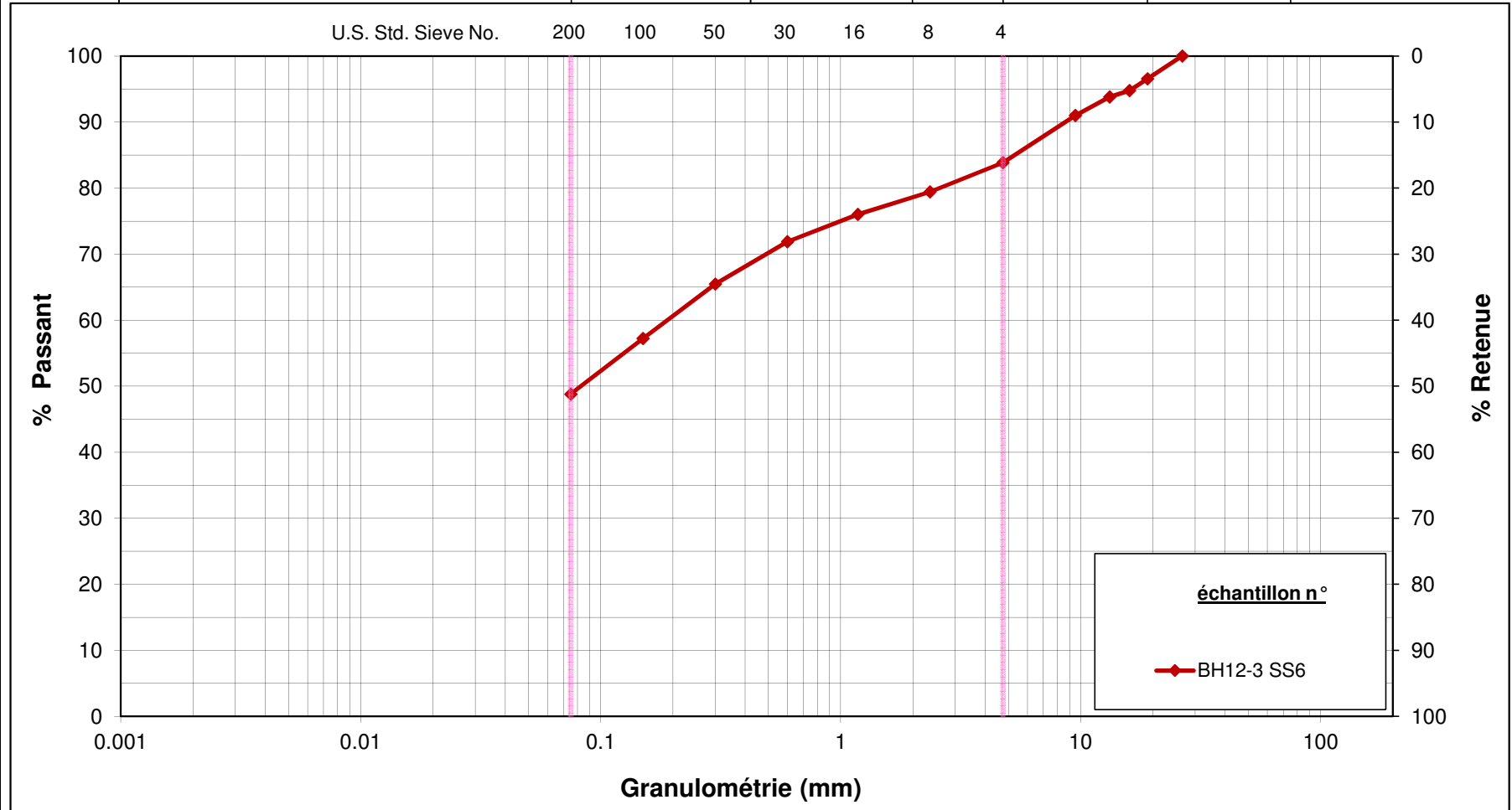
ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE
ARGILE de plasticité élevée (CH)

