

Le 9 mars 2007

Madame Maryse Hamann, ing., M.Ing.
Coentreprise Tecsuit - Séguin
301, boulevard Industriel
Châteauguay (Québec) J6J 4Z2

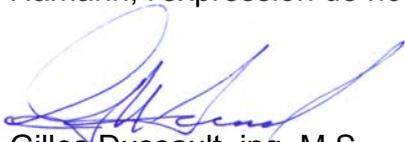
Notre dossier n° : G06268
Référence n° : rap-005

**Objet : Étude géotechnique
Relocalisation de la route 236, entre l'autoroute 30 et la route 132
Tronçon entre les P.K. 43+040 et 43+890
Beauharnois, Québec**

Madame,

Veillez trouver ci-joint le rapport concernant l'étude géotechnique effectuée par Qualitas Géoconseil inc., dans le cadre du projet mentionné en titre.

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



Gilles Dussault, ing. M.S.
Président
GD/jb

p.j.

c.c. M. Pierre Seutin, ing. (Groupement CBR)
M. René Séguin, ing. (Coentreprise Tecsuit - Séguin)
M. Daniel Robert, ing. (MTQ)

ÉTUDE GÉOTECHNIQUE

RELOCALISATION DE LA ROUTE 236, ENTRE
L'AUTOROUTE 30 ET LA ROUTE 132
TRONÇON ENTRE LES P.K. 43+040 ET 43+890
BEAUHARNOIS, QUÉBEC

COENTREPRISE TECSULT - SÉGUIN
301, BOULEVARD INDUSTRIEL
CHÂTEAUGUAY (QUÉBEC) J6J 4Z2

Dossier n° : G06268

Mars 2007

Référence n° : rap-005

DISTRIBUTION : Mme Maryse Hamann, ing., M.Ing. (Coentreprise Tecslult - Séguin)
(2 copies)
M. Pierre Seutin, ing. (Groupement CBR) (1 copie)
M. René Séguin, ing. (Coentreprise Tecslult - Séguin) (1 copie)
M. Daniel Robert, ing. (MTQ) (1 copie)

TABLE DES MATIÈRES

	<u>Page</u>
1	INTRODUCTION..... 1
2	MÉTHODE DE LA RECONNAISSANCE..... 2
2.1	Sondages..... 2
2.2	Travaux d'arpentage..... 3
2.3	Travaux en laboratoire..... 4
3	NATURE ET CARACTÉRISTIQUES DES SOLS ET DU ROC..... 6
3.1	Sol organique..... 6
3.2	Remblai..... 7
3.2.1	Remblai d'argile..... 7
3.2.2	Remblai hétérogène..... 8
3.2.3	Remblai (sable graveleux)..... 8
3.3	Argile silteuse..... 9
3.4	Till..... 10
3.5	Roc..... 11
3.6	Eau souterraine..... 11
4	COMMENTAIRES ET RECOMMANDATIONS..... 13
4.1	Route 236..... 13
4.1.1	Excavations..... 14
4.1.2	Infiltrations d'eau souterraine..... 16
4.1.3	Potentiel d'utilisation des matériaux excavés pour le remblayage..... 16
4.1.4	Pentes de transition..... 18
4.1.5	Préparation de l'infrastructure..... 19
4.1.6	Chaussée routière..... 19
4.2	Conduite d'égout pluvial..... 26
4.2.1	Excavations temporaires..... 27
4.2.2	Mise en place de la conduite d'égout pluvial..... 32
4.2.3	Remblayage autour des regards..... 33
4.3	Stabilité des pylônes à proximité des excavations..... 36
5	VALIDITÉ DES RÉSULTATS DE L'ÉTUDE..... 38

TABLE DES MATIÈRES (suite)

LISTE DES ANNEXES

Nombre
de pages

ANNEXE 1	-	Portée de l'étude	1
ANNEXE 2	-	Rapports de sondage	11
ANNEXE 3	-	Résultats des essais de laboratoire	2
ANNEXE 4	-	Dessins – Résultats des essais en laboratoire - Localisation et rapports des sondages	3

1 INTRODUCTION

Les services de Qualitas Géoconseil inc. ont été retenus par la coentreprise Tecslut-Séguin pour effectuer une étude géotechnique sur un tronçon de la route 236 projetée, entre les P.K. 43+040 et 43+890, dans le cadre global du projet de relocalisation de la route 236, entre l'autoroute 30 et la route 132, à Beauharnois au Québec. L'étude a été effectuée conformément aux termes de la proposition de service professionnel n° PG-6081-rév.1 du 18 septembre 2006.

Cette étude a été effectuée dans le but de déterminer 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 l'aménagement du tronçon à l'étude et la construction de la chaussée.

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 la coentreprise Tecslut-Séguin, mandataire du MTQ dans le cadre du projet ci-haut décrit. Toute modification au projet doit être soumise à Qualitas Géoconseil, 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 sur le terrain se sont déroulés entre le 20 novembre et le 6 décembre 2006. Ceux-ci ont consisté en l'exécution de 5 forages identifiés F-41 à F-45 sous la surveillance constante d'un technicien expérimenté en géotechnique. Des sondages au scissomètre Nilcon ont également été exécutés à proximité de 4 des 5 forages (F-41 à F-43 et F-45). Enfin, 2 sondages au piézocône ont été effectués à proximité des forages F-41 et F-42 et sont identifiés PC-41 et PC-42, respectivement.

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 forages effectués.

TABLEAU 1
INFORMATIONS SUR LES FORAGES

SONDAGE N°	P.K.	COORDONNÉES SCOPQ NAD 83		NIVEAU DE LA SURFACE DU TERRAIN (m)	PROFONDEUR ATTEINTE (m)
		Est (x)	Nord (y)		
F-41	43+160	273 544	5 018 698	46,68	11,43
F-42	43+280	273 493	5 018 806	46,26	10,19
F-43	43+600	273 534	5 019 115	41,50	9,20
F-45	43+690	273 568	5 019 200	39,26	5,64
F-44	43+780	273 591	5 019 284	35,95	4,65

Les 5 forages ont été exécutés à l'aide de foreuses hydrauliques de marque Diedrich, modèles D-25 et D-50. L'avancement des forages a été effectué par la rotation simultanée de tubes de calibre « NW » et d'un trépan à molettes.

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. Cette procédure permet d'obtenir l'indice de pénétration « N » qui indique l'état de compacité des sols pulvérulents.

Le roc a été atteint dans les 3 forages F-43 à F-45. Il a été carotté à l'aide d'un tube carottier à paroi double de calibre NQ sur des longueurs comprises entre un minimum de 1,53 m (F-45) et un maximum de 1,73 m (F-43).

La résistance au cisaillement non drainé de l'argile a été mesurée à des intervalles de 0,5 m sur toute l'épaisseur du remblai d'argile et du dépôt naturel d'argile dans les 4 forages F-41 à F-43 et F-45.

Les sondages au piézocône ont été exécutés dans des avant-trous d'une profondeur d'environ 1,1 m, à l'aide d'une sonde numérique de marque Hogentogler, DTA - 0652, de pointe u_2 , de longueur de 440 mm et d'une capacité de 5 tonnes. La sonde a été enfoncée à l'aide d'une foreuse hydraulique de marque Diedrich, modèle D-50, à une vitesse de 600 mm/min. Les mesures ont été effectuées à des intervalles de 10 mm. Les sondages PC-41 et PC-42 ont été arrêtés au refus à la pénétration du piézocône, aux profondeurs respectives de 10,63 et 10,60 m.

Finalement, 2 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 dans les forages F-41 et F-43. Des tubes de plastique rigides, perforés à leur extrémité inférieure, ont été installés dans les trous des forages F-44 et F-45.

2.2 TRAVAUX D'ARPENTAGE

La localisation et le nivellement des 5 forages ont été effectués sur le terrain, en coordonnées x, y et z, par le personnel de Qualitas Géoconseil.

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 Tecslult. Ces plans portent les numéros TA20-5400-9301-X2-3, dessins 4/10 et 5/10, en date du 19 mai 2006.

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 Gouvernement du Québec, ministère des Ressources naturelles et de la Faune. 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 porte le numéro 86K0964 et son niveau est de 41,807 m.

Les emplacements des sondages sont indiqués sur les dessins *Localisation des sondages* de l'annexe 4, préparés à partir d'un fichier informatique transmis par le représentant de Tecslult-Séguin. Les coordonnées x, y et z des sondages sont présentées au tableau 1 du présent rapport.

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 matériaux en place ont été soumis aux analyses en laboratoire indiquées au tableau 2.

TABLEAU 2
ESSAIS EN LABORATOIRE

TYPE	NOMBRE
Teneur en eau	12
Limites d'Atterberg	6

Les résultats de ces essais ont été utilisés pour l'identification des sols et leur description et apparaissent sur les rapports de forage de l'annexe 2. Les résultats des limites d'Atterberg sont présentés sur les abaques de plasticité des figures 1 et 2 de l'annexe 3.

Les échantillons n'ayant pas servi aux essais, seront conservés jusqu'au mois de juin 2007. Après cette date, ils seront éliminés à moins d'avis contraire de la part de Tecsalt - Séguin ou du MTQ.

3 NATURE ET CARACTÉRISTIQUES DES SOLS ET DU ROC

La description détaillée des sols rencontrés dans les sondages est présentée sur les rapports individuels de ces sondages, joints à l'annexe 2. La stratigraphie observée est résumée au tableau 3 et consiste principalement en un remblai ou une couche de sol organique en surface, recouvrant un dépôt d'argile silteuse, lequel prend appui directement sur le roc ou par l'intermédiaire d'un dépôt de till. La nature et les caractéristiques des matériaux en place sont décrites ci-après.

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

SONDAGE N°	P.K.	REMBLAI		ARGILE SILEUSE		TILL		ROC	
		Niveau supérieur (m)	Épaisseur (m)	Niveau supérieur (m)	Épaisseur (m)	Niveau supérieur (m)	Épaisseur (m)	Niveau supérieur (m)	Longueur forée (m)
F-41	43+16 0	46,68	5,10 ⁽¹⁾	41,58	5,26	36,32	1,07	35,25 ⁽⁴⁾	0
F-42	43+28 0	46,26	5,18 ⁽²⁾	41,08	5,01	36,07 ⁽⁵⁾	-	-	-
F-43	43+60 0	41,50	3,80	37,70	2,75	34,95	0,92	34,03	1,73
F-45	43+69 0	-	-	39,26	4,11 ⁽³⁾	-	-	35,15	1,53
F-44	43+78 0	35,95	0,61	35,34	1,52	33,82	0,97	32,85	1,55

Notes 1 : Présence d'une couche de sols organiques de 70 mm d'épaisseur à la base du remblai.
 2 : Présence d'une couche de sols organiques de 150 mm d'épaisseur à la base du remblai.
 3 : Présence d'une couche de sols organiques de 80 mm d'épaisseur au-dessus de l'argile.
 4 : Refus à l'enfoncement de la tarière, probablement sur le roc.
 5 : Refus à l'essai de pénétration dynamique au cône, probablement sur le till.

3.1 SOL ORGANIQUE

Une couche de sol organique recouvre la surface à l'emplacement du forage F-45. L'épaisseur de cette couche est de 0,08 m. De plus, aux forages F-41 et F-42, une couche de sol organique, d'épaisseurs respectives de 0,07 et 0,15 m, est présente sous le remblai.

3.2 REMBLAI

Des matériaux de remblai ont été rencontrés directement à partir de la surface dans 4 des 5 forages, soit les forages F-41 à F-44. La composition et les propriétés de ces remblais sont variables et seront discutées séparément dans les paragraphes qui suivent. Aucun remblai n'a été rencontré dans le forage F-45.

