ADMINISTRATION PORTUAIRE DE QUÉBEC

NOUVELLE DESSERTE FERROVIAIRE SECTEUR BEAUPORT

ÉTUDE GÉOTECHNIQUE

PORT DE QUÉBEC – BOULEVARD HENRI-BOURRASSA EST, QUÉBEC (QC)

No projet : 151-08617-00

DÉCEMBRE 2015

NOUVELLE DESSERTE FERROVIAIRE SECTEUR BEAUPORT

ÉTUDE GEOTECHNIQUE

PORT DE QUÉBEC – BOULEVARD HENRI-BOURRASSA EST, QUÉBEC (QC)

Administration portuaire de Québec

No projet : 151-08617-00
Décembre 2015

Rapport (version finale)

WSP Canada Inc.
1600 boul. René-Lévesque Ouest, 16e étage
Montréal (Québec) H3H 1P9

Téléphone : +1 514-340-0046
Télécopieur : +1 514-340-1337
www.wspgroup.com

HISTORIQUE DES RÉVISIONS

Version	Date	Description
1	03-12-2015	Finale

SIGNATURES

PRÉPARÉ PAR

Olivier Houde
Assistant de projets

RÉVISÉ PAR

2015-12-07

Marie-Noël Côté, ing. M. Ing.
No OIQ: 132389
Directrice de projets

L'original du document technologique que nous vous transmettons a été authentifié et sera conservé par WSP pour une période minimale de dix ans. Étant donné que le fichier transmis n'est plus sous le contrôle de WSP et que son intégrité n'est pas assurée, aucune garantie n'est donnée sur les modifications ultérieures qui peuvent y être apportées.

Référence à citer :

WSP 2015. *Nouvelle desserte ferroviaire secteur beauport | Étude géotechnique, Port de Québec – Boulevard Henri-Bourrassa Est, Québec (QC).* Rapport produit pour Administration portuaire de Québec. No projet : 151-08617-00. 11 pages et annexes.

ÉQUIPE DE RÉALISATION

ADMINISTRATION PORTUAIRE DE QUÉBEC

Directeur du développement des infrastructures.	Éric Marineau, ing MBA

WSP CANADA INC. (WSP)

Directrice de projets	Marie-Noël Côté, ing. M. Ing.
Travaux de terrain	Olivier Houde, assistant de projet
Rédaction du rapport	Olivier Houde, assistant de projet
Révision du rapport	Marie-Noël Côté, ing. M. Ing.

SOUS-TRAITANTS

Foreurs	Forage Goulet Inc.

ÉNONCÉ DE RESPONSABILITÉ

Ce rapport a été préparé par WSP Canada Inc. (WSP) uniquement pour l'administration portuaire de Québec. Tous les autres intervenants sont des tierces parties.

Ni WSP ni l'administration portuaire de Québec ne déclarent, ne certifient ou ne garantissent à une tierce partie, que ce soit expressément ou implicitement :

- l'exactitude, l'intégralité ou encore l'utilité,
- les droits de propriétés intellectuelles, ou autres droits de propriété, de toute personne ou de toute partie, ou;
- la qualité marchande, l'adaptation à un usage particulier;
- tout renseignement, produit ou procédé divulgué, décrit ou recommandé dans ce rapport.

WSP et l'administration portuaire de Québec déclinent toute responsabilité de quelque nature résultant de quelque façon de l'utilisation faite par une tierce partie de tout renseignement, produit ou procédé divulgué, décrit ou recommandé dans ce rapport. WSP et l'administration portuaire de Québec déclinent toute responsabilité résultant de la confiance que toute tierce partie accorde à tout renseignement, énoncé ou recommandation contenue dans ce rapport. Si une tierce partie utilisait tout renseignement, produit ou procédé divulgué, décrit ou recommandé dans ce rapport, ou encore se fondait sur ceux-ci, il le ferait à ses risques et périls.

TABLE DES MATIÈRES

1 INTRODUCTION 1

1.1 CONTEXTE ET OBJECTIFS 1

2 DESCRIPTION DU SITE ET DES STRUCTURES PROJETÉES 3

3 MÉTHODE DE RECONNAISSANCE 4

3.1 LOCALISATION DES INFRASTRUCTURES SOUTERRAINES 4

3.2 FORAGE AVEC PRÉLÈVEMENT D'ÉCHANTILLONS 4

3.3 TUBE MUNI D'UNE CRÉPINE 5

3.4 PROGRAMME DE LABORATOIRE 5

4 NATURE ET PROPRIÉTÉS DES SOLS 6

4.1 TERRE VÉGÉTALE 6

4.2 FONDATION GRANULAIRE 6

4.3 REMBLAI 6

5 NAPPE D'EAU SOUTERRAINE 7

6 RECOMMANDATIONS GÉOTECHNIQUES 8

6.1 PROFONDEUR DE PÉNÉTRATION DU GEL 8

6.2 STRUCTURE DE VOIE FERRÉE 8

6.3 EXCAVATION ET DRAINAGE 9

6.4 RÉUTILISATION DES MATÉRIAUX 9

6.5 PROTECTION DES ÉLÉMENTS EN PLACE 10

6.6 CONTRÔLE QUALITÉ 10

7 RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES 11

TABLEAUX

TABLEAU 1 COORDONNÉES, ÉLÉVATION ET PROFONDEUR DU FORAGE 4
TABLEAU 2 ÉCHANTILLONS SOUMIS À UNE ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE PAR TAMISAGE 5
TABLEAU 3 PROFONDEURS (M) DES SOLS AU DROIT DE CHAQUE FORAGE 6
TABLEAU 4 RÉSULTATS DES ANALYSES GRANULOMÉTRIQUES 6
TABLEAU 5 DONNÉES PIÉZOMÉTRIQUES DE L'EAU SOUTERRAINE, ... 7
TABLEAU 6 STRUCTURE DE CHAUSSÉE POUR VOIE FERRÉE. 9

FIGURE

FIGURE 1 PHOTO DU PUIT D'OBSERVATION AU FORAGE TF-02-15 3

ANNEXES

ANNEXE A LIMITES ET CONDITIONS GÉNÉRALES
ANNEXE B PLAN DE LOCALISATION DES FORAGES
ANNEXE C RAPPORT DE FORAGE
ANNEXE D RÉSULTATS DÉTAILLÉS DES ESSAIS EN LABORATOIRE

1 INTRODUCTION

1.1 CONTEXTE ET OBJECTIFS

Dans le cadre d'un projet de construction d'une nouvelle desserte ferroviaire le long du côté sud du boulevard Henri-Bourassa à Québec, l'administration portuaire de Québec (APQ) a mandaté la firme WSP CANADA Inc. (WSP) en juillet 2015. Le mandat consistait à réaliser une étude géotechnique et environnementale. Deux rapports sous-pli séparé ont été demandés à WSP, chacun correspondant à une des études. Le présent document traite de l'étude géotechnique qui avait comme objectif l'identification de la nature et des propriétés des dépôts meubles et de la profondeur de la nappe d'eau souterraine. Le tout dans le but d'émettre des recommandations géotechniques concernant le système de fondation, l'excavation et les pentes de stabilité minimale pour la nouvelle desserte ferroviaire.

