



GRUPE QUALITAS INC.
9605, rue Ignace, bureau F
Brossard (Québec)
Canada J4Y 2P3
www.qualitas.qc.ca

Tél. : 450-619-9090
Télééc. : 450-619-9191

MINISTÈRE DES TRANSPORTS DU QUÉBEC
DIRECTION DE L'OUEST-DE-LA-MONTÉRÉGIE
180, boulevard d'Anjou, bureau 200
Châteauguay (Québec) J6K 1C4

ÉTUDE GÉOTECHNIQUE

**Pont d'étagement de la route 236
Au-dessus de la voie ferrée de
CSX Transportation
Beauharnois, Québec**

DOSSIER N° : B16488L-07
RÉFÉRENCE N° : G06268-3A-rap-001

DÉCEMBRE 2008

DISTRIBUTION : M. Daniel Robert, ing. (MTQ) (2 copies)
M. François Routhier, ing. (Coentreprise Tecsub - Séguin) (1 copie)



GRUPE QUALITAS INC.
9605, rue Ignace, bureau F
Brossard (Québec)
Canada J4Y 2P3
www.qualitas.qc.ca

Tél. : 450-619-9090
Télec. : 450-619-9191

Le 22 décembre 2008

Monsieur Daniel Robert, ing.
Ministère des Transports du Québec
Direction de l'Ouest-de-la-Montérégie
180, boulevard D'Anjou
Châteauguay (Québec) J6K 1C4

Notre dossier n° : B16488L-07
Référence n° : G06268-3A-rap-001

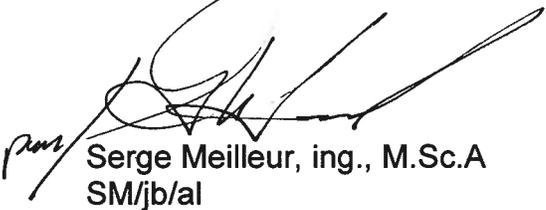
**Objet : Étude géotechnique
Pont d'étagement de la route 236 au-dessus de la voie ferrée de CSX
Transportation
Beauharnois, Québec**

Monsieur,

Veillez trouver ci-joint le rapport de l'étude géotechnique effectuée par le Groupe Qualitas dans le cadre du projet mentionné en titre.

Nous espérons le tout à votre entière satisfaction et vous prions d'agréer, Monsieur, l'expression de nos sentiments les meilleurs.

GRUPE QUALITAS INC.


Serge Meilleur, ing., M.Sc.A
SM/jb/al

p.j.

c.c. M. François Routhier, ing. (Coentreprise Tecsuit - Séguin)

TABLE DES MATIÈRES

	<u>Page</u>
1	INTRODUCTION..... 1
2	MÉTHODE DE LA RECONNAISSANCE 3
2.1	Sondages 3
2.2	Travaux d'arpentage..... 6
2.3	Travaux en laboratoire..... 6
3	NATURE ET CARACTÉRISTIQUES DES SOLS ET DU ROC 8
3.1	Remblai 8
3.2	Sol organique 8
3.3	Argile silteuse 10
3.3.1	Épaisseur du dépôt d'argile..... 10
3.3.2	Propriétés physiques du dépôt d'argile 10
3.3.3	Propriétés mécaniques du dépôt d'argile 12
3.4	Till..... 15
3.5	Roc 16
3.5.1	Description structurale du roc 16
3.5.2	Indice de qualité du roc 17
3.5.3	Caractéristiques physiques et mécaniques du roc..... 17
3.5.4	Classification géomécanique du massif de roc 19
3.5.5	Module de déformation du massif de roc 19
3.6	Eau souterraine 19
4	COMMENTAIRES ET RECOMMANDATIONS 21
4.1	Travaux projetés..... 21
4.2	Résumé des propriétés géotechniques du site..... 22
4.3	Remblais d'approche aux culées..... 23
4.3.1	Stabilité des remblais d'approche et du sol de fondation 24
4.3.2	Tassement du dépôt d'argile et des remblais d'approche 36
4.3.3	Drains verticaux 39
4.3.4	Construction des remblais d'approche 43
4.3.5	Auscultation des remblais et du dépôt d'argile..... 44
4.4	Poussées des terres sur les culées 45
4.5	Protection contre les effets du gel 46
4.6	Fondation des culées et des piliers 46
4.6.1	Capacité axiale des caissons forés 47
4.6.2	Capacité et déformation latérale des caissons forés..... 54
4.6.3	Aspect sismique 57
4.7	Potentiel d'utilisation des matériaux excavés pour le remblayage..... 58
4.8	Chaussée routière 60
4.8.1	Préparation de l'infrastructure 60
4.8.2	Dimensionnement de la chaussée routière 60
5	VALIDITÉ DES RÉSULTATS DE L'ÉTUDE 68

TABLE DES MATIÈRES

(suite)

LISTE DES FIGURES

Page

FIGURE 1A	-	Définition des paramètres géométriques remblai avec banquettes latérales en argile compactée et matériaux pulvérulents	27
FIGURE 1B	-	Définition des paramètres géométriques - Remblai avec banquettes latérales en matériaux pulvérulents.....	27
FIGURE 2	-	Banquette stabilisatrice en argile déposée en vrac.....	31
FIGURE 3A	-	Coupe longitudinale derrière les culées remblai avec banquettes sous chaussée – 1 ^{re} étape	34
FIGURE 3B	-	Coupe longitudinale derrière les culées remblai avec banquettes – 2 ^e étape.....	35
FIGURE 4	-	Conditions d'installation des drains verticaux (sens transversal).....	41
FIGURE 5	-	Coefficient « n » de répartition des charges	50
FIGURE 6	-	Exigences de compactage masse volumique vs teneur en eau.....	59
FIGURE 7	-	Chaussée et transition	65

LISTE DES TABLEAUX

Page

TABLEAU 1	-	Informations sur les sondages	4
TABLEAU 2	-	Essais en laboratoire	7
TABLEAU 3	-	Résumé de la stratigraphie à l'emplacement des sondages.....	9
TABLEAU 4	-	Propriétés physiques de l'argile silteuse	11
TABLEAU 5	-	Résultats des essais de consolidation	13
TABLEAU 6	-	Valeurs pertinentes des coefficients de consolidation	15
TABLEAU 7	-	Indice de qualité du roc (RQD)	17
TABLEAU 8	-	Résultats des essais de laboratoire caractéristiques du roc	18
TABLEAU 9	-	Niveau de l'eau souterraine	20
TABLEAU 10	-	Largeur et hauteur requises des banquettes en matériaux pulvérulents (fossés de 1 et 0,5 m de profondeur) (1 ^{re} étape de construction).....	28
TABLEAU 11	-	Largeur et hauteur requises des banquettes en matériaux pulvérulents (absence de fossé) (1 ^{re} étape de construction) ...	29
TABLEAU 12	-	Niveau maximal du remblai banquettes en matériaux pulvérulents (2 ^e étape de construction).....	30
TABLEAU 13	-	Largeur et hauteur requises des banquettes en argile déposée en vrac (fossés de 1 et 0,5 m de profondeur) (1 ^{re} étape de construction).....	32

TABLE DES MATIÈRES

(suite)

LISTE DES TABLEAUX

Page

TABLEAU 14	-	Largeur et hauteur requises des banquettes en argile déposée en vrac (absence de fossé) (1 ^{re} étape de construction)	33
TABLEAU 15	-	Estimation des tassements du remblai (1 ^{re} étape de construction)	37
TABLEAU 16	-	Estimation des tassements additionnels du remblai (2 ^e étape de construction).....	38
TABLEAU 17	-	Coefficient de réaction horizontale dans le roc « K _r »	57
TABLEAU 18	-	Hypothèses de conception structurale.....	61
TABLEAU 19	-	Hypothèses de conception thermique.....	62
TABLEAU 20	-	Structure de chaussée proposée tronçons situés à l'extérieur des sections de remblai en polystyrène construction de la route 236 P.K. 42+100 au P.K. 42+900 (4,0 millions d'ÉCAS).....	63
TABLEAU 21	-	Structure de chaussée proposée tronçons situés au-dessus des sections de remblai en polystyrène	64

LISTE DES ANNEXES

Nombre
de pages

ANNEXE 1	-	Portée de l'étude.....	1
ANNEXE 2	-	Rapports de sondage	37
ANNEXE 3	-	Résultats des essais de laboratoire	9
ANNEXE 4	-	Données structurales et photographies du roc	22
ANNEXE 5	-	Résultats graphiques des analyses de stabilité	10
ANNEXE 6	-	Méthode de calcul de la résistance latérale d'un pieu dans l'argile	7
ANNEXE 7	-	Méthode de calcul de la résistance latérale d'un pieu dans le sable	7
ANNEXE 8	-	Impact des travaux sur la stabilité des pylônes d'Hydro-Québec.....	2
ANNEXE 9	-	Influence of the road backfill on the stability of CSX Transportation railroad.....	2
ANNEXE 10	-	Dessins – Localisation et rapports des sondages.....	7

1 INTRODUCTION

Les services de Groupe Qualitas (Qualitas), ont été retenus par la direction de l'Ouest de la Montérégie du ministère des Transports du Québec (MTQ) pour effectuer une étude géotechnique complémentaire sur un tronçon de la route 236 projetée, relativement à des travaux de construction d'un pont d'étagement au-dessus de la voie ferrée de CSX Transportation (CSX), dans le cadre global du projet de relocalisation de la route 236, entre l'autoroute 30 et la route 132 à Beauharnois. L'étude a été effectuée conformément aux termes de la proposition de service professionnel n° PB-08-0214 du 25 septembre 2008.

Cette étude a été effectuée dans le but de préciser la nature et les propriétés géotechniques des sols en place afin d'orienter, dans une perspective géotechnique, l'ingénieur concepteur dans l'élaboration des plans et devis pour la construction du pont d'étagement.

Une étude géotechnique a été effectuée antérieurement par Qualitas sur le site du projet. Le rapport émis en mai 2007, porte le numéro G06268-rap-003. Dans le présent rapport, cette étude est identifiée « étude 2007 ». Les résultats pertinents obtenus lors de l'exécution de l'étude 2007 ont été utilisés dans la présente étude (étude 2008) et inclus dans ce rapport.

Le concept initial du projet, pour lequel le rapport de mai 2007 avait été préparé, consistait en la construction d'un pont d'étagement muni d'une travée et de 2 culées. Suite, entre autres, aux résultats des sondages et analyses effectués sur le site, le concept du projet a été modifié et le pont d'étagement sera muni de 3 travées et 4 appuis, soit 2 culées aux extrémités et 2 piliers centraux. Le système de fondation des 4 appuis sera constitué de caissons avec une emboiture dans le roc.

Le présent rapport comprend une description de la méthode de travail utilisée lors de la reconnaissance des sols, les résultats de l'étude ainsi que les commentaires et recommandations d'ordre géotechnique relatifs aux travaux projetés.

Ce rapport a été préparé spécifiquement et seulement pour le MTQ et les consultants mandatés par le MTQ pour la conception, soit la Coentreprise Tecslut-

Séguin (Tecsult-Séguin). Toute modification au projet doit être soumise à Qualitas, afin que soient réexaminées la portée et la pertinence de la reconnaissance des sols et des recommandations contenues dans ce rapport. La portée de l'étude est présentée à l'annexe 1.

2 MÉTHODE DE LA RECONNAISSANCE

2.1 SONDAGES

Les travaux de reconnaissance sur le terrain se sont déroulés durant 3 périodes distinctes. Pour la première campagne de reconnaissance, les travaux se sont déroulés entre le 1^{er} et le 22 novembre 2006. Ces travaux ont été effectués dans le cadre de l'étude géotechnique requise pour le concept initial pour lequel le rapport de mai 2007 a été émis (étude 2007).

Une seconde campagne de reconnaissance a été effectuée entre le 26 février et le 4 mars 2008. Elle visait à préciser l'épaisseur et les propriétés du dépôt d'argile silteuse dans le secteur du pont d'étagement et des remblais d'approche.

Finalement, suite à la modification du concept retenu pour le pont d'étagement, une troisième campagne d'exploration a été effectuée entre le 26 septembre et le 3 octobre 2008.

Les travaux de la première campagne de reconnaissance ont consisté en l'exécution de 2 forages (F-21 et F-22) et de 2 sondages au scissomètre Nilcon (SC-23 et SC-24). Des sondages au scissomètre Nilcon ont également été exécutés à proximité des 2 forages F-21 et F-22. De plus, des essais au pénétromètre dynamique au cône ont été effectués à proximité des sondages SC-23 et SC-24. Finalement, 5 sondages à la tarière manuelle, identifiés TA-3 à TA-7, ont été effectués.

Dans le cadre de l'étude complémentaire de 2008, 2 forages avec échantillonnage (F-26 et F-27) ont été effectués. Des sondages au scissomètre Nilcon ont été exécutés à proximité de ces 2 forages. Par ailleurs, 5 sondages au scissomètre Nilcon ont été effectués dans le secteur des remblais d'approche, dont 3 du côté sud (SC-30, SC-31 et SC-25) et 2 du côté nord (SC-28 et SC-29). Des essais au pénétromètre dynamique au cône ont été effectués à proximité des 5 sondages au scissomètre afin de permettre d'estimer le niveau inférieur du dépôt d'argile à ces endroits.

Enfin, 4 forages, identifiés F-32 à F-35, ont été effectués à l'emplacement des 4 appuis du pont d'étagement projeté.

Tous les sondages ont été exécutés sous la surveillance constante de techniciens expérimentés en géotechnique.

Les rapports individuels des sondages sont présentés à l'annexe 2 du présent rapport. Le tableau 1 ci-après présente les principales informations au sujet des sondages effectués.

TABLEAU 1
INFORMATIONS SUR LES SONDAGES

SONDAGE N°	P.K.	DISTANCE DE L'AXE DE CENTRE	COORDONNÉES SCOPQ NAD 83		NIVEAU DE LA SURFACE DU TERRAIN (z) (m)	PROFONDEUR ATTEINTE (m)
			Est (x)	Nord (y)		
Étude 2007						
TA-3	42+194	23 m Gauche	273 801	5 017 790	40,29	2,00
TA-4	42+294	25 m Gauche	273 783	5 017 889	40,19	2,00
F-22	42+502	33 m Gauche	273 743	5 018 093	41,01	14,35
SC-24	42+522	12 m Gauche	273 760	5 018 116	41,01	10,67
SC-23	42+553	37 m Gauche	273 730	5 018 143	40,75	11,02
F-21	42+569	18 m Gauche	273 747	5 018 162	41,24	14,20
TA-5	42+793	25 m Gauche	273 704	5 018 382	40,85	1,50
TA-6	42+895	16 m Gauche	273 683	5 018 475	41,59	1,50
TA-7	43+000	2 m Gauche	273 640	5 018 569	41,60	1,50
Étude 2008						
SC-30	42+202	1 m Gauche	273 821	5 017 801	40,05	16,41
SC-31	42+301	Centre	273 806	5 017 899	40,26	14,88
SC-25	42+405	1 m Droite	273 791	5 018 002	40,12	13,18
F-26	42+530	1 m Droite	273 771	5 018 126	40,98	12,04
F-27	42+591	Centre	273 761	5 018 186	42,28	14,43
SC-28	42+701	49 m Droite	273 792	5 018 302	41,03	8,81
SC-29	42+800	1 m Gauche	273 726	5 018 391	46,27	12,47
F-32	42+493	Centre	273 775	5 018 098	41,04	20,27
F-33	42+534	2 m Droite	273 773	5 018 130	40,95	23,01
F-34	42+590	1 m Gauche	273 760	5 018 185	41,68	24,46
F-35	42+623	Centre	273 756	5 018 218	47,96	27,64

Dans les sondages TA-3 à TA-7, des échantillons de sol remaniés ont été prélevés de façon continue au moyen d'une tarière manuelle à godet de 51 mm de diamètre.

Les 4 forages F-21, F-22, F-26 et F-27 ont été exécutés à l'aide d'une foreuse hydraulique de marque Diedrich, modèle D-50. Les forages F-32 à F-35 ont été exécutés à l'aide d'une foreuse hydraulique de marque CME, modèle CM-55. L'avancement des forages a été effectué par la rotation simultanée de tubes de calibre « NW » et d'un trépan à molettes.

Dans les forages F-21, F-22, F-26 et F-27, entre les descentes de tubes, des échantillons de sols remaniés ont été prélevés au moyen d'un carottier fendu normalisé de 51 mm de diamètre extérieur. Cette procédure permet d'obtenir l'indice de pénétration « N » qui indique l'état de compacité des sols pulvérulents. Dans le dépôt d'argile, 10 échantillons intacts ont été prélevés au moyen des tubes à paroi mince fixés à un échantillonneur de type « Shelby ». Dans les forages F-32 à F-35, aucun échantillon de sol n'a été prélevé car l'objectif de ces forages était la caractérisation du roc.

Le roc a été atteint dans les 4 forages F-21, F-22, F-26 et F-27. Il a été carotté à l'aide d'un tube carottier à paroi double de calibre NQ sur des longueurs comprises entre 1,47 m (F-26) et 3,45 m (F-22). Dans les forages F-32 à F-35, le roc été carotté à l'aide d'un carottier à paroi triple de calibre NQ-3 sur des longueurs d'environ 10 m aux forages F-32 et F-35, localisés aux culées, et environ 12,5 m aux forages F-33 et F-34, localisés aux piliers centraux.

La résistance au cisaillement non drainé de l'argile a été mesurée dans 11 sondages à des intervalles de 1,0 m sur toute l'épaisseur du dépôt d'argile.

Finalement, 4 piézomètres hydrauliques de type Casagrande, constitués d'un tube de plastique muni d'une pointe poreuse, ont été installés dans les formations sous-jacentes au dépôt d'argile aux forages F-21, F-22, F-26 et F-27.

2.2 TRAVAUX D'ARPENTAGE

La localisation et le nivellement des sondages ont été effectués sur le terrain, en coordonnées x, y et z dans le système SCOPQ (NAD 83), par le personnel de Qualitas.

Lors de l'étude géotechnique de 2007, la localisation, en coordonnées x et y, a été effectuée à l'aide d'un appareil de positionnement GPS de marque Trimble, modèle GEOXT à partir de plans d'implantation transmis par Tecsalt-Séguin. Ces plans portent les numéros TA20-5400-9301-X2-3, dessins 4/10 et 5/10, et sont datés du 19 mai 2006. Pour l'étude 2008, l'appareil de positionnement GPS utilisé était de marque SX Blue Mapper 400, d'une précision de l'ordre d'un mètre.

Le niveau de la surface du terrain à l'emplacement de chacun des sondages, coordonnée z, se réfère à un repère de niveau géodésique du ministère des Ressources naturelles et de la Faune du Gouvernement du Québec. Le repère utilisé est localisé dans le secteur sud-est de la boucle ferroviaire projetée sur le chemin d'accès à l'usine Alcan. Il s'agit d'une tige de fer munie d'une couronne et enfoncée dans le sol. Il porte le numéro 86K0964 et son niveau est 41,807 m.

Les emplacements des sondages sont indiqués sur le dessin *Localisation des sondages* de l'annexe 10, préparé à partir d'un fichier informatique transmis par le représentant de Tecsalt-Séguin. Le plan inclut 30 feuillets et est daté du 25 novembre 2008. Il porte le numéro de projet 154-93-1408 et le numéro d'identification technique CH-8707-154-93-1408-5.

2.3 TRAVAUX EN LABORATOIRE

Tous les échantillons prélevés dans les sondages ont été transportés au laboratoire de géotechnique, où ils ont fait l'objet d'un examen visuel et d'une description détaillée. Des échantillons représentatifs des sols en place ont été soumis aux analyses en laboratoire indiquées au tableau 2.

TABLEAU 2
ESSAIS EN LABORATOIRE

ESSAI	NOMBRE	
	Étude 2007	Étude 2008
Teneur en eau	21	4
Limites d'Atterberg	9	3
Consolidation	4	2
Poids volumique de l'argile	4	2
Extraction (tube), description visuelle et entreposage	6	4
Résistance à la compression simple du roc avec mesure du module d'élasticité	-	6
Poids volumique du roc	-	6

Les résultats de ces essais ont été utilisés pour l'identification des sols et leur description. Les résultats des limites d'Atterberg et des déterminations de la teneur en eau sont indiqués dans la colonne appropriée des rapports de sondage de l'annexe 2. Les résultats des limites d'Atterberg ont également été portés sur un abaque de plasticité aux figures 1 à 3 de l'annexe 3. Finalement, les résultats des 6 essais de consolidation sont présentés sous forme graphique aux figures 4 à 9 de l'annexe 3.

Enfin, les échantillons de roc prélevés aux forages F-32 à F-35 ont été soumis à une description structurale détaillée. Les résultats de ces descriptions sont présentés dans les tableaux de l'annexe 4. Les essais de résistance à la compression simple sur le roc ont été effectués par les Laboratoires des mines et des sciences minérales de CANMET, Ressources Naturelles Canada.

Les échantillons de roc prélevés dans le cadre de l'étude 2008, aux forages F-32 à F-35, et n'ayant pas servi aux essais seront conservés jusqu'au mois d'avril 2009. Après cette date, ils seront éliminés à moins d'avis contraire de la part du MTQ.

3 NATURE ET CARACTÉRISTIQUES DES SOLS ET DU ROC

La description détaillée des sols et du roc rencontrés dans les sondages est présentée sur les rapports individuels joints à l'annexe 2. La stratigraphie observée consiste en une couche de sol organique en surface, recouvrant un dépôt d'argile silteuse d'épaisseur variable, lequel prend appui sur un mince dépôt de till qui repose à son tour sur le roc. Au cours de l'automne 2007, un remblai, constitué principalement d'argile, a été érigé au nord de la voie ferrée et donc de la culée nord du pont d'étagement projeté. Le tableau 3 présente un aperçu de la stratigraphie en termes du niveau supérieur de chacune des formations et de leur épaisseur à l'emplacement des sondages. Par ailleurs, les sols n'ont pas été échantillonnés dans les forages F-32 à F-35, dont l'objectif unique était la caractérisation du roc.

3.1 REMBLAI

Un remblai constitué principalement d'argile silteuse avec des traces de sable a été rencontré en surface de terrain aux sondages F-27 et SC-29, où les épaisseurs respectives sont de 1,52 et 5,00 m. Dans le remblai, au forage F-27, des matières organiques ont été observées localement alors que du gravier est présent à la base. Au sondage SC-29, une couche d'enrochement a été traversée entre les profondeurs de 3,0 et 4,1 m.

3.2 SOL ORGANIQUE

Une couche de sol organique recouvre la surface à l'emplacement de tous les sondages à l'exception des sondages F-21, F-27 et SC-29. L'épaisseur de cette couche varie de 0,05 à 0,46 m.

TABLEAU 3
RÉSUMÉ DE LA STRATIGRAPHIE À L'EMPLACEMENT DES SONDAGES

SONDAGE N°	SOL ORGANIQUE OU REMBLAI		ARGILE SILTEUSE		TILL		ROC
	Niveau supérieur (m)	Épaisseur (m)	Niveau supérieur (m)	Épaisseur (m)	Niveau supérieur (m)	Épaisseur (m)	Niveau supérieur (m)
Étude 2007							
TA-3	40,29	0,05	40,24	> 1,95	-	-	-
TA-4	40,19	0,05	40,14	> 1,95	-	-	-
F-22	41,01	0,15	40,86	9,81	31,05	0,94	30,11
SC-24	41,01	0,10	40,91	9,40 ⁽¹⁾	31,51	1,17 ⁽¹⁾	-
SC-23	40,75	0,38	40,37	10,12 ⁽¹⁾	30,25	0,52 ⁽¹⁾	-
F-21	-	-	41,24	10,77	30,47	0,20	30,27
TA-5	40,85	0,05	40,80	> 1,45	-	-	-
TA-6	41,59	0,15	41,44	> 1,35	-	-	-
TA-7	41,60	0,15	41,45	> 1,35	-	-	-
Étude 2008							
SC-30	40,05	0,20	39,85	16,21 ⁽¹⁾	-	-	-
SC-31	40,26	0,10	40,16	13,90 ⁽¹⁾	26,26	0,88 ⁽¹⁾	-
SC-25	40,12	0,15	39,97	11,35 ⁽¹⁾	28,62	1,68 ⁽¹⁾	-
F-26	40,98	0,30	40,68	9,91	30,77	0,36	30,41
F-27	42,28	1,52 ⁽²⁾	40,76	10,21	30,55	0,69	29,86
SC-28	41,03	0,46	40,57	7,54 ⁽¹⁾	33,03	0,81 ⁽¹⁾	-
SC-29	46,27	5,00 ⁽²⁾	41,27	5,93 ⁽¹⁾	35,34	1,54 ⁽¹⁾	-
F-32	41,04	-	-	-	-	-	30,68
F-33	40,95	-	-	-	-	-	30,43
F-34	41,68	-	-	-	-	-	29,87
F-35	47,96	-	-	-	-	-	30,36
Notes 1 : Cette valeur doit être interprétée avec prudence puisqu'elle a été déterminée à partir des résultats de l'essai de pénétration dynamique au cône.							
2 : Remblai mis en place à l'automne 2007 au nord de la voie ferrée.							

3.3 ARGILE SILTEUSE

Le site est caractérisé par la présence dans tous les sondages d'un dépôt d'argile silteuse d'épaisseur variable rencontré le plus souvent sous la mince couche superficielle de sol organique, directement en surface dans le forage F-21 ou sous le remblai dans les sondages F-27 et SC-29.

3.3.1 Épaisseur du dépôt d'argile

Le dépôt d'argile silteuse a été traversé complètement à l'emplacement des 4 forages. Dans les autres sondages, l'épaisseur du dépôt d'argile a été déterminée de façon approximative par l'interprétation des résultats des essais au scissomètre Nilcon et des essais de pénétration dynamique au cône.

Les résultats des sondages indiquent que le dépôt d'argile a une épaisseur variable mais est de l'ordre de 10 m au droit des 2 piliers centraux projetés. Au nord de la voie ferrée, l'épaisseur du dépôt d'argile diminue graduellement à partir du pilier central nord (P.K. 42+587) pour atteindre la valeur d'environ 5,9 m au sondage SC-29 (P.K. 42+800). Par ailleurs, en direction sud à partir du pilier central sud (P.K. 42+538), l'épaisseur du dépôt d'argile augmente graduellement pour atteindre 16,2 m au sondage SC-30 (P.K. 42+202).

Enfin, le niveau de la surface du terrain naturel varie d'environ 1,5 m entre les extrémités sud et nord du tronçon à l'étude de part et d'autre du pont d'étagement projeté. En effet, le niveau du terrain à l'extrémité sud du terrain est d'environ 40,0 m alors qu'il atteint environ le niveau 41,5 m à l'extrémité nord.

3.3.2 Propriétés physiques du dépôt d'argile

Des essais en laboratoire ont été effectués sur plusieurs échantillons sélectionnés provenant du dépôt d'argile silteuse afin d'en déterminer les propriétés physiques. Le tableau 4 résume les résultats de ces essais, lesquels sont présentés sur les abaques de plasticité aux figures 1 à 3 de l'annexe 3.

TABLEAU 4
PROPRIÉTÉS PHYSIQUES DE L'ARGILE SILTEUSE

SONDAGE N°	ÉCH. N°	PROF. (m)		Teneur en eau w (%)	Limites d'Atterberg			Indice de liquidité I _L	Poids volumique γ (kN/m ³)	Classification ASTM D 2487
		de	à		Limite de liquidité w _L (%)	Limite de plasticité w _p (%)	Indice de plasticité I _p (%)			
Étude 2007										
F-21	CF-3	1,52	2,13	45	-	-	-	-	-	-
	CF-4	3,05	3,66	51	63	25	38	0,7	-	CH
	TM-6	5,33	5,94	72	65	24	41	1,2	14,8	CH
	TM-8	7,62	8,23	63	63	22	41	1,0	16,4	CH
	TM-9	9,14	9,70	51	57	23	34	0,8	16,7	CH
F-22	CF-3	1,52	2,13	39	-	-	-	-	-	-
	TM-4	3,05	3,66	57	78	25	53	0,6	17,2	CH
	CF-5	4,57	5,18	65	-	-	-	-	-	-
	TM-6	5,49	6,10	71	73	24	49	1,0	-	CH
	TM-9	8,53	9,14	66	67	24	43	1,0	-	CH
TA-3	VR-1	0,05	0,30	40	-	-	-	-	-	-
	VR-2	0,30	0,60	44	80	32	48	0,3	-	CH
TA-4	VR-1	0,05	0,30	36	-	-	-	-	-	-
	VR-3	0,60	0,90	42	-	-	-	-	-	-
TA-5	VR-1	0,05	0,30	43	-	-	-	-	-	-
	VR-3	0,60	0,90	41	-	-	-	-	-	-
TA-6	VR-2	0,30	0,60	38	-	-	-	-	-	-
	VR-3	0,60	0,90	36	81	28	53	0,2	-	CH
	VR-4	0,90	1,20	39	-	-	-	-	-	-
TA-7	VR-2	0,30	0,60	46	-	-	-	-	-	-
	VR-3	0,60	0,90	42	-	-	-	-	-	-
Étude 2008										
F-26	TM-4	4,88	5,49	67	69	23	46	1,0	-	CH
	TM-5	6,10	6,71	71	75	26	49	0,9	15,4	CH
F-27	TM-6	6,10	6,71	67	67	24	43	1,0	15,9	CH
	TM-7	7,62	8,23	77	-	-	-	-	-	-

Les résultats indiqués au tableau 4 permettent de formuler les commentaires suivants :

- de façon générale, les valeurs de la teneur en eau (w), mesurées jusqu'à la profondeur d'environ 3 m, varient de 36 à 46 % et sont inférieures à celles de la limite de liquidité (w_L);
- à partir de profondeurs de l'ordre de 3 à 4 m, les valeurs de la teneur en eau varient de 51 à 77 % et sont du même ordre de grandeur que celles de la limite de liquidité (w_L). Il en résulte des valeurs de l'indice de liquidité (I_L) comprises entre 0,8 et 1,2. Ceci est indicatif d'une argile très sensible au remaniement;
- selon le système unifié de classification des sols (ASTM D 2487), il s'agit d'une argile de plasticité élevée (CH).

3.3.3 Propriétés mécaniques du dépôt d'argile

3.3.3.1 Résistance au cisaillement non drainé

La résistance au cisaillement non drainé de l'argile silteuse a été mesurée à l'aide d'un scissomètre « Nilcon » dans 11 sondages. Les résultats de ces essais constituent des profils de la résistance au cisaillement non drainé (c_u). Ces résultats sont présentés sur les rapports de sondage de l'annexe 2.

Les résultats des essais scissométriques indiquent la présence d'une « croûte » superficielle de consistance dure à raide jusqu'à une profondeur variant entre 3,0 et 4,5 m. Par la suite, l'argile est de consistance généralement ferme. Les valeurs les plus faibles de la résistance au cisaillement non drainé sont obtenues entre les profondeurs de 3,5 et 8,5 m et sont comprises entre 30 et 42 kPa. Localement, des valeurs de « c_u » de 24 et 28 kPa ont été obtenues au sondage SC-31 aux profondeurs respectives de 7 et 8 m.

3.3.3.2 Caractéristiques de consolidation

Des essais de consolidation ont été effectués sur 6 échantillons provenant des forages F-21, F-22, F-26 et F-27. Les résultats obtenus sont résumés au tableau 5 alors que les figures 4 à 9 de l'annexe 3 présentent les résultats sous forme graphique.

TABLEAU 5
RÉSULTATS DES ESSAIS DE CONSOLIDATION

PARAMÈTRES	F-21	F-21	F-21	F-22	F-26	F-27
Échantillon n°	TM-6	TM-8	TM-9	TM-4	TM-5	TM-6
Profondeur (m)	5,75	7,95	9,45	3,45	6,30	6,55 ¹
Niveau (m)	35,49	33,29	31,79	37,56	34,68	35,73
Pression de préconsolidation (σ'_p)	105	170	205	400	160	150
Pression effective (σ'_{v0})	60	73	82	46	66	60
Écart de préconsolidation ($\sigma'_p - \sigma'_{v0}$)	45	97	123	354	94	90
Indice de recompression (c_{cr})	0,03	0,03	0,04	0,005	0,07	0,03
Indice de compression (c_c)	2,31	1,08	1,09	0,78	1,66	2,29
Note 1 : Il y a présence sur le terrain d'un remblai récent de 1,5 m d'épaisseur. La profondeur de l'échantillon est d'environ 5 m à partir de la surface du dépôt d'argile.						

Il résulte que l'écart de préconsolidation ($\sigma'_p - \sigma'_{v0}$), dans la croûte superficielle, est de l'ordre de 350 kPa. Par la suite, il diminue de façon substantielle pour atteindre une valeur minimum de 90 kPa à la profondeur d'environ 5,0 à 5,5 m (niv. 35,7 m). À plus grande profondeur, cet écart de préconsolidation augmente graduellement et atteint à la base du dépôt d'argile silteuse une valeur d'environ 120 kPa dans le secteur du pont projeté.

Il convient de souligner qu'un écart de préconsolidation de 45 kPa a été obtenu des résultats d'un essai de consolidation effectué lors de l'étude de 2007 sur l'échantillon TM-6 du forage F-21. Afin de confirmer ou infirmer cette valeur faible, 2 autres essais de consolidation sur des échantillons prélevés approximativement au même

niveau ont été effectués. Il s'agit des échantillons TM-5 et TM-6 des forages respectifs F-26 et F-27. Les niveaux de prélèvement de ces 2 échantillons sont, dans l'ordre, de 34,68 et 35,73 m. Les écarts de préconsolidation respectifs obtenus sont de 94 et 90 kPa. Suite à l'obtention de ces résultats, la valeur de l'écart de préconsolidation de 45 kPa mesuré pour l'échantillon TM-6 du forage F-21 n'a pas été retenue pour les calculs.

Les résultats des essais de consolidation présentés ci-dessus ont été obtenus sur des échantillons provenant des forages localisés à l'emplacement du pont d'étagement projeté. Tenant compte de ces résultats et des profils de résistance au cisaillement relativement distincts obtenus dans les secteurs sud et nord du tronçon à l'étude, les écarts de préconsolidation ($\sigma'_P - \sigma'_{VO}$) ont été estimés pour chacun de ces 2 secteurs. C'est ainsi qu'au secteur sud du tronçon (P.K. 42+100 à 42+300), la valeur minimum de l'écart de préconsolidation a été estimée à 75 kPa. Dans le secteur nord du tronçon (P.K. 42+700 à 43+000), cette valeur a été estimée à 100 kPa.

Par ailleurs, des coefficients de consolidation (C_v) ont été mesurés à différents paliers de chargement durant les essais de consolidation. Les résultats obtenus sont présentés au tableau 6.

TABLEAU 6
VALEURS PERTINENTES DES COEFFICIENTS DE CONSOLIDATION

FORAGE N°	ÉCHANTILLON N°	PALIER DE CONTRAINTE (kPa)	COEFFICIENT DE CONSOLIDATION C_v (cm ² /s)
F-26	TM-5	172	$7,8 \times 10^{-4}$
		258	$1,6 \times 10^{-4}$
F-27	TM-6	258	$1,1 \times 10^{-4}$
		383	$6,8 \times 10^{-5}$
F-21	TM-6	114	$1,1 \times 10^{-3}$
		172	$2,7 \times 10^{-5}$
F-21	TM-8	172	$8,2 \times 10^{-3}$
		258	$1,3 \times 10^{-4}$
F-21	TM-9	258	$2,4 \times 10^{-4}$
		383	$1,0 \times 10^{-4}$
F-22	TM-4	383	$1,7 \times 10^{-3}$
		574	$3,3 \times 10^{-4}$

Il en résulte que, pour l'ensemble des paliers de chargement où le coefficient de consolidation (C_v) a été mesuré, la valeur de C_v varie de $8,2 \times 10^{-3}$ à $2,7 \times 10^{-5}$ cm²/s.

3.4 TILL

Un mince dépôt de till a été rencontré sous le dépôt d'argile silteuse et son épaisseur varie de 0,20 à 1,68 m.

La composition de la matrice du dépôt de till (particules < 35 mm) varie entre celle d'un silt sableux avec des traces de gravier et d'argile du côté fin à celle d'un sable silteux avec un peu de gravier et des traces d'argile du côté grossier. Enfin, compte tenu de l'origine glaciaire du dépôt, il est probable que des cailloux et des blocs soient présents dans ce dépôt.

3.5 ROC

Dans les 8 forages F-21, F-22, F-26, F-27 et F-32 à F-35, le roc a été atteint à des niveaux compris entre 29,86 m (F-27) et 30,68 m (F-32), soit à des profondeurs de l'ordre de 10,5 à 11 m sous la surface du terrain naturel.

Le roc rencontré dans les forages consiste en une roche sédimentaire constituée d'un grès à grain fin à moyen.

La caractérisation du massif rocheux a été effectuée en plusieurs étapes, soit

- une description structurale détaillée du roc;
- des mesures de l'indice de qualité du roc (RQD);
- des essais pour la détermination des caractéristiques mécaniques du roc.

Ces caractéristiques permettent de déterminer plusieurs paramètres, dont :

- le « RMR » (Rock Mass Rating) nécessaire à la classification géomécanique du massif rocheux;
- le module de déformation du massif rocheux « E_m » utile à la détermination du coefficient de réaction latéral du roc.

3.5.1 Description structurale du roc

Les carottes de roc prélevées aux forages F-32 à F-35 ont été soumises à une inspection et description détaillée de la part d'un géologue expérimenté de Qualitas.

La description structurale détaillée des carottes de roc est présentée aux tableaux de l'annexe 4 du présent rapport. La description inclut le nombre, le pendage, la nature et l'état des discontinuités présentes dans le roc.

Enfin, des photographies des carottes de roc prélevées sont jointes à l'annexe 4 du rapport.

3.5.2 Indice de qualité du roc

L'indice de qualité du roc (RQD) est une mesure indirecte du nombre de fractures dans le massif rocheux. Les valeurs mesurées sur les carottes de calibre NQ-3 sont présentées dans la colonne appropriée des rapports individuels des forages de l'annexe 2. Ces valeurs « RQD » de même que les profondeurs et niveaux correspondant à chaque course d'échantillonnage sont présentés dans les tableaux de description structurale du roc de l'annexe 4.

Un résumé des indices RQD en pourcentage de la longueur forée est présenté au tableau 7 ci-après.

TABLEAU 7
INDICE DE QUALITÉ DU ROC (RQD)

FORAGE N°	LONGUEUR (m)	INDICE RQD EN POURCENTAGE DE LA LONGUEUR FORÉE					RQD Moyenne pondérée
		0 à 25 %	25 à 50 %	50 à 75 %	75 à 90 %	90 à 100 %	
F-32	9,91	-	-	32 %	-	68 %	86 %
F-33	12,49	-	-	4 %	24 %	72 %	87 %
F-34	12,65	-	2 %	14 %	72 %	12 %	82 %
F-35	9,81	-	5 %	-	32 %	63 %	88 %

Selon les résultats indiqués au tableau 7, le roc est de qualité généralement bonne à excellente et localement moyenne.

3.5.3 Caractéristiques physiques et mécaniques du roc

Des carottes de roc sélectionnées au nombre de 6 ont été soumises à des essais spécifiques dans un laboratoire spécialisé. Il s'agit de la détermination de la résistance à la compression simple uniaxiale avec mesure de la déformation, du coefficient de Poisson, du module d'élasticité de la roche intacte et du poids volumique. Les résultats obtenus sont résumés au tableau 8 ci-après.

TABLEAU 8
RÉSULTATS DES ESSAIS DE LABORATOIRE
CARACTÉRISTIQUES DU ROC

ÉCHANTILLON N°	PROFONDEUR (m)	NIVEAU (m)	RÉSISTANCE À LA COMPRESSION (σ_c) (MPa)	MODULE D'ÉLASTICITÉ ROC INTACT (E_i) (GPa)	POIDS VOLUMIQUE (PV) (kN/m ³)	COEFFICIENT DE POISSON (ν)
F-33, CR-4	12,95	28,00	275	67	25,3	0,14
F-33, CR-6	15,40	25,55	272	57	25,6	0,32
F-33, CR-7	18,19	22,76	370	61	25,6	0,25
F-34, CR-4	14,94	26,74	387	65	25,6	0,24
F-34, CR-6	17,79	23,89	335	59	25,4	0,31
F-34, CR-8	20,87	20,81	276	57	25,4	0,29

Les valeurs des caractéristiques du roc retenues pour les calculs sont présentées ci-après :

- le poids volumique du roc « PV » moyen mesuré est d'environ 25,5 kN/m³;
- la résistance à la compression simple « σ_c » de la roche intacte retenue dans le présent projet est de 270 MPa. Cette valeur est déduite des résultats des essais en laboratoire, mais tient compte également de la répartition des valeurs de « σ_c » mesurées en fonction de la profondeur. Selon les indications du tableau 3.5 du *Canadian Foundation Engineering Manual, 4th Edition* (CFEM), cette valeur permet de qualifier le roc comme étant de classe R₆, soit une résistance extrêmement forte;
- le module d'élasticité moyen de la roche à l'état intact (E_i), ou module d'Young, mesuré en laboratoire, est de 61 GPa;
- le coefficient de Poisson « ν » retenu dans le présent projet est de 0,28. Cette valeur constitue la moyenne des résultats obtenus en laboratoire et qui varient de 0,24 à 0,32, en excluant la valeur de 0,14 qui de toute évidence n'est pas représentative des propriétés du roc.

3.5.4 Classification géomécanique du massif de roc

La valeur « RMR » du massif de roc (Rock Mass Rating) tel que proposée par Bieniawski, 1984¹ a été estimée à environ 56. Cette valeur « RMR » est obtenue en tenant compte de plusieurs paramètres dont la résistance à la compression simple, la valeur RQD, la qualité et l'espacement des joints et contacts lithologiques, la profondeur de la nappe ainsi que le pendage des joints et contacts lithologiques.

Selon la valeur « RMR » estimée, le massif de roc est de classe III et de qualité moyenne.

3.5.5 Module de déformation du massif de roc

La valeur du module de déformation du massif de roc « E_m » à utiliser dans le présent projet a été estimée à 8 GPa. Cette valeur a été obtenue de la relation proposée par Liang et Yang 2006 présentée dans le NCHRP².

3.6 EAU SOUTERRAINE

Des observations du niveau de l'eau souterraine ont été effectuées le 4 mars 2008 dans les piézomètres installés dans le roc aux forages F-26 et F-27. Ces mesures ont permis de déterminer le niveau piézométrique de la nappe. Le tableau 9 ci-dessous présente les résultats obtenus ainsi que ceux des lectures effectuées lors de l'étude 2007 dans les piézomètres des forages F-21 et F-22.

¹ Bieniawski, Z. T. *Rock Mechanics Design in Mining and Tunneling*, Balkema Publishers, Rotterdam, 1984, 272 p.

² NCHRP, Synthesis 360, *Rock-Socketed Shafts for Highway Structure Foundations*, 2006, p. 28.

TABLEAU 9
NIVEAU DE L'EAU SOUTERRAINE

FORAGE N°	NIVEAU D'INSTALLATION DU PIÉZOMÈTRE		EAU SOUTERRAINE	
	Profondeur (m)	Niveau (m)	Profondeur (m)	Niveau (m)
Étude 2007 (2006-12-08)				
F-21	11,60	29,64	2,45	38,79
F-22	11,50	29,51	2,20	38,81
Étude 2008 (2008-03-04)				
F-26	11,90	29,08	2,45	38,53
F-27	14,30	27,98	3,95	38,33

Enfin, il est important de souligner que le niveau de l'eau souterraine peut varier d'une saison à l'autre ou d'une année à l'autre en fonction des conditions météorologiques (pluies abondantes, fonte des neiges, sécheresse, etc.).

4 COMMENTAIRES ET RECOMMANDATIONS

4.1 TRAVAUX PROJETÉS

Les principales informations concernant les travaux de construction du pont d'étagement et des remblais d'approche ont été tirées des plans préparés par TecSult-Séguin portant l'identification technique CH-8707-154-93-1408-5, du 25 novembre 2008. Il s'agit de profils en long et de coupes transversales de la route 236 en remblai. Le projet dans ce tronçon consiste en la construction de la chaussée de la route 236 et d'un pont d'étagement. Le pont est situé au croisement de la route 236 projetée avec la voie ferrée existante de la compagnie CSX Transportation (CSX).

Les informations pertinentes obtenues des représentants de TecSult-Séguin et du MTQ relativement au projet de construction du pont d'étagement de la route 236 sont résumées ci-après :

- dans le tronçon à l'étude, le projet consiste en la construction d'un pont d'étagement d'une longueur d'environ 121 m entre les P.K. 42+502 et 42+623;
- le tronçon à l'étude, incluant le pont d'étagement et les remblais d'approche, est compris entre les P.K. 42+180 et 43+040;
- la hauteur des remblais d'approche pourrait atteindre jusqu'à environ 12 m à proximité du pont d'étagement alors que le niveau maximum de la route est d'environ 53 m;
- selon les informations fournies par le représentant de TecSult-Séguin, l'emprise de CSX est de 30,48 m (100 pi.), centrée sur la voie ferrée, laquelle est située au P.K. 42+562,8;
- le pont d'étagement sera constitué de 3 travées reposant sur 4 appuis situés à l'extérieur de l'emprise de CSX, soit 2 culées aux extrémités et 2 piliers;
- la culée sud et le pilier sud seront situés respectivement aux P.K. 42+502 et 42+538;

- le pilier nord et la culée nord seront situés respectivement aux P.K. 42+587 et 42+623;
- l'inclinaison des pentes des talus des remblais d'approche est de 1 V : 2 H;
- aucun remblayage ou banquette stabilisatrice n'est permis à l'intérieur de l'emprise de CSX, plus spécifiquement entre les 2 piliers;
- la consolidation accélérée du dépôt d'argile en place peut être envisagée;
- la partie inférieure du remblai routier sera constituée d'argile compactable sur une épaisseur généralement comprise entre 1,5 m et 2,0 m;
- le remblai récent mis en place au nord de la voie ferrée sera enlevé à l'exception de la partie inférieure constituée d'argile, laquelle a été mise en place et compactée adéquatement sur une épaisseur d'environ 1,5 m;
- des fossés de drainage sont prévus de part et d'autre du remblai routier, lesquels auront de façon générale une profondeur d'environ 1 m. Cette profondeur pourrait être diminuée localement à 0,5 m, au besoin, mais pourrait atteindre exceptionnellement 2 m par endroits;
- l'emprise latérale de la route projetée est limitée en étendue;
- un pylône d'Hydro-Québec est présent à proximité du remblai routier environ au P.K. 42+610, au nord-ouest de la voie ferrée. Ce pylône pourrait constituer un obstacle à la mise en place d'une banquette stabilisatrice de grande largeur;
- de l'argile non compactable provenant de l'excavation effectuée lors de l'exécution de la phase I du projet de la relocalisation de la route 236, est disponible en grande quantité;
- un passage d'une largeur d'environ 5 m est requis pour les besoins d'Hydro-Québec entre la voie ferrée et la culée sud. Un ponceau sera installé à cet endroit.

4.2 RÉSUMÉ DES PROPRIÉTÉS GÉOTECHNIQUES DU SITE

Le site à l'étude dans le secteur de la voie ferrée est caractérisé par la présence d'un dépôt d'argile silteuse de plasticité élevée (CH) dont l'épaisseur varie de 16,21 m au sondage SC-30 (P.K. 42+202) à 5,93 m au sondage SC-29

(P.K. 42+800). L'épaisseur du dépôt d'argile est de l'ordre de 10 m à l'emplacement du pont d'étagement. Une « croûte » superficielle de consistance dure à raide est présente jusqu'à des profondeurs variant de 3,0 à 4,5 m. Par la suite, la consistance de l'argile peut généralement être qualifiée de ferme. Dans la croûte, l'indice de liquidité (I_L) est généralement inférieur à des valeurs d'environ 0,6 à 0,7. Plus en profondeur, les valeurs de l'indice de liquidité sont comprises entre 0,8 et 1,2. Enfin, l'écart de préconsolidation ($\sigma'_p - \sigma'_{vo}$) est d'environ 350 kPa dans la croûte; il diminue à une valeur minimum de 90 kPa à la profondeur d'environ 5,5 m, pour augmenter graduellement par la suite jusqu'à environ 120 kPa à la base du dépôt d'argile.

Sous l'argile, un mince dépôt de till est présent. Il prend appui sur le roc, lequel a été atteint à des niveaux compris entre 29,86 m (F-27) et 30,68 m (F-32), soit à des profondeurs de l'ordre de 10,5 à 11 m sous la surface du terrain naturel.

Le roc a été caractérisé de façon détaillée et plusieurs caractéristiques physiques et mécaniques ont été déterminées. Il résulte que selon la classification géomécanique du roc, celui-ci serait de classe III et est donc de qualité moyenne. Les résultats détaillés de la caractérisation du roc sont présentés à la section 3.5 et à l'annexe 4 de ce rapport.

Le 8 décembre 2006, le niveau de l'eau souterraine mesuré à l'endroit des forages F-21 et F-22 était de l'ordre de 38,8 m alors que le niveau de l'eau souterraine à l'endroit des forages F-26 et F-27, le 4 mars 2008, était d'environ 38,4 m. Il n'existerait donc aucun gradient hydraulique dans le dépôt d'argile silteuse et en conséquence, il s'agirait d'un régime hydrostatique.

4.3 REMLAIS D'APPROCHE AUX CULÉES

La hauteur maximale des remblais d'approche aux 2 culées par rapport à la surface du terrain naturel peut atteindre jusqu'à environ 12 m à la culée sud et 11 m à la culée nord.

Les pentes latérales des remblais d'approche seront profilées avec une inclinaison de 1 V : 2 H. Dans le cas présent, le remblai s'appuiera sur un dépôt d'argile silteuse compressible de consistance généralement ferme. Ce dépôt possède une croûte

superficielle de consistance dure à raide jusqu'à des profondeurs variant de 3,0 à 4,5 m. L'épaisseur totale du dépôt d'argile silteuse est variable et est d'environ 10 m dans le secteur du pont.

La construction des remblais d'approche et des autres ouvrages nécessite de tenir compte du phénomène de rupture par cisaillement de l'argile sous le poids du remblai tout en limitant l'amplitude des déformations des sols de fondation à des valeurs acceptables. Le but est de permettre un comportement adéquat des ouvrages. La conception des ouvrages et les méthodes de construction retenues doivent donc tenir compte des résultats des calculs relativement à ces 2 phénomènes, lesquels sont discutés ci-après de façon distincte.

4.3.1 Stabilité des remblais d'approche et du sol de fondation

Tel que mentionné précédemment, l'accès au tablier du pont nécessitera un remblai d'approche d'une hauteur maximale pouvant atteindre environ 12 m, comme c'est le cas à proximité de la culée sud. Un remblai constitué de matériaux pulvérulents ($\gamma = 21 \text{ kN/m}^3$) induira, sous le centre du remblai, une pression au sol d'environ 250 kPa. Il est également utile de signaler que la hauteur des remblais d'approche diminue graduellement en s'éloignant des culées jusqu'à atteindre le niveau du terrain naturel. Les pressions induites au sol par les remblais varieront donc en fonction de la hauteur de ces derniers.

Des analyses de stabilité ont été effectuées pour tenir compte de diverses configurations et différents scénarios envisagés pour la construction, soit :

- présence à la base du remblai routier et des banquettes stabilisatrices d'une couche d'argile compactée de 1,5 m d'épaisseur ($\gamma = 16 \text{ kN/m}^3$);
- banquettes stabilisatrices totalement en matériaux pulvérulents ($\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$);
- utilisation d'argile mise en place en vrac et sans compactage ($\gamma = 15,5 \text{ kN/m}^3$) pour la construction des banquettes stabilisatrices;
- présence d'un fossé de 0,5 m de profondeur au pied des banquettes stabilisatrices;

- présence d'un fossé de 1,0 m de profondeur au pied des banquettes stabilisatrices;
- présence d'un fossé de 2,0 m de profondeur au pied des banquettes stabilisatrices dans certains secteurs;
- absence de fossé au pied des banquettes stabilisatrices dans certains secteurs.

Les analyses de stabilité des remblais d'approche et du sol de fondation sous-jacent ont été effectuées en contraintes totales en utilisant des surfaces de rupture potentielles circulaires. La méthode des tranches de Bishop modifiée a été utilisée et plusieurs centaines de surfaces de rupture potentielles ont été traitées au moyen du logiciel SLOPE-W commercialisé par la firme Geo-Slope International. Le calcul a été effectué pour les remblais d'approche des 2 culées, pour des hauteurs de remblai variables en utilisant des coupes transversales à l'axe de la route projetée. Dans le sens longitudinal de la route projetée, à proximité des culées, le calcul a été effectué en tenant compte de la présence de ces culées et des piliers ainsi que de l'interdiction de construire des banquettes stabilisatrices dans l'emprise de CSX, soit entre les 2 piliers.

4.3.1.1 Coupes transversales et longitudinales – remblai sans banquettes stabilisatrices

Les résultats des analyses de stabilité effectuées indiquent que **la hauteur maximale de remblai permettant de maintenir un coefficient de sécurité suffisant contre la rupture par cisaillement de l'argile est de 6,5 m**. La construction de remblais de hauteur égale ou inférieure à 6,5 m ne nécessite donc aucune mesure particulière de stabilisation des remblais contre la rupture des sols par cisaillement.

Dans le présent rapport, l'appellation « *banquettes stabilisatrices* » est utilisée pour les banquettes stabilisatrices latérales. Derrière les culées, en coupe longitudinale, les banquettes stabilisatrices sont identifiées « *banquettes stabilisatrices sous la chaussée* ».