3.2.1 Remblai d'argile

Des matériaux de remblai constitués d'argile silteuse avec des traces de sable ont été rencontrés dans les forages F-41 et F-42 sur des épaisseurs respectives de 5,10 et 5,18 m. Ces 2 forages avaient été implantés à ces endroits afin de caractériser les matériaux d'une butte d'environ 4 à 5 m de hauteur, comprise entre les P.K. 43+110 et 43+340, soit sur une longueur d'environ 230 m dans l'axe projeté de la route 236. D'après les informations obtenues, ces matériaux de remblai proviendraient des excavations effectuées pour la construction du canal Beauharnois, dans les années 50.

Des échantillons représentatifs ont été soumis à une détermination des limites d'Atterberg et à 7 déterminations de la teneur en eau. Les résultats des limites d'Atterberg sont présentés sur l'abaque de plasticité de la figure 1 de l'annexe 3. Selon le système unifié de classification des sols (ASTM D 2487), il s'agit d'un « CH », soit une argile de plasticité élevée. D'autre part, la teneur en eau mesurée à 7 reprises a varié entre 32 et 46 % avec une seule valeur de 56 % mesurée à la base du remblai au forage F-42. Basé sur ces résultats, l'indice de liquidité (I_L) de l'argile du remblai devrait généralement être inférieur à 0,5. Il n'est pas à exclure toutefois que l'indice de liquidité soit supérieur à 0,5 à certains endroits, comme par exemple à la limite inférieure du remblai au forage F-42.

La résistance au cisaillement non drainé de l'argile a été mesurée à l'aide d'un scissomètre « Nilcon » à proximité des forages F-41 et F-42.

Les résultats des essais indiquent qu'au forage F-41, la résistance au cisaillement mesurée oscille entre des valeurs comprises entre un minimum de 65 kPa et un maximum de 169 kPa. Il s'agit donc à cet endroit d'une argile de consistance raide à très raide.

Par ailleurs, dans le forage F-42, le profil de résistance au cisaillement mesuré est relativement régulier et les résultats sont compris entre 25 et 41 kPa. Dans ce forage, l'argile est donc de consistance ferme.

Les valeurs de résistance en pointe (q_t) et de frottement (f_s) obtenues à l'aide du piézocône dans les sondages PC-41 et PC-42 confirment ces observations.

En résumé, les résultats des forages F-41 et F-42 ont révélé que les propriétés mécaniques de l'argile du remblai sont très variables d'un forage à l'autre et même en fonction de la profondeur dans le forage F-41.

3.2.2 Remblai hétérogène

Dans le forage F-43, implanté au P.K. 43+600, un remblai a été rencontré directement en surface sur une épaisseur de 3,80 m. Il s'agit de matériaux hétérogènes et 2 horizons distincts ont été traversés, soit :

- de l'argile silteuse avec des traces de sable et de gravier ainsi que des matières organiques, de consistance très raide à dure, sur une épaisseur de 1,40 m;
- du gravier sableux avec des traces de silt, contenant des cailloux et des blocs entre les profondeurs de 1,40 et 3,80 m.

3.2.3 Remblai (sable graveleux)

Dans le forage F-44 (P.K. 43+780), un remblai de 0,61 m d'épaisseur est présent à partir de la surface. Il est constitué d'un sable graveleux avec des traces de silt.

3.3 ARGILE SILTEUSE

Tel qu'indiqué au tableau 3 de la page 6, un dépôt naturel d'argile silteuse a été rencontré dans les 5 forages effectués sur le tronçon à l'étude, sur des épaisseurs comprises entre un maximum de 5,26 m dans le forage F-41 (P.K. 43+160) et un minimum de 1,52 m dans le forage F-44 (P.K. 43+780). De façon générale, l'épaisseur semble de l'ordre de 5 m dans le tiers sud du tronçon pour diminuer graduellement en direction nord.

Le tableau 4 présente les résultats des déterminations des limites d'Atterberg et de la teneur en eau effectuées sur des échantillons représentatifs prélevés dans les 5 forages.

TABLEAU 4
PROPRIÉTÉS PHYSIQUES DE L'ARGILE SILTEUSE

SONDAGE N°	ÉCH. N°	PROFONDEUR (m)		TENEUR EN EAU	LIMITES D'ATTERBERG			I _L	USCS ⁽¹⁾
		de	à	W (%)	W _L (%)	W _p (%)	I _p (%)		
F-41	CF-5	6,10	6,71	37	67	24	43	0,3	CH
	CF-6	7,62	8,23	47	-	-	-	-	-
	CF-7	9,14	9,75	37	-	-	-	-	-
F-42	CF-5	6,10	6,71	41	73	31	42	0,2	CH
	CF-6	6,71	7,32	44	-	-	-	-	-
F-43	CF-8	3,81	4,42	41	77	25	52	0,3	CH
	CF9	4,57	5,18	47	-	-	-	-	-
F-44	CF-2	0,76	1,37	41	66	26	40	0,4	CH
F-45	CF-2	1,52	2,13	40	-	-	-	-	-
	CF-3	3,05	3,66	38	67	25	42	0,3	CH

Note 1 : Système unifié de classification des sols (ASTM D 2487).

À la lumière des résultats présentés au tableau 4, il s'agit d'une argile de plasticité élevée, soit un « CH ». Il est également intéressant de souligner que la teneur en

eau est légèrement supérieure à la limite de plasticité. Il en résulte que les valeurs de l'indice de liquidité (I_L) sont comprises entre 0,2 et 0,4.

La résistance au cisaillement non drainée de l'argile a été mesurée dans tous les forages à l'exception du forage F-44. À cet endroit, le dépôt ne fait que 1,52 m d'épaisseur et la consistance de l'argile était de beaucoup supérieure à la capacité de mesure du scissomètre « Nilcon ». L'argile est donc de consistance dure à cet endroit. Dans les 4 autres forages, à plusieurs occasions, la résistance au cisaillement s'est avérée supérieure à la capacité de mesure de l'appareil « Nilcon » et dans la très grande majorité des cas, la résistance au cisaillement est supérieure à 100 kPa. Il en résulte que la consistance de l'argile peut généralement être qualifiée de dure à très raide. Exceptionnellement, des valeurs de résistance au cisaillement comprises entre 50 et 100 kPa ont été mesurées à la limite inférieure du dépôt d'argile dans les forages F-41 et F-43. À ces endroits, l'argile est de consistance ferme.

Enfin, les 2 sondages au piézocône PC-41 et PC-42 confirment les résultats décrits précédemment pour les forages F-41 et F-42.

3.4 TILL

Un dépôt de till a été rencontré sous le dépôt d'argile silteuse aux forages F-41, F-43 et F-44. L'épaisseur de ce dépôt est faible et est comprise entre 0,92 m et 1,07 m. Le dépôt de till est absent au forage F-45.

La matrice du dépôt de till (particules < 35 mm) est composée principalement d'un sable siltieux avec un peu ou des traces de gravier et des traces d'argile. Le matériau contient des cailloux et des blocs au forage F-44 et des cailloux à la base du dépôt au forage F-43. Compte tenu de l'origine glaciaire du dépôt, il est probable que de tels éléments soient également présents ailleurs dans le dépôt.

Les valeurs de l'indice de pénétration « N » mesurées dans le dépôt de till aux forages F-41 et F-43 sont respectivement de 31 et 39. Ceci indique que le matériau est dans un état de compacité dense.

3.5 ROC

Le roc a été carotté dans les forages F-43, F-44 et F-45. De plus, un refus à l'enfoncement de la tarière, probablement sur le roc, a été observé au forage F-41.

Le roc consiste en une roche sédimentaire constituée d'un grès à grain fin à moyen. Le massif de roc est fracturé et les joints sont généralement très rapprochés à moyennement espacés.

L'indice de qualité du roc (RQD) est une mesure indirecte du nombre de fractures et de l'ampleur de l'altération du massif rocheux. Les valeurs mesurées sur les carottes de calibre NQ, soit de 47,6 mm de diamètre, prélevées dans les forages F-43, F-44 et F-45 indiquent que le roc est de qualité bonne à moyenne.

3.6 EAU SOUTERRAINE

Des lectures ont été effectuées le 8 décembre 2006 dans les piézomètres à pointe poreuse de type Casagrande installés sous le dépôt d'argile silteuse aux forages F-41 et F-43. Des lectures ont également été effectuées dans les tubes en plastique rigides perforés, dans leur extrémité inférieure, installés dans les trous des forages F-44 et F-45. Ces mesures ont permis de déterminer le niveau piézométrique de la nappe dans les formations sous-jacentes au dépôt d'argile silteuse, tels que le roc et le till. Le tableau 5 ci-dessous présente les résultats des lectures effectuées.

TABLEAU 5 **NIVEAU DE L'EAU SOUTERRAINE (2006-12-08)**

FORAGE N°	Profondeur (m)	Niveau (m)
F-41	7,45	39,23
F-43	2,25	39,25
F-44	1,50	34,45
F-45	3,17	36,09

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

Les travaux projetés entre les P.K. 43+040 et 43+890 comprennent 2 ouvrages principaux, soit :

- la route 236;
- la conduite d'égout pluvial profonde.

Les recommandations géotechniques pertinentes pour ces 2 ouvrages seront discutées séparément dans les paragraphes qui suivent.

4.1 ROUTE 236

Le tronçon de la route 236 compris entre les P.K. 43+040 et 43+890 peut être divisé en 4 secteurs distincts en fonction du profil projeté de la chaussée de la route par rapport au profil du terrain. Ces 4 secteurs sont les suivants :

- Secteur 1 : du P.K. 43+040 au P.K. 43+110 (longueur : 70 m)
Ce secteur est caractérisé par un profil de la chaussée approximativement au même niveau que celui du terrain existant. Les sols au niveau de la ligne d'infrastructure devraient être ceux du dépôt naturel d'argile de consistance dure à très raide.
- Secteur 2 : du P.K. 43+110 au P.K. 43+340 (longueur : 230 m)
Ce secteur est caractérisé par un profil de la chaussée en déblai de 4 à 5 m de hauteur par rapport au profil du terrain existant. Tel qu'observé dans les forages F-41 et F-42, les matériaux excavés devraient être ceux du remblai d'argile silteuse provenant selon toute probabilité des excavations effectuées lors de la construction du canal de Beauharnois dans les années 50. Les sols au niveau de la ligne d'infrastructure devraient être ceux du dépôt naturel d'argile de consistance dure à très raide et dont l'indice de liquidité (I_L) est inférieur ou égal à 0,4.

- Secteur 3 : du P.K. 43+340 au P.K. 43+540 (longueur : 200 m)

Ce secteur est caractérisé par un profil de chaussée en déblai ou en remblai sur des hauteurs de l'ordre de 1 m. Les sols au niveau de la ligne d'infrastructure devraient consister en ceux du dépôt naturel d'argile silteuse de consistance dure à très raide et dont l'indice de liquidité (I_L) est inférieur ou égal à 0,4.

- Secteur 4 : du P.K. 43+540 au P.K. 43+890 (longueur : 350 m)

Ce secteur est caractérisé par un profil de chaussée en déblai sur une hauteur de l'ordre de 3 à 4 m par rapport au profil du terrain. Les matériaux excavés consisteront d'abord en ceux du remblai hétérogène tels que rencontrés dans le forage F-43. Par la suite, il s'agit principalement des matériaux du dépôt naturel d'argile de consistance dure à très raide.

Dans les 150 derniers mètres du secteur 4, soit approximativement à partir du P.K. 43+750, il est possible que la ligne d'infrastructure de la chaussée soit située dans le dépôt naturel de till ou le roc.

4.1.1 Excavations

4.1.1.1 Secteur 2 : du P.K. 43+110 au P.K. 43+340

Dans le secteur 2 du tronçon, les excavations requises pour la construction de la route 236 atteindront des hauteurs de l'ordre de 5 à 6 m. Ces excavations se feront essentiellement dans les matériaux du remblai d'argile décrits à la section 3.2.1 du rapport.