Ce rapport présente, dans l'ordre : une brève description du site et du projet, la méthode de reconnaissance utilisée, la nature et les propriétés physiques et mécaniques des sols en place, les conditions de la nappe d'eau souterraine, ainsi que les recommandations géotechniques s'appliquant au projet.

Le contexte général de l'étude et ses limitations sont décrits à l'annexe A. À l'annexe B, le lecteur pourra consulter le plan illustrant l'emplacement des forages réalisés. De plus, l'annexe C présente les rapports de forages tandis que les résultats détaillés des essais en laboratoire sont est présentés à l'annexe D.

2 DESCRIPTION DU SITE ET DES STRUCTURES PROJETÉES

Le site à l'étude est localisé sur la propriété de l'administration portuaire de Québec le long de la partie sud du boulevard Henri-Bourassa. Le secteur est dédié aux activités industrielles. La topographie est régulière et l'élévation moyenne est d'environ 5.70 m. Un plan montrant l'emplacement du site et des différents forages est inséré à l'Annexe B. La structure projetée sur le site est le prolongement d'une desserte ferroviaire dans le secteur Beauport du port de Québec.

Figure 1 Photo du puit d'observation au forage TF-02-15

3 MÉTHODE DE RECONNAISSANCE

3.1 LOCALISATION DES INFRASTRUCTURES SOUTERRAINES

Préalablement à la réalisation des travaux, une demande de repérage des infrastructures souterraines présentes sous la surface du site à l'étude a été effectuée auprès des entreprises membres du service Info-Excavation. Les entreprises suivantes ont été contactées par ce service : Bell Canada, Gaz Métro, Hydro-Québec Distribution, Municipalité de Québec. L'administration portuaire de Québec a également été consultée relativement aux infrastructures souterraines privées présentes sur leur propriété.

3.2 FORAGE AVEC PRÉLÈVEMENT D'ÉCHANTILLONS

Les travaux de forages ont été réalisés le 21 août 2015. Trois forages d'une profondeur de cinq (5) mètres, identifiés TF-01-15, TF-02-15 et TF-03-15, ont été effectués à l'emplacement projeté de la future desserte ferroviaire, tel que présenté à l'annexe B.

L'implantation du forage, le prélèvement des échantillons de sols ainsi que la supervision des travaux ont été effectués par un membre du personnel de WSP. Le forage a été réalisé à l'aide d'une foreuse conventionnelle de marque CME 75 sur chenille opérée par un foreur et un aide-foreur de la compagnie Forages Goulet Inc. à titre de sous-traitant de WSP.

Les forages ont été avancés par rotation d'un train de tarière (200 mm de diamètre extérieur) dans le dépôt meuble. Lors de l'exécution des forages, des échantillons de sol ont été récupérés en continu, en utilisant une cuillère fendue standard de calibre B (diamètre extérieur de 51 mm et une longueur de 61 mm). L'échantillonnage à la cuillère fendue permet d'obtenir des informations précises sur la composition des couches de sol traversées ainsi que de leurs niveaux de compacité, en obtenant des valeurs de pénétration appelées indices « N », correspondant à l'essai de pénétration standard « SPT » de la norme ASTM D1586. Dans ce cas, les échantillons sont remaniés. Suite à la fin de l'échantillonnage, un test de pénétration dynamique a été effectué au droit du forage TF-01-15 afin de déterminer la profondeur du socle rocheux probable.

Les coordonnées et les profondeurs atteintes dans les sondages sont indiquées au Tableau 1 ci-dessous. Les coordonnées des forages ont été relevées par WSP le 25 août 2015.

Tableau 1 Coordonnées, élévation et profondeur du forage

SONDAGE	NORD (MTM NAD83)	EST (MTM NAD83)	ÉLÉVATION (M)	PROFONDEUR ÉCHANTILLONAGE ATTEINTE (M)	PROFONDEUR DU TEST DE PÉNÉTRATION DYNAMIQUE (M)
TF-01-15	5188475.57	251157.04	5,72	5,03	8,00
TF-02-15	5188754.8	251630.77	-	5,49	-
TF-03-15	5188395.86	251031.14	5,68	5,49	-

3.3 TUBE MUNI D'UNE CRÉPINE

Suite à l'échantillonnage des sols, un tube PVC a été installé au fond du trou des forages TF-01-15, TF-02-15 et TF-03-15 afin de permettre la lecture du niveau de l'eau souterraine.

3.4 PROGRAMME DE LABORATOIRE

L'ensemble des échantillons a été soumis à une inspection visuelle par le personnel de WSP. Le Tableau 2 ci-dessous indique les échantillons sélectionnés pour la réalisation d'essai granulométrique par tamisage.

Tableau 2 Échantillons soumis à une analyse granulométrique par tamisage

FORAGE ET ÉCHANTILLON (PROFONDEUR (M))
TF-01-15 / CF-03 (1,22 à 1,83)
TF-02-15 / CF-09 (4,88 à 5,49)
TF-03-15 / CF-05 (2,44 à 3,05)

4 NATURE ET PROPRIÉTÉS DES SOLS

Les forages TF-01-15 à TF-03-15 ont permis de déterminer la stratigraphie en place. L'ensemble des unités stratigraphiques est décrit dans cette section. Un résumé de la stratigraphie est présenté dans le Tableau 3 ci-dessous. La description détaillée de la stratigraphie est présentée sur le rapport de forage à l'Annexe C.

Tableau 3 Profondeurs (m) des sols au droit de chaque forage

FORAGE (N°)	TERRE VÉGÉTALE (M)	FONDATION GRANULAIRE (M)	REMBLAI (M)
TF-01-15	0 à 0,30	-	0,30 à 5,03
TF-02-15	-	0 à 0,17	0,17 à 5,49
TF-03-15	0 à 0,30	-	0,30 à 5,49

- : couche non-interceptée

4.1 TERRE VÉGÉTALE

À la surface, pour les forages TF-01-15 et TF-03-15, une couche de terre végétale a été rencontrée sur une épaisseur de 300 mm.

4.2 FONDATION GRANULAIRE

À la surface du forage TF-02-15, une couche de poussière de pierre a été rencontrée sur une épaisseur 170 mm.

4.3 REMBLAI

Dans tous les forages, suite à la couche de terre végétale ou de fondation granulaire, des sols de remblais ont été rencontrés. Ces derniers ont été observés jusqu'à la fin de l'échantillonnage, c'est-à-dire à 5 m. Ils sont constitués de sable, traces de gravier à graveleux et traces de silt et d'argile. Le Tableaux 4 présente les résultats obtenus lors de la réalisation des analyses granulométriques.

Tableau 4 Résultats des analyses granulométriques

FORAGE	ÉCHANTILLON	PROFONDEUR (M)	GRAVIER > 5 MM (%)	SABLE < 5 MM ET > 80 µM (%)	SILT ET ARGILE < 80 µM (%)	DESCRIPTION
TF-01-15	CF-03	(1,22 à 1,83)	28,3	65,0	6,7	Sable graveleux, traces de silt et d'argile
TF-02-15	CF-09	(4,88 à 5,49)	3,5	89,5	7,0	Sable, traces de gravier, de silt et d'argile
TF-03-15	CF-05	(2,44 à 3,05)	13,5	80,8	5,7	Sable, un peu de gravier, traces de silt et d'argile

La plage de coefficient de perméabilité à considérer pour ce type de matériel est de [10^{-2} ; 10^{-5}] (m/s). La moyenne des indices « N » est d'environ 20, ce qui signifie que le matériel est considéré compact.