4.3.1.2 Coupes transversales – remblai avec banquettes stabilisatrices en matériaux pulvérulents

La hauteur maximale des remblais d'approche à proximité des culées est d'environ 11 à 12 m et donc supérieure à la hauteur critique de 6,5 m. Afin de permettre la construction de remblais d'une hauteur supérieure à 6,5 m, dans des conditions de stabilité générale sécuritaires, il est recommandé de procéder par la mise en place de banquettes stabilisatrices au pied des talus des remblais.

Les banquettes stabilisatrices consistent en un remblai de matériaux pulvérulents d'un poids volumique d'au moins 18 kN/m^3 servant de contreponds aux moments moteurs générant la rupture des sols de fondation par cisaillement. La partie inférieure des banquettes stabilisatrices sera constituée d'argile compactée d'un poids volumique de 16 kN/m^3 sur une épaisseur de 1,5 m. Les analyses de stabilité ont été effectuées en faisant varier la hauteur totale du remblai entre 7 et 12 m tout en maintenant un coefficient de sécurité minimal de 1,5 contre la rupture du sol de fondation par cisaillement. L'hypothèse a été posée à l'effet que les pentes des talus des banquettes seraient profilées avec des inclinaisons de 1 V : 2 H.

La hauteur totale de remblai de 12 m est obtenue à proximité de la culée sud, entre les niveaux 41 m du terrain naturel et 53 m du profil final projeté. À proximité de la culée nord, par contre, la hauteur totale de remblai est d'environ 11 m, soit entre les niveaux 41,5 m du terrain naturel et 52,5 m du profil final projeté.

Tel que mentionné précédemment, la construction des remblais d'une hauteur supérieure à 6,5 m nécessite la mise en place de banquettes stabilisatrices en pied des talus des remblais. De plus, en première étape de construction, les hauteurs des remblais ne pourront excéder des valeurs précises, lesquelles dépendent des sols en place et des dimensions des banquettes stabilisatrices.

Les dimensions des banquettes stabilisatrices pour des fossés de profondeurs respectives de 0,5 et 1 m sont présentées au tableau 10 alors que les résultats des analyses, en tenant compte de l'absence de fossé à certains endroits, sont résumés au tableau 11. La définition des paramètres géométriques est illustrée sur les

figures 1A et 1B ci-dessous. Les figures 1 à 9 de l'annexe 5 présentent les résultats graphiques des analyses de stabilité en contraintes totales pour des fossés d'une profondeur de 1 m. Les hauteurs de remblai « Hr » correspondent aux hauteurs maximum admissibles pour la première étape de construction. Il est important de souligner que les informations fournies aux tableaux tiennent compte de la présence de banquettes stabilisatrices constituées d'argile compactée ($\gamma = 16 \text{ kN/m}^3$) et de matériaux pulvérulents ($\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$).

FIGURE 1A
DÉFINITION DES PARAMÈTRES GÉOMÉTRIQUES
REMBLAI AVEC BANQUETTES LATÉRALES EN ARGILE
COMPACTÉE ET MATÉRIEAUX PULVÉRULENTS

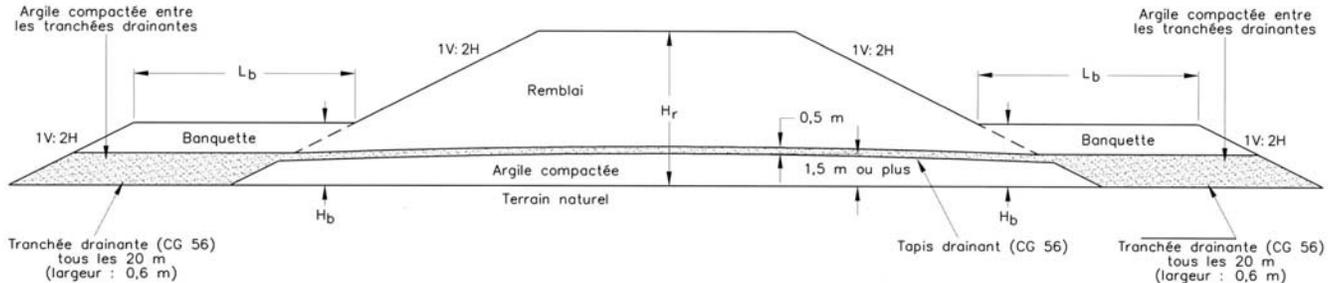
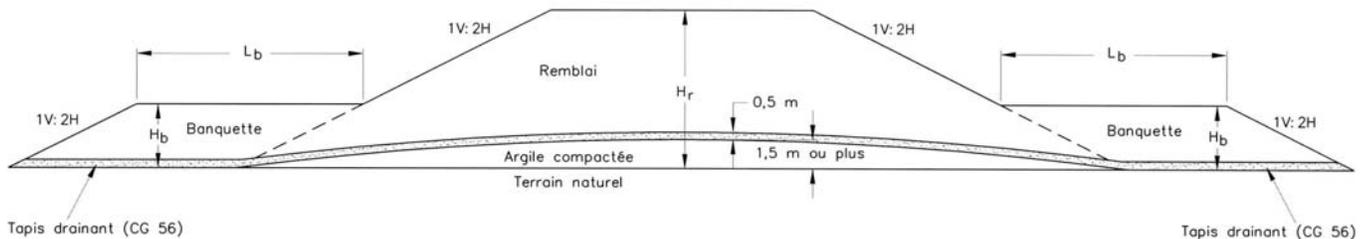


FIGURE 1B
DÉFINITION DES PARAMÈTRES GÉOMÉTRIQUES
REMBLAI AVEC BANQUETTES LATÉRALES
EN MATÉRIEAUX PULVÉRULENTS



Les banquettes doivent être mise en place au pied de tous les remblais ayant une hauteur supérieure à 6,5 m, en respectant la géométrie indiquée aux figures 1A ou 1B ci-dessus.

TABLEAU 10
LARGEUR ET HAUTEUR REQUISES DES BANQUETTES
EN MATÉRIAUX PULVÉRULENTS
(Fossés de 1 et 0,5 m de profondeur)
(1^{re} étape de construction)

P.K.	CARACTÉRISTIQUES DU REMLAI		CARACTÉRISTIQUES DES BANQUETTES			
	Hauteur totale prévue H_t (m)	Hauteur maximum admissible H_r (m)	Profondeur du fossé 1,0 m		Profondeur du fossé 0,5 m	
			Largeur L_b (m)	Hauteur H_b (m)	Largeur L_b (m)	Hauteur H_b (m)
Secteur au sud de la voie ferrée du P.K. 42+180 au P.K. 42+538						
42+275	6,5	6,5	0	0	0	0
42+295	7	7	6	2,8	6	2,8
42+330	8	8	18	3,2	16	3,2
42+355	9	9	24	3,6	23	3,6
42+420	12	9	24	3,6	23	3,6
42+460	11,6	10,5	25	4,2	23	5,5
42+497	12	10,5	25	4,2	23	5,5
Secteur au nord de la voie ferrée du P.K. 42+587 au P.K. 43+040						
42+625	11	10,5	25	4,2	23	5,5
42+710	9	9	20	3,6	18	3,6
42+735	8	8	13	3,2	11	3,2
42+760	7	7	6	2,8	4	2,8
42+770	6,5	6,5	0	0	0	0
Note : La détermination de la hauteur du remblai ou des dimensions des banquettes entre 2 P.K. successifs peut se faire par interpolation linéaire.						

TABLEAU 11
LARGEUR ET HAUTEUR REQUISES DES BANQUETTES
EN MATÉRIAUX PULVÉRULENTS
(Absence de fossé)
(1^{re} étape de construction)

P.K.	CARACTÉRISTIQUE DU REMBLAI		CARACTÉRISTIQUES DES BANQUETTES	
	Hauteur totale H _t (m)	Hauteur maximum admissible H _r (m)	Largeur L _b (m)	Hauteur H _b (m)
Secteur au sud de la voie ferrée P.K. 42+180 À 42+538				
42+355	9	9	22	3,6
42+420	12	9	22	3,6
42+460	11,6	10,5	22	5,5
42+497	12	10,5	22	5,5
Secteur au nord de la voie ferrée P.K. 42+587 à 43+040				
42+625	11	10,5	22	5,5
Note : La détermination de la hauteur du remblai ou des dimensions des banquettes entre 2 P.K. successifs peut se faire par interpolation linéaire.				

Par ailleurs, dans le secteur sud-est de la voie ferrée, un fossé d'une profondeur pouvant atteindre jusqu'à 2 m est présent approximativement entre les P.K. 42+450 et 42+550. Des analyses de stabilité des remblais ont été effectuées pour des sections de ce secteur. La banquette stabilisatrice doit être constituée de matériaux pulvérulents, soit un poids volumique $\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$.

Les résultats des analyses indiquent que la hauteur de remblai « H_r » maximum admissible pour la première étape de construction est de 10,5 m pour une banquette stabilisatrice de largeur (L_b) de 25 m et de hauteur (H_b) variant d'un minimum de 4,2 m à un maximum de 6,0 m.

Pour les remblais dont la hauteur totale est supérieure à celle admissible, le recours à une seconde étape de construction est requis. Il est utile de rappeler à cet effet, qu'entre les P.K. 42+355 et 42+420, la hauteur maximale admissible en première étape de construction est de 9 m alors que la hauteur totale prévue est supérieure à

9 m et peut atteindre jusqu'à 12 m. Par ailleurs, en raison de la variabilité des caractéristiques du dépôt d'argile et de son épaisseur, la hauteur maximale admissible en première étape de construction peut atteindre 10,5 m au nord du P.K. 42+460.

La seconde étape de construction ne peut avoir lieu que lorsque la consolidation primaire du dépôt d'argile silteuse sera quasiment complétée sous le poids du remblai érigé en première étape. Le remblai pourra alors être rehaussé en 2^e étape tel qu'indiqué au tableau 12 ci-après. Par exemple, au P.K. 42+460, le niveau supérieur du remblai dont la hauteur est de 10,5 m deviendrait inférieur en raison du tassement du dépôt d'argile et pourra être rehaussé de 1,8 m en 2^e étape de construction.

TABLEAU 12
NIVEAU MAXIMAL DU REMBLAI
BANQUETTES EN MATÉRIAUX PULVÉRULENTS
(2^e étape de construction)

P.K.	CARACTÉRISTIQUES DU REMBLAI		
	Profondeur du fossé 1 m	Profondeur du fossé 0,5 m	Absence de fossé
	Épaisseur maximum additionnelle de sol (m) ⁽¹⁾	Épaisseur maximum additionnelle de sol (m) ⁽¹⁾	Épaisseur maximum additionnelle de sol (m) ⁽¹⁾
Secteur au sud de la voie ferrée P.K. 42+180 à 42+538			
42+355	1,3	1,3	1,3
42+420	1,3	1,3	1,3
42+460	1,8	1,8	1,8
42+497	1,8	1,8	1,8
Secteur au nord de la voie ferrée P.K. 42+587 à 43+040			
42+625	1,8	1,8	1,8
Note 1 : Ajout de matériaux pulvérulents à la fin de la consolidation primaire due au premier chargement (1 ^{re} étape).			

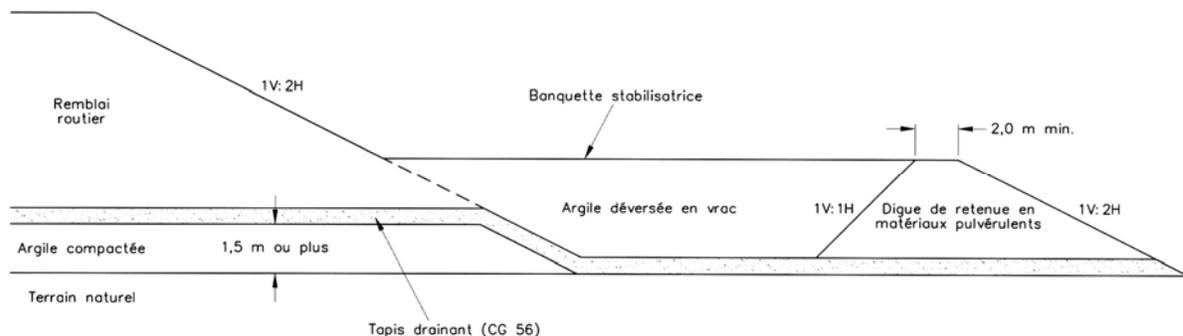
À la fin des travaux de construction des remblais et de la consolidation du dépôt d'argile silteuse, tel que décrit ci-après, il est recommandé de conserver les banquettes stabilisatrices en place.

4.3.1.3 Coupe transversales – remblai avec banquette stabilisatrice en argile

Cette section traite de la stabilité des remblais routiers dans le cas où les matériaux pulvérulents prévus pour la construction des banquettes stabilisatrices sont remplacés par de l'argile mise en place en vrac ($\gamma = 15,5 \text{ kN/m}^3$). Cette argile provient des excavations déjà effectuées lors de la phase I des travaux, entre les P.K. approximatifs de 43+040 et 43+890.

Afin d'assurer la stabilité des banquettes stabilisatrices constituées d'argile déposée en vrac, il est recommandé de procéder à la construction d'une digue de protection constituée de matériaux pulvérulents, tel qu'illustré sur la figure 2.

FIGURE 2
BANQUETTE STABILISATRICE EN ARGILE DÉPOSÉE EN VRAC



La construction du remblai routier ne devrait pas excéder la hauteur de 6,5 m avant que la mise en place de la digue de retenue et la mise en place de l'argile déposée en vrac entre le remblai routier et la digue de retenue ne soit complétée.

Les analyses de stabilité dont les résultats sont présentés dans cette section ont été effectuées en maintenant constantes les hauteurs du remblai routier déterminées à

la section 4.3.1.2 et en faisant varier la hauteur des banquettes stabilisatrices constituées d'argile. Les analyses de stabilité ont été effectuées afin de maintenir un coefficient de sécurité minimal de 1,5 contre la rupture du sol de fondation par cisaillement. Les résultats des analyses sont présentés aux tableaux 13 et 14 pour différentes profondeurs de fossés.

TABLEAU 13
LARGEUR ET HAUTEUR REQUISES DES BANQUETTES
EN ARGILE DÉPOSÉE EN VRAC
(Fossés de 1 et 0,5 m de profondeur)
(1^{re} étape de construction)

P.K.	CARACTÉRISTIQUES DU REMBLAI		CARACTÉRISTIQUES DES BANQUETTES			
			Profondeur du fossé 1,0 m		Profondeur du fossé 0,5 m	
	Hauteur totale prévue H_t (m)	Hauteur maximum admissible H_r (m)	Largeur L_b (m)	Hauteur H_b (m)	Largeur L_b (m)	Hauteur H_b (m)
Secteur au sud de la voie ferrée du P.K. 42+180 au P.K. 42+538						
42+275	6,5	6,5	0	0	0	0
42+295	7	7	6	2,8	6	2,8
42+330	8	8	18	3,7	16	3,7
42+355	9	9	24	4,1	23	4,1
42+420	12	9	24	4,1	23	4,1
42+460	11,6	10,5	25	5,0	23	6,0
42+497	12	10,5	25	5,0	23	6,0
Secteur au nord de la voie ferrée du P.K. 42+587 au P.K. 43+040						
42+625	11	10,5	25	5,0	23	6,0
42+710	9	9	20	4,1	18	4,1
42+735	8	8	13	3,7	11	3,7
42+760	7	7	6	2,8	4	2,8
42+770	6,5	6,5	0	0	0	0
Note : La détermination de la hauteur du remblai ou des dimensions des banquettes entre 2 P.K. successifs peut se faire par interpolation linéaire.						

TABLEAU 14
LARGEUR ET HAUTEUR REQUISES DES BANQUETTES
EN ARGILE DÉPOSÉE EN VRAC
(Absence de fossé)
(1^{re} étape de construction)

P.K.	CARACTÉRISTIQUE DU REMBLAI		CARACTÉRISTIQUES DES BANQUETTES	
	Hauteur totale H_t (m)	Hauteur maximum admissible H_r (m)	Largeur L_b (m)	Hauteur H_b (m)
Secteur au sud de la voie ferrée P.K. 42+180 À 42+538				
42+335	9	9	22	4,1
42+420	12	9	22	4,1
42+460	11,6	10,5	23	5,5 ⁽¹⁾
42+497	12	10,5	23	5,5 ⁽¹⁾
Secteur au nord de la voie ferrée P.K. 42+587 à 43+040				
42+625	11	10,5	23	5,5 ⁽¹⁾
Note 1 : Aucun effet sur le coefficient de sécurité « FS » en augmentant « H_b ». La détermination de la hauteur du remblai ou des dimensions des banquettes entre 2 P.K. successifs peut se faire par interpolation linéaire.				

Tout comme dans le cas de la section 4.3.1.2, le recours à une seconde étape de construction, si requis, devra se faire en tenant compte des indications du tableau 12.

Par ailleurs, tel que mentionné à la section 4.3.1.2, dans le secteur sud-est de la voie ferrée un fossé d'une profondeur pouvant atteindre jusqu'à 2 m est présent. Des analyses de stabilité des remblais ont effectuées dans ce cas en considérant une banquette stabilisatrice constituée d'argile déposée en vrac, soit un poids volumique $\gamma = 15,5 \text{ kN/m}^3$.

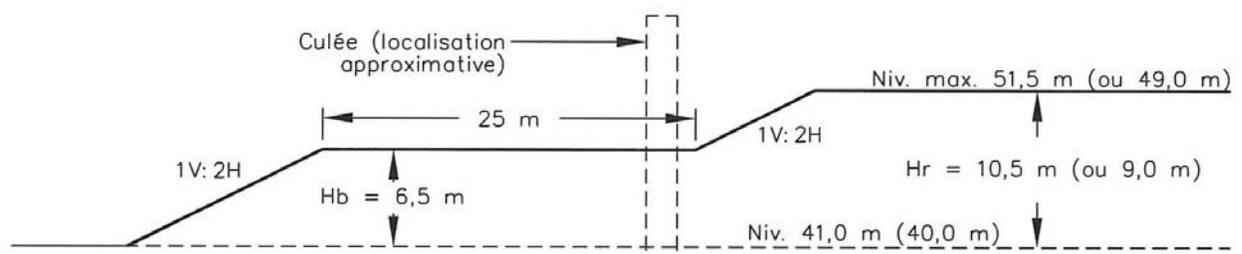
Les résultats des analyses indiquent que la hauteur de remblai « H_r » maximum admissible pour la première étape de construction est de 10,5 m pour une banquette stabilisatrice de largeur (L_b) de 25 m et de hauteur (H_b) de 6,0 m.

Enfin, dans le cas où il y a un surplus d'argile sur le terrain, ce matériau pourrait être utilisé pour rehausser les banquettes stabilisatrices jusqu'à une hauteur maximale de 6,5 m. Ce matériau pourrait également être utilisé aux endroits où aucune banquette stabilisatrice n'est prévue. Cependant, des mesures de protection contre l'érosion ou le glissement de l'argile doivent être mises en œuvre, tel la construction de digues de retenue en matériaux pulvérulents.

4.3.1.4 Coupe longitudinale à proximité des culées - banquette stabilisatrice sous la chaussée en matériaux pulvérulents

Il est utile de rappeler qu'aucune banquette stabilisatrice ne pourra être construite dans l'emprise de CSX. Afin de pouvoir construire des remblais avec des hauteurs supérieures à 6,5 m, une banquette stabilisatrice doit être construite en pied de talus derrière les culées, entre celles-ci et les piliers. Les dimensions de la banquette stabilisatrice sous la chaussée à utiliser sont de 6,5 m de hauteur (H_b) et 25 m de largeur (L_b). La figure 3A ci-après présente la séquence des travaux à suivre pour la construction des remblais ainsi que les hypothèses retenues pour la géométrie.

FIGURE 3A
COUPE LONGITUDINALE DERRIÈRE LES CULÉES
REMBLAI AVEC BANQUETTES SOUS CHAUSSÉE – 1^{re} ÉTAPE



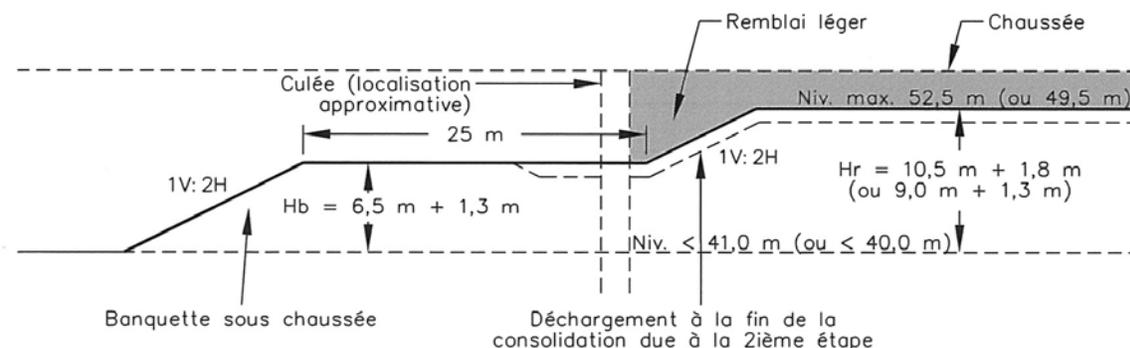
Note : Les niveaux indiqués sur la figure sont donnés à titre d'exemple.

Comme pour les remblais routiers décrits précédemment, il est possible de procéder à une 2^e étape de chargement de la banquette stabilisatrice sous la chaussée de 6,5 m de hauteur initiale. En effet, si le niveau du terrain est de 41,0 m, le niveau maximal admissible de la banquette stabilisatrice sous la chaussée derrière les

culées serait de 47,5 m. Lorsque la consolidation primaire du dépôt d'argile silteuse sera quasiment complétée sous le poids de la banquette construite en 1^{re} étape, celle-ci pourra être rehaussée en 2^e étape au niveau maximal de 48,5 m.

En raison des caractéristiques de l'argile silteuse en place, l'espace situé entre la culée et le remblai à construire doit être comblé avec un remblai léger constitué de polystyrène, tel qu'illustré de façon schématique sur la figure 3B ci-après. Les tronçons où la hauteur totale du remblai est plus grande que la hauteur maximale admissible en 2^e étape de chargement doivent également être rehaussés au niveau prévu à l'aide d'un remblai léger composé de polystyrène.

FIGURE 3B
COUPE LONGITUDINALE DERRIÈRE LES CULÉES
REMBLAI AVEC BANQUETTES SOUS LA CHAUSSEE – 2^e ÉTAPE



Les schémas des figures 3A et 3B ne constituent pas un plan de conception et le remblai léger n'est indiqué sur la figure 3B que de façon schématique et pour des considérations géotechniques de stabilité de talus.

Le choix de la hauteur de 6,5 m pour la banquette stabilisatrice sous chaussée permet de limiter le volume de remblai léger à utiliser derrière les culées. Cette hauteur pourrait être diminuée jusqu'à une valeur de 4,2 m pour une banquette constituée de matériaux pulvérulents.

La figure 10 de l'annexe 5 présente les résultats graphiques des analyses de stabilité des remblais derrière les culées en coupe longitudinale.

4.3.2 Tassement du dépôt d'argile et des remblais d'approche

En plus de l'analyse de stabilité contre la rupture par cisaillement de l'argile qui a eu pour conséquence la limitation de la hauteur des remblais à 6,5 m en l'absence de banquettes stabilisatrices, l'analyse des tassements engendrés dans le dépôt d'argile par le poids des remblais est requise.

Les remblais d'approche, d'une hauteur maximale d'environ 11 ou 12 m à proximité des culées, seront érigés sur un dépôt d'argile silteuse compressible. L'écart de préconsolidation minimum ($\sigma'_p - \sigma'_{vo}$) dans le dépôt d'argile silteuse à l'endroit du pont d'étagement est d'environ 90 kPa. Il en résulte que l'écart de préconsolidation utile, soit 80 % de cette valeur, serait d'environ 70 à 75 kPa.

Par ailleurs, tel que mentionné à la section 3.3.3.2 du présent rapport, la valeur minimum de l'écart de préconsolidation dans le secteur sud du tronçon à l'étude est de 75 kPa, soit un écart de préconsolidation utile d'environ 60 kPa. Dans le secteur nord, la valeur minimum de l'écart de préconsolidation est de 100 kPa et la valeur utile d'environ 80 kPa. Il résulte que du côté sud de la voie ferrée le dépôt d'argile ne peut supporter de charges générées par des remblais ayant un poids volumique (γ) de 21 kN/m³ sur une hauteur supérieure à environ 3 m, sans engendrer, à long terme, des tassements importants. Pour le secteur nord, la hauteur au-delà de laquelle des tassements importants pourraient survenir est d'environ 4 m. Des mesures appropriées doivent donc être mises en œuvre afin de prévenir des tassements potentiellement nuisibles au bon comportement des remblais et de la chaussée.

Un calcul de tassement a été effectué pour différentes hauteurs de remblai, en tenant compte de la stratigraphie des sols en place et des caractéristiques des matériaux. Il ressort que les tassements sont faibles pour des hauteurs de remblai égales ou inférieures à 3 et 4 m respectivement pour les secteurs situés au sud et au nord de la voie ferrée. Pour des hauteurs de remblai supérieures, le tassement de consolidation à long terme risque de devenir trop grand.

En raison des tassements prévus, il est recommandé de procéder par la mise en place d'un remblai d'une hauteur supérieure à celle prévue afin de tenir compte de

la diminution de la hauteur lorsque le tassement sera complété. Ces conditions s'appliquent à tous les remblais dont la hauteur est supérieure à 3 m.

Le tableau 15 présente les valeurs de tassement estimées pour différentes hauteurs de remblai construit en première étape.

TABLEAU 15
ESTIMATION DES TASSEMENTS DU REMBLAI
(1^{re} étape de construction)

P.K. APPROXIMATIF	HAUTEUR DU REMBLAI ROUTIER H _r (m)	ÉPAISSEUR D'ARGILE (m)	TASSEMENT MOYEN ESTIMÉ (ΔH) (m)		
			Primaire	Secondaire	Total
Secteur au sud de la voie ferrée P.K. 42+180 À 42+538					
42+205	3,5	16,4	< 0,1	-	< 0,1
42+250	5	14,8	0,2	0,2	0,4
42+295	7	14,4	0,5	0,5	1,0
42+355	9	14,0	0,8	0,4	1,3
42+460	10,5	10,5	1,0	0,3	1,3
Secteur au nord de la voie ferrée P.K. 42+587 à 43+040					
42+625	10,5	8	0,8	0,3	1,1
42+720	8,5	8	0,5	0,3	0,8
42+770	6,5	6,6	0,2	0,2	0,4
42+800	5	5,2	< 0,1	-	< 0,1
42+840	3,5	3,0	< 0,1	-	< 0,1
Note : La détermination des valeurs de tassement entre 2 P.K. successifs peut se faire par interpolation linéaire.					

Il est important de mentionner que les tassements primaires indiqués au tableau 15 sont approximatifs. Ils pourraient varier de 20 à 30 % en plus ou en moins par rapport aux valeurs indiquées. La raison d'un tel écart dans le tassement prévisible est relié à la grande variabilité des paramètres affectant le calcul du tassement anticipé. Il s'agit, entre autres, de la teneur en eau, de l'indice de vides, de l'indice

de compression, etc. La valeur réelle du tassement pourra être déterminée sur le terrain au moyen du suivi des travaux et les ajustements requis devront alors être apportés au besoin.

Le rehaussement du remblai en 2^e étape de construction engendrerait des tassements primaires additionnels (ΔH_{ad}). Le tableau 16 présente les valeurs de tassement estimées pour différentes hauteurs de remblai rehaussé en deuxième étape de construction.

TABLEAU 16
ESTIMATION DES TASSEMENTS ADDITIONNELS DU REMBLAI
(2^e étape de construction)

P.K. APPROXIMATIF	ÉPAISSEUR DU REMBLAI ROUTIER (m)	ÉPAISSEUR D'ARGILE (m)	TASSEMENT PRIMAIRE ADDITIONNEL ESTIMÉ (m)	TASSEMENT PRIMAIRE TOTAL (1 ^{RE} ET 2 ^E ÉTAPE)
Secteur au sud de la voie ferrée P.K. 42+180 À 42+538				
42+355	9 + 1,3	14,0	0,20	1,0
42+460	10,5 + 1,8	10,5	0,20	1,2
Secteur au nord de la voie ferrée P.K. 42+587 à 43+040				
42+625	10,5+ 1,8	8,0	0,15	1,0
Note : La détermination des valeurs de tassement entre 2 P.K. successifs peut se faire par interpolation linéaire.				

Par ailleurs, les tassements secondaires indiqués au tableau 15 ont été estimés pour une durée de vie des ouvrages de 70 ans et un temps de consolidation primaire de 6 mois. L'hypothèse a été posée à l'effet que les tassements secondaires surviendront à partir de la fin de la consolidation primaire et ce, en raison de la présence de drains verticaux tel que discuté ci-après.

Il est important de souligner que l'enlèvement de tout matériau de remblai mis en place en surplus de la hauteur prévue après que le tassement primaire sera complété, est de nature à favoriser le bon comportement des ouvrages. En conséquence, il est recommandé de procéder à une surélévation de la hauteur du

remblai d'approche avec une épaisseur supérieure à la valeur du tassement total anticipé. Cette surélévation devra être d'au moins 0,5 m. Par ailleurs, une fois que le tassement primaire sera à toutes fins pratiques complété, un déchargement du remblai par l'enlèvement d'une couche de sol d'une épaisseur minimum de 0,5 m devra être effectué même lorsque la hauteur finale prévue du remblai n'est pas atteinte.

Les travaux de déchargement du remblai routier par l'excavation d'une couche de sol d'une épaisseur de 0,5 m à la surface de ce remblai concernent l'ensemble du remblai routier où des tassements importants sont prévus. Lorsqu'une seconde étape de construction n'est pas requise, l'opération de déchargement du remblai ne doit être effectuée que lorsque la consolidation primaire sera quasiment complétée suite à la première étape de construction. Par contre, dans les secteurs où une seconde étape de construction est prévue, l'excavation d'une couche de surface d'une épaisseur de 0,5 m ne peut être effectuée que lorsque la consolidation primaire sera quasiment complétée suite au rehaussement du remblai exécuté lors de la seconde étape de construction.

Enfin, la 3^e étape de construction concerne la mise en place du remblai léger aux endroits requis et la construction de la chaussée routière sur le tracé à l'étude. Il est important à cet effet de s'assurer que le poids du remblai de la chaussée routière à construire n'induit pas des tassements additionnels préjudiciables au bon comportement des ouvrages. **C'est ainsi que lorsque requis, en plus du déchargement du remblai par l'enlèvement d'une couche de 0,5 m d'épaisseur, une couche additionnelle de matériaux de remblai d'une épaisseur appropriée doit être enlevée et remplacée par un remblai léger, avant la construction de la chaussée. Le but est d'éviter tout ajout de remblai dans les secteurs où des tassements importants peuvent survenir.** L'épaisseur de cette couche de matériaux de remblai à enlever pourrait être équivalente à celle de la chaussée.

4.3.3 Drains verticaux

Les tassements engendrés sous les remblais d'approche sont importants. De plus, en raison de la faible perméabilité de l'argile silteuse, les tassements du dépôt ne seraient complétés qu'après une longue période de temps, laquelle peut nécessiter

plusieurs années, si aucune mesure adéquate n'est mise en œuvre pour accélérer ces tassements.

Une des solutions permettant d'accélérer la consolidation du dépôt d'argile silteuse sous le poids des remblais d'approche consiste à avoir recours à des drains verticaux. Il s'agit principalement de drains installés suivant un patron précis et traversant verticalement l'ensemble du dépôt d'argile silteuse. Ces drains doivent être conçus de façon à ne pas s'obstruer et à permettre en tout temps le cheminement libre de l'eau lors de la consolidation de l'argile. L'eau doit être acheminée vers l'extérieur du site des travaux et ce sans provoquer d'accumulation en surface des espaces traités ou ceux adjacents.

Le principe de fonctionnement d'un drain vertical durant la consolidation consiste à favoriser l'écoulement de l'eau contenue dans l'argile, d'abord horizontalement vers le drain, ensuite à travers le drain vers la surface ou vers une formation perméable sous-jacente. Le chemin de drainage est donc substantiellement diminué et conséquemment le temps de consolidation.

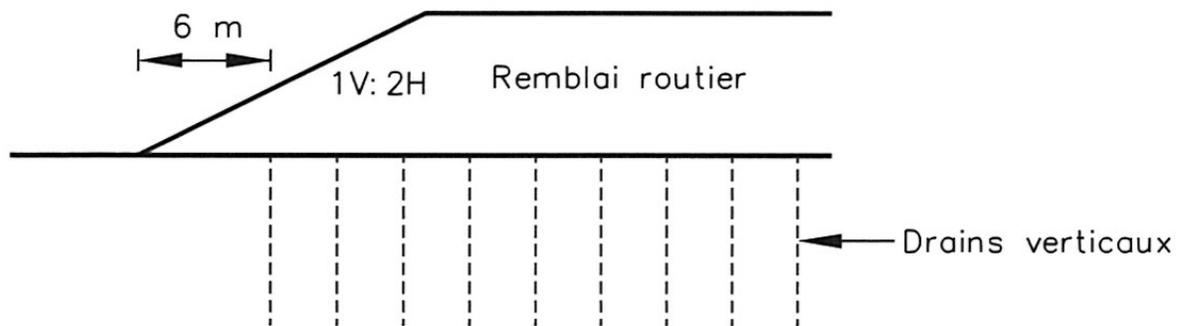
Les drains verticaux doivent être implantés dans tous les espaces où des déformations jugées excessives et préjudiciables aux ouvrages sont prévues. Dans le cas du présent projet, les principaux points ci-après peuvent servir de guide pour déterminer l'étendue de la partie du terrain où des drains verticaux doivent être installés.

- Au sud de la voie ferrée, les drains verticaux sont requis à l'endroit où le remblai routier a une hauteur de 3 m ou plus;
- Au nord de la voie ferrée, les drains verticaux sont requis à l'endroit où le remblai routier a une hauteur de 4 m ou plus;
- Dans le sens transversal de la route, les drains verticaux ne sont pas requis sur une bande de 6 m de largeur mesurée à partir du pied du talus du remblai routier lorsque la hauteur des banquettes stabilisatrices est inférieure à 3 m ou lorsqu'il n'y a pas de banquette, tel qu'illustré aux figures 4a et 4b.
- Dans le sens transversal de la route, les drains verticaux sont requis jusqu'au pied des talus du remblai routier lorsque les banquettes stabilisatrices sont d'une hauteur égale ou supérieure à 3 m, tel qu'illustré à la figure 4c.

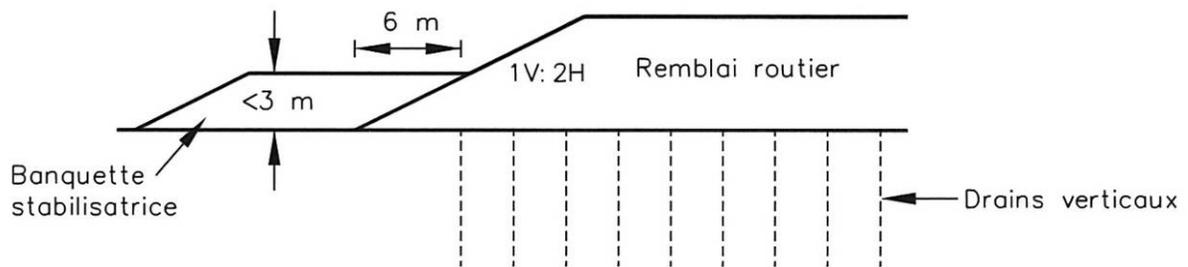
- La mise en place de drains verticaux n'est pas requise sous les banquettes stabilisatrices latérales. Cependant, l'étendue du patron des drains verticaux doit être prolongée sur une dizaine de mètres au sud de la culée nord et au nord de la culée sud.

FIGURE 4
CONDITIONS D'INSTALLATION DES DRAINS VERTICAUX
(SENS TRANSVERSAL)

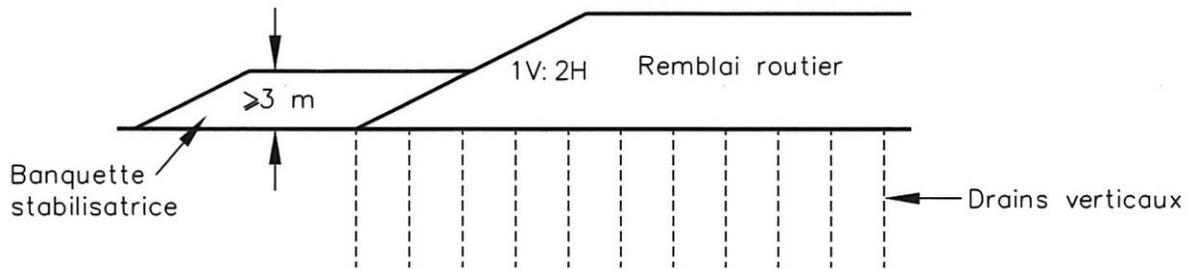
4A : Absence de banquette stabilisatrice



4B : Banquette stabilisatrice d'une hauteur inférieure à 3 m



4C : Banquette stabilisatrice d'une hauteur supérieure ou égale à 3 m



Un tapis de matériaux granulaires drainants doit être mis en place à la surface du terrain préparé à cet effet, soit dans le présent cas à la surface de la couche d'argile compactée. La longueur des drains verticaux sera par conséquent augmentée. Ce cas particulier est traité à la section 4.7 relativement au potentiel de réutilisation des sols d'excavation pour le remblayage.

Les drains verticaux doivent être prolongés sur une hauteur d'au moins 0,3 m à l'intérieur du tapis drainant.

Dans la mesure où lorsque le remblai d'argile compactée à la base du remblai routier est aménagé de façon appropriée en tenant compte des tassements anticipés, comme l'illustre la figure 1 de la section 4.3.1.2, l'épaisseur du tapis de matériau granulaire drainant pourrait être limitée à 0,5 m. L'épaisseur du tapis de matériau granulaire drainant sous les banquettes stabilisatrices devrait également être de 0,5 m.

Dans tous les cas, l'eau acheminée vers la surface par les drains verticaux devra être drainée hors de l'espace à consolider vers un exutoire approprié.

Le matériau constituant le coussin pourra consister en un CG-56 (couche anticontaminante ou filtrante) dont la granulométrie est spécifiée à la norme NQ 2560-114/2002, section III. Un matériau de propriétés équivalentes, approuvé par le concepteur, pourrait également être utilisé. Les drains verticaux doivent être prolongés à l'intérieur de la couche drainante.

L'espacement des drains a une grande influence sur le temps de consolidation du dépôt d'argile silteuse soumise aux contraintes transmises par les remblais. De

façon simple, plus petit est l'espacement entre les drains verticaux, plus grande est la vitesse de consolidation de l'argile et ce, en raison du cheminement plus court du drainage de l'eau.

Un calcul du temps de consolidation a été effectué en tenant compte, d'une part des caractéristiques de l'argile silteuse en place et d'autre part de l'espacement des drains verticaux. Il ressort que pour un délai de consolidation d'au moins 8 mois, l'espacement maximum des drains verticaux préconisé est de 1,5 m dans les 2 directions. Pour un espacement des drains verticaux de 1,2 m dans les 2 directions, le délai de consolidation calculé serait d'au moins 6 mois. Le degré de consolidation primaire qui sera atteint dans les délais prévus et en tenant compte de l'espacement indiqué, devrait être d'environ 90 %.

Néanmoins, compte tenu d'expériences antérieures sur un projet de même envergure, il appert que le gain de temps relié à un espacement des drains de 1,2 m au lieu de 1,5 m ne serait que théorique et qu'en pratique, la différence de délai de consolidation serait peu significative par rapport aux coûts supplémentaires requis pour un espacement plus rapproché. En conséquence, il est recommandé que l'espacement entre les drains verticaux soit de 1,5 m.

Il est également utile de rappeler que, comme pour l'estimation de l'ampleur des tassements, le temps de consolidation pourrait être sujet à des variations importantes en raison de la grande variabilité des valeurs obtenues pour le coefficient de consolidation, lequel influence de façon substantielle le temps de consolidation.

4.3.4 Construction des remblais d'approche

En présence d'un remblai de moins de 1,0 m de hauteur, la couche de sol organique en surface du terrain doit être enlevée et l'espace sous les remblais à construire doit être débarrassé de toute matière organique ou autre débris.

Le coussin de matériau granulaire drainant doit être mis en place à la surface du terrain naturel ou de la couche d'argile compactable sous les remblais d'approche et sous toutes les banquettes latérales.

Les remblais au-dessus du coussin drainant doivent être érigés après l'installation des drains verticaux. Le remblayage peut se faire avec un matériau compactable et exempt de matières organiques, jusqu'à la ligne d'infrastructure.

Les sols de remblai doivent être mis en place en couches successives d'une épaisseur d'au plus 300 mm et compactés au moins à 90 % de la densité sèche maximale déterminée à l'essai Proctor modifié. La dimension maximale des cailloux et des blocs ne devra pas excéder $\frac{2}{3}$ de l'épaisseur des couches de remblai.

Il convient de signaler que la réutilisation des matériaux d'excavation, provenant principalement de la partie nord du tracé compris entre les P.K. 43+040 et 43+890 où le profil de la route est en déblai, sera discutée à la section 4.7 du présent rapport.

Finalement, dans les secteurs adjacents aux culées, le remblai léger composé de polystyrène doit être recouvert avec la chaussée routière. Il doit également avoir des caractéristiques physiques et mécaniques suffisantes pour supporter le poids de la chaussée à construire et tout autre effort extérieur. Par ailleurs, tel que le spécifie le C.C.D.G, édition 2008, article 19.9, « ... *la première rangée de polystyrène doit être mise en place sur une couche de 150 mm d'épaisseur de matériau granulaire densifié.* ». De plus, « ... *la dernière rangée de blocs de polystyrène est recouverte d'une dalle en béton de ciment de 100 mm d'épaisseur, armé au moyen d'un treillis métallique.* ». Enfin, « ... *avant la pose de la dalle en béton de ciment, aucun matériel n'est autorisé à circuler sur le polystyrène.* ».

4.3.5 Auscultation des remblais et du dépôt d'argile

Afin de vérifier la progression des tassements du remblai et par conséquent de la consolidation de l'argile, il est recommandé de procéder à la mise en place d'un nombre suffisant d'instruments de mesure sur le chantier et de faire un suivi régulier tout au long des opérations.

Les instruments de mesure les plus appropriés dans le type d'ouvrage et de travaux prévus dans ce projet sont des plaques de tassement.

Il est recommandé d'installer 9 plaques de tassement à la base et vis-à-vis le centre des remblais d'approche, espacées longitudinalement d'une distance maximale de 100 m. Les premières plaques de tassement doivent être installées dans les secteurs où la hauteur du remblai est maximale. Ainsi, il est recommandé d'installer les plaques de tassement aux P.K. suivants : 42+250; 42+310; 42+360; 42+410; 42+470; 42+640; 42+690; 42+740 et 42+790.

Enfin les plaques de tassement doivent être installées sur le terrain naturel ou sur un remblai dont la hauteur ne doit pas excéder 2 m.

4.4 POUSSÉES DES TERRES SUR LES CULÉES

Afin d'assurer la stabilité du sol de fondation et des culées, les matériaux derrière ces ouvrages doivent être constitués de remblai léger composé de polystyrène, tel qu'illustré sur la figure 3 de la section 4.3.1.4. Il s'agit d'obtenir un coefficient de sécurité suffisant contre une rupture du sol de fondation sous la culée, perpendiculairement à l'axe de la route projetée.

Les propriétés du polystyrène à utiliser pour la conception des ouvrages sont les suivantes :

Angle de frottement interne (ϕ') : 30°
Poids volumique (γ) : 1 kN/m³
Cohésion (c) : 0 kPa

Pour les matériaux de la chaussée, les propriétés à tenir compte dans la conception des ouvrages sont les suivantes :

Angle de frottement interne (ϕ') : 33°
Poids volumique (γ) : 23 kN/m³
Cohésion (c) : 0 kPa

Il convient de noter que le MTQ recommande d'utiliser le coefficient de poussée active (K_a) pour le calcul des structures non retenues au sommet, telles que les

culées, et le coefficient de poussée au repos (K_0) pour les structures retenues, tels les portiques.

4.5 PROTECTION CONTRE LES EFFETS DU GEL

Il est recommandé que tous les éléments de fondation, y compris les têtes de caissons, ou chevêtres, soient placés à une profondeur d'au moins 1,4 m sous la surface du sol pour assurer une protection adéquate contre les effets du gel.

4.6 FONDATION DES CULÉES ET DES PILIERS

Il est prévu que le pont d'étagement sera muni de 3 travées et de 4 appuis, soit 2 culées et 2 piliers. Les 2 premiers appuis sont situés du côté sud de la voie ferrée alors que les 2 derniers sont situés du côté nord. Ces 4 appuis sont identifiés « culée sud » (P.K. 42+502), « pilier sud » (P.K. 42+538), « pilier nord » (P.K. 42+587) et « culée nord » (P.K. 42+623).

L'unité stratigraphique la plus importante sur le site consiste en un dépôt d'argile silteuse de faible résistance, prenant appui sur le roc par l'intermédiaire d'un mince dépôt de till.

Compte tenu de la nature des ouvrages projetés et de la stratigraphie des matériaux en place, il est recommandé d'avoir recours à un système de fondations profondes pour reprendre les charges engendrées aux 4 appuis. Selon les informations fournies par le représentant de TecSult-Séguin, le système de fondations retenu pour le pont d'étagement est composé de caissons avec emboîture dans le roc. Le diamètre des caissons devrait être d'environ 1,5 m à l'emplacement des culées et d'environ 3 m aux 2 piliers. Les caissons seront reliés à leur sommet par des chevêtres.

La conception et le dimensionnement des fondations du pont d'étagement doivent se faire selon les exigences du *Code canadien sur le calcul des ponts routiers* (CAN/CSA-S6-06).

4.6.1 Capacité axiale des caissons forés

4.6.1.1 Généralités

La capacité portante axiale des caissons forés dans le roc peut être déterminée sur la base de plusieurs hypothèses. À cet effet, à la section 18.6.2 du CFEM, il est indiqué ce qui suit :

- 1) la capacité portante provient uniquement de la résistance à la base du caisson foré;
- 2) la capacité portante provient uniquement de l'adhérence béton-roc à la surface latérale de l'emboîture;
- 3) la capacité portante provient en partie de la résistance à la base du caisson et en partie de l'adhérence autour de l'emboîture.

En raison de la présence de zones très fracturées, de joints ouverts contenant du sol et de l'état des discontinuités dans la partie supérieure du roc, il est recommandé que la base du caisson foré soit installée à une profondeur d'au moins 2 m dans le roc. Il est également suggéré de ne pas tenir compte de l'apport éventuel de la partie supérieure du roc à la capacité portante du caisson, sur une épaisseur de roc de 0,5 m et ce, à l'emplacement de tous les appuis.

L'estimation de la capacité portante axiale des caissons est présentée dans les sections qui suivent. Il s'agit de la capacité portante provenant de la résistance à la base du caisson et de celle de l'adhérence béton-roc autour de l'emboîture.

Le *Code canadien pour le calcul des ponts routiers* indique qu'un coefficient de tenue de 0,4 doit être appliqué à la valeur de la capacité géotechnique à l'état limite ultime du caisson en compression axiale (ELUL) pour obtenir la capacité géotechnique à l'état limite ultime pondérée du caisson.

Enfin, le fond de l'emboîture doit obligatoirement être nettoyé convenablement de tout sédiment, boue ou autre débris afin de mobiliser la résistance à la base du

caisson et prévenir des tassements préjudiciables au bon comportement des ouvrages.

4.6.1.2 Résistance géotechnique à l'ÉLUL développée à la base du caisson ($q_{ult.b}$)

La résistance géotechnique à l'ÉLUL « $q_{ult.b}$ » peut être obtenue par la relation proposée par Carter et Kulhawy, 1988³. La valeur de « $q_{ult.b}$ » obtenue est de 62 MPa, laquelle a été estimée en utilisant les valeurs des paramètres « RMR » et « σ_c » déterminées dans ce projet.

4.6.1.3 Résistance géotechnique à l'ÉLUL développée le long de la paroi du caisson au contact du roc ($q_{ult.s}$)

La valeur de la résistance géotechnique à l'ÉLUL « $q_{ult.s}$ » se développe le long de la paroi du caisson et la rupture peut survenir au contact roc-béton ou dans le roc, selon les caractéristiques du roc et du béton.

La résistance géotechnique à l'ÉLUL « $q_{ult.s}$ » peut être déterminée selon les indications de la section 18.6.4.2 du CFEM. La valeur de « $q_{ult.s}$ » à retenir pour la conception est la plus faible des 2 valeurs correspondant à des ruptures potentielles dans le massif rocheux ou au contact roc-béton.

Il résulte des calculs effectués que pour une rupture potentielle au contact roc-béton, la valeur de la résistance géotechnique à l'ÉLUL « $q_{ult.s}$ » à utiliser est de 4 500 kPa pour un béton composant le caisson d'une résistance à la compression simple de 30 MPa ou plus.

³ Carter, J.P. et Kulhawy, F.H. (1988) « *Analysis and Design of Drilled Shaft Foundations Socketed into Rock* », Final Report, Project 1493-4, EPRI EL-5918, Cornell University, Ithaca, N.Y.

4.6.1.4 Répartition des charges transmises par le caisson

Selon les indications de la section 18.6.5 du CFEM, la charge transmise par le caisson (Q) se répartie entre la base de celui-ci et le long de l'emboîture au contact roc-béton. Cette répartition de la charge dépend des dimensions de l'emboîture dans le roc mais aussi des modules de déformation du massif de roc et du béton utilisé pour la construction du caisson. Il peut être déduit de la section 18.6.5 du CFEM les proportions des charges transmises comme suit :

- proportion de la charge (Q) transmise à la base du caisson : $n \times Q$
- proportion de la charge (Q) transmise aux parois du caisson, au contact roc-béton : $(1 - n) \times Q$

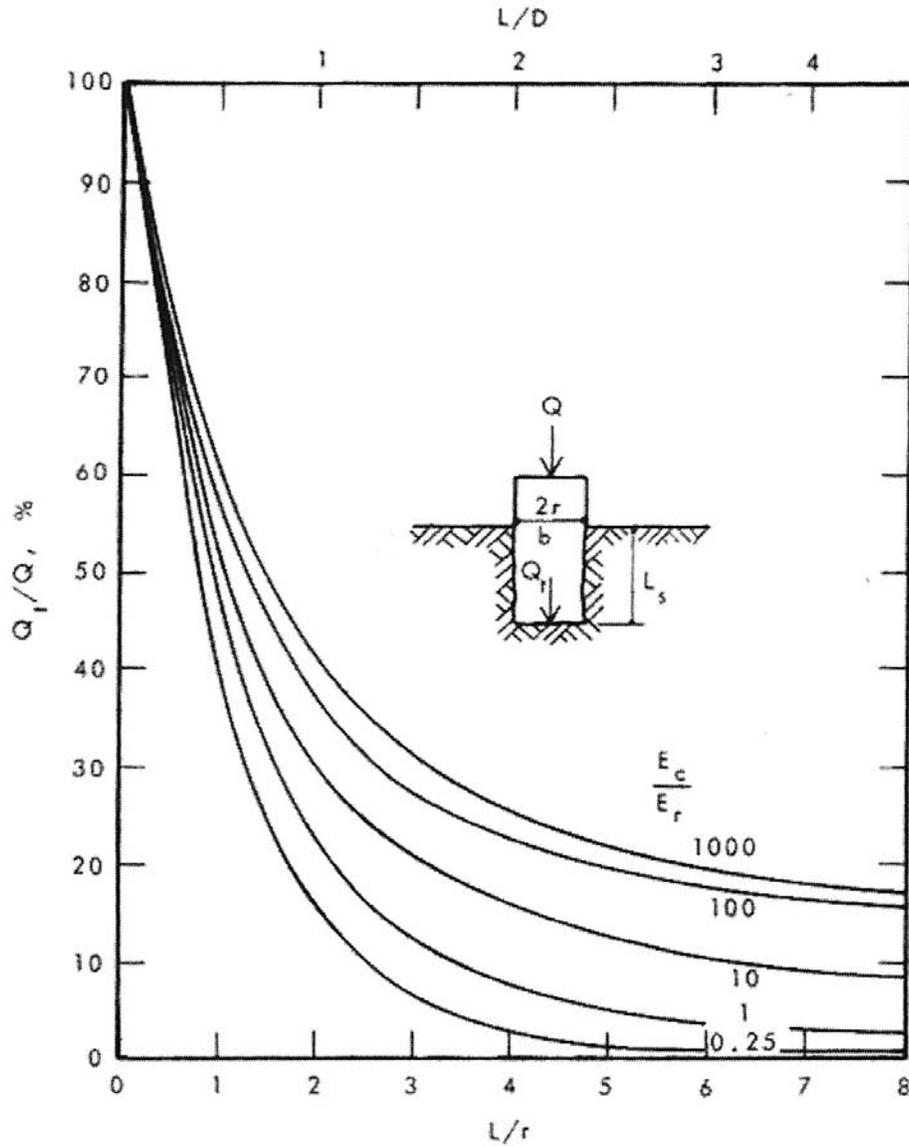
où :

Q : charge appliquée par le caisson;

n : coefficient de répartition de la charge « Q » variant de 0 à 1, déterminé en fonction des modules de déformation du massif de roc (E_m) et du béton (E_c) utilisé pour la construction du caisson. La figure 5 ci-après permet de déterminer le coefficient « n » (CFEM, section 18.6.5). Dans cette figure, la valeur « L » est la longueur de l'emboîture du caisson dans le roc et « r » le rayon du caisson.

Tel que mentionné à la section 3.5.5 du rapport, la valeur du module de déformation du roc « E_m » à utiliser pour ce projet est de 8 GPa. Pour un béton de résistance en compression de 30 MPa, le module de déformation du béton « E_c » est d'environ 27 GPa.

