

**RAPPORT
D'ÉTUDE
GÉOTECHNIQUE**

Transports
Québec 

**Parachèvement de l'autoroute 30
Nouveau pont d'étagement
ferroviaire du CP
Milliaire 32.93, subdivision Adirondack**

Candiac, Québec

**Notre dossier :
T-1498
(604735-2222)**

Juin 2007

 **Terratech**

Parachèvement de l'autoroute 30 Nouveau pont d'étagement ferroviaire du CP Milliaire 32.93, subdivision Adirondack Candiac, Québec

Rapport d'étude géotechnique

Transports
Québec 

Direction de l'Ouest-de-la-Montérégie

Notre dossier T-1498 (604735-2222)

Juin 2007

TERRATECH
Division de
SNC-LAVALIN Environnement inc.
455, boul. René-Lévesque Ouest
Montréal (Québec)
H2Z 1Z3

Téléphone:
514-393-1000
Télécopieur:
514-393-9540





Terratech



Division de
SNC-LAVALIN ENVIRONNEMENT INC.
455, boul. René-Lévesque Ouest
Montréal (Québec)
Canada H2Z 1Z3
www.snclavalin/terratech.com

Le 21 juin 2007

Téléphone: (514) 393-1000
Télécopieur: (514) 393-9540

Monsieur Raymond Assaf, ing.
Consortium SNC-Lavalin / Génivar
2271, boul. Fernand-Lafontaine
Longueuil (Québec)
J4G 2R7

Objet: Rapport d'étude géotechnique
Nouveau pont d'étagement ferroviaire du CP
Milliaire 32.93, subdivision Adirondack
Projet de parachèvement de l'autoroute 30
Notre dossier T-1498 (604735-2222)

Monsieur,

Nous vous prions de bien vouloir trouver ci-joint sept copies de notre rapport d'étude géotechnique portant sur le projet cité en objet.

Demeurant à votre disposition pour toute information additionnelle, nous vous prions, Monsieur, de bien vouloir croire en l'assurance de notre considération la plus distinguée.

TERRATECH
Division de **SNC-LAVALIN Environnement inc.**

Yves Descôteaux, ing., M.Ing.
Directeur de projets – Ingénierie géotechnique

YD/ds

c.c. : M. Michel Cardin, ing., M.Sc.A.

TABLE DES MATIÈRES

	<u>PAGE</u>
1. INTRODUCTION	1
2. MÉTHODE DE RECONNAISSANCE.....	3
2.1 Généralités	3
2.2 Forages.....	3
2.3 Mesure du niveau de l'eau souterraine	4
2.4 Arpentage	4
2.5 Laboratoire.....	5
3. NATURE ET PROPRIÉTÉS DES SOLS ET DU ROCHER	6
3.1 Remblai hétérogène	6
3.2 Till dense à très dense	7
3.3 Socle rocheux.....	7
4. EAU SOUTERRAINE	9
5. COMMENTAIRES ET RECOMMANDATIONS D'ORDRE GÉOTECHNIQUE	10
5.1 Généralités	10
5.2 Excavations temporaires	12
5.2.1 Excavations temporaires en pentes libres.....	12
5.2.2 Excavations temporaires étayées.....	13
5.3 Fondations	16
5.4 Conception des ancrages.....	17
5.5 Paramètres de conception des culées	20
5.5.1 Poussée des terres.....	20
5.5.2 Drainage	20
5.6 Remblai de la voie de déviation du chemin de fer.....	21
5.7 Conditions générales et limitations.....	22
6. PERSONNEL.....	23

TABLE DES MATIÈRES (suite)

PAGE

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 3-1	Résumé de la stratigraphie	6
Tableau 4-1	Eau souterraine	9
Tableau 5-1	Niveaux approximatifs des fondations projetées.....	10
Tableau 5-2	Pente des excavations temporaires	12
Tableau 5-3	Paramètres de conception des murs de soutènement temporaire	15
Tableau 5-4	Paramètres pour le calcul de la poussée des terres sur les culées.....	20

LISTE DES FIGURES

Figure 1-1	Emplacement approximatif du site étudié	2
Figure 5-1	Calcul de la force d'ancrage.....	19

LISTE DES ANNEXES

ANNEXE A	Rapports de forage
ANNEXE B	Analyses granulométriques
ANNEXE C	Photographies des carottes de rocher
ANNEXE D	Dessin T-1498-2222-4GDD-0001 : Emplacement des forages

1. INTRODUCTION

Les services de TERRATECH, division de SNC-Lavalin Environnement inc., ont été retenus par le consortium SNC-Lavalin / Génivar, pour le compte du Ministère des Transports du Québec (MTQ), afin de réaliser une étude géotechnique pour la construction d'un pont d'étagement ferroviaire au-dessus de l'autoroute 30, au milliaire 32.93 du Canadien Pacifique, subdivision Adirondack, à Candiac. Ce projet de pont ferroviaire s'intègre dans le projet plus global de parachèvement de l'autoroute 30 entre son extrémité est existante à Candiac et son extrémité ouest existante, au sud de Saint-Constant. La figure 1-1 de la page suivante montre l'emplacement approximatif du pont d'étagement ferroviaire projeté.

Le but de cette étude géotechnique était de déterminer à l'aide de forages géotechniques, la nature, la stratigraphie et les propriétés des sols et du rocher, ainsi que les conditions d'eau souterraine à l'emplacement des appuis du pont d'étagement ferroviaire prévu.

Cette étude a été menée selon les termes de notre offre de services révisée du 14 mai 2007.

Le présent rapport renferme tous les résultats obtenus en chantier et en laboratoire, ainsi que des commentaires et recommandations d'ordre géotechnique pour la conception et la construction des fondations de l'ouvrage projeté.

2. MÉTHODE DE RECONNAISSANCE

2.1 Généralités

Les travaux de reconnaissance réalisés dans le cadre de la présente étude se sont déroulés pendant la période comprise entre le 28 et le 30 mai 2007. Les travaux ont été réalisés sous la supervision d'un géologue de Terratech. Ils ont consisté en l'exécution de trois forages géotechniques, identifiés F-1-07 à F-3-07, qui ont atteint et carotté le socle rocheux jusqu'à des profondeurs variant entre 10,1 m et 10,3 m sous la surface du terrain.

Il est à noter que les sols rencontrés n'ont pas fait l'objet d'une caractérisation environnementale. En conséquence, les descriptions de sol présentées dans ce rapport ne sont valables que d'un point de vue géotechnique et n'ont aucunement la prétention de conclure sur la présence ou l'absence de matières toxiques ou contaminantes sur le site.

2.2 Forages

Les forages ont été effectués au moyen d'une foreuse à diamants rotative, montée sur une remorque. Lors de l'avancement des forages, la retenue des terres était assurée par un tubage de calibre NW.

Dans les forages géotechniques, des échantillons de sol remaniés ont été prélevés au moyen d'un carottier fendu normalisé de 51 mm de diamètre extérieur permettant la mesure simultanée de l'indice « N » de l'essai de pénétration standard. Un marteau de type « beigne » a été utilisé pour battre le carottier fendu dans le sol. En général, l'échantillonnage des sols a été effectué à des intervalles de 0,76 m.

Le rocher a été carotté sur des profondeurs de l'ordre de 5,1 m à 5,6 m au moyen d'un carottier à double tubes de calibre NQ pour le forage F-1-07 et d'un carottier à triple tubes pour les forages F-2-07 et F-3-07. Ces deux carottiers permettent la récupération de carottes de roc de 48 mm et 45 mm de diamètre respectivement.

2.3 Mesure du niveau de l'eau souterraine

Afin de permettre l'observation du niveau de l'eau souterraine, des piézomètres hydrauliques de type Casagrande ont été installés à la base des forages F-1-07 et F-3-07 et un tuyau en plastique perforé à sa base a été inséré dans le forage F-2-07. Il convient de mentionner que le piézomètre proprement dit a été placé dans une lanterne de sable calibré, et isolé de la surface par un bouchon de bentonite.

Les détails d'installation sont présentés sur les rapports de forage à l'annexe A.

2.4 Arpentage

Préalablement à leur exécution, les forages ont été implantés sur le site par le personnel d'arpentage de Terratech à l'aide d'une station GPS de haute précision. Le niveau de la surface du terrain à l'emplacement de chaque forage a été établi par la même occasion.

Toutes les élévations données dans ce rapport sont géodésiques, et les coordonnées planimétriques des forages réfèrent au système SCoPQ, NAD 83.

Le dessin T-1498-2222-4GDD-0001 de l'annexe D montre l'emplacement des forages effectués.

2.5 Laboratoire

Tous les échantillons de sol et de rocher ont été transportés à notre laboratoire de Montréal où ils ont été soumis à une description attentive de la part de nos spécialistes. Neuf échantillons de sols ont été soumis à des analyses granulométriques par tamisage et trois de ces échantillons ont aussi été soumis à des analyses granulométrique par sédimentométrie. Les résultats des analyses sont présentés sous forme graphique à l'annexe B.

Tous les échantillons de rocher ont été minutieusement examinés par un géologue expérimenté pour déterminer la nature pétrographique de la roche, identifier la présence de joints (ouverts ou fermés), la présence de matériau de remplissage dans les joints ouverts, ainsi que pour valider les valeurs de l'indice RQD et de pourcentage de récupération pour chacune des courses forées. De plus, deux échantillons de rocher ont été soumis à un essai de résistance en compression uniaxiale.

Les résultats des essais de résistance en compression uniaxiale sont présentés en marge des rapports de forage à l'annexe A. Les échantillons de rocher ont été photographiés en couleur, et les photographies sont présentées à l'annexe C.

3. NATURE ET PROPRIÉTÉS DES SOLS ET DU ROCHER

Les unités stratigraphiques rencontrées (sol et rocher) sont décrites en détails dans les sections suivantes. Le tableau 3-1 ci-après résume la profondeur et le niveau des principales couches de sols et de rocher observées à chacun des forages.

Tableau 3-1
Résumé de la stratigraphie

Appui	Forage n°	Remblai	Till	Rocher
Culée ouest	F-1-07	0,0 (31,4) – 2,9	2,9 (28,5) – 4,9	4,9 (26,4)
Pilier central	F-2-07	0,0 (31,4) – 2,3	2,3 (29,1) – 5,0	5,0 (26,4)
Culée est	F-3-07	0,0 (31,4) – 2,6	2,6 (28,8) – 5,0	5,0 (26,4)
Notes :				
<ul style="list-style-type: none">▪ Toutes les profondeurs (élevations) présentées sont en mètres.▪ Toutes les élévations sont géodésiques.				

3.1 Remblai hétérogène

Tous les forages ont identifié en surface une mince couche de pierre concassée de calibre apparent 56-0 mm. Sous la couche superficielle en pierre concassée, un remblai hétérogène composé majoritairement de sable brun avec des proportions variables de silt, de gravier et d'argile a été observé jusqu'à des profondeurs variant entre 2,3 m et 2,9 m (niveaux variant entre 28,5 m et 29,1 m). Ces sols de remblai sont dans un état lâche à compact.

Une analyse granulométrique par tamisage a été réalisée sur un spécimen de remblai prélevé dans le forage F-2-07, à une profondeur de 0,8 m. Les résultats indiquent un contenu en gravier de 11%, en sable de 46%, et en particules fines de diamètre inférieur à 80 µm de 42%. Les résultats de cette analyse sont présentés sous forme de courbe granulométrique à la figure 2 de l'annexe B. Précisons que les résultats de l'analyse granulométrique sont représentatifs de la matrice fine du remblai seulement,

le mode d'échantillonnage au carottier fendu ne permettant pas la récupération de particules de dimension supérieure à 35 mm.