5 NAPPE D'EAU SOUTERRAINE

La profondeur du sommet de la nappe d'eau souterraine a été mesurée le 25 août 2015, à l'endroit de chacun des tubes ouverts aménagés sur le terrain.

Les niveaux d'eau mesurés se situent entre 3,72 m (TF-01-15) et 3,81 m (TF-02-15) sous la surface du sol.

Tableau 5 Données piézométriques de l'eau souterraine,

FORAGE (N°)	NIVEAU D'EAU MESURÉ PAR RAPPORT AU SOL (M)	ÉLÉVATION DE L'EAU (M)
TF-01-15	3.81	1,91
TF-02-15	3.72	-
TF-03-15	3.78	1,90

Il convient de mentionner que ce relevé n'est représentatif que de la période à laquelle il a été effectué. En effet, la nappe d'eau souterraine peut fluctuer selon les saisons, étant habituellement basse durant l'hiver et l'été, et haute au printemps et à l'automne.

6 RECOMMANDATIONS GÉOTECHNIQUES

Selon les informations disponibles, le projet prévoit le prolongement de la desserte ferroviaire dans le secteur Beauport. Cette section présente les recommandations géotechniques en tenant compte de la stratigraphie rencontrée au droit des forages TF-01-15, TF-02-15 et TF-03-15.

6.1 PROFONDEUR DE PÉNÉTRATION DU GEL

La méthode préconisée dans le Manuel canadien d'ingénierie des fondations 4e Édition (2013) a été utilisée ici pour estimer la profondeur de pénétration du gel dans la région de Québec. Cette méthode fait intervenir l'équation de Bergrenn modifiée suivante, décrite par Aldrich (1956), Sanger (1963) et Johnston (1981) :

$$X = \lambda \frac{\sqrt{2k_f I_S}}{I_S}$$

Avec :

X = profondeur de pénétration du gel

I_S = indice de gel en surface

k_f = conductivité thermique du sol gelé

L_S = chaleur latente volumique du sol

λ = coefficient sans unité

Selon les normales climatiques fournies par le gouvernement du Canada, l'indice de gel maximal pour la région de Québec est de 1 502 °C-jours. Nous sommes d'avis que les installations soient protégées des effets du gel sous réserve que les bases soient installées à une profondeur supérieure ou égale à 2,10 m sous le niveau fini du terrain.

6.2 STRUCTURE DE VOIE FERRÉE

Cette section présente les recommandations pour la structure de la voie ferrée. La structure a été établie à partir de l'hypothèse mentionnée ci-dessous reflétant les conditions d'une voie ferrée dans un port :

→ Charge : Cooper E90.

Il convient de mentionner que les normes de l'AREMA ont été utilisées dans le cadre de l'établissement des présentes recommandations.

La structure de voie ferrée recommandée est présentée au tableau suivant.

Tableau 6 Structure de chaussée pour voie ferrée.

ÉLÉMENT DE LA CHAUSSÉE	TYPE DE MATÉRIAUX	ÉPAISSEUR (MM)	COMPACTAGE (%)
Ballast	Grade 5[(1)]	225	-
Fondation granulaire	MG-56	305	98 % min (BNQ 2501-255)
Sous-Fondation	Remblai: Sable	305	95 % min (BNQ 2501-255)

[(1)] Selon les normes de l'AREMA

6.3 EXCAVATION ET DRAINAGE

Nous sommes d'avis que les excavations requises pour rejoindre le niveau d'implantation des fondations peuvent se faire en tranchées ouvertes. Comme il s'agit de pentes temporaires, l'entrepreneur est responsable de leur stabilité ainsi que de la sécurité des travailleurs, de l'ouvrage à construire et des structures avoisinantes quand cette sécurité dépend de la stabilité des pentes temporaires.

Les excavations doivent être réalisées en respectant les exigences de la CSST en la matière. Si des excavations sans soutènement des terres restent ouvertes pour des périodes prolongées, il est recommandé que des inspections quotidiennes soient effectuées par un personnel spécialisé en géotechnique afin de déceler les risques de glissement et de déterminer les mesures à prendre pour corriger toute anomalie.

Il est recommandé de ne pas stationner les véhicules lourds en crête du talus à une distance inférieure à la profondeur des excavations. Il est également recommandé d'éviter la circulation des véhicules en crête des excavations, et ce, à l'intérieur d'une distance inférieure à la profondeur des excavations afin de minimiser les vibrations.

Il sera aussi important de s'assurer de garder une distance au moins égale à la profondeur de l'excavation entre le sommet du talus et la base des tas de matériaux entreposés au chantier. Cette condition doit être respectée en tout temps à moins que des études particulières ne soient effectuées pour chaque cas spécifique.

Pour assurer la stabilité des pentes, l'entrepreneur doit excaver les parois à des inclinaisons permettant leur stabilité durant toute la durée des travaux de chantier.

Le niveau de l'eau souterraine est retrouvé à environ 3,7 m du niveau du sol. Il est donc peu probable que lors des travaux de construction le niveau de l'eau souterraine soit atteint. Par contre, des eaux peuvent provenir de la surface (pluie, ruissellement). Ainsi, un système de pompage adéquat et efficace devra être utilisé si nécessaire. L'eau devra être évacuée au fur et à mesure de son infiltration dans les excavations dans le but de réaliser les travaux dans un environnement sec.

6.4 RÉUTILISATION DES MATÉRIAUX

Les matériaux de remblais en place peuvent être réutilisés selon leur classe de matériaux seulement si les non-conformités aux fuseaux granulométriques sont corrigées et que leur teneur en eau est adéquate au moment du compactage. Il est également essentiel de faire vérifier la qualité environnementale des matériaux afin de pouvoir la réutiliser proprement.

6.5 PROTECTION DES ÉLÉMENTS EN PLACE

Lors des travaux et dans le cas où le tracé de la voie ferré est situé à proximité d'ouvrages existants, une description et un suivi des comportements des structures avoisinantes doivent être effectués par un expert compétent dans le domaine.

6.6 CONTRÔLE QUALITÉ

Lors des travaux de construction, un inspecteur en géotechnique devra être sur place à des fins de contrôle de qualité des matériaux de construction et afin de vérifier l'état du fond des excavations avant l'installation des structures projetées.

7 RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BOWLES, J.E. 2000. *Foundation Analysis and Design 5th edition*. McGraw Hill, Canada, 1207 pages.
- SOCIÉTÉ CANADIENNE DE GÉOTECHNIQUE. 2013. Manuel canadien d'ingénierie des fondations. 4e édition. BiTech Publishers, Richmond, B.C., 476 pa

Annexe A

LIMITES ET CONDITIONS GÉNÉRALES

LIMITES ET CONDITIONS GÉNÉRAL*ES* – ÉTUDE GÉOTECHNIQUE

Utilisation du rapport

Les données factuelles, les interprétations et les recommandations contenues dans ce rapport se rapportent à un projet spécifique tel que décrit dans ledit rapport et ne s'appliquent à aucun autre projet ni à aucun autre site. Si le projet est modifié du point de vue de la conception, de l'emplacement ou de l'élévation ou encore, si le projet n'est pas amorcé dans les dix-huit mois suivant la date d'émission du rapport, WSP devra être consultée de façon à réviser la validité des recommandations données dans le présent rapport.