FIGURE 5
COEFFICIENT « n » DE RÉPARTITION DES CHARGES



Note : $E_r = E_m$

Il résulte de ce qui précède que des vérifications doivent être effectuées afin de s'assurer que les résistances géotechniques à la base et le long des parois de caisson sont suffisantes, en tenant compte des dimensions de l'emboîture et des charges transmises.

a) Vérification de la résistance à la base du caisson

Les indications des sections 18.6.3 et 18.6.5 du CFEM permettent de déduire que la vérification de la résistance géotechnique à la base du caisson doit être effectuée comme suit :

$$0,4 \times q_{ult.b} \times \frac{\pi \times B_s^2}{4} \leq n \times Q$$

où :

$q_{ult.b}$: résistance géotechnique à l'état limite ultime (ELUL) développée à la base du caisson (kN/m²);

0,4 : coefficient de tenue;

B_s : diamètre du caisson (m).

b) Vérification de la résistance sur les parois du caisson

Les indications des sections 18.6.4 et 18.6.5 du CFEM permettent de déduire que la vérification de la résistance géotechnique le long des parois du caisson, au contact roc-béton, doit être effectuée comme suit :

$$0,4 \times q_{ult.b} \times \pi \times B_s \times L_s \leq (1 - n) \times Q$$

où :

0,4 : coefficient de tenue;

L_s : longueur de l'emboîture (m). Dans le présent projet, il est suggéré de ne pas tenir compte de la partie supérieure du roc sur une épaisseur de 0,5 m.

4.6.1.5 Capacité aux états limites d'utilisation (ELUT)

Afin d'assurer la performance de l'ouvrage, la résistance géotechnique des caissons à l'état limite d'utilisation (ELUT) doit être déterminée. La résistance à l'ELUT est reliée aux déformations engendrées par l'ouvrage. Le tassement engendré par les charges sur un caisson peut être estimé par la méthode résumée à la section 18.7.4.4 du CFEM.

Au moment d'écrire le présent rapport, les données nécessaires à la détermination de la résistance géotechnique à l'ELUT ne sont pas disponibles. Il s'agit, entre autres, du diamètre du caisson, de la longueur de l'emboîture, de la méthode de mise en place, des caractéristiques des matériaux composant le caisson, etc.

De façon générale, le tassement devrait être négligeable si la base du caisson est installée dans le roc, soit à une profondeur d'au moins 2 m sous la surface du roc, tel que recommandé à la section 4.6.1.1. La résistance géotechnique à l'ELUT est alors du même ordre de grandeur que celle à l'ELUL. Par ailleurs, la résistance géotechnique à l'ELUT pourrait être limitée par la capacité structurale du caisson.

4.6.1.6 Résistance à l'arrachement des caissons forés

La résistance à l'arrachement des caissons forés est obtenue par la contribution combinée de la résistance le long du fût du caisson et du poids de celui-ci. Dans le présent projet, la combinaison de la contribution de la résistance le long de l'emboîture dans le roc, dans le dépôt d'argile, dans le remblai, ainsi que du poids du caisson peut être utilisée. L'équation suivante permettant de déterminer la résistance à l'arrachement est déduite des indications de la section 18.2.6 du CFEM.

$$Q_{ult,s} = \pi \times B_s \times L_s \times q_{ult,s} + C \times L \times \beta \times \sigma'_{vo} + 0,75 \times C \times L \times \beta \times \sigma'_{vo} + P/2$$

où :

$Q_{ult,s}$: capacité du caisson à l'état limite ultime à l'arrachement (kN);

σ'_{vo} : pression effective verticale moyenne à proximité du caisson (kN/m²) ;

- C : circonférence du caisson (m);
- L : longueur du caisson dans le dépôt d'argile, dans le remblai d'argile ou dans le remblai de sol granulaire (m), selon la couche ;
- P : poids du caisson (kN);
- β : coefficient combiné de résistance le long du fût, lequel est de 0,3 pour des caissons dans le dépôt et le remblai d'argile et de 0,4 dans un remblai granulaire compact;
- B_s : diamètre du caisson (m);
- L_s : profondeur de l'emboîture dans le roc (m);
- $q_{ult.s}$: résistance géotechnique à l'ÉLUL « $q_{ult.s}$ » le long de la paroi du caisson dans le roc.

Le poids volumique total de l'argile est de 16 kN/m^3 alors que son poids volumique déjaugé est de $6,2 \text{ kN/m}^3$. Le poids volumique total de l'argile en remblai est de 16 kN/m^3 alors que celui du remblai de sable est de 21 kN/m^3 . Pour les fins de calculs, il est recommandé de poser l'hypothèse que le niveau de l'eau souterraine est situé à 1,0 m de profondeur sous la surface du dépôt naturel d'argile.

Par ailleurs, les exigences du *Code canadien pour le calcul des ponts routiers* indiquent qu'un coefficient de tenue de 0,3 doit être appliqué à la valeur de la résistance géotechnique ultime à l'arrachement pour obtenir la résistance géotechnique à l'état limite ultime pondérée à l'arrachement du caisson.

4.6.1.7 Frottement négatif sur les caissons

Selon les informations obtenues des représentants du MTQ et de Tecslut – Séguin, l'installation des caissons avant la consolidation du dépôt d'argile pourrait être envisagée. Dans ce cas, les tassements dans le dépôt d'argile provoqueront l'apparition du phénomène de frottement négatif. Il est donc important de tenir compte de ce phénomène si le dépôt d'argile n'est pas consolidé préalablement à l'installation des caissons.

La contrainte de frottement négatif le long des fondations profondes peut être estimée par la relation suggérée à la section 18.2.5 du CFEM et présentée ci-après.

$$Q_n = q_n \times C \times D_n ; q_n = \beta \times \sigma'_{vo}$$

où :

Q_n : charge axiale négative autour du caisson ou pieu (kN), se développant au-dessus de l'axe neutre.

σ'_{vo} : pression effective verticale moyenne à proximité du caisson (kN/m²) (par exemple, au milieu du dépôt d'argile)

C : circonférence du caisson (m)

D_n : profondeur de l'axe neutre par rapport à la surface du terrain (m)

β : coefficient combiné de résistance le long du fût, lequel est égal à 0,3 pour le dépôt d'argile

La profondeur de l'axe neutre devrait correspondre à la base du dépôt d'argile. Il faut mentionner que, dans ce cas, la valeur de la profondeur « D_n » doit être prise comme égale à la différence entre la surface du terrain et la base du dépôt d'argile, soit la somme des épaisseurs de remblai et du dépôt d'argile.

Tel qu'indiqué à la section 4.6.1.6 pour le calcul de la résistance à l'arrachement, on doit dans le présent calcul tenir compte d'une nappe située à environ 1,0 m de profondeur à partir de la surface du dépôt naturel d'argile.

4.6.2 Capacité et déformation latérale des caissons forés

4.6.2.1 Généralités

Les charges latérales sur un caisson foré peuvent être engendrées par diverses sollicitations tels la pression du vent, les efforts sismiques, les forces de freinage des véhicules, etc.

La capacité du caisson à résister aux charges latérales dépend de plusieurs paramètres dont la rigidité du caisson, ainsi que l'épaisseur et les caractéristiques de déformation du sol et du roc entourant le caisson.

L'expérience a montré que la déflexion latérale pour un caisson foré muni d'une emboîture dans le roc est beaucoup plus faible que celle d'un pieu prenant appui sur le roc.

Les coefficients de réaction horizontale dans les différents matériaux rencontrés sur le site, et qui pourraient être nécessaires pour la conception, sont présentés ci-après.

4.6.2.2 Coefficient de réaction horizontale dans un sol pulvérulent

Le coefficient de réaction horizontale dans un sol pulvérulent (K_{hs}) dans un état compact, comme par exemple un remblai compacté selon les recommandations de la section 4.8.2.5 du rapport, est déterminé par la relation empirique proposée par Broms, B.B., 1964⁴ et qui est la suivante :

$$K_{hs} = F_A \times (n_h \times z) / B_s.$$

où :

- K_{hs} : coefficient de réaction horizontale dans un sol pulvérulent (kN/m^3) ;
- F_A : facteur d'ajustement déterminé au point 3 de l'annexe 7;
- n_h : coefficient de réaction déterminé en fonction de la profondeur de la nappe et de l'état de compacité du sol (utiliser un sol compact au-dessus de la nappe);
- z : profondeur (m);
- B_s : diamètre du caisson (m).

⁴ Broms, B.B. « *Lateral Resistance of Piles in Cohesionless Soils* » Journal of the Soil Mechanics and Foundation Division, ASCE, vol. 90, n° SM3, May 1964, pp. 123-156.

Les différentes étapes de calcul de la réaction horizontale dans un sol pulvérulent sont présentées à l'annexe 7 de ce rapport.

4.6.2.3 Coefficient de réaction horizontale dans l'argile

Le coefficient de réaction horizontale (K_{ha}) dans le dépôt d'argile et le remblai d'argile compacté peut être déterminé en s'inspirant des relations proposées par Broms 1964⁵ et Davisson 1970⁶ et formulées comme suit :

$$K_{ha} = F_A \times (67 \times c_u) / B_s.$$

où :

- K_{ha} : coefficient de réaction horizontale dans le dépôt d'argile (kN/m^3) ;
- F_A : facteur d'ajustement déterminé au point 3 de l'annexe 6, soit 0,38;
- c_u : résistance au cisaillement non drainé (kPa);
- B_s : diamètre du caisson (m).

La valeur de la résistance au cisaillement non drainé de l'argile « c_u » à utiliser est de 35 kPa pour le dépôt d'argile de consistance ferme et de 100 kPa pour la « croûte » et le remblai d'argile.

Les différentes étapes de calcul de la réaction horizontale dans un sol cohérent (argile) sont présentées à l'annexe 6 de ce rapport.

4.6.2.4 Coefficient de réaction horizontale dans le roc

Les caractéristiques physiques et géomécaniques du roc rencontré sur le site ont été déterminées dans cette étude et sont présentées à la section 3 et à l'annexe 4 de ce rapport. Tenant compte de ces caractéristiques, la valeur du coefficient de

⁵ Broms, B.B. « *Lateral Resistance of Piles in Cohesive Soils* » Journal of the Soil Mechanics and Foundation Division, ASCE, vol. 90, n° SM2, March 1964, pp. 27-63.

⁶ Davisson, M.T. « *Lateral Load Capacity of Piles* » Highway Research Board, Washington, D.C., Highway Research Record, no. 33, 1970, pp. 104-112.

réaction horizontale du roc « K_r » a été estimée à partir de la relation proposée par Johnston et Lam, 1989⁷. Le tableau 17 ci-après présente les valeurs de « K_r » pour différents diamètres de caissons.

TABLEAU 17
COEFFICIENT DE RÉACTION HORIZONTALE DANS LE ROC « K_r »

DIAMÈTRE DU CAISSON (B_s)	COEFFICIENT DE RÉACTION HORIZONTALE (K_r)
1,0 m	12 GN/m ³
1,5 m	8 GN/m ³
2,0 m	6 GN/m ³
2,5 m	5 GN/m ³
3,0 m	4 GN/m ³
3,5 m	3 GN/m ³

4.6.3 Aspect sismique

Les forces attribuables aux mouvements de terrain horizontaux provoqués par les séismes peuvent être estimées à partir de la méthode définie dans le *Code canadien sur le calcul des ponts routiers*. Il s'agit d'utiliser le coefficient de réponse sismique élastique C_{sm} et le poids effectif du pont. Le coefficient C_{sm} inclut plusieurs facteurs dont le coefficient de site S . Dans le cas du présent projet, le profil stratigraphique sur le site est de type « I » et la valeur de S à utiliser est de 1,0.

⁷ Johnston, I.W. et T.S.K. Lam « *Shear Behavior of Regular Triangular Concrete / Rock Joints - Analysis* » Journal of Geotechnical Engineering, vol. 115, n° 5, 1989, pp. 711-727.

4.7 POTENTIEL D'UTILISATION DES MATÉRIAUX EXCAVÉS POUR LE REMBLAYAGE

Dans le tronçon nord du projet, soit entre les P.K. 43+040 et 43+890, une autre phase des travaux a été complétée avant le début des travaux prévus pour le tronçon de la présente étude. Une grande quantité de matériaux potentiellement réutilisables a été excavée dans les tronçons majoritairement en déblai par rapport à la surface du terrain qui existait avant ces travaux. Ces tronçons sont situés entre les P.K. 43+110 à 43+340 et entre les P.K. 43+540 et 43+890. De plus, la majeure partie des matériaux excavés proviendrait du remblai d'argile ou du dépôt naturel d'argile. Ces matériaux de déblai pourront être utilisés pour la construction des remblais d'approche au pont d'étagement.

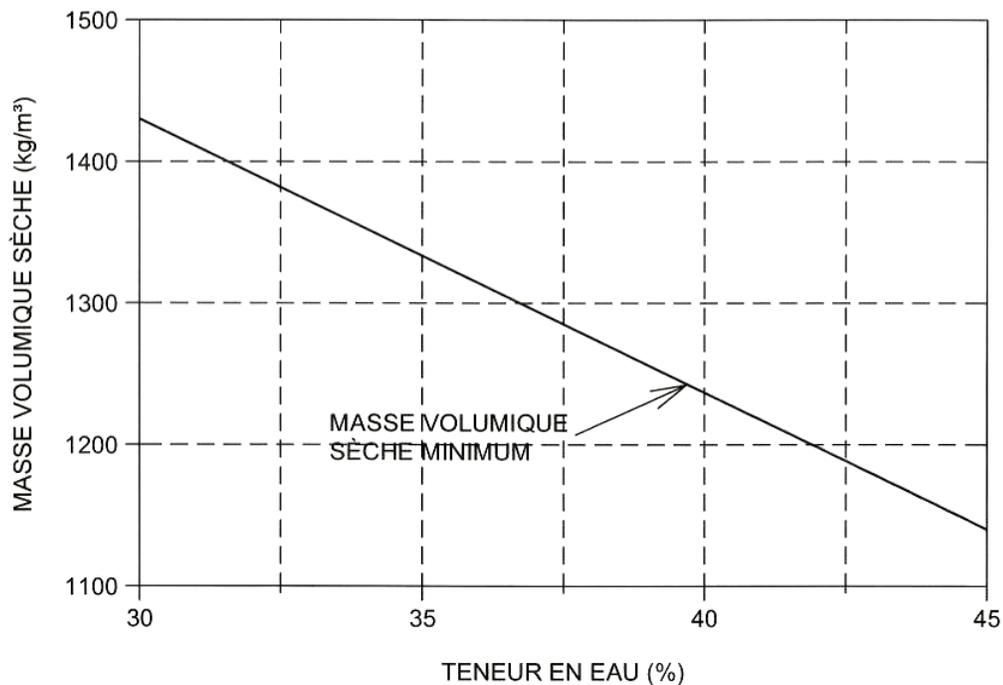
L'utilisation de l'argile silteuse, provenant du tronçon situé entre les P.K. 43+040 et 43+890 ou des travaux d'excavation effectués pour l'aménagement des fossés dans la croûte superficielle du dépôt d'argile peut être envisagée pour la construction des remblais d'approche à la condition de respecter les points énumérés ci-après :

- la surface du remblai érigé en argile doit être suffisamment inclinée vers l'extérieur afin de ne pas permettre l'accumulation des eaux de pluie ou de la fonte des neiges, particulièrement si un certain délai est prévu entre la mise en place de l'argile et la construction du reste des remblais d'approche;
- les drains verticaux prévus pour permettre l'accélération de la consolidation du dépôt d'argile silteuse en place doivent être prolongés jusqu'à l'intérieur du tapis drainant, lequel doit être mis en place au-dessus du remblai d'argile sur une épaisseur d'au moins 0,3 m, préalablement à leur fonçage.

Par ailleurs, l'argile excavée ne pourra être réutilisée pour le remblayage que dans la mesure où l'exigence de compactage n'est pas maintenue à un minimum de 90 % du Proctor modifié. En effet, il est impossible d'atteindre cette exigence lorsque la teneur en eau (w) de l'argile est supérieure d'environ 5 % à 10 % à la limite de plasticité (w_p). Par contre, une argile dont l'indice de liquidité (I_L) est inférieur à 0,4 peut être mise en place et compactée de façon à permettre un comportement adéquat de la chaussée routière sus-jacente.

Dans l'éventualité où l'argile est utilisée pour le remblayage, l'exigence minimum de compactage, exprimée par la masse volumique sèche, sera fonction de la teneur en eau (w) de l'argile, tel qu'indiqué au graphique de la figure 6 ci-après.

FIGURE 6
EXIGENCES DE COMPACTAGE
MASSE VOLUMIQUE VS TENEUR EN EAU



En se basant sur les résultats obtenus dans les forages, la plus grande partie de l'argile excavée dans le tronçon compris entre les P.K. 43+040 et 43+890 devrait avoir un indice de liquidité (I_L) inférieur ou égal à 0,4 et pourra donc être réutilisée pour le remblayage. Ceci devrait être également le cas pour les excavations dans la croûte pour l'aménagement des fossés ailleurs dans le tracé de la route 236.

Par ailleurs, une attention particulière doit être apportée aux conditions climatiques lors de la mise en place de l'argile dans les remblais. Ainsi, il est recommandé que ces travaux ne soient pas effectués lorsque la température extérieure est inférieure à 5 °C ou lorsqu'il pleut.

Lors des travaux de mise en place de l'argile, les camions servant au transport devront avoir une surface portante suffisante pour prévenir la formation d'ornières. Dans l'éventualité de formation d'ornières, celles-ci doivent être scarifiées et l'argile recompressée avant de procéder à la mise en place de la couche suivante.

4.8 CHAUSSÉE ROUTIÈRE

4.8.1 Préparation de l'infrastructure

Le tronçon de la route 236 compris entre les P.K. 42+100 et 42+900 sera construit en remblai. Lorsque la hauteur du remblai est égale ou supérieure à 1 m, le remblai peut être érigé directement à partir de la surface du terrain existant et la mince couche de sol organique peut être laissée en place. Dans les secteurs où la hauteur du remblai est inférieure à 1 m, la surface de l'infrastructure doit être débarrassée convenablement de toutes matières organiques, de boue ou autre débris. Toute zone molle ou instable doit être éliminée et remplacée par un matériau approprié. La surface doit être inspectée et acceptée par un personnel qualifié avant la poursuite des travaux.

4.8.2 Dimensionnement de la chaussée routière

Les principales informations obtenues de la part de Tecsalt-Séguin relativement au trafic prévu sur la route 236 sont les suivantes :

- mise en service : 2011;
- DJMA de conception (2011) : 6 000;
- pourcentage de véhicules lourds : 12 %;
- accroissement du trafic : 3 %;
- période de conception : 15 ans.

Les informations relatives à la route 236 ont été obtenues du rapport d'avant-projet produit par SM Pelletier et associés (SM) ainsi que du représentant de

Tecsult-Séguin par courriel et verbalement. Le rapport de SM porte le numéro de projet 20-5400-9301-X2 et est daté du 19 mai 2006.

Plusieurs hypothèses ont été retenues relativement à la conception de la chaussée du tronçon de la route 236 à l'étude et la détermination de l'épaisseur de chaussée requise. Les hypothèses concernant les aspects structural et thermique sont présentées distinctement ci-après.

4.8.2.1 Hypothèses retenues pour la conception structurale de la chaussée

Le tableau 18 suivant résume les hypothèses relatives à l'aspect structural de la conception.

TABLEAU 18
HYPOTHÈSES DE CONCEPTION STRUCTURALE

PARAMÈTRES	HYPOTHÈSES RETENUES
Classe de la route	Route régionale
Période de conception	15 ans
Voies de circulation	2
Pourcentage de véhicules lourds	12 %
Coefficient d'agressivité moyen	2,0
Pourcentage du trafic dans la voie de design	100 %
Augmentation annuelle du trafic	3 %
Nombre de jours annuels	300 jours

Selon ces hypothèses de conception, la route 236 sera sollicitée par un trafic équivalent à environ 4,0 millions d'ÉCAS pour une période de conception de 15 ans.

4.8.2.2 Hypothèses retenues pour la conception thermique

Le tableau 19 suivant résume les hypothèses relatives à l'aspect thermique de la conception.

TABLEAU 19
HYPOTHÈSES DE CONCEPTION THERMIQUE

Classe de la route	Route nationale
Nature des matériaux d'infrastructure	Remblai
Station météorologique de référence	Ormstown
Indice de gel normal	930 °C - jours
Indice de gel rigoureux	1 290 °C - jours

Les matériaux sous la ligne d'infrastructure, dans le tronçon à l'étude situé approximativement entre les P.K. 42+100 et 42+900, seront constitués de matériaux de classe B à utilisés pour la construction des remblais d'approche pour le pont d'étagement.

4.8.2.3 Structure de la chaussée pour les tronçons situés à l'extérieur des sections de remblai en polystyrène

Les hypothèses de conception structurale et thermique décrites précédemment ont permis de déterminer l'épaisseur minimale totale de la chaussée, formée de matériaux non gélifs, requise pour satisfaire aux critères de protection partielle contre le gel recommandés par le MTQ pour une chaussée construite sur une infrastructure constituée par des matériaux de classe B.

La structure de chaussée proposée, pour les tronçons situés à l'extérieur des sections de remblai en polystyrène, a été établie selon la méthode de dimensionnement des chaussées du MTQ, adaptée de la méthode AASHTO *Design of Pavement Structure*, en utilisant le logiciel *Chaussée 2*. La protection partielle

contre le gel a pour but de limiter les effets du gel sur l'ouverture des fissures et sur l'uni, de maintenir les soulèvements dus au gel inférieurs aux valeurs admissibles, mais aussi pour éloigner de la surface les horizons de sol qui subissent des pertes de capacité de support au moment du dégel. La structure de chaussée proposée pour le tronçon à l'étude est présentée au tableau 20 ci-après.

TABLEAU 20
STRUCTURE DE CHAUSSÉE PROPOSÉE
TRONÇONS SITUÉS À L'EXTÉRIEUR DES SECTIONS DE REMBLAI
EN POLYSTYRÈNE
CONSTRUCTION DE LA ROUTE 236
P.K. 42+100 AU P.K. 42+900 (4,0 MILLIONS D'ÉCAS)

ÉLÉMENTS DE LA CHAUSSÉE	MATÉRIAU	ÉPAISSEUR (mm)
Revêtement		
Couche de roulement	ESG-10 (bitume PG 70-28)	55
Couche de base	GB-20 (bitume PG 64-28)	100
Fondation	MG 20	250
Sous-fondation	MG 112	375 ⁽¹⁾
Épaisseur totale :		780
Note 1 : Pour un remblai d'une épaisseur totale (épaisseur de chaussée + épaisseur de remblai sous la ligne d'infrastructure) de 2 m ou moins, l'épaisseur de la sous-fondation doit être augmentée à 500 mm pour une épaisseur totale de chaussée de 905 mm.		

4.8.2.4 Structure de la chaussée pour les tronçons situés sur les sections de remblai en polystyrène - Transitions

La présence de polystyrène dans un remblai routier a une influence sur le comportement de la chaussée sus-jacente comparativement à celui des chaussées construites dans des sections situées à l'extérieur de ces remblais légers.

Dans le présent projet, des remblais légers composés de polystyrène sont prévus derrière les culées. Il est donc important de tenir compte dans la conception des

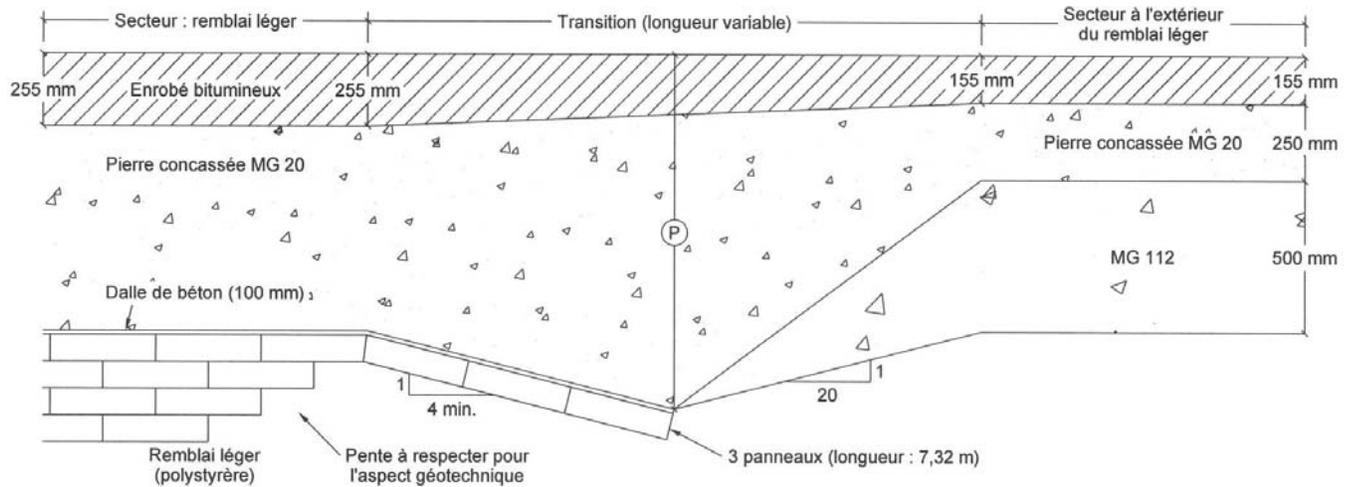
chaussées de leur présence mais aussi des transitions à effectuer au contact avec les chaussées adjacentes. Le dimensionnement de ces chaussées a été effectué à l'aide d'abaques récemment développées par le MTQ et qui ne sont pas encore incorporées dans le logiciel *Chaussée 2*. La structure de chaussée proposée pour les tronçons situés au-dessus des remblais en polystyrène est présentée au tableau 21 ci-après

TABLEAU 21
STRUCTURE DE CHAUSSÉE PROPOSÉE
TRONÇONS SITUÉS AU-DESSUS DES SECTIONS DE REMBLAI
EN POLYSTYRÈNE

ÉLÉMENTS DE LA CHAUSSÉE	MATÉRIAU	ÉPAISSEUR (mm)
Revêtement		
Couche de roulement	ESG-10 (bitume PG 70-28)	55
Couche de base no. 1	GB-20 (bitume PG 64-28)	100
Couche de base no. 2	GB-20 (bitume PG 64-28)	100
Fondation	MG 20	300
Sous-fondation	MG 20 ou MG 56	350
Épaisseur totale :		905

Les transitions au contact du polystyrène et du sol doivent être effectuées en respectant les recommandations indiquées sur la figure 7 ci-après. Il faut souligner que la dalle de béton située au-dessus du remblai de polystyrène doit être prolongée sur la partie inclinée du lit supérieur de ce remblai.

FIGURE 7
CHAUSSÉE ET TRANSITION
TRONÇON AU-DESSUS D'UNE SECTION DE REMBLAI EN POLYSTYRÈNE



Enfin, dans le but d'éviter un fluage du polystyrène, la contrainte appliquée sur le remblai léger doit être limitée à un maximum de 30 % de la résistance du polystyrène. C'est ainsi que dans le présent projet, l'épaisseur de la sous-fondation ne doit en aucun cas être supérieure à 1200 mm.

4.8.2.5 Recommandations générales

Quelques recommandations générales sont présentées ci-après. Celles-ci doivent être mises en œuvre afin de favoriser un comportement adéquat des chaussées à construire.

La surface de l'infrastructure doit être exempte de matières organiques ou autres débris avant la mise en place des différentes couches composant la structure de chaussée.

Les sols sous la ligne d'infrastructure doivent être compactés au moins à 90 % du Proctor modifié lorsque constitués d'un sol granulaire ou d'un emprunt de classe B non constitué d'argile.

La mise en place et le compactage des matériaux argileux provenant des excavations doivent être effectués selon les recommandations de la section 4.7 du rapport.

Les matériaux MG 112 de la sous-fondation et MG 20 de la fondation, doivent satisfaire aux exigences de la norme NQ 2560-114/2002. Il est à noter que les spécifications de la partie II de ladite norme s'appliquent après le transport, la mise en œuvre et le compactage des granulats, conformément aux exigences du CCDG. Ces matériaux doivent être mis en place en couches d'une épaisseur maximale de 300 mm. Les matériaux MG 112 de la sous-fondation doivent respecter les critères de couche anticontaminante de la norme NQ-2560-114-III/2002 et être compactés à une densité au moins égale à 90 % de la masse volumique sèche maximale déterminée à l'essai Proctor modifié (CAN/BNQ 2501-255) sauf pour les 150 mm supérieurs où le matériau doit être densifié à 95 % du Proctor modifié. Les matériaux de la fondation MG 20 doivent être compactés au moins à 98 % du Proctor modifié ou de la masse volumique maximale obtenue avec une planche de référence.

Les enrobés bitumineux ESG-10 et GB-20 doivent satisfaire aux exigences de la norme 4202 du MTQ. Les bitumes doivent être conformes à la norme 4101 du MTQ.

La mise en place des matériaux des chaussées doit être conforme aux normes et exigences du MTQ, telles que contenues dans le CCDG.

Des transitions avec les chaussées existantes, s'il y a lieu, doivent être aménagées pour atténuer les comportements différentiels.

La structure de chaussée proposée n'est pas conçue pour résister à la circulation de la machinerie durant les travaux.

La densité après compactage des matériaux doit être vérifiée par des essais exécutés au chantier au moment des travaux.

Par ailleurs, il n'y a pas d'exigence pour le coefficient de polissage par projection (CPP) dans le présent projet car c'est une route régionale et le DJMA est inférieur à 20 000.

La couche de base du revêtement devra être recouverte de la couche de roulement avant d'être ouverte à la circulation.

Enfin, il est important de souligner que les exigences pour la résistance à l'orniérage s'appliquent dans le présent projet.

5 VALIDITÉ DES RÉSULTATS DE L'ÉTUDE

L'emplacement et le nombre de forages ont été déterminés de façon à obtenir les conditions de sol les plus représentatives possibles, pour le site étudié. Les recommandations ont été formulées en posant l'hypothèse que les résultats obtenus sont effectivement représentatifs de l'ensemble du site pour les besoins de la présente étude effectuée en vue de la conception du projet et de la préparation des plans et devis. Il convient également de souligner que les recommandations sont formulées en fonction des informations et des hypothèses en ce qui a trait aux travaux projetés et qui étaient connues au moment de la rédaction de ce rapport. Qualitas devra être informée de toute modification du projet ou advenant que des conditions de terrain différentes soient rencontrées au cours des travaux afin que des révisions, modifications ou confirmations des présentes recommandations puissent être formulées.

Espérant le tout à votre satisfaction, nous demeurons à votre service pour toute information additionnelle qui pourrait être requise.

GROUPE QUALITAS INC.



Ahmed Ouarzidini, ing., M.Sc.
N° de membre OIQ : 108509



Gilles Dussault, ing., M.S.
N° de membre OIQ : 23222

(Ce rapport est composé de 185 pages et ne peut être reproduit en partie sans l'autorisation de Groupe Qualitas inc.)

A N N E X E 1

PORTÉE DE L'ÉTUDE

PORTÉE DE L'ÉTUDE

1. UTILISATION DU RAPPORT

A. Modifications au projet : les données factuelles, les interprétations et les recommandations contenues dans ce rapport ont trait au 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, dimensionnement, emplacement ou niveau, Groupe Qualitas inc. devra être consultée de façon à confirmer que les recommandations déjà données demeurent valides et applicables.

B. Nombre de sondages : 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 qui peuvent affecter les travaux de construction (coûts, techniques, matériel, échéancier), devrait normalement être plus élevé que celui pour les besoins du dimensionnement. Les entrepreneurs qui soumissionnent ou qui sous-traitent le travail, devraient compter sur leurs propres études ainsi que sur leurs propres interprétations des résultats factuels des sondages, pour apprécier de quelle façon les conditions souterraines peuvent affecter leur travail.

2. RAPPORTS DE SONDRAGE ET INTERPRÉTATION DES CONDITIONS SOUTERRAINES

A. Description des sols et du roc : 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 de la géotechnique. La classification et l'identification du sol et du roc font appel à un jugement. Ces descriptions peuvent être différentes de celles que ferait un autre géotechnicien possédant des connaissances similaires des règles de l'art en géotechnique.

B. Conditions des sols et du roc à l'emplacement des sondages : les rapports de sondage ne fournissent que des conditions du sous-sol à l'emplacement des sondages seulement. Les limites entre les différentes couches sur les rapports de sondage sont souvent approximatives, 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 sondage, de la fréquence et de la méthode d'échantillonnage ainsi que de l'uniformité du terrain rencontré. L'espacement entre les sondages, la fréquence d'échantillonnage et le type de sondage sont également le reflet de considérations budgétaires et d'échéancier qui sont hors du contrôle de Groupe Qualitas inc.

C. Conditions des sols et du roc entre les sondages : les formations de sol et de roc sont variables sur une plus ou moins grande étendue. Les conditions souterraines entre les sondages peuvent varier par rapport aux conditions rencontrées à l'endroit des sondages. Toute interprétation des conditions présentées entre les sondages comporte des risques. Ces interprétations peuvent conduire à la découverte de conditions différentes de celles qui étaient prévues. Groupe Qualitas inc. ne peut être tenue responsable de la découverte de conditions de sol et de roc différentes de celles décrites ailleurs qu'à l'endroit des sondages effectués.

D. Niveaux de l'eau souterraine : 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. Ces variations sont hors du contrôle de Groupe Qualitas inc.

3. SUIVI DE L'ÉTUDE ET DES TRAVAUX

A. Vérification en phase finale : tous les détails de conception et de construction ne sont pas connus au moment de l'émission du rapport. Il est donc recommandé que les services de Groupe Qualitas inc. soient retenus pour apporter toute la lumière sur les conséquences que pourraient avoir les travaux de construction sur l'ouvrage final.

B. Inspection durant l'exécution : il est recommandé que les services de Groupe Qualitas inc. soient retenus pendant la construction, pour vérifier et confirmer d'une part que les conditions souterraines sur toute l'étendue du site ne diffèrent pas de celles données dans le rapport et d'autre part, que les travaux de construction n'auront pas un effet défavorable sur les conditions du site.

4. CHANGEMENT DES CONDITIONS : les conditions de sol 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 peuvent être modifiées de façon significative par les travaux de construction (trafic, excavation, 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 doit être protégé de ces changements ou remaniements pendant la construction.

Lorsque les conditions rencontrées sur le site diffèrent de façon significative de celles prévues dans ce rapport, dues à la nature hétérogène du sous-sol ou encore à des travaux de construction, il est du ressort du client et de l'utilisateur de ce rapport de prévenir Groupe Qualitas inc. des changements et de fournir à Groupe Qualitas inc. l'opportunité de réviser les recommandations de ce rapport. Reconnaître un changement des conditions de sol demande une certaine expérience. Il est donc recommandé qu'un ingénieur géotechnicien expérimenté soit dépêché sur le site afin de vérifier si les conditions ont changé de façon importante.

5. 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. Groupe Qualitas inc. ne peut en aucun cas prendre la responsabilité des effets du drainage à moins que Groupe Qualitas inc. ne soit spécifiquement impliqué dans la conception détaillée et le suivi des travaux de construction du système de drainage.

6. CONDITIONS ENVIRONNEMENTALES : dans certains cas, les terrains sur lesquels Groupe Qualitas inc. effectue des reconnaissances peuvent avoir subi des déversements de contaminants ou encore la nappe phréatique peut contenir des polluants provenant d'un site à l'extérieur des terrains à étudier. De telles conditions requièrent une étude de caractérisation environnementale. La présente étude géotechnique n'a pas été effectuée en fonction d'une telle étude. Il convient de souligner que les lois et les règlements relatifs à l'environnement peuvent avoir des effets importants sur la viabilité, l'orientation et les coûts d'un projet. Ces lois et règlements sont susceptibles d'amendement et devront être vérifiés et pris en compte au moment de la conception et la préparation du projet.

A N N E X E 2

RAPPORTS DE SONDAGE

Un rapport de sondage permet de résumer la stratigraphie des sols et du roc, leurs propriétés ainsi que les conditions d'eau souterraine. Cette note a pour but d'expliquer la terminologie, les symboles et abréviations utilisés.

COUPE STRATIGRAPHIQUE

1. PROFONDEUR – NIVEAU

La profondeur et le niveau des différents contacts stratigraphiques sont donnés par rapport à la surface du terrain à l'endroit des sondages au moment de leur exécution. Les niveaux sont indiqués en fonction d'un système indiqué dans l'entête du rapport de sondage.

2. DESCRIPTION DES SOLS

Les sols sont décrits selon leur nature et leurs propriétés géotechniques.

Les dimensions des particules constituant un sol sont les suivantes :

NOM	DIMENSION (mm)	
Argile	<	0,002
Silt	0,002 -	0,08
Sable	0,08 -	5
Gravier	5 -	80
Caillou	80 -	300
Bloc	>	300

La proportion des divers éléments de sol, définis selon la dimension des particules, est donnée d'après la terminologie descriptive suivante :

TERMINOLOGIE DESCRIPTIVE	PROPORTION DE PARTICULES (%)	
Traces	1 -	10
Un peu	10 -	20
Adjectif (ex. : sableux, silteux)	20 -	35
Et (ex. : sable et gravier)	>	35

2.1 COMPACTITÉ DES SOLS PULVÉRULENTS

La compacité des sols pulvérulents est évaluée à l'aide de l'indice de pénétration « N » obtenu par l'essai de pénétration standard :

COMPACTITÉ	INDICE DE PÉNÉTRATION « N » (coups / 300 mm)	
Très lâche	<	4
Lâche	4 -	10
Compacte ou moyenne	10 -	30
Dense	30 -	50
Très dense	>	50

2.2 CONSISTANCE ET PLASTICITÉ DES SOLS COHÉRENTS

La consistance des sols cohérents est évaluée à partir de la résistance au cisaillement. La résistance au cisaillement non drainé de l'argile intacte (c_u) et de l'argile remaniée (c_r) est mesurée en chantier ou en laboratoire.

CONSISTANCE	RÉSISTANCE AU CISAILLEMENT, c_u (kPa)	
Très molle	<	12
Molle	12 -	25
Ferme	25 -	50
Raide	50 -	100
Très raide	100 -	200
Dure	>	200

PLASTICITÉ	LIMITE DE LIQUIDITÉ, w_L %	
Faible	<	30
Moyenne	30 -	50
Élevée	>	50

3. DESCRIPTION DU ROC

Le roc est décrit en fonction de sa nature géologique, de ses caractéristiques structurales et de ses propriétés mécaniques.

L'indice de qualité du roc (RQD) est obtenu par la sommation des longueurs de carotte égales ou supérieures à 100 mm par rapport à la course du carottier de calibre NX ou NQ dans le roc. Le résultat s'exprime en pourcentage :

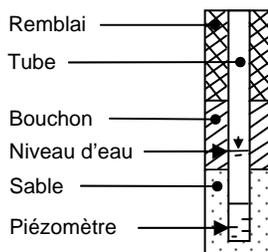
CLASSIFICATION	INDICE DE QUALITÉ RQD (%)	
Très mauvaise qualité	<	25
Mauvaise qualité	25 -	50
Qualité moyenne	50 -	75
Bonne qualité	75 -	90
Excellente qualité	90 -	100

JOINTS	ESPACEMENT MOYEN (mm)	
Très rapprochés	0 -	60
Rapprochés	60 -	200
Moyennement espacés	200 -	600
Espacés	600 -	2000
Très espacés	>	2000

RÉSISTANCE	RÉSISTANCE À LA COMPRESSION SIMPLE, q_u (MPa)	
Extrêmement faible	<	1
Très faible	1 -	5
Faible	5 -	25
Moyennement forte	25 -	50
Forte	50 -	100
Très forte	100 -	250
Extrêmement forte	>	250

NIVEAU D'EAU

La colonne « Niveau d'eau » indique le niveau de l'eau souterraine mesuré dans un tube d'observation, un piézomètre, un puits d'observation ou directement dans un sondage. La date du relevé est également indiquée dans cette colonne. Le croquis ci-contre illustre les différents symboles utilisés.



ABRÉVIATIONS

A	Absorption, L/min-m (essai d'eau sous pression)
AC	Analyses chimiques
C	Essai de consolidation
C _c	Coefficient de courbure
C _U	Coefficient d'uniformité
c _u	Résistance au cisaillement à l'état intact, mesurée au scissomètre de chantier, kPa
c _r	Résistance au cisaillement à l'état remanié, mesurée au scissomètre de chantier, kPa
c _{us}	Résistance au cisaillement à l'état intact, mesurée au pénétromètre à cône (cône suédois), kPa
c _{rs}	Résistance au cisaillement à l'état remanié, mesurée au pénétromètre à cône (cône suédois), kPa
c _{up}	Résistance au cisaillement à l'état intact, mesurée au scissomètre portatif, kPa
c _{rp}	Résistance au cisaillement à l'état remanié, mesurée au scissomètre portatif, kPa
D _r	Densité relative des particules solides
E _M	Module pressiométrique, kPa ou MPa
G	Analyse granulométrique par tamisage et lavage
I _L	Indice de liquidité
I _p	Indice de plasticité, %
k _c	Coefficient de perméabilité (conductivité hydraulique) mesuré en chantier, m/s
k _L	Coefficient de perméabilité (conductivité hydraulique) mesuré en laboratoire, m/s
N _{dc}	Indice de pénétration (essai de pénétration dynamique au cône, DCPT)
N	Indice de pénétration (essai de pénétration standard, SPT)
P ₈₀	Analyse granulométrique par lavage au tamis 80 µm
P _L	Pression limite de l'essai pressiométrique, kPa
P _r	Essai Proctor
PV	Poids volumique, kN/m ³
PV'	Poids volumique déjaugé, kN/m ³
q _c	Résistance de pointe, kPa (essai de pénétration statique portatif au cône, CPT)
q _u	Résistance à la compression simple de la roche, MPa
S	Analyse granulométrique par sédimentométrie
S _t	Sensibilité (c _r /c _i)
w	Teneur en eau, %
w _L	Limite de liquidité, %
w _p	Limite de plasticité, %

ÉCHANTILLONS

1. TYPE ET NUMÉRO

La colonne « Type et numéro » correspond à la numérotation de l'échantillon. Il comprend deux lettres identifiant le type d'échantillonnage, suivi d'un chiffre séquentiel. Les types d'échantillonnage sont les suivants :

CF : Carottier fendu	EL : Lavage
CG : Carottier grand diamètre	ET : Tarière
TM : Tube à paroi mince	VR : Vrac (puits)
CR : Carottier diamanté	

2. ÉTAT

La profondeur, la longueur et l'état de chaque échantillon sont indiqués dans cette colonne. Les symboles suivants illustrent l'état de l'échantillon :



3. RÉCUPÉRATION

La récupération de l'échantillon correspond à la longueur récupérée de l'échantillon par rapport à la longueur de l'enfoncement de l'échantillonneur, exprimée en pourcentage.

ESSAIS IN SITU ET EN LABORATOIRE

Les résultats des essais effectués en chantier et en laboratoire sont indiqués dans les colonnes « Essais in situ et en laboratoire » à la profondeur correspondante.

La liste d'abréviations suivante sert à identifier ces essais.

CLIENT : Ministère des Transports du Québec

FORAGE: F-21

PROJET : Pont d'étagement de la route 236 au-dessus de la voie ferrée de CSX Transportation

DATE: 2006-11-21 au 2006-11-21

ENDROIT : Beauharnois, Québec

DOSSIER : B16488L-07

COUPE STRATIGRAPHIQUE		NIVEAU D'EAU 2006-12-08	ÉCHANTILLONS		ESSAIS IN-SITU ET EN LABORATOIRE			
PROFONDEUR (m)	NIVEAU (m) GÉODÉSIQUE		TYPE ET NUMÉRO	ÉTAT	RÉCUPÉRATION (%)	N ou RQD (%)	LIMITES DE CONSISTANCE W _p (%) — W (%) — W _L (%)	AUTRES ESSAIS
	41.24					20 40 60 80	● N _{dc} (coups/0,3 m) ▲ C _u (kPa) △ C _r (kPa) ▼ C _{us} (kPa) ◆ C _{up} (kPa) ▽ C _{rs} (kPa) ◇ C _{rp} (kPa)	
1		ARGILE SILTEUSE , traces de sable, de plasticité élevée (CH). Présence d'une croûte de consistance dure à très raide jusqu'à la profondeur d'environ 4 m. Par la suite, l'argile est de consistance généralement ferme et augmente graduellement jusqu'à la base du dépôt.	CF-1	×	50	4		
2			CF-2	×	92	9		
3			CF-3	×	92	11	45	▲180
4	2.45		CF-4	×	100	2	25 — 51 — 63	▲112
5	38.79		CF-5	■	0			▲41
6			TM-6	▨	100		24 — 65 — 72	▲35
7			CF-7	×	100	*		▲35
8			TM-8	▨	100		22 — 63 — 63	▲39
9			TM-9	▨	82		23 — 51 — 57	▲45
10			CF-10	×	75	R		▲53
11	10.77 10.97		TILL. ROC : grès calcaireux à grain fin à moyen. Roc de qualité mauvaise à moyenne. Les joints sont très rapprochés à moyennement espacés.	CR-11	■	95	43	▲46

 REMARQUES: - R = refus à l'enfoncement du carottier fendu.
 - * = enfoncement du carottier fendu sous le poids de la tige.

MÉTHODE DE FORAGE: Rotation simultanée de tube de calibre NW et d'un trépan à molette; carottage du roc avec un carottier diamanté NQ.

CLIENT : Ministère des Transports du Québec

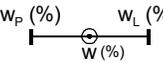
FORAGE: F-21

PROJET : Pont d'étagement de la route 236 au-dessus de la voie ferrée de CSX Transportation

DATE: 2006-11-21 au 2006-11-21

ENDROIT : Beauharnois, Québec

DOSSIER : B16488L-07

COUPE STRATIGRAPHIQUE		DESCRIPTION	ÉCHANTILLONS			ESSAIS IN-SITU ET EN LABORATOIRE			
PROFONDEUR (m)	NIVEAU (m) GÉODÉSIQUE		NIVEAU D'EAU 2006-12-08	TYPE ET NUMÉRO	ÉTAT	RÉCUPÉRATION (%)	N ou RQD (%)	LIMITES DE CONSISTANCE	AUTRES ESSAIS
	28.24						w_p (%) w_L (%)  w (%)		● N_{dc} (coups/0,3 m) ▲ C_u (kPa) △ C_r (kPa) ▼ C_{us} (kPa) ◆ C_{up} (kPa) ▽ C_{rs} (kPa) ◇ C_{rp} (kPa)
							20 40 60 80	40 80 120 160	
14.20	27.04	ROC : grès calcaireux à grain fin à moyen.			CR-12	100	69		
15.00		Fin du forage.							
16.00									
17.00									
18.00									
19.00									
20.00									
21.00									
22.00									
23.00									
24.00									
25.00									
26.00									

 REMARQUES: - R = refus à l'enfoncement du carottier fendu.
 - * = enfoncement du carottier fendu sous le poids de la tige.

MÉTHODE DE FORAGE: Rotation simultanée de tube de calibre NW et d'un trépan à molette; carottage du roc avec un carottier diamanté NQ.

CLIENT : Ministère des Transports du Québec

FORAGE: F-22

PROJET : Pont d'étagement de la route 236 au-dessus de la voie ferrée de CSX Transportation

DATE: 2006-11-16 au 2006-11-17

ENDROIT : Beauharnois, Québec

DOSSIER : B16488L-07

COUPE STRATIGRAPHIQUE		NIVEAU D'EAU 2006-12-08	ÉCHANTILLONS		ESSAIS IN-SITU ET EN LABORATOIRE				
PROFONDEUR (m)	NIVEAU (m) GÉODÉSIQUE		DESCRIPTION	TYPE ET NUMÉRO	ÉTAT	RÉCUPÉRATION (%)	N ou RQD (%)	LIMITES DE CONSISTANCE W _p (%) — W (%) — W _L (%)	AUTRES ESSAIS
							20 40 60 80	● N _{dc} (coups/0,3 m) ▲ C _u (kPa) △ C _r (kPa) ▼ C _{us} (kPa) ◆ C _{up} (kPa) ▽ C _{rs} (kPa) ◇ C _{rp} (kPa)	
0.15	41.01	SOL ORGANIQUE ARGILE SILTEUSE , traces de sable, de plasticité élevée (CH). Présence d'une croûte de consistance dure à raide jusqu'à la profondeur d'environ 4 m. Par la suite, l'argile est de consistance généralement ferme et augmente graduellement jusqu'à la base du dépôt.	CF-1	×	42	4			
1	40.86		CF-2	×	83	11			
2	38.81		CF-3	×	100	12	39		
3			TM-4	▨	100	*	25 — 78 57	C	▲141
4			CF-5	×	100	*	65		▲68
5			TM-6	▨	88	*	24 — 73 71		▲37
6			CF-7	×	100	*			▲38
7			CF-8	×	100	*			▲41
8			TM-9	▨	79	*	24 — 67 66		▲42
9			CF-10	×	100	2			▲53
9.96	31.05	TILL : sable silteux, un peu de gravier, traces d'argile.	CF-11	×	22	R			▲46
10	30.11		CR-12	■	94	0			
11		ROC : grès à grain fin à moyen. Roc de qualité très mauvaise entre les profondeurs de 10,90 m et 11,40 m et de qualité bonne à moyenne par la suite. Les joints sont très rapprochés à moyennement espacés.	CR-13	■	100	83			
12									

 REMARQUES: - R = refus à l'enfoncement du carottier fendu.
 - * = enfoncement du carottier fendu sous le poids du marteau.

MÉTHODE DE FORAGE: Rotation simultanée de tube de calibre NW et d'un trépan à molettes; carottage du roc avec un carottier diamanté NQ.

CLIENT : Ministère des Transports du Québec

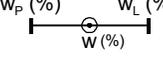
FORAGE: F-22

PROJET : Pont d'étagement de la route 236 au-dessus de la voie ferrée de CSX Transportation

DATE: 2006-11-16 au 2006-11-17

ENDROIT : Beauharnois, Québec

DOSSIER : B16488L-07

COUPE STRATIGRAPHIQUE		ÉCHANTILLONS			ESSAIS IN-SITU ET EN LABORATOIRE					
PROFONDEUR (m)	NIVEAU (m) GÉODÉSIQUE	DESCRIPTION	NIVEAU D'EAU 2006-12-08	TYPE ET NUMÉRO	ÉTAT	RÉCUPÉRATION (%)	N ou RQD (%)	LIMITES DE CONSISTANCE	AUTRES ESSAIS	● N _{dc} (coups/0,3 m) ▲ C _u (kPa) △ C _r (kPa) ▼ C _{us} (kPa) ◆ C _{up} (kPa) ▽ C _{rs} (kPa) ◇ C _{rp} (kPa)
								w_p (%) w_L (%)  w (%)		
14.35	26.66	ROC : grès à grain fin à moyen.		CR-14		95	67			
14.35	26.66	Fin du forage.								
15										
16										
17										
18										
19										
20										
21										
22										
23										
24										
25										
26										

 REMARQUES: - R = refus à l'enfoncement du carottier fendu.
 - * = enfoncement du carottier fendu sous le poids du marteau.

MÉTHODE DE FORAGE: Rotation simultanée de tube de calibre NW et d'un trépan à molettes; carottage du roc avec un carottier diamanté NQ.

CLIENT : Ministère des Transports du Québec

FORAGE: SC-23

PROJET : Pont d'étagement de la route 236 au-dessus de la voie ferrée de CSX Transportation

DATE: 2006-11-22 au 2006-11-22

ENDROIT : Beauharnois, Québec

DOSSIER : B16488L-07

COUPE STRATIGRAPHIQUE		NIVEAU D'EAU	ÉCHANTILLONS			ESSAIS IN-SITU ET EN LABORATOIRE										
PROFONDEUR (m)	NIVEAU (m) GÉODÉSIQUE		DESCRIPTION	TYPE ET NUMÉRO	ÉTAT	RÉCUPÉRATION (%)	N ou RQD (%)	LIMITES DE CONSISTANCE				AUTRES ESSAIS				
								W _p (%)	W (%)	W _L (%)						
	40.75						20	40	60	80		40	80	120	160	
0.38	40.37	SOL ORGANIQUE ARGILE SILTEUSE , traces de sable, de plasticité élevée (CH). Présence d'une croûte de consistance dure à raide jusqu'à la profondeur d'environ 4 m. Par la suite, l'argile est généralement de consistance ferme et augmente graduellement jusqu'à la base du dépôt.	CF-1	⊗	4	83										
1			CF-2	⊗	17	100										
2																
3																
4																
5																
6																
7																
8																
9																
10																
10.50	30.25															
11	11.02	29.73	Essai de pénétration dynamique au cône.													
12			Fin du sondage. Refus à l'essai de pénétration dynamique au cône. (50 coups / 0 mm)													
13																

REMARQUES:

MÉTHODE DE FORAGE: Rotation de tube de calibre NW.

CLIENT : Ministère des Transports du Québec

FORAGE: SC-24

PROJET : Pont d'étagement de la route 236 au-dessus de la voie ferrée de CSX Transportation

DATE: 2006-11-19 au 2006-11-19

ENDROIT : Beauharnois, Québec

DOSSIER : B16488L-07

COUPE STRATIGRAPHIQUE		NIVEAU D'EAU	ÉCHANTILLONS			ESSAIS IN-SITU ET EN LABORATOIRE										
PROFONDEUR (m)	NIVEAU (m) GÉODÉSIQUE		DESCRIPTION	TYPE ET NUMÉRO	ÉTAT	RÉCUPÉRATION (%)	N ou RQD (%)	LIMITES DE CONSISTANCE				AUTRES ESSAIS				
								W _p (%)	W _L (%)	W (%)						
							20	40	60	80		40	80	120	160	
0.10	41.01	SOL ORGANIQUE ARGILE SILTEUSE , traces de sable, de plasticité élevée (CH). Présence d'une croûte de consistance dure à raide jusqu'à la profondeur d'environ 4 m. Par la suite, l'argile est de consistance ferme jusqu'à la base du dépôt.	CF-1	⊗	50	11										
1	40.91		CF-2	⊗	88	14										
2																
3																
4																
5																
6																
7																
8																
9																
9.50	31.51	Essai de pénétration dynamique au cône.														
10																
10.67	30.34	Fin du sondage. Refus à l'essai de pénétration dynamique au cône. (50 coups / 0 mm)														
11																
12																
13																

REMARQUES:

MÉTHODE DE FORAGE: Rotation de tube de calibre NW.