3.2 Till dense à très dense

Un dépôt d'origine glaciaire constitué d'une matrice de sable grise avec des proportions variables de silt et de gravier et des traces d'argile, identifié till dans la suite du texte, a été observé sous la couche de remblai, à des profondeurs variant entre 2,3 m et 2,9 m (niveaux variant entre 28,5 m et 29,1 m). Cette couche, dont l'épaisseur varie entre 2,0 m et 2,7 m, surmonte directement le socle rocheux.

Selon les indices de pénétration standard mesurés, cette couche se trouve dans un état dense à très dense. Il est important de préciser que certains refus enregistrés dans cette couche, certaines valeurs élevées de l'indice de pénétration standard, ainsi que certaines observations en cours de forage témoignent de la présence dans le sol d'éléments grossiers tels des graviers, des cailloux et des blocs.

Au total, huit analyses granulométriques par tamisage, dont trois ont été complétées par des analyses granulométriques par sédimentométrie, ont été réalisées sur des spécimens de till prélevés dans les forages. Les résultats indiquent un contenu en gravier de 11% à 36%, en sable de 37% à 62%, et en particules fines de diamètre inférieur à 80 µm de 17 à 48%, dont 7% de particules de la taille de l'argile (<2 µm). Les résultats de ces analyses sont présentés sous forme de courbes granulométriques aux figures 1 à 3 de l'annexe B. Précisons que les résultats des analyses granulométriques sont représentatifs de la matrice fine du dépôt seulement, le mode d'échantillonnage au carottier fendu ne permettant pas la récupération de particules de dimension supérieure à 35 mm.

3.3 Socle rocheux

Les forages ont permis l'identification et le carottage du rocher sur des profondeurs variant entre 5,3 m et 5,6 m. À l'endroit des forages, la surface du rocher se situe systématiquement au niveau géodésique 26,4 m, ou encore se situe à des profondeurs variant entre 4,9 m et 5,0 m sous la surface du terrain.

Le rocher rencontré dans les forages consiste principalement en un shale argileux gris-noir, sans altération visible et très fissile. Les plans de schistosité observés sont sub-horizontaux avec un angle de 80° à 90° par rapport à l'axe du forage (vertical). Plusieurs joints ouverts, sub-horizontaux, avec remplissage de silt argileux gris ont été notés. L'ouverture des joints se situe généralement entre 10 mm et 30 mm.

Selon les valeurs mesurées de l'indice RQD, le rocher est de très mauvaise à mauvaise qualité en surface, soit jusqu'à une profondeur (élévation) de 9,0 m (22,4 m) et 6,1 m (25,3 m) pour les forages F-2-07 et F-3-07 respectivement et sur toute la longueur forée, soit jusqu'à une profondeur (élévation) de 10,3 m (21,1 m), au forage F-1-07. Au-delà des profondeurs précitées pour les forages F-2-07 et F-3-07, le rocher devient respectivement de moyenne et de bonne qualité. Il convient de noter que dans le cas de roches sédimentaires finement litées, comme pour un shale argileux, la méthode d'évaluation de la qualité du rocher par mesures de l'indice RQD est moins représentative, un certain jugement de la part du spécialiste qui interprétera les résultats pour fins d'excavation et de dynamitage sera nécessaire.

Deux mesures de la résistance en compression uniaxiale, réalisées sur des carottes de shale prélevées aux forages F-1-07 et F-2-07, indiquent des valeurs respectives de 62 MPa et 98 MPa.

Les photographies des carottes de rocher prélevées dans les trois forages sont présentées à l'annexe C de ce rapport.

4. EAU SOUTERRAINE

Le niveau de l'eau souterraine, dans les piézomètres Casagrande installés dans les trous de forages F-1-07 et F-3-07, ainsi que dans le tuyau perforé installé dans le trou de forage F-2-07, a été relevé les 29 et 30 mai 2007.

Le tableau 4-1 ci-après résume les niveaux de l'eau souterraine mesurés.

Tableau 4-1
Eau souterraine

Forage N°	Terminé le	Niveau de la surface du terrain (m)	Eau souterraine			
			Le 29 mai 2007		Le 30 mai 2007	
			Profondeur ⁽²⁾ (m)	Niveau (m)	Profondeur ⁽²⁾ (m)	Niveau (m)
F-1-07	2007-05-28	31,4	1,9	29,5	2,0	29,4
F-2-07	2007-05-29	31,4	---	---	2,0	29,4
F-3-07	2007-05-30	31,4	---	---	1,9	29,5

Notes :

(1) Tous les niveaux sont géodésiques

(2) Profondeur par rapport au sol

Il est à noter que le niveau de l'eau souterraine n'est pas stationnaire, mais qu'il est assujéti à des variations saisonnières ou consécutives à des changements dans l'environnement. Par conséquent, l'eau souterraine peut se situer plus près de la surface actuelle du terrain, notamment à la fonte des neiges ou à la suite de fortes pluies.

5. COMMENTAIRES ET RECOMMANDATIONS D'ORDRE GÉOTECHNIQUE

5.1 Généralités

Le MTQ projette le parachèvement de l'autoroute 30 entre son extrémité est existante à Candiac et son extrémité ouest existante, au sud de Saint-Constant. Dans le cadre de ce projet de parachèvement, un pont d'étagement ferroviaire passera à niveau, au milliaire 32.93, subdivision Adirondack. Le nouveau tronçon de l'autoroute 30 sera aménagé en déblai.

Le pont d'étagement ferroviaire aura une longueur approximative de 60 m et reposera sur trois appuis. Des excavations sur une profondeur d'environ 9 m sont prévues pour la mise en place des culées et d'approximativement 12 m pour l'appui central. Après discussion avec le concepteur, il apparaît que même les culées prendront appui en profondeur dans le rocher. Les niveaux approximatifs des fondations des différents appuis sont présentés au tableau 5-1 ci-après :

Tableau 5-1
Niveaux approximatifs des fondations projetées

Appui	Niveau approximatif projeté pour les empattements ⁽¹⁾
Culée ouest	23 m
Pilier central	20 m
Culée est	23 m
Note :	
⁽¹⁾ Niveaux géodésiques	

Sous une mince couche de pierre concassée de calibre apparent 56-0 mm, les forages réalisés sur le site ont permis d'identifier un remblai hétérogène composé majoritairement de sable brun avec des proportions variables de silt, de gravier et d'argile, dans un état lâche à compact, sur une épaisseur de 2,3 m à 2,9 m.

Les sols de remblai surmontent un dépôt de till, de compacité dense à très dense, et constitué d'une matrice généralement à prédominance de sable, avec des proportions

variables de silt et de gravier ainsi que des traces d'argile et des cailloux et/ou blocs occasionnels. Ce dépôt de till, de 2,0 m à 2,7 m d'épaisseur à l'emplacement des forages, repose sur le socle rocheux.

À l'emplacement des forages, la surface du rocher se situe au niveau géodésique 26,4 m, ou encore se situe à des profondeurs variant entre 4,9 m et 5,0 m sous la surface du terrain.

Le rocher rencontré dans les forages consiste principalement en un shale argileux gris-noir très fissile. Les plans de schistosité observés sont sub-horizontaux, avec un angle de 80° à 90° par rapport à l'axe du forage. Plusieurs joints sub-horizontaux sont ouverts, avec remplissage de silt argileux gris. L'ouverture des joints se situe généralement entre 10 mm et 30 mm.

Selon les valeurs mesurées de l'indice RQD, le rocher est de très mauvaise à mauvaise qualité en surface, soit jusqu'à une profondeur (élévation) de 9,0 m (22,4 m) et 6,1 m (25,3 m) pour les forages F-2-07 et F-3-07 respectivement et sur toute la longueur forée, soit jusqu'à une profondeur (élévation) de 10,3 m (21,1 m), au forage F-1-07. Au-delà des profondeurs précitées pour les forages F-2-07 et F-3-07, le rocher devient respectivement de moyenne et de bonne qualité. Il convient de noter que dans le cas de roches sédimentaires finement litées, comme pour un shale argileux, la méthode d'évaluation de la qualité du rocher par mesures de l'indice RQD est moins représentative, un certain jugement de la part du spécialiste qui interprétera les résultats pour fins d'excavation et de dynamitage sera nécessaire.

Le niveau de l'eau souterraine, mesuré le 30 mai 2007 dans les forages, se situait à des profondeurs variant entre 1,9 m et 2,0 m sous surface du terrain, ce qui correspond à des niveaux géodésiques compris entre 29,4 m et 29,5 m.

Sur la base des résultats obtenus lors de la réalisation des trois forages réalisés aux emplacements prévus pour les appuis du pont d'étagement ferroviaire projeté, les recommandations et commentaires suivants sont formulés pour la réalisation du projet.

5.2 Excavations temporaires

5.2.1 Excavations temporaires en pentes libres

Les commentaires et recommandations suivants sont formulés à l'intention du concepteur pour fins d'analyse technique et économique des variantes.

- (a) Sur la base des caractéristiques géotechniques du terrain rencontré à l'endroit des forages F-1-07 à F-3-07 de la présente étude, les excavations devront traverser le dépôt de till dense à très dense et se poursuivre dans le rocher sur des profondeurs approximatives variant entre 3,5 m et 6,5 m. Les excavations atteindront approximativement 9 m à 12 m de profondeur sous la surface existante du terrain, dont environ 7 m à 10 m sous le niveau de la nappe phréatique.
- (b) Dans le but de faire l'étude technique et économique des variantes, le concepteur pourra retenir les pentes présentées au tableau 5-2 pour les excavations temporaires:

Tableau 5-2
Pente des excavations temporaires

Type de sol	Condition d'eau Souterraine	Inclinaison maximale des pentes temporaires ⁽¹⁾
Sols de remblai lâche à compact	Au dessus de la nappe phréatique	1,5 H : 1,0 V
	Sous la nappe phréatique	2,0 H : 1,0 V ou plus douces
Till compact à dense	Sous la nappe phréatique	1,5 H : 1,0 V
Shale argileux (Roc)	Toute condition	1,0 H : 2,5 V
⁽¹⁾ Pour fins d'analyse technique et économique par le concepteur.		

Les excavations temporaires pourront nécessiter des pentes plus douces que celles indiquées ci-haut afin d'assurer leur stabilité, selon les conditions prévalant au moment des travaux. Il est important de souligner que le contrôle des venues

d'eau et le rabattement de l'eau souterraine constituent des éléments importants pour maintenir la stabilité des pentes d'excavation.

Il convient de rappeler que pour fins de construction, 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 existantes quand cette sécurité dépend des pentes temporaires.

- (c) Les venues d'eau dans les excavations devront être contrôlées par un pompage adéquat et ce, afin de maintenir la stabilité des parois, notamment dans les couches de sols pulvérulents.
- (d) Toutes les pentes d'excavation au niveau des sols devront être protégées au moyen de bâches ou toiles imperméables pour éviter l'érosion attribuable aux eaux de ruissellement pendant les précipitations. Ces bâches ou toiles devront être convenablement fixées au sol.
- (e) Du dynamitage sera requis pour les excavations dans le socle rocheux. Les parois d'excavation devront être protégées rapidement par la mise en place de béton projeté afin d'éviter l'altération du rocher par l'air et l'eau.

5.2.2 Excavations temporaires étayées

Alternativement, dans le cas où il n'y aurait pas l'espace disponible pour la réalisation de pentes d'excavation temporaires sécuritaires, les commentaires et recommandations d'ordre général, présentés ci-après, sont applicables à la conception et à la construction des ouvrages de soutènement temporaire.

- (a) Compte tenu de l'état de compacité dense à très dense des sols en profondeur ainsi que de la présence possible de cailloux et/ou blocs, l'enfoncement d'éventuelles palplanches d'acier pourrait s'avérer difficile. Par ailleurs, à cause de la présence possible de cailloux et/ou blocs dans le mort-terrain, on devrait, pour des éventuels pieux soldats, utiliser de préférence des pieux tubulaires en

acier avancés par l'intérieur à l'aide d'un trépan, plutôt que des pieux d'acier profilés en H et battus.