Les recommandations données dans ce rapport ne servent qu'à guider l'ingénieur concepteur. Les entrepreneurs soumissionnaires ou exécutant les travaux devront compter sur leurs propres interprétations des résultats factuels des sondages pour déterminer de quelle manière les conditions géotechniques, hydrogéologiques et géologiques peuvent affecter leurs travaux.

Pour conserver l'intégrité de ce rapport et permettre son interprétation avec pertinence, aucune donnée, valeur ou résultat ne peut en être partiellement retiré. Le présent rapport ne doit être utilisé qu'aux fins pour lesquelles il a été préparé.

Suivi de l'étude et des travaux

Certains ou tous les détails de conception et de construction peuvent ne pas être connus au moment de la parution du rapport de WSP. Il est donc essentiel que les services de WSP soient retenus lors de l'étape finale de conception pour réviser les dessins de conception et les devis se rapportant aux fondations, aux terrassements, aux ouvrages de retenue des terres et au drainage. Cette révision sert à vérifier si la conception corrobore les données et les recommandations géotechniques du rapport de WSP.

Il est recommandé que les services de WSP soient retenus pendant la construction, d'abord pour vérifier et confirmer que les conditions géotechniques, hydrogéologiques et géologiques présentes sur l'ensemble du chantier ne diffèrent pas de celles indiquées dans le rapport de WSP. Ensuite, il est essentiel de certifier que les travaux de construction n'ont pas d'effets défavorables sur les recommandations du rapport.

Conditions des sols et du roc

Les descriptions des sols et du roc inscrites dans ce rapport proviennent de méthodes de classification et d'identification communément acceptées et utilisées en pratique géotechnique. La classification et l'identification des sols et du roc nécessitent un jugement d'un ingénieur de WSP, qui ne garantit pas que les descriptions soient exactes.

Cependant, WSP applique une description convenant à la nomenclature communément utilisée en pratique géotechnique.

Les conditions des sols et du roc décrites dans ce rapport sont celles observées au moment de l'étude. À moins d'indication contraire, ces conditions représentent les fondements qui ont amené à établir les recommandations du rapport. Les conditions des sols et du roc peuvent cependant être sensiblement modifiées par les travaux de construction (circulation d'équipements, excavation, fonçage de pieux, dynamitage, etc.) sur le site ou sur les sites voisins. Une excavation peut exposer les sols à des changements de propriétés provoqués par l'humidité, le séchage ou le gel. Sauf indication contraire, les

sols et le roc doivent être protégés contre l'effet dommageable de ces changements ou du remaniement pendant la construction.

Rapports de forage et interprétation des conditions observées

Les dépôts meubles et le massif rocheux sont de nature et de propriété variables sur une plus ou moins grande superficie et aussi en profondeur. Les rapports de forages ne fournissent que des conditions approximatives et ponctuelles de ces formations géologiques à l'emplacement des forages et des sondages. Les contacts entre les différentes couches indiquées sur les rapports peuvent être difficiles à distinguer. En effet, la nature des sols peut changer progressivement avec la profondeur, de sorte que le contact entre deux couches peut être imprécis et correspondre plutôt à une zone de transition. La précision de la stratigraphie rencontrée dépend de la méthode de forage, de la fréquence et de la méthode d'échantillonnage puis de l'homogénéité des sols rencontrés. L'espacement entre les forages, la fréquence d'échantillonnage et le type de forage dépendent des considérations budgétaires et des délais d'exécution, tous deux établis avant le début des travaux.

Les conditions géotechniques, hydrogéologiques et géologiques entre les emplacements des forages font l'objet d'une interprétation par interpolation ou encore, elles dépendent du jugement de l'ingénieur géotechnicien. En réalité, la stratigraphie peut varier sensiblement, de sorte que l'interprétation des résultats de l'étude doit être faite avec précaution par le lecteur du rapport.

Les niveaux de l'eau souterraine indiqués dans ce rapport sont uniquement ceux observés à l'endroit et à la date des relevés, tels que présentés dans le rapport. Ces conditions peuvent varier selon les saisons ou à la suite de travaux de construction sur le site ou sur les sites voisins.

Changement des conditions observées

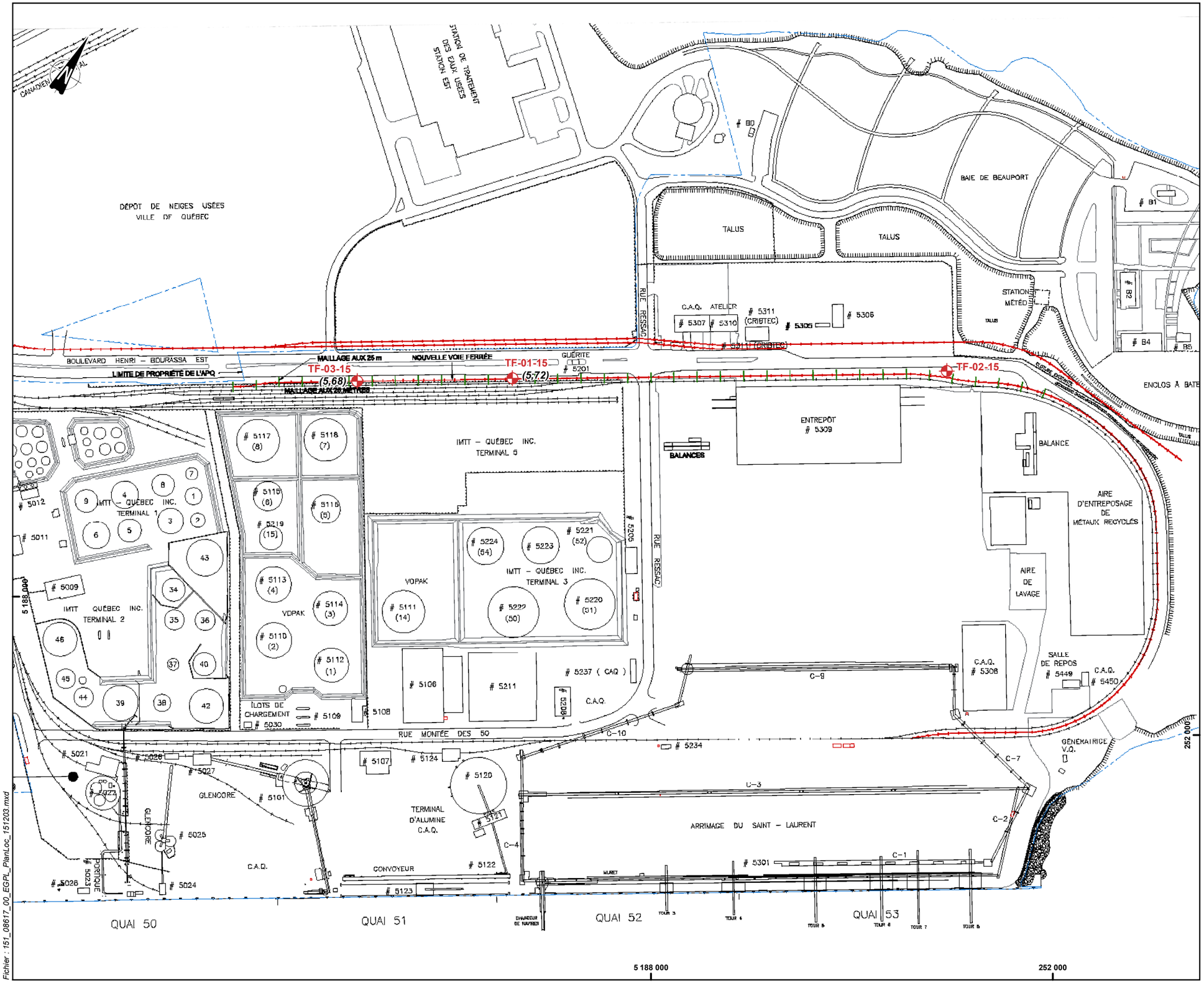
Lorsque les conditions géotechniques, hydrogéologiques ou géologiques rencontrées sur le site diffèrent de celles indiquées au rapport, soit à cause de la nature hétérogène des sols et du roc ou encore, parce que des changements sont survenus à la suite de travaux de construction (ou pour toute autre raison), le client doit, comme condition d'utilisation du rapport, prévenir WSP du changement des conditions et fournir à WSP l'opportunité de réviser les recommandations émises dans ce rapport. Reconnaître un changement des conditions des sols et du roc requiert une certaine expérience; il est donc recommandé qu'un ingénieur géotechnicien expérimenté soit dépêché sur le site pour prendre position sur les changements des conditions rencontrées.