CLIENT : Ministère des Transports du Québec

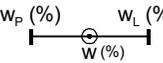
FORAGE: SC-25

PROJET : Pont d'étagement de la route 236 au-dessus de la voie ferrée de CSX Transportation

DATE: 2008-02-26 au 2008-02-26

ENDROIT : Beauharnois, Québec

DOSSIER : B16488L-07

COUPE STRATIGRAPHIQUE		NIVEAU D'EAU	ÉCHANTILLONS			ESSAIS IN-SITU ET EN LABORATOIRE											
PROFONDEUR (m)	NIVEAU (m) GÉODÉSIQUE		DESCRIPTION	TYPE ET NUMÉRO	ÉTAT	RÉCUPÉRATION (%)	N ou RQD (%)	LIMITES DE CONSISTANCE				AUTRES ESSAIS					
								w_p (%) w_L (%)  W (%)					● N_{dc} (coups/300 mm) ▲ C_u (kPa) ▼ C_{us} (kPa) ◆ C_{up} (kPa) ▽ C_{rs} (kPa) ◇ C_{rp} (kPa)				
								20	40	60	80	20	40	60	80		
0.15	39.97	SOL ORGANIQUE ARGILE SILTEUSE , traces de sable. Plasticité élevée (CH). Présence d'une «croûte» de consistance dure à raide jusqu'à la profondeur d'environ 3 m; par la suite, l'argile est généralement de consistance ferme.	CF-1	⊗	92	4											
1			CF-2	⊗	100	13											
2			CF-3	⊗	100	5											
3																	
4																	
5																	
6																	
7																	
8																	
9																	
10																	

 $c_u > 100$ kPa

▲37

▲30

▲32

▲42

▲45

▲57

▲42

REMARQUES:

MÉTHODE DE FORAGE: Rotation de tarières à centre évidé; scissomètre Nilcon; pénétromètre dynamique au cône.

CLIENT : Ministère des Transports du Québec

FORAGE: SC-25

PROJET : Pont d'étagement de la route 236 au-dessus de la voie ferrée de CSX Transportation

DATE: 2008-02-26 au 2008-02-26

ENDROIT : Beauharnois, Québec

DOSSIER : B16488L-07

COUPE STRATIGRAPHIQUE			ÉCHANTILLONS				ESSAIS IN-SITU ET EN LABORATOIRE									
PROFONDEUR (m)	NIVEAU (m) GÉODÉSIQUE	DESCRIPTION	NIVEAU D'EAU	TYPE ET NUMÉRO	ÉTAT	RÉCUPÉRATION (%)	N ou RQD (%)	LIMITES DE CONSISTANCE				AUTRES ESSAIS				
								w_p (%)	w_L (%)	w (%)						
	30.12							20	40	60	80		20	40	60	80
10.60	29.52	ARGILE SILTEUSE , traces de sable. Plasticité élevée (CH) et consistance ferme. Essai de pénétration dynamique au cône.											● N_{dc} (coups/300 mm) ▲ C_u (kPa) △ C_r (kPa) ▼ C_{us} (kPa) ◆ C_{up} (kPa) ▽ C_{rs} (kPa) ◇ C_{rp} (kPa)			
13.18	26.94	Fin du sondage Refus à l'essai de pénétration dynamique au cône (50 coups / 0 mm)											● 14 ● 18 ● 21 ● 36 ● 55 ● 59 ● 62 ● 59 ▲ 48			

REMARQUES:

MÉTHODE DE FORAGE: Rotation de tarières à centre évidé; scissomètre Nilcon; pénétromètre dynamique au cône.

CLIENT : Ministère des Transports du Québec

FORAGE: F-26

PROJET : Pont d'étagement de la route 236 au-dessus de la voie ferrée de CSX Transportation

DATE: 2008-02-28 au 2008-02-28

ENDROIT : Beauharnois, Québec

DOSSIER : B16488L-07

COUPE STRATIGRAPHIQUE		NIVEAU D'EAU 2008-03-04	ÉCHANTILLONS		ESSAIS IN-SITU ET EN LABORATOIRE			
PROFONDEUR (m)	NIVEAU (m) GÉODÉSIQUE		DESCRIPTION	TYPE ET NUMÉRO	ÉTAT	RÉCUPÉRATION (%)	N ou RQD (%)	LIMITES DE CONSISTANCE
	40.98						w_p (%) w_L (%) 	● N_{dc} (coups/300 mm) ▲ C_u (kPa) ▼ C_{us} (kPa) ◆ C_{up} (kPa) ▽ C_{rs} (kPa) ◇ C_{rp} (kPa)
							20 40 60 80	20 40 60 80
0.30	40.68		SOL ORGANIQUE					
			ARGILE SILTEUSE , traces de sable. Plasticité élevée (CH).	CF-1	X	54	11	
1			Présence d'une «croûte» de consistance dure à raide jusqu'à la profondeur d'environ 4,5 m; par la suite, l'argile est de consistance généralement ferme.	CF-2	X	92	14	
2				CF-3	X	88	5	
2.45	38.53			TM-4	▨	100	-	$c_u > 100$ kPa 23 69 67
3				TM-5	▨	83	-	26 75 71 C PV = 15,4 kN/m ³
4				CF-6	X	100	1	▲40 ▲38
5				CF-7	X	100	2	▲36 ▲59 ▲44
6								▲104
7								
8								
9								
10								

REMARQUES:

MÉTHODE DE FORAGE: Rotation simultanée de tubes de calibre NW et d'un trépan à molettes; carottier NQ dans le roc; scissomètre Nilcon.

CLIENT : Ministère des Transports du Québec

FORAGE: F-26

PROJET : Pont d'étagement de la route 236 au-dessus de la voie ferrée de CSX Transportation

DATE: 2008-02-28 au 2008-02-28

ENDROIT : Beauharnois, Québec

DOSSIER : B16488L-07

COUPE STRATIGRAPHIQUE		ÉCHANTILLONS			ESSAIS IN-SITU ET EN LABORATOIRE					
PROFONDEUR (m)	NIVEAU (m) GÉODÉSIQUE	DESCRIPTION	NIVEAU D'EAU 2008-03-04	TYPE ET NUMÉRO	ÉTAT	RÉCUPÉRATION (%)	N ou RQD (%)	LIMITES DE CONSISTANCE	AUTRES ESSAIS	● N _{dc} (coups/300 mm) ▲ C _u (kPa) ▼ C _{us} (kPa) ◆ C _{up} (kPa) ▽ C _{rs} (kPa) ◇ C _{rp} (kPa)
								w _p (%) w _L (%) ────┬───┬─── W (%)		
10.21	30.77	ARGILE SILTEUSE								
	30.41	TILL								
10.57	30.41	ROC : grès à grain fin à moyen.								
11		Roc de qualité moyenne.		CR-8		100	56			
12	12.04	28.94								
		Fin du forage.								
13										
14										
15										
16										
17										
18										
19										
20										

REMARQUES:

MÉTHODE DE FORAGE: Rotation simultanée de tubes de calibre NW et d'un trépan à molettes; carottier NQ dans le roc; scissomètre Nilcon.

CLIENT : Ministère des Transports du Québec

FORAGE: F-27

PROJET : Pont d'étagement de la route 236 au-dessus de la voie ferrée de CSX Transportation

DATE: 2008-03-03 au 2008-03-03

ENDROIT : Beauharnois, Québec

DOSSIER : B16488L-07

COUPE STRATIGRAPHIQUE			ÉCHANTILLONS			ESSAIS IN-SITU ET EN LABORATOIRE															
PROFONDEUR (m)	NIVEAU (m) GÉODÉSIQUE	DESCRIPTION	NIVEAU D'EAU 2008-03-04	TYPE ET NUMÉRO	ÉTAT	RÉCUPÉRATION (%)	N ou RQD (%)	LIMITES DE CONSISTANCE				AUTRES ESSAIS									
								W _p (%)	W (%)	W _L (%)			● N _{dc} (coups/300 mm)	▲ C _u (kPa)	△ C _r (kPa)	▼ C _{us} (kPa)	◆ C _{up} (kPa)	▽ C _{rs} (kPa)	◇ C _{rp} (kPa)		
	42.28							20	40	60	80										
1		REMBLAI : argile silteuse, traces de sable, contenant localement des matières organiques. Présence de gravier à la base du remblai.		CF-1	⊗	100	9														
1.52	40.76			CF-2	⊗	38	14														
2		ARGILE SILTEUSE , traces de sable. Plasticité élevée (CH). Présence d'une «croûte» de consistance dure à raide jusqu'à la profondeur d'environ 5,5 m, soit jusqu'à 4 m à partir de la surface du dépôt; par la suite, l'argile est de consistance ferme.		CF-3	⊗	100	7														
3				CF-4	⊗	67	5														
4	3.95			CF-5	⊗	100	1														
5					CF-6	⊗	100														
6					TM-6	▨	100	-	24	67	67										
7																					
8					TM-7	▨	58	-				77									
9					CF-8	⊗	100	2													
10																					

REMARQUES: R = refus à l'enfoncement du carottier fendu.

MÉTHODE DE FORAGE: Rotation simultanée de tubes de calibre NW et d'un trépan à molettes; carottier NQ dans le roc; scissomètre Nilcon.

CLIENT : Ministère des Transports du Québec

FORAGE: F-27

PROJET : Pont d'étagement de la route 236 au-dessus de la voie ferrée de CSX Transportation

DATE: 2008-03-03 au 2008-03-03

ENDROIT : Beauharnois, Québec

DOSSIER : B16488L-07

COUPE STRATIGRAPHIQUE		NIVEAU D'EAU 2008-03-04	ÉCHANTILLONS		ESSAIS IN-SITU ET EN LABORATOIRE			
PROFONDEUR (m)	NIVEAU (m) GÉODÉSIQUE		DESCRIPTION	TYPE ET NUMÉRO	ÉTAT	RÉCUPÉRATION (%)	N ou RQD (%)	LIMITES DE CONSISTANCE W _p (%) W _L (%) W (%)
	32.28						20 40 60 80	● N _{dc} (coups/300 mm) ▲ C _u (kPa) ▼ C _{us} (kPa) ◆ C _{up} (kPa) ▽ C _{rs} (kPa) ◇ C _{rp} (kPa)
11		ARGILE SILTEUSE , traces de sable. Plasticité élevée (CH) et consistance ferme.	CF-9	100	3			▲46
11.73	30.55	TILL : sable silteux, un peu de gravier, traces d'argile.	CF-10	33	R			▲38
12		ROC : grès à grain fin à moyen.	CR-11	100	59			
12.42	29.86	Roc de qualité moyenne.	CR-12	100	69			
13								
14								
14.43	27.85	Fin du forage.						
15								
16								
17								
18								
19								
20								

REMARQUES: R = refus à l'enfoncement du carottier fendu.

MÉTHODE DE FORAGE: Rotation simultanée de tubes de calibre NW et d'un trépan à molettes; carottier NQ dans le roc; scissomètre Nilcon.

CLIENT : Ministère des Transports du Québec

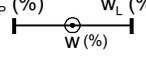
FORAGE: SC-28

PROJET : Pont d'étagement de la route 236 au-dessus de la voie ferrée de CSX Transportation

DATE: 2008-03-04 au 2008-03-04

ENDROIT : Beauharnois, Québec

DOSSIER : B16488L-07

COUPE STRATIGRAPHIQUE		NIVEAU D'EAU	ÉCHANTILLONS		ESSAIS IN-SITU ET EN LABORATOIRE														
PROFONDEUR (m)	NIVEAU (m) GÉODÉSIQUE		DESCRIPTION	TYPE ET NUMÉRO	ÉTAT	RÉCUPÉRATION (%)	N ou RQD (%)	LIMITES DE CONSISTANCE	AUTRES ESSAIS										
								w_p (%) w_L (%)  W (%)											
						20 40 60 80		20 40 60 80											
0.46	41.03	SOL ORGANIQUE																	
1	40.57	ARGILE SILTEUSE , traces de sable. Plasticité élevée (CH). Présence d'une «croûte» de consistance dure à raide jusqu'à la profondeur d'environ 4,5 m; par la suite, l'argile est de consistance ferme.	CF-1		54	1													
2			CF-2		100	8													
7.75	33.28	Refus à l'enfoncement du scissomètre Nilcon. Essai de pénétration dynamique au cône.																	
8.81	32.22	Fin du sondage Refus à l'essai de pénétration dynamique au cône (50 coups / 0 mm)																	
10																			

REMARQUES:

MÉTHODE DE FORAGE: Rotation de tarières à centre évidé; scissomètre Nilcon; pénétromètre dynamique au cône.

CLIENT : Ministère des Transports du Québec

FORAGE: SC-29

PROJET : Pont d'étagement de la route 236 au-dessus de la voie ferrée de CSX Transportation

DATE: 2008-02-29 au 2008-02-29

ENDROIT : Beauharnois, Québec

DOSSIER : B16488L-07

COUPE STRATIGRAPHIQUE		NIVEAU D'EAU	ÉCHANTILLONS			ESSAIS IN-SITU ET EN LABORATOIRE			
PROFONDEUR (m)	NIVEAU (m) GÉODÉSIQUE		DESCRIPTION	TYPE ET NUMÉRO	ÉTAT	RÉCUPÉRATION (%)	N ou RQD (%)	LIMITES DE CONSISTANCE w_p (%) — w (%) — w_L (%)	AUTRES ESSAIS
	46.27						20 40 60 80		20 40 60 80
1		REMBLAI : argile silteuse, traces de sable. Présence d'une couche d'embrochement entre les profondeurs de 3,0 et 4,1 m.							
2									
3									
4									
5	5.00	ARGILE SILTEUSE , traces de sable. Plasticité élevée (CH). Présence d'une «croûte» de consistance dure à raide jusqu'à la profondeur d'environ 8,5 m, soit jusqu'à 3,5 m à partir de la surface du dépôt; par la suite, l'argile est de consistance ferme.	CF-1	×	67	11			
6	41.27		CF-2	×	100	7			
7									
8									
9									▲35
10									▲98

 $c_u > 100$ kPa

REMARQUES:

MÉTHODE DE FORAGE: Rotation simultanée de tubes de calibre NW et d'un carottier NQ; scissomètre Nilcon; pénétromètre dynamique au cône.

CLIENT : Ministère des Transports du Québec

FORAGE: SC-29

PROJET : Pont d'étagement de la route 236 au-dessus de la voie ferrée de CSX Transportation

DATE: 2008-02-29 au 2008-02-29

ENDROIT : Beauharnois, Québec

DOSSIER : B16488L-07

COUPE STRATIGRAPHIQUE			NIVEAU D'EAU	ÉCHANTILLONS			ESSAIS IN-SITU ET EN LABORATOIRE									
PROFONDEUR (m)	NIVEAU (m) GÉODÉSIQUE	DESCRIPTION		TYPE ET NUMÉRO	ÉTAT	RÉCUPÉRATION (%)	N ou RQD (%)	LIMITES DE CONSISTANCE w _p (%) — W (%) — w _L (%)	AUTRES ESSAIS	● N _{dc} (coups/300 mm)	▲ C _u (kPa)	△ C _r (kPa)	▼ C _{us} (kPa)	◆ C _{up} (kPa)	▽ C _{rs} (kPa)	◇ C _{rp} (kPa)
	36.27															
		ARGILE SILTEUSE , traces de sable.														
11	10.93 35.34	Refus à l'enfoncement du scissomètre Nilcon. Essai de pénétration dynamique au cône.											● 27			
12													● 34			
	12.47 33.80	Fin du sondage Refus à l'essai de pénétration dynamique au cône (50 coups / 0 mm)											● 28			
													● 27			
13																
14																
15																
16																
17																
18																
19																
20																

REMARQUES:

MÉTHODE DE FORAGE: Rotation simultanée de tubes de calibre NW et d'un carottier NQ; scissomètre Nilcon; pénétromètre dynamique au cône.

CLIENT : Ministère des Transports du Québec

FORAGE: SC-30

PROJET : Pont d'étagement de la route 236 au-dessus de la voie ferrée de CSX Transportation

DATE: 2008-02-27 au 2008-02-27

ENDROIT : Beauharnois, Québec

DOSSIER : B16488L-07

COUPE STRATIGRAPHIQUE		NIVEAU D'EAU	ÉCHANTILLONS			ESSAIS IN-SITU ET EN LABORATOIRE													
PROFONDEUR (m)	NIVEAU (m) GÉODÉSIQUE		DESCRIPTION	TYPE ET NUMÉRO	ÉTAT	RÉCUPÉRATION (%)	N ou RQD (%)	LIMITES DE CONSISTANCE				AUTRES ESSAIS							
								w_p (%) w_L (%) 	w (%)										
								20	40	60	80	● N_{dc} (coups/300 mm) ▲ C_u (kPa) ▼ C_{us} (kPa) △ C_r (kPa) ◆ C_{up} (kPa) ▽ C_{rs} (kPa) ◇ C_{rp} (kPa)							
0.20	39.85	SOL ORGANIQUE ARGILE SILTEUSE , traces de sable. Plasticité élevée (CH). Présence d'une «croûte» de consistance dure à raide jusqu'à la profondeur d'environ 3,5 m; par la suite, l'argile est généralement de consistance ferme.	CF-1	⊗	92	5													
1			CF-2	⊗	100	12													
2																			
3																			
4																			
5																			
6																			
7																			
8																			
9																			
10																			

 $c_u > 100$ kPa

▲45

▲35

▲32

▲32

▲36

▲47

▲66

REMARQUES:

MÉTHODE DE FORAGE: Rotation de tarières à centre évidé; scissomètre Nilcon; pénétromètre dynamique au cône.

CLIENT : Ministère des Transports du Québec

FORAGE: SC-30

PROJET : Pont d'étagement de la route 236 au-dessus de la voie ferrée de CSX Transportation

DATE: 2008-02-27 au 2008-02-27

ENDROIT : Beauharnois, Québec

DOSSIER : B16488L-07

COUPE STRATIGRAPHIQUE		NIVEAU D'EAU	ÉCHANTILLONS			ESSAIS IN-SITU ET EN LABORATOIRE			
PROFONDEUR (m)	NIVEAU (m) GÉODÉSIQUE		DESCRIPTION	TYPE ET NUMÉRO	ÉTAT	RÉCUPÉRATION (%)	N ou RQD (%)	LIMITES DE CONSISTANCE w _p (%) w _L (%) ┌──────────┴──────────┐ W (%)	AUTRES ESSAIS
	30.05						20 40 60 80		20 40 60 80
11			ARGILE SILTEUSE , traces de sable. Plasticité élevée (CH) et consistance ferme.						▲55
12									▲40
13									▲36
14	14.00	26.05	Essai de pénétration dynamique au cône.						▲34
15									▲38
16									●15
17	16.41	23.64	Fin du sondage Refus à l'essai de pénétration dynamique au cône (50 coups / 0 mm)						●18
18									●20
19									●25
20									●20
									●19
									●23

REMARQUES:

MÉTHODE DE FORAGE: Rotation de tarières à centre évidé; scissomètre Nilcon; pénétromètre dynamique au cône.

CLIENT : Ministère des Transports du Québec

FORAGE: SC-31

PROJET : Pont d'étagement de la route 236 au-dessus de la voie ferrée de CSX Transportation

DATE: 2008-02-27 au 2008-02-27

ENDROIT : Beauharnois, Québec

DOSSIER : B16488L-07

COUPE STRATIGRAPHIQUE			NIVEAU D'EAU	ÉCHANTILLONS			ESSAIS IN-SITU ET EN LABORATOIRE												
PROFONDEUR (m)	NIVEAU (m) GÉODÉSIQUE	DESCRIPTION		TYPE ET NUMÉRO	ÉTAT	RÉCUPÉRATION (%)	N ou RQD (%)	LIMITES DE CONSISTANCE				AUTRES ESSAIS	● N _{dc} (coups/300 mm)						
								W _p (%)	W _L (%)	W (%)			▲ C _u (kPa)	△ C _r (kPa)	▼ C _{us} (kPa)	◆ C _{up} (kPa)	▽ C _{rS} (kPa)	◇ C _{rP} (kPa)	
								20	40	60	80								
0.10	40.16	SOL ORGANIQUE . ARGILE SILTEUSE , traces de sable. Plasticité élevée (CH). Présence d'une «croûte» de consistance dure à raide jusqu'à la profondeur d'environ 4 m; par la suite, l'argile est généralement de consistance ferme.	VR-1	⊗	83	5													
1				VR-2	⊗	100	7												
2																			
3																			
4																			
5																			
6																			
7																			
8																			
9																			
10																			

REMARQUES:

MÉTHODE DE FORAGE: Rotation de tarières à centre évidé; scissomètre Nilcon; pénétromètre dynamique au cône.

CLIENT : Ministère des Transports du Québec

FORAGE: SC-31

PROJET : Pont d'étagement de la route 236 au-dessus de la voie ferrée de CSX Transportation

DATE: 2008-02-27 au 2008-02-27

ENDROIT : Beauharnois, Québec

DOSSIER : B16488L-07

COUPE STRATIGRAPHIQUE		NIVEAU D'EAU	ÉCHANTILLONS			ESSAIS IN-SITU ET EN LABORATOIRE			
PROFONDEUR (m)	NIVEAU (m) GÉODÉSIQUE		DESCRIPTION	TYPE ET NUMÉRO	ÉTAT	RÉCUPÉRATION (%)	N ou RQD (%)	LIMITES DE CONSISTANCE W _p (%) W _L (%) W (%)	AUTRES ESSAIS
	30.26						20 40 60 80		20 40 60 80
11			ARGILE SILTEUSE , traces de sable. Plasticité élevée (CH). Consistance généralement ferme.						▲ 37
12	12.00	28.26	Essai de pénétration dynamique au cône.						▲ 52
13									▲ 43
14									● 13
15	14.88	25.38	Fin du sondage Refus à l'essai de pénétration dynamique au cône (50 coups / 0 mm)						● 12
16									● 12
17									● 17
18									● 22
19									● 31
20									● 22
									● 40
									● 51

REMARQUES:

MÉTHODE DE FORAGE: Rotation de tarières à centre évidé; scissomètre Nilcon; pénétromètre dynamique au cône.

CLIENT : Ministère des Transports du Québec

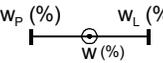
FORAGE: F-32

PROJET : Pont d'étagement de la route 236 au-dessus de la voie ferrée de CSX Transportation

DATE: 2008-10-02 au 2008-10-03

ENDROIT : Beauharnois, Québec

DOSSIER : B16488L-07

COUPE STRATIGRAPHIQUE		NIVEAU D'EAU	ÉCHANTILLONS			ESSAIS IN-SITU ET EN LABORATOIRE				
PROFONDEUR (m)	NIVEAU (m) GÉODÉSIQUE		DESCRIPTION	TYPE ET NUMÉRO	ÉTAT	RÉCUPÉRATION (%)	N ou RQD (%)	LIMITES DE CONSISTANCE	AUTRES ESSAIS	● N _{dc} (coups/300 mm) ▲ C _u (kPa) ▼ C _{us} (kPa) ◆ C _{up} (kPa) ▽ C _{rs} (kPa) ◇ C _{rp} (kPa)
	41.04						w _p (%) w _L (%)  W (%)			
							20 40 60 80			20 40 60 80
1		Forage effectué sans échantillonnage dans les sols.								
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										

REMARQUES:

MÉTHODE DE FORAGE: Rotation simultanée de tubes de calibre NW et d'un trépan à molettes; carottier NQ-3 dans le roc.

CLIENT : Ministère des Transports du Québec

FORAGE: F-32

PROJET : Pont d'étagement de la route 236 au-dessus de la voie ferrée de CSX Transportation

DATE: 2008-10-02 au 2008-10-03

ENDROIT : Beauharnois, Québec

DOSSIER : B16488L-07

COUPE STRATIGRAPHIQUE			NIVEAU D'EAU	ÉCHANTILLONS		ESSAIS IN-SITU ET EN LABORATOIRE															
PROFONDEUR (m)	NIVEAU (m) GÉODÉSIQUE	DESCRIPTION		TYPE ET NUMÉRO	ÉTAT	RÉCUPÉRATION (%)	N ou RQD (%)	LIMITES DE CONSISTANCE				AUTRES ESSAIS	● N _{dc} (coups/300 mm) ▲ C _u (kPa) ▼ C _{us} (kPa) ◆ C _{up} (kPa) ▽ C _{rs} (kPa) ◇ C _{rp} (kPa)								
								W _p (%)	W _L (%)	W (%)			20	40	60	80	20	40	60	80	
10.36	31.04	Forage effectué sans échantillonnage dans les sols. ROC : grès à grain moyen. Présence régulière de minces lamines argilacées. La partie supérieure du roc est très fracturée et de qualité très mauvaise jusqu'à la profondeur de 10,56 m (niv. 30,48 m). Par la suite, le roc est de qualité moyenne jusqu'à la profondeur d'environ 13,6 m (niv. 29,5 m); roc de qualité excellente plus en profondeur.	CR-1		0	0															
11	30.68		CR-2		100	64															
12			CR-3		98	65															
13			CR-4		100	93															
14			CR-5		100	100															
15			CR-6		100	95															
16			CR-7		100	98															
17			CR-8		100	100															
18																					
19																					
20		Fin du forage à la profondeur de 20,27 m (niv. 20,77 m)																			

REMARQUES:

MÉTHODE DE FORAGE: Rotation simultanée de tubes de calibre NW et d'un trépan à molettes; carottier NQ-3 dans le roc.

CLIENT : Ministère des Transports du Québec

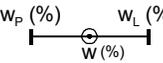
FORAGE: F-33

PROJET : Pont d'étagement de la route 236 au-dessus de la voie ferrée de CSX Transportation

DATE: 2008-09-26 au 2008-09-29

ENDROIT : Beauharnois, Québec

DOSSIER : B16488L-07

COUPE STRATIGRAPHIQUE		DESCRIPTION	NIVEAU D'EAU	ÉCHANTILLONS			ESSAIS IN-SITU ET EN LABORATOIRE										
PROFONDEUR (m)	NIVEAU (m) GÉODÉSIQUE			TYPE ET NUMÉRO	ÉTAT	RÉCUPÉRATION (%)	N ou RQD (%)	LIMITES DE CONSISTANCE				AUTRES ESSAIS					
	40.95					w_p (%) w_L (%)  W (%)		20	40	60	80			20	40	60	80
1		Forage effectué sans échantillonnage dans les sols.															
2																	
3																	
4																	
5																	
6																	
7																	
8																	
9																	
10																	

REMARQUES:

MÉTHODE DE FORAGE: Rotation simultanée de tubes de calibre NW et d'un trépan à molettes; carottier NQ-3 dans le roc.

CLIENT : Ministère des Transports du Québec

FORAGE: F-33

PROJET : Pont d'étagement de la route 236 au-dessus de la voie ferrée de CSX Transportation

DATE: 2008-09-26 au 2008-09-29

ENDROIT : Beauharnois, Québec

DOSSIER : B16488L-07

COUPE STRATIGRAPHIQUE			ÉCHANTILLONS		ESSAIS IN-SITU ET EN LABORATOIRE					
PROFONDEUR (m)	NIVEAU (m) GÉODÉSIQUE	DESCRIPTION	NIVEAU D'EAU	TYPE ET NUMÉRO	ÉTAT	RÉCUPÉRATION (%)	N ou RQD (%)	LIMITES DE CONSISTANCE	AUTRES ESSAIS	● N _{dc} (coups/300 mm) ▲ C _u (kPa) ▼ C _{us} (kPa) ◆ C _{up} (kPa) ▽ C _{rS} (kPa) ◇ C _{rp} (kPa)
								w _p (%) w _L (%) W (%)		
10.52	30.95	Forage effectué sans échantillonnage dans les sols.								
	30.43	ROC : grès à grain moyen.		CR-1		100	67		q _u = 275 MPa PV = 25,3 kN/m ²	
11		Présence régulière de minces lamines argilacées.		CR-2		93	87			
12		Roc de qualité moyenne jusqu'à la profondeur d'environ 10,8 m (niv. 30,2 n). Par la suite, le roc est de qualité bonne à excellente sauf entre les profondeurs d'environ 20 à 21,5 m (CR-9) où le roc est de qualité moyenne.		CR-3		98	83			
13				CR-4		100	80			
14				CR-5		100	93			
15				CR-6		100	90			q _u = 272 MPa PV = 25,6 kN/m ²
16				CR-7		100	100			q _u = 370 MPa PV = 25,6 kN/m ²
17				CR-8		100	95			
18										
19										
20										

REMARQUES:

MÉTHODE DE FORAGE: Rotation simultanée de tubes de calibre NW et d'un trépan à molettes; carottier NQ-3 dans le roc.

CLIENT : Ministère des Transports du Québec

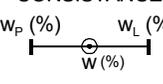
FORAGE: F-33

PROJET : Pont d'étagement de la route 236 au-dessus de la voie ferrée de CSX Transportation

DATE: 2008-09-26 au 2008-09-29

ENDROIT : Beauharnois, Québec

DOSSIER : B16488L-07

COUPE STRATIGRAPHIQUE		NIVEAU D'EAU	ÉCHANTILLONS			ESSAIS IN-SITU ET EN LABORATOIRE			
PROFONDEUR (m)	NIVEAU (m) GÉODÉSIQUE		DESCRIPTION	TYPE ET NUMÉRO	ÉTAT	RÉCUPÉRATION (%)	N ou RQD (%)	LIMITES DE CONSISTANCE	AUTRES ESSAIS
	20.95						w _p (%) w _L (%) 		20 40 60 80
21		ROC : grès à grain moyen. Présence régulière de minces lamines argilacées. Roc de qualité moyenne jusqu'à la profondeur d'environ 10,8 m (niv. 30,2 n). Par la suite, le roc est de qualité bonne à excellente sauf entre les profondeurs d'environ 20 à 21,5 m (CR-9) où le roc est de qualité moyenne.	CR-9		100	69			
22			CR-10		100	93			
23	23.01	17.94							
24		Fin du forage.							
25									
26									
27									
28									
29									
30									

REMARQUES:

MÉTHODE DE FORAGE: Rotation simultanée de tubes de calibre NW et d'un trépan à molettes; carottier NQ-3 dans le roc.

CLIENT : Ministère des Transports du Québec

FORAGE: F-34

PROJET : Pont d'étagement de la route 236 au-dessus de la voie ferrée de CSX Transportation

DATE: 2008-09-29 au 2008-09-30

ENDROIT : Beauharnois, Québec

DOSSIER : B16488L-07

COUPE STRATIGRAPHIQUE		DESCRIPTION	NIVEAU D'EAU	ÉCHANTILLONS			ESSAIS IN-SITU ET EN LABORATOIRE														
PROFONDEUR (m)	NIVEAU (m) GÉODÉSIQUE			TYPE ET NUMÉRO	ÉTAT	RÉCUPÉRATION (%)	N ou RQD (%)	LIMITES DE CONSISTANCE				AUTRES ESSAIS	● N _{dc} (coups/300 mm) ▲ C _u (kPa) ▼ C _{us} (kPa) ◆ C _{up} (kPa) ▽ C _{rs} (kPa) ◇ C _{rp} (kPa)								
	41.68						W _p (%)	W (%)	W _L (%)												
							20	40	60	80											
1		Forage effectué sans échantillonnage dans les sols.																			
2																					
3																					
4																					
5																					
6																					
7																					
8																					
9																					
10																					

REMARQUES:

MÉTHODE DE FORAGE: Rotation simultanée de tubes de calibre NW et d'un trépan à molettes; carottier NQ-3 dans le roc.

CLIENT : Ministère des Transports du Québec

FORAGE: F-34

PROJET : Pont d'étagement de la route 236 au-dessus de la voie ferrée de CSX Transportation

DATE: 2008-09-29 au 2008-09-30

ENDROIT : Beauharnois, Québec

DOSSIER : B16488L-07

COUPE STRATIGRAPHIQUE		NIVEAU D'EAU	ÉCHANTILLONS		ESSAIS IN-SITU ET EN LABORATOIRE			
PROFONDEUR (m)	NIVEAU (m) GÉODÉSIQUE		TYPE ET NUMÉRO	ÉTAT	RÉCUPÉRATION (%)	N ou RQD (%)	LIMITES DE CONSISTANCE w _p (%) — w (%) — w _L (%)	AUTRES ESSAIS
	31.68							● N _{dc} (coups/300 mm) ▲ C _u (kPa) ▼ C _{us} (kPa) ◆ C _{up} (kPa) ▽ C _{rS} (kPa) ◇ C _{rp} (kPa)
11		Forage effectué sans échantillonnage dans les sols. ROC : grès à grain moyen. Présence régulière de minces lamines argilacées. Roc de qualité mauvaise à moyenne jusqu'à la profondeur d'environ 13,8 m (niv. 30,0 m); roc de qualité bonne à excellente par la suite.						
11.81	29.87							
12			CR-1		80	40		
13			CR-2		90	66		
14			CR-3		97	84		
15			CR-4		100	81		q _u = 387 MPa PV = 25,6 kN/m ³
16			CR-5		100	87		
17								
18		CR-6		100	82		q _u = 335 MPa PV = 25,4 kN/m ³	
19								
20		CR-7		98	89			

REMARQUES:

MÉTHODE DE FORAGE: Rotation simultanée de tubes de calibre NW et d'un trépan à molettes; carottier NQ-3 dans le roc.

CLIENT : Ministère des Transports du Québec

FORAGE: F-34

PROJET : Pont d'étagement de la route 236 au-dessus de la voie ferrée de CSX Transportation

DATE: 2008-09-29 au 2008-09-30

ENDROIT : Beauharnois, Québec

DOSSIER : B16488L-07

COUPE STRATIGRAPHIQUE			ÉCHANTILLONS		ESSAIS IN-SITU ET EN LABORATOIRE						
PROFONDEUR (m)	NIVEAU (m) GÉODÉSIQUE	DESCRIPTION	NIVEAU D'EAU	TYPE ET NUMÉRO	ÉTAT	RÉCUPÉRATION (%)	N ou RQD (%)	LIMITES DE CONSISTANCE	AUTRES ESSAIS	● N _{dc} (coups/300 mm) ▲ C _u (kPa) ▼ C _{us} (kPa) ◆ C _{up} (kPa) ▽ C _{rs} (kPa) ◇ C _{rp} (kPa)	
								w _p (%) w _L (%) ────┬───┬───┬─── W (%)			20 40 60 80
21.68		ROC : grès à grain moyen. Présence régulière de minces lamines argilacées. Roc de qualité mauvaise à moyenne jusqu'à la profondeur d'environ 13,8 m (niv. 30,0 m); roc de qualité bonne à excellente par la suite.		CR-8		100	88		q _u = 276 MPa PV = 25,4 kN/m ²		
22.00				CR-9		100	97				
24.46	17.22			CR-10		100	77				
24.46	17.22	Fin du forage.									

REMARQUES:

MÉTHODE DE FORAGE: Rotation simultanée de tubes de calibre NW et d'un trépan à molettes; carottier NQ-3 dans le roc.

CLIENT : Ministère des Transports du Québec

FORAGE: F-35

PROJET : Pont d'étagement de la route 236 au-dessus de la voie ferrée de CSX Transportation

DATE: 2008-10-01 au 2008-10-02

ENDROIT : Beauharnois, Québec

DOSSIER : B16488L-07

COUPE STRATIGRAPHIQUE		DESCRIPTION	NIVEAU D'EAU	ÉCHANTILLONS			ESSAIS IN-SITU ET EN LABORATOIRE															
PROFONDEUR (m)	NIVEAU (m) GÉODÉSIQUE			TYPE ET NUMÉRO	ÉTAT	RÉCUPÉRATION (%)	N ou RQD (%)	LIMITES DE CONSISTANCE				AUTRES ESSAIS	● N _{dc} (coups/300 mm) ▲ C _u (kPa) ▼ C _{us} (kPa) ◆ C _{up} (kPa) ▽ C _{rs} (kPa) ◇ C _{rp} (kPa)									
	47.96						W _p (%)	W (%)	W _L (%)													
							20	40	60	80												
1		Forage effectué sans échantillonnage dans les sols.																				
2																						
3																						
4																						
5																						
6																						
7																						
8																						
9																						
10																						

REMARQUES: En raison de la présence de cailloux et de blocs dans le remblai un carottier NQ a été utilisé entre les profondeurs de 1,5 et 6,1 m.

MÉTHODE DE FORAGE: Rotation simultanée de tubes de calibre NW et d'un trépan à molettes; carottier NQ-3 dans le roc.

CLIENT : Ministère des Transports du Québec

FORAGE: F-35

PROJET : Pont d'étagement de la route 236 au-dessus de la voie ferrée de CSX Transportation

DATE: 2008-10-01 au 2008-10-02

ENDROIT : Beauharnois, Québec

DOSSIER : B16488L-07

COUPE STRATIGRAPHIQUE		NIVEAU D'EAU	ÉCHANTILLONS			ESSAIS IN-SITU ET EN LABORATOIRE			
PROFONDEUR (m)	NIVEAU (m) GÉODÉSIQUE		DESCRIPTION	TYPE ET NUMÉRO	ÉTAT	RÉCUPÉRATION (%)	N ou RQD (%)	LIMITES DE CONSISTANCE w _p (%) — w (%) — w _L (%)	AUTRES ESSAIS
	37.96								
11		Forage effectué sans échantillonnage dans les sols.							
12									
13									
14									
15									
16									
17									
17.60	30.36								
18			ROC : gès à grain moyen. Présence régulière de minces lamines argilacées.	CR-1		81	52		
19			Roc de qualité moyenne jusqu'à la profondeur d'environ 18,2 m (niv. 29,76 m); roc de qualité bonne à excellente par la suite.	CR-2		100	84		
20									

REMARQUES: En raison de la présence de cailloux et de blocs dans le remblai un carottier NQ a été utilisé entre les profondeurs de 1,5 et 6,1 m.

MÉTHODE DE FORAGE: Rotation simultanée de tubes de calibre NW et d'un trépan à molettes; carottier NQ-3 dans le roc.

CLIENT : Ministère des Transports du Québec

FORAGE: F-35

PROJET : Pont d'étagement de la route 236 au-dessus de la voie ferrée de CSX Transportation

DATE: 2008-10-01 au 2008-10-02

ENDROIT : Beauharnois, Québec

DOSSIER : B16488L-07

COUPE STRATIGRAPHIQUE			ÉCHANTILLONS		ESSAIS IN-SITU ET EN LABORATOIRE						
PROFONDEUR (m)	NIVEAU (m) GÉODÉSIQUE	DESCRIPTION	NIVEAU D'EAU	TYPE ET NUMÉRO	ÉTAT	RÉCUPÉRATION (%)	N ou RQD (%)	LIMITES DE CONSISTANCE	AUTRES ESSAIS	● N _{dc} (coups/300 mm) ▲ C _u (kPa) ▼ C _{us} (kPa) ◆ C _{up} (kPa) ▽ C _{rs} (kPa) ◇ C _{rp} (kPa)	
								w _p (%) w _L (%) ────┬───┬─── W (%)			20 40 60 80
21	27.96	ROC : gès à grain moyen. Présence régulière de minces lamines argilacées. Roc de qualité moyenne jusqu'à la profondeur d'environ 18,2 m (niv. 29,76 m); roc de qualité bonne à excellente par la suite.		CR-3		100	90				
22				CR-4		100	93				
23					CR-5		100	98			
24					CR-6		100	80			
25					CR-7		100	98			
26											
27											
27.64	20.32										
28		Fin du forage.									
29											
30											

REMARQUES: En raison de la présence de cailloux et de blocs dans le remblai un carottier NQ a été utilisé entre les profondeurs de 1,5 et 6,1 m.

MÉTHODE DE FORAGE: Rotation simultanée de tubes de calibre NW et d'un trépan à molettes; carottier NQ-3 dans le roc.

CLIENT : Ministère des Transports du Québec

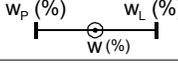
SONDAGE: TA-3

PROJET : Pont d'étagement de la route 236 au-dessus de la voie ferrée de CSX Transportation

DATE: 2006-11-02

ENDROIT : Beauharnois, Québec

DOSSIER : B16488L-07

COUPE STRATIGRAPHIQUE			NIVEAU D'EAU	ÉCHANTILLONS		LIMITES DE CONSISTANCE w_p (%) w_L (%)  20 40 60 80	ESSAIS IN-SITU ET EN LABORATOIRE
PROFONDEUR (m)	NIVEAU (m) GÉODÉSIQUE	DESCRIPTION		TYPE ET NUMÉRO	ÉTAT		
0.05	40.29 40.24	SOL ORGANIQUE ARGILE SILTEUSE , traces de sable, de plasticité élevée (CH).			VR-1 VR-2 VR-3 VR-4 VR-5	40 32 44 80	
2.00	38.29	Fin du sondage.					

REMARQUES:

TYPE D'ÉQUIPEMENT: Tarière manuelle.

SONDAGE: TA-4

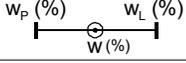
CLIENT : Ministère des Transports du Québec

PROJET : Pont d'étagement de la route 236 au-dessus de la voie ferrée de CSX Transportation

DATE: 2006-11-02

ENDROIT : Beauharnois, Québec

DOSSIER : B16488L-07

COUPE STRATIGRAPHIQUE			NIVEAU D'EAU	ÉCHANTILLONS		LIMITES DE CONSISTANCE w_p (%) w_L (%)  W (%)	ESSAIS IN-SITU ET EN LABORATOIRE
PROFONDEUR (m)	NIVEAU (m) GÉODÉSIQUE	DESCRIPTION		TYPE ET NUMÉRO	ÉTAT		
0.05	40.14	SOL ORGANIQUE ARGILE SILTEUSE , traces de sable, de plasticité élevée (CH).					
				VR-1		36	
				VR-2			
				VR-3		42	
				VR-4			
				VR-5			
2.00	38.19	Fin du sondage.					

REMARQUES:

TYPE D'ÉQUIPEMENT: Tarière manuelle.

SONDAGE: TA-5

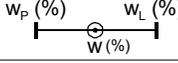
CLIENT : Ministère des Transports du Québec

PROJET : Pont d'étagement de la route 236 au-dessus de la voie ferrée de CSX Transportation

DATE: 2006-11-02

ENDROIT : Beauharnois, Québec

DOSSIER : B16488L-07

COUPE STRATIGRAPHIQUE			NIVEAU D'EAU	ÉCHANTILLONS		LIMITES DE CONSISTANCE w_p (%) w_L (%)  W (%) 20 40 60 80	ESSAIS IN-SITU ET EN LABORATOIRE
PROFONDEUR (m)	NIVEAU (m) GÉODÉSIQUE	DESCRIPTION		TYPE ET NUMÉRO	ÉTAT		
0.05	40.85 40.80	SOL ORGANIQUE ARGILE SILTEUSE , traces de sable, de plasticité élevée (CH).					
1				VR-1		43	
				VR-2			
				VR-3		41	
				VR-4			
1.50	39.35	Fin du sondage.					
2				VR-5			
3							
4							

REMARQUES:

TYPE D'ÉQUIPEMENT: Tarière manuelle.

SONDAGE: TA-6

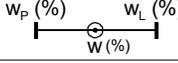
CLIENT : Ministère des Transports du Québec

PROJET : Pont d'étagement de la route 236 au-dessus de la voie ferrée de CSX Transportation

DATE: 2006-11-02

ENDROIT : Beauharnois, Québec

DOSSIER : B16488L-07

COUPE STRATIGRAPHIQUE		NIVEAU D'EAU	ÉCHANTILLONS		LIMITES DE CONSISTANCE w_p (%) w_L (%)  W (%)	ESSAIS IN-SITU ET EN LABORATOIRE
PROFONDEUR (m)	NIVEAU (m) GÉODÉSIQUE		TYPE ET NUMÉRO	ÉTAT		
DESCRIPTION						
0.15	41.44		VR-1			
			VR-2		38	
			VR-3		28 36	81
			VR-4		39	
			VR-5			
1.50	40.09		Fin du sondage.			

REMARQUES:

TYPE D'ÉQUIPEMENT: Tarière manuelle.

SONDAGE: TA-7

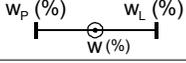
CLIENT : Ministère des Transports du Québec

PROJET : Pont d'étagement de la route 236 au-dessus de la voie ferrée de CSX Transportation

DATE: 2006-11-01

ENDROIT : Beauharnois, Québec

DOSSIER : B16488L-07

COUPE STRATIGRAPHIQUE		NIVEAU D'EAU	ÉCHANTILLONS		LIMITES DE CONSISTANCE w_p (%) w_L (%)  W (%) 20 40 60 80	ESSAIS IN-SITU ET EN LABORATOIRE
PROFONDEUR (m)	NIVEAU (m) GÉODÉSIQUE		TYPE ET NUMÉRO	ÉTAT		
DESCRIPTION						
0.15	41.45		VR-1			
			VR-2			46
			VR-3			42
			VR-4			
			VR-5			
1.50	40.10					
Fin du sondage.						

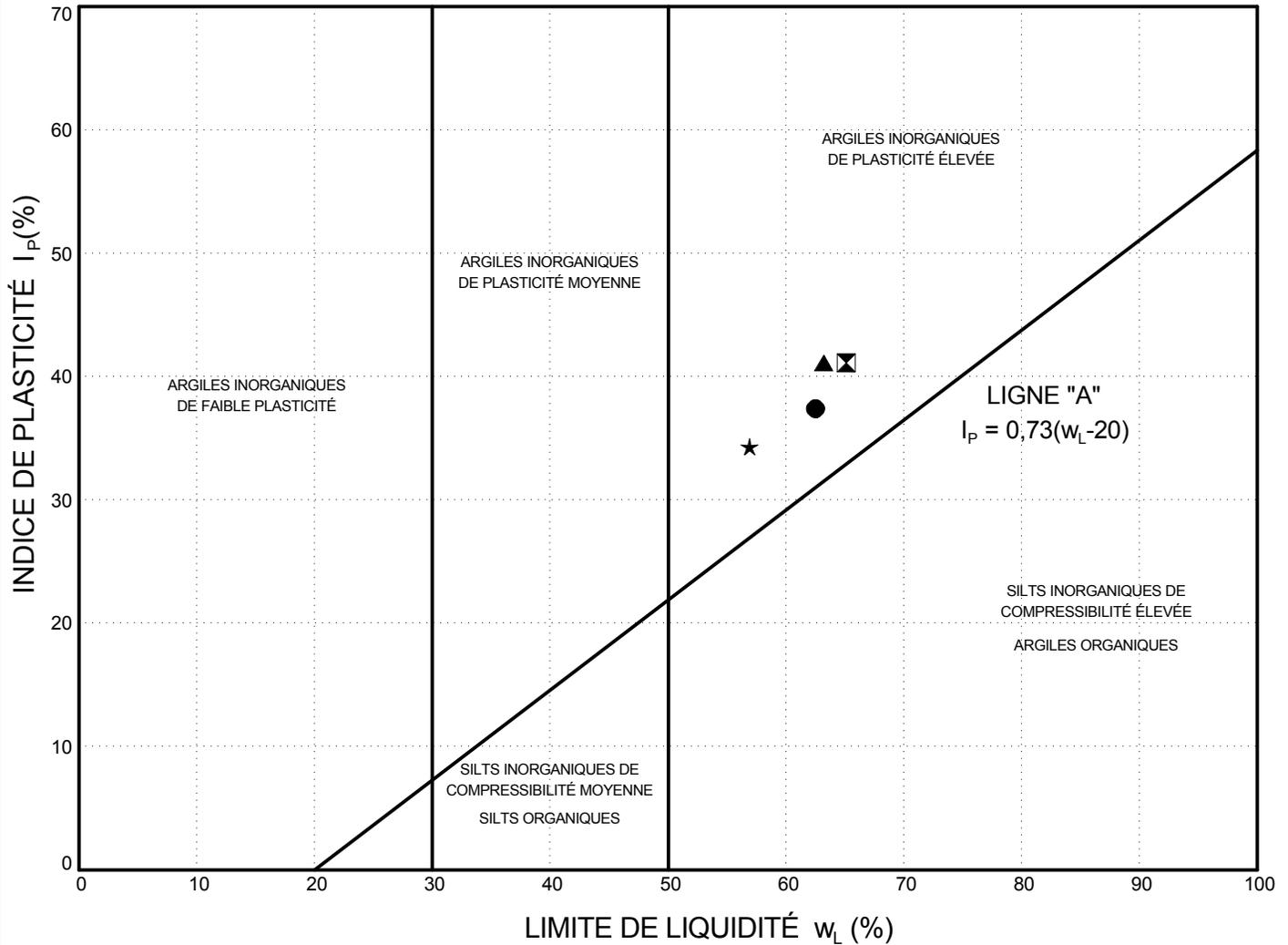
REMARQUES:

TYPE D'ÉQUIPEMENT: Tarière manuelle.

A N N E X E 3

RÉSULTATS DES ESSAIS DE LABORATOIRE

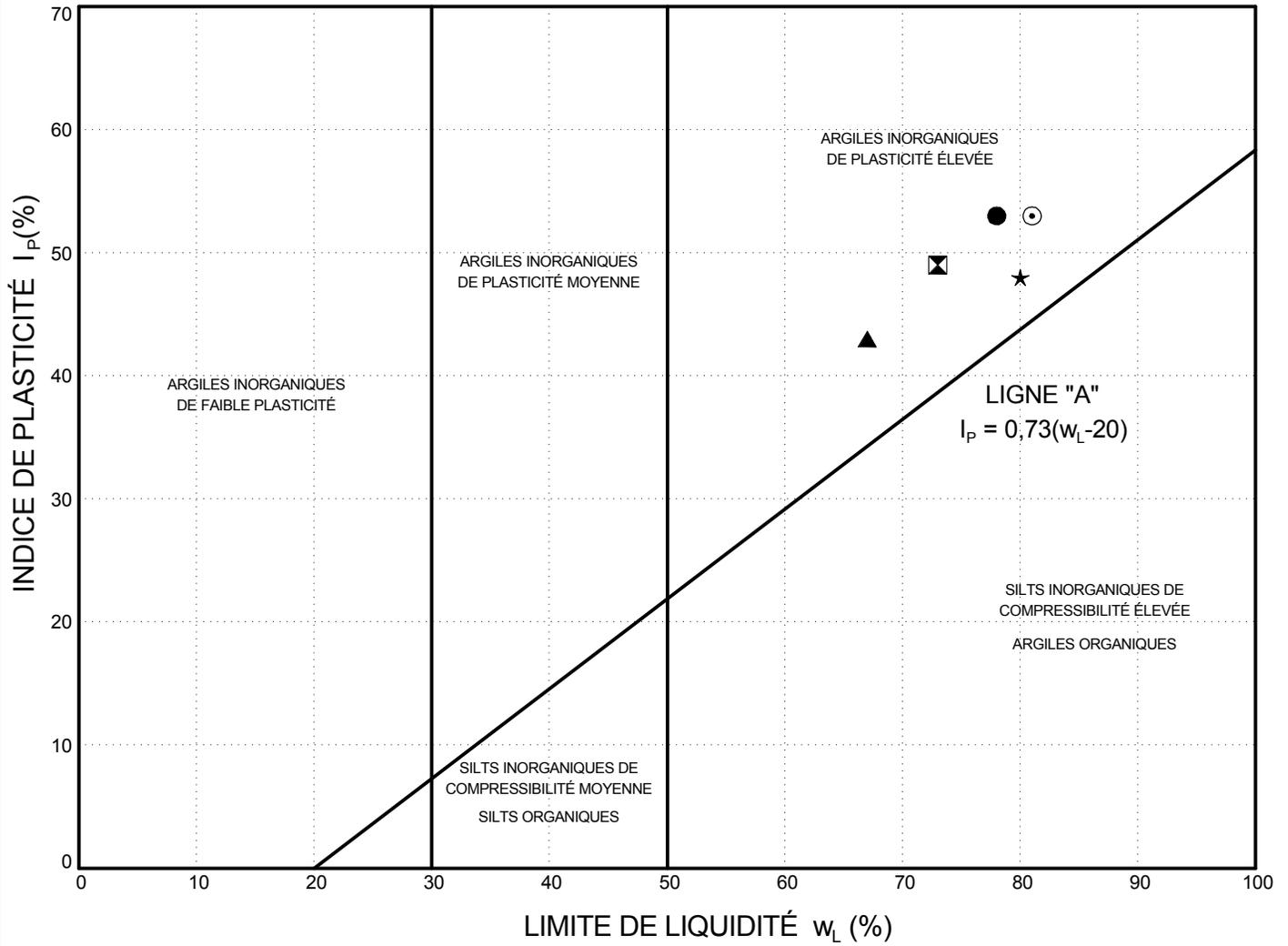
CLIENT : Ministère des Transports du Québec
PROJET : Pont d'étagement de la route 236 au-dessus de la voie ferrée de CSX Transportation
ENDROIT : Beauharnois, Québec
DOSSIER : B16488L-07



	Sondage	Éch.	Prof. (m)	W (%)	w_L (%)	w_P (%)	I_p (%)	I_L	DESCRIPTION
●	F-21	CF-4	3.05 à 3.66	51	63	25	37	0.7	Argile silteuse, traces de sable, plasticité élevée (CH).
☒	F-21	TM-6	5.33 à 5.94	72	65	24	41	1.2	Argile silteuse, traces de sable, plasticité élevée (CH).
▲	F-21	TM-8	7.62 à 8.23	63	63	22	41	1.0	Argile silteuse, traces de sable, plasticité élevée (CH).
★	F-21	TM-9	9.14 à 9.70	51	57	23	34	0.8	Argile silteuse, traces de sable, plasticité élevée (CH).