Figure N° 2

Projet N° 122410794

Système Unifié de Classification des Sols

ARGILE & SILT	SABLE			GRAVIER	
	Fin	Moyen	Grossier	Fin	Grossier

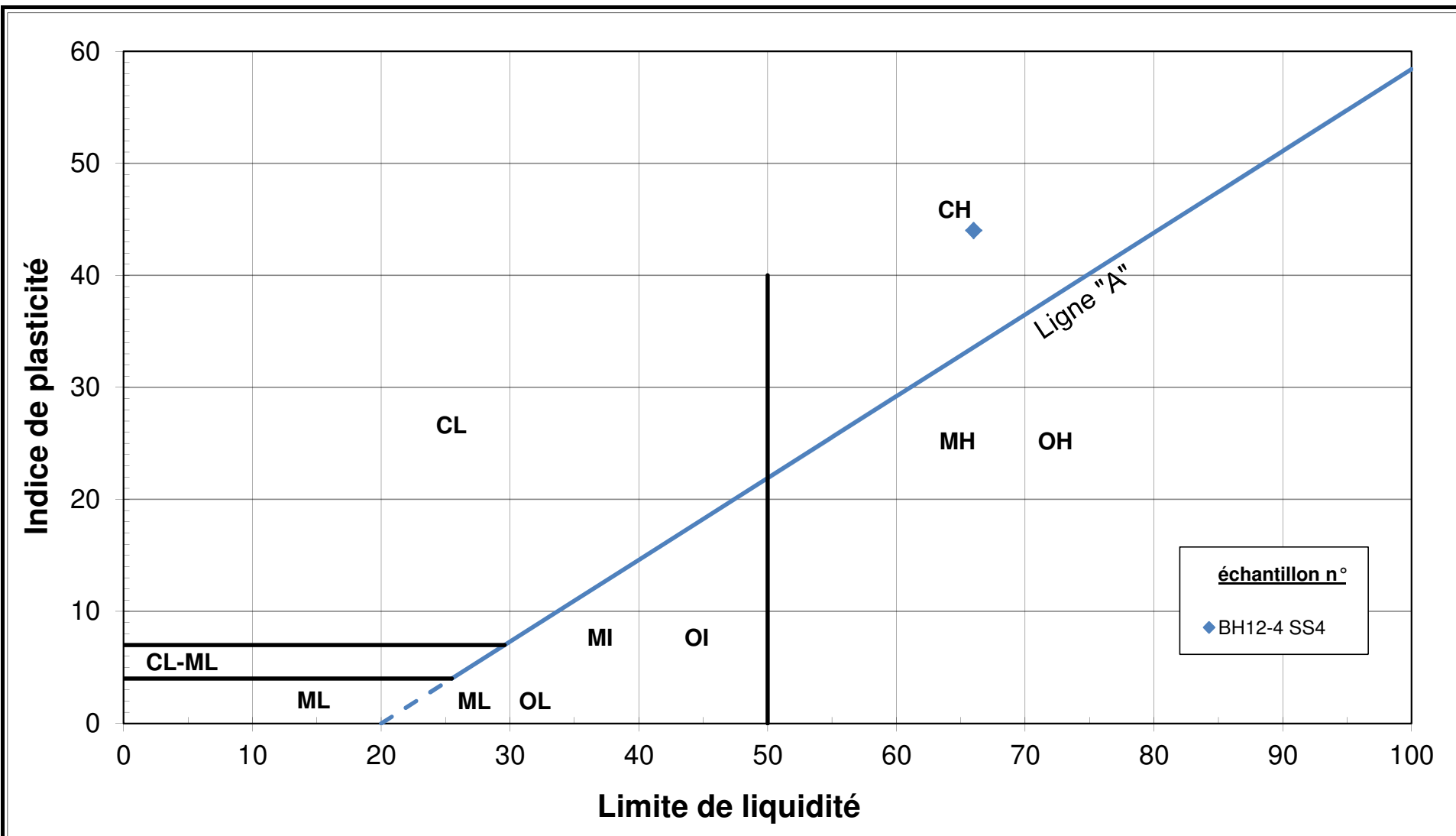


ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE

TILL: Sable argileux avec du gravier (SC)

Figure N° 3

Projet N° 122410794



ANNEXE E

Calcul de l'aléa sismique, Code national du bâtiment 2010

Caractérisation de la résistance à la liquéfaction, avec profils de profondeur

Rapport de résistance cyclique (RCR) et rapport de contrainte cyclique (RCC) avec profondeur

City of Ottawa Seismic Site Classification Map From Combined Geological/Geophysical Data

(carte de classification sismique du site à partir de données géologiques et géophysiques
combinées de la Ville d'Ottawa)