Drainage

Le drainage de l'eau souterraine est souvent requis aussi bien pour des ouvrages temporaires que pour des ouvrages permanents. La conception ou l'exécution impropre d'un système de drainage peut entraîner de sérieuses conséquences. WSP ne peut en aucun cas endosser la responsabilité des dommages causés par un système inadéquat de drainage, à moins que WSP n'ait été spécifiquement impliquée à la fois dans la conception détaillée et le suivi continu au chantier, lors de la construction du système de drainage.

Annexe B

PLAN DE LOCALISATION DES FORAGES



Fichier : 151_08617_00_EGPL_PlanLoc_151203.mxd

Sondages (WSP, 2015)

(5,72) Élévation par rapport au N.M.M.

0 40 80 160 m

1 : 4 000

Projection : NAD83, MTM fuseau 7

PORT QUÉBEC

ÉTUDE GÉOTECHNIQUE

Nouvelle voie ferrée, secteur de Beauport Québec, QC

Figure 1

Plan de localisation des trois forages

Sources :

Cartes : - ESRI World topographic Map
Limites de municipalités : SDA20K, 2010-01

Préparée par : M.-N. Côté
Dessinée par : C. Thériault
Vérifiée par : M.-N. Côté

03 décembre 2015 151-08617-00

WSP

Annexe C

RAPPORT DE FORAGE

RAPPORT DE FORAGE : **TF-01-15**

WSP

Préparé par : **Olivier Houde** — Date début : **2015-08-21**
Vérifié par : **Marie-Noël Côté** — Date fin : **2015-08-21**

Nom du projet : **Caractérisation environnementale de site phase II et étude géotechnique**
Site : **Boulevard Henri-Bourassa**
Secteur : **Future voie ferrée**
Client : **Port de Québec**

Numéro de projet : **151-08617-00**
Coordonnées géographiques : X = 251157.04 mE
Y = 5188475.57 mN
Élévation surface : 5.72 m *()*
Plongée / Azimuth :

Entrepreneur forage : Forage Goulet Inc.
Type de foreuse : CME 75
Équipement de forage : Tarière évidée
Diamètre du forage :
Fluide forage : Aucun
Équip. d'échantillonnage : Carottier fendu

DÉTAILS DU PUITS
MARGELLE Élévation : 5.64 m
CRÉPINE Prof. bas : 4.7 m
Longueur : 1.7 m
Ouverture :
EAU Élévation : 1.91 m
EAU Date : 2015-08-15
Niveau d'eau — Phase libre

ODEUR
F - Faible odeur
M - Odeur moyenne
P - Odeur persistante

VISUEL
D - Produit disséminé
S - Sol saturé de produit

TYPE D'ÉCHANTILLON
CR - Carottier à diamants
CF - Carottier fendu
PS - Échantillonneur à piston
TC - Tube creux
TA - Tarière
TR - Truelle
TS - Tube Shelby
TT - Tube transparent

AG - Analyse granulométrique
Dr - Densité relative des grains
PENTEST - Nbre coups/300mm
PL - Point Load
SPT - Valeur N (Nbre coups/300mm)
w - Teneur en eau
wL - Limite de liquidité
wP - Limite de plasticité

ÉTAT ÉCHANTILLON: Intact — Remanié — Perdu — Carotte

PROFONDEUR ÉLÉVATION (m)	GÉOLOGIE / STRATIGRAPHIE: STRATIGRAPHIE	DESCRIPTION	OBSERV.: ODEUR (F M P) / VISUEL (D S)	ANALYSES: NUMÉRO	ESSAIS LABORATOIRE	CONC. VAPEUR (ppm OU % LIE)	DUPLICATA	GÉOTECHNIQUE: TYPE ET NO	ÉTAT	% RÉCUPÉRATION (RQD)	Coups/6" (Valeur N = SPT)	PUITS: DIAGRAMME
		Surface du terrain.										
5.72 / 0.30		Terre végétale: Sable silteux, traces d'argile, présence de matières organiques, humide, lâche, brun.		TF-01-15 01A				CF-01		74	1 3 7 8 (10)	
5.42		Remblai: Sable grossier, traces à un peu de gravier, humide, compact, brun.		TF-01-15 01B								
				TF-01-15 02	HAP HP C10-C50 Métaux			CF-02		66	9 8 13 18 (21)	
				TF-01-15 03	HAP HP C10-C50 Métaux AG			CF-03		74	3 10 12 27 50 (22)	
				TF-01-15 04				CF-04		0	(15cm)	
				TF-01-15 05	HAP HP C10-C50 Métaux			CF-05		62	10 12 13 11 (25)	
				TF-01-15 06				CF-06		57	8 13 14 16 (27)	
				TF-01-15 07	HAP HP C10-C50 Métaux			CF-07		67	13 8 13 9 (21)	
				TF-01-15 08				CF-08		52	3 5 7 7 (12)	
4.42 / 1.30		Devenant lâche et saturé.		TF-01-15 09	HAP HP C10-C50 Métaux			CF-09		82	2 4 5 8 (9)	
5.03 / 0.69		Fin du forage à 5.03 m.										