- (b) Les pieux soldats devront être foncés et ancrés dans le roc pour pouvoir reprendre sans tassement significatif la composante verticale de la tension des tirants inclinés et mobiliser une résistance latérale adéquate en pied de mur. Aux endroits où l'excavation sera poursuivie dans le rocher, la base des pieux soldats devra être préalablement retenue par des ancrages inclinés fixés dans le rocher. Le contrôle des bris hors profil sera assuré par la technique de prédécoupage ou, de préférence, par la méthode des trous alignés qui consiste à créer un plan de fracturation au moyen de trous rapprochés non chargés.
- (c) Les pieux soldats devront être retenus par des tirants ancrés dans le rocher. Les tirants devront être inclinés à 45 degrés et scellés dans le rocher avec un coulis de ciment. Pour le dimensionnement des tirants, voir la section 5.4 du présent rapport. La position des tirants devra être établie de façon à ne pas interférer avec les services souterrains ou les structures existantes.
- (d) En pratique, les systèmes de soutènement constitués de pieux soldats avec boisage, même les mieux construits, ne parviennent pas à empêcher que des tassements se manifestent dans les massifs de sols retenus. Dans ce contexte, on devra considérer la sensibilité aux tassements des services et des structures se trouvant dans le voisinage immédiat des murs de soutènement temporaire.
- (e) Les mouvements en arrière des soutènements peuvent être avantageusement limités par rapprochement des pieux soldats et par remplissage quotidien de l'espace inévitable situé entre le boisage et la paroi d'excavation au moyen d'un coulis de ciment.
- (f) Le système de pieux soldats avec boisage ne constitue pas un écran étanche; des venues d'eau, provenant soit de l'eau souterraine, soit encore localement de nappes perchées dans le sol, peuvent survenir. En conséquence, l'utilisation de paille ou de criblure de pierre sera vraisemblablement nécessaire pour prévenir une migration des éléments fins du sol entre les madriers de bois.

- (g) Les murs de la fouille étayée devront être conçus pour résister à la poussée des terres en incluant l'influence de la surcharge inévitable des équipements de construction, du trafic ferroviaire si maintenu durant les travaux, sur la voie ferrée à proximité, ainsi que de l'entreposage de matériaux ou de déblai. On devra également tenir compte de la poussée hydrostatique sous le niveau de l'eau souterraine pour un soutènement considéré imperméable. Les paramètres présentés dans le tableau 5-3 ci-après sont recommandés pour la conception du soutènement temporaire.

Tableau 5-3
Paramètres de conception des murs
de soutènement temporaire

Paramètre	Remblai	Till
Poids volumique	21 kN/m ³	22 kN/m ³
Angle de frottement interne (ϕ)	30°	37°
Coefficient de poussée active (K_a)	0.33	0,25
Coefficient de poussée au repos (K_o)	0.50	0,40

- (h) Afin de limiter, sans toutefois éliminer les inévitables mouvements de terrain derrière les murs temporaires de soutènement, particulièrement en ce qui concerne les soutènements constitués de pieux soldats avec boisage, le calcul du soutènement temporaire pourra s'effectuer en utilisant les coefficients des terres au repos précités.
- (i) Les efforts devant être repris par les soutènements étayés pourront être calculés au moyen des « enveloppes de pressions des terres apparentes » présentées à la figure 26.8 du chapitre 26 de la quatrième édition du « *Canadian Foundation Engineering Manual* ».

5.3 Fondations

À la lumière des résultats obtenus à l'emplacement des forages F-1-07 à F-3-07 de la présente étude, aux niveaux d'assise prévus pour les fondations des différents appuis du pont d'étagement ferroviaire projeté (cf. tableau 5-1), les semelles de fondation reposeront sur le socle rocheux constitué d'un shale argileux très fissile.

Les recommandations qui suivent s'appliquent à la conception et à la construction des semelles de fondation reposant sur le socle rocheux pour les culées et le pilier central du pont d'étagement projeté.

- (a) Pour les niveaux d'assise indiqués dans le tableau 5-1, les semelles de fondation pourront être conçues pour exercer une pression maximale admissible sur le rocher de 1 000 kPa. Dans le cas où les semelles seraient situées à moins de 2 m de profondeur sous la surface du rocher, on retiendra plutôt une pression maximale admissible de 500 kPa.
- (b) Les semelles de fondation devront être établies sur une surface rocheuse saine, nettoyée de tout roc fracturé, fissuré ou altéré, ainsi que de tout roc brisé par l'action du dynamitage. La surface du rocher devra être quasi horizontale avec une pente d'au plus 10 H:1 V.
- (c) Toutes les excavations exécutées pour l'installation des semelles de fondation devront être inspectées par un ingénieur géotechnicien ou un géologue afin de s'assurer que le roc fracturé, fissuré ou altéré, ainsi que tout roc brisé par l'action du dynamitage a été convenablement enlevé et que la surface exposée du rocher au niveau des fondations est intacte et saine.
- (d) Compte tenu de la grande fissilité et du potentiel de gonflement pyritique du shale argileux rencontré, des mesures préventives devront être mises en place afin d'éviter une exposition prolongée à l'air et à l'eau. Premièrement, le rocher exposé à l'élévation désirée devra être nettoyé à l'air comprimé exclusivement pour éviter de saturer indûment le rocher. Une fois les fonds d'excavation propres et approuvés, ces derniers devront être immédiatement protégés (moins

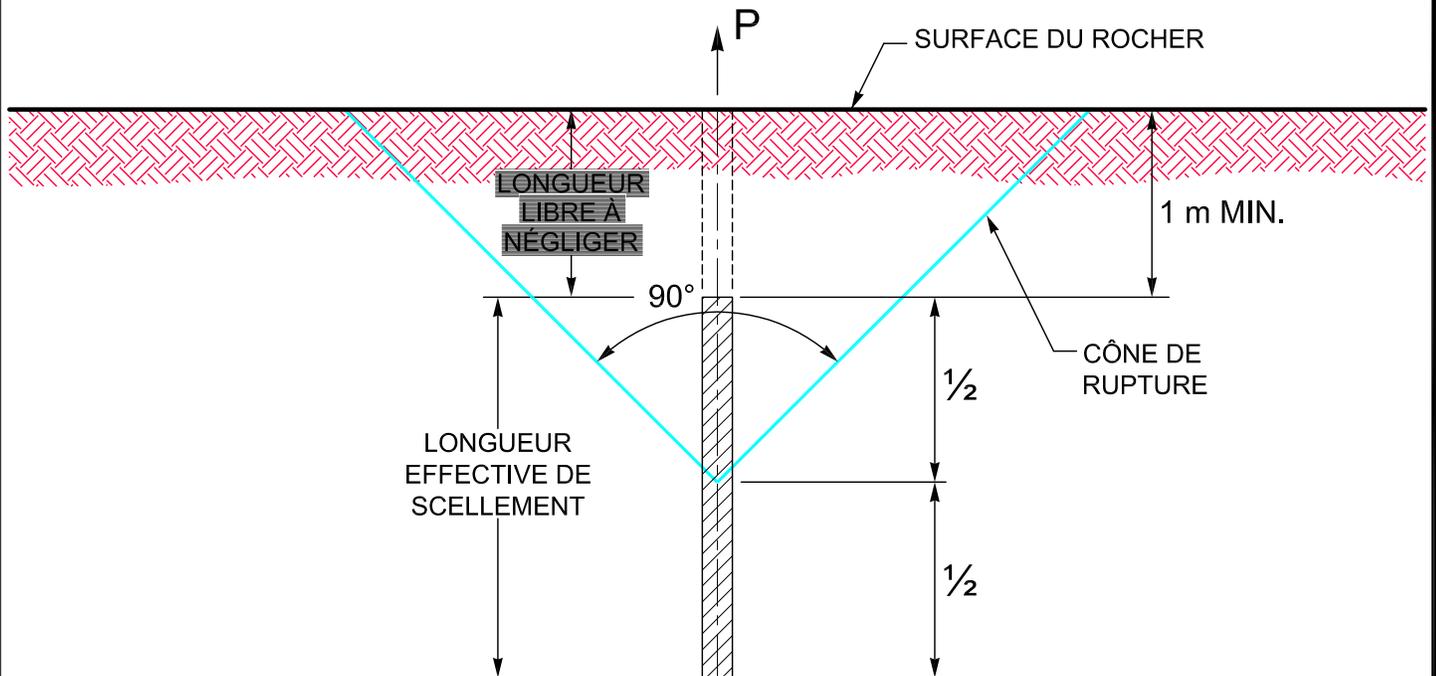
de 24 heures) par la mise en place d'une couche de béton maigre d'au moins 50 à 75 mm d'épaisseur.

- (e) Les tassements totaux et différentiels de semelles de fondation convenablement construites et conçues selon les directives précédemment énoncées seront à toute fin pratique négligeables, et dus principalement à l'élasticité du rocher.
- (f) Les semelles de fondation établies dans le rocher devront avoir une largeur d'au moins 1 m. De plus, afin de les protéger contre l'action du gel, elles devront prendre appui à une profondeur d'au moins 1,8 m sous la surface finale du terrain adjacent. Ces profondeurs pourront être réduites si de l'isolant thermique est disposé adéquatement.
- (g) Les travaux de forage et de dynamitage subséquents, lorsque requis, doivent être soigneusement exécutés de façon à minimiser les effets néfastes du dynamitage sur le rocher servant d'assise aux appuis du pont d'étagement, et ce particulièrement en présence de shale. À cet égard, aucune excavation ne sera autorisée sous une ligne théorique de 1H :1V tracée vers le bas, à partir du dessous de l'extrémité d'une semelle.
- (h) Pour le calcul des forces de frottement entre la base de la semelle en béton et le socle rocheux, on retiendra un coefficient de frottement ($\tan \delta$) de 0,5. Ce coefficient constitue une valeur à l'ultime, c'est-à-dire, sans facteur de sécurité appliqué. Pour reprendre les efforts latéraux, on ne tiendra pas compte de la butée dans les sols ou le rocher situés au-dessus de la ligne de gel.

5.4 Conception des ancrages

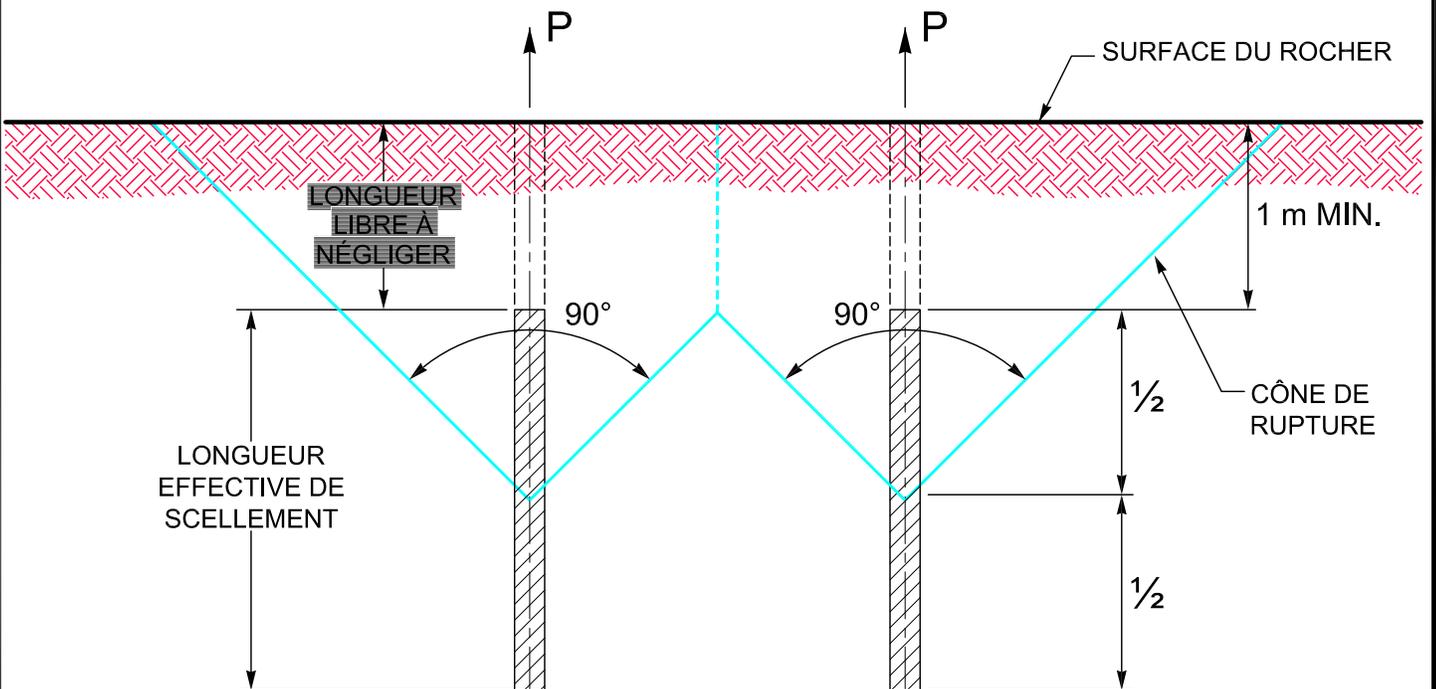
Les ancrages requis pour les semelles de fondation pour reprendre des efforts en tension, pourront consister en des barres d'acier scellées dans le rocher au moyen d'un coulis de ciment mis en place à l'intérieur de trous de forage d'un diamètre d'au moins 2,5 à 3 fois celui des barres d'acier. Les recommandations suivantes sont formulées pour la conception et la construction des ancrages :