Une analyse de la stabilité à long terme des talus a été effectuée par la méthode des tranches de Bishop modifié, à l'aide du logiciel Geoslope. Compte tenu des propriétés mécaniques variables mesurées dans le remblai d'argile silteuse, une approche prudente a été retenue pour la sélection des paramètres géotechniques utilisés pour l'analyse de stabilité. Les paramètres utilisés sont les suivants :

- angle de frottement interne ϕ' = 28°
- cohésion C' = 5 kPa

Les analyses effectuées indiquent que les pentes permanentes des talus de la route 236 dans le secteur 2 doivent être profilées avec une inclinaison de 1 V : 2 H ou moins abruptement. Avec une telle inclinaison, le coefficient de sécurité « FS » contre une rupture des sols par cisaillement est supérieur à 1,5.

4.1.1.2 Secteur 4 : du P.K. 43+540 au P.K. 43+890

Dans le secteur 4 du tronçon, les excavations requises pour la construction de la route 236 atteindront des hauteurs de 3 à 4 m. Les matériaux excavés seront de nature variable dans ce secteur. Ainsi, il pourra s'agir de matériaux hétérogènes de remblai tels que rencontrés dans le forage F-43, de l'argile de consistance dure à très raide telle que rencontrée dans les forages F-45 et F-44, ou encore du mince dépôt de till présent sous le dépôt d'argile comme par exemple au forage F-44. Dans les matériaux hétérogènes de remblai et dans le dépôt naturel de till, les pentes des excavations permanentes pourront être profilées avec des inclinaisons de 1 V : 2 H.

Par ailleurs, dans le dépôt naturel d'argile de consistance dure à très raide, tel que rencontré dans les forages F-44 et F-45, une analyse de la stabilité à long terme des talus a été effectuée. Les propriétés géotechniques de l'argile silteuse ont été déterminés à partir des relations proposées par Lefebvre (1981)¹. Les paramètres utilisés dans les analyses de stabilité sont les suivants :

- angle de frottement interne ϕ' = 30°
- cohésion C' = 7,5 kPa

Les analyses effectuées indiquent que les pentes permanentes des talus de la route 236 dans le dépôt naturel d'argile doivent être profilées avec une inclinaison de 1 V : 2 H ou moins abruptement. Avec une telle inclinaison, le coefficient de sécurité « FS » contre une rupture des sols par cisaillement est supérieur à 1,5.

¹ Guy Lefebvre, 1981, *Fourth Canadian Geotechnical Colloquium: Strength and Slope Stability in Canadian Soft Clay Deposit*. NRCC.

En résumé, dans le secteur 4 compris entre les P.K. 43+540 et 43+890, les pentes permanentes des talus doivent être profilées avec une inclinaison de 1 V : 2 H ou moins abruptement, peu importe que les excavations soient effectuées dans les matériaux hétérogènes de remblai ou dans les dépôts naturels d'argile ou de till.

4.1.2 Infiltrations d'eau souterraine

Dans les secteurs 1 à 3 du tronçon à l'étude, le niveau de l'eau souterraine devrait se situer sous le niveau de la chaussée. Par contre, dans le secteur 4, les excavations requises pour la construction de la route 236 devraient se situer en partie sous le niveau de l'eau souterraine. Dans le dépôt naturel d'argile silteuse, les infiltrations d'eau devraient être négligeables compte tenu de la faible perméabilité de l'argile. Par contre, dans le remblai hétérogène présent au forage F-43 ou dans le dépôt de till sous-jacent à l'argile, les infiltrations d'eau pourront être importantes et un système efficace devra être mis en œuvre pour drainer adéquatement et éliminer les eaux d'infiltration.

Enfin, une attention particulière devra être apportée à la protection des matériaux exposés des talus afin d'en prévenir l'érosion que ce soit temporairement durant les travaux de construction ou de façon permanente.

4.1.3 Potentiel d'utilisation des matériaux excavés pour le remblayage

Une grande proportion des matériaux excavés provenant du remblai d'argile ou du dépôt naturel d'argile pourrait être utilisée avantageusement pour le remblayage sous le niveau de la ligne d'infrastructure ailleurs sur le tracé de la route 236, que ce soit :

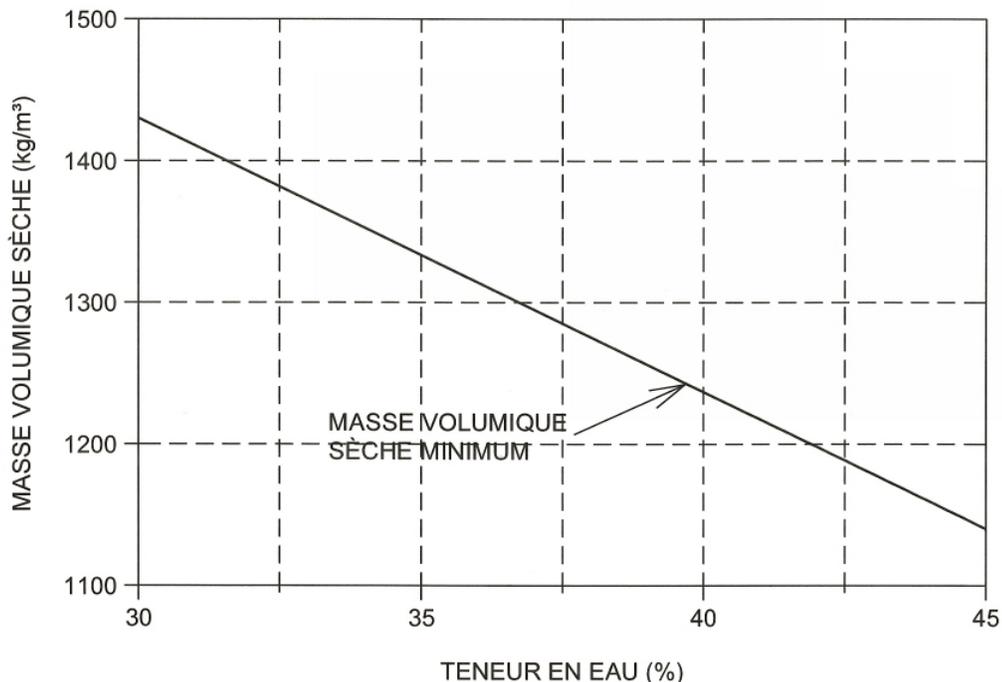
- pour le remblayage des dépressions situées approximativement aux P.K. 41+740 et 42+100;
- pour les remblais d'approche au pont ferroviaire de la route 236 au-dessus de la voie ferrée au P.K. 42+550 dans l'éventualité où cette option est retenue;

- pour le remblayage de la tranchée requise pour la mise en place de la conduite d'égout pluvial profonde.

Toutefois, 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, elle devra être mise en place en couches d'une épaisseur maximum de 200 mm. Le compactage pourra être effectué par le va-et-vient d'un bulldozer. 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 1 ci-après.

FIGURE 1
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 devrait avoir un indice de liquidité (IL) inférieur ou égal à 0,4 et pourra donc être réutilisée pour le remblayage.

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.

4.1.4 Penthes de transition

Pour une tranchée, si des sols de gélicités différentes de ceux des sols en place sont utilisés pour le remblayage, une pente de transition est nécessaire afin d'éviter des différences de soulèvement lorsqu'ils gèlent. Pour une tranchée transversale, la pente de transition dans les sols doit avoir une inclinaison de 1 V : 20 H et ce jusqu'à 1,8 m de profondeur par rapport à la surface finie de la chaussée. Cette inclinaison devrait être de 1 V : 3 H pour une tranchée longitudinale.

Par ailleurs, lors du passage d'un déblai à un remblai, en présence de sols de gélicités différentes, l'inclinaison des pentes de transition sont de 1 V : 20 H longitudinalement et 1 V : 3 H transversalement.

Dans tous les cas, au contact du sol et du roc, la valeur de l'inclinaison de la transition doit être de 1 V : 4 H.

Des transitions avec les chaussées existantes doivent être aménagées pour atténuer les comportements différentiels.

4.1.5 Préparation de l'infrastructure

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.

La surface de l'infrastructure doit être bien drainée et avoir une pente suffisante pour permettre un drainage adéquat et permanent.

Lorsque la surface de l'infrastructure est constituée de roc, celui-ci doit être brisé et laissé en place sur une épaisseur de 300 mm.

4.1.6 Chaussée routière

Plusieurs informations ont été fournies par les représentants de Tecslut - Séguin relativement à l'intensité du trafic sur la route 236 projetée. Il faut noter à cet effet qu'une partie du tronçon, située entre les P.K. 43+350 et 43+890 sera fortement sollicitée durant la construction de l'autoroute 30, soit durant les 3 premières années de la mise en service. Le trafic lourd devrait devenir moins intense suite à la mise en service de l'autoroute 30. Les principales informations obtenues sont résumées ci-après :

- mise en service : 2008;
- DJMA de conception (2008) : 6 000;
- pourcentage de véhicules lourds : 12 %;
- accroissement du trafic : 3 %;
- période de conception : 18 ans (3 ans + 15 ans);
- en plus du trafic prévu, la route 236 entre les P.K. 43+350 et 43+890 sera soumise à la circulation de 160 000 camions (80 000 camions chargés et 80 000 camions vides) au cours des 3 premières années (2008 à 2010);

- la couche de roulement de surface en revêtement bitumineux sera posée à la fin des 3 premières années durant lesquelles la chaussée est soumise à la circulation intense des camions.

Les informations relatives à la route 236 ont été obtenues du rapport d'avant-projet produit par SM Pelletier et associés ainsi que du représentant de Tecslut-Séguin par courriel et verbalement. Le rapport de SM Pelletier et associés 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.

4.1.6.1 Hypothèses retenues pour la conception structurale de la chaussée

Le tableau 6 suivant résume les hypothèses relatives à l'aspect structural de la conception.

TABLEAU 6
HYPOTHÈSES DE CONCEPTION STRUCTURALE

PARAMÈTRES	HYPOTHÈSES RETENUES
Classe de la route	Route régionale
Période de conception (après ouverture de l'A30)	15 ans
Voies de circulation	2 ⁽³⁾
Pourcentage de véhicules lourds	12 %
Coefficient d'agressivité moyen	2,0
Nombre de camions pleins (2008-2010)	90 camions / jour ⁽¹⁾
Coefficient d'agressivité des camions pleins	3,0
Nombre de camions vides (2008-2010)	90 camions / jour ⁽²⁾
Coefficient d'agressivité des camions vides	0,8
Pourcentage du trafic dans la voie de design	100 %
Augmentation annuelle du trafic	3 %
Nombre de jours annuels	300 jours
Notes 1 : 160 000 camions / 3 ans / 2 (50 % pleins) / 300 jours / an = 89 camions pleins / jour. 2 : 160 000 camions / 3 ans / 2 (50 % vides) / 300 jours / an = 89 camions vides / jour. 3 : Dans le tronçon à l'étude, du P.K. 43+040 au P.K. 43+890, la route aura 4 voies. Cependant, le nombre de voies devient 2 au sud de ce tronçon. Il s'avère, de plus, que la différence de l'épaisseur de la chaussée est mineure suite à ce changement.	

Selon ces hypothèses de conception, entre 2008 et 2010, la route 236 sera sollicitée par un trafic équivalent à environ 0,7 million d'ÉCAS entre les P.K. 43+040 et 43+350. Entre les P.K. 43+350 et 43+890, ce trafic équivalent sera d'environ 0,8 million d'ÉCAS. Après 18 ans de la mise en service de la route 236, celle-ci sera sollicitée par un trafic équivalent à 5,1 millions d'ÉCAS dans la première partie du tronçon et à 5,2 millions d'ÉCAS dans la seconde.

4.1.6.2 Hypothèses retenues pour la conception thermique

Le tableau 7 suivant résume les hypothèses relatives à l'aspect thermique de la conception.