Cisaillement (kPa) 30 60 90 120 — SPT = Valeur N — PENTEST — RQD (%) — PLASTIQUE w (%) LIQUIDE 20 40 60 80

Profondeur (m): 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0, 3.5, 4.0, 4.5, 5.0, 5.5, 6.0, 6.5, 7.0, 7.5, 8.0

Valeurs de pénétration : 15, 16, 15, 18, 11, 13, 14, 23, 85

Projet : 151-08617-00.GPJ Type rapport : WSP_FR_PUITS-ENVIRO ET GEOTECHNIQUE Data Template : WSP_TEMPLATE_GEOTECH.GDT 2015-12-3

RAPPORT DE FORAGE : **TF-02-15**

Préparé par : **Olivier Houde** Date début : **2015-08-21**
Vérifié par : **Marie-Noël Côté** Date fin : **2015-08-21**

Nom du projet : **Caractérisation environnementale de site phase II et étude géotechnique**
Site : **Boulevard Henri-Bourassa**
Secteur : **Future voie ferrée**
Client : **Port de Québec**

Numéro de projet : **151-08617-00**
Coordonnées géographiques : X = 251630.77 mE
Y = 5188754.8 mN
Élévation surface : Non mesurée
Plongée / Azimuth :

Entrepreneur forage : Forage Goulet Inc.
Type de foreuse : CME 75
Équipement de forage : Tarière évidée
Diamètre du forage :
Fluide forage : Aucun
Équip. d'échantillonnage : Carottier fendu

DÉTAILS DU PUITS
MARGELLE Élévation : -0.05 m
CRÉPINE Prof. bas : 4.7 m
Longueur : 1.7 m
Ouverture :
EAU Élévation : -3.72 m
EAU Date : 2015-08-25
Niveau d'eau — Phase libre

ODEUR
F - Faible odeur
M - Odeur moyenne
P - Odeur persistante
VISUEL
D - Produit disséminé
S - Sol saturé de produit

TYPE D'ÉCHANTILLON
CR - Carottier à diamants
CF - Carottier fendu
PS - Échantillonneur à piston
TC - Tube creux
TA - Tarière
TR - Truelle
TS - Tube Shelby
TT - Tube transparent

AG - Analyse granulométrique
Dr - Densité relative des grains
PENTEST - Nbre coups/300mm
PL - Point Load
SPT - Valeur N (Nbre coups/300mm)
w - Teneur en eau
wL - Limite de liquidité
wP - Limite de plasticité

ÉTAT ÉCHANTILLON: Intact, Remanié, Perdu, Carotte

PROFONDEUR ÉLÉVATION (m)	STRATIGRAPHIE	DESCRIPTION	ODEUR (F M P)	VISUEL (D S)	NUMÉRO	ESSAIS LABORATOIRE	CONC. VAPEUR (ppm OU % LIE)	DUPLICATA	TYPE ET NO	ÉTAT	% RÉCUPÉRATION (RQD)	Coups/6" (Valeur N = SPT)
		Surface du terrain.										
0.17		Remblai: Sable graveleux, traces de silt, humide, très dense, gris.			TF-02-15 01A				CF-01		72	30 43 25 25 (68)
		Sable grossier, traces de gravier, humide, compact, brun.			TF-02-15 01B	HAP HP C10-C50 Métaux BPC						
					TF-02-15 02				CF-02		82	10 14 11 16 (25)
					TF-02-15 03	HAP HP C10-C50 Métaux BPC			CF-03		66	4 5 9 12 (14)
1.83		Devenant dense.			TF-02-15 04				CF-04		82	20 15 16 17 (31)
2.44		Devenant un peu de gravier.			TF-02-15 05	HAP HP C10-C50 Métaux BPC			CF-05		59	16 22 19 18 (41)
3.05		Devenant compact.			TF-02-15 06	HAP HP C10-C50 Métaux BPC			CF-06		66	9 11 11 13 (22)
					TF-02-15 07A				CF-07		82	12 12 11 8 (23)
3.96		Sable et gravier, traces de silt, humide, compact, brun.			TF-02-15 07B							
4.27		Devenant sable graveleux.			TF-02-15 08	HAP HP C10-C50 Métaux BPC			CF-08		49	4 4 5 7 (9)
4.88		Devenant un peu de gravier.			TF-02-15 09	AG			CF-09		87	5 5 5 6 (10)
5.49		Fin du forage à 5.49 m.										

GÉOTECHNIQUE: R Cisaillement (kPa) I (30, 60, 90, 120); SPT = Valeur N ▲; PENTEST △; RQD (%) ⊙; PLASTIQUE w (%) LIQUIDE (20, 40, 60, 80)

PUITS — DIAGRAMME

RAPPORT DE FORAGE : **TF-03-15**

WSP

Préparé par : **Olivier Houde** — Date début : **2015-08-21**
Vérifié par : **Marie-Noël Côté** — Date fin : **2015-08-21**

Nom du projet : **Caractérisation environnementale de site phase II et étude géotechnique**
Site : **Boulevard Henri-Bourassa**
Secteur : **Future voie ferrée**
Client : **Port de Québec**

Numéro de projet : **151-08617-00**
Coordonnées géographiques : X = 251031.14 mE
Y = 5188395.86 mN
Élévation surface : 5.68 m *()*
Plongée / Azimuth :

Entrepreneur forage : Forage Goulet Inc.
Type de foreuse : CME 75
Équipement de forage : Tarière évidée
Diamètre du forage :
Fluide forage : Aucun
Équip. d'échantillonnage : Carottier fendu

DÉTAILS DU PUITS
MARGELLE Élévation : 5.62 m
CRÉPINE Prof. bas : 4.7 m
Longueur : 1.7 m
Ouverture :
EAU Élévation : 1.9 m
EAU Date : 2015-08-25
Niveau d'eau — Phase libre

ODEUR
F - Faible odeur
M - Odeur moyenne
P - Odeur persistante
VISUEL
D - Produit disséminé
S - Sol saturé de produit