- (a) Compte tenu de la nature et de l'état du rocher, les ancrages pourront être conçus sur la base d'une valeur admissible d'adhérence roc-coulis (de ciment) dans le roc sain de 400 kPa. La résistance en compression simple du coulis de ciment devra être d'au moins 21 MPa.
- (b) Lors du calcul de la capacité des ancrages, compte tenu de la nature fissile du shale, on devra négliger le premier mètre dans le rocher.
- (c) Pour un ancrage individuel d'une semelle, la force s'opposant aux efforts d'arrachement doit être calculée en considérant le poids d'un cône de roc inversé avec un angle au sommet de 90° situé à la mi-longueur de la longueur efficace d'ancrage (voir figure 5-1). Pour un groupe d'ancrages, on devra s'assurer qu'il n'y a pas de chevauchement entre les cônes d'influence et le cas échéant, le poids correspondant au chevauchement devra être négligé. Le rapport du poids d'un ou plusieurs cônes de roc à la force d'arrachement maximale devra être d'au moins 1,0 en négligeant la résistance au cisaillement du rocher.
- (d) Les niveaux d'eau mesurés dans les forages indiquent que le rocher est systématiquement retrouvé sous le niveau de l'eau souterraine. En conséquence, il est recommandé de retenir un poids déjaugé du rocher de 17 kN/m³ pour fins de calcul.
- (e) La réalisation d'essais de mise en charge est recommandée afin de vérifier autant les paramètres de conception que les procédures d'installation. La réalisation de ces essais devra se conformer aux procédures décrites à la section 26.12.4 de la quatrième édition du «Canadian Foundation Engineering Manual».



ANCRAGE INDIVIDUEL

GÉOMÉTRIE DU CÔNE PRÉSUMÉMENT MOBILISÉ QUAND LA RUPTURE SURVIENT À L'INTÉRIEUR DE LA MASSE HOMOGÈNE DU ROCHER



GROUPE D'ANCRAGE

INTERACTION DES CÔNES INVERSÉS DANS L'ANALYSE DE LA STABILITÉ

5.5 Paramètres de conception des culées

5.5.1 Poussée des terres

Les charges attribuables aux poussées des terres sur les culées du pont d'étagement doivent être calculées selon les exigences de la section 6.9 du « Code canadien sur le calcul des ponts routiers », et de la section 2.6 du tome III des « Normes pour ouvrages routiers » du MTQ. On retiendra pour ce calcul, les paramètres donnés dans le tableau 5-4 ci-après.

Tableau 5-4
Paramètres pour le calcul de la poussée des terres sur les culées

Paramètres	Valeurs
Poids volumique	22,0 kN/m ³
Coefficient de poussée active (K_a)	0,29
Coefficient de poussée au repos (K_0)	0,46

On devra aussi considérer dans les calculs les surcharges appliquées au terrain immédiatement derrière les ouvrages de soutènement, notamment celles créées par les effets de la compaction, les engins de construction, l'entreposage de matériaux ou de déblai.

5.5.2 Drainage

Pour éliminer la pression de l'eau sur les murs des culées, le remblayage sur le premier 600 mm immédiatement derrière le mur devra se faire avec une pierre nette de calibre BC 5-20, telle que définie dans la norme NQ 2560-114-/2002. Un drain perforé de 200 mm de diamètre devra être installé à la base de la pierre nette, près du niveau de la semelle du mur.

Au-delà de 600 mm du mur, le remplissage devra être effectué avec un matériau granulaire de calibre MG 112, conformément au DN-II-1-023 des « Normes pour

ouvrages routiers » du MTQ. La pierre nette et le matériau granulaire devront être séparés par un géotextile de type IV (Norme 13101, Tome VII).

Tous les matériaux d'emprunt utilisés pour le remblayage derrière le mur, sous la ligne d'infrastructure, seront placés en couches d'au plus 300 mm d'épaisseur, chacune des couches devant être compactée à 92% de la densité maximale de référence établie par l'essai Proctor modifié. La pierre nette devra également être placée en minces couches et vibrée de façon à obtenir la structure la plus imbriquée possible.

5.6 Remblai de la voie de déviation du chemin de fer

Les recommandations suivantes sont formulées pour la conception et la construction du remblai de la voie de déviation du chemin de fer:

- (a) Préalablement à la construction du chemin de fer, on devra enlever tous les matériaux de remblai, ainsi que tout sol végétal, terre noire, sol mou ou remanié pendant les opérations d'excavations. Pour éviter le remaniement des sols silteux identifiés, on devra entre autre réaliser les excavations avec un godet muni d'une lame ou avec un godet à fossé.
- (b) Pour la construction du remblai du chemin de fer, on retiendra les matériaux et épaisseurs suivantes:
 - Ballast : 300 mm, mesuré à partir du dessous des dormants;
 - Sous-ballast : 300 mm de matériau granulaire de type MG 20;
 - Couche de forme : min. 450 mm de matériau granulaire de type MG 112;
- (c) Les couches portantes du chemin de fer doivent être adéquatement drainées vers des fossés de drainage latéraux aménagés à cet effet.
- (d) Tous les matériaux utilisés devront rencontrer les exigences de la dernière édition des Normes pour ouvrages routiers du Ministère des Transports du Québec. Un degré de compactage minimal de 95% de la densité maximale sèche obtenue à

l'essai Proctor modifié est requis pour la couche de sous-ballast et la couche de forme.

5.7 Conditions générales et limitations

L'utilisation de ce rapport est assujettie aux conditions générales et limitations énoncées à la suite du texte du présent rapport et intitulées «Rapport d'étude géotechnique ».

6. PERSONNEL

Les forages ont été réalisés sous la supervision à temps plein de Monsieur Christian Boucher, géologue. Tous les travaux en chantier et en laboratoire ont été exécutés sous la direction de Monsieur Yves Descôteaux, ing., M.Ing.

Le présent rapport a été préparé par Madame Christine Vigneault, ing. jr. en collaboration avec Monsieur Yves Descôteaux, ing., M.Ing. Le rapport a été revu par Monsieur Henri Madjar, ing., M.Sc.A.

TERRATECH
Division de SNC-LAVALIN Environnement inc.



Christine Vigneault, ing. jr.
Chargée de projet
Ingénierie géotechnique



Yves Descôteaux, ing., M.Ing.
Directeur de projets
Ingénierie géotechnique

Vérifié par:

pour



Henri Madjar, ing., M.Sc.A.
Président

CV/ds

Distribution

3 copies : Ministère des Transports du Québec
2 copies : Bureau de projet – Autoroute 30
2 copies : Consortium SNC-Lavalin / Génivar
1 copie : Terratech

T:\PROJ\604735\Perm\2222\T-1498-RP1.doc

RAPPORT D'ÉTUDE GÉOTECHNIQUE CONDITIONS GÉNÉRALES ET LIMITATIONS

A. UTILISATION DU RAPPORT

- A.1 Les données factuelles, les interprétations et les recommandations contenues dans ce rapport se rapportent à un projet spécifique tel que décrit dans le rapport et ne s'appliquent à aucun autre projet ni autre site. Si le projet est modifié du point de vue conception, emplacement ou élévation, ou encore si le projet n'est pas commencé dans les dix-huit mois de la date du rapport, TERRATECH devrait être consultée de façon à confirmer la validité des recommandations données dans le présent rapport.
- A.2 Les recommandations données dans ce rapport n'ont pour but que de servir de guide à l'ingénieur en conception. Le nombre de sondages pour déterminer toutes les conditions souterraines pertinentes qui peuvent affecter les coûts de construction, le choix des techniques et du matériel de chantier, ainsi que le calendrier et la séquence des travaux, devrait normalement être plus élevé que celui exécuté pour les besoins de la conception. Les entrepreneurs qui soumissionnent, ou qui exécutent les travaux, devraient compter sur leurs propres études ainsi que sur leurs propres interprétations des résultats factuels des sondages pour déterminer de quelle façon les conditions souterraines peuvent affecter leurs travaux.

B. SUIVI DE L'ÉTUDE ET DES TRAVAUX

- B.1 Tous les détails de conception et de construction peuvent ne pas être connus au moment de la soumission du rapport de TERRATECH. Il est donc recommandé que les services de TERRATECH soient retenus pendant l'étape finale de la conception de façon à réviser les dessins de conception et les devis se rapportant aux fondations, aux travaux de terrassement, aux systèmes de retenue des terres et au drainage, afin de vérifier s'ils sont consistants du point de vue géotechnique avec le rapport de TERRATECH.
- B.2 Il est recommandé que les services de TERRATECH soient retenus pendant la construction pour confirmer et établir que les conditions souterraines, sur toute l'étendue du site, ne diffèrent pas de celles données dans le rapport de TERRATECH, et pour confirmer et établir que les travaux de construction n'ont pas eu un effet défavorable sur l'intention des recommandations du rapport.

C. CONDITIONS DU SOL ET DU ROC

- C.1 Les descriptions des sols et du roc données dans ce rapport proviennent de méthodes de classification et d'identification communément acceptées et utilisées dans la pratique professionnelle de la géotechnique. La classification et l'identification du sol et du roc nécessite un jugement et TERRATECH ne garantit pas que les descriptions sont exactes, mais assure une précision seulement à ce qui est communément utilisé dans la pratique géotechnique courante.

- C.2 Les conditions de sol et de roc décrites dans ce rapport sont celles observées au moment de l'étude. À moins d'indication contraire, ces conditions forment la base des recommandations du rapport. Les conditions de sol et de roc peuvent être modifiées de façon significative par les travaux de construction (trafic, excavation, fonçage de pieux, dynamitage, etc.) sur le site ou sur les sites adjacents. Une excavation peut exposer les sols à des changements dus à l'humidité, au séchage ou au gel. Sauf indication contraire, le sol et le roc doivent être protégés de ces changements ou remaniements pendant la construction.