Remarque:

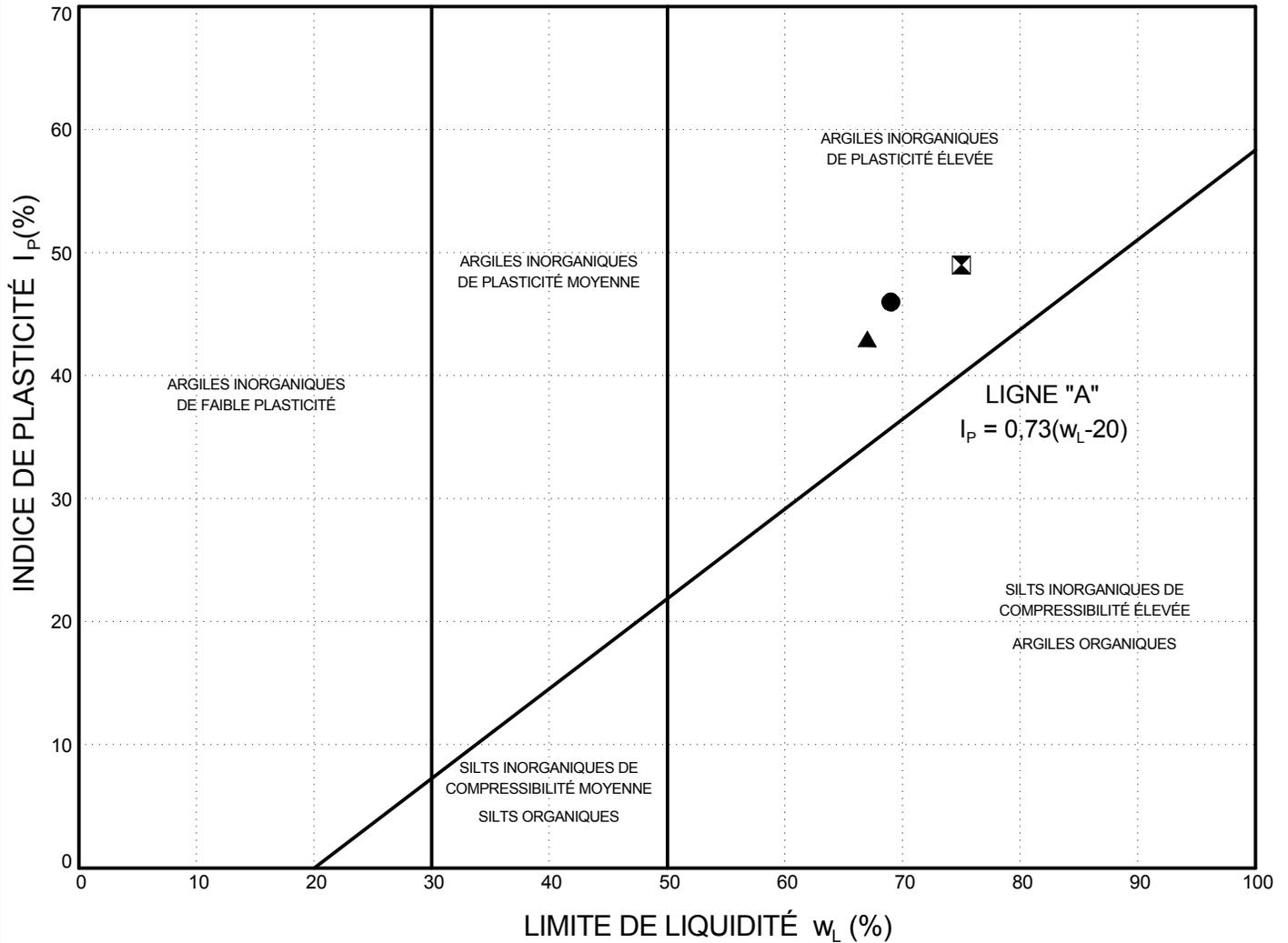
CLIENT : Ministère des Transports du Québec
PROJET : Pont d'étagement de la route 236 au-dessus de la voie ferrée de CSX Transportation
ENDROIT : Beauharnois, Québec
DOSSIER : B16488L-07



Sondage	Éch.	Prof. (m)	W (%)	w_L (%)	w_P (%)	I_p (%)	I_L	DESCRIPTION	
●	F-22	TM-4	3.05 à 3.66	57	78	25	53	0.6	Argile silteuse, traces de sable, plasticité élevée (CH).
⊠	F-22	TM-6	5.49 à 6.10	71	73	24	49	1.0	Argile silteuse, traces de sable, plasticité élevée (CH).
▲	F-22	TM-9	8.53 à 9.14	66	67	24	43	1.0	Argile silteuse, traces de sable, plasticité élevée (CH).
★	TA-3	VR-2	0.30 à 0.60	44	80	32	48	0.3	Argile silteuse, traces de sable, plasticité élevée (CH)
⊙	TA-6	VR-3	0.60 à 0.90	36	81	28	53	0.2	Argile silteuse, traces de sable, plasticité élevée (CH)

Remarque:

CLIENT : Ministère des Transports du Québec
PROJET : Pont d'étagement de la route 236 au-dessus de la voie ferrée de CSX Transportation
ENDROIT : Beauharnois, Québec
DOSSIER : B16488L-07



	Sondage	Éch.	Prof. (m)	W (%)	w_L (%)	w_p (%)	I_p (%)	I_L	DESCRIPTION
●	F-26	TM-4	4.88 à 5.49	67	69	23	46	1.0	Argile silteuse, traces de sable, de plasticité élevée (CH).
⊠	F-26	TM-5	6.10 à 6.71	71	75	26	49	0.9	Argile silteuse, traces de sable, de plasticité élevée (CH).
▲	F-27	TM-6	6.10 à 6.71	67	67	24	43	1.0	Argile silteuse, traces de sable, de plasticité élevée (CH).

Remarque:

CLIENT : Ministère des Transports du Québec

FORAGE : F-26

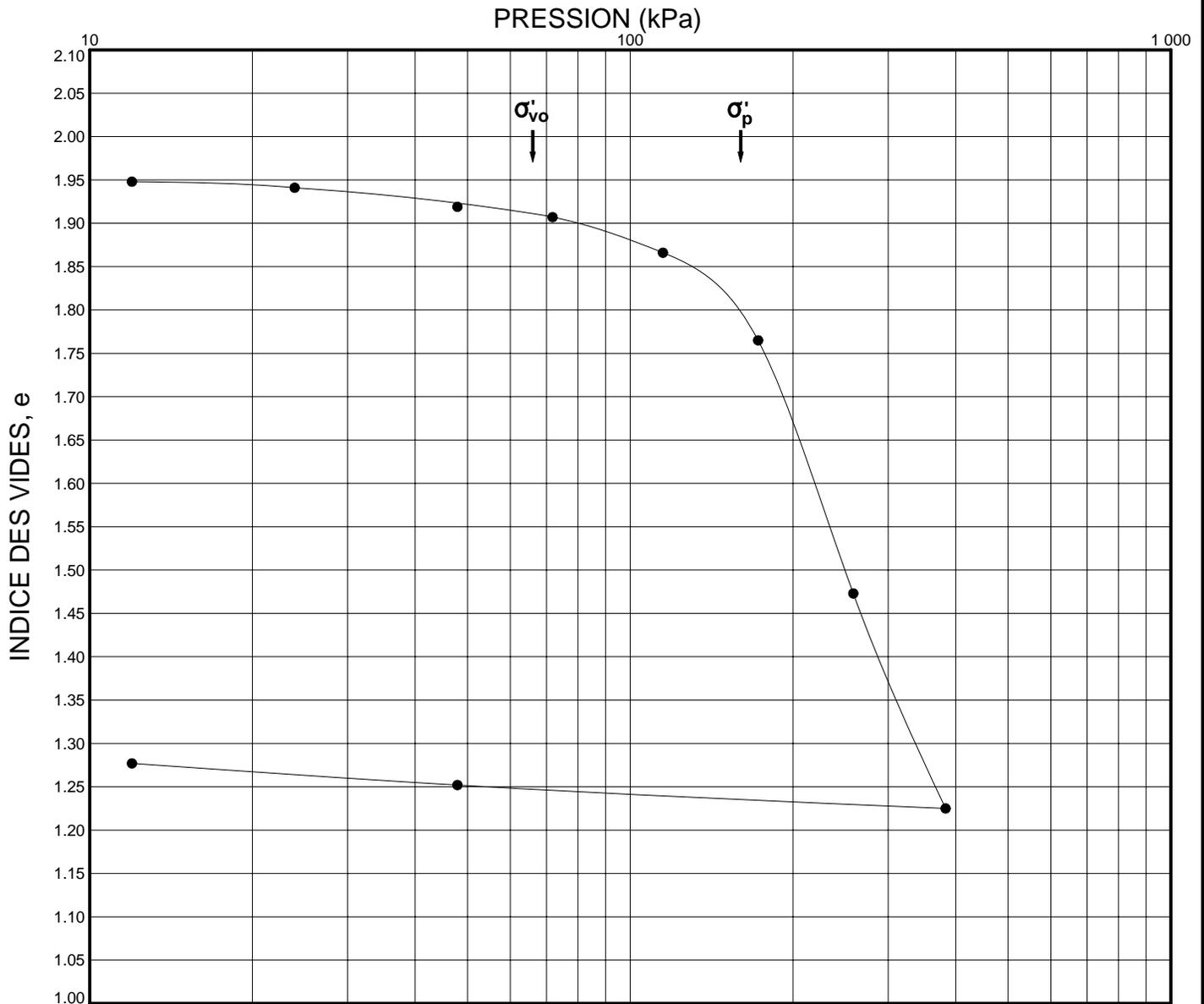
PROJET : Pont d'étagement de la route 236 au-dessus de la voie ferrée de CSX Transportation

ÉCHANTILLON : TM-5

ENDROIT: Beauharnois, Québec

PROFONDEUR (m) : 6.10 à 6.71

DOSSIER: B16488L-07


Profondeur de l'essai (m): 6.30

Niveau de l'essai (m): 34.68

Propriétés du sol
 γ : 15.4 kN/m³

w : 71 %

 e_0 : 1.97

 w_L : 75 %

 C_{cr} : 0.07

 w_p : 26 %

 C_c : 1.66

Résultats de l'essai
 σ'_{vo} : 66 kPa

 C_v : 7.8x10⁻⁴ cm²/s à 172 kPa

 σ'_p : 160 kPa

 C_v : 1.6x10⁻⁴ cm²/s à 258 kPa

 $\sigma'_p - \sigma'_{vo}$: 94 kPa

REMARQUES:

CLIENT : Ministère des Transports du Québec

FORAGE : F-27

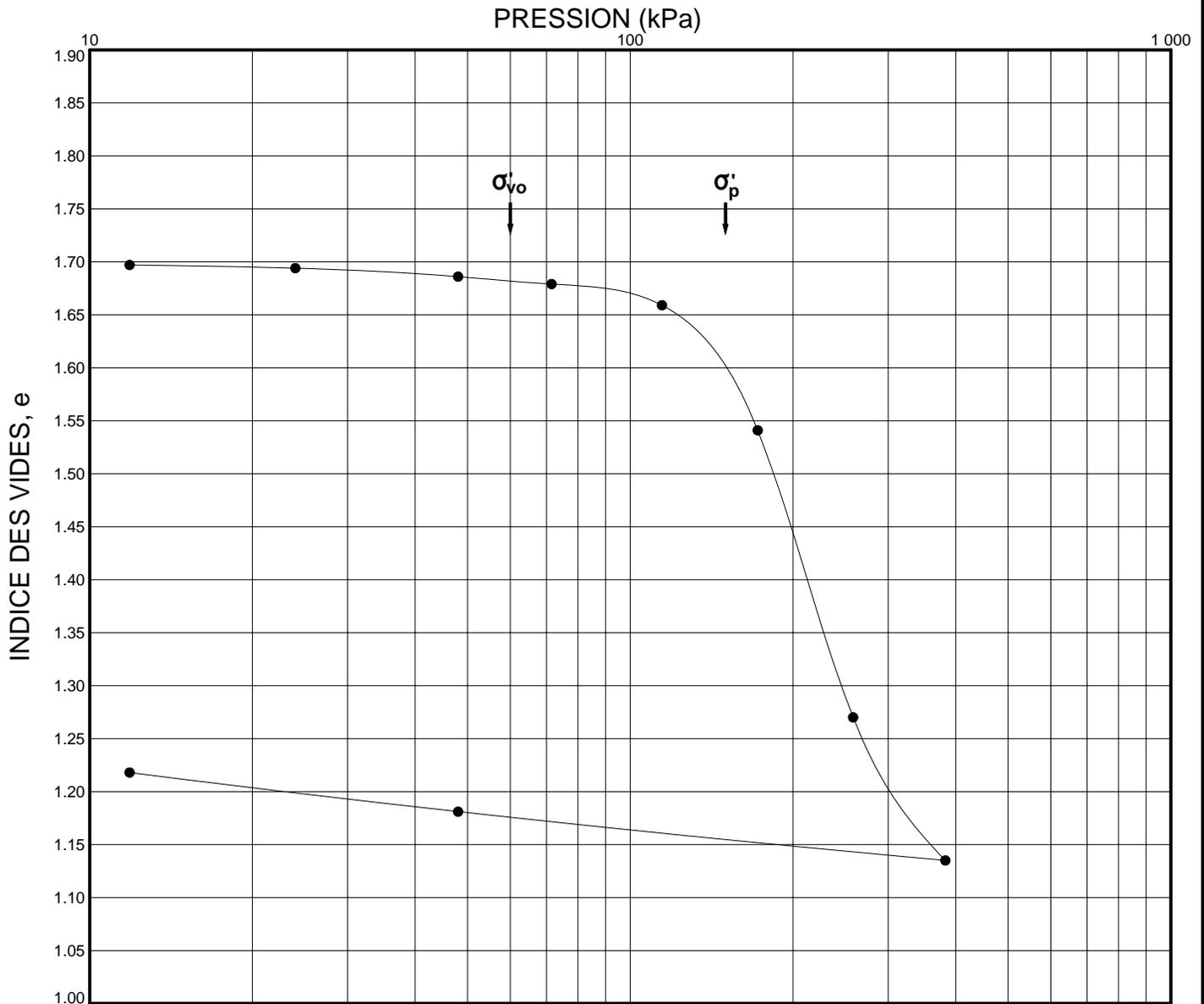
PROJET : Pont d'étagement de la route 236 au-dessus de la voie ferrée de CSX Transportation

ÉCHANTILLON : TM-6

ENDROIT: Beauharnois, Québec

PROFONDEUR (m) : 6.10 à 6.71

DOSSIER: B16488L-07


Profondeur de l'essai (m): 6.55

Niveau de l'essai (m): 35.73

Propriétés du sol
 γ : 15.9 kN/m³

w : 67 %

 e_0 : 1.70

 w_L : 67 %

 C_{cr} : 0.03

 w_p : 24 %

 C_c : 2.29

Résultats de l'essai
 σ'_{vo} : 60 kPa

 C_v : 1.1×10^{-4} cm²/s à 258 kPa

 σ'_p : 150 kPa

 C_v : 6.8×10^{-5} cm²/s à 383 kPa

 $\sigma'_p - \sigma'_{vo}$: 90 kPa

REMARQUES:

CLIENT : Ministère des Transports du Québec

FORAGE : F-21

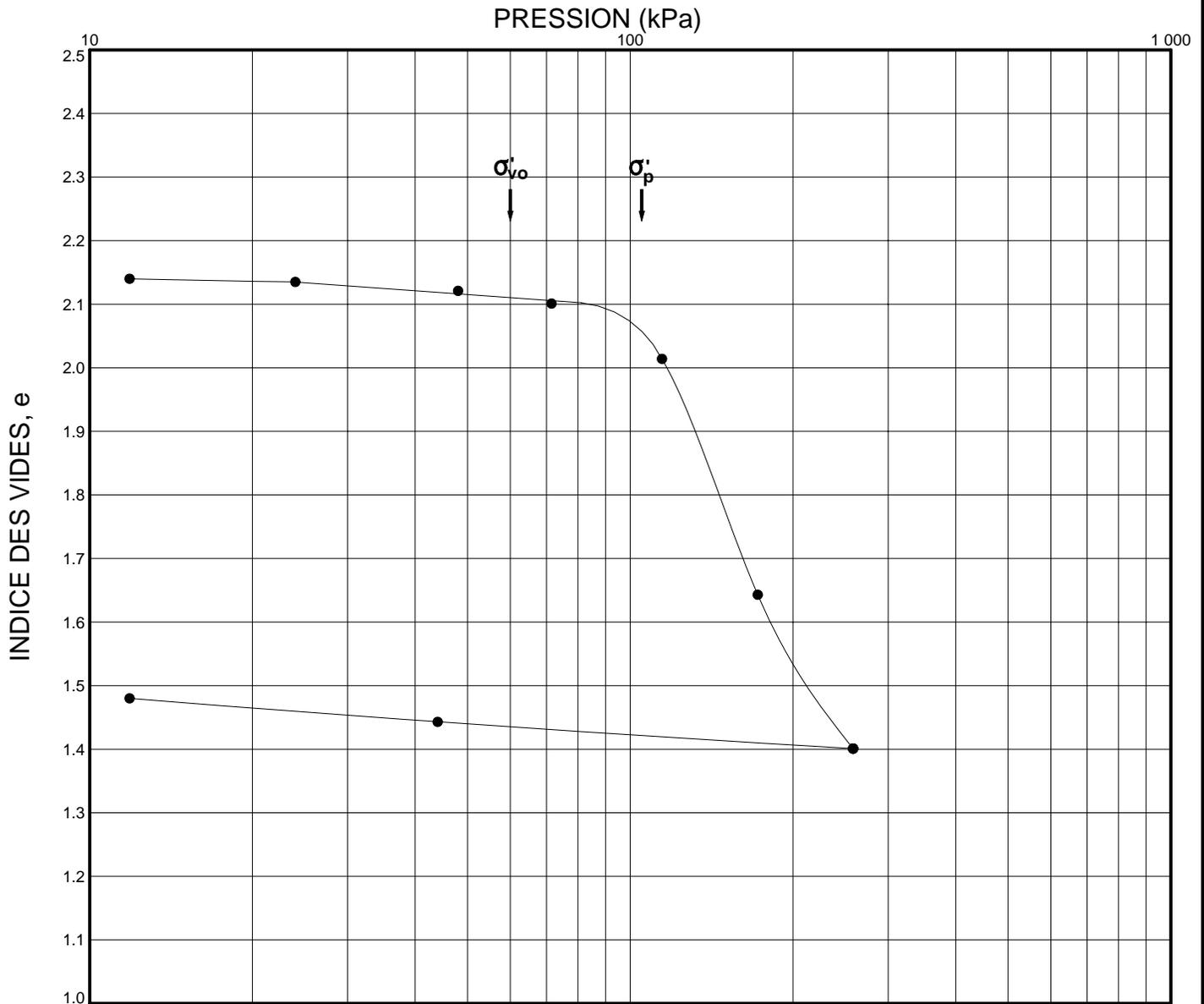
PROJET : Pont d'étagement de la route 236 au-dessus-de la voie ferrée de CSX Transportation

ÉCHANTILLON : TM-6

ENDROIT: Beauharnois, Québec

PROFONDEUR (m) : 5.33 à 5.94

DOSSIER: B16488L-07


Profondeur de l'essai (m): 5.75

Niveau de l'essai (m): 35.49

Propriétés du sol
 γ : 14.8 kN/m³

w : 76 %

 e_0 : 2.15

 w_L : 65 %

 C_{cr} : 0.03

 w_p : 24 %

 C_c : 2.31

Résultats de l'essai
 σ'_{vo} : 60 kPa

 C_v : 1.1x10⁻³ cm²/s à 114 kPa

 σ'_p : 105 kPa

 C_v : 2.7x10⁻⁵ cm²/s à 172 kPa

 $\sigma'_p - \sigma'_{vo}$: 45 kPa

REMARQUES:

CLIENT : Ministère des Transports du Québec

FORAGE : F-21

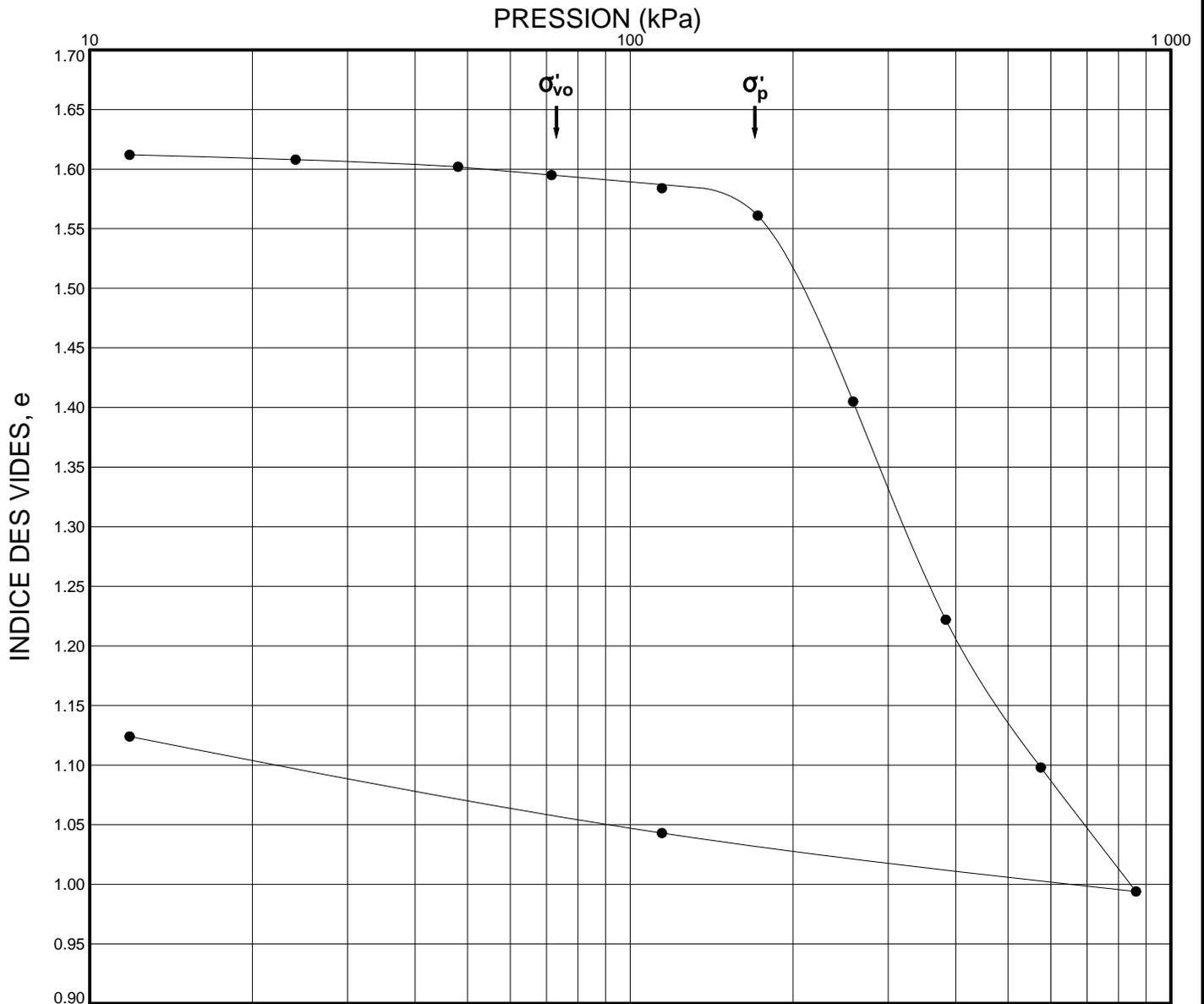
PROJET : Pont d'étagement de la route 236 au-dessus-de la voie ferrée de CSX Transportation

ÉCHANTILLON : TM-8

ENDROIT: Beauharnois, Québec

PROFONDEUR (m) : 7.62 à 8.23

DOSSIER: B16488L-07


Profondeur de l'essai (m): 7.95

Niveau de l'essai (m): 33.29

Propriétés du sol
 γ : 16.4 kN/m³

w : 60 %

 e_0 : 1.62

 w_L : 63 %

 C_{cr} : 0.03

 w_p : 22 %

 C_c : 1.08

Résultats de l'essai
 σ'_{vo} : 73 kPa

 C_v : 8.2x10⁻³ cm²/s à 172 kPa

 σ'_p : 170 kPa

 C_v : 1.3x10⁻⁴ cm²/s à 258 kPa

 $\sigma'_p - \sigma'_{vo}$: 97 kPa

REMARQUES:

CLIENT : Ministère des Transports du Québec

FORAGE : F-21

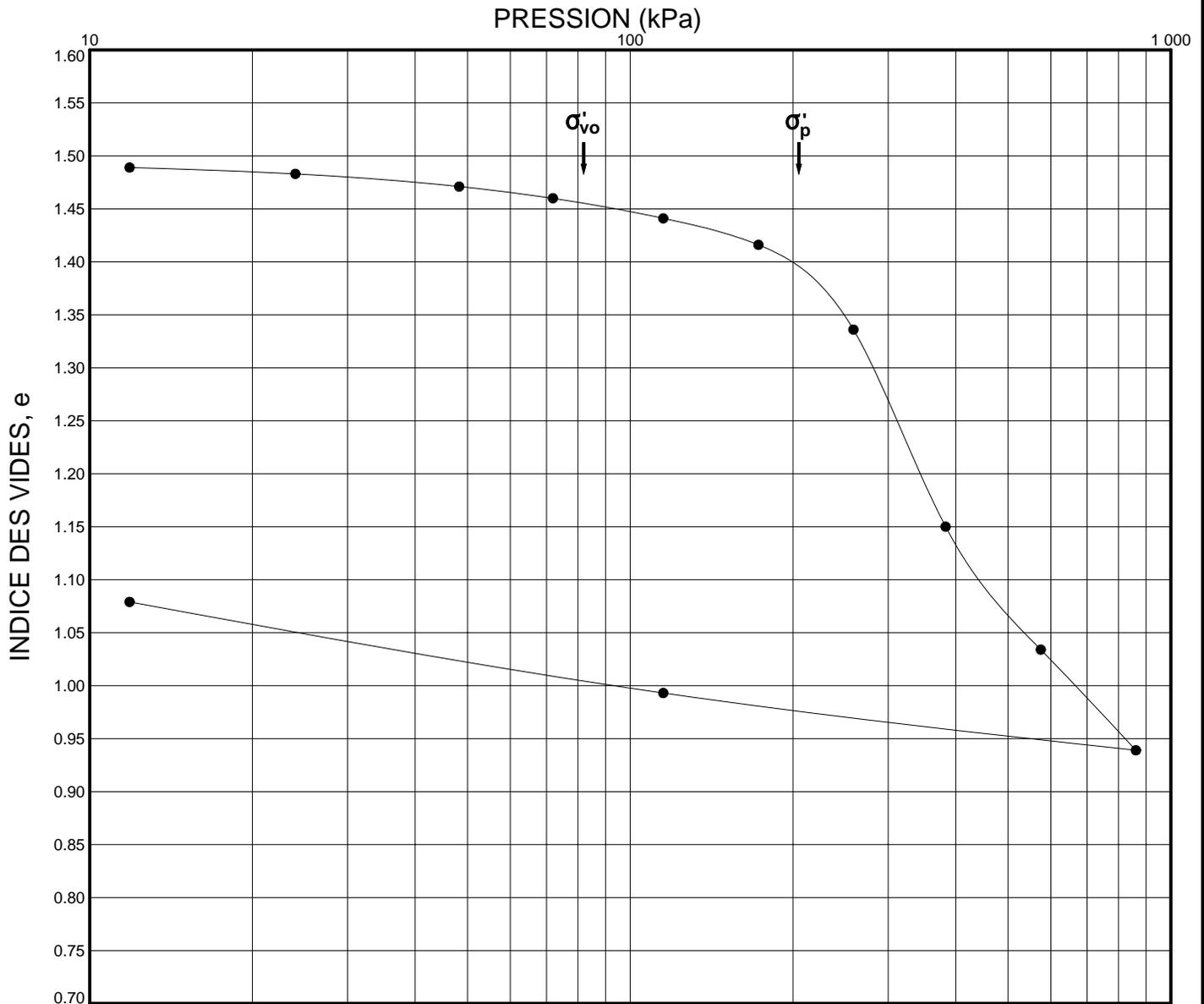
PROJET : Pont d'étagement de la route 236 au-dessus-de la voie ferrée de CSX Transportation

ÉCHANTILLON : TM-9

ENDROIT: Beauharnois, Québec

PROFONDEUR (m) : 9.14 à 9.70

DOSSIER: B16488L-07


Profondeur de l'essai (m): 9.45

Niveau de l'essai (m): 31.79

Propriétés du sol

γ : 16.7 kN/m³ w : 55 %
 e_0 : 1.50 w_L : 57 %
 C_{cr} : 0.04 w_p : 23 %
 C_c : 1.09

Résultats de l'essai

σ'_{vo} : 82 kPa C_v : 2.4×10^{-4} cm²/s à 258 kPa
 σ'_p : 205 kPa C_v : 1.0×10^{-4} cm²/s à 383 kPa
 $\sigma'_p - \sigma'_{vo}$: 123 kPa

REMARQUES:

CLIENT : Ministère des Transports du Québec

FORAGE : F-22

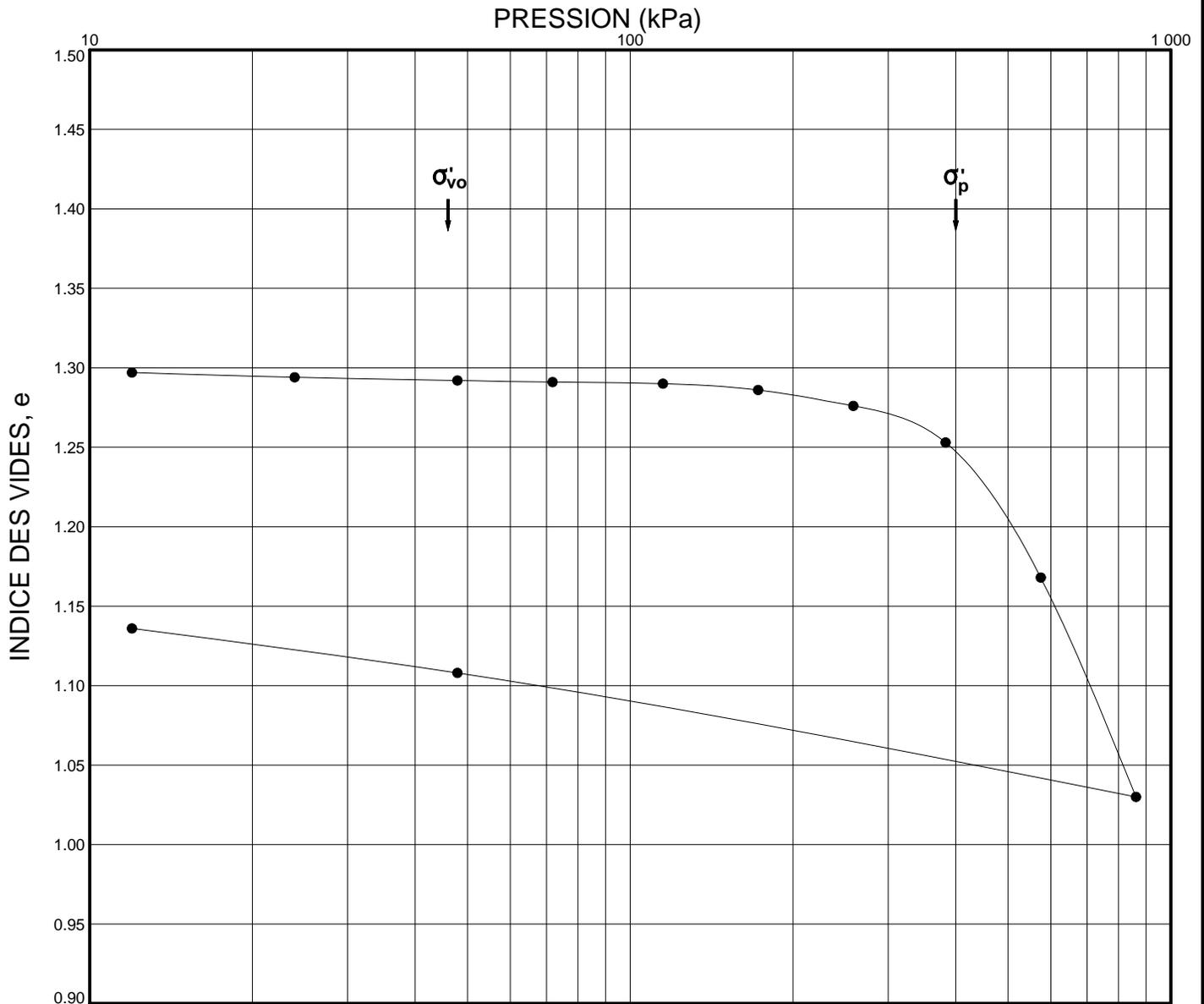
PROJET : Pont d'étagement de la route 236 au-dessus-de la voie ferrée de CSX Transportation

ÉCHANTILLON : TM-4

ENDROIT: Beauharnois, Québec

PROFONDEUR (m) : 3.05 à 3.66

DOSSIER: B16488L-07


Profondeur de l'essai (m): 3.45

Niveau de l'essai (m): 37.56

Propriétés du sol

γ : 17.2 kN/m³ w : 48 %
 e_0 : 1.30 w_L : 78 %
 C_{cr} : 0.005 w_p : 25 %
 C_c : 0.78

Résultats de l'essai

σ'_{vo} : 46 kPa C_v : 1.7x10⁻³cm²/s à 383 kPa
 σ'_p : 400 kPa C_v : 3.3x10⁻⁴cm²/s à 574 kPa
 $\sigma'_p - \sigma'_{vo}$: 354 kPa

REMARQUES:

A N N E X E 4

DONNÉES STRUCTURALES ET PHOTOGRAPHIES DU ROC

CLIENT : <u>Ministère des Transports du Québec</u>	DOSSIER N° : <u>G06268-3A</u>
PROJET : <u>Pont d'étagement de la route 236 au-dessus de la voie ferrée de CSX Transportation – Beauharnois, Québec</u>	FORAGE N° : <u>F-32</u>
	LONGUEUR DU ROC (m) : <u>9,91 m</u>
	CALIBRE DU CAROTTIER : <u>NQ-3</u>

COURSE						STRUCTURE	DESCRIPTION ET OBSERVATIONS												
N°	Profondeur (m)		Récup. (%)	RQD (%)	Total des joints	Retour d'eau (%)	Faille, joint, litage, clivage, linéation, schistosité, foliation, zone fracturée, etc.	Profondeur (m)		Nb de joints	Angle p/r à l'axe	Ouvert/Fermé	Forme	Texture	Recouvrement		Altération	Couleur	
	De	À						De	À						Compos.	Épais. (mm)			
CR-2	10,36	12,01	100	64	12		Zone fracturée	10,36	10,54										
							L		10,54	1	90	O	U	R					g
							L		10,59	1	90	O	U	R					g
							L		10,62	1	80	F	U	R					g
							L		10,70	1	90	F	U	R					g
							L		10,71	1	90	F	U	R					g
							L		10,77	1	90	F	U	R					g
							J		10,98	1	5-10	F	C	R	C				g
							L		11,68	1	90	O	U	R	M	Trace			n
							L		11,73	1	90	O	U	R	M	Trace			n
							L		11,80	1	80	O	U	R	M	Trace			n
							L		11,87	1	80	O	U	R	M	Trace			n
							L		12,01	1	90	O	U	R					n
CR-3	12,01	13,56	98	65	12		L		12,07	1	80	F	U	R					n
							L		12,08	1	80	F	U	R					n
							L		12,16	1	70	F	U	R					n
							L		12,24	1	90	F	U	R					n
							L		12,32	1	80	F	U	R					n
							L		12,39	1	75	O	U	R					g
							L		12,48	1	90	O	U	R					g
							L		12,65	1	90	O	U	R					g

STRUCTURE	FORME	TEXTURE	RECOUVREMENT ET ALTÉRATION		COULEUR		Décrit par : <u>A. Elmahmoudi</u> Date : <u>2008-10-06</u>
J : joint Jf : joint de foliation/litage/clivage Ji : joint possiblement induit par forage L : contact lithologique NR : non représentatif	C : courbe I : irrégulier P : plat U : ondulé	D : dentelé L : lisse M : miroir R : rugueux	A : argile B : biotite C : calcite E : épidote F : kaolinite	G : graphite H : hématite I : oxyde de fer K : chlorite M : silt	b : blanchâtre bg : beige bl : blanc br : brunâtre bu : bleu	g : gris n : noir v : vert r : rosâtre rg : rougeâtre	

CLIENT : <u>Ministère des Transports du Québec</u>	DOSSIER N° : <u>G06268-3A</u>
PROJET : <u>Pont d'étagement de la route 236 au-dessus de la voie ferrée de CSX Transportation – Beauharnois, Québec</u>	FORAGE N° : <u>F-32</u>
	LONGUEUR DU ROC (m) : <u>9,91 m</u>
	CALIBRE DU CAROTTIER : <u>NQ-3</u>

COURSE						STRUCTURE	DESCRIPTION ET OBSERVATIONS											
N°	Profondeur (m)		Récup. (%)	RQD (%)	Total des joints	Retour d'eau (%)	Faille, joint, litage, clivage, linéation, schistosité, foliation, zone fracturée, etc.	Profondeur (m)		Nb de joints	Angle p/r à l'axe	Ouvert/Fermé	Forme	Texture	Recouvrement		Altération	Couleur
	De	À						De	À						Compos.	Épais. (mm)		
CR-3							L		12,68	1	90	O	U	R				n
							L		13,10	1	90	O	U	R				g, n
							L		13,14	1	75	O	U	R				g, n
							L		13,56	1	90	O	U	R				g
CR-4	13,56	15,09	100	93	9		L		14,04	1	90	O	U	R	M	Trace		g
							L		14,08	1	90	O	U	R	M	Trace		g
							L		14,11	1	90	O	U	R	M	Trace		g
							L		14,15	1	80	F	U	R				n
							L		14,32	1	90	F	U	R				g, n
							L		14,48	1	90	O	U	R	I	Trace		n, br
							L		14,63	1	90	F	U	R				n, g
							L		14,94	1	90	O	U	R	M	Trace		g
							L		15,09	1	90	F	U	R				g
CR-5	15,09	16,61	100	100	5		L		15,58	1	90	F	U	R				g
							L		16,13	1	90	F	U	R				g
							L		16,26	1	90	O	U	R				g
							L		16,40	1	90	F	U	R				g
							L		16,61	1	90	F	U	R				g

STRUCTURE	FORME	TEXTURE	RECOUVREMENT ET ALTÉRATION		COULEUR		Décrit par : <u>A. Elmahmoudi</u> Date : <u>2008-10-06</u>
J : joint Jf : joint de foliation/litage/clivage Ji : joint possiblement induit par forage L : contact lithologique NR : non représentatif	C : courbe I : irrégulier P : plat U : ondulé	D : dentelé L : lisse M : miroir R : rugueux	A : argile B : biotite C : calcite E : épidote F : kaolinite	G : graphite H : hématite I : oxyde de fer K : chlorite M : silt	b : blanchâtre bg : beige bl : blanc br : brunâtre bu : bleu	g : gris n : noir v : vert r : rosâtre rg : rougeâtre	

CLIENT : Ministère des Transports du Québec
 PROJET : Pont d'étagement de la route 236 au-dessus de la voie ferrée de CSX Transportation – Beauharnois, Québec

DOSSIER N° : G06268-3A
 FORAGE N° : F-32
 LONGUEUR DU ROC (m) : 9,91 m
 CALIBRE DU CAROTTIER : NQ-3

COURSE							STRUCTURE	DESCRIPTION ET OBSERVATIONS										
N°	Profondeur (m)		Récup. (%)	RQD (%)	Total des joints	Retour d'eau (%)	Faille, joint, litage, clivage, linéation, schistosité, foliation, zone fracturée, etc.	Profondeur (m)		Nb de joints	Angle p/r à l'axe	Ouvert/Fermé	Forme	Texture	Recouvrement		Altération	Couleur
	De	À						De	À						Compos.	Épais. (mm)		
CR-6	16,61	18,14	100	95	7		L		16,64	1	90	O	U	R				g
							L		16,66	1	60	F	C	R				g
							L		16,69	1	80	F	C	R				g
							L		16,96	1	90	F	C	R				g
							L		17,30	1	90	F	U	R				g
							L		17,78	1	90	F	C	R				g
							L		18,14	1	90	F	C	R				g
CR-7	18,14	19,66	100	98	4		L		18,49	1	90	F	U	R				g
							L		19,18	1	90	F	U	R				g
							L		19,33	1	90	F	U	R				g
							L		19,63	1	90	F	U	R				g
CR-8	19,66	20,27	100	100	1		L		20,07	1	90	O	U	R				g, n
STRUCTURE							FORME	TEXTURE	RECOUVREMENT ET ALTÉRATION				COULEUR			Décrit par :		
J : joint Jf : joint de foliation/litage/clivage Ji : joint possiblement induit par forage L : contact lithologique NR : non représentatif							C : courbe I : irrégulier P : plat U : ondulé	D : dentelé L : lisse M : miroir R : rugueux	A : argile B : biotite C : calcite E : épидote F : kaolinite	G : graphite H : hématite I : oxyde de fer K : chlorite M : silt	b : blanchâtre bg : beige bl : blanc br : brunâtre bu : bleu	g : gris n : noir v : vert r : rosâtre rg : rougeâtre	A. Elmahmoudi Date : <u>2008-10-07</u>					

CLIENT : <u>Ministère des Transports du Québec</u>	DOSSIER N° : <u>G06268-3A</u>
PROJET : <u>Pont d'étagement de la route 236 au-dessus de la voie ferrée de CSX Transportation – Beauharnois, Québec</u>	FORAGE N° : <u>F-33</u>
	LONGUEUR DU ROC (m) : <u>12,49 m</u>
	CALIBRE DU CAROTTIER : <u>NQ-3</u>

COURSE						STRUCTURE	DESCRIPTION ET OBSERVATIONS												
N°	Profondeur (m)		Récup. (%)	RQD (%)	Total des joints	Retour d'eau (%)	Faille, joint, litage, clivage, linéation, schistosité, foliation, zone fracturée, etc.	Profondeur (m)		Nb de joints	Angle p/r à l'axe	Ouvert/Fermé	Forme	Texture	Recouvrement		Altération	Couleur	
	De	À						De	À						Compos.	Épais. (mm)			
CR-1	10,52	10,82	100	67	1		Zone fracturée	10,52	10,63										
							L		10,82	1	90	O	U	R					g
CR-2	10,82	11,20	93	87	3		L		10,96	1	90	O	U	R					g
							L		10,99	1	90	O	U	R					g
							NR		11,01	1	60	F	U	R					g
CR-3	11,20	12,34	98	83	7				11,25	1	80	O	U	R					g
									11,30	1	90	O	U	R					g
							Zone fracturée	11,30	11,39										
							L		11,39	1	85	O	U	R	M	Trace			g
							L		11,50	1	85	F	U	R					n
							L		11,97	1	90	F	U	R					g
							L		12,23	1	90	F	U	R					g
							L		12,34	1	90	O	U	R	M	Trace			g
CR-4	12,34	13,87	100	80	8		L		12,41	1	90	O	U	R					g, n
							L		12,47	1	90	O	U	R					g
							L		13,20	1	90	O	U	R					g, n
							L		13,25	1	90	O	U	R					g, n
							L		13,28	1	90	O	U	R					g, n
							L		13,36	1	90	O	U	R					g, n

STRUCTURE	FORME	TEXTURE	RECOUVREMENT ET ALTÉRATION		COULEUR		Décrit par : <u>A. Elmahmoudi</u> Date : <u>2008-10-07</u>
J : joint Jf : joint de foliation/litage/clivage Ji : joint possiblement induit par forage L : contact lithologique NR : non représentatif	C : courbe I : irrégulier P : plat U : ondulé	D : dentelé L : lisse M : miroir R : rugueux	A : argile B : biotite C : calcite E : épidote F : kaolinite	G : graphite H : hématite I : oxyde de fer K : chlorite M : silt	b : blanchâtre bg : beige bl : blanc br : brunâtre bu : bleu	g : gris n : noir v : vert r : rosâtre rg : rougeâtre	

CLIENT : Ministère des Transports du Québec
 PROJET : Pont d'étagement de la route 236 au-dessus de la voie ferrée de CSX Transportation – Beauharnois, Québec

DOSSIER N° : G06268-3A
 FORAGE N° : F-33
 LONGUEUR DU ROC (m) : 12,49 m
 CALIBRE DU CAROTTIER : NQ-3

COURSE							STRUCTURE	DESCRIPTION ET OBSERVATIONS											
N°	Profondeur (m)		Récup. (%)	RQD (%)	Total des joints	Retour d'eau (%)	Faille, joint, litage, clivage, linéation, schistosité, foliation, zone fracturée, etc.	Profondeur (m)		Nb de joints	Angle p/r à l'axe	Ouvert/Fermé	Forme	Texture	Recouvrement		Altération	Couleur	
	De	À						De	À						Compos.	Épais. (mm)			
CR-4							L		13,37	1	90	O	U	R	M	Trace		g	
							L		13,48	1	65	O	C	R	M	Trace		g	
CR-5	13,87	15,39	100	93	5														
							L		14,01	1	90	O	U	R					n
							L		14,04	1	90	O	U	R					n
							L		14,16	1	90	O	U	R					n
							L		14,23	1	80	O	C	R					g
							L		15,21	1	90	O	U	R	M	Trace			g
CR-6	15,39	16,92	100	90	6		L		15,60	1	90	F	U	R				g	
							L		15,73	1	90	O	U	R				g	
							L		16,17	1	90	O	U	R				g	
							L		16,26	1	90	O	U	R				g	
							L		16,56	1	90	O	U	R	M	Trace		g	
							L		16,86	1	90	F	C	R				g	
CR-7	16,92	18,44	100	100	2		L		17,19	1	90	F	C	R				g	
							L		17,69	1	90	O	C	R				g	

STRUCTURE

J : joint
 Jf : joint de foliation/litage/clivage
 Ji : joint possiblement induit par forage
 L : contact lithologique
 NR : non représentatif

FORME

C : courbe
 I : irrégulier
 P : plat
 U : ondulé

TEXTURE

D : dentelé
 L : lisse
 M : miroir
 R : rugueux

RECOUVREMENT ET ALTÉRATION

A : argile
 B : biotite
 C : calcite
 E : épidote
 F : kaolinite
 G : graphite
 H : hématite
 I : oxyde de fer
 K : chlorite
 M : silt

COULEUR

b : blanchâtre
 bg : beige
 bl : blanc
 br : brunâtre
 bu : bleu
 g : gris
 n : noir
 v : vert
 r : rosâtre
 rg : rougeâtre

Décrit par :

A. Elmahmoudi

 Date : 2008-10-07

CLIENT : <u>Ministère des Transports du Québec</u>	DOSSIER N° : <u>G06268-3A</u>
PROJET : <u>Pont d'étagement de la route 236 au-dessus de la voie ferrée de CSX Transportation – Beauharnois, Québec</u>	FORAGE N° : <u>F-33</u>
	LONGUEUR DU ROC (m) : <u>12,49 m</u>
	CALIBRE DU CAROTTIER : <u>NQ-3</u>

COURSE							STRUCTURE	DESCRIPTION ET OBSERVATIONS										
N°	Profondeur (m)		Récup. (%)	RQD (%)	Total des joints	Retour d'eau (%)	Faille, joint, litage, clivage, linéation, schistosité, foliation, zone fracturée, etc.	Profondeur (m)		Nb de joints	Angle p/r à l'axe	Ouvert/Fermé	Forme	Texture	Recouvrement		Altération	Couleur
	De	À						De	À						Compos.	Épais. (mm)		
CR-8	18,44	19,96	100	95	7		L		18,90	1	90	O	C	R			Légère	g
							L		18,92	1	80	O	I	R			Légère	g
							J		19,75	1	20	F	C	R	C	Trace		g
							L		19,80	1	85	O	C	R				g
							L		19,81	1	90	O	C	R			Légère	g
							L		19,94	1	90	F	U	R				g
							L		19,96	1	90	O	U	R				g
CR-9	19,96	21,49	100	69	16		L		20,11	1	80	O	U	R				g
							L		20,37	1	80	O	U	R				g
							L		20,44	1	90	O	U	R				g
							L		20,56	1	90	O	U	R				g
							L		20,62	1	90	O	U	R				g
							L		20,79	1	90	O	U	R				g
							L		20,80	1	90	O	U	R				g
							L		20,83	1	90	O	U	R				g
							L		20,84	1	90	O	U	R				g
							L		20,88	1	90	O	U	R				g
							L		21,07	1	85	F	U	R				g
							L		21,11	1	90	F	U	R				n
							L		21,28	1	90	O	U	R	M	Trace		g
							L		21,33	1	90	F	C	R				g

STRUCTURE	FORME	TEXTURE	RECOUVREMENT ET ALTÉRATION		COULEUR		Décrit par : <u>A. Elmahmoudi</u> Date : <u>2008-10-07</u>
J : joint Jf : joint de foliation/litage/clivage Ji : joint possiblement induit par forage L : contact lithologique NR : non représentatif	C : courbe I : irrégulier P : plat U : ondulé	D : dentelé L : lisse M : miroir R : rugueux	A : argile B : biotite C : calcite E : épidote F : kaolinite	G : graphite H : hématite I : oxyde de fer K : chlorite M : silt	b : blanchâtre bg : beige bl : blanc br : brunâtre bu : bleu	g : gris n : noir v : vert r : rosâtre rg : rougeâtre	

CLIENT : Ministère des Transports du Québec
 PROJET : Pont d'étagement de la route 236 au-dessus de la voie ferrée de CSX Transportation – Beauharnois, Québec

DOSSIER N° : G06268-3A
 FORAGE N° : F-33
 LONGUEUR DU ROC (m) : 12,49 m
 CALIBRE DU CAROTTIER : NQ-3

COURSE						STRUCTURE	DESCRIPTION ET OBSERVATIONS											
N°	Profondeur (m)		Récup. (%)	RQD (%)	Total des joints	Retour d'eau (%)	Faille, joint, litage, clivage, linéation, schistosité, foliation, zone fracturée, etc.	Profondeur (m)		Nb de joints	Angle p/r à l'axe	Ouvert/ Fermé	Forme	Texture	Recouvrement		Altération	Couleur
	De	À						De	À						Compos.	Épais. (mm)		
CR-9							L		21,34	1	90	F	C	R				g
							L		21,43	1	90	F	U	R				g
CR-10	21,49	23,01	100	93	11		L		22,02	1	90	F	U	R				g
							L		22,05	1	90	F	U	R				g
							L		22,06	1	90	F	U	R				g
							L		22,07	1	90	F	U	R				g
							L		22,37	1	85	F	U	R				g
							L		22,59	1	90	O	U	R				g
							L		22,82	1	90	O	U	R	I	Trace	Légère	g
							L		22,83	1	90	O	U	R				g
							L		22,86	1	80	O	U	R				g
						L		22,87	1	90	O	U	R				n	
						L		22,89	1	80	O	U	R	I	Trace	Légère	g, br	

STRUCTURE	FORME	TEXTURE	RECOUVREMENT ET ALTÉRATION		COULEUR		Décrit par : <u>A. Elmahmoudi</u> Date : <u>2008-10-07</u>
J : joint Jf : joint de foliation/litage/clivage Ji : joint possiblement induit par forage L : contact lithologique NR : non représentatif	C : courbe I : irrégulier P : plat U : ondulé	D : dentelé L : lisse M : miroir R : rugueux	A : argile B : biotite C : calcite E : épidote F : kaolinite	G : graphite H : hématite I : oxyde de fer K : chlorite M : silt	b : blanchâtre bg : beige bl : blanc br : brunâtre bu : bleu	g : gris n : noir v : vert r : rosâtre rg : rougeâtre	

CLIENT : <u>Ministère des Transports du Québec</u>	DOSSIER N° : <u>G06268-3A</u>
PROJET : <u>Pont d'étagement de la route 236 au-dessus de la voie ferrée de CSX Transportation – Beauharnois, Québec</u>	FORAGE N° : <u>F-34</u>
	LONGUEUR DU ROC (m) : <u>12,65 m</u>
	CALIBRE DU CAROTTIER : <u>NQ-3</u>

COURSE						STRUCTURE	DESCRIPTION ET OBSERVATIONS											
N°	Profondeur (m)		Récup. (%)	RQD (%)	Total des joints	Retour d'eau (%)	Faille, joint, litage, clivage, linéation, schistosité, foliation, zone fracturée, etc.	Profondeur (m)		Nb de joints	Angle p/r à l'axe	Ouvert/Fermé	Forme	Texture	Recouvrement		Altération	Couleur
	De	À						De	À						Compos.	Épais. (mm)		
CR-1	11,81	12,07	80	40	1		L		11,90	1	90	F	U	R				g
CR-2	12,07	13,79	90	66	11		Zone fracturée	12,07	12,32									
							L		12,32	1	90	O	U	R	M	Trace		g
							L		12,39	1	90	O	U	R	M	Trace		g
							L		12,54	1	90	O	U	R	M	Trace		n
							L		13,29	1	90	O	U	R				n
							L		13,38	1	90	O	U	R	M	Trace		n
							Zone fracturée	13,40	13,43									
							L		13,43	1	90	O	U	R	M	Trace		g, n
							L		13,47	1	80	O	U	R	M	Trace		n
							L		13,57	1	80	F	U	R				n
							L		13,71	1	90	O	U	R				n
							L		13,73	1	85	O	U	R	M	Trace		n, br
							L		13,79	1	90	O	U	R	M	Trace		n, br
CR-3	13,79	14,53	97	84	5		L		13,88	1	90	O	U	R				g
							L		14,00	1	90	O	U	R				g
							L		14,11	1	90	O	U	R	M	Trace		g, n
							L		14,14	1	90	O	U	R				n
							L		14,53	1	90	O	U	R	I	Trace		g, b