TABLEAU 7
HYPOTHÈSES DE CONCEPTION THERMIQUE

Classe de la route	Route nationale
Nature des matériaux d'infrastructure	Argile (CH), till ou roc
Station météorologique de référence	Ormstown
Indice de gel normal	930 °C – jours
Indice de gel rigoureux	1 290 °C – jours

Il est utile de mentionner que, dans la partie du tronçon située entre les P.K. approximatifs de 43+040 et 43+750, le matériau d'infrastructure de la route sera constitué d'une argile de plasticité élevée (CH) dont l'indice de liquidité (I_L) est compris entre 0,2 et 0,4 et donc inférieur à 0,9. Les matériaux sous la ligne d'infrastructure, dans la partie du tronçon située approximativement entre les P.K. 43+750 et 43+890, devraient être constitués de till dont la matrice est composée de sable silteux avec des traces de gravier et d'argile ou de roc.

4.1.6.3 Épaisseur de chaussée requise

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 les matériaux décrits ci-dessus.

Ces chaussées ont été établies selon la méthode de dimensionnement des chaussées du MTQ, adaptée de la méthode AASHTO *Design of Pavement Structure*, en utilisant le logiciel *Chaussée 2*. Cette protection partielle contre le gel a pour but de limiter les effets du gel sur l'ouverture des fissures et sur l'uni, mais aussi pour éloigner de la surface les horizons de sol qui subissent des pertes de capacité de support au moment du dégel. Les structures de chaussée proposées pour chacune des 2 parties du tronçon à l'étude sont présentées aux tableaux 8 et 9 ci-après.

TABLEAU 8
STRUCTURE DE CHAUSSÉE PROPOSÉE
CONSTRUCTION DE LA ROUTE 236
P.K. 43+040 AU P.K. 43+350 (5,1 MILLIONS D'ÉCAS)
P.K. 43+350 AU P.K. 43+750 (5,2 MILLIONS D'ÉCAS)

ÉLÉMENTS DE LA CHAUSSÉE	MATÉRIAU	ÉPAISSEUR (mm)
Revêtement final (après 3 ans)	ESG-10 (bitume PG-70-28)	50
Revêtement initial Couche de roulement	ESG-14 (bitume PG 70-28)	55
Couche de base	GB-20 (bitume PG 64-28)	75
Fondation	MG 20	250
Sous-fondation	MG 112	500
Épaisseur totale :		930

La structure de chaussée proposée au tableau 8, ci-dessus, tient compte que le matériau sous la ligne d'infrastructure est constitué d'argile dont l'indice de liquidité (I_L) est inférieur à 0,9, c'est-à-dire les matériaux actuellement en place.

TABLEAU 9
STRUCTURE DE CHAUSSÉE PROPOSÉE
CONSTRUCTION DE LA ROUTE 236
P.K. 43+750 AU P.K. 43+890 (5,2 MILLIONS ÉCAS)

ÉLÉMENT DE LA CHAUSSÉE	MATÉRIAU	ÉPAISSEUR (mm)
Revêtement final (après 3 ans)	ESG-10 (bitume PG-70-28)	50
Revêtement initial Couche de roulement	ESG-14 (bitume PG 70-28)	55
Couche de base	GB-20 (bitume PG 64-28)	75
Fondation	MG 20	150
Couche de transition ⁽¹⁾ ⁽²⁾	MG 56	225 ⁽¹⁾
Épaisseur totale :		555
Notes 1 : Le MG 56 peut être remplacé par un MG 20. Dans ce cas, une membrane géotextile de type III est requise entre la couche de roc brisé et le MG 20. 2 : La couche de transition recouvre une couche de roc brisé. Référence : dessin normalisé II-2-004, Chaussée sur roc.		

La structure de chaussée proposée au tableau 9, ci-dessus, tient compte que le matériau sous la ligne d'infrastructure est constitué de roc. En présence d'une tranchée dans le roc pour la conduite profonde, une transition d'une inclinaison de 1 V : 4 H doit être pratiquée au contact du roc et du sol.

Enfin, en présence de till comme matériau sous la ligne d'infrastructure, c'est la structure de chaussée proposée au tableau 8 qu'il faut utiliser.

4.1.6.4 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.

La couche de sol organique rencontrée sous le remblai doit être enlevée si elle se trouve à la profondeur de 1,5 m ou moins par rapport à la surface finie de la chaussée de la route.

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 4.1.3 du présent rapport.

Les matériaux MG 112 de la sous-fondation et MG 20 et MG 56 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 *Cahier des charges et devis généraux* (CCDG). Ces matériaux doivent être mis en place en couches d'une épaisseur maximale de 300 mm, chacune des couches étant compactée séparément. 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). Les matériaux de la fondation MG 20 et MG 56 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.

Les structures de chaussée proposées ne sont pas conçues 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.

4.2 CONDUITE D'ÉGOUT PLUVIAL

En tenant compte de l'hypothèse que le tracé de la route 236 passera sous la voie ferrée de CSX Transportation au P.K. 42+550, la construction d'une conduite d'égout pluvial profonde sera requise sur toute la longueur du tronçon de la route 236 compris entre les P.K. 43+040 et 43+890. Par ailleurs, la possibilité que le tracé de la route 236 passe par-dessus la voie ferrée sur un pont est toujours à l'étude. Dans cette éventualité, la construction de la conduite d'égout pluvial profonde ne serait alors pas requise.

Les informations concernant le niveau projeté du radier de la conduite au droit des 5 forages sont présentées au tableau 10 en relation avec le niveau de la surface du terrain et celui du roc.

TABLEAU 10
NIVEAUX DU RADIER DE LA CONDUITE

SONDAGE N°	P.K.	SURFACE DU TERRAIN NIVEAU (m)	SURFACE DU ROC		RADIER DE LA CONDUITE	
			Profondeur (m)	Niveau (m)	Profondeur (m)	Niveau (m)
F-41	43+160	46,68	11,43 ⁽¹⁾	35,25 ⁽¹⁾	13,68	33,00
F-42	43+280	46,26	10,19 ⁽²⁾	36,07 ⁽²⁾	13,56	32,70
F-43	43+600	41,50	7,47	34,03	9,50	32,00
F-45	43+690	39,26	4,11	35,15	7,36	31,90
F-44	43+780	35,95	3,10	32,85	7,25	28,70

Notes 1 : Refus à l'enfoncement de la tarière, probablement sur le roc.
2 : Refus à l'essai de pénétration dynamique au cône, probablement sur le till ou sur le roc.

À l'examen du tableau 10, il ressort que le radier de la conduite d'égout pluvial devrait se situer dans le roc sur toute la longueur du tronçon à l'étude, soit entre les P.K. 43+040 et 43+890.

4.2.1 Excavations temporaires

4.2.1.1 Nature des matériaux à excaver

Les résultats des sondages indiquent que les excavations à effectuer pour mettre en place la conduite d'égout pluvial se feront dans les sols et dans le roc. De façon générale, les sols à excaver sous la ligne d'infrastructure de la route consisteront principalement en de l'argile silteuse du dépôt naturel mais aussi du till, comme c'est le cas aux forages F-41 et F-43.

L'excavation dans le roc sera probablement nécessaire dans l'ensemble du tronçon sur des épaisseurs de 2 m ou plus, mais pourra excéder 4 m dans le secteur 4 situé entre les P.K. 43+750 et 43+890.

Il résulte de ce qui précède qu'une quantité importante de matériaux argileux et de roc sera excavée et le potentiel de réutilisation de ces matériaux pour le remblayage des tranchées devient alors important.

Enfin, il est peu probable que le roc puisse être excavé avec une pelle hydraulique ou autre équipement généralement utilisé dans les excavations dans le mort-terrain. L'excavation à l'aide d'un marteau piqueur hydraulique de type « Tramac » pourrait également s'avérer difficile. À cet effet, l'utilisation d'explosifs pourrait s'avérer nécessaire.

4.2.1.2 Inclinaison des pentes d'excavation

Une analyse de stabilité des talus en déblai a été effectuée pour différentes possibilités afin de définir la géométrie la plus appropriée pour les excavations. Les résultats finaux sont présentés ci-après.

Il est utile de mentionner que les excavations seront effectuées avec des pentes permanentes entre la surface du terrain existant et la ligne d'infrastructure de la route 236 ou le fond des fossés longeant cette route. Plus en profondeur, sous la ligne d'infrastructure, l'excavation est prévue uniquement pour permettre l'installation de la conduite d'égout pluvial. Les pentes de l'excavation, sous la route, seront donc temporaires et la tranchée sera remblayée immédiatement après la mise en place de la conduite.

Enfin, en plus du respect des inclinaisons de pente recommandées ci-après, il est recommandé que les exigences du *Code de sécurité pour les travaux de construction (2001, S-21, r.6)* de la CSST soient suivies. À cet effet, les précautions nécessaires pour assurer la stabilité des pentes de même que la sécurité des travailleurs, des ouvrages à construire ainsi que des structures existantes sont sous l'entière responsabilité de l'entrepreneur.

a) Pentec d'excavation temporaires dans les sols

Le calcul de stabilité a été effectué en contraintes totales en utilisant des surfaces de rupture potentielles circulaires avec la méthode des tranches de Bishop modifié et en utilisant le logiciel Geoslope.

Le calcul de la stabilité des pentes temporaires dans les sols a été effectué en tenant compte des pentes permanentes de la route en déblai décrites précédemment.

Par ailleurs, les calculs de stabilité ont été effectués en posant l'hypothèse qu'aucun chargement permanent ou temporaire n'est présent au haut des talus de sol à une distance du sommet de la pente égale au moins à la profondeur de la tranchée avec un minimum de 15 m. De plus, la circulation des véhicules et équipements en haut des excavations doit être évitée ou du moins limitée le plus possible.

Le coefficient de sécurité minimum « FS » retenu pour assurer la stabilité des talus est de 1,5.

Les hypothèses des calculs de stabilité et la géométrie des talus temporaires en déblai sont décrites ci-après :

- inclinaison de la pente permanente en déblai de la route, de la surface du terrain jusqu'à la ligne d'infrastructure : 1 V : 2 H;
- profondeur approximative du radier de la conduite : 7,0 à 15,5 m entre les P.K. 43+040 et 43+820 et diminue graduellement par la suite jusqu'à la profondeur d'environ 4 m au P.K. 43+890;
- excavation sur la pleine épaisseur du mort-terrain;
- le radier de la conduite à installer est situé dans le roc.

En posant ces hypothèses, l'excavation temporaire requise dans le mort-terrain pour la mise en place de la conduite sous le niveau de la chaussée de la route 236 pourra être profilée avec des pentes de 2 V : 1 H.

En plus de respecter l'inclinaison maximale de la tranchée temporaire mentionnée ci-dessus, une inspection régulière des talus doit être effectuée par un personnel qualifié afin de déceler tout indice d'instabilité et de mettre en œuvre les mesures appropriées pour prévenir une rupture du talus.

b) Pentés d'excavation temporaires dans le roc

Dans le massif rocheux, les pentes temporaires peuvent être profilées quasi-verticalement. L'entrepreneur doit prendre toutes les précautions pour éviter que des morceaux de roc détachables soient laissés sur les parois de la tranchée. De plus, pour les excavations de plus de 1,0 m dans le roc, il est recommandé de prévoir l'aménagement de banquettes d'au moins 1 m de largeur à la surface du roc, soit entre le sommet de l'excavation dans le roc et le pied du talus excavé dans les dépôts meubles.