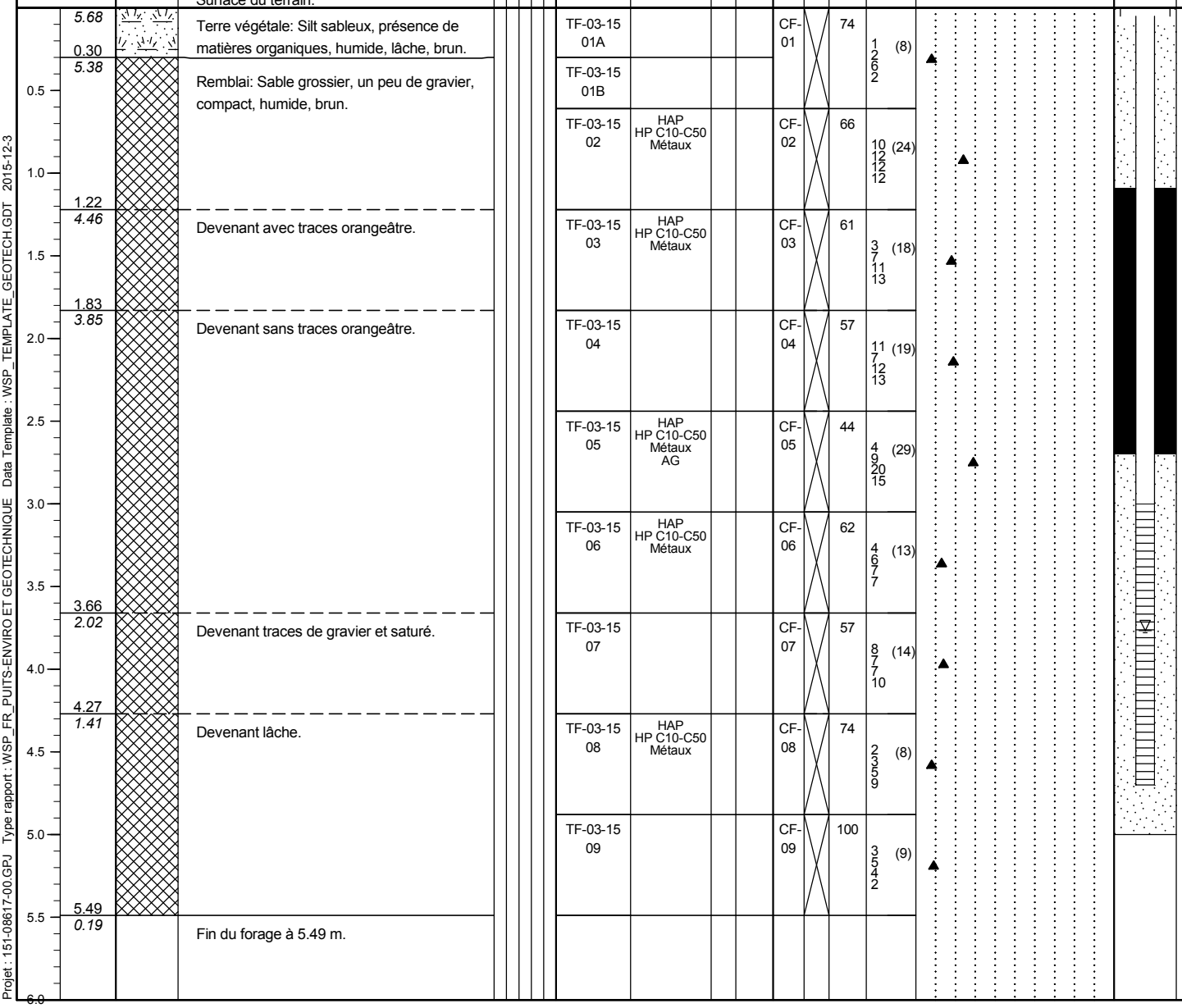
TYPE D'ÉCHANTILLON
CR - Carottier à diamants
CF - Carottier fendu
PS - Échantillonneur à piston
TC - Tube creux
TA - Tarière
TR - Truelle
TS - Tube Shelby
TT - Tube transparent

AG - Analyse granulométrique
Dr - Densité relative des grains
PENTEST - Nbre coups/300mm
PL - Point Load
SPT - Valeur N (Nbre coups/300mm)
w - Teneur en eau
wL - Limite de liquidité
wP - Limite de plasticité

ÉTAT ÉCHANTILLON: Intact — Remanié — Perdu — Carotte

PROFONDEUR ÉLÉVATION (m)	GÉOLOGIE / STRATIGRAPHIE	DESCRIPTION	OBSERV. ODEUR (F M P)	OBSERV. VISUEL (D S)	ANALYSES NUMÉRO	ESSAIS LABORATOIRE	CONC. VAPEUR (ppm OU % LIE)	DUPLICATA	GÉOTECHNIQUE TYPE ET NO	ÉTAT	% RÉCUPÉRATION (RQD)	Coups/6" (Valeur N = SPT)	PUITS DIAGRAMME
		Surface du terrain.											
5.68 / 0.30		Terre végétale: Silt sableux, présence de matières organiques, humide, lâche, brun.			TF-03-15 01A				CF-01		74	1 2 6 2 (8)	
5.38 / 1.22		Remblai: Sable grossier, un peu de gravier, compact, humide, brun.			TF-03-15 01B								
					TF-03-15 02	HAP HP C10-C50 Métaux			CF-02		66	10 12 12 12 (24)	
4.46 / 1.83		Devenant avec traces orangeâtre.			TF-03-15 03	HAP HP C10-C50 Métaux			CF-03		61	3 7 11 13 (18)	
3.85 / 3.66		Devenant sans traces orangeâtre.			TF-03-15 04				CF-04		57	11 7 12 13 (19)	
					TF-03-15 05	HAP HP C10-C50 Métaux AG			CF-05		44	4 9 20 15 (29)	
					TF-03-15 06	HAP HP C10-C50 Métaux			CF-06		62	4 6 7 7 (13)	
2.02 / 4.27		Devenant traces de gravier et saturé.			TF-03-15 07				CF-07		57	8 7 7 10 (14)	
1.41 / 5.49		Devenant lâche.			TF-03-15 08	HAP HP C10-C50 Métaux			CF-08		74	2 3 5 9 (8)	
					TF-03-15 09				CF-09		100	3 5 4 2 (9)	
0.19		Fin du forage à 5.49 m.											

Cisaillement (kPa) 30 60 90 120 — SPT = Valeur N — PENTEST — RQD (%) — PLASTIQUE w (%) LIQUIDE 20 40 60 80



Projet : 151-08617-00.GPJ Type rapport : WSP_FR_PUITS-ENVIRO ET GEOTECHNIQUE Data Template : WSP_TEMPLATE_GEOTECH.GDT 2015-12-3

Annexe D

RÉSULTATS DÉTAILLÉS DES ESSAIS EN LABORATOIRE

ESSAIS SUR SOLS
ET MATÉRIAUX GRANULAIRES

CLIENT : Port de Québec	No. PROJET : 151-08617-00
SITE : Port de Québec	No. D'ÉCHANTILLON LABORATOIRE : 228
	DATE D'ÉMISSION :

MATÉRIEL

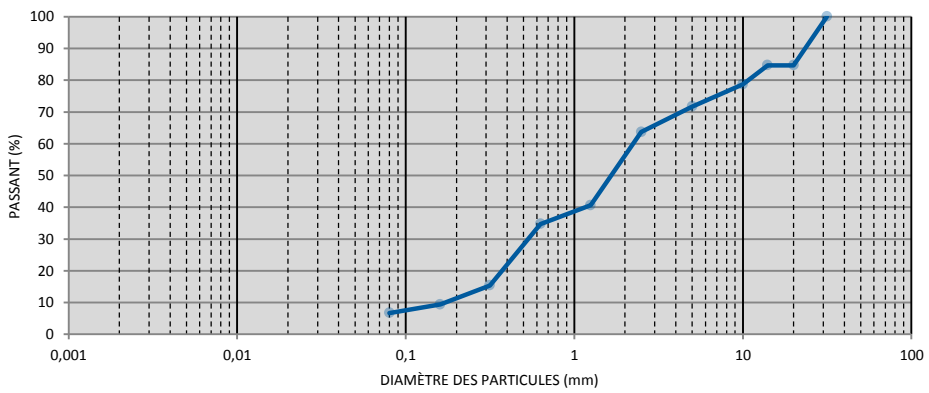
Matériau :		Provenance :	Port de Québec
Calibre :		Localisation :	TF-01-15 / CF-03 (1,22-1,83)
Usage :			
Prélevé par : Philippe Gobeil	Date : 21-08-2015	Reçu le :	

ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE

PAR TAMISAGE

Tamis (mm)	Passant (%)	Exigences Min	Exigences Max	N.Conf.
112				
80				
56				
40				
31,5	**100**			
20	**85**			
14	**85**			
10	**79**			
5	**72**			
2,5	**64**			
1,25	**41**			
0,630	**35**			
0,315	**15**			
0,160	**9**			
0,080	**7**			

COURBE GRANULOMÉTRIQUE



DESCRIPTION

Cailloux : 0 %	D_{10} :	Classification unifiée :	
Gravier : 28,3 %	D_{30} :	Description :	Sable graveleux
Sable : 65 %	D_{60} :		
Silt : %	C_c :		
Argile : %	C_u :		

PAR SÉDIMENTOMÉTRIE (BNQ 2501-025)

Diamètre (mm)	Passant (%)
0,0580	
0,0350	
0,0160	
0,0090	
0,0065	
0,0043	
0,0034	
0,0018	

ESSAIS DIVERS

ESSAIS	RÉSULTATS	EXIGENCES

ESSAI PROCTOR (NQ2501-255)

Méthode :	
Masse volumique maximale :	
Teneur en eau optimale :	

REMARQUES :

Préparé par : O.Y.