STRUCTURE	FORME	TEXTURE	RECOUVREMENT ET ALTÉRATION	COULEUR	Décrit par : <u>A. Elmahmoudi</u> Date : <u>2008-10-03</u>
J : joint Jf : joint de foliation/litage/clivage Ji : joint possiblement induit par forage L : contact lithologique NR : non représentatif	C : courbe I : irrégulier P : plat U : ondulé	D : dentelé L : lisse M : miroir R : rugueux	A : argile B : biotite C : calcite E : épidote F : kaolinite G : graphite H : hématite I : oxyde de fer K : chlorite M : silt	b : blanchâtre bg : beige bl : blanc br : brunâtre bu : bleu g : gris n : noir v : vert r : rosâtre rg : rougeâtre	

CLIENT : <u>Ministère des Transports du Québec</u>	DOSSIER N° : <u>G06268-3A</u>
PROJET : <u>Pont d'étagement de la route 236 au-dessus de la voie ferrée de CSX Transportation – Beauharnois, Québec</u>	FORAGE N° : <u>F-34</u>
	LONGUEUR DU ROC (m) : <u>12,65 m</u>
	CALIBRE DU CAROTTIER : <u>NQ-3</u>

COURSE						STRUCTURE	DESCRIPTION ET OBSERVATIONS											
N°	Profondeur (m)		Récup. (%)	RQD (%)	Total des joints	Retour d'eau (%)	Faille, joint, litage, clivage, linéation, schistosité, foliation, zone fracturée, etc.	Profondeur (m)		Nb de joints	Angle p/r à l'axe	Ouvert/Fermé	Forme	Texture	Recouvrement		Altération	Couleur
	De	À						De	À						Compos.	Épais. (mm)		
CR-4	14,53	15,32	100	81	5		L		14,60	1	90	O	U	R				g, b
							L		14,61	1	90	O	U	R				g, b
							L		14,76	1	90	F	U	R				g
							L		15,08	1	90	F	P	R				g, b
							L		15,15	1	90	F	P	R				g, b
CR-5	15,32	16,84	100	87	5		L		15,42	1	90	O	P	R				
							L		16,50	1	90	O	P	R				g, b
							L		16,53	1	90	O	U	R				g, b
							L		16,61	1	90	O	U	R				g, b
							L		16,76	1	90	O	U	R				g, b
CR-6	16,84	18,36	100	82	6		L		16,94	1	90	O	U	R				g, b
							L		17,02	1	90	O	U	R				g, b
							L		17,08	1	90	O	U	R				g, b
							J		17,47	1	25	F	C	R	C	Trace		g, b
							L		17,55	1	90	O	P	R				g, b
							L		18,31	1	90	O	U	R				g, b

STRUCTURE	FORME	TEXTURE	RECOUVREMENT ET ALTÉRATION		COULEUR		Décrit par : <u>A. Elmahmoudi</u> Date : <u>2008-10-03</u>
J : joint Jf : joint de foliation/litage/clivage Ji : joint possiblement induit par forage L : contact lithologique NR : non représentatif	C : courbe I : irrégulier P : plat U : ondulé	D : dentelé L : lisse M : miroir R : rugueux	A : argile B : biotite C : calcite E : épidote F : kaolinite	G : graphite H : hématite I : oxyde de fer K : chlorite M : silt	b : blanchâtre bg : beige bl : blanc br : brunâtre bu : bleu	g : gris n : noir v : vert r : rosâtre rg : rougeâtre	

CLIENT : <u>Ministère des Transports du Québec</u>	DOSSIER N° : <u>G06268-3A</u>
PROJET : <u>Pont d'étagement de la route 236 au-dessus de la voie ferrée de CSX Transportation – Beauharnois, Québec</u>	FORAGE N° : <u>F-34</u>
	LONGUEUR DU ROC (m) : <u>12,65 m</u>
	CALIBRE DU CAROTTIER : <u>NQ-3</u>

COURSE						STRUCTURE	DESCRIPTION ET OBSERVATIONS											
N°	Profondeur (m)		Récup. (%)	RQD (%)	Total des joints	Retour d'eau (%)	Faille, joint, litage, clivage, linéation, schistosité, foliation, zone fracturée, etc.	Profondeur (m)		Nb de joints	Angle p/r à l'axe	Ouvert/Fermé	Forme	Texture	Recouvrement		Altération	Couleur
	De	À						De	À						Compos.	Épais. (mm)		
CR-7	18,36	19,89	98	89	5		L		18,56	1	90	O	U	R	M	Trace		g, b
							L		18,57	1	90	O	U	R	M	Trace		g, br
							L		19,73	1	85	O	U	R	M	Trace		g, n
							L		19,79	1	90	O	U	R	M	Trace		g, n
							L		19,83	1	90	O	U	R	M	Trace		g, n
CR-8	19,89	21,41	100	88	12		L		19,94	1	90	O	U	R				g, n
							L		20,18	1	90	O	U	R				g, n
							L		20,19	1	90	O	U	R				g, n
							L		20,29	1	90	O	U	R				g, b
							L		20,31	1	90	O	U	R				g, n
							L		20,42	1	85	O	U	R				g, n
							L		20,51	1	85	O	U	R				g, n
							L		20,64	1	90	O	U	R	M	Trace		g
							L		20,68	1	90	O	P	R				g, n
							L		20,80	1	90	O	U	R	M	Trace		g, n
							L		20,82	1	90	O	I	R	M	Trace		g
							L		21,35	1	90	O	I	R				g, b

STRUCTURE	FORME	TEXTURE	RECOUVREMENT ET ALTÉRATION		COULEUR		Décrit par : <u>A. Elmahmoudi</u> Date : <u>2008-10-03</u>
J : joint Jf : joint de foliation/litage/clivage Ji : joint possiblement induit par forage L : contact lithologique NR : non représentatif	C : courbe I : irrégulier P : plat U : ondulé	D : dentelé L : lisse M : miroir R : rugueux	A : argile B : biotite C : calcite E : épidote F : kaolinite	G : graphite H : hématite I : oxyde de fer K : chlorite M : silt	b : blanchâtre bg : beige bl : blanc br : brunâtre bu : bleu	g : gris n : noir v : vert r : rosâtre rg : rougeâtre	

CLIENT : Ministère des Transports du Québec
 PROJET : Pont d'étagement de la route 236 au-dessus de la voie ferrée de CSX Transportation – Beauharnois, Québec

DOSSIER N° : G06268-3A
 FORAGE N° : F-34
 LONGUEUR DU ROC (m) : 12,65 m
 CALIBRE DU CAROTTIER : NQ-3

COURSE							STRUCTURE	DESCRIPTION ET OBSERVATIONS											
N°	Profondeur (m)		Récup. (%)	RQD (%)	Total des joints	Retour d'eau (%)	Faille, joint, litage, clivage, linéation, schistosité, foliation, zone fracturée, etc.	Profondeur (m)		Nb de joints	Angle p/r à l'axe	Ouvert/Fermé	Forme	Texture	Recouvrement		Altération	Couleur	
	De	À						De	À						Compos.	Épais. (mm)			
CR-9	21,41	22,94	100	97	3		L		21,43	1	85	O	U	R				g	
							L		22,91	1	90	O	U	R	I	Trace	Légère	g, br	
							L		22,94	1	85	O	U	R				g, n	
CR-10	22,94	24,46	100	77	12		L		22,97	1	90	O	U	R				g, b	
							L		22,98	1	85	O	U	R				g, b	
							L		22,99	1	90	O	U	R				g, n	
							L		23,08	1	90	O	U	R				g, n	
							L		23,17	1	90	O	U	R				g, n	
							L		23,20	1	90	O	U	R				g	
							L		23,68	1	90	O	U	R				g, n	
							L		23,69	1	90	O	U	R			Légère	g	
							L		24,38	1	85	O	U	R	I	Trace	Légère	g,br	
							J	24,24	24,46	3	5-20	F	C	R	C			g, b	
STRUCTURE							FORME	TEXTURE	RECOUVREMENT ET ALTÉRATION				COULEUR		Décrit par :				
J : joint Jf : joint de foliation/litage/clivage Ji : joint possiblement induit par forage L : contact lithologique NR : non représentatif							C : courbe I : irrégulier P : plat U : ondulé	D : dentelé L : lisse M : miroir R : rugueux	A : argile B : biotite C : calcite E : épidote F : kaolinite	G : graphite H : hématite I : oxyde de fer K : chlorite M : silt	b : blanchâtre bg : beige bl : blanc br : brunâtre bu : bleu	g : gris n : noir v : vert r : rosâtre rg : rougeâtre	A. Elmahmoudi Date : <u>2008-10-03</u>						

CLIENT : Ministère des Transports du Québec
 PROJET : Pont d'étagement de la route 236 au-dessus de la voie ferrée de CSX Transportation – Beauharnois, Québec

DOSSIER N° : G06268-3A
 FORAGE N° : F-35
 LONGUEUR DU ROC (m) : 9,81 m
 CALIBRE DU CAROTTIER : NQ-3

COURSE							STRUCTURE	DESCRIPTION ET OBSERVATIONS										
N°	Profondeur (m)		Récup. (%)	RQD (%)	Total des joints	Retour d'eau (%)	Faille, joint, litage, clivage, linéation, schistosité, foliation, zone fracturée, etc.	Profondeur (m)		Nb de joints	Angle p/r à l'axe	Ouvert/Fermé	Forme	Texture	Recouvrement		Altération	Couleur
	De	À						De	À						Compos.	Épais. (mm)		
CR-1	17,60	18,29	81	52	5		L		17,90	1	90	O	U	R				g
							L		17,95	1	90	O	U	R				g
							L		18,07	1	90	O	U	R	I	Trace		g
							L		18,15	1	90	O	U	R				g
							L		18,22	1	90	O	U	R				g
CR-2	18,29	19,84	100	84	10		L		18,70	1	90	F	U	R				g, n
							L		18,84	1	90	O	U	R	M	Trace		g
							L		19,07	1	90	O	U	R	M	Trace		g
							L		19,08	1	90	O	U	R	M	Trace		g
							L		19,12	1	90	O	U	R	A	15		g
							L		19,19	1	90	O	U	R	M	5		g
							L		19,23	1	90	F	U	R				n
							L		19,48	1	90	O	U	R				g
							L		19,76	1	85	O	U	R	M	Trace		g
						L		19,84	1	90	O	U	R	M	Trace		g	
CR-3	19,84	21,36	100	90	8		L		19,94	1	90	O	U	R	I	Trace		g
							L		20,16	1	90	O	U	R				g
							L		20,29	1	75	O	I	R				g
							L		20,33	1	10	F	C	R	C	Trace		g
							L		20,94	1	90	O	C	R				g

STRUCTURE	FORME	TEXTURE	RECOUVREMENT ET ALTÉRATION		COULEUR		Décrit par : <u>A. Elmahmoudi</u> Date : <u>2008-10-08</u>
J : joint Jf : joint de foliation/litage/clivage Ji : joint possiblement induit par forage L : contact lithologique NR : non représentatif	C : courbe I : irrégulier P : plat U : ondulé	D : dentelé L : lisse M : miroir R : rugueux	A : argile B : biotite C : calcite E : épidote F : kaolinite	G : graphite H : hématite I : oxyde de fer K : chlorite M : silt	b : blanchâtre bg : beige bl : blanc br : brunâtre bu : bleu	g : gris n : noir v : vert r : rosâtre rg : rougeâtre	

CLIENT : Ministère des Transports du Québec
 PROJET : Pont d'étagement de la route 236 au-dessus de la voie ferrée de CSX Transportation – Beauharnois, Québec

DOSSIER N° : G06268-3A
 FORAGE N° : F-35
 LONGUEUR DU ROC (m) : 9,81 m
 CALIBRE DU CAROTTIER : NQ-3

COURSE						STRUCTURE	DESCRIPTION ET OBSERVATIONS											
N°	Profondeur (m)		Récup. (%)	RQD (%)	Total des joints	Retour d'eau (%)	Faille, joint, litage, clivage, linéation, schistosité, foliation, zone fracturée, etc.	Profondeur (m)		Nb de joints	Angle p/r à l'axe	Ouvert/Fermé	Forme	Texture	Recouvrement		Altération	Couleur
	De	À						De	À						Compos.	Épais. (mm)		
CR-3							L		21,03	1	90	O	I	R				g
							L		21,09	1	90	O	I	R	I	Trace		g
							L		21,36	1	85	O	U	R				g
CR-4	21,36	22,91	100	93	5		L		21,43	1	90	O	U	R	I	Trace		g
							L		21,99	1	90	O	U	R	I	Trace		g
							L		22,24	1	90	F	U	R				g
							L		22,27	1	90	F	U	R				g
							L		22,57	1	90	F	U	R				g
CR-5	22,91	24,49	100	98	4		L		23,17	1	90	F	C	R				g
							L		23,19	1	90	F	U	R				g
							L		23,43	1	90	F	C	R				g
							L		23,57	1	90	F	U	R				g
CR-6	24,49	26,06	100	80	9		L		24,81	1	85	F	U	R				g
							L		24,89	1	90	F	U	R				g
							L		25,13	1	90	F	U	R				g
							L		25,57	1	80	O	U	R	M	Trace		g
							L		25,61	1	90	O	U	R				g
							L		25,70	1	90	F	U	R				g
							L		25,73	1	80	F	U	R				g, n

STRUCTURE	FORME	TEXTURE	RECOUVREMENT ET ALTÉRATION	COULEUR	Décrit par : A. Elmahmoudi Date : <u>2008-10-08</u>
J : joint Jf : joint de foliation/litage/clivage Ji : joint possiblement induit par forage L : contact lithologique NR : non représentatif	C : courbe I : irrégulier P : plat U : ondulé	D : dentelé L : lisse M : miroir R : rugueux	A : argile B : biotite C : calcite E : épidote F : kaolinite G : graphite H : hématite I : oxyde de fer K : chlorite M : silt	b : blanchâtre bg : beige bl : blanc br : brunâtre bu : bleu g : gris n : noir v : vert r : rosâtre rg : rougeâtre	

CLIENT : <u>Ministère des Transports du Québec</u>	DOSSIER N° : <u>G06268-3A</u>
PROJET : <u>Pont d'étagement de la route 236 au-dessus de la voie ferrée de CSX Transportation – Beauharnois, Québec</u>	FORAGE N° : <u>F-35</u>
	LONGUEUR DU ROC (m) : <u>9,81 m</u>
	CALIBRE DU CAROTTIER : <u>NQ-3</u>

COURSE						STRUCTURE	DESCRIPTION ET OBSERVATIONS											
N°	Profondeur (m)		Récup. (%)	RQD (%)	Total des joints	Retour d'eau (%)	Faille, joint, litage, clivage, linéation, schistosité, foliation, zone fracturée, etc.	Profondeur (m)		Nb de joints	Angle p/r à l'axe	Ouvert/Fermé	Forme	Texture	Recouvrement		Altération	Couleur
	De	À						De	À						Compos.	Épais. (mm)		
CR-6							L		25,84	1	90	F	U	R				g, n
							L		25,93	1	90	O	U	R	I	Trace		g
CR-7	26,06	27,64	100	98	5		L		26,17	1	90	F	U	R				g
							L		26,49	1	90	F	U	R				g
							L		26,99	1	90	O	U	R	I	Trace		g
							L		27,01	1	90	O	U	R				g
							L		27,02	1	90	O	U	R				g

STRUCTURE	FORME	TEXTURE	RECOUVREMENT ET ALTÉRATION		COULEUR		Décrit par : <u>A. Elmahmoudi</u> Date : <u>2008-10-08</u>
J : joint Jf : joint de foliation/litage/clivage Ji : joint possiblement induit par forage L : contact lithologique NR : non représentatif	C : courbe I : irrégulier P : plat U : ondulé	D : dentelé L : lisse M : miroir R : rugueux	A : argile B : biotite C : calcite E : épidote F : kaolinite	G : graphite H : hématite I : oxyde de fer K : chlorite M : silt	b : blanchâtre bg : beige bl : blanc br : brunâtre bu : bleu	g : gris n : noir v : vert r : rosâtre rg : rougeâtre	

Projet n° : 154931408 Dossier n° : 8701-07-KZ09 Contrat : 850671522	N/dossier : B16488L-07 N/référence : G06268-3A-rap-001 Projet : Pont d'étagement de la route 236 au-dessus de la voie ferrée de CSX transportation	Forage n° : F-32
--	---	-------------------------



Projet n° : 154931408 Dossier n° : 8701-07-KZ09 Contrat : 850671522	N/dossier : B16488L-07 N/référence : G06268-3A-rap-001 Projet : Pont d'étagement de la route 236 au-dessus de la voie ferrée de CSX transportation	Forage n° : F-32
--	---	-------------------------



Projet n° : 154931408	N/dossier : B16488L-07	Forage n° : F-33
Dossier n° : 8701-07-KZ09	N/référence : G06268-3A-rap-001	
Contrat : 850671522	Projet : Pont d'étagement de la route 236 au-dessus de la voie ferrée de CSX transportation	



Projet n° : 154931408 Dossier n° : 8701-07-KZ09 Contrat : 850671522	N/dossier : B16488L-07 N/référence : G06268-3A-rap-001 Projet : Pont d'étagement de la route 236 au-dessus de la voie ferrée de CSX transportation	Forage n° : F-33
--	---	-------------------------



Projet n° : 154931408 Dossier n° : 8701-07-KZ09 Contrat : 850671522	N/dossier : B16488L-07 N/référence : G06268-3A-rap-001 Projet : Pont d'étagement de la route 236 au-dessus de la voie ferrée de CSX transportation	Forage n° : F-34
--	---	-------------------------



Projet n° : 154931408 Dossier n° : 8701-07-KZ09 Contrat : 850671522	N/dossier : B16488L-07 N/référence : G06268-3A-rap-001 Projet : Pont d'étagement de la route 236 au-dessus de la voie ferrée de CSX transportation	Forage n° : F-34
--	---	-------------------------



Projet n° : 154931408 Dossier n° : 8701-07-KZ09 Contrat : 850671522	N/dossier : B16488L-07 N/référence : G06268-3A-rap-001 Projet : Pont d'étagement de la route 236 au-dessus de la voie ferrée de CSX transportation	Forage n° : F-35
--	---	-------------------------



Projet n° : 154931408 Dossier n° : 8701-07-KZ09 Contrat : 850671522	N/dossier : B16488L-07 N/référence : G06268-3A-rap-001 Projet : Pont d'étagement de la route 236 au-dessus de la voie ferrée de CSX transportation	Forage n° : F-35
--	---	-------------------------



A N N E X E 5

RÉSULTATS GRAPHIQUES DES ANALYSES DE STABILITÉ

FIGURE 1

ÉTUDE DE STABILITÉ DE TALUS

Relocalisation de la route 236

Secteur au sud de la voie ferrée (P.K. 42+275)

Absence de banquette stabilisatrice; fossé : 1m

Contraintes totales

Bishop modifié : FS = 1,5

Résultats :

Hauteur maximale de remblai: 6,5m

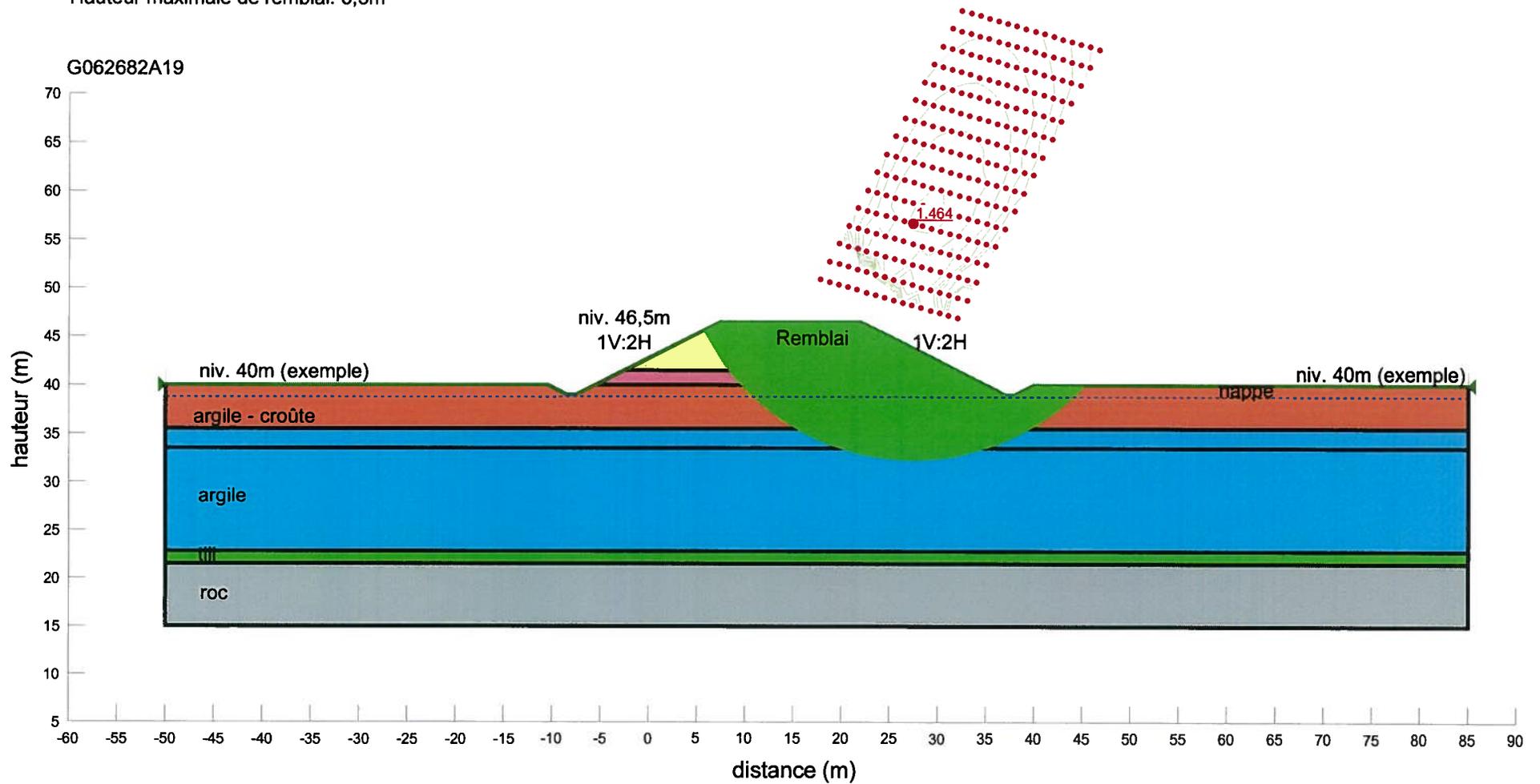


FIGURE 2

ÉTUDE DE STABILITÉ DE TALUS

Relocalisation de la route 236

Secteur au sud de la voie ferrée (P.K. 42+295)

Fossé : 1m

Contraintes totales

Bishop modifié : FS = 1,5

Résultats :

Hauteur maximale de remblai: 7m

Banquette stabilisatrice : largeur 6m, hauteur 2,8m

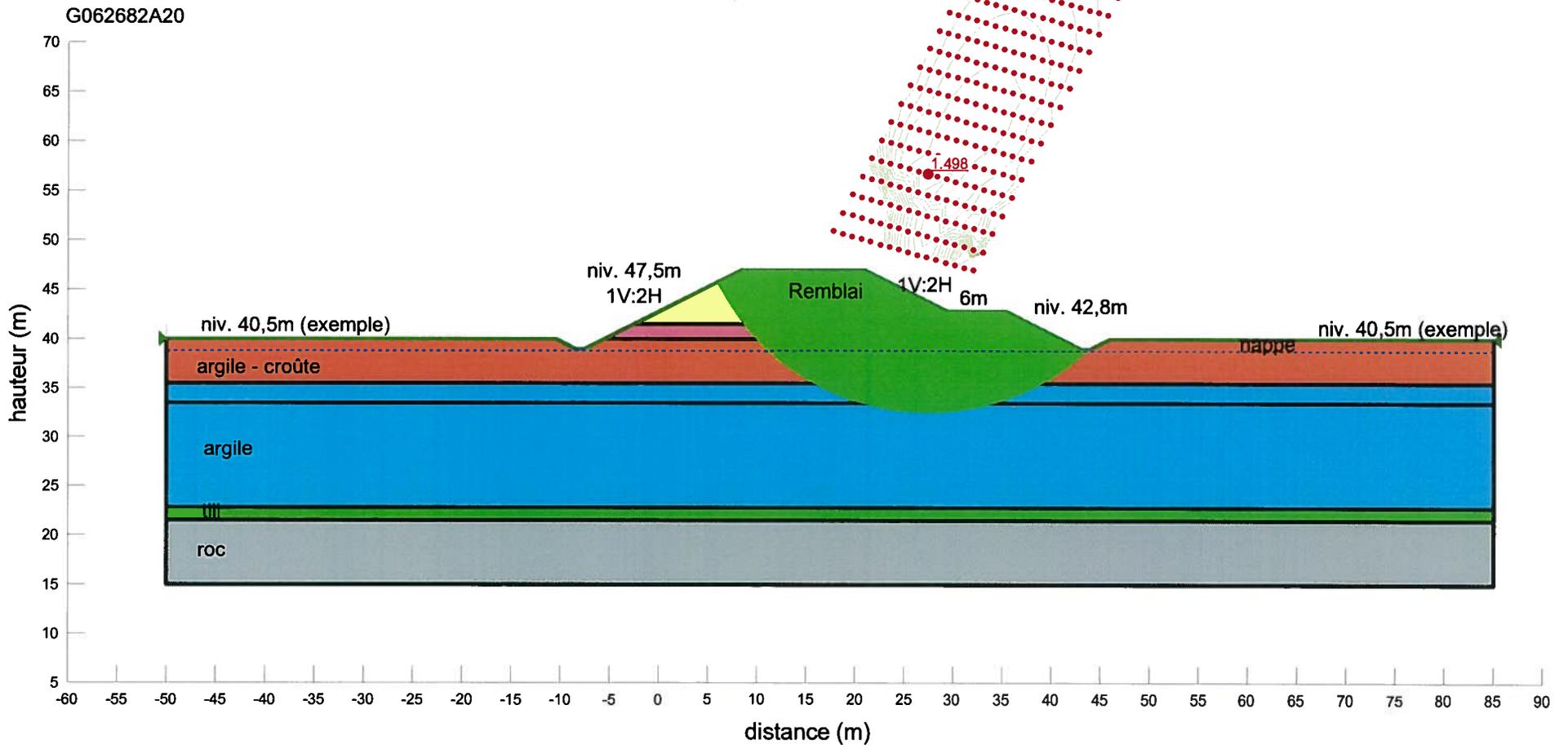


FIGURE 3

ÉTUDE DE STABILITÉ DE TALUS

Relocalisation de la route 236

Secteur au sud de la voie ferrée (P.K.42+330)

Fossé : 1m

Contraintes totales

Bishop modifié : FS = 1,5

Résultats :

Hauteur maximale de remblai: 8m

Banquette stabilisatrice: largeur 18m, hauteur 3,2m, fossé 1m

G062682A24

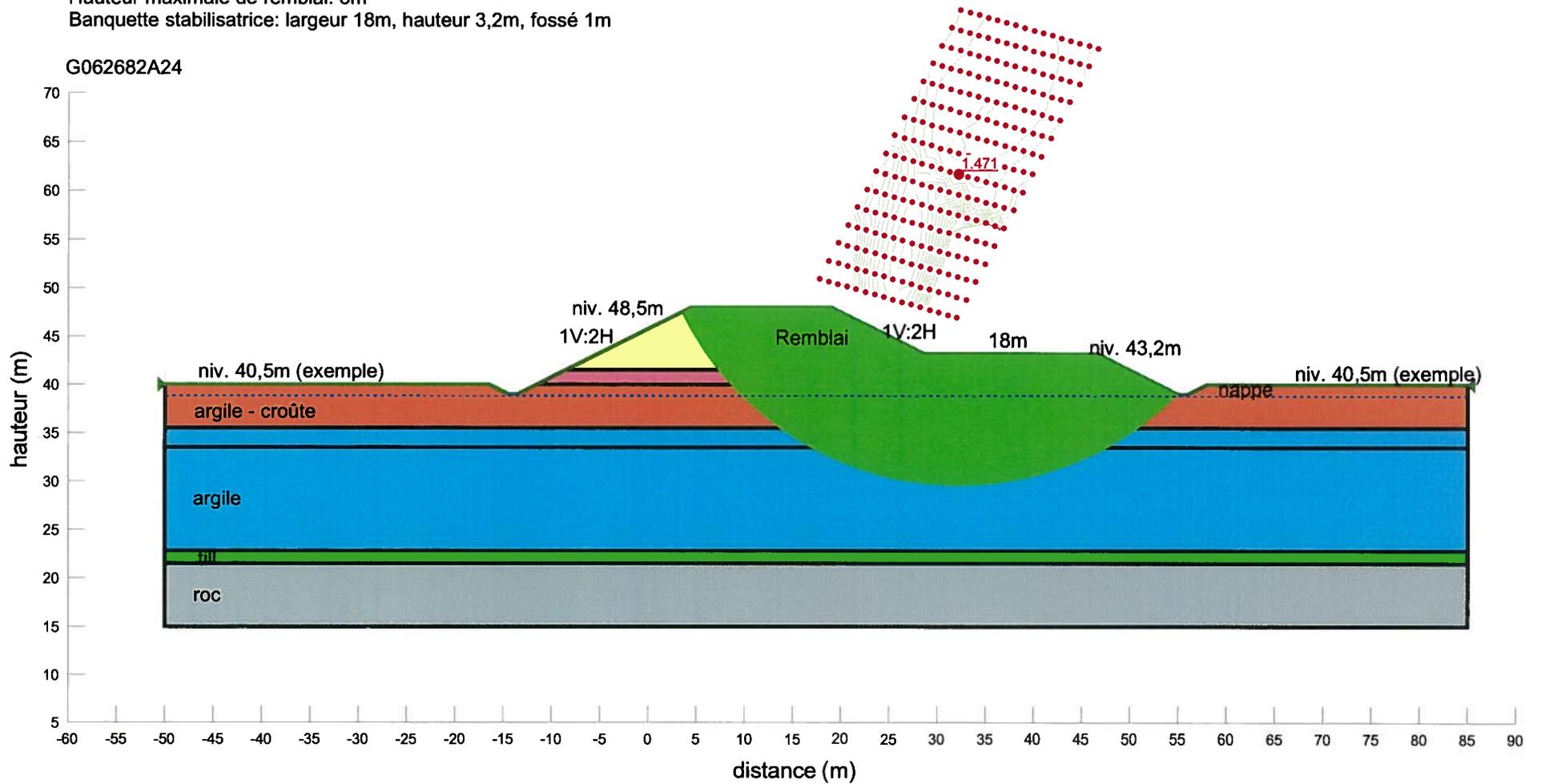


FIGURE 4

ÉTUDE DE STABILITÉ DE TALUS

Relocalisation de la route 236

Secteur au sud de la voie ferrée (42+355)

Fossé : 1m

Contraintes totales

Bishop modifié : FS = 1,5

Résultats :

Hauteur maximale de remblai: 9m

Banquette stabilisatrice : largeur 24m, hauteur 3,6m

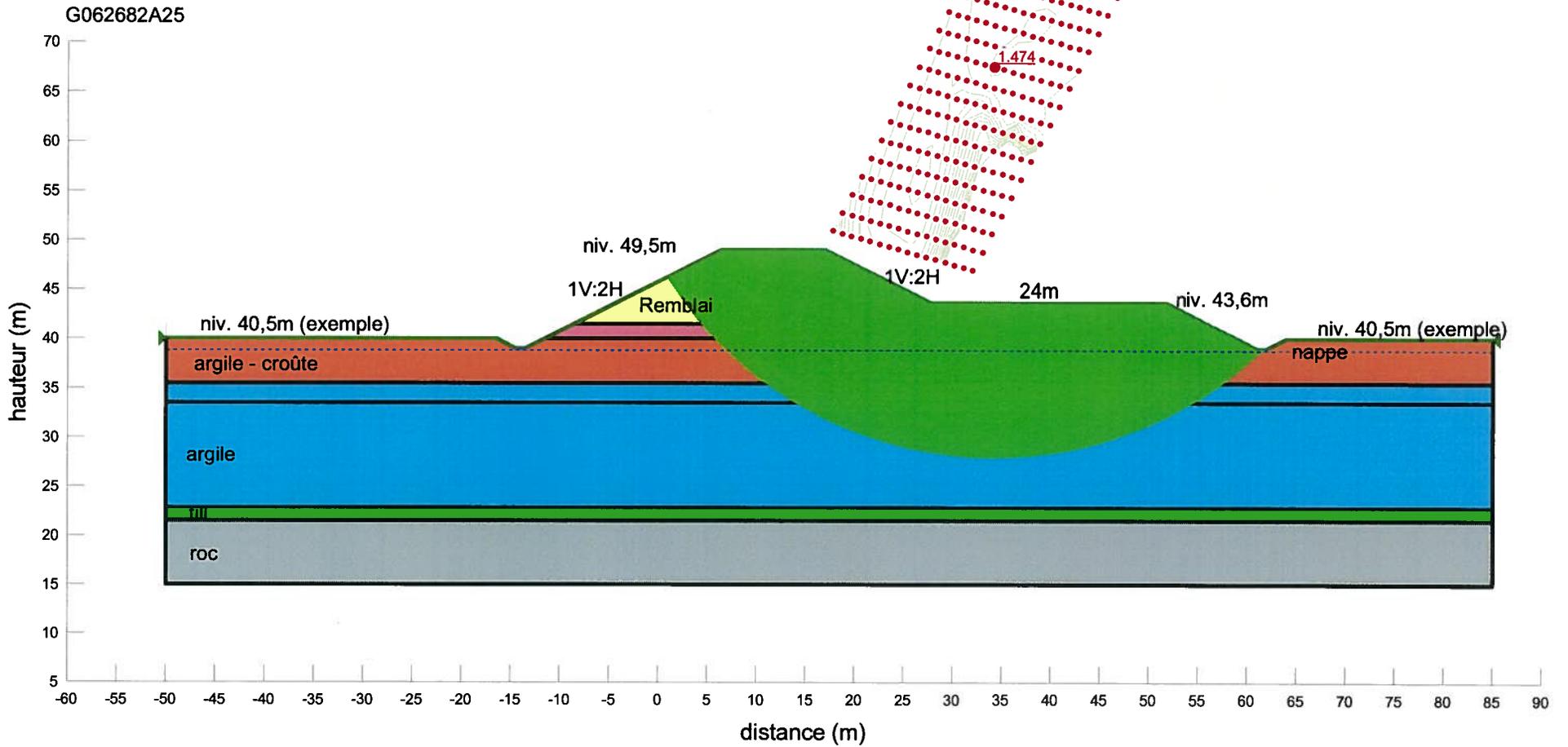


FIGURE 5

ÉTUDE DE STABILITÉ DE TALUS

Relocalisation de la route 236

Secteur pont d'étagement (P.K. 42+460)

Fossé : 1m

Contraintes totales

Bishop modifié : FS = 1,5

Résultats :

Hauteur maximale de remblai: 10,5m

Banquette stabilisatrice : hauteur de 4,2m et largeur de 25m

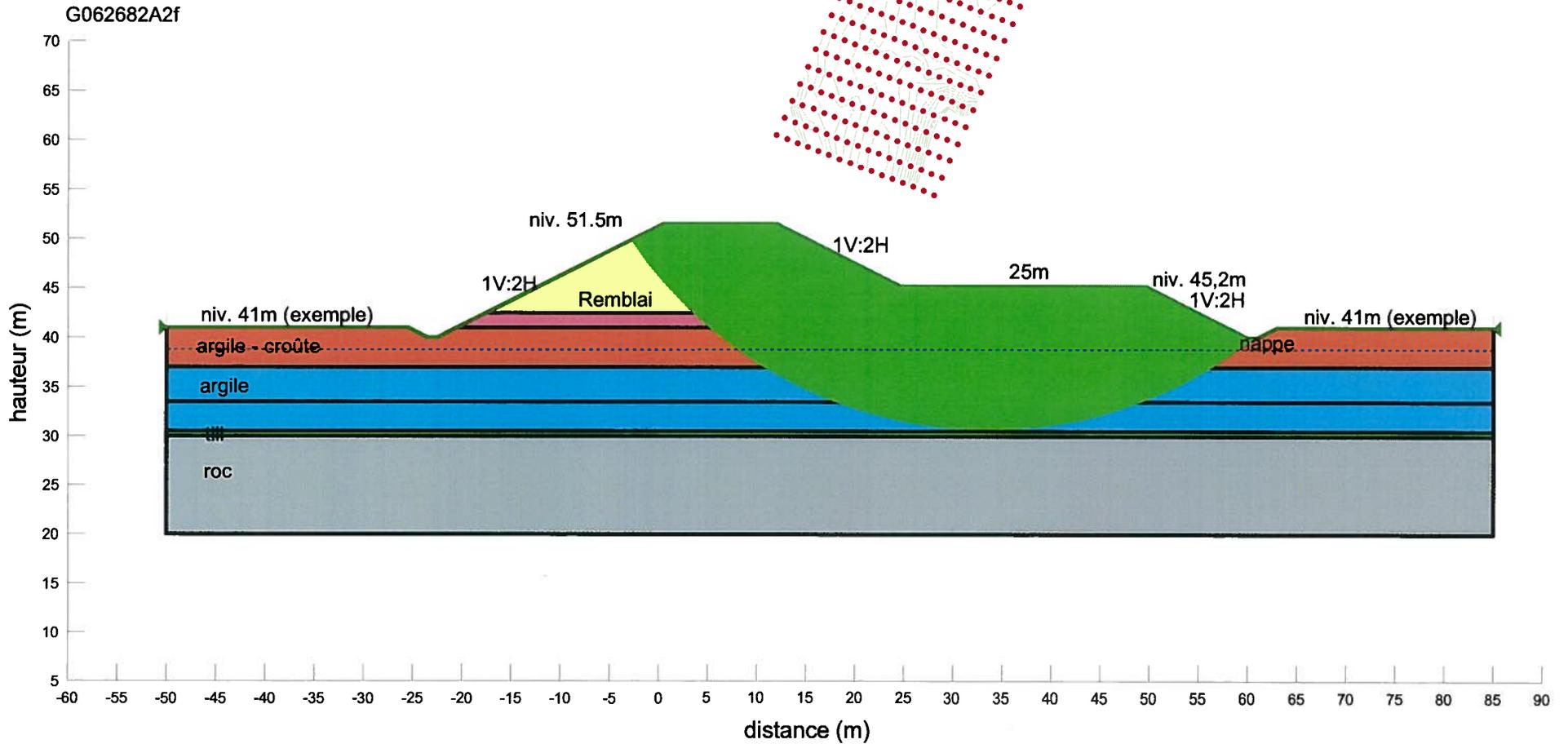
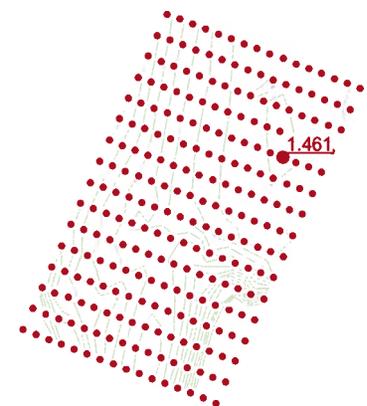


FIGURE 6

ÉTUDE DE STABILITÉ DE TALUS

Relocalisation de la route 236

Secteur pont d'étagement (P.K. 42+710)

Fossé : 1m

Contraintes totales

Bishop modifié : FS = 1,5

Résultats :

Hauteur maximale de remblai: 9m

Banquette stabilisatrice : hauteur de 3,6m et largeur de 20m

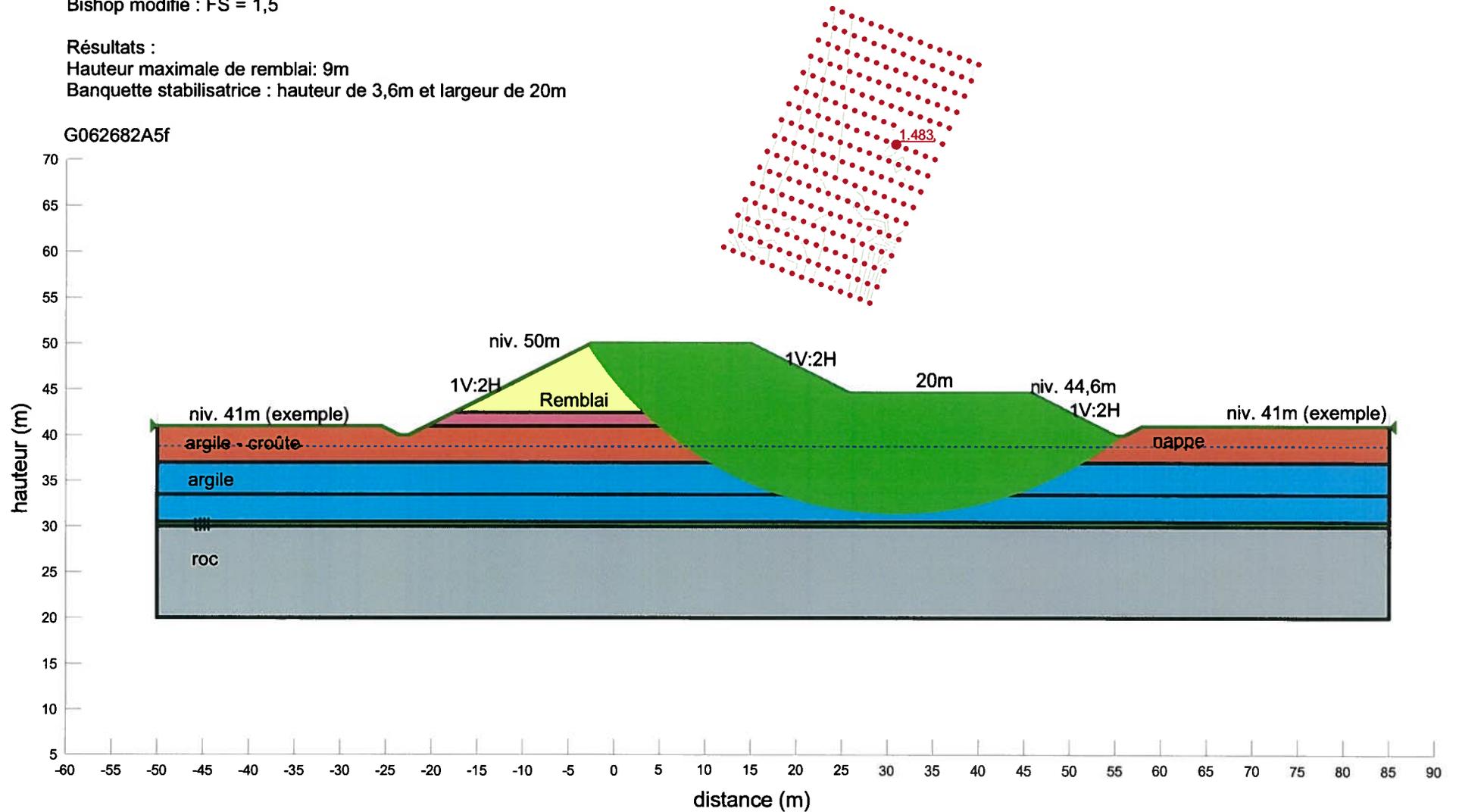


FIGURE 7

ÉTUDE DE STABILITÉ DE TALUS

Relocalisation de la route 236

Secteurs nord et pont d'étagement (P.K. 42+735)

Fossé : 1m

Contraintes totales

Bishop modifié : FS = 1,5

Résultats :

Hauteur maximale de remblai: 8m

Banquette stabilisatrice : hauteur de 3,2m et largeur de 13m

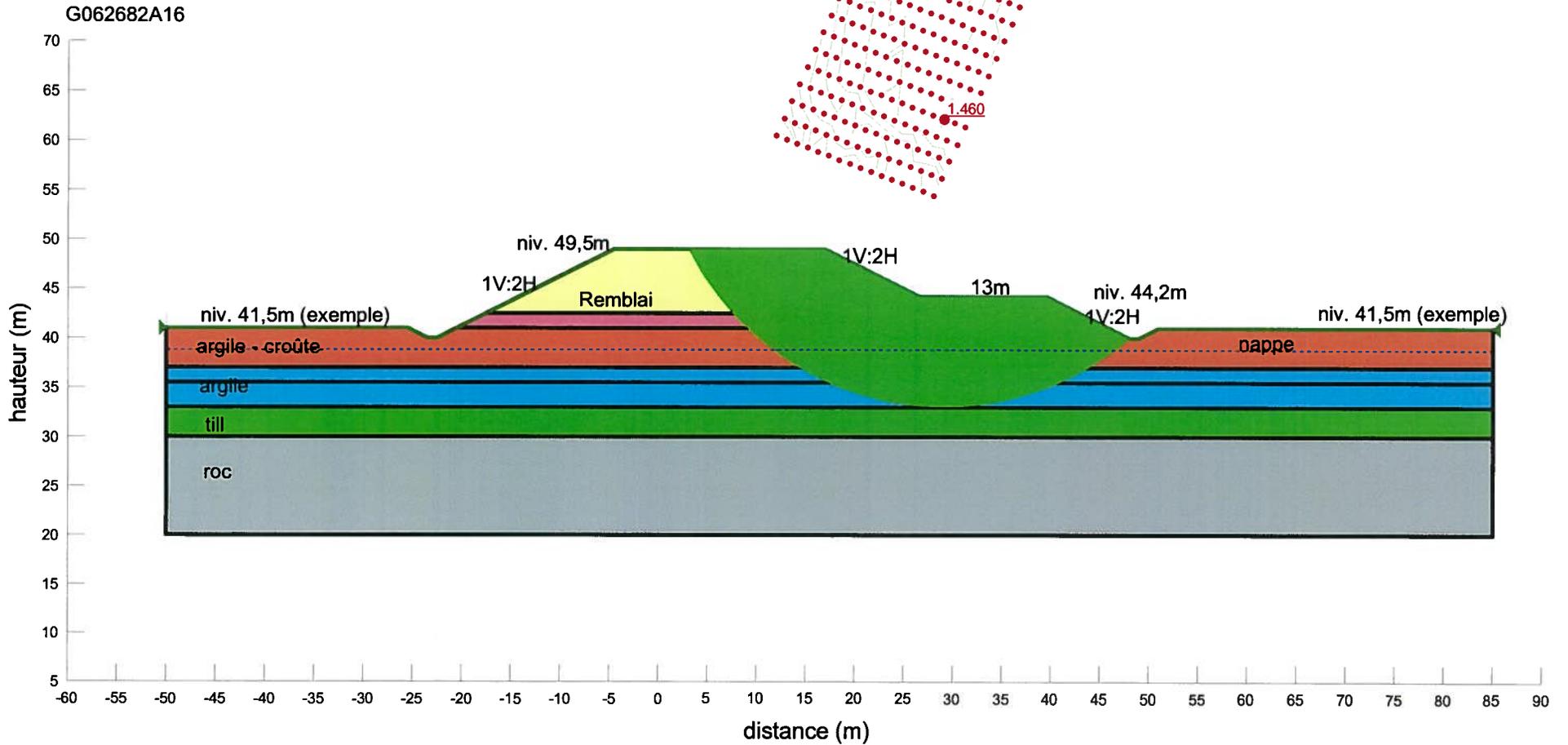
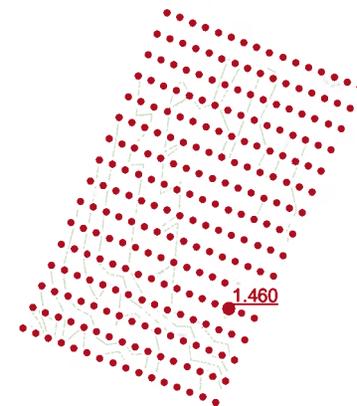


FIGURE 8

ÉTUDE DE STABILITÉ DE TALUS

Relocalisation de la route 236

Secteurs nord et pont d'étagement (P.K. 42+760)

Fossé : 1m

Contraintes totales

Bishop modifié : FS = 1,5

Résultats :

Hauteur maxai: 7m

Banquette stabilisatrice : hauteur de 2,8m et largeur de 6m

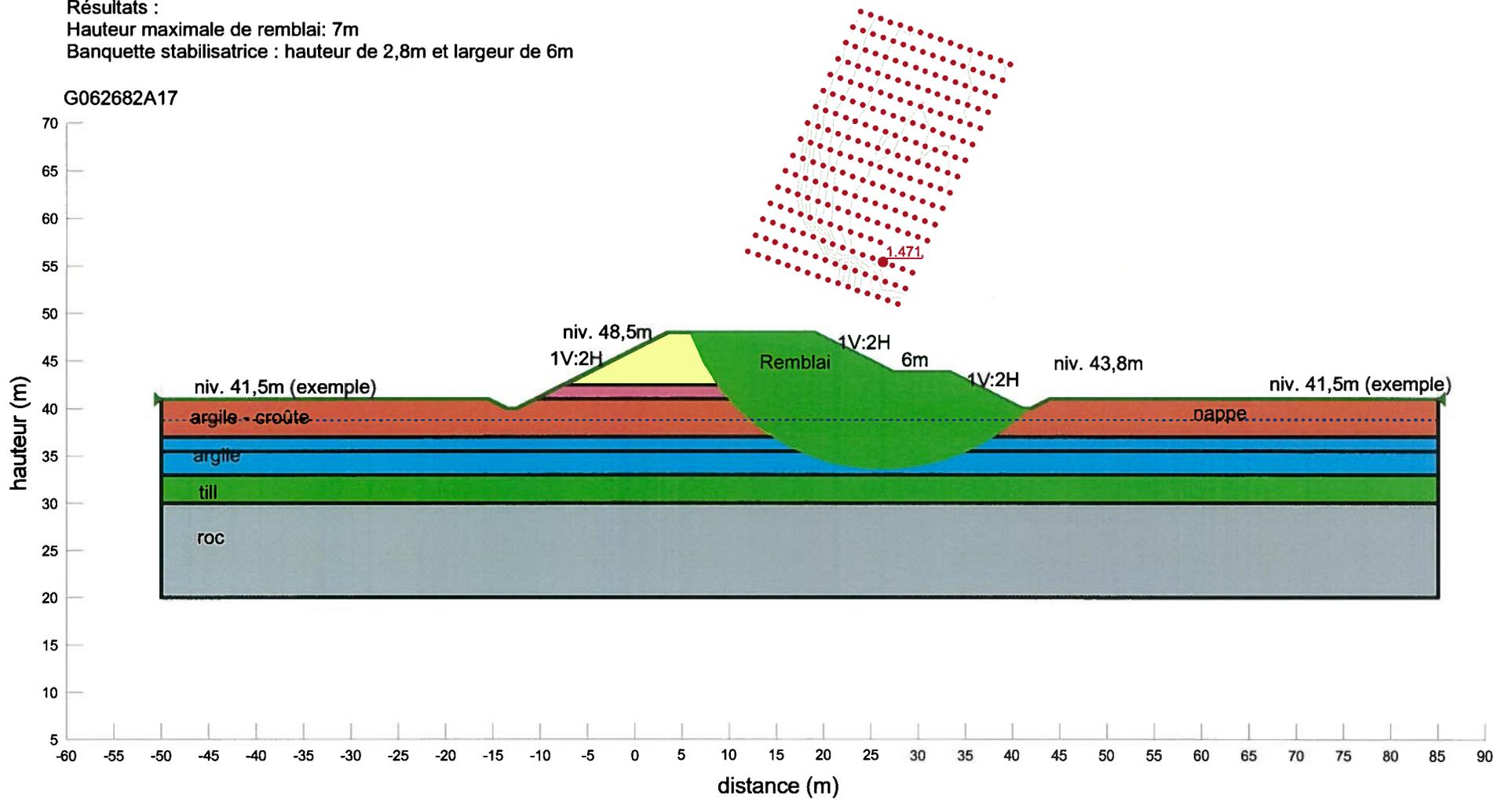


FIGURE 9

ÉTUDE DE STABILITÉ DE TALUS

Relocalisation de la route 236

Secteurs nord et pont d'étagement (P.K. 42+770)

Sans banquette stabilisatrice; fossé : 1m

Contraintes totales

Bishop modifié : FS = 1,5

Résultats :

Hauteur maximale de remblai: 6,5m

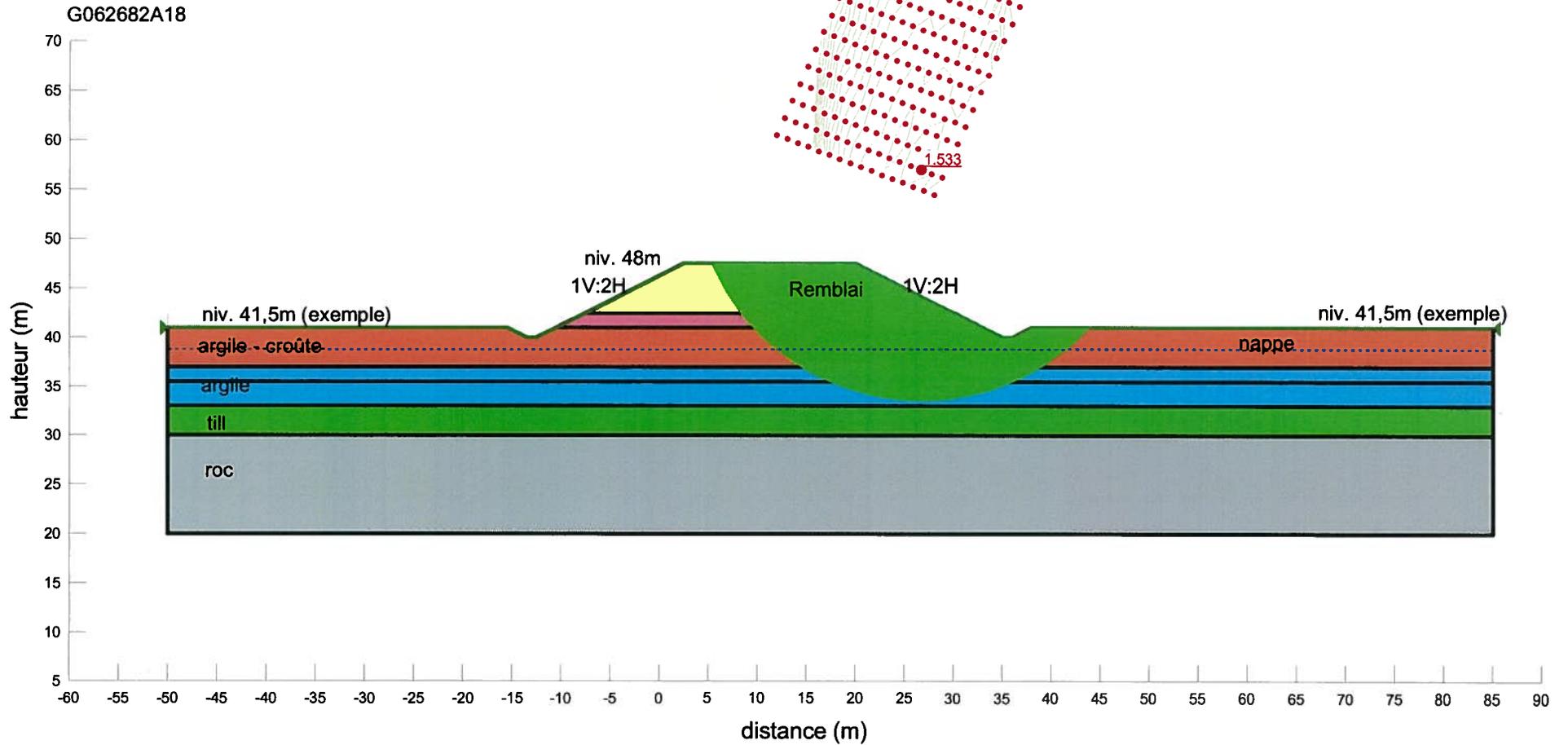
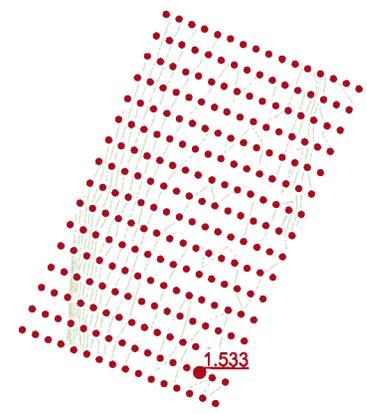


FIGURE 10

ÉTUDE DE STABILITÉ DE TALUS

Relocalisation de la route 236

Secteur pont d'étagement

Remblai avec banquette stabilisatrice de grande hauteur

À proximité des culées

Contraintes totales

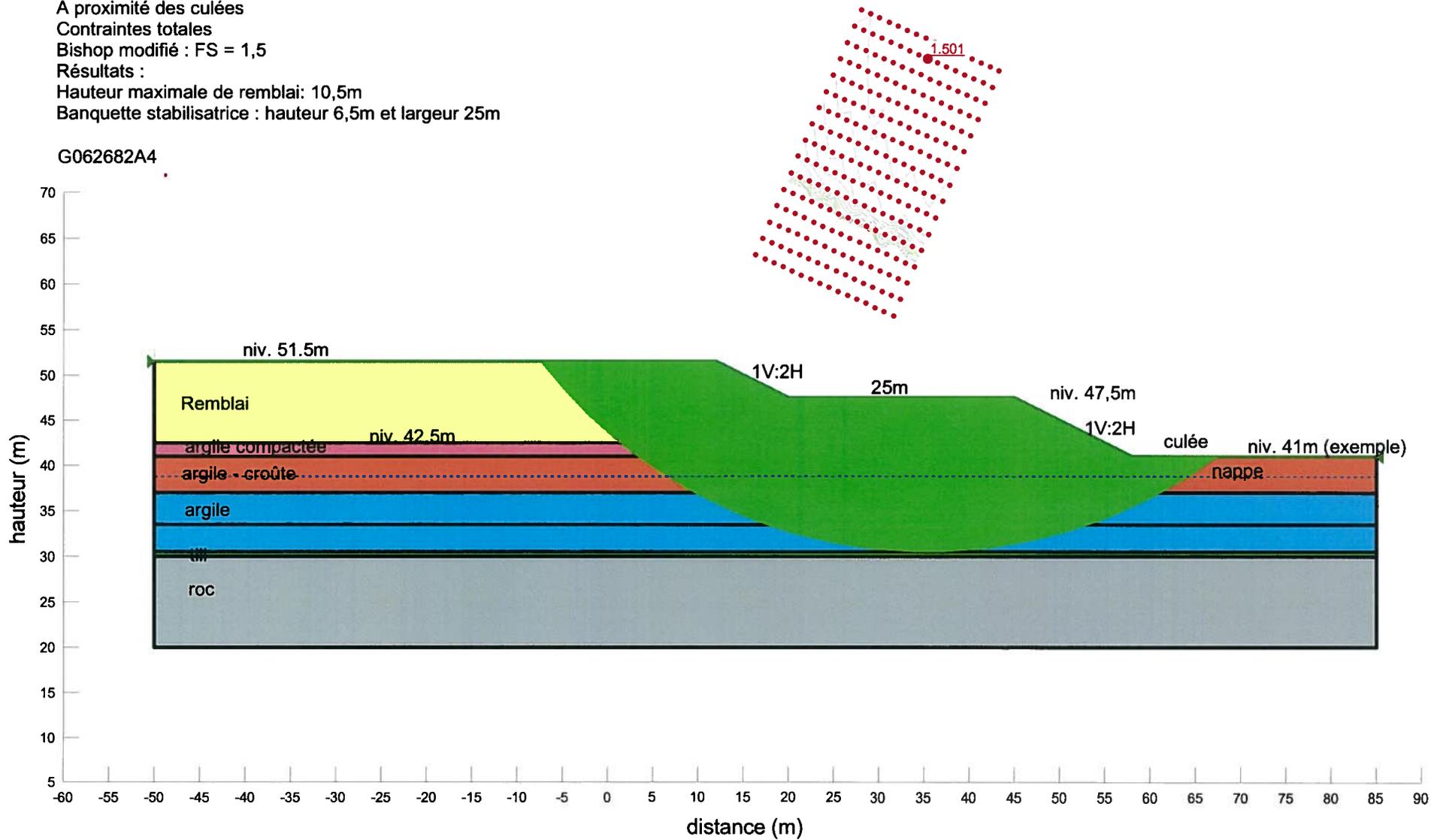
Bishop modifié : FS = 1,5

Résultats :

Hauteur maximale de remblai: 10,5m

Banquette stabilisatrice : hauteur 6,5m et largeur 25m

G062682A4



A N N E X E 6

MÉTHODE DE CALCUL DE LA RÉSISTANCE LATÉRALE D'UN PIEU DANS L'ARGILE

RÉSISTANCE GÉOTECHNIQUE LATÉRALE PONDÉRÉE (sols cohérents)

Pour la détermination de la résistance géotechnique latérale, il est recommandé d'utiliser la méthode de Broms qui est décrite dans l'article suivant :

- Broms, B.B. *Lateral Resistance of Piles in Cohesive Soils*, Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division - ASCE, vol. 90, n° SM2, Mars 1964, pp. 27-63.