Calcul de l'aléa sismique - Code National du Bâtiment 2010

INFORMATION: Canada de l'Est Français (613) 995-0600 Anglais (613) 995-5548 Télécopieur (613) 992-8836
Canada de l'Ouest Anglais (250) 363-6500 Télécopieur (250) 363-6565

Demandeur: ,

Coordonnées du site: 45.3622 Nord 75.895 Ouest

Bibliographie fichier utilisateur:

Mouvements du sol - Code National du Bâtiment :

Probabilité de dépassement de 2% sur 50 ans (0.000404 par année)

Sa(0.2)	Sa(0.5)	Sa(1.0)	Sa(2.0)	AMS (g)
0.625	0.302	0.135	0.045	0.319

Remarques. Les valeurs spectrales et de maximum d'aléa sont déterminées pour un terrain ferme (classe de sol C du CNBC 2010 - vitesse moyenne de l'onde transversale de 360-750 m/s). Les valeurs médianes (50e percentile) de l'accélération maximale du sol (AMS) sont fournies en unités de g. Les valeurs d'accélération spectrale atténuée 5% (Sa(T), où T est la période en secondes) et de l'accélération maximale du sol (AMS) sont tabulées. Seuls deux chiffres significatifs doivent être utilisés. **Ces valeurs ont été interpolées à partir de points de grille espacés de 10km. Selon le gradient pour les points situés à proximité, les valeurs, pour cet endroit, calculées directement au moyen du programme pour l'aléa peuvent varier. Plus de 95 % des valeurs interpolées se situent à moins de 2 % des valeurs calculées.**

Mouvements du sol pour d'autres probabilités :

Probabilité de dépassement par année	0.010	0.0021	0.001
Probabilité de dépassement dans 50 ans	40%	10%	5%
Sa(0.2)	0.086	0.243	0.379
Sa(0.5)	0.042	0.119	0.182
Sa(1.0)	0.017	0.054	0.086
Sa(2.0)	0.006	0.018	0.028
AMS	0.037	0.119	0.196

Bibliographie

Le code national du bâtiment du Canada 2010 no. 53301; sections 4.1.8, 9.20.1.2, 9.23.10.2, 9.31.6.2, and 6.2.1.3

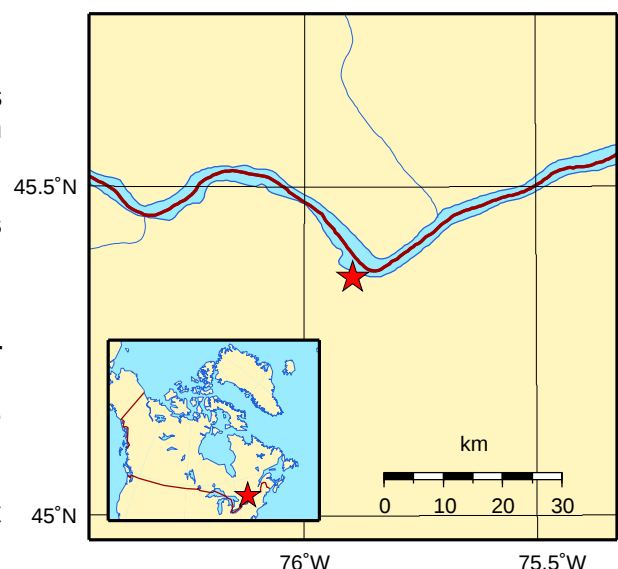
Annexe C: Information climatique pour la conception des bâtiments au Canada - la table dans l'Annexe C commence en page C-11 de la Division B, volume 2

Manuel d'utilisateur - CNB 2010, Commentaires structuraux CNRC no. 53543 Commentaire J: Conception pour des effets sismiques

Commission Géologique du Canada Dossier public xxxx Fourth generation seismic hazard maps of Canada: Grid values to be used with the 2010 National Building Code of Canada

Voir les sites webs www.SeismesCanada.ca et www.nationalcodes.ca pour plus d'information