D. RAPPORT DE FORAGE ET INTERPRÉTATION DES CONDITIONS SOUTERRAINES

- D.1 Les formations de sol et de roc sont variables sur une plus ou moins grande étendue. Les rapports de forage ne fournissent que des conditions approximatives des formations à l'emplacement des forages seulement. Les contacts entre les différentes couches donnés sur les rapports sont souvent non distincts en nature, correspondant plutôt à des zones de transition, et ont donc fait l'objet d'une interprétation. La précision avec laquelle les conditions souterraines sont indiquées dépend de la méthode de forage, de la fréquence et de la méthode d'échantillonnage, et de l'uniformité du terrain rencontré. L'espacement entre les forages, la fréquence d'échantillonnage et le type de forage sont également le reflet de considérations budgétaires et de délais d'exécution.
- D.2 Les conditions souterraines entre les forages sont interpolées et peuvent varier de façon significative des conditions rencontrées à l'endroit des forages.
- D.3 Les niveaux de l'eau souterraine donnés dans ce rapport correspondent seulement à ceux observés à l'endroit et à la date indiqués dans le rapport. Ces conditions peuvent varier de façon saisonnière ou suite à des travaux de construction sur le site ou sur des sites adjacents.

E. CHANGEMENT DES CONDITIONS

Lorsque les conditions rencontrées sur le site diffèrent de façon significative de celles prévues dans ce rapport, soit dues à la nature hétérogène des formations ou encore à des travaux de construction, le client, comme condition d'utilisation du rapport, doit prévenir TERRATECH des changements et fournir à TERRATECH l'opportunité de réviser les recommandations de ce rapport. Reconnaître un changement des conditions de sol et de roc demande une certaine expérience; il est donc recommandé qu'un ingénieur géotechnicien expérimenté soit envoyé sur le site afin de vérifier si les conditions ont changé de façon significative.

F. DRAINAGE

Le drainage de l'eau souterraine est souvent requis aussi bien pour des installations temporaires que permanentes du projet. Une conception ou exécution impropre du drainage peut avoir de sérieuses conséquences. TERRATECH ne peut en aucun cas prendre la responsabilité des effets du drainage à moins que TERRATECH ne soit spécifiquement impliquée dans la conception détaillée et le suivi continu sur le chantier de la construction du système de drainage.

ANNEXE A

Rapports de forage

RAPPORT DE FORAGE NOTES EXPLICATIVES

Cette formule résume les données obtenues sur le terrain et certains des résultats d'essais de laboratoire obtenus pour chaque forage. On donne ci-dessous une explication de la signification de chacune des colonnes de cette formule.

PROFONDEUR

Cette colonne donne l'échelle de profondeur du forage.

STRATIGRAPHIE

▪ NIVEAU ET PROFONDEUR

Cette colonne donne le niveau et la profondeur des contacts stratigraphiques déduits du forage. Le niveau est basé sur le niveau de référence donné dans l'en-tête.

▪ DESCRIPTION

Une description du sol est donnée dans cette colonne à partir de l'identification visuelle des échantillons et des essais de laboratoire. Chaque couche est décrite selon la classification et la terminologie indiquées ci-dessous :

<u>Classification</u>	<u>Dimension des particules</u>
Argile	moins de 0,002 mm
Silt	de 0,002 à 0,080 mm
Sable	de 0,080 à 5 mm
Gravier	de 5 à 80 mm
Cailloux	de 80 à 200 mm
Blocs	plus de 200 mm
<u>Terminologie</u>	<u>Proportion</u>
Traces ou quelques	moins de 10%
Un peu	10 à 20%
Adjectif (ex. : sableux, silteux)	20 à 35%
Et (ex. : sable et gravier)	35 à 50%

La compacité des sols granulaires est définie comme suit :

<u>Compacité</u>	Indice de pénétration « N »
	<u>Coups/0,3 m ou coups/pi.</u>
Très lâche	0 à 4
Lâche	4 à 10
Compacte	10 à 30
Dense	30 à 50
Très dense	50 et plus

La consistance des sols argileux est définie comme suit :

<u>Consistance</u>	Résistance au cisaillement non drainé	
	<u>kPa</u>	<u>lb/pi²</u>
Très molle	0 à 12	0 à 250
Molle	12 à 25	250 à 500
Ferme	25 à 50	500 à 1 000
Raide	50 à 100	1 000 à 2 000
Très raide	100 à 200	2 000 à 4 000
Dure	plus de 200	plus de 4 000

▪ SYMBOLE

Cette colonne représente la coupe stratigraphique du terrain à l'endroit du forage. Les symboles les plus fréquemment utilisés dans cette colonne sont les suivants :

	Remblai		Sol organique		Argile		Silt
	Sable		Gravier		Cailloux ou blocs		Rocher

NIVEAU D'EAU

Dans cette colonne apparaît le niveau de l'eau souterraine mesuré dans le forage à la date indiquée. Dans les terrains peu perméables, il n'est pas possible de déterminer de façon précise les niveaux piézométriques par lecture directe dans un puits, un tubage ou dans le trou de forage, dans le laps de temps normalement requis pour effectuer les travaux sur le terrain. Les niveaux d'eau réels peuvent donc être plus hauts ou plus bas que ceux montrés dans cette colonne. Lorsque l'on a pénétré à travers des couches de sols perméables et peu perméables, les niveaux d'eau peuvent être différents dans chacune de ces couches. Les niveaux piézométriques établis à l'aide de piézomètres peuvent être considérés comme représentatifs des niveaux piézométriques existant dans les couches où les extrémités des piézomètres sont installées.

Les symboles les plus fréquemment utilisés dans cette colonne sont les suivants :



ÉCHANTILLONS

Les trois premières colonnes décrivent le type et le numéro, l'état ainsi que le pourcentage de récupération de chaque échantillon obtenu lors du forage. La position et l'état de chaque échantillon sont montrés à l'échelle. Les légendes correspondant à l'état de l'échantillon et au type d'échantillonneur utilisé sont données en haut et à gauche de la formule.

La quatrième colonne indique l'indice de pénétration « N » du sol déterminé par l'essai de pénétration standard ou encore l'indice RQD du roc. L'indice « N » correspond au nombre de coups nécessaires d'un mouton de 63,5 kg tombant de 760 mm pour faire pénétrer dans le sol le dernier 300 mm d'un carottier fendu normalisé de 51 mm de diamètre. L'essai de pénétration standard est effectué selon la norme NQ 2501-140. L'indice RQD du roc est défini par le pourcentage modifié des carottes de roc récupérées par forage au diamant, pour lequel seuls sont comptés les morceaux de carottes sains d'une longueur égale ou supérieure à 100 mm.

Les échantillons de sol et de roc seront conservés pendant une période d'un an et seront ensuite jetés à moins de directives contraires.

TENEUR EN EAU ET LIMITES

La partie centrale de la formule représente sous forme graphique les résultats des mesures de teneur en eau et de limites d'Atterberg obtenues en laboratoire, au niveau des échantillons sur lesquels ils ont été mesurés. Les symboles et les échelles utilisés pour la représentation de ces résultats d'essai sont donnés en tête de colonne.

ESSAIS DE LABORATOIRE ET IN SITU

Dans cette colonne, on donne les résultats ou une indication (abréviation) des autres essais de laboratoire ou de chantier qui ont été exécutés, selon la légende donnée en haut de la formule. Les résultats des essais qui ne sont pas donnés sur la formule, sont annexés au rapport.

ESSAIS DE PÉNÉTRATION DYNAMIQUE AU CÔNE, RÉSISTANCE AU CISAILLEMENT NON DRAINÉ

La partie droite de la formule représente sous forme graphique, et aux niveaux auxquels ils ont été obtenus, les résultats de l'essai de pénétration dynamique au cône, soit le nombre de coups nécessaire d'un mouton de 63,5 kg tombant de 760 mm pour faire pénétrer dans le sol, sur une profondeur de 300 mm, une pointe conique normalisée de 51 mm de diamètre. Cet essai est effectué à partir de la surface du terrain ou encore à partir du fond du forage, selon la norme NQ 2501-145.

Cette partie du formulaire illustre également graphiquement les résultats des mesures de la résistance au cisaillement telle qu'obtenue par le scissomètre de chantier (NQ 2501-200) ou en laboratoire par l'essai au pénétromètre à cône suédois (NQ 2501-110).

INDICE DE QUALITÉ DU ROCHER (RQD)

NOTES EXPLICATIVES

L'indice de qualité du rocher (**RQD**) est une mesure indirecte du degré de fracturation et de l'altération d'un massif rocheux. L'abréviation RQD, couramment utilisée en pratique, provient du terme anglais **Rock Quality Designation**. Les valeurs de RQD sont utilisées pour évaluer la qualité générale du rocher.

L'indice de qualité du rocher est mesuré sur des carottes de roc récupérées en forant à l'aide d'un carottier à diamants à double ou triple tube de calibre NQ ou plus grand (diamètre de la carotte de 45 mm au minimum). Sur une carotte donnée, on additionne les longueurs de tous les morceaux de rocher qui ont 100 mm de longueur ou plus. Le RQD est obtenu en divisant cette somme par la longueur totale forée et en multipliant le résultat par 100 pour l'exprimer en pourcentage.

Les morceaux de roche brisés lors de l'échantillonnage ou de la manipulation de la carotte peuvent être reconnus grâce à l'aspect des cassures qui sont irrégulières et exemptes d'altération; dans ce cas, les fragments sont réassemblés et considérés comme un seul morceau.

La méthode d'évaluation de la qualité du rocher est moins représentative pour les roches sédimentaires finement litées ou pour certaines roches métamorphiques foliées. Dans ce cas, la qualité du rocher doit être évaluée par un géologue qualifié en fonction des besoins techniques.

La qualité du rocher peut être décrite à l'aide de l'indice de qualité du rocher (RQD), tel qu'indiqué au tableau suivant :

Description de la qualité du rocher	RQD (%)
Très mauvaise qualité	< 25
Mauvaise qualité	25 – 50
Qualité moyenne	50 – 75
Bonne qualité	75 – 90
Excellente qualité	90 – 100



RAPPORT DE FORAGE

PROJET : Viaduc ferroviaire du CP au-dessus de l'autoroute 30 **FORAGE :** F-1-07
SITE : Milliaire 32.93, subdivision Adirondack, Candiac, Qc. **PAGE :** 1 DE 1
DOSSIER NO : T-1498 (604735-2222) **TUBAGE :** NW
DATE DU FORAGE : 2007-05-28 **AU :** 2007-05-28 **CAROTTIER :** NQ
NIVEAU DE RÉFÉRENCE : Géodésique **COORDONNÉES :** 5024406.57 N 303976.62 E

ÉTAT DE L'ÉCHANTILLON	TYPE D'ÉCHANTILLONNEUR	ESSAIS DE LABORATOIRE ET IN SITU	Scissomètre (Su) ◇ intact (Sur) ◆ remanié Cône suédois (Cu) ▽ intact (Cur) ▼ remanié Pén Dyn. - cône × - - - - ×
Remanié Non remanié Perdu Carotte	CF Carottier fendu TS Tube à paroi mince (Shelby) EP Échantillonneur à piston CD Carottier à diamants	AG Analyse granulométrique C Consolidation Pv Poids volumique (kN/m³) RC Résistance en compression (MPa)	