Les parois rocheuses doivent faire l'objet d'une inspection régulière et d'une approbation de la part d'un personnel qualifié, et ce au cours et à la fin des travaux d'excavation des tranchées. Le but est de déceler la présence éventuelle de plans de rupture préférentiels ou de toute autre anomalie pouvant être nuisible à la stabilité de la tranchée et à la sécurité des travailleurs. Des mesures de correction ou de confortement des parois rocheuses pourraient alors être requises.

c) Conclusions

Les résultats présentés ci-dessus indiquent que le recours à une conduite d'égout pluvial profonde nécessite des excavations généralement de plus de 2 m dans le roc et pourraient même excéder 4 m dans la partie nord du secteur. Cependant, les volumes des sols excavés en contrebas de la ligne d'infrastructure sont minimisés par une pente d'excavation d'une inclinaison relativement abrupte, soit 2 V : 1 H.

Il est utile de signaler que, selon les informations fournies par le représentant de TecSult-Séguin, le niveau de la conduite d'égout pluvial profonde pourrait être relevé. À cet effet, le profil du radier de la conduite utilisé dans la présente étude est le plus défavorable. Les recommandations fournies ci-dessus concernant

l'inclinaison des talus temporaires restent valides dans le cas où la profondeur de la conduite est diminuée.

Enfin, il est important de souligner que les inclinaisons mentionnées précédemment, dans le sol et dans le roc, sont destinées uniquement au concepteur pour les calculs de volumes pour l'estimation des coûts de construction.

4.2.1.3 Assèchement des excavations

Compte tenu de la nature des sols argileux en place, les infiltrations d'eau souterraine provenant du dépôt d'argile silteuse devraient être faibles en raison de la faible conductivité hydraulique de ce matériau.

Plus en profondeur, dans le dépôt de till et le massif rocheux, des infiltrations et accumulations d'eau souterraine dans le fond des tranchées sont prévues. En effet, le niveau de l'eau souterraine dans tous les forages, où celui-ci a été mesuré, est situé au-dessus du niveau du radier de la conduite de drainage profonde. De plus, la conductivité hydraulique du till et du massif rocheux fracturé est plus élevée que celle du dépôt d'argile silteuse. Des infiltrations d'eau importantes peuvent donc provenir de ces formations plus perméables, selon l'endroit et le moment de l'année où les excavations seront effectuées.

En présence d'infiltration d'eau dans les excavations, un système d'assèchement efficace, adapté aux conditions présentes au moment des travaux, doit être prévu par l'entrepreneur, de façon à éliminer les eaux s'accumulant au fond des excavations et ainsi maintenir le fond des excavations suffisamment sec pour permettre la construction dans des conditions adéquates.

4.2.2 Mise en place de la conduite d'égout pluvial

4.2.2.1 Assise et enrobage de la conduite

Les matériaux utilisés pour l'assise et l'enrobage de la conduite ainsi que la mise en place de ceux-ci doivent respecter les exigences de la norme BNQ 1809-300/2004 intitulée « *Travaux de construction – Clauses techniques générales – Conduites d'eau potable et d'égout* ».

Pour les conduites dont l'assise se situera sur le roc, une attention toute particulière doit être apportée au compactage des matériaux d'enrobage jusqu'à la mi-hauteur de la conduite. En effet, lorsqu'une tranchée est creusée dans le roc avec des parois quasi-verticales, il devient alors difficile, voire impossible, de compacter adéquatement les matériaux d'enrobage en raison de l'espace restreint entre la paroi de roc et la conduite, qui ne permet pas l'utilisation efficace des engins de compactage. Il pourrait alors être nécessaire d'avoir recours à une conduite d'une classe supérieure en tenant compte uniquement du fait que les matériaux de remblai sous la conduite peuvent être compactés et non ceux mis en place de part et d'autre de la moitié inférieure de la conduite.

4.2.2.2 Remblayage de la tranchée

La tranchée temporaire sera excavée et comblée suite à l'installation de la conduite. De plus, dans les secteurs où le profil de la chaussée est en déblai, des excavations avec des pentes permanentes sont prévues. Ces travaux conduisent donc à l'excavation d'une quantité importante de matériau (sol et roc) afin d'atteindre les profondeurs requises pour l'infrastructure de la chaussée ou le radier de la conduite.

Le roc dynamité provenant de l'excavation s'il y a lieu, peut être utilisé pour le remblayage des tranchées au-dessus des conduites et jusqu'au niveau de la ligne d'infrastructure, à condition d'être libérés des éléments de diamètre supérieur aux $\frac{2}{3}$ de l'épaisseur d'une levée de remblayage.

Les sols constitués principalement d'argile silteuse provenant de la croûte et du remblai d'argile peuvent également être partiellement réutilisés. Les conditions à respecter pour leur réutilisation sont décrites à la section 4.1.3 du présent rapport.

4.2.2.3 Écoulement de l'eau souterraine dans les tranchées

Une tranchée remblayée avec un sol granulaire plus perméable que les sols avoisinants, crée un chemin préférentiel pour l'écoulement des eaux souterraines et peut ainsi occasionner un rabattement du niveau de l'eau de façon permanente. Un tel rabattement produit un assèchement dans un sol argileux et par conséquent, un tassement dans ces sols qui peut occasionner des dommages à la chaussée, aux pylônes situés à proximité ou à tout autre ouvrage existant ou à construire dans la zone d'influence du rabattement de la nappe.

Dans le cas présent, les conduites se situeront sous le niveau de l'eau souterraine. Par conséquent, si des sols granulaires perméables tel du sable sont utilisés pour le remblayage des tranchées, il est recommandé de mettre en place des bouchons d'argile afin d'empêcher l'écoulement de l'eau souterraine dans les tranchées remblayées et ainsi éviter le rabattement permanent du niveau de l'eau souterraine. Les bouchons doivent avoir une largeur minimum de 1 m et être mis en place dans les tranchées à des intervalles d'environ 50 m, sur toute la hauteur de la tranchée, soit dans l'assise et l'enrobage de la conduite jusqu'au niveau de la ligne d'infrastructure de la chaussée.

4.2.3 Remblayage autour des regards

4.2.3.1 Protection contre le gel

Tous les regards doivent être implantés à une profondeur minimale de 1,8 m sous le niveau final du terrain extérieur, afin que ceux-ci soient protégés contre les effets néfastes du gel dans les sols.

Également, autour des regards, il est recommandé que le remblayage soit effectué avec des matériaux non gélifs, contenant moins de 10 % de particules de diamètre inférieur à 80 µm, jusqu'à une distance d'au moins 1,0 m de la paroi des regards et ceci sur toute la profondeur exposée aux effets du gel. Cette mesure empêchera toute contrainte supplémentaire due à la formation de lentilles de glace à proximité de la paroi, de même que le développement du phénomène de soulèvement dû au gel adhérent. Cette protection peut également être obtenue à l'aide d'un isolant thermique.

4.2.3.2 Remblayage

Les poussées horizontales des sols qui sont engendrées derrière la paroi d'un ouvrage sont essentiellement reliées à 4 facteurs, soit :

- la nature des matériaux de remblai;
- la rigidité structurale de l'ouvrage;
- l'effet du compactage du matériau de remblai derrière l'ouvrage;
- les sollicitations provenant des séismes.

La présente section du rapport traite des 3 premiers facteurs. Ainsi, puisque la structure est rigide et ne permet pas de déplacement horizontal au sommet des regards, la poussée des terres doit être calculée en utilisant le coefficient de pression des terres au repos (K_0).

Il est recommandé que le remblayage des excavations autour des regards projetés soit effectué à l'aide de matériaux CG 14 sur une distance horizontale minimale égale à 1,0 m de la paroi des regards. Ils doivent être mis en place en couches d'une épaisseur maximale de 300 mm et être compactés au moins à 90 % du Proctor modifié simultanément tout autour de l'ouvrage. Les matériaux des derniers 150 mm sous la ligne d'infrastructure doivent être densifiés au moins à 95 % de cette valeur de référence.

Dans la zone adjacente à l'ouvrage, sur 1,0 m de largeur, les matériaux ne doivent jamais être poussés perpendiculairement à l'ouvrage. Les paramètres suivants peuvent être utilisés pour le calcul de la poussée des terres sur le mur :

- Angle de frottement interne (ϕ) : 33°
- Poids volumique total (γ) : 22 kN/m³
- Poids volumique déjaugé (γ') : 12,2 kN/m³
- Coefficient de pression des terres au repos (K_0) : 0,46

Par ailleurs, le compactage des matériaux de remblai autour des regards a pour effet d'induire une poussée horizontale qui s'additionne à la poussée des terres. L'effort de compactage a alors tout avantage à être réduit derrière l'ouvrage. Il est donc recommandé d'utiliser des compacteurs dynamiques légers produisant une force ne dépassant pas 50 kN.

Le calcul de la poussée horizontale derrière les regards doit tenir compte de la poussée de l'eau sous le niveau de la nappe et de la pression des sols au repos (K_0). À cet effet, le poids volumique total (γ) des sols est utilisé au-dessus du niveau de l'eau souterraine et le poids volumique déjaugé sous la surface de la nappe.

Enfin, la mise en œuvre des regards doit être conforme à la section 19.12 du « *Cahier des charges et devis généraux – Infrastructures routières – Construction et réparation* » édition 2007.

4.2.3.3 Effet de la pression hydrostatique

Les regards doivent être conçus de façon à résister au soulèvement dû à la pression hydrostatique agissant sous la base des ouvrages. Il est utile de mentionner à cet effet que les niveaux piézométriques de l'eau souterraine mesurés dans les forages indiquent que la nappe dans les formations sous-jacentes au dépôt d'argile silteuse est sous pression. Pour les fins de conception, il est suggéré de tenir compte d'une nappe d'eau souterraine située approximativement au même niveau que la surface d'infrastructure de chaussée.

4.3 STABILITÉ DES PYLÔNES À PROXIMITÉ DES EXCAVATIONS

Le long du tracé projeté pour la construction de la route 236 se trouvent plusieurs pylônes électriques dont certains sont situés à proximité de la limite de l'emprise de la route.

Le projet inclut des excavations profondes pour l'installation de la conduite d'égout pluvial. Ces excavations pourraient avoir une influence sur l'intégrité d'ouvrages existants tels des pylônes. En effet, lorsque ceux-ci sont situés à proximité du sommet du talus d'une excavation, une rupture des sols par glissement sous la charge de ces ouvrages pourrait survenir et porter ainsi atteinte à la sécurité de ces ouvrages mais aussi aux biens et aux personnes présents dans la tranchée.

Une vérification de la stabilité du terrain a été effectuée à l'emplacement de plusieurs pylônes situés dans le secteur de l'excavation prévue pour la conduite profonde. Cette vérification a été effectuée en tenant compte des inclinaisons des pentes permanentes et temporaires recommandées précédemment pour les talus à exécuter et aussi des emplacements des pylônes et de la tranchée profonde.

Entre les P.K. 43+040 et 43+645, 5 emplacements de pylônes existants ont fait l'objet de vérification du point de vue de la stabilité. L'emplacement d'un pylône projeté au P.K. 43+680 a également fait l'objet de vérification. Enfin, un pylône est localisé au P.K. 1+125, à proximité et à l'ouest de la boucle ferroviaire projetée.

Il résulte des vérifications effectuées les principaux points suivants :

- le pylône localisé à proximité de la boucle ferroviaire projetée, au P.K. 1+125, ne devrait pas être influencé par la présence de tranchée dans le secteur. En effet, le tronçon de la boucle ferroviaire vis-à-vis cet ouvrage sera érigé en remblai et aucune excavation de grande profondeur n'est prévue. De plus, le pylône est situé à plus de 15 m de la limite ouest du tracé de la boucle ferroviaire à construire;
- tous les pylônes existants ayant fait l'objet de vérification semblent être situés à des distances suffisantes du sommet des talus de l'excavation prévue pour la

mise en place de la conduite. Aucune mesure particulière relative à la stabilité des talus à ces emplacements n'est par conséquent nécessaire;

- le nouveau pylône localisé au P.K. 43+680 pourra être érigé sans mesures particulières de soutènement. Cependant, ceci ne pourrait se faire que lorsque l'excavation temporaire sera complètement remblayée jusqu'au niveau du profil final de la chaussée.