L'approche par étapes décrite ci-dessous est inspirée du manuel *Design and Construction of Driven Pile Foundations*, Workshop Manual vol. 1 de la FHWA, publication no. FHWA HI 97-013, révision de 1998. Elle s'établit comme suit :

1. Déterminer le type de sol (cohérent ou pulvérulent) présent à l'intérieur de la profondeur critique sous la surface (le manuel de la FHWA parle de 4 à 5 fois le diamètre des pieux, Groupe Qualitas inc. recommande plutôt une valeur de 5 m). La méthode présentée ici n'est valable que pour les sols cohérents;
2. Déterminer le coefficient de réaction horizontale du sol, K_h à l'aide de la relation suivante :
 $K_h = 67 c_u / b$
où : c_u = résistance en cisaillement non drainé (kPa)
 b = largeur ou diamètre de pieu (m)
3. Ajuster la valeur de K_h déterminée à l'étape 2, en fonction de la consistance du sol cohérent :
 - multiplier K_h par 0,17 à 0,33 pour une argile très molle à molle
 - multiplier K_h par 0,25 à 0,50 pour une argile ferme à très raide
4. Déterminer les propriétés du pieu suivantes :
 - module d'élasticité, E (MPa)
 - moment d'inertie, I (m^4)
 - module de section, S , autour d'un axe perpendiculaire au plan de chargement (m^3)

- contrainte admissible, f_y , dans l'acier, ou résistance à la compression ultime, f'_c , pour le béton (MPa)
- longueur enfouie du pieu, D (m)
- excentricité de la charge appliquée en tête du pieu, e_c , pour les pieux à têtes libres (m)
- facteur de forme C_s (pour pieux d'acier seulement), où :
 1. $C_s = 1,3$ pour un pieu avec section circulaire
 2. $C_s = 1,1$ pour un pieu « H » lorsque la charge latérale est perpendiculaire aux semelles
 3. $C_s = 1,5$ pour un pieu « H » lorsque la charge latérale est parallèle aux semelles
- moment résistant du pieu, M_y , où :
 1. pour des pieux d'acier : $M_y = C_s f_y S$ (kN-m)
 2. pour des pieux de béton : $M_y = f'_c S$ (kN-m);

5. Déterminer le coefficient β :

$$\beta = \sqrt[4]{\frac{K_h b}{4 E I}} ;$$

6. Déterminer le facteur de longueur adimensionnel égal à β multipliée par D ;

7. Déterminer le type de pieu (court ou long) :

- si $\beta D > 2,25 \rightarrow$ long
- si $\beta D < 2,25 \rightarrow$ court

(Note : pour des valeurs de βD situées entre 2,0 et 2,5, il est suggéré de faire les calculs qui suivent selon les méthodes pour pieu long et court, et de retenir la valeur la plus faible) ;

8. Déterminer la résistance géotechnique latérale ultime, Q_u , d'un pieu isolé selon ce qui suit :

a. *Pieu court*

À l'aide de D/b (et de e_c/D pour le cas à tête libre), utiliser l'abaque de la figure 1 pour choisir la valeur correspondante de $Q_u/c_u b^2$ et résoudre pour trouver Q_u (en kN).

b. Pieu long

- À l'aide de $M_y / c_u b^3$ (et de e_c / b pour le cas à tête libre), utiliser l'abaque de la figure 2 pour choisir la valeur correspondante de $Q_u / c_u b^2$ et résoudre pour trouver Q_u (en kN);
9. Déterminer, pour un pieu isolé, la résistance géotechnique latérale pondérée (à L'ÉLUL) Q_m en multipliant Q_u par un coefficient de tenue de 0,5;
 10. Déterminer la réaction à l'ÉLUT (la charge latérale de service) Q_a en fonction du déplacement admissible choisi par le concepteur (une valeur de 15 mm peut être utilisée en l'absence de plus d'information). À l'aide de βD (et de e_c / D pour le cas à tête libre), utiliser l'abaque de la figure 3 pour choisir la valeur correspondante de $y K_h b D / Q_a$ et résoudre pour trouver Q_a (en kN) ou y (en m);
 11. Comparer Q_a et Q_m :
 - si $Q_a > Q_m$, utiliser Q_m et calculer y_m selon l'étape 10
 - si $Q_a < Q_m$, utiliser Q_a et calculer y
 - si Q_a et y ne sont pas disponibles, utiliser Q_m et y_m ;
 12. Réduire la capacité des pieux isolés calculée à l'étape 11 en fonction de l'effet de groupe. La réduction est fonction de l'espacement dans le groupe de pieux et le facteur de réduction approprié est déterminé à l'aide du tableau 1 ci-après (l'espacement des pieux est calculé centre à centre dans la direction de la charge latérale):

TABLEAU 1
FACTEUR DE RÉDUCTION DE GROUPE

ESPACEMENT DES PIEUX	FACTEUR DE RÉDUCTION
8b	1,0
6b	0,8
4b	0,5
3b	0,4

13. En ajout à cette méthode, il est recommandé d'ajuster la capacité latérale des pieux inclinés en fonction de leur inclinaison par rapport à la verticale et de l'orientation de la charge latérale. Le tableau 2 ci-après, dont les valeurs sont

tirées du *Foundation Engineering Handbook*, Whiterkorn & Fang (1975), présente les facteurs d'accroissement ou de réduction à appliquer :

TABLEAU 2
FACTEURS D'ACCROISSEMENT ET DE RÉDUCTION
POUR L'INCLINAISON

INCLINAISON ω DU PIEU PAR RAPPORT À LA VERTICALE ($^{\circ}$)	FACTEUR MULTIPLICATIF
22,5	0,75
15,0	0,80
7,5	0,90
0	1,00
-7,5	1,08
-15,0	1,16
-22,5	1,22
-30,0	1,27

Dans le tableau 2, le signe de ω doit être déterminé à l'aide de la figure 4 :

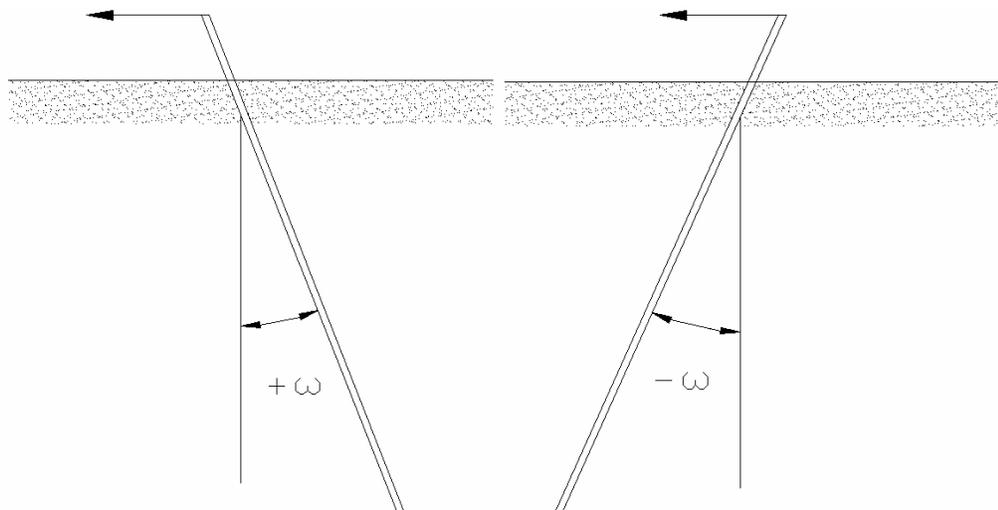


FIGURE 4 : DÉTERMINATION DU SIGNE DE L'INCLINAISON DU PIEU

14. Déterminer la capacité totale du groupe de pieux. Il est à noter qu'aucune résistance n'est attribuée au sol entourant la semelle dans laquelle les pieux sont encastrés.

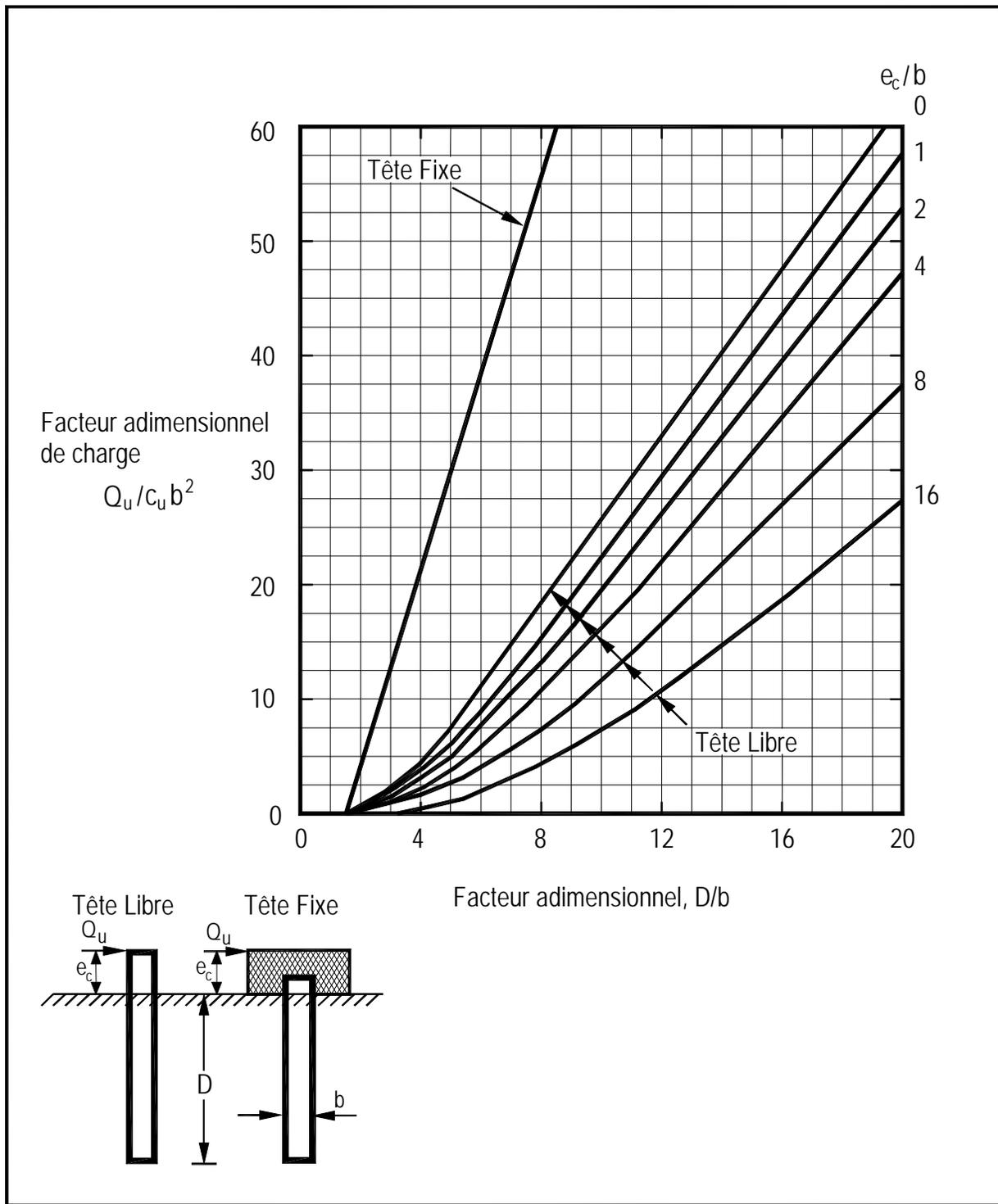


FIGURE 1 – CAPACITÉ À L'ELUL DES PIEUX COURTS DANS LES SOLS COHÉSIFS.

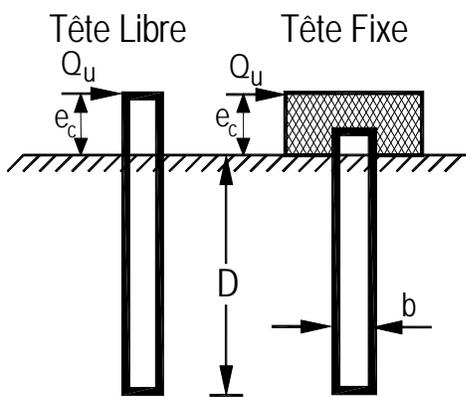
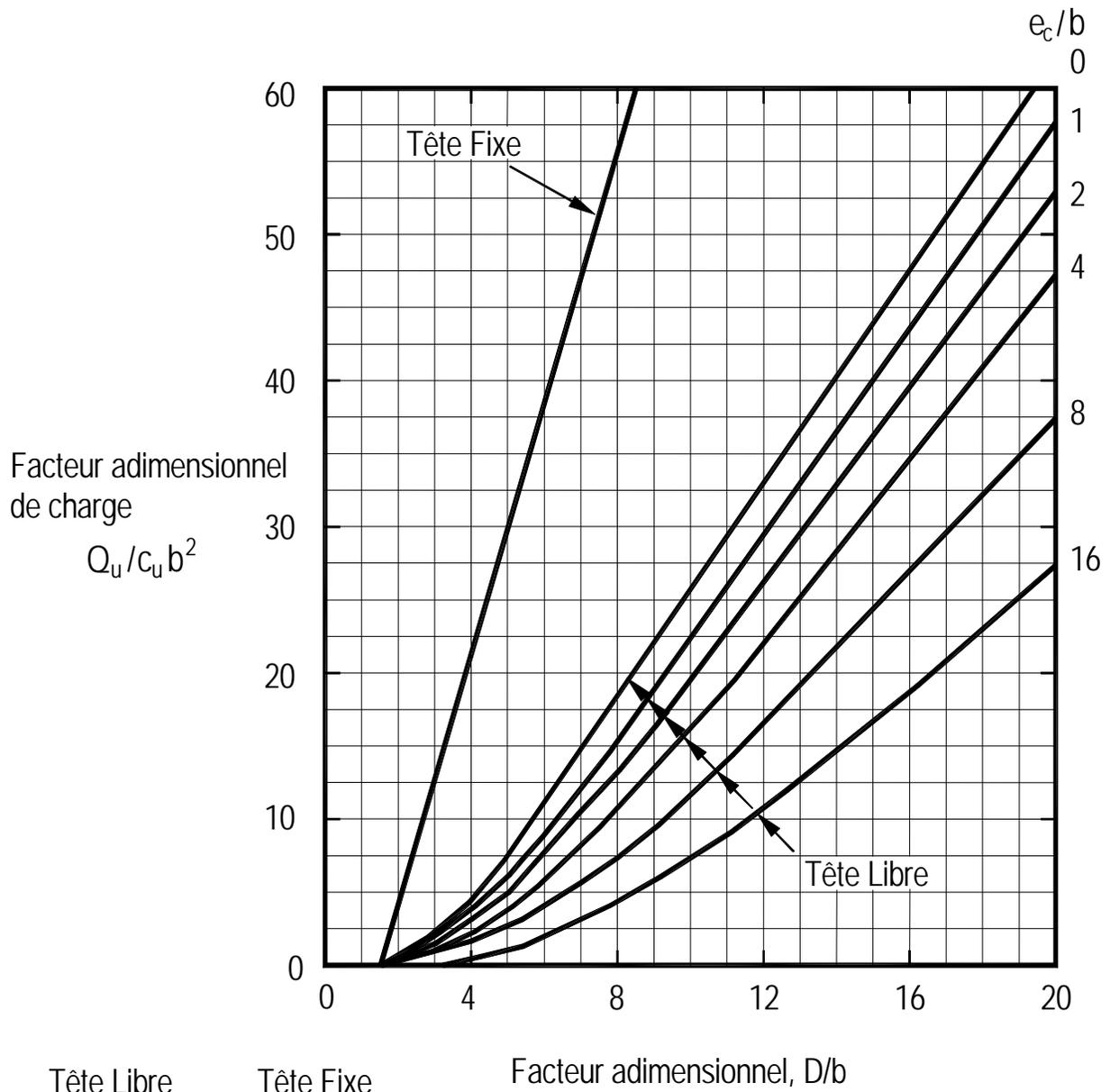


FIGURE 2 - CAPACITÉ À L'ELUL DES PIEUX LONGS DANS LES SOLS COHÉSIFS

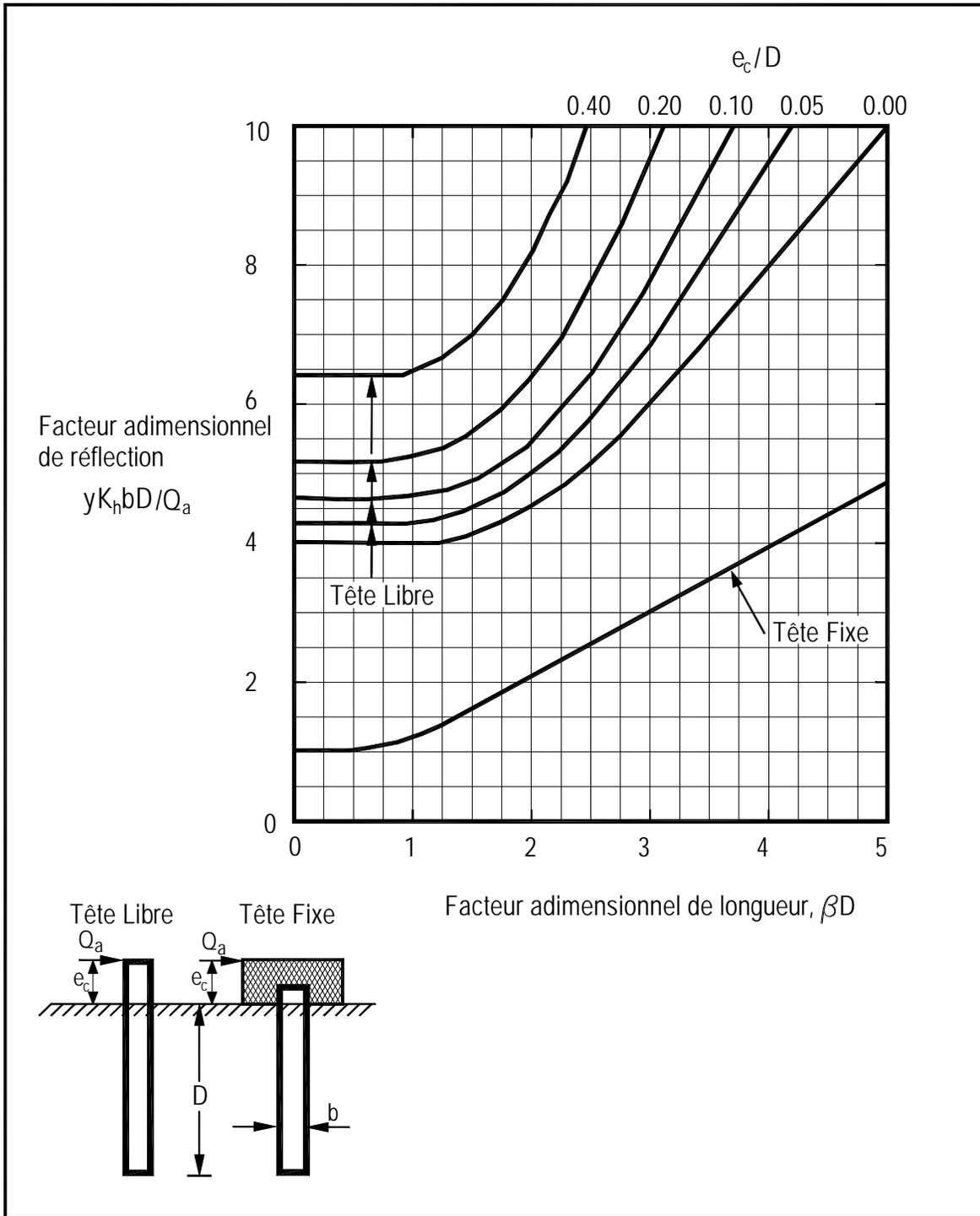


FIGURE 3 - CAPACITÉ À L'ELUT DES PIEUX DANS LES SOLS COHÉSIFS

A N N E X E 7

MÉTHODE DE CALCUL DE LA RÉSISTANCE LATÉRALE D'UN PIEU DANS LE SABLE

Résistance géotechnique latérale pondérée (sols pulvérulents)

Pour la détermination de la résistance géotechnique latérale, nous recommandons au concepteur d'utiliser la méthode de Broms qui est décrite dans :

- Broms, B.B., « Lateral Resistance of Piles in Cohesionless Soils », Journal of the Soil Mechanics and Foundation Division - ASCE, vol. 90, no. SM3, May, pp. 123-156, (1964).

L'approche par étapes décrite ci-dessous est tirée du manuel « Design and construction of driven pile foundations, workshop manual vol. 1 » de la FHWA, publication no. FHWA HI 97-013 (révision de 1998). Elle s'établit comme suit :

1. Déterminer le type de sol (cohérent ou pulvérulent) présent à l'intérieur de la profondeur critique sous la surface (le manuel de la FHWA parle de 4 à 5 fois le diamètre des pieux, mais nous recommandons plutôt une valeur de 5 mètres). La méthode présentée ici n'est valable que pour les sols pulvérulents ;
2. Déterminer le coefficient de réaction horizontal du sol, n_h , à partir du tableau 1 tiré du Manuel canadien d'ingénierie des fondations (1994) :

Tableau 1 : Valeurs de n_h pour des sols pulvérulents

État de compacité du sol	n_h (kN/m ³)	
	<i>Au-dessus de la nappe</i>	<i>Sous la nappe</i>
Lâche	2200	1300
Compact	6600	4400
Dense	18000	11000

3. Ajuster la valeur de n_h déterminée à l'étape 2 en fonction de la compacité du sol pulvérulent :
 - multiplier n_h par 0,5 pour un sol compact à dense
 - multiplier n_h par 0,25 pour un sol lâche
4. Déterminer les propriétés du pieu suivantes :
 - module d'élasticité, E , (MPa)
 - moment d'inertie, I , (m⁴)

- module de section, S , (m^3) autour d'un axe perpendiculaire au plan de chargement
 - contrainte admissible, f_y , dans l'acier, ou résistance en compression ultime, f_c , pour le béton (MPa)
 - longueur enfouie du pieu, D , (m)
 - diamètre ou largeur du pieu, b , (m)
 - excentricité de la charge appliquée en tête du pieu, e_c , pour les pieux à têtes libres (m)
 - facteur de forme C_s (pour pieux d'acier seulement), où :
 1. $C_s = 1,3$ pour un pieu avec section circulaire
 2. $C_s = 1,1$ pour un pieu « H » lorsque la charge latérale est perpendiculaire aux semelles
 3. $C_s = 1,5$ pour un pieu « H » lorsque la charge latérale est parallèle aux semelles
 - moment résistant du pieu, M_y , (kN-m), où :
 1. pour des pieux d'acier : $M_y = C_s f_y S$
 2. pour des pieux de béton : $M_y = f_c S$;
5. Déterminer la longueur de transfert η :
- $$\eta = \sqrt[5]{\frac{n_h}{EI}} ;$$
6. Déterminer le facteur de longueur adimensionnel égal à η multipliée par D ;
7. Déterminer le type de pieu (court, long ou intermédiaire) :
- si $\eta D > 4,0 \rightarrow$ long
 - si $\eta D < 2,0 \rightarrow$ court
 - si $2,0 < \eta D < 4,0 \rightarrow$ intermédiaire ;
8. Déterminer les paramètres des sols suivants, pour la partie du pieu enrobée dans le sol) :
- Coefficient de butée $K_p = \tan^2 (45 + \Phi/2)$
 - Poids volumique déjaugé moyen γ' ;
9. Déterminer la résistance géotechnique latérale ultime Q_u d'un pieu isolé selon ce qui suit :
- a. *Pieu court*

À l'aide de D/b (et de e_c/D pour le cas à tête libre), utiliser l'abaque de la figure 1 pour choisir la valeur correspondante de $Q_u/K_p b^3 \gamma'$ et résoudre pour trouver Q_u (en kN).

b. Pieu long

À l'aide de $M_y/b^4 \gamma' K_p$ (et de e_c/b pour le cas à tête libre), utiliser l'abaque de la figure 2 pour choisir la valeur correspondante de $Q_u/K_p b^3 \gamma'$ et résoudre pour trouver Q_u (en kN).

c. Pieu intermédiaire

Calculer Q_u pour un pieu court et pour un pieu long (selon a et b) et adopter la plus faible des deux valeurs ;

10. Déterminer, pour un pieu isolé, la résistance géotechnique latérale pondérée (à l'ÉLUL) Q_m en multipliant Q_u par un coefficient de tenue de 0,5 ;
11. Déterminer la réaction à l'ÉLUT (la charge latérale de service) Q_a en fonction du déplacement admissible choisi par le concepteur (une valeur de 15 mm peut être utilisée en l'absence de plus d'information). À l'aide du facteur ηD (et de e_c/D pour le cas à tête libre), utiliser l'abaque de la figure 3 pour choisir la valeur correspondante de $y(EI)^{3/5} n_h^{2/5}/Q_a D$ et résoudre pour trouver Q_a (en kN) ou y (en m) ;
12. Comparer Q_a et Q_m :
 - si $Q_a > Q_m$, utiliser Q_m et calculer y_m selon l'étape 11
 - si $Q_a < Q_m$, utiliser Q_a et calculer y
 - si Q_a et y ne sont pas disponibles, utiliser Q_m et y_m ;
13. Réduire la capacité des pieux isolés calculée à l'étape 12 en fonction de l'effet de groupe. La réduction est fonction de l'espacement dans le groupe de pieux et le facteur de réduction approprié est déterminé à l'aide du tableau 2 (l'espacement des pieux est calculé centre à centre dans la direction de la charge latérale) :

Tableau 2 : Facteur de réduction de groupe

Espacement des pieux	Facteur de réduction
8b	1,0
6b	0,8
4b	0,5
3b	0,4

14. En ajout à cette méthode, nous recommandons d'ajuster la capacité latérale des pieux inclinés en fonction de leur inclinaison par rapport à la verticale et de l'orientation de la charge latérale. Le tableau 3, dont les valeurs sont tirées du « Foundation engineering handbook », Whiterkorn & Fang (1975), présente les facteurs d'accroissement ou de réduction à appliquer :

Tableau 3 : Facteurs d'accroissement et de réduction pour l'inclinaison

Inclinaison ω du pieu par rapport à la verticale ($^{\circ}$)	Facteur multiplicatif
22,5	0,75
15,0	0,80
7,5	0,90
0	1,00
-7,5	1,08
-15,0	1,16
-22,5	1,22
-30,0	1,27

Dans le tableau 3, le signe de ω doit être déterminé à l'aide de la figure 4 :

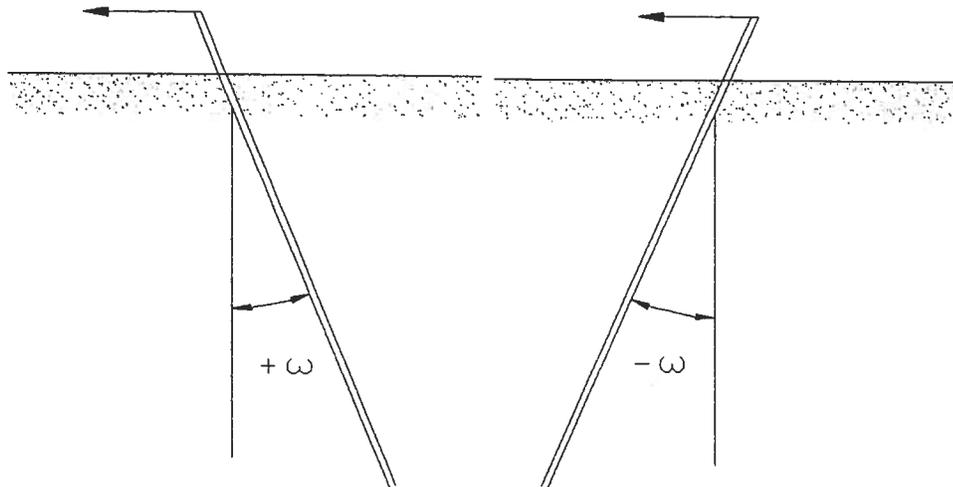


Figure 4 : Détermination du signe de l'inclinaison du pieu

15. Déterminer la capacité totale du groupe de pieux. Il est à noter qu'aucune résistance n'est attribuée au sol entourant la semelle dans laquelle les pieux sont encastrés.

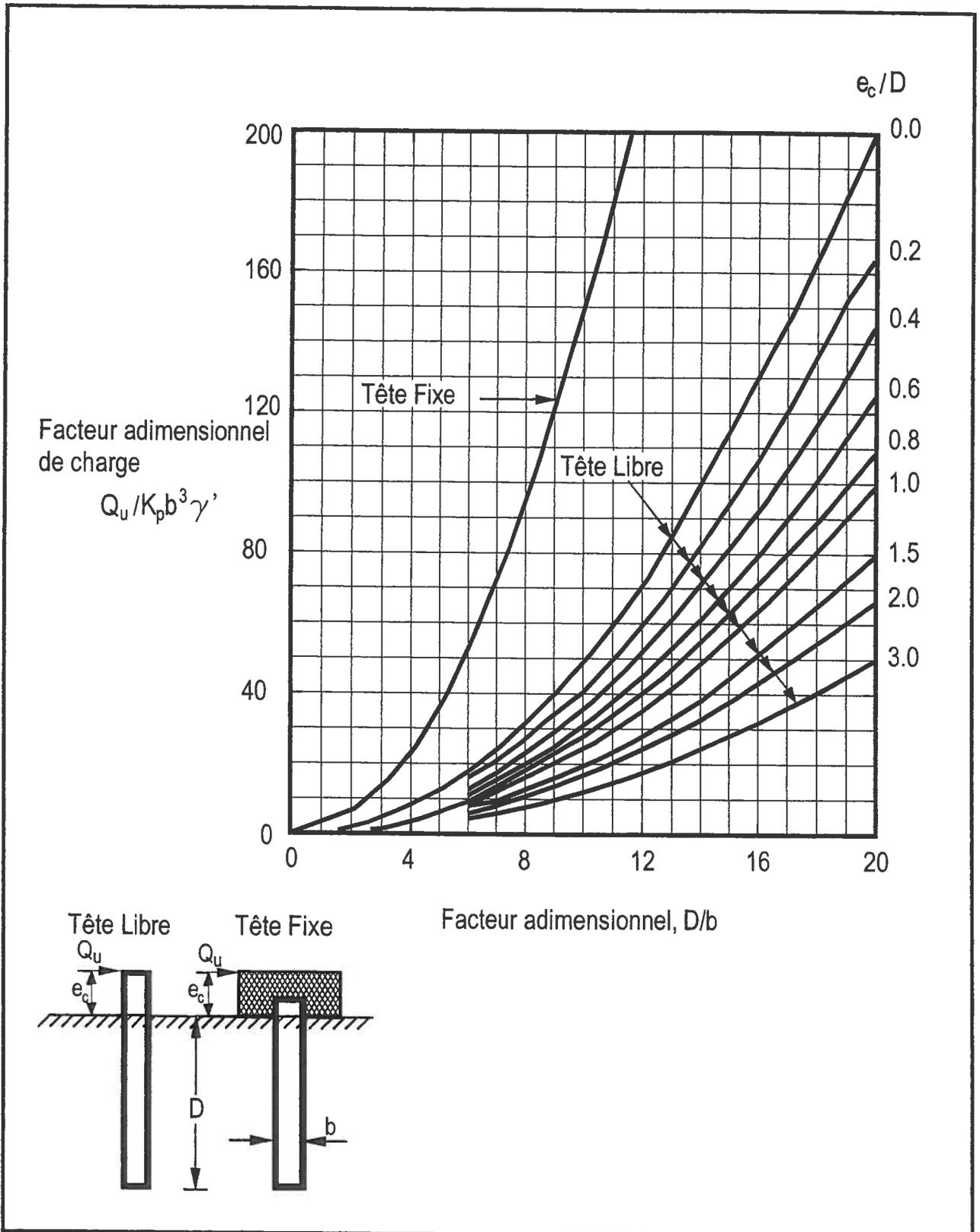


Figure 1 - Capacité à l'ELUL des pieux courts dans les sols sans cohésion

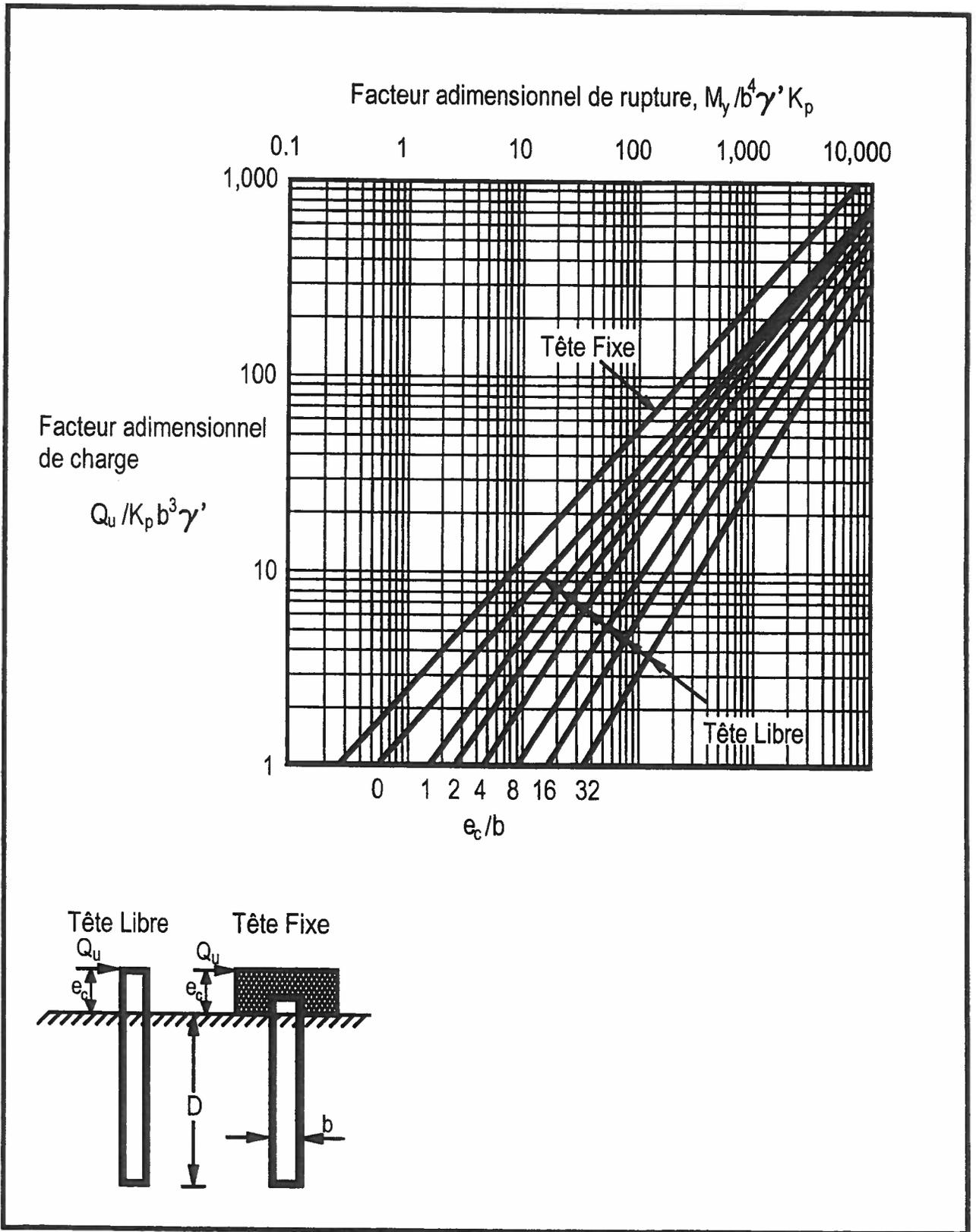


Figure 2 - Capacité à l'ELUL des pieux longs dans les sols sans cohésion

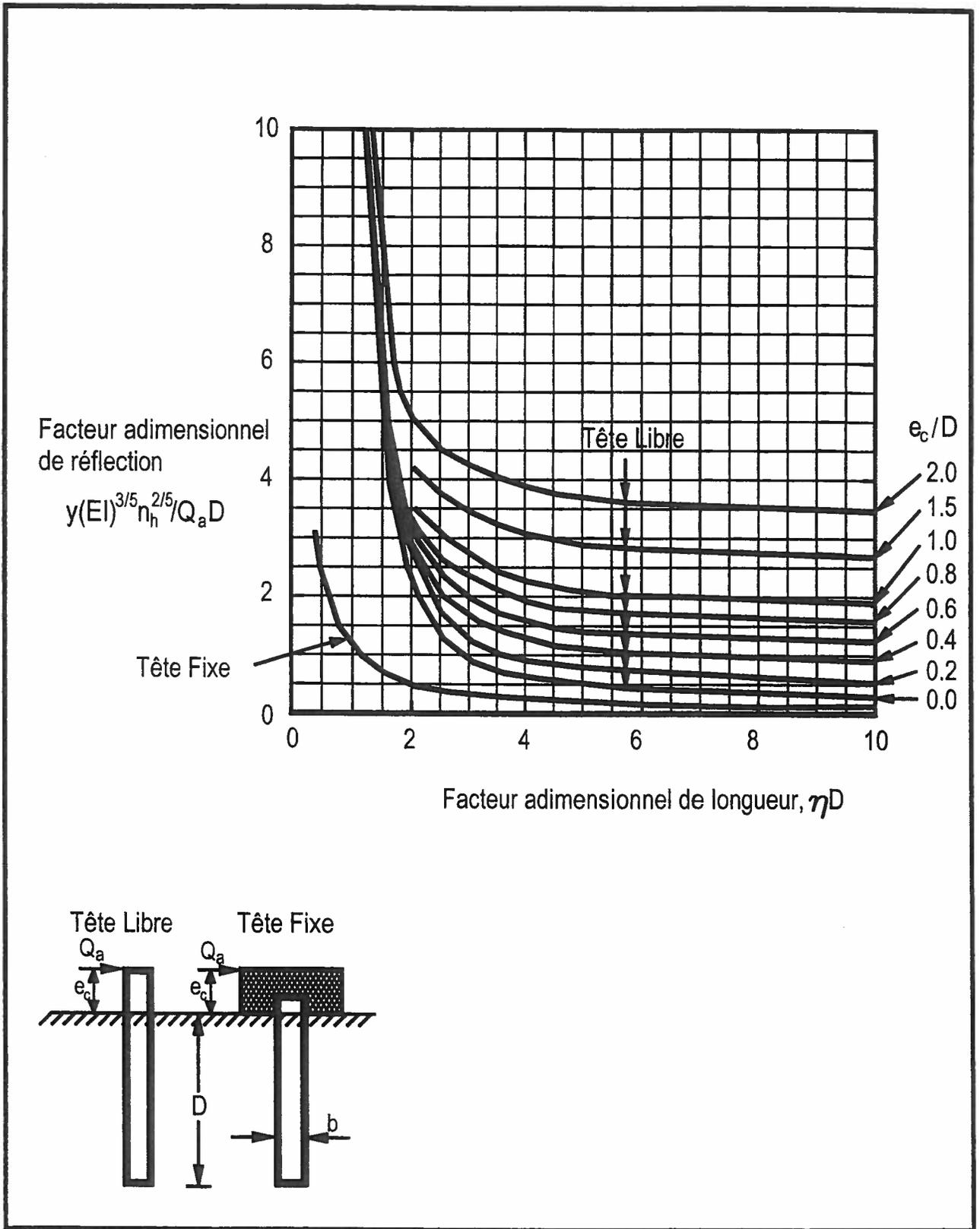


Figure 3 - Capacité à l'ELUT des pieux dans les sols sans cohésion

A N N E X E 8

**IMPACT DES TRAVAUX SUR LA STABILITÉ DES PYLÔNES
D'HYDRO-QUÉBEC**

Le 29 mai 2008

Monsieur Daniel Robert, ing.
Direction de l'Ouest-de-la-Montérégie
Ministère des Transports du Québec
180, boulevard D'Anjou
Châteauguay (Québec) J6K 1C4

Notre dossier n° : B16488L-07
Référence n° : G06268-2A-let-002

**Objet : Étude géotechnique
Pont d'étagement de la route 236 au-dessus de la voie ferrée de
CSX Transportation
Impact des travaux sur la stabilité des pylônes d'Hydro-Québec
Beauharnois, Québec**

Monsieur,

Pour faire suite à votre demande, nous avons procédé à l'analyse de l'impact potentiel des travaux de relocalisation de la route 236, entre l'autoroute 30 et la route 132 à Beauharnois, sur l'intégrité des pylônes d'Hydro-Québec situés dans le secteur.

Dans le tronçon des travaux localisé au sud du P.K. 43+040, soit dans le secteur de la phase II des travaux, le tracé de la route est en général en remblai. Certains pylônes sont situés à proximité du tracé de la route, comme c'est le cas aux P.K. 42+310, 42+610 et 42+960. Les 2 premiers pylônes sont situés à une certaine distance du pied des banquettes stabilisatrices, dont la stabilité contre une rupture par cisaillement du dépôt d'argile sous-jacent est assurée avec un coefficient de sécurité supérieur à 1,5, ce qui n'implique aucun effet sur la stabilité de ces pylônes. Pour le 3^e pylône, aucun remblai n'est prévu à cet endroit et la construction de la route 236 n'aura donc aucun impact sur le pylône.

Monsieur Daniel Robert, ing.
Ministère des Transports du Québec

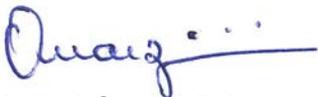
Dossier n° : B16488L-07
Référence n° : G06268-2A-let-002

Dans le tronçon situé au nord du P.K. 43+040, soit dans le secteur de la phase I des travaux présentement en cours, certaines parties du tracé sont en déblai. Dans ce cas, seuls 2 pylônes sont situés à proximité du tracé de la route en déblai. Le premier est localisé au P.K. 43+220, à une distance de plus de 20 m du sommet du talus. Le second est situé au P.K. 43+680, à une distance de 8 m du sommet du talus. Cette mesure a été effectuée lors de la visite du site du 22 mai 2008. L'argile à cet endroit est de consistance dure (forage F-45) et le talus en déblai ne montre aucun indice d'instabilité et aucune fissure de tension n'a été observée à son sommet. De plus, les résultats des analyses de stabilité indiquent que le coefficient de sécurité contre une rupture par cisaillement du dépôt d'argile est supérieur à 1,5. La stabilité de ces 2 pylônes, ne sera donc pas affectée par les travaux prévus.

En conclusion, les travaux prévus dans le cadre de la relocalisation de la route 236, entre l'autoroute 30 et la route 132, n'affecteront pas l'intégrité des pylônes d'Hydro-Québec situés à proximité.

Nous espérons le tout à votre entière satisfaction et vous prions d'agréer, Monsieur, l'expression de nos sentiments les meilleurs.

**QUALITAS LABORATOIRE DE BÉTON
UNE DIVISION DE GROUPE QUALITAS INC.**



Ahmed Ouarzidini, ing., M.Sc.
AO/GD/jb



Gilles Dussault, ing., M.S.

p.j.

c.c. M. François Routhier, ing. (Coentreprise Tecsub - Séguin)
M. Olivier Plante, ing. (Coentreprise Tecsub - Séguin)
M. Yves Melanson, ing. (MTQ)

A N N E X E 9

INFLUENCE OF THE ROAD BACKFILL ON THE STABILITY OF CSX TRANSPORTATION RAILROAD

May 29, 2008

Mr. Daniel Robert, Eng.
Direction de l'Ouest-de-la-Montérégie
Ministère des Transports du Québec
180 D'Anjou Boulevard
Chateauguay (Quebec) J6K 1C4

Our file no. : B16488L-07
Reference no. : G06268-2A-let-003

Subject: Geotechnical Comments
Overpass of Highway 236 over CSX Transportation Railroad
Influence of the road backfill on the stability of
CSX Transportation railroad
Beauharnois, Quebec

Dear Sir:

Following your request, a stability analysis has been conducted in order to assess the potential influence of the construction of the road backfill behind the projected overpass on the stability of the CSX Transportation railroad. This analysis was performed within the geotechnical study for the relocation of Highway 236, between Highway 30 and Road 132, in Beauharnois, Quebec.

For the geotechnical study (report no. B16488L-07, issued on April 24, 2008), stability analysis of the backfill behind the abutments overpass were carried out for transversal and longitudinal sections. These analyses were carried out considering the presence of the CSX Transportation railroad.

These analyses indicate that the road backfill behind the overpass abutments must be made of light material such as polystyrene. This precaution is required in order to obtain

Mr. Daniel Robert, Eng.
Ministère des Transports du Québec

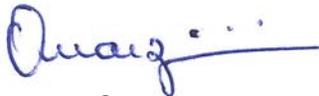
Our file no.: B16488L-07
Reference no.: G06268-2A-let-003

an adequate safety factor against shear failure of the foundation soil beneath the abutments and the railroad.

Hence, the construction of the backfill behind the projected overpass will not influence the CSX Transportation railroad stability.

We trust this report will be to your satisfaction and that you will not hesitate to contact us if any further information is needed.

QUALITAS LABORATOIRE DE BÉTON
A DIVISION OF GROUPE QUALITAS INC.