Vérifié par :

ESSAIS SUR SOLS
ET MATÉRIAUX GRANULAIRES

CLIENT :	Port de Québec	No. PROJET :	151-08617-00
SITE :	Port de Québec	No. D'ÉCHANTILLON LABORATOIRE :	229
		DATE D'ÉMISSION :	

MATÉRIEL

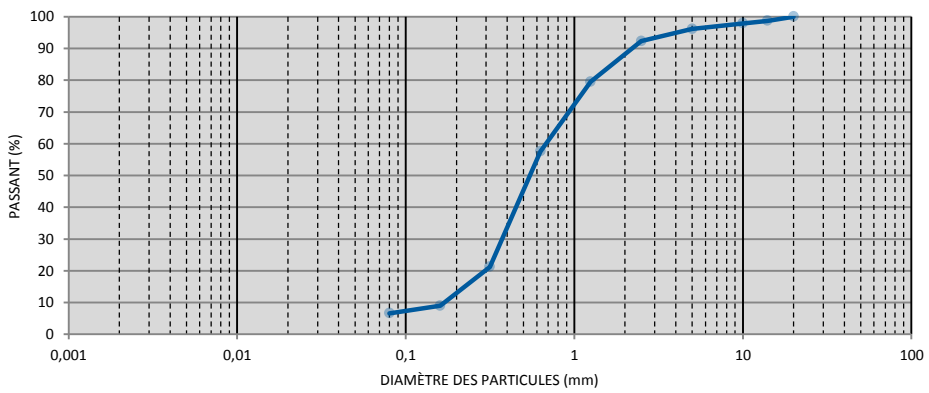
Matériau :		Provenance :	Port de Québec
Calibre :		Localisation :	TF-02-15 / CF-09
Usage :			(4,88-5,49)
Prélevé par : Philippe Gobeil	Date : 21-08-2015	Reçu le :	

ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE

PAR TAMISAGE

Tamis (mm)	Passant (%)	Exigences Min	Exigences Max	N.Conf.
112				
80				
56				
40				
31,5				
20	**100**			
14	**99**			
10	**98**			
5	**96**			
2,5	**92**			
1,25	**80**			
0,630	**58**			
0,315	**21**			
0,160	**9**			
0,080	**7**			

COURBE GRANULOMÉTRIQUE



DESCRIPTION

Cailloux :	0 %	D_{10} :	Classification unifiée :	
Gravier :	3,9 %	D_{30} :	Description :	Sable, traces de gravier.
Sable :	89,5 %	D_{60} :		
Silt :	%	C_c :		
Argile :	%	C_u :		

PAR SÉDIMENTOMÉTRIE (BNQ 2501-025)

Diamètre (mm)	Passant (%)
0,0580	
0,0350	
0,0160	
0,0090	
0,0065	
0,0043	
0,0034	
0,0018	

ESSAIS DIVERS

ESSAIS	RÉSULTATS	EXIGENCES

ESSAI PROCTOR (NQ2501-255)

Méthode :	
Masse volumique maximale :	
Teneur en eau optimale :	

REMARQUES :

Préparé par : O.Y.

Vérifié par :

ESSAIS SUR SOLS
ET MATÉRIAUX GRANULAIRES

CLIENT :	Port de Québec	No. PROJET :	151-08617-00
SITE :	Port de Québec	No. D'ÉCHANTILLON LABORATOIRE :	230
		DATE D'ÉMISSION :	

MATÉRIEL

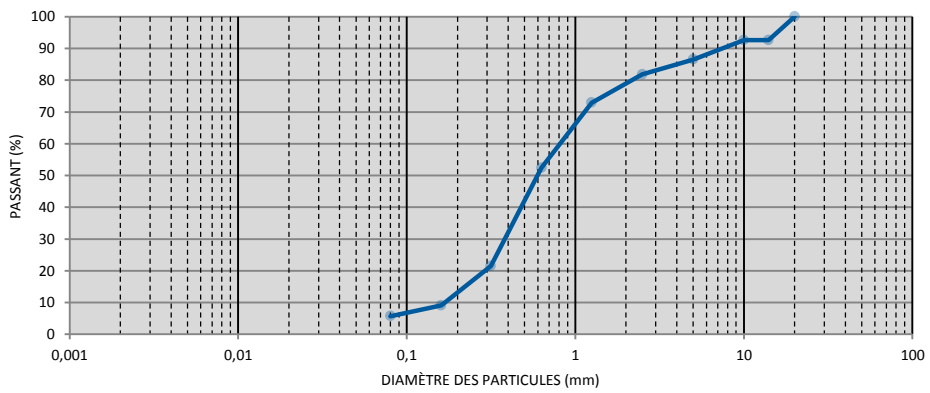
Matériau :		Provenance :	Port de Québec
Calibre :		Localisation :	TF-03-15 / CF-05
Usage :			(2,44-3,05)
Prélevé par : Philippe Gobeil	Date : 21-08-2015	Reçu le :	

ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE

PAR TAMISAGE

Tamis (mm)	Passant (%)	Exigences Min	Exigences Max	N.Conf.
112				
80				
56				
40				
31,5				
20	**100**			
14	**93**			
10	**93**			
5	**87**			
2,5	**82**			
1,25	**73**			
0,630	**52**			
0,315	**22**			
0,160	**9**			
0,080	**6**			

COURBE GRANULOMÉTRIQUE



DESCRIPTION

Cailloux :	0 %	D_{10} :	Classification unifiée :	
Gravier :	13,5 %	D_{30} :	Description :	Sable, un peu de gravier.
Sable :	80,8 %	D_{60} :		
Silt :	%	C_c :		
Argile :	%	C_u :		

PAR SÉDIMENTOMÉTRIE (BNQ 2501-025)

Diamètre (mm)	Passant (%)
0,0580	
0,0350	
0,0160	
0,0090	
0,0065	
0,0043	
0,0034	
0,0018	

ESSAIS DIVERS

ESSAIS	RÉSULTATS	EXIGENCES

ESSAI PROCTOR (NQ2501-255)

Méthode :	
Masse volumique maximale :	
Teneur en eau optimale :	

REMARQUES :

Préparé par : O.Y.

Vérifié par :