PROFONDEUR - m	STRATIGRAPHIE			ÉCHANTILLONS			TENEUR EN EAU et LIMITES (%)	ESSAIS DE LABORATOIRE ET IN SITU	PÉN. DYN. - CÔNE (coups/0.3m)					
	NIVEAU - m	PROF. - m	DESCRIPTION	SYMBOLE	NIVEAU D'EAU - m	TYPE ET NUMÉRO			ÉTAT	RÉCUPÉRATION %	N ou RQD	50	100	
	31.35	0.00	SURFACE DU TERRAIN											
1			Remblai hétérogène: Sable et silt à un peu de silt, graveleux à traces de gravier, traces d'argile, brun, lâche à compact.			CF-1	×	25	40 (NOTE)					
					CF-2	×	50	9						
2					CF-3	×	75	17						
					CF-4	×	71	30			AG			
3	28.45	2.90			Sable et gravier à un peu de gravier, silteux, traces d'argile (SM), cailloux et/ou blocs occasionnels, gris, très dense.			CF-5	×	75	90			
							CF-6	×	75	72			AG	
4							CF-7	×	68	74			AG	
5	26.42	4.93	Rocher: Shale argileux gris-noir, sans altération visible et très fissile. Plans de schistosité sub-horizontaux avec un angle de 80° à 90° par rapport à l'axe du forage. Présence de plusieurs joints sub-verticaux entre les profondeurs 6.0m à 6.7m et 9.7m à 10.3m, avec des ouvertures jusqu'à 20mm et un remplissage de silt argileux gris. Le roc est de mauvaise qualité selon les valeurs RQD mesurées.			CD-8	■	88	34					
6					CD-9	■	97	46						
7					CD-10	■	100	39			RC = 62			
8					CD-11	■	98	39						
9														
10	21.06	10.29	FIN DU FORAGE											
11			NOTE: L'échantillon CF-1 a été prélevé au moyen d'un carottier fendu d'un diamètre extérieur de 63mm (au lieu de 51mm). L'indice de pénétration pour cet échantillon diffère donc de l'indice "N" de l'essai de pénétration standard.											
12														

V:\Geotec\76\Site T-1498-BH.sly, PLOTTED: 2007-06-20 10:13hrs



RAPPORT DE FORAGE

PROJET : Viaduc ferroviaire du CP au-dessus de l'autoroute 30 **FORAGE :** F-2-07
SITE : Milliaire 32.93, subdivision Adirondack, Candiac, Qc. **PAGE :** 1 DE 1
DOSSIER NO : T-1498 (604735-2222) **TUBAGE :** NW
DATE DU FORAGE : 2007-05-29 **AU :** 2007-05-29 **CAROTTIER :** NQ3
NIVEAU DE RÉFÉRENCE : Géodésique **COORDONNÉES :** 5024397.39 N 304003.52 E

ÉTAT DE L'ÉCHANTILLON	TYPE D'ÉCHANTILLONNEUR	ESSAIS DE LABORATOIRE ET IN SITU	Scissomètre (Su) ◇ intact (Sur) ◆ remanié Cône suédois (Cu) ▽ intact (Cur) ▼ remanié Pén Dyn. - cône × - - - - - ×
Remanié Non remanié Perdu Carotte	CF Carottier fendu TS Tube à paroi mince (Shelby) EP Échantillonneur à piston CD Carottier à diamants	AG Analyse granulométrique C Consolidation Pv Poids volumique (kN/m³) RC Résistance en compression (MPa)	

PROFONDEUR - m	STRATIGRAPHIE			NIVEAU D'EAU - m	ÉCHANTILLONS			TENEUR EN EAU et LIMITES (%)	ESSAIS DE LABORATOIRE ET IN SITU	PÉN. DYN. - CÔNE (coups/0.3m)		
	NIVEAU - m	PROF. - m	DESCRIPTION		SYMBOLE	TYPE ET NUMÉRO	ÉTAT			RÉCUPÉRATION %	N ou RQD	50
	31.36	0.00	SURFACE DU TERRAIN									
1			Remblai: Sable et silt brun avec un peu de gravier et des traces à un peu d'argile, lâche.		CF-1		25	33 (NOTE)				
		CF-2				50	8			AG		
2		CF-3				83	8					
	29.07	2.29	Silt et sable avec un peu de gravier à sable silteux et graveleux, traces d'argile (SM), cailloux et/ou blocs occasionnels, gris, dense à très dense.		CF-4		67	53				
3		CF-5				50	40			AG		
4		CF-6				50	32			AG		
5		CF-7				76	59					
	26.41	4.95	Rocher: Shale argileux gris-noir, sans altération visible et très fissile. Plans de schistosité sub-horizontaux avec un angle de 80° à 90° par rapport à l'axe du forage. Plusieurs joints sub-verticaux entre les profondeurs 5.5m et 7.4m et à 9.4m. Plusieurs joints orientés à 30° par rapport à l'axe de forage entre 7.7m et 8.3m. La majorité des joints sont remplis de silt argileux gris et atteignent jusqu'à 30mm. Le roc est de mauvaise à très mauvaise qualité jusqu'à 9.0m et devient de moyenne qualité par la suite, selon les valeurs RQD mesurées.		CD-8		94	13				
6		CD-9				62	0					
7		CD-10				100	47			RC = 98		
8		CD-11				98	57					
	21.15	10.21	FIN DU FORAGE									
11			NOTE: L'échantillon CF-1 a été prélevé au moyen d'un carottier fendu d'un diamètre extérieur de 63mm (au lieu de 51mm). L'indice de pénétration pour cet échantillon diffère donc de l'indice "N" de l'essai de pénétration standard.									

V:\Geotec\76\Sivier\1498-BH.siv. PLOTTED: 2007-06-20 10:14hrs



Terratech

RAPPORT DE FORAGE

PROJET : Viaduc ferroviaire du CP au-dessus de l'autoroute 30 FORAGE : **F-3-07**
 SITE : Milliaire 32.93, subdivision Adirondack, Candiac, Qc. PAGE : 1 DE 1
 DOSSIER NO : T-1498 (604735-2222) TUBAGE : NW
 DATE DU FORAGE : 2007-05-29 AU 2007-05-30 CAROTTIER : NQ3
 NIVEAU DE RÉFÉRENCE : Géodésique COORDONNÉES : 5024388.27 N 304030.44 E

ÉTAT DE L'ÉCHANTILLON	TYPE D'ÉCHANTILLONNEUR	ESSAIS DE LABORATOIRE ET IN SITU	Scissomètre (Su) ◇ intact (Sur) ◆ remanié Cône suédois (Cu) ▽ intact (Cur) ▼ remanié Pén Dyn. - cône × - - - - ×
Remanié Non remanié Perdu Carotte	CF Carottier fendu TS Tube à paroi mince (Shelby) EP Échantillonneur à piston CD Carottier à diamants	AG Analyse granulométrique C Consolidation Pv Poids volumique (kN/m³) RC Résistance en compression (MPa)	

PROFONDEUR - m	STRATIGRAPHIE			ÉCHANTILLONS			TENEUR EN EAU et LIMITES (%)	ESSAIS DE LABORATOIRE ET IN SITU	PÉN. DYN. - CÔNE (coups/0.3m)				
	NIVEAU - m	PROF. - m	DESCRIPTION	SYMBOLE	NIVEAU D'EAU - m	TYPE ET NUMÉRO			ÉTAT	RÉCUPÉRATION %	N ou RQD	50	100
	31.35		SURFACE DU TERRAIN										
	0.00		Remblai: Sable brun avec des traces de silt à silteux, des traces à un peu de gravier et des traces d'argile, compact.										
1													
2													
	28.76		Sable et silt à silteux, un peu de gravier à graveleux, traces d'argile (SM), cailloux et/ou blocs occasionnels, gris, dense à très dense.										
	2.59												
3													
4													
5													
	26.40				Rocher: Shale argileux gris-noir, sans altération visible et très fissile. Plans de schistosité sub-horizontaux avec un angle de 80° à 90° par rapport à l'axe du forage. Plusieurs joints ouverts, avec remplissage de silt argileux sur 10mm à 20mm, entre 5.5m et 7.1m de profondeur. Le roc est de mauvaise à moyenne qualité jusqu'à 7.6m et devient de bonne qualité par la suite, selon les indices RQD mesurés.								
	4.95												
6													
7													
8													
9													
	21.04												
10			FIN DU FORAGE										
	10.31												
11			NOTE: L'échantillon CF-1 a été prélevé au moyen d'un carottier fendu d'un diamètre extérieur de 63mm (au lieu de 51mm). L'indice de pénétration pour cet échantillon diffère donc de l'indice "N" de l'essai de pénétration standard.										
12													

V:\Geotec\76\Sivier\1498-BH.siv PLOTTED: 2007-06-20 10:14hrs

ANNEXE B

Essais de laboratoire



ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE

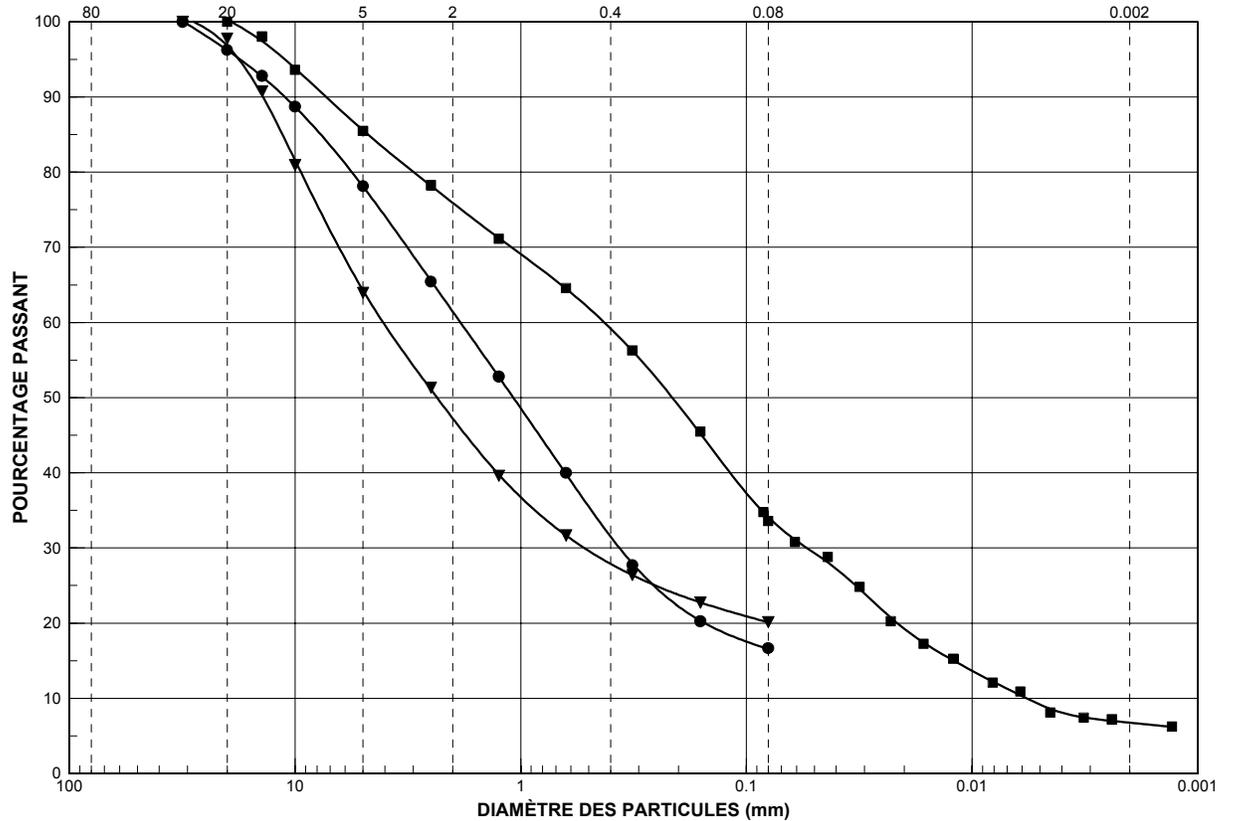
Projet : Viaduc ferroviaire du CP au-dessus de l'autoroute 30

Milliaire 32.93, subdivision Adirondack, Candiac, Qc.