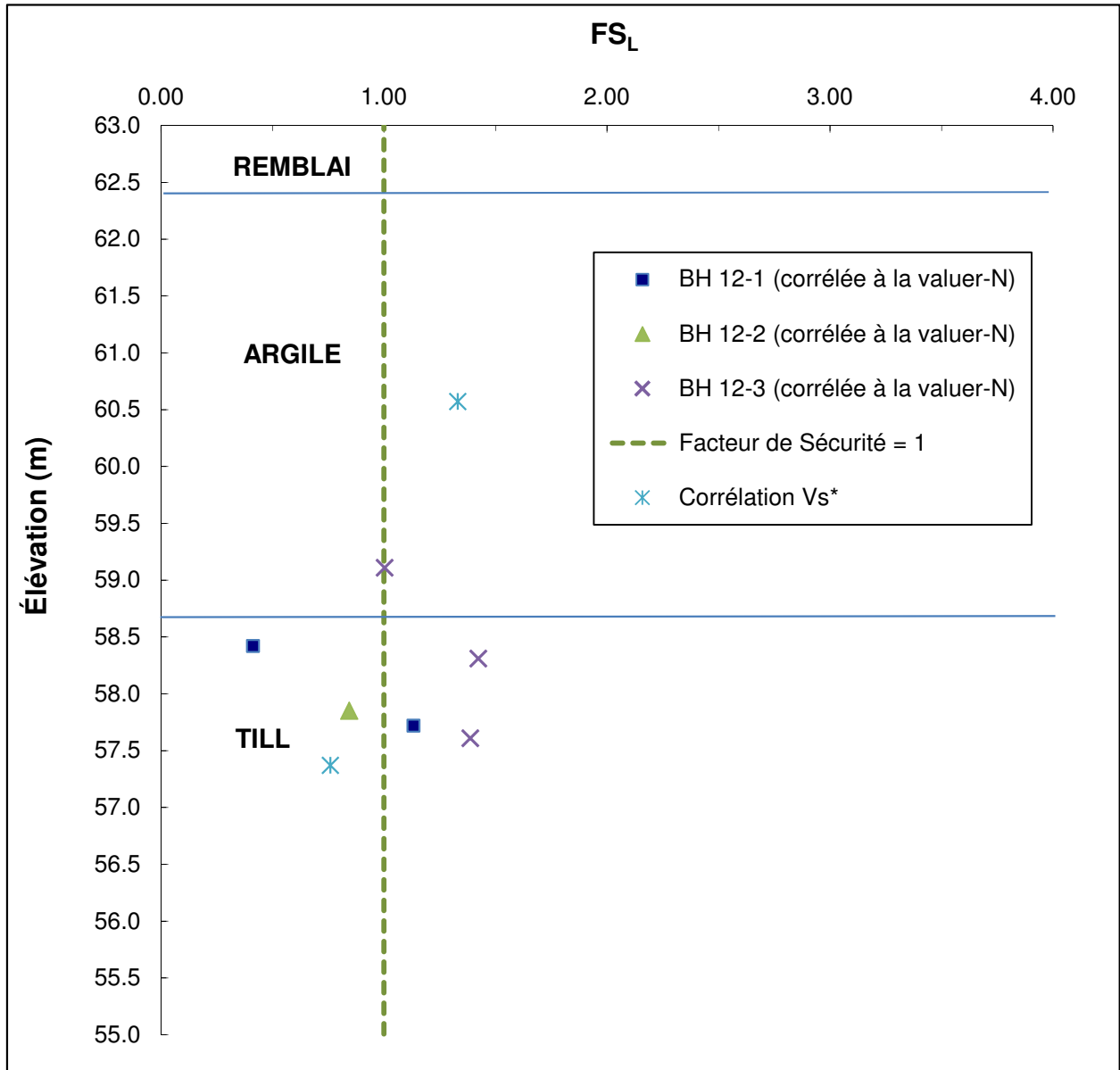
Also available in english





Stantec

CARACTÉRISATION DE LA RÉSISTANCE À LA LIQUÉFACTION



FS_L = Facteur de Sécurité contre la Liquéfaction

Le Manuel canadien d'ingénierie des fondations définit FS_L que le rapport des résistances cycliques d'un sol, divisé par le rapport des contraintes cycliques.

La méthode d'évaluation est basée sur les rapports sommaires 1996 et 1998 de l'atelier NCEER/NSF sur l'évaluation de la résistance à la liquéfaction des sols.