Ahmed Ouarzidini, Eng., M.Sc.
AO/GD/jb



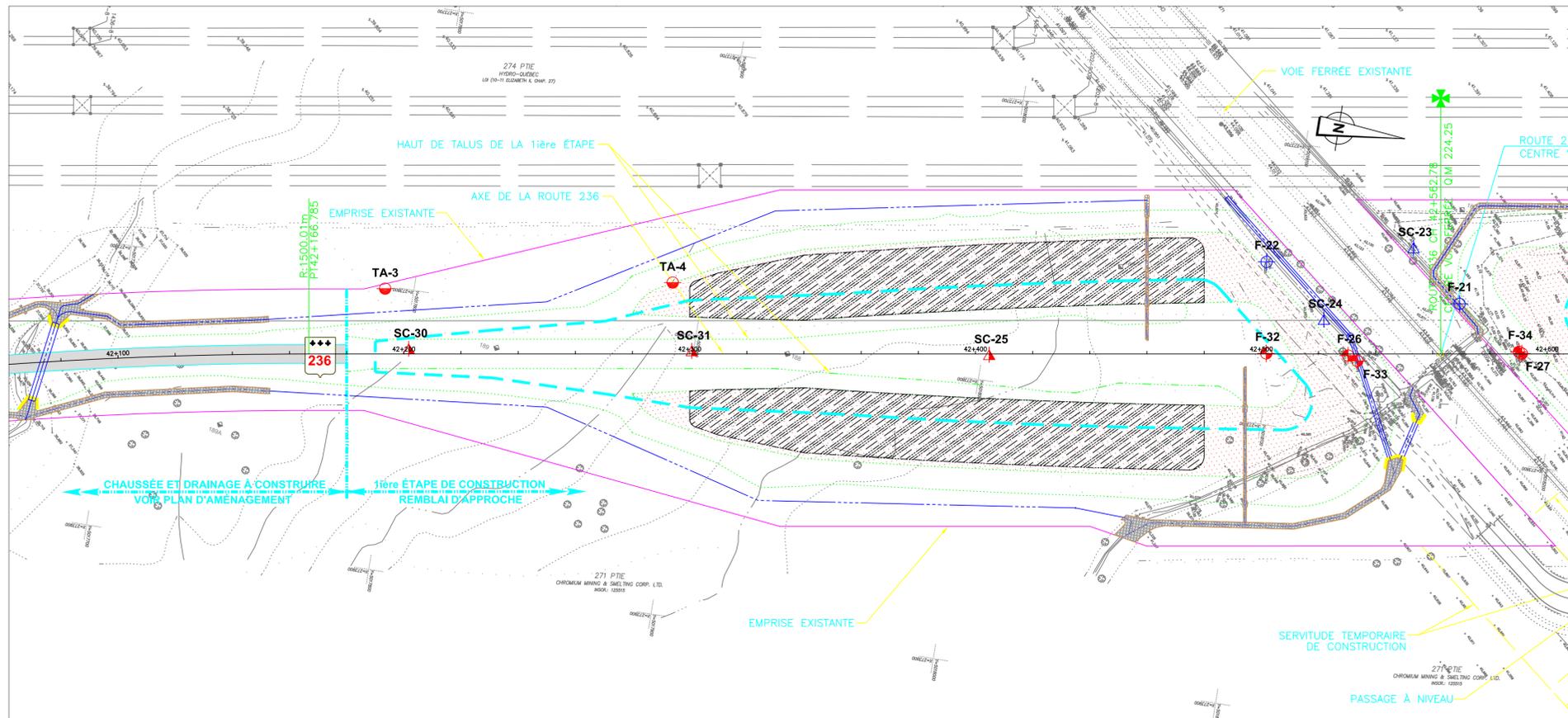
Gilles Dussault, Eng., M.S.

Encl.

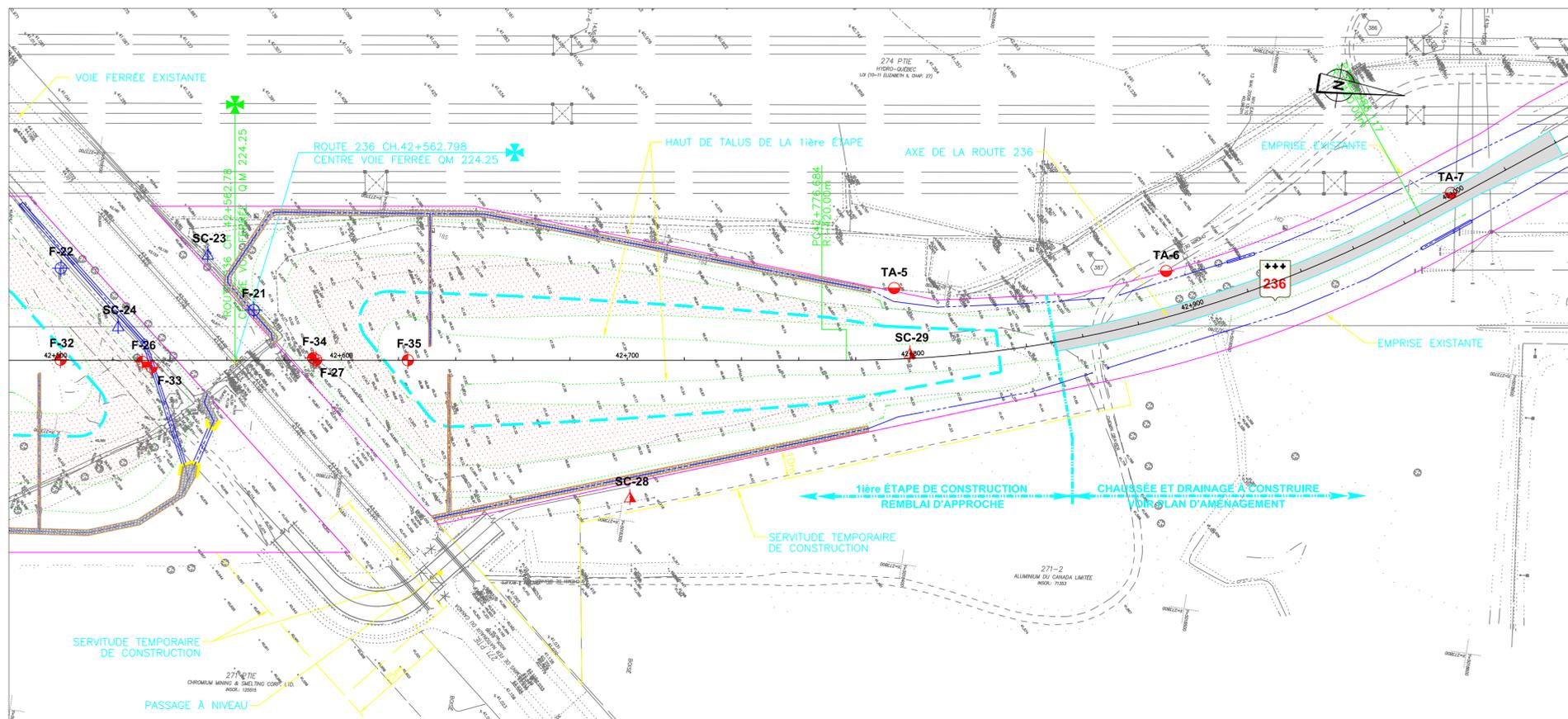
c.c. Mr. François Routhier, Eng. (Coentreprise Tecscult - Séguin)
Mr. Olivier Plante, Eng. (Coentreprise Tecscult - Séguin)
Mr. Yves Melanson, Eng. (MTQ)
Mrs. Shelagh MacDonald, Eng. (UMA)

A N N E X E 10

DESSINS – LOCALISATION ET RAPPORTS DES SONDAGES



ÉCHELLE = 1 : 1000



SONDAGE N°	COORDONNÉES SCOPQ (NAD 83)		NIVEAU DU TERRAIN (Z) (m)
	EST (X) (m)	NORD (Y) (m)	
F-21	273 746.5	5 018 161.7	41,24
F-22	273 743.0	5 018 093.0	41,01
SC-23	273 730.0	5 018 142.5	40,75
SC-24	273 780.4	5 018 115.6	41,01
TA-3	273 801.0	5 017 790.0	40,29
TA-4	273 783.0	5 017 889.0	40,19
TA-5	273 704.0	5 018 382.0	40,85
TA-6	273 683.0	5 018 475.0	41,59
TA-7	273 640.0	5 018 569.0	41,60
F-26	273 771.2	5 018 126.4	40,98
F-27	273 760.9	5 018 186.3	42,28
SC-25	273 790.7	5 018 002.3	40,12
SC-28	273 791.5	5 018 302.4	41,03
SC-29	273 725.8	5 018 391.1	46,27
SC-30	273 820.7	5 017 801.5	40,05
SC-31	273 805.8	5 017 899.4	40,26
F-32	273 775.0	5 018 098.0	41,04
F-33	273 772.6	5 018 129.9	40,95
F-34	273 760.5	5 018 185.2	41,68
F-35	273 756.0	5 018 218.0	47,96

NOTES:
 -Ce dessin sert uniquement à la localisation des sondages. Il a été préparé en se référant à des plans fournis par Tecsult-Séguin et portant l'identification technique CH-8707-154-93-1408-5, dessin 7/30, en date du 25-11-2008.
 -Les sondages F-21, F-22, SC-23, SC-24 et TA-3 à TA-7 proviennent du rapport G06268-rap-003, mai 2007.
 -Les sondages F-26, F-27, SC-25, SC-28, SC-29, SC-30 et SC-31 proviennent du rapport préliminaire G06268-2A-rap-001, juillet 2008.

- LÉGENDE:**
- F-32 Forage et numéro (étude complémentaire actuelle, décembre 2008 - F-32 à F-35)
 - F-26 Forage et numéro (étude 2008)
 - F-21 Forage et numéro (étude 2007)
 - SC-25 Sondage au scissomètre Nilcon et numéro, pénétromètre dynamique au cône (étude 2008)
 - SC-23 Sondage au scissomètre Nilcon et numéro, pénétromètre dynamique au cône (étude 2007)
 - TA-3 Sondage à la tarière et numéro (étude 2007)

DOSSIER : B16488L-07 (G06268-3A)

08/12/18	ÉMIS POUR SOUMISSION	G.D.
A M J	NATURE DE MODIFICATION	PAR
08/06/18	DATE D'ÉMISSION DU PLAN	

TECHNICIEN : MICHEL PARENT

PRÉPARÉ PAR : Ahmed Ouazidini, ing., M.Sc.
 VÉRIFIÉ PAR : Gilles Dussault, ing., M.Sc.

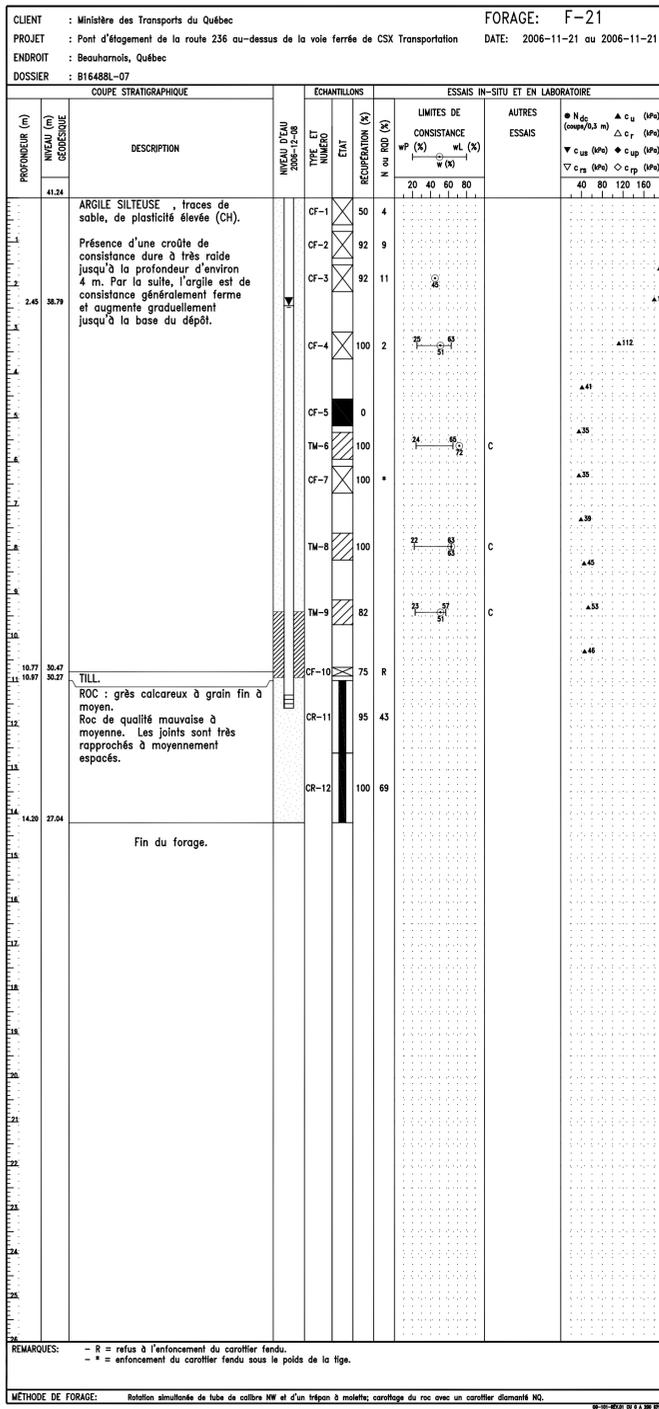
Transports Québec

DIRECTION OUEST-DE-LA-MONTÉRÉGIE

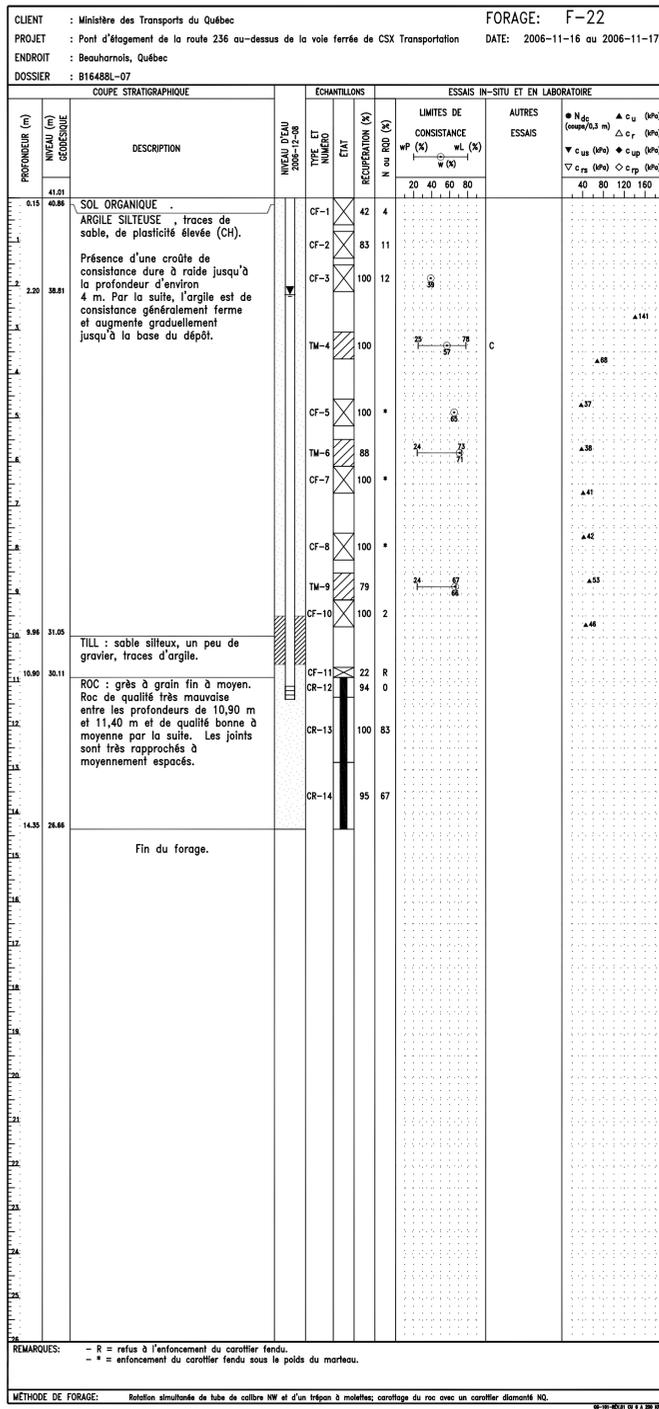
LOCALISATION DES SONDAGES

IDENTIFICATION TECHNIQUE	24
PO-08-16962	30
IDENTIFICATION REGROUPEMENT	

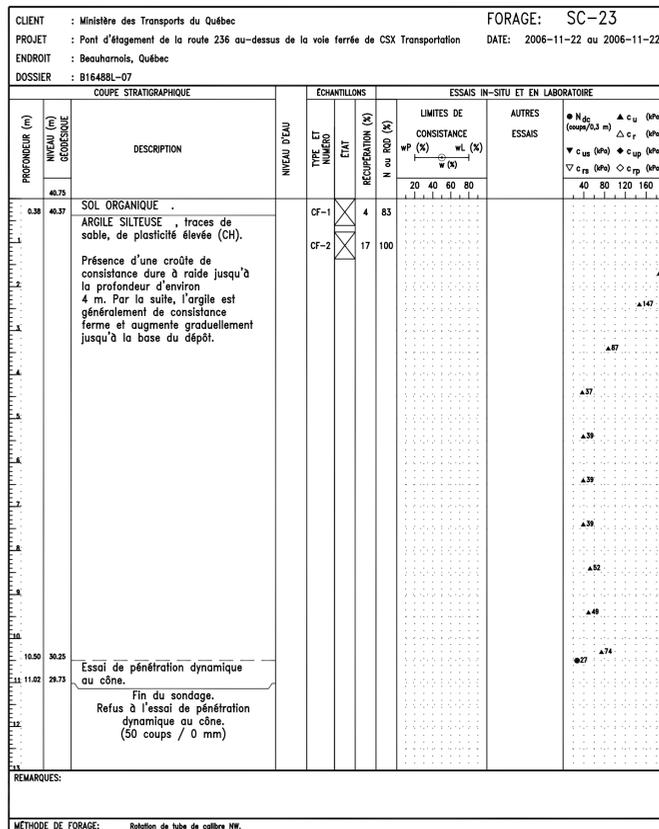
RAPPORT DE FORAGE



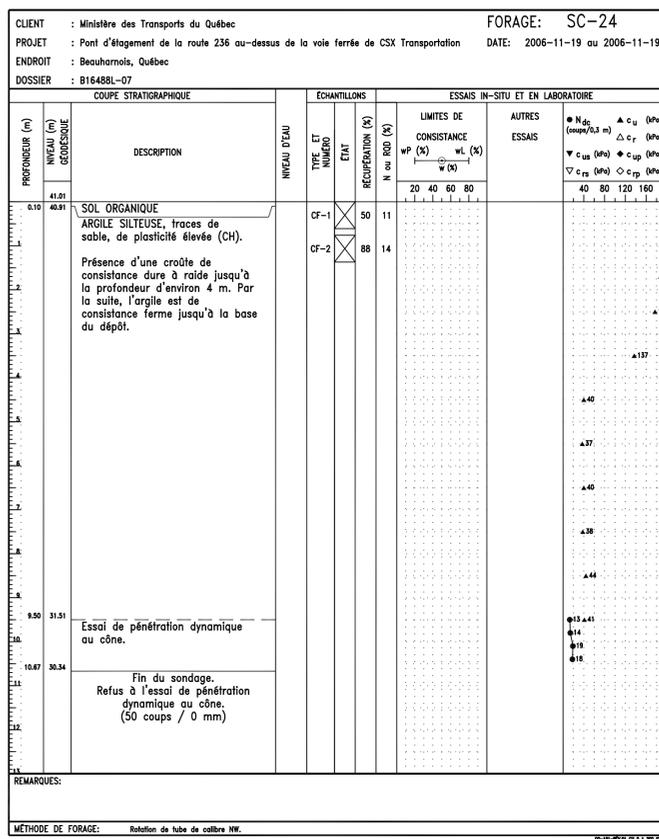
RAPPORT DE FORAGE



RAPPORT DE FORAGE



RAPPORT DE FORAGE



LÉGENDE:
 Type d'échantillon
 CF: Carottier fendu
 TM: Tube à paroi mince
 CR: Carottier diamanté

Essais
 cu: Résistance au cisaillement à l'état intact, mesurée au scléromètre de chantier, kPa
 c_{us}: Résistance au cisaillement à l'état intact, mesurée au cône subéolés, kPa
 No: Coupes / 300 mm pénétromètre dynamique au cône
 G: Analyse granulométrique par tamisage et lavage
 I_v: Indice de liquidité
 I_p: Indice de plasticité, %
 N: Indice de pénétration (essai de pénétration standard, SPT)
 w: Teneur en eau, %
 w_L: Limite de liquidité, %
 w_p: Limite de plasticité, %
 N₆₀: Niveau d'eau

DOSSIER : B16488L-07 (G06268-3A)

OB 12 18	ÉMIS POUR SOUMISSION	G.D.
A M J	NATURE DE MODIFICATION	PAR
OB 06 18	DATE D'ÉMISSION DU PLAN	

TECHNICIEN : MICHEL PARENT

PRÉPARÉ PAR : Ahmed Ouarzidini, ing., M.Sc.

VÉRIFIÉ PAR : Gilles Dussault, ing., M.S.

Transports Québec

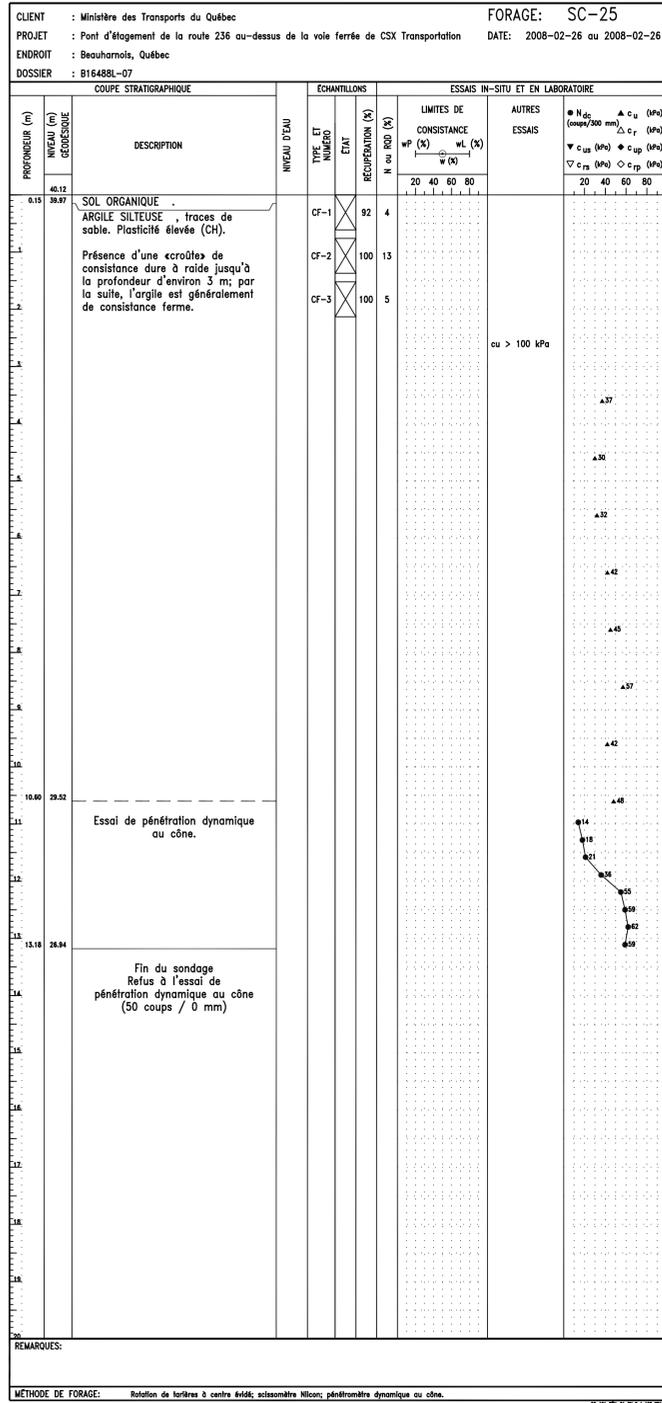
DIRECTION OUEST-DE-LA-MONTÉRÉGIE

QUALITAS

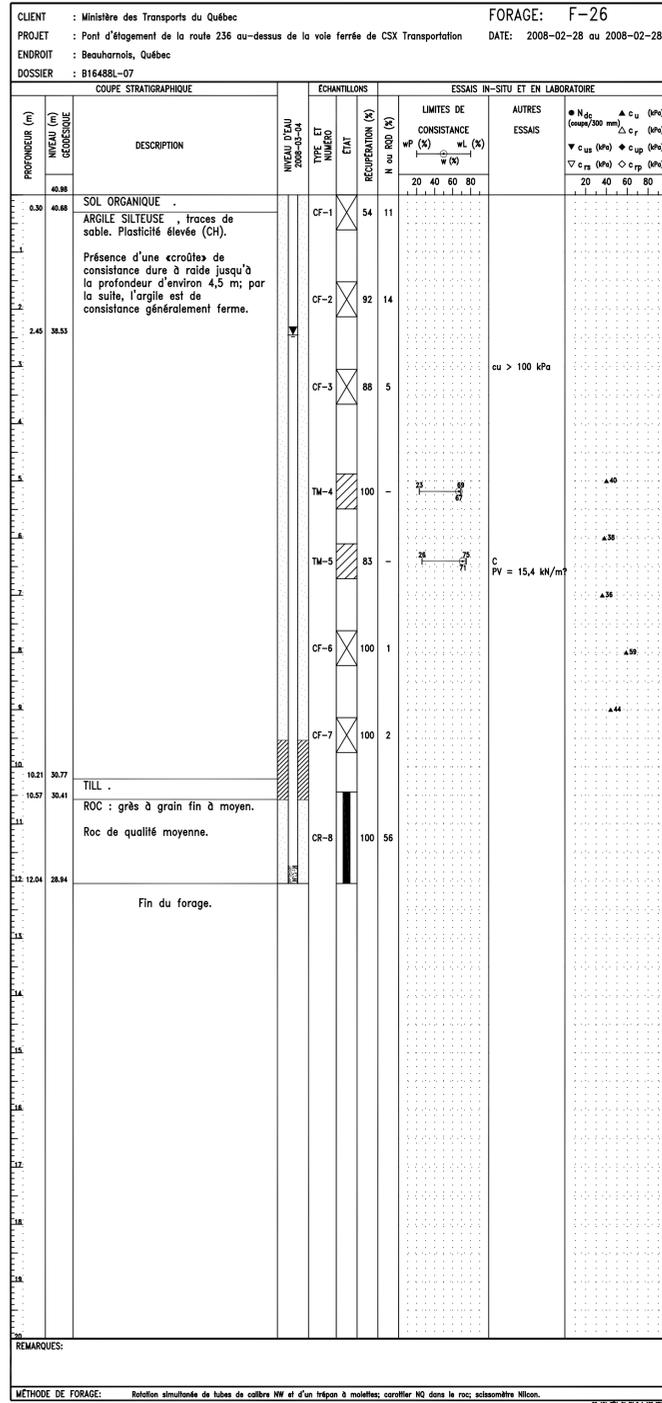
RAPPORTS DES SONDRAGES

IDENTIFICATION TECHNIQUE	25
P0-08-16962	30
IDENTIFICATION REGROUPEMENT	

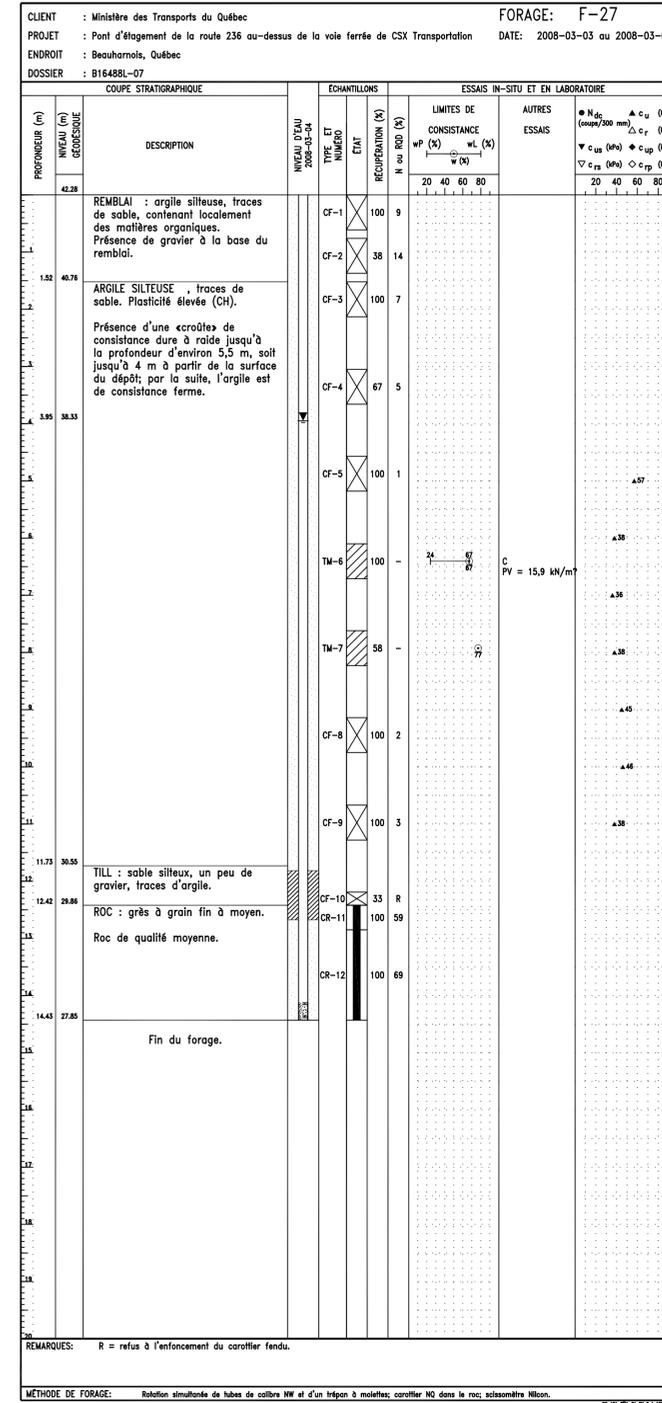
RAPPORT DE FORAGE



RAPPORT DE FORAGE



RAPPORT DE FORAGE



LÉGENDE:

Type d'échantillon
 CF: Carottier fendu
 TM: Tube à paroi mince
 CR: Carottier diamanté

Essais
 cu: Résistance au cisaillement à l'état intact, mesurée au scissométre de chantier, kPa
 cu_s: Résistance au cisaillement à l'état intact, mesurée au cône subépis, kPa
 N₆₀: Coups / 300 mm pénétrométre dynamique au cône
 G: Analyse granulométrique par tamisage et lavage
 I_p: Indice de liquidité, %
 I_p: Indice de plasticité, %
 N: Indice de pénétration (essai de pénétration standard, SPI)
 w: Teneur en eau, %
 w_L: Limite de liquidité, %
 w_p: Limite de plasticité, %
 ↓: Niveau d'eau

DOSSIER : B16488L-07 (G06268-3A)

OB 12 18	ÉMIS POUR SOUMISSION	G.D.
A M J	NATURE DE MODIFICATION	PAR
OB 06 18	DATE D'ÉMISSION DU PLAN	

TECHNICIEN : MICHEL PARENT


 PRÉPARÉ PAR : Ahmed Ouarzidini, ing., M.Sc.
 VÉRIFIÉ PAR : Gilles Dussault, ing., M.S.

Transports Québec
 DIRECTION OUEST-DE-LA-MONTÉRÉGIE



RAPPORTS DES SONDRAGES

IDENTIFICATION TECHNIQUE	26
P0-08-16962	30
IDENTIFICATION REGROUPEMENT	

RAPPORT DE FORAGE

CLIENT : Ministère des Transports du Québec		FORAGE: SC-28														
PROJET : Pont d'élagement de la route 236 au-dessus de la voie ferrée de CSX Transportation		DATE: 2008-03-04 au 2008-03-04														
ENDROIT : Beauharnois, Québec		DOSSIER : B16488L-07														
COUPE STRATIGRAPHIQUE		ECHANTILLONS		ESSAIS IN-SITU ET EN LABORATOIRE												
PROFONDEUR (m)	NIVEAU (m) GÉODÉSIQUE	DESCRIPTION	NIVEAU D'EAU	TYPE ET NUMÉRO	ÉTAT	RECUPERATION (%)	LIMITES DE CONSISTANCE			AUTRES ESSAIS						
							wp (%)	wl (%)	w (%)	N ₆₀ (coups/300 mm)	c _u (kPa)	c _f (kPa)	c ₁₀₀ (kPa)	c ₁₀₀ (kPa)	c ₁₀₀ (kPa)	
41.03		SOL ORGANIQUE		CF-1	54	1										
6.46	40.57	ARGILE SILTEUSE, traces de sable. Plasticité élevée (CH). Présence d'une «croûte» de consistance dure à raide jusqu'à la profondeur d'environ 4,5 m; par la suite, l'argile est de consistance ferme.		CF-2	100	8										
7.75	33.28	Refus à l'enfoncement du scissomètre Nilcon. Essai de pénétration dynamique au cône.														
8.81	32.22	Fin du sondage Refus à l'essai de pénétration dynamique au cône (50 coups / 0 mm)														
REMARQUES:																
MÉTHODE DE FORAGE: Rotation de tige à centre élasté; scissomètre Nilcon; pénétration dynamique au cône.																

RAPPORT DE FORAGE

CLIENT : Ministère des Transports du Québec		FORAGE: SC-29														
PROJET : Pont d'élagement de la route 236 au-dessus de la voie ferrée de CSX Transportation		DATE: 2008-02-29 au 2008-02-29														
ENDROIT : Beauharnois, Québec		DOSSIER : B16488L-07														
COUPE STRATIGRAPHIQUE		ECHANTILLONS		ESSAIS IN-SITU ET EN LABORATOIRE												
PROFONDEUR (m)	NIVEAU (m) GÉODÉSIQUE	DESCRIPTION	NIVEAU D'EAU	TYPE ET NUMÉRO	ÉTAT	RECUPERATION (%)	LIMITES DE CONSISTANCE			AUTRES ESSAIS						
							wp (%)	wl (%)	w (%)	N ₆₀ (coups/300 mm)	c _u (kPa)	c _f (kPa)	c ₁₀₀ (kPa)	c ₁₀₀ (kPa)	c ₁₀₀ (kPa)	
48.27		REMBLAI : argile silteuse, traces de sable. Présence d'une couche d'enrochement entre les profondeurs de 3,0 et 4,1 m.														
5.00	41.27	ARGILE SILTEUSE, traces de sable. Plasticité élevée (CH). Présence d'une «croûte» de consistance dure à raide jusqu'à la profondeur d'environ 8,5 m, soit jusqu'à 3,5 m à partir de la surface du dépôt; par la suite, l'argile est de consistance ferme.		CF-1	67	11										
				CF-2	100	7										
10.53	35.34	Refus à l'enfoncement du scissomètre Nilcon. Essai de pénétration dynamique au cône.														
12.47	33.80	Fin du sondage Refus à l'essai de pénétration dynamique au cône (50 coups / 0 mm)														
REMARQUES:																
MÉTHODE DE FORAGE: Rotation simultanée de tubes de calibre NW et d'un carotier NC; scissomètre Nilcon; pénétration dynamique au cône.																

RAPPORT DE FORAGE

CLIENT : Ministère des Transports du Québec		FORAGE: SC-30														
PROJET : Pont d'élagement de la route 236 au-dessus de la voie ferrée de CSX Transportation		DATE: 2008-02-27 au 2008-02-27														
ENDROIT : Beauharnois, Québec		DOSSIER : B16488L-07														
COUPE STRATIGRAPHIQUE		ECHANTILLONS		ESSAIS IN-SITU ET EN LABORATOIRE												
PROFONDEUR (m)	NIVEAU (m) GÉODÉSIQUE	DESCRIPTION	NIVEAU D'EAU	TYPE ET NUMÉRO	ÉTAT	RECUPERATION (%)	LIMITES DE CONSISTANCE			AUTRES ESSAIS						
							wp (%)	wl (%)	w (%)	N ₆₀ (coups/300 mm)	c _u (kPa)	c _f (kPa)	c ₁₀₀ (kPa)	c ₁₀₀ (kPa)	c ₁₀₀ (kPa)	
40.95		SOL ORGANIQUE														
39.85		ARGILE SILTEUSE, traces de sable. Plasticité élevée (CH). Présence d'une «croûte» de consistance dure à raide jusqu'à la profondeur d'environ 3,5 m; par la suite, l'argile est généralement de consistance ferme.		CF-1	92	5										
				CF-2	100	12										
14.00	26.05	Essai de pénétration dynamique au cône.														
16.41	23.64	Fin du sondage Refus à l'essai de pénétration dynamique au cône (50 coups / 0 mm)														
REMARQUES:																
MÉTHODE DE FORAGE: Rotation de tige à centre élasté; scissomètre Nilcon; pénétration dynamique au cône.																

LÉGENDE:

Type d'échantillon
 CF: Carotier fendu
 TM: Tube à paroi mince
 CR: Carotier diamanté

Essais
 cu: Résistance au cisaillement à l'état intact, mesurée au scissomètre de chantier, kPa
 c_{us}: Résistance au cisaillement à l'état intact, mesurée au cône subépais, kPa
 N₆₀: Coups / 300 mm pénétromètre dynamique au cône
 G: Analyse granulométrique par tamisage et lavage
 I_L: Indice de liquidité, %
 P_L: Indice de plasticité, %
 N: Indice de pénétration (essai de pénétration standard, SPI)
 w: Teneur en eau, %
 w_L: Limite de liquidité, %
 w_P: Limite de plasticité, %
 ↓: Niveau d'eau

DOSSIER : B16488L-07 (G06268-3A)

OB 12 18	ÉMIS POUR SOUMISSION	G.D.
A M J	NATURE DE MODIFICATION	PAR
OB 06 18	DATE D'ÉMISSION DU PLAN	

TECHNICIEN : MICHEL PARENT


 PRÉPARÉ PAR : Ahmed Ouarzidini, ing., M.Sc.
 VÉRIFIÉ PAR : Gilles Dussault, ing., M.S.

Transports Québec
 DIRECTION OUEST-DE-LA-MONTÉRÉGIE



RAPPORTS DES SONDRAGES

IDENTIFICATION TECHNIQUE	27
P.O.-08-16962	30
IDENTIFICATION REGROUPEMENT	

RAPPORT DE FORAGE

RAPPORT DE FORAGE

RAPPORT DE FORAGE

CLIENT : Ministère des Transports du Québec		FORAGE: SC-31								
PROJET : Pont d'élargement de la route 236 au-dessus de la voie ferrée de CSX Transportation		DATE: 2008-02-27 au 2008-02-27								
ENDROIT : Beauharnois, Québec		DOSSIER : B16488L-07								
COUPE STRATIGRAPHIQUE		ÉCHANTILLONS		ESSAIS IN-SITU ET EN LABORATOIRE						
PROFONDEUR (m)	NIVEAU (m) GÉODÉSIQUE	DESCRIPTION	NIVEAU D'EAU	TYPE ET NUMÉRO	ÉTAT	RECUPERATION (%)	LIMITES DE CONSISTANCE			AUTRES ESSAIS
							wp (%)	wl (%)	w (N)	
40.26	40.16	SOL ORGANIQUE ARGILE SILTEUSE, traces de sable. Plasticité élevée (CH). Présence d'une «croûte» de consistance dure à raide jusqu'à la profondeur d'environ 4 m; par la suite, l'argile est généralement de consistance ferme.		VR-1		83	5			
				VR-2		100	7			
12.00	28.26	Essai de pénétration dynamique au cône.								
14.88	25.38									
		Fin du sondage Refus à l'essai de pénétration dynamique au cône (50 coups / 0 mm)								
REMARQUES:										
MÉTHODE DE FORAGE: Rotation de la tige à centre évité; accessoire Nilcon; pénétromètre dynamique au cône.										

CLIENT : Ministère des Transports du Québec		FORAGE: F-32								
PROJET : Pont d'élargement de la route 236 au-dessus de la voie ferrée de CSX Transportation		DATE: 2008-10-02 au 2008-10-03								
ENDROIT : Beauharnois, Québec		DOSSIER : B16488L-07								
COUPE STRATIGRAPHIQUE		ÉCHANTILLONS		ESSAIS IN-SITU ET EN LABORATOIRE						
PROFONDEUR (m)	NIVEAU (m) GÉODÉSIQUE	DESCRIPTION	NIVEAU D'EAU	TYPE ET NUMÉRO	ÉTAT	RECUPERATION (%)	LIMITES DE CONSISTANCE			AUTRES ESSAIS
							wp (%)	wl (%)	w (N)	
41.04		Forage effectué sans échantillonnage dans les sols.								
10.34	30.68	ROC : grès à grain moyen. Présence régulière de minces lamines argilacées. La partie supérieure du roc est très fracturée et de qualité très mauvaise jusqu'à la profondeur de 10,56 m (niv. 30,48 m). Par la suite, le roc est de qualité moyenne jusqu'à la profondeur d'environ 13,6 m (niv. 29,5 m); roc de qualité excellente plus en profondeur.		CR-1		0	0			
				CR-2		100	64			
				CR-3		98	65			
				CR-4		100	93			
				CR-5		100	100			
				CR-6		100	95			
				CR-7		100	98			
		Fin du forage à la profondeur de 20,27 m (niv. 20,77 m)		CR-8		100	100			
REMARQUES:										
MÉTHODE DE FORAGE: Rotation simultanée de tubes de calibre NW et d'un trépan à molette; carottier NQ-3 dans le roc.										

CLIENT : Ministère des Transports du Québec		FORAGE: F-33								
PROJET : Pont d'élargement de la route 236 au-dessus de la voie ferrée de CSX Transportation		DATE: 2008-09-26 au 2008-09-29								
ENDROIT : Beauharnois, Québec		DOSSIER : B16488L-07								
COUPE STRATIGRAPHIQUE		ÉCHANTILLONS		ESSAIS IN-SITU ET EN LABORATOIRE						
PROFONDEUR (m)	NIVEAU (m) GÉODÉSIQUE	DESCRIPTION	NIVEAU D'EAU	TYPE ET NUMÉRO	ÉTAT	RECUPERATION (%)	LIMITES DE CONSISTANCE			AUTRES ESSAIS
							wp (%)	wl (%)	w (N)	
40.95		Forage effectué sans échantillonnage dans les sols.								
10.52	30.43	ROC : grès à grain moyen. Présence régulière de minces lamines argilacées. Roc de qualité moyenne jusqu'à la profondeur d'environ 10,8 m (niv. 30,2 m). Par la suite, le roc est de qualité bonne à excellente sauf entre les profondeurs d'environ 20 à 21,5 m (CR-9) où le roc est de qualité moyenne.		CR-1		100	67			
				CR-2		93	87			
				CR-3		98	83			
				CR-4		100	80		qu = 275 MPa PV = 25,3 kN/m ²	
				CR-5		100	93			
				CR-6		100	90		qu = 272 MPa PV = 25,6 kN/m ²	
				CR-7		100	100		qu = 370 MPa PV = 25,6 kN/m ²	
				CR-8		100	95			
				CR-9		100	69			
23.01	17.94	Fin du forage.		CR-10		100	93			
REMARQUES:										
MÉTHODE DE FORAGE: Rotation simultanée de tubes de calibre NW et d'un trépan à molette; carottier NQ-3 dans le roc.										

LÉGENDE:

Type d'échantillon
 CF: Carottier fendu
 TM: Tube à paroi mince
 CR: Carottier diamanté

Essais
 cu: Résistance au cisaillement à l'état intact, mesurée au scléromètre de chantier, kPa
 cus: Résistance au cisaillement à l'état intact, mesurée au cône subéol, kPa
 Nco: Coupes / 300 mm pénétromètre dynamique au cône
 G: Analyse granulométrique par tamisage et lavage
 I: Indice de liquidité, %
 N: Indice de pénétration (essai de pénétration standard, SPI)
 w: Teneur en eau, %
 wp: Limite de liquidité, %
 wl: Limite de plasticité, %
 w: Niveau d'eau

DOSSIER : B16488L-07 (G06268-3A)	
OB 12 18	ÉMIS POUR SOUMISSION G.D.
A M J	NATURE DE MODIFICATION PAR
OB 06 18	DATE D'ÉMISSION DU PLAN
TECHNICIEN : MICHEL PARENT	

PRÉPARÉ PAR : Ahmed Ouarzidini, ing., M.Sc.
 VÉRIFIÉ PAR : Gilles Dussault, ing., M.S.



RAPPORTS DES SONDRAGES

IDENTIFICATION TECHNIQUE	28
P0-08-16962	30
IDENTIFICATION REGROUPEMENT	

RAPPORT DE FORAGE

CLIENT : Ministère des Transports du Québec		FORAGE: F-34	
PROJET : Pont d'étagement de la route 236 au-dessus de la voie ferrée de CSX Transportation		DATE: 2008-09-29 au 2008-09-30	
ENDROIT : Beauharnois, Québec			
DOSSIER : B16488L-07			
COUPE STRATIGRAPHIQUE		ECHANTILLONS	
PROFONDEUR (m)	NIVEAU GÉODÉSIQUE	DESCRIPTION	NIVEAU D'EAU
LIMITES DE CONSISTANCE		AUTRES ESSAIS	
w _p (%)		● N ₆₀ (coupes/300 mm)	
w _L (%)		▲ c _u (kPa)	
w _p (%)		▼ c _{us} (kPa)	
w _L (%)		◆ c _{up} (kPa)	
w _p (%)		▽ c _{ps} (kPa)	
w _L (%)		○ c _{rp} (kPa)	
N ou ROD (%)			
20	40	60	80
<p>Forage effectué sans échantillonnage dans les sols.</p> <p>ROC : grès à grain moyen.</p> <p>Présence régulière de minces lamines argilacées.</p> <p>Roc de qualité mauvaise à moyenne jusqu'à la profondeur d'environ 13,8 m (niv. 30,0 m); roc de qualité bonne à excellente par la suite.</p> <p>qu = 387 MPa PV = 25,8 kN/m²</p> <p>qu = 335 MPa PV = 25,4 kN/m²</p> <p>qu = 276 MPa PV = 25,4 kN/m²</p> <p>Fin du forage.</p>			
REMARQUES:			
MÉTHODE DE FORAGE: Rotation simultanée de tubes de calibre NW et d'un trépan à molette; corotier NQ-3 dans le roc.			

RAPPORT DE FORAGE

CLIENT : Ministère des Transports du Québec		FORAGE: F-35	
PROJET : Pont d'étagement de la route 236 au-dessus de la voie ferrée de CSX Transportation		DATE: 2008-10-01 au 2008-10-02	
ENDROIT : Beauharnois, Québec			
DOSSIER : B16488L-07			
COUPE STRATIGRAPHIQUE		ECHANTILLONS	
PROFONDEUR (m)	NIVEAU GÉODÉSIQUE	DESCRIPTION	NIVEAU D'EAU
LIMITES DE CONSISTANCE		AUTRES ESSAIS	
w _p (%)		● N ₆₀ (coupes/300 mm)	
w _L (%)		▲ c _u (kPa)	
w _p (%)		▼ c _{us} (kPa)	
w _L (%)		◆ c _{up} (kPa)	
w _p (%)		▽ c _{ps} (kPa)	
w _L (%)		○ c _{rp} (kPa)	
N ou ROD (%)			
20	40	60	80
<p>Forage effectué sans échantillonnage dans les sols.</p> <p>ROC : grès à grain moyen.</p> <p>Présence régulière de minces lamines argilacées.</p> <p>Roc de qualité moyenne jusqu'à la profondeur d'environ 18,2 m (niv. 29,76 m); roc de qualité bonne à excellente par la suite.</p> <p>qu = 387 MPa PV = 25,8 kN/m²</p> <p>qu = 335 MPa PV = 25,4 kN/m²</p> <p>qu = 276 MPa PV = 25,4 kN/m²</p> <p>Fin du forage.</p>			
REMARQUES: En raison de la présence de cailloux et de blocs dans le remblai un corotier NQ à 4H utilisé entre les profondeurs de 1,5 et 6,1 m.			
MÉTHODE DE FORAGE: Rotation simultanée de tubes de calibre NW et d'un trépan à molette; corotier NQ-3 dans le roc.			

LÉGENDE:

Type d'échantillon
 CF: Corotier fendu
 TM: Tube à paroi mince
 CR: Corotier diamanté

Essais
 c_u: Résistance au cisaillement à l'état intact, mesurée au scléromètre de chantier, kPa
 c_{us}: Résistance au cisaillement à l'état intact, mesurée au cône suédois, kPa
 N₆₀: Coupes / 300 mm pénétromètre dynamique au cône
 G: Analyse granulométrique par tamisage et lavage
 I_p: Indice de liquidité, %
 I_c: Indice de plasticité, %
 N: Indice de pénétration (essai de pénétration standard, SPI)
 w: Teneur en eau, %
 w_L: Limite de liquidité, %
 w_p: Limite de plasticité, %
 N_e: Niveau d'eau

DOSSIER : B16488L-07 (G06268-3A)

OB 12 18	ÉMIS POUR SOUMISSION	G.D.
A M J	NATURE DE MODIFICATION	PAR
OB 06 18	DATE D'ÉMISSION DU PLAN	
TECHNICIEN : MICHEL PARENT		


 PRÉPARÉ PAR : Ahmed Ouarzidini, ing., M.Sc.
 VÉRIFIÉ PAR : Gilles Dussault, ing., M.S.

Transports Québec
 DIRECTION OUEST-DE-LA-MONTÉRÉGIE


RAPPORTS DES SONDAGES
 IDENTIFICATION TECHNIQUE 29
 P0-08-16962 30
 IDENTIFICATION REGROUPEMENT

RAPPORT DE SONDAGE

PROFONDEUR (m)		DESCRIPTION	NIVEAU D'EAU	ÉCHANTILLONS		LIMITES DE CONSISTANCE		ESSAIS IN-SITU ET EN LABORATOIRE
NIVEAU GÉODÉSIQUE	TYPE ET NUMÉRO			ÉTAT	wP (%)	wL (%)		
0.00	42.24	SOL ORGANIQUE ARGILE SILTEUSE , traces de sable, de plasticité élevée (CH).		VR-1	X	46	32	44
0.15								
0.30								
0.45								
0.60								
2.00	38.29	Fin du sondage.						

RAPPORT DE SONDAGE

PROFONDEUR (m)		DESCRIPTION	NIVEAU D'EAU	ÉCHANTILLONS		LIMITES DE CONSISTANCE		ESSAIS IN-SITU ET EN LABORATOIRE
NIVEAU GÉODÉSIQUE	TYPE ET NUMÉRO			ÉTAT	wP (%)	wL (%)		
0.00	42.14	SOL ORGANIQUE ARGILE SILTEUSE , traces de sable, de plasticité élevée (CH).		VR-1	X	36	32	44
0.15								
0.30								
0.45								
0.60								
2.00	38.19	Fin du sondage.						

RAPPORT DE SONDAGE

PROFONDEUR (m)		DESCRIPTION	NIVEAU D'EAU	ÉCHANTILLONS		LIMITES DE CONSISTANCE		ESSAIS IN-SITU ET EN LABORATOIRE
NIVEAU GÉODÉSIQUE	TYPE ET NUMÉRO			ÉTAT	wP (%)	wL (%)		
0.00	40.85	SOL ORGANIQUE ARGILE SILTEUSE , traces de sable, de plasticité élevée (CH).		VR-1	X	43	32	44
0.15								
0.30								
0.45								
0.60								
1.50	38.35	Fin du sondage.						

RAPPORT DE SONDAGE

PROFONDEUR (m)		DESCRIPTION	NIVEAU D'EAU	ÉCHANTILLONS		LIMITES DE CONSISTANCE		ESSAIS IN-SITU ET EN LABORATOIRE
NIVEAU GÉODÉSIQUE	TYPE ET NUMÉRO			ÉTAT	wP (%)	wL (%)		
0.15	41.44	SOL ORGANIQUE ARGILE SILTEUSE , traces de sable, de plasticité élevée (CH).		VR-1	X	38	28	31
0.30								
0.45								
0.60								
0.75								
1.50	40.09	Fin du sondage.						

RAPPORT DE SONDAGE

PROFONDEUR (m)		DESCRIPTION	NIVEAU D'EAU	ÉCHANTILLONS		LIMITES DE CONSISTANCE		ESSAIS IN-SITU ET EN LABORATOIRE
NIVEAU GÉODÉSIQUE	TYPE ET NUMÉRO			ÉTAT	wP (%)	wL (%)		
0.15	41.45	SOL ORGANIQUE ARGILE SILTEUSE , traces de sable, de plasticité élevée (CH).		VR-1	X	46	32	44
0.30								
0.45								
0.60								
0.75								
1.50	40.10	Fin du sondage.						

LÉGENDE:

- Type d'échantillon
- CF: Carotier fendu
- TM: Tube à paroi mince
- CR: Carotier diamanté
- Essais
- cu: Résistance au cisaillement à l'état intact, mesurée au scléromètre de chantier, kPa
- cus: Résistance au cisaillement à l'état intact, mesurée au cône subéol, kPa
- N₆₀: Coupes / 300 mm pénétromètre dynamique au cône
- G: Analyse granulométrique par tamisage et lavage
- I_p: Indice de liquidité, %
- N: Indice de pénétration (essai de pénétration standard, SPI)
- w: Teneur en eau, %
- w_L: Limite de liquidité, %
- w_p: Limite de plasticité, %
- Niveau d'eau

DOSSIER : B16488L-07 (G06268-3A)		
OB 12 18	ÉMIS POUR SOUMISSION	G.D.
A M J	NATURE DE MODIFICATION	PAR
OB 06 18	DATE D'ÉMISSION DU PLAN	
TECHNICIEN : MICHEL PARENT		


 PRÉPARÉ PAR : Ahmed Ouarzidini, ing., M.Sc.
 VÉRIFIÉ PAR : Gilles Dussault, ing., M.S.

Transports Québec
 DIRECTION OUEST-DE-LA-MONTÉRÉGIE



RAPPORTS DES SONDAGES

IDENTIFICATION TECHNIQUE	30
P.O.-08-16962	30
IDENTIFICATION REGROUPEMENT	