Dossier : T-1498 (604735-2222)

CLASSIFICATION UNIFIÉE DES SOLS

GRAVIER		SABLE			PARTICULES FINES	
GROS	FIN	GROS	MOYEN	FIN	SILT	ARGILE



LÉGENDE	GRAVIER (%)	SABLE (%)	PARTICULES FINES (%)
●—●	21.9	61.6	16.5
■—■	14.4	51.5	34.1
▼—▼	35.7	44.2	20.1

LÉGENDE	20mm	5mm	2mm	0.4mm	0.08mm	0.002mm	D10	D30	D60	Cu	Cc
●—●	96.2	78.1	61.4	31.5	16.5	--	--	0.3655	1.8507	--	--
■—■	100.0	85.6	75.9	59.2	34.1	6.7	0.0057	0.0540	0.4267	74.390	1.191
▼—▼	96.8	64.3	47.2	27.9	20.1	--	--	0.5240	4.0746	--	--

LÉGENDE	SONDAGE	ÉCH.	PROF. (m)	DESCRIPTION	UNIFIÉE
●—●	F-1-07	CF-4	2.32 - 2.93	Sable graveleux, un peu de silt	SM
■—■	F-1-07	CF-5	3.05 - 3.66	Sable silteux, un peu de gravier, traces d'argile	SM
▼—▼	F-1-07	CF-7	4.57 - 5.06	Sable et gravier, silteux	SM



ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE

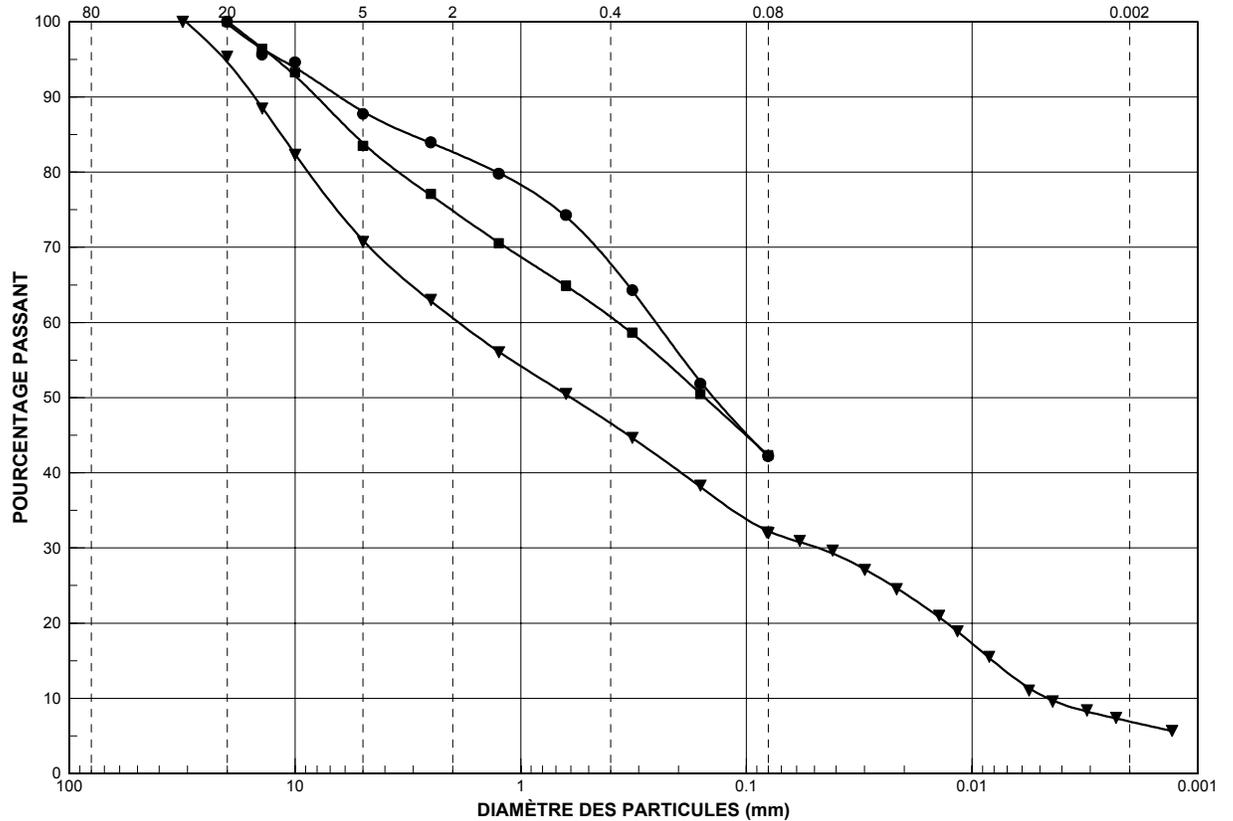
Projet : Viaduc ferroviaire du CP au-dessus de l'autoroute 30

Milliaire 32.93, subdivision Adirondack, Candiac, Qc.

Dossier : T-1498 (604735-2222)

CLASSIFICATION UNIFIÉE DES SOLS

GRAVIER		SABLE			PARTICULES FINES	
GROS	FIN	GROS	MOYEN	FIN	SILT	ARGILE



LÉGENDE	GRAVIER (%)	SABLE (%)	PARTICULES FINES (%)
●—●	11.9	46.0	42.1
■—■	16.1	41.5	42.3
▼—▼	29.1	38.7	32.2

LÉGENDE	20mm	5mm	2mm	0.4mm	0.08mm	0.002mm	D10	D30	D60	Cu	Cc
●—●	99.7	88.1	82.7	67.8	42.1	--	--	--	0.2519	--	--
■—■	100.0	83.9	74.9	60.8	42.3	--	--	--	0.3702	--	--
▼—▼	94.6	70.9	60.6	46.6	32.2	6.9	0.0046	0.0481	1.8887	408.819	0.265

LÉGENDE	SONDAGE	ÉCH.	PROF. (m)	DESCRIPTION	UNIFIÉE
●—●	F-2-07	CF-2	0.76 - 1.37	Sable et silt, un peu de gravier	SM
■—■	F-2-07	CF-4	2.29 - 2.90	Silt et sable, un peu de gravier	SM
▼—▼	F-2-07	CF-6	3.81 - 4.42	Sable silteux et graveleux, traces d'argile	SM



ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE

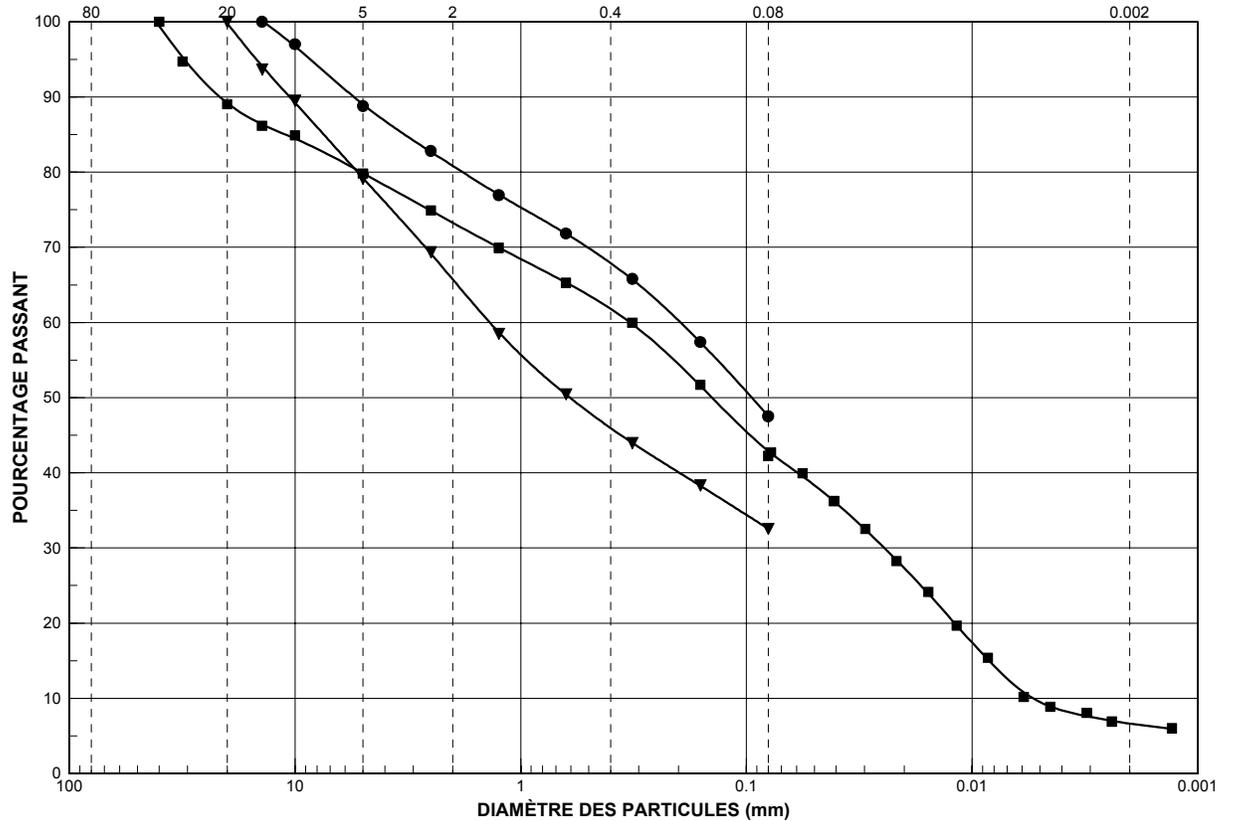
Projet : Viaduc ferroviaire du CP au-dessus de l'autoroute 30

Milliaire 32.93, subdivision Adirondack, Candiac, Qc.

Dossier : T-1498 (604735-2222)

CLASSIFICATION UNIFIÉE DES SOLS

GRAVIER		SABLE			PARTICULES FINES	
GROS	FIN	GROS	MOYEN	FIN	SILT	ARGILE



LÉGENDE	GRAVIER (%)	SABLE (%)	PARTICULES FINES (%)
●—●	11.0	41.5	47.5
■—■	20.1	37.0	42.9
▼—▼	20.8	46.7	32.5

LÉGENDE	20mm	5mm	2mm	0.4mm	0.08mm	0.002mm	D10	D30	D60	Cu	Cc
●—●	100.0	89.0	80.8	67.9	47.5	--	--	--	0.1957	--	--
■—■	89.2	79.9	73.3	61.8	42.9	6.6	0.0054	0.0245	0.3274	60.973	0.341
▼—▼	99.8	79.2	65.7	46.0	32.5	--	--	--	1.3726	--	--

LÉGENDE	SONDAGE	ÉCH.	PROF. (m)	DESCRIPTION	UNIFIÉE
●—●	F-3-07	CF-3	1.52 - 2.13	Silt et sable, un peu de gravier	SM
■—■	F-3-07	CF-4	2.29 - 2.90	Silt et sable, un peu de gravier, traces d'argile	SM
▼—▼	F-3-07	CF-6	3.81 - 4.22	Sable silteux et graveleux	SM