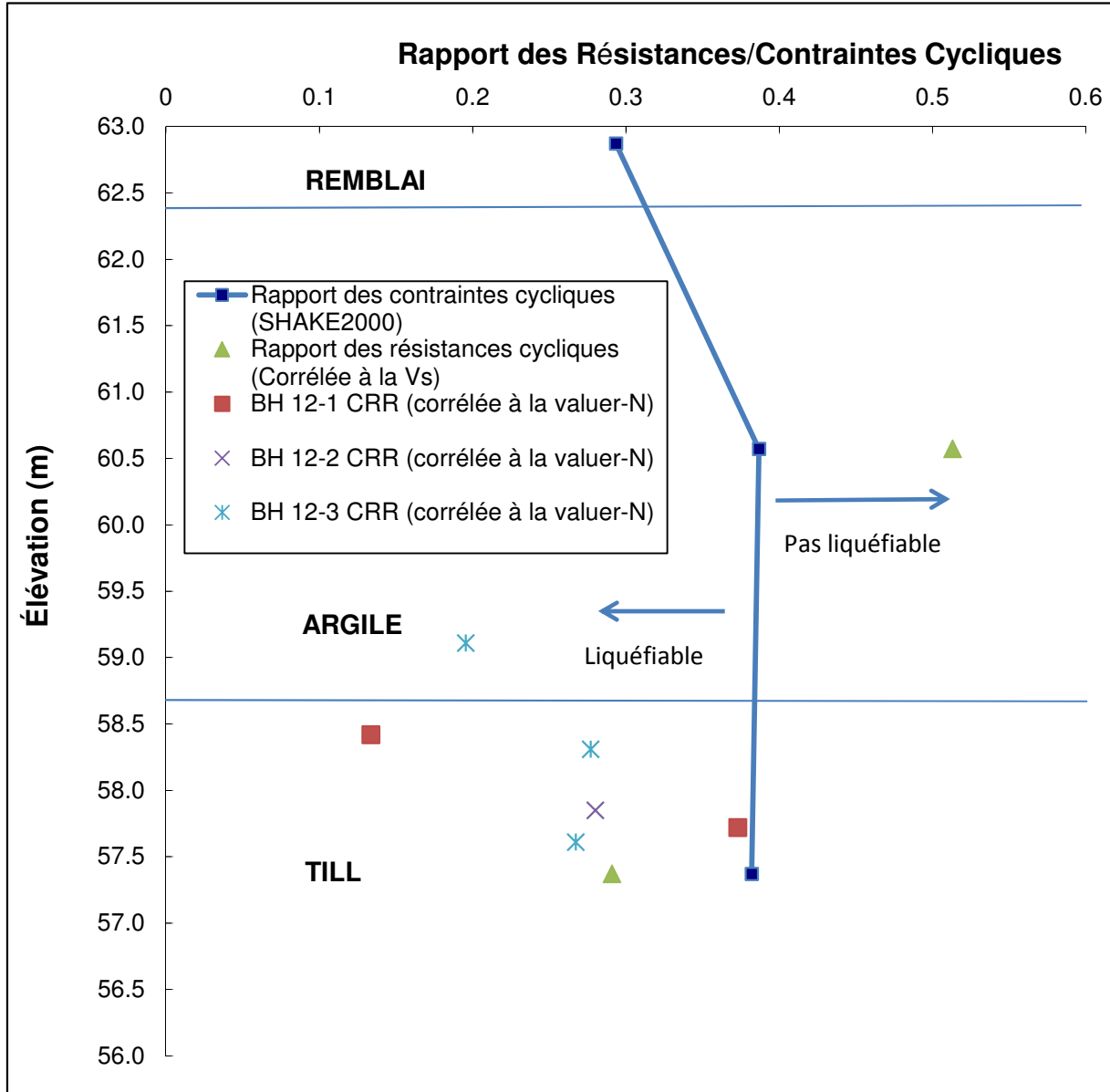
* Le Facteur de Sécurité contre la Liquéfaction a été obtenu en utilisant le programme SHAKE2000

N° du Projet 122410794



Stantec

CARACTÉRISATION DE LA RÉSISTANCE À LA LIQUÉFACTION



Le rapport des contraintes cycliques, l'accélération maximale du sol (AMS) et les tassements ont été calculés en utilisant le programme SHAKE2000.

L'accélération maximale du sol amplifiée au surface du sol a été calculé à 0.45g.

Les tassements induits par la liquéfaction ont été obtenus comme suit:

- 1- Méthode Ishihara et Yoshimine: ≈ 37 mm
- 2- Méthode Tokimatsu et Seed: ≈ 19 mm

N° du Projet 122410794