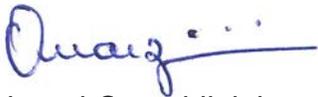
Enfin, il est recommandé de faire le suivi du comportement des ouvrages existants et des talus par un personnel qualifié. Le but est de détecter tout indice d'instabilité et de prévenir ainsi un glissement de terrain et des dommages aux structures.

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 Géoconseil 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.

QUALITAS GÉOCONSEIL INC.



Ahmed Ouarzidini, ing., M.Sc.
Ingénieur en géotechnique



Gilles Dussault, ing., M.S.
Ingénieur en géotechnique

(Ce rapport est composé de 62 pages et ne peut être reproduit en partie sans l'autorisation de Qualitas Géoconseil 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, Qualitas Géoconseil 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 SONDAGE 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 Qualitas Géoconseil 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. Qualitas Géoconseil 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 Qualitas Géoconseil 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 Qualitas Géoconseil 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 Qualitas Géoconseil 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 Qualitas Géoconseil inc. des changements et de fournir à Qualitas Géoconseil 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. Qualitas Géoconseil inc. ne peut en aucun cas prendre la responsabilité des effets du drainage à moins que Qualitas Géoconseil 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 Qualitas Géoconseil 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

NOTES EXPLICATIVES

RAPPORT DE SONDAGE

(page 1 de 2)

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 :

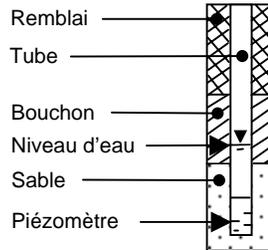
CLASSIFICATION	INDICE DE QUALITÉ RQD (%)	
Très mauvaise qualité	<	25
Mauvaise qualité	25 -	50
Qualité moyenne	50 -	75
Bonne qualité	75 -	90
Excellente qualité	90 -	100

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

<p>A Absorption, L/min-m (essai d'eau sous pression)</p> <p>AC Analyses chimiques</p> <p>C Essai de consolidation</p> <p>C_c Coefficient de courbure</p> <p>C_U Coefficient d'uniformité</p> <p>c_u Résistance au cisaillement à l'état intact, mesurée au scissomètre de chantier, kPa</p> <p>c_r Résistance au cisaillement à l'état remanié, mesurée au scissomètre de chantier, kPa</p> <p>c_{us} Résistance au cisaillement à l'état intact, mesurée au pénétromètre à cône (cône suédois), kPa</p> <p>c_{rs} Résistance au cisaillement à l'état remanié, mesurée au pénétromètre à cône (cône suédois), kPa</p> <p>c_{up} Résistance au cisaillement à l'état intact, mesurée au scissomètre portatif, kPa</p> <p>c_{rp} Résistance au cisaillement à l'état remanié, mesurée au scissomètre portatif, kPa</p> <p>D_r Densité relative des particules solides</p> <p>E_M Module pressiométrique, kPa ou MPa</p> <p>G Analyse granulométrique par tamisage et lavage</p> <p>I_L Indice de liquidité</p> <p>I_p Indice de plasticité, %</p> <p>k_c Coefficient de perméabilité (conductivité hydraulique) mesuré en chantier, m/s</p> <p>k_L Coefficient de perméabilité (conductivité hydraulique) mesuré en laboratoire, m/s</p> <p>N_{dc} Indice de pénétration (essai de pénétration dynamique au cône, DCPT)</p> <p>N Indice de pénétration (essai de pénétration standard, SPT)</p> <p>P₈₀ Analyse granulométrique par lavage au tamis 80 µm</p> <p>P_L Pression limite de l'essai pressiométrique, kPa</p> <p>P_r Essai Proctor</p> <p>PV Poids volumique, kN/m³</p> <p>PV' Poids volumique déjaugé, kN/m³</p> <p>q_c Résistance de pointe, kPa (essai de pénétration statique portatif au cône, CPT)</p> <p>q_u Résistance à la compression simple de la roche, MPa</p> <p>S Analyse granulométrique par sédimentométrie</p> <p>S_t Sensibilité (c_r/c_i)</p> <p>w Teneur en eau, %</p> <p>w_L Limite de liquidité, %</p> <p>w_p Limite de plasticité, %</p>
--

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 : Coentreprise Tecsuit-Séguin

FORAGE: F-41

PROJET : Relocalisation de la route 236 - Tronçon entre les P.K. 43+040 et 43+890

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

ENDROIT : Beauharnois, Québec

DOSSIER : G06268

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	<ul style="list-style-type: none"> ● 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 (%) — w _L (%)		
1	46.68	REMBLAI : argile silteuse, traces de sable, de plasticité élevée (CH). L'argile est de consistance raide à très raide.		CF-1	×	33	8	32		
2				CF-2	×	42	6	27 — 37 — 66		▲65
3				CF-3	×	63	6			▲113 ▲86
4										▲104 ▲169
5	5.03 5.10	SOL ORGANIQUE. 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 9,5 m. Par la suite, l'argile est de consistance raide.		CF-4	×	100	11	43		▲80 ▲123
6				CF-5	×	100	13	24 — 37 — 67	c _u > 188 kPa	▲136
7				CF-6	×	100	8	47	c _u > 184 kPa c _u > 183 kPa c _u > 180 kPa	
8	7.45									▲171
9				CF-7	×	100	3	37		▲154 ▲120
10	10.36	TILL : sable silteux, un peu de gravier, traces d'argile. Compacité dense.								▲78
11	36.32			CF-8	×	50	31			▲53
12	11.43	Fin du forage. Refus à l'enfoncement de la tarière.								

REMARQUES:

MÉTHODE DE FORAGE: Rotation de tarières à centre évidé.

CLIENT : Coentreprise Tecslut-Séguin

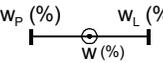
FORAGE: F-42

PROJET : Relocalisation de la route 236 - Tronçon entre les P.K. 43+040 et 43+890

DATE: 2006-12-06 au 2006-12-06

ENDROIT : Beauharnois, Québec

DOSSIER : G06268

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
	46.26						w_p (%) w_l (%) 	● N_{dc} (coups/0,3 m) ▲ C_u (kPa) ▲ C_{us} (kPa) △ C_r (kPa) ▼ C_{rs} (kPa) ◆ C_{up} (kPa) ▽ C_{rs} (kPa) ◇ C_{rp} (kPa)
							20 40 60 80	40 80 120 160
1.		REMBLAI : argile silteuse, traces de sable, de plasticité élevée (CH). L'argile est de consistance ferme.	CF-1	×	100	3	41	
2.			CF-2	×	100	2	46	▲41 ▲44 ▲30
3.			CF-3	×	83	2	45	▲31 ▲29
4.								▲38
5.	5.03 5.18	SOL ORGANIQUE. ARGILE SILTEUSE , traces de sable, de plasticité élevée (CH). L'argile est de consistance dure à très raide.	CF-4	×	100	2	58	▲25 ▲29
6.			CF-5	×	100	14	31 41 73	▲90
7.			CF-6	×	100	21	44	
8.								$c_u > 172$ kPa $c_u > 171$ kPa
9.								$c_u > 178$ kPa $c_u > 170$ kPa $c_u > 175$ kPa
10.	10.00	36.26						▲161 ▲157
11.		Fin du forage. Essai de pénétration dynamique au cône. Refus à la profondeur de 10,19 m (100 coups / 130 mm).						▲142 $c_u > 177$ kPa

REMARQUES:

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

CLIENT : Coentreprise Tecsubt-Séguin

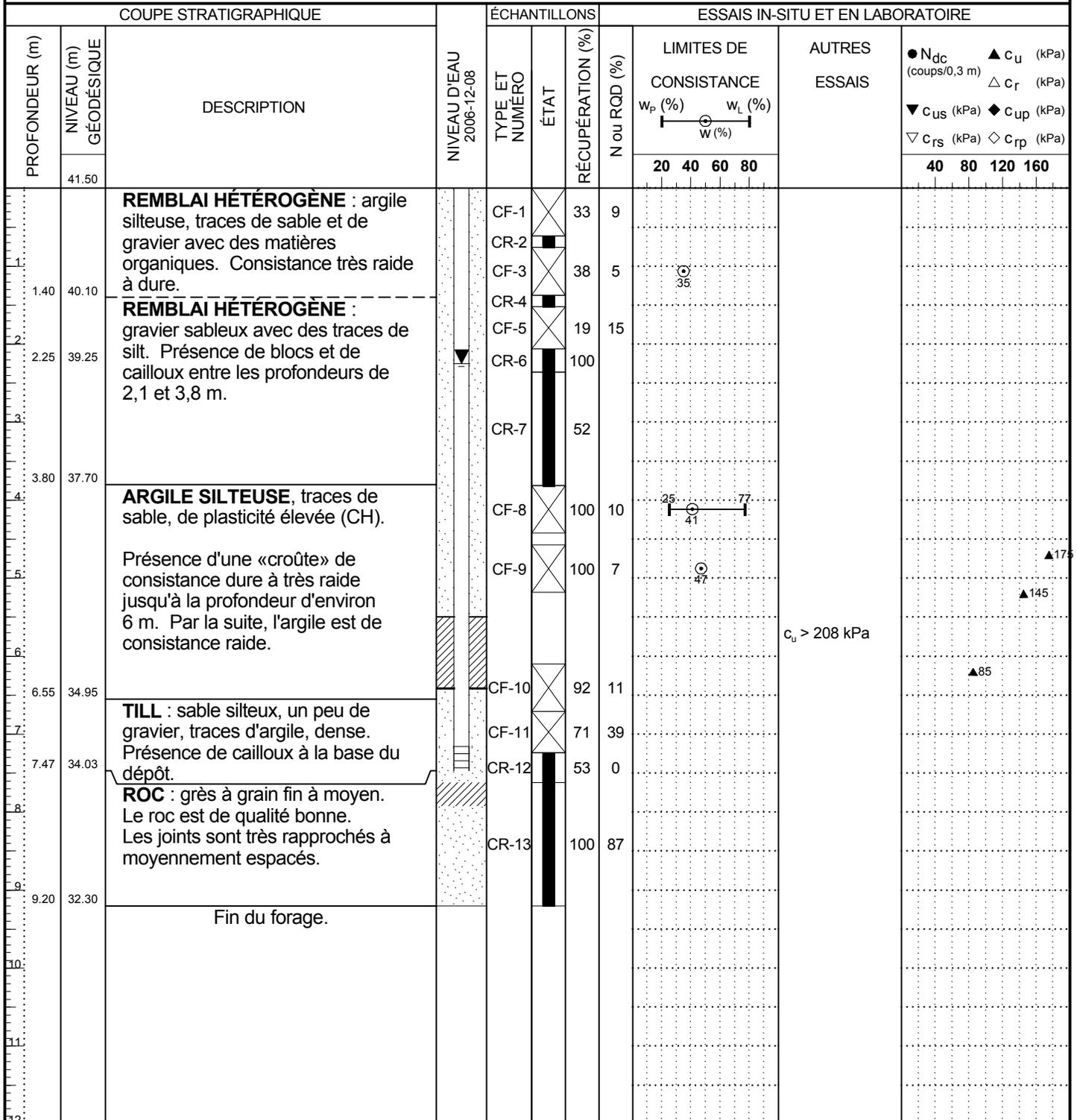
FORAGE: F-43

PROJET : Relocalisation de la route 236 - Tronçon entre les P.K. 43+040 et 43+890

DATE: 2006-11-23 au 2006-11-24

ENDROIT : Beauharnois, Québec

DOSSIER : G06268


 c_u > 208 kPa

REMARQUES:

MÉTHODE DE FORAGE: Rotation de tarières à centre évidé; carottage du roc avec un carottier diamanté NQ.

CLIENT : Coentreprise Tecsuit-Séguin

FORAGE: F-44

PROJET : Relocalisation de la route 236 - Tronçon entre les P.K. 43+040 et 43+890

DATE: 2006-11-20 au 2006-11-20

ENDROIT : Beauharnois, Québec

DOSSIER : G06268

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				
								W _p (%)	W _L (%)	W (%)			● N _{dc} (coups/0,3 m)	▲ C _u (kPa)	△ C _r (kPa)	▼ C _{us} (kPa)
	35.95							20	40	60	80		40	80	120	160
0.61	35.34	REMBLAI : sable graveleux, traces de silt, compact.		CF-1	⊗	29	16									
1.50	34.45	ARGILE SILTEUSE , traces de sable, de plasticité élevée (CH). Le matériau consiste en une «croûte» de consistance dure.		CF-2	⊗	100	11		26	41	66					
2.13	33.82	TILL : sable silteux, traces de gravier et d'argile, contenant des cailloux.		CF-3	⊗	100	11									
3.10	32.85	ROC : grès à grain fin à moyen. Roc de qualité moyenne. Les joints sont très rapprochés à moyennement espacés.		CR-4	■	50										
4.65	31.30	ROC : grès à grain fin à moyen. Roc de qualité moyenne. Les joints sont très rapprochés à moyennement espacés.		CF-5	⊗	100	R									
		Fin du forage.		CR-6	■	100	69									

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

MÉTHODE DE FORAGE: Rotation de tarières à centre évidé; carottage du roc avec un carottier diamanté BX.

CLIENT : Coentreprise Tecsubt-Séguin

FORAGE: F-45

PROJET : Relocalisation de la route 236 - Tronçon entre les P.K. 43+040 et 43+890

DATE: 2006-11-24 au 2006-11-24

ENDROIT : Beauharnois, Québec

DOSSIER : G06268

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 (%)
							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)
0.08	39.26							
0.08	39.18	SOL ORGANIQUE. ARGILE SILTEUSE, traces de sable, de plasticité élevée (CH). Le matériau consiste en une «croûte» de consistance dure.	CF-1	⊗	46	8		
1								
2								
2			CF-2	⊗	100	8	40	c _u > 198 kPa c _u > 184 kPa c _u > 180 kPa
3								
3	36.09		CF-3	⊗	100	7	25 — 38 — 67	c _u > 182 kPa c _u > 183 kPa
4								
4	35.15	ROC : grès à grain fin à moyen. Le roc est de qualité moyenne. Le roc est très fracturé entre les profondeurs de 4,55 et 4,60 m. Les joints sont très rapprochés à moyennement espacés.	CR-4	■	100	73		c _u > 183 kPa
5								
5	33.62	Fin du forage.						
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								

REMARQUES:

MÉTHODE DE FORAGE: Rotation de tarières à centre évidé; carottage du roc avec un carottier diamanté NQ.

CLIENT : Coentreprise Tecsalt-Séguin

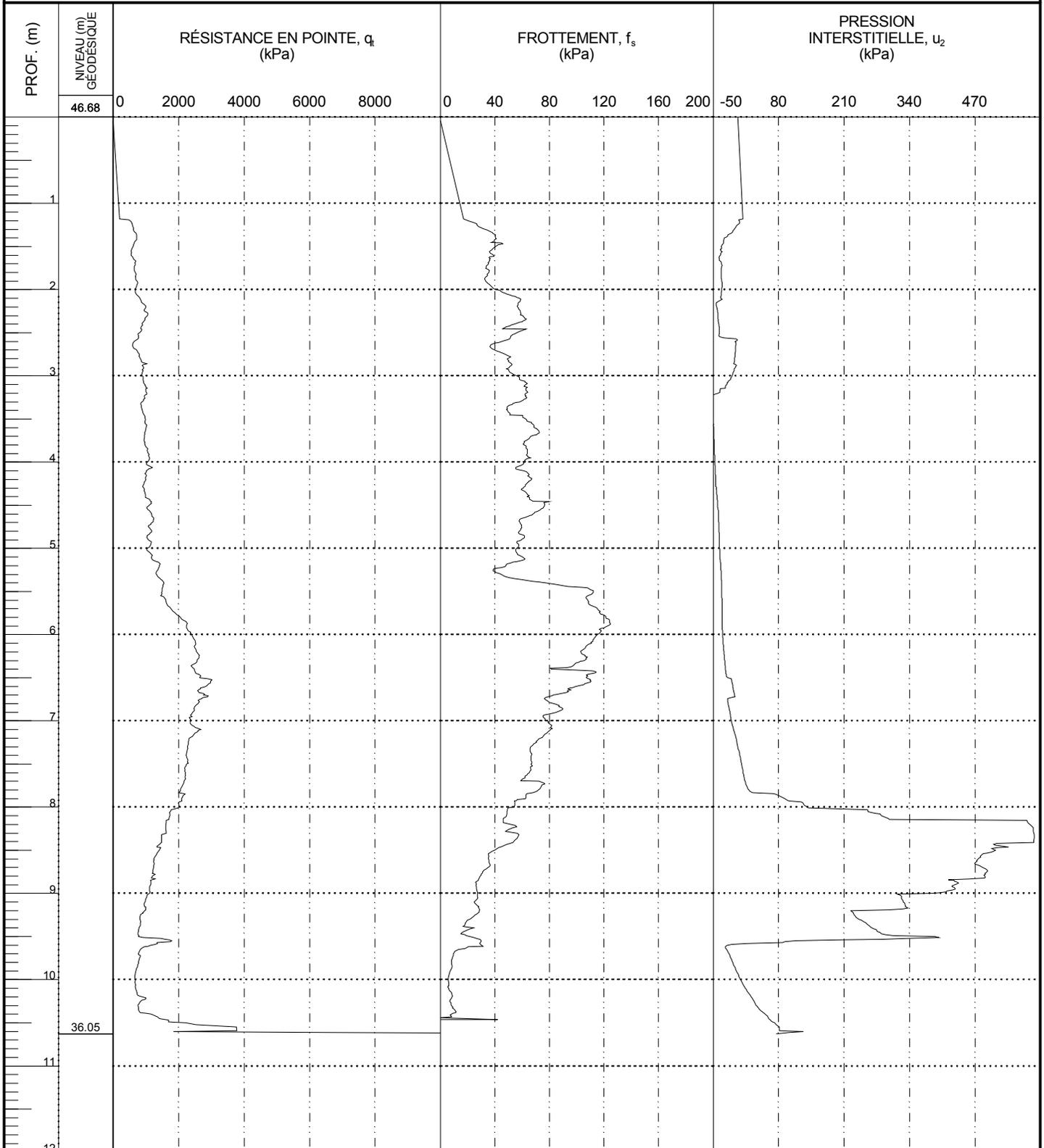
SONDAGE: PC-41

PROJET : Relocalisation de la route 236 - Tronçon entre les P.K. 43+040 et 43+890

DATE: 2006-12-11

ENDROIT : Beauharnois, Québec

DOSSIER : G06268



REMARQUES:

CLIENT : Coentreprise Tecslut-Séguin

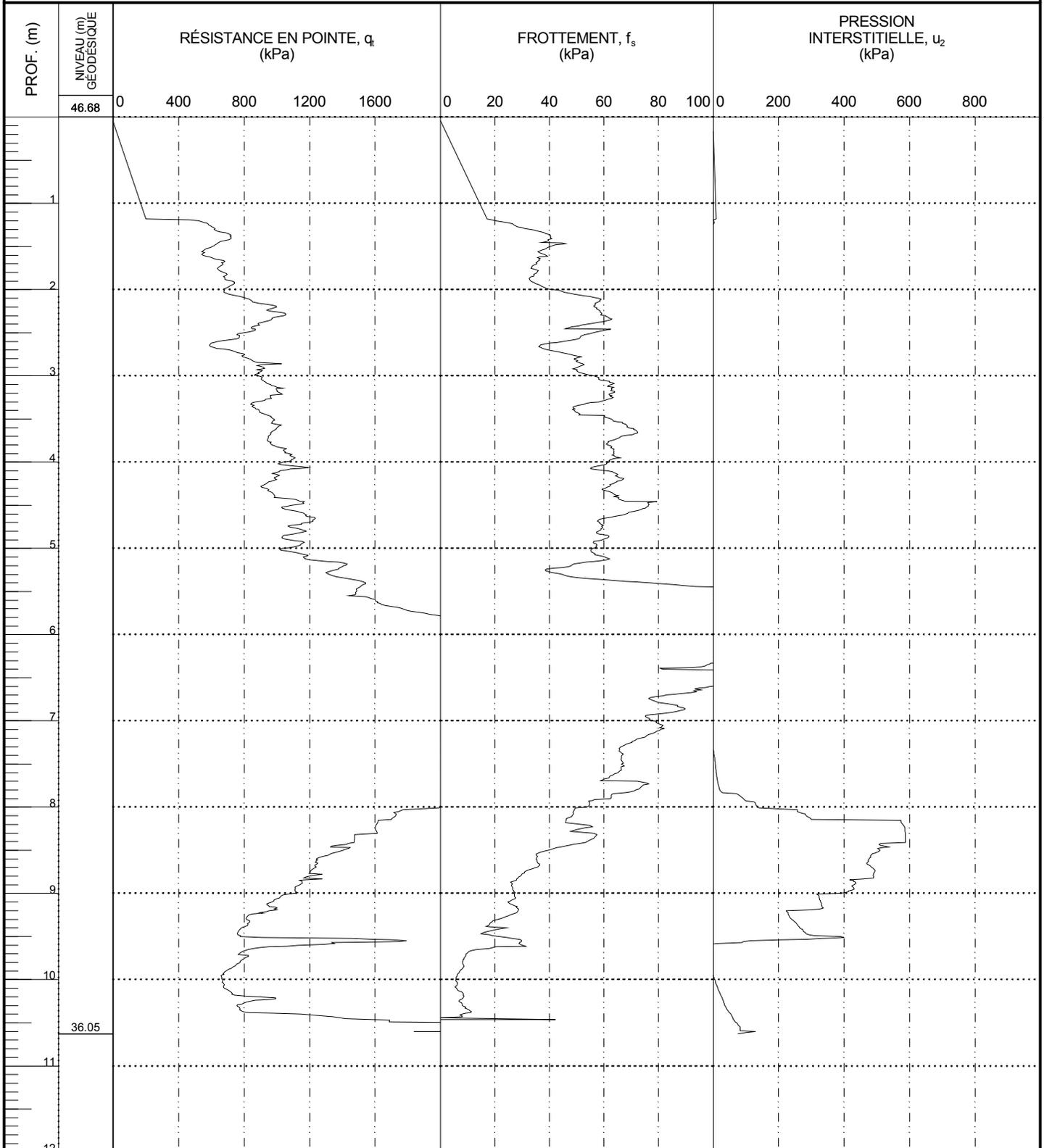
SONDAGE: PC-41

PROJET : Relocalisation de la route 236 - Tronçon entre les P.K. 43+040 et 43+890

DATE: 2006-12-11

ENDROIT : Beauharnois, Québec

DOSSIER : G06268



REMARQUES:

CLIENT : Coentreprise Tecslut-Séguin

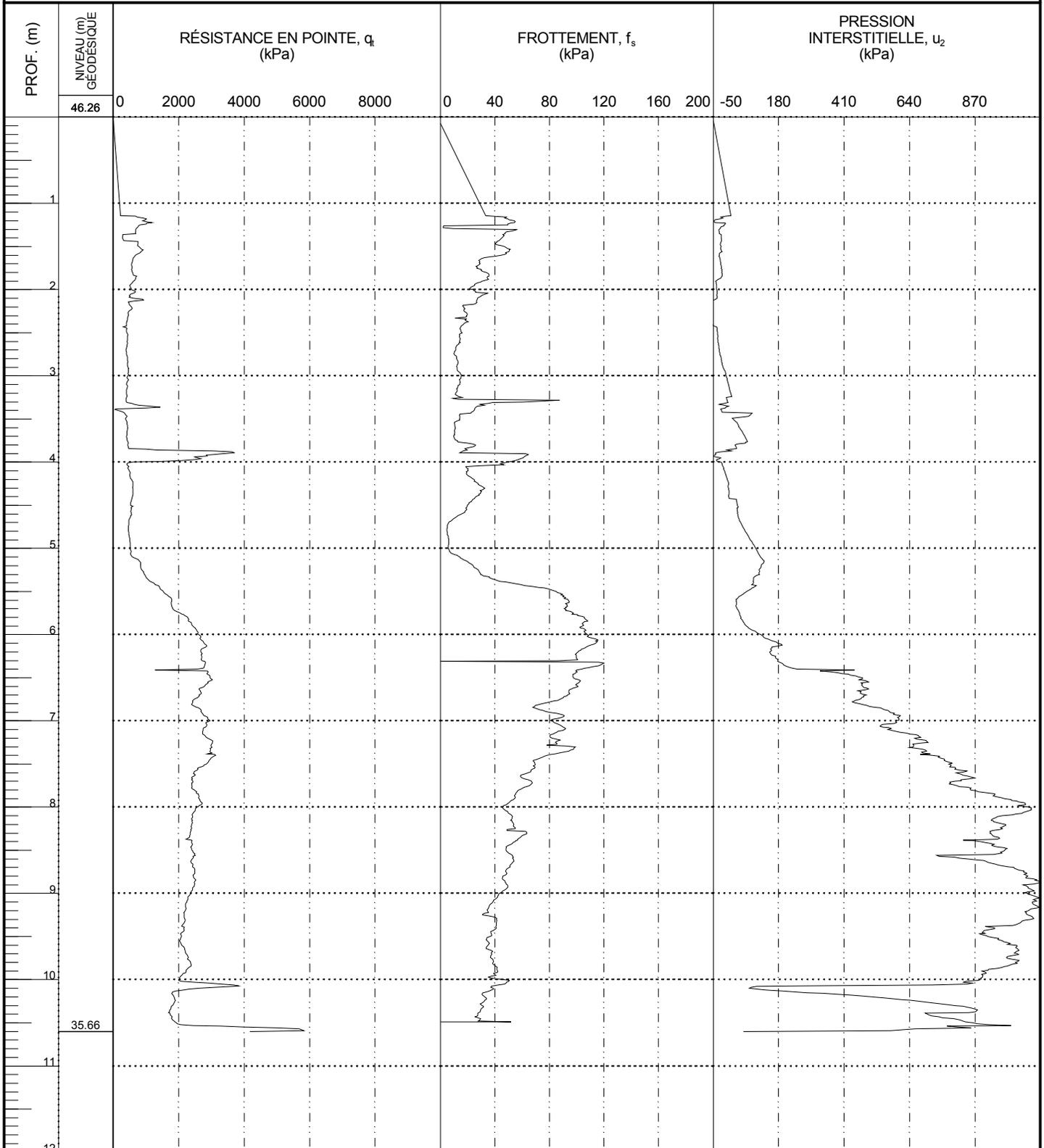
SONDAGE: PC-42

PROJET : Relocalisation de la route 236 - Tronçon entre les P.K. 43+040 et 43+890

DATE: 2006-12-07

ENDROIT : Beauharnois, Québec

DOSSIER : G06268



REMARQUES:

CLIENT : Coentreprise Tecslut-Séguin

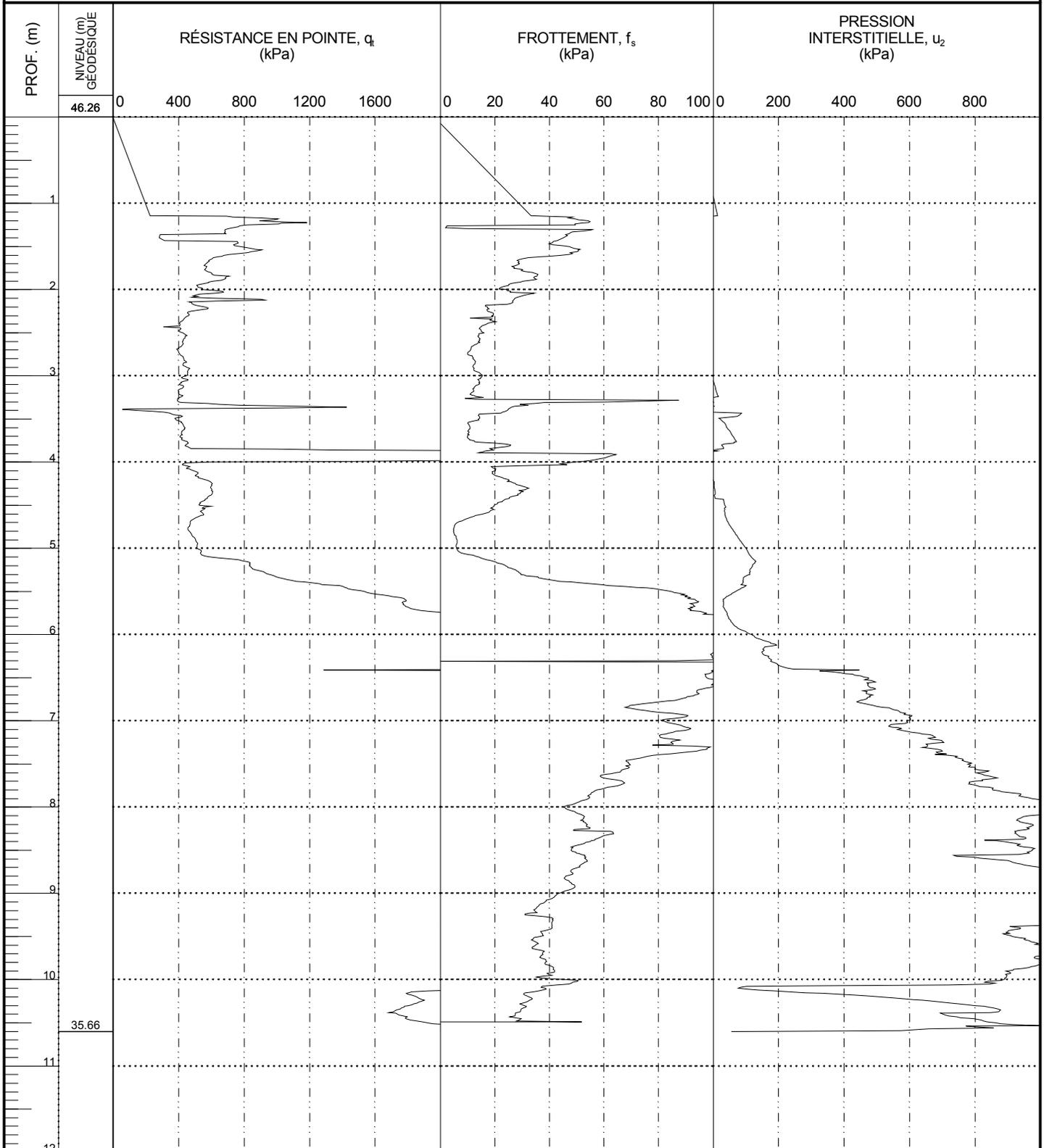
SONDAGE: PC-42

PROJET : Relocalisation de la route 236 - Tronçon entre les P.K. 43+040 et 43+890

DATE: 2006-12-07

ENDROIT : Beauharnois, Québec

DOSSIER : G06268



REMARQUES:

A N N E X E 3

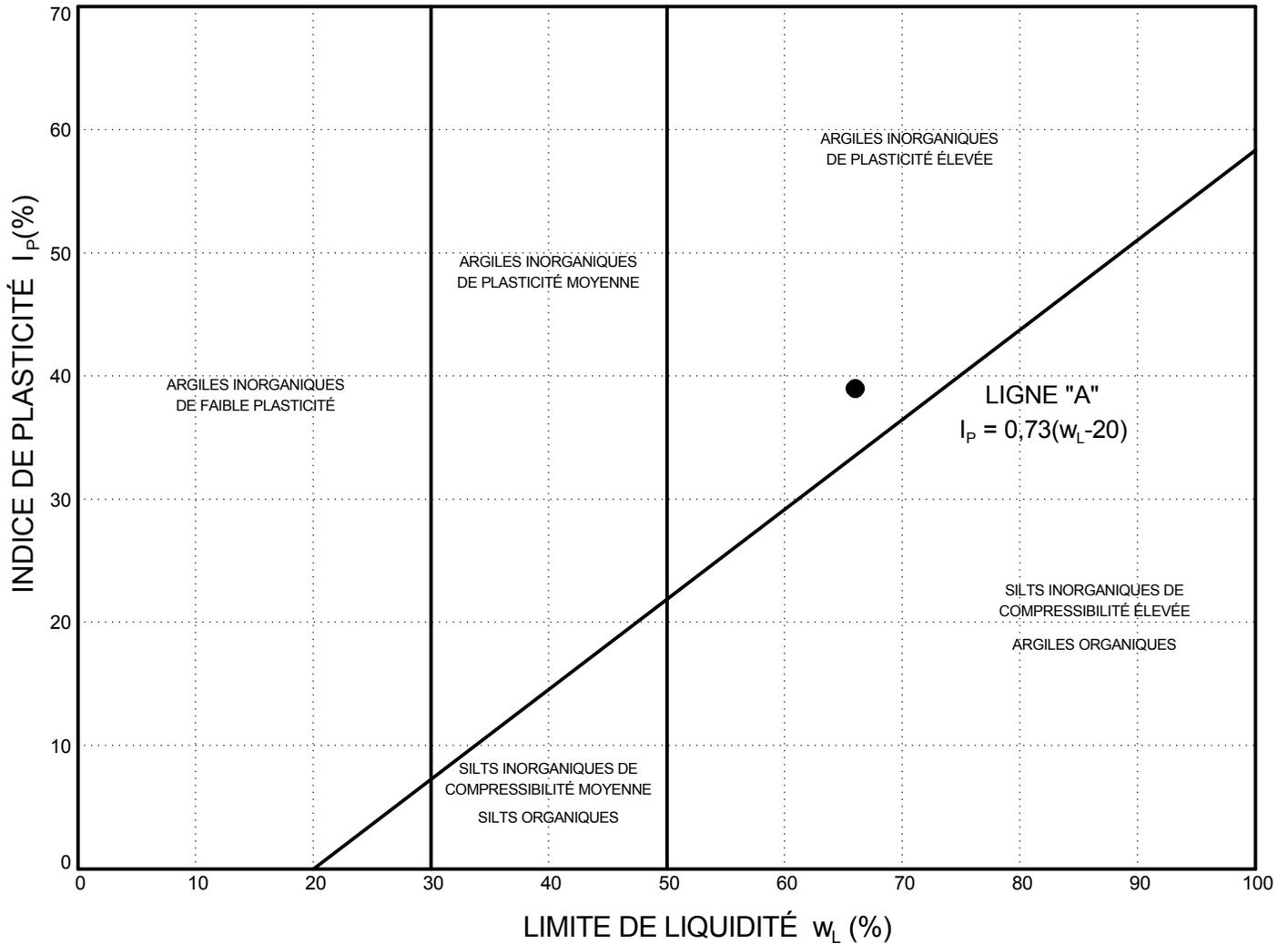
RÉSULTATS DES ESSAIS DE LABORATOIRE

CLIENT : Coentreprise Tecsub-Séguin

PROJET : Relocalisation de la route 236 - Tronçon entre les P.K. 43+040 et 43+890

ENDROIT : Beauharnois, Québec

DOSSIER : G06268



Sondage	Éch.	