ANNEXE C
Photographies des carottes
de rocher



Photo 1
Carottes de rocher récupérées dans le forage F-1-07



Photo 2
Carottes de rocher récupérées dans le forage F-2-07

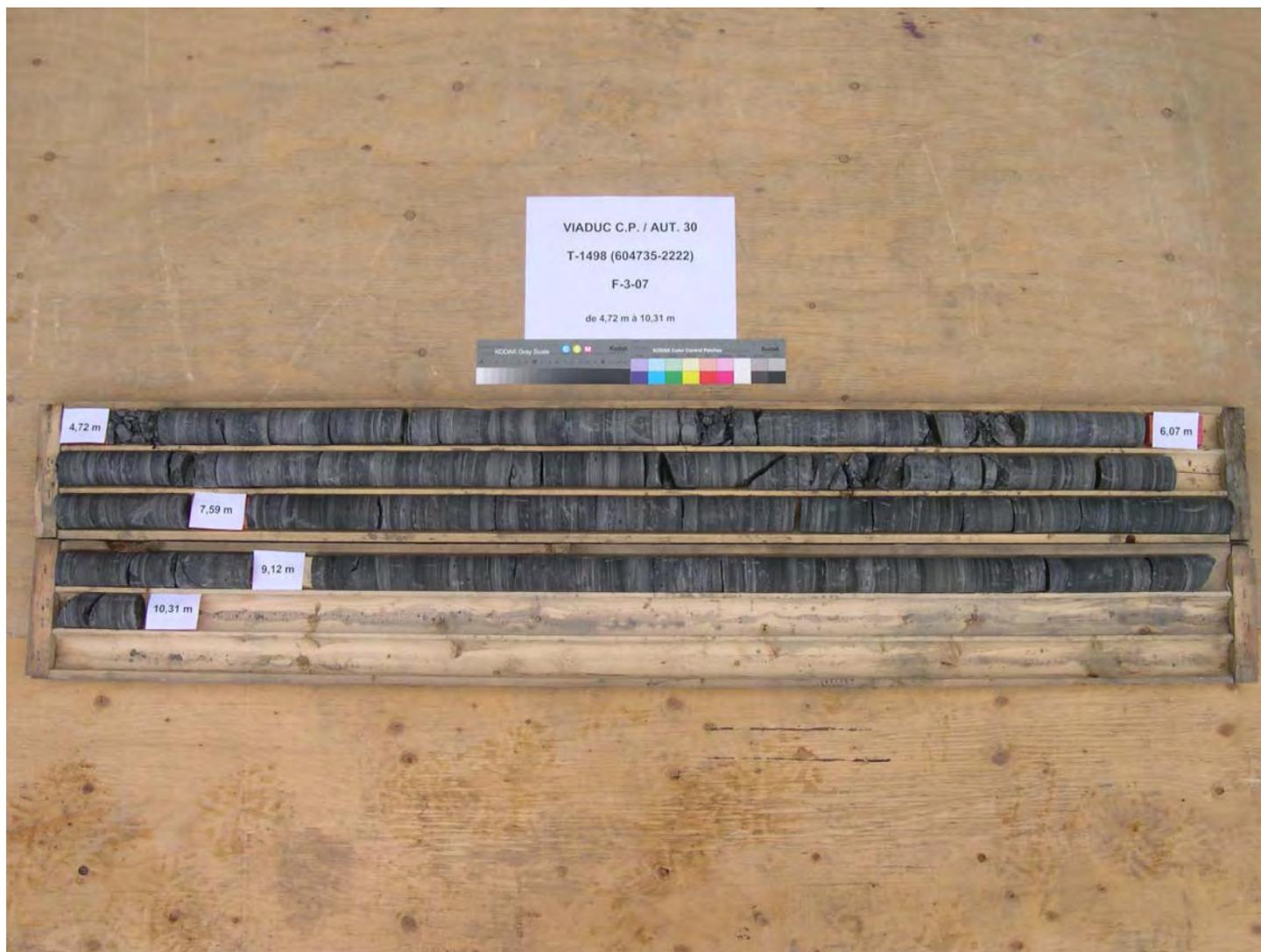
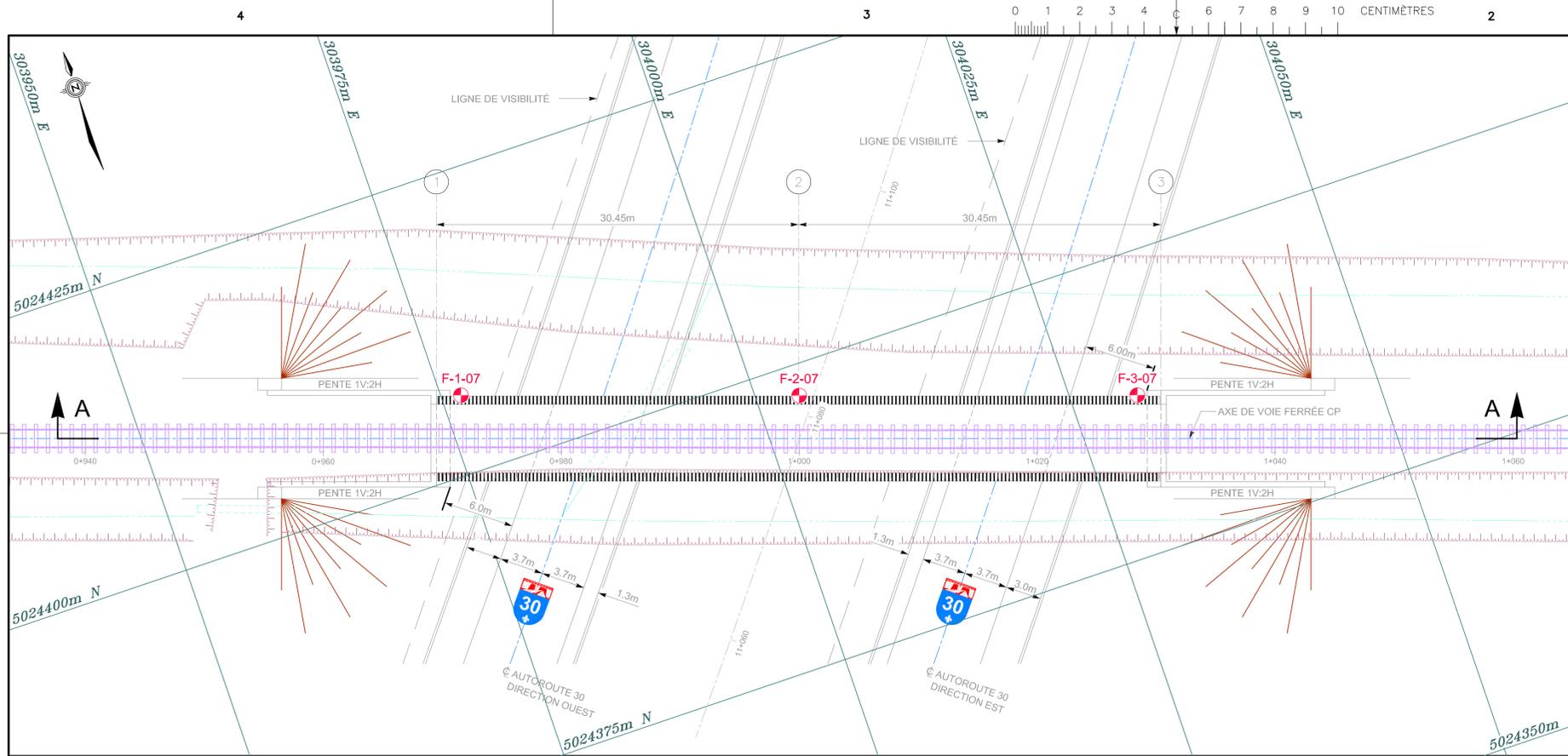


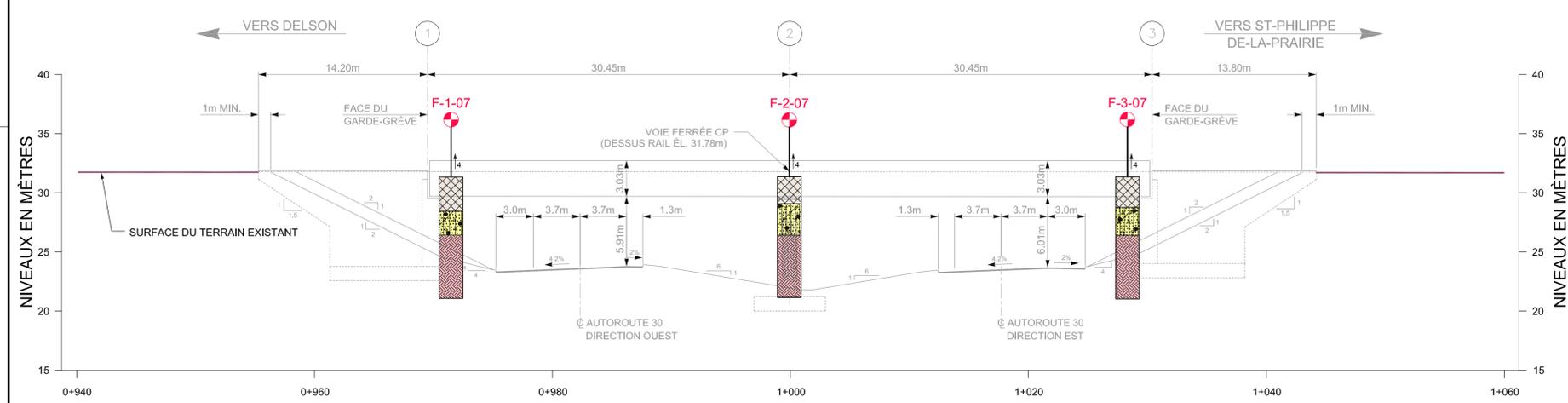
Photo 3
Carottes de rocher récupérées dans le forage F-3-07

ANNEXE D

**Dessin T-1498-2222-4GDD-0001 :
Emplacement des forages**



VUE EN PLAN



COUPE A-A

LÉGENDE

FORAGE

DISTANCE EN ARRIÈRE DE L'AXE DE LA COUPE (EN MÈTRES)

STRATIGRAPHIE SIMPLIFIÉE

- REMBLAI
- SOLS PULVÉRULENTS DENSES À TRÈS DENSES
- ROCHER

SYMBOLES STRATIGRAPHIQUES

- REMBLAI
- SOL ORGANIQUE
- ARGILE
- SILT
- SABLE
- GRAVIER
- CAILLOUX OU BLOCS
- ROCHER

- NOTES**
- La stratigraphie montrée sur la coupe du présent dessin est simplifiée. Pour une description plus précise de la stratigraphie, se référer aux rapports de forage.
 - Les données concernant les différentes couches ont été obtenues aux emplacements des forages seulement. La stratigraphie du sol entre les forages peut être différente de celle montrée.
 - Les niveaux montrés sur ce dessin sont en mètres et en référence au système géodésique.
 - Les coordonnées planimétriques montrés sur ce dessin sont en référence au système SCoPQ (NAD 83).
 - Ce dessin doit être lu conjointement avec le rapport qui l'accompagne.

REGISTRE D'ÉMISSION DU DESSIN			
No. ÉMS.	REV.	DATE (A/M/J)	BUT DE L'ÉMISSION
1	0	2007-06-22	ÉMIS AVEC LE RAPPORT T-1498

REGISTRE DES RÉVISIONS			
No.	DESCRIPTION DE LA RÉVISION	DATE (A/M/J)	INITIALES: * CONÇU ** APPROUVÉ

SNC-Lavalin / Genivar
 AUTOROUTE 30
 VOIE FERRÉE CP / AUTOROUTE 30
 PLAN D'ENSEMBLE

DESSINS DE RÉFÉRENCE

PRÉPARATION	APPROBATION
CONÇU Y. Descôteaux, ing., M.Ing.	INGÉNIEUR DE DISCIPLINE DU PROJET
DESSINÉ R. Anderson	DIRECTEUR DE L'INGÉNIEURIE DU PROJET
VERIFIÉ Y. Descôteaux, ing., M.Ing.	
DATE 2007-06-06	CLIENT
ÉCHELLE 1 : 250	

PROJET PARACHÈVEMENT DE L'AUTOROUTE 30				
TITRE PONT D'ÉTAGEMENT DU C.P. AU-DESSUS DE L'AUTOROUTE 30 VUE EN PLAN ET COUPE STRATIGRAPHIQUE A-A				
No. PROJET	SUBDIVISION	SUJET	SÉRIE	REV.
T-1498	2222	4G_DD	0001	0

DERNIERE SAUVEGARDE: 2007/06/21 - 3:14pm
 CHEMIN: Z:\604735\T-1498\4C\T-1498-1.dwg



www.snclavalin.com/terratech

**TERRATECH, division de
SNC-Lavalin Environnement inc.
455, boul. René-Lévesque Ouest
Montréal (Québec)
H2Z 1Z3 Canada
Téléphone: 514-393-1000
Télécopieur: 514-393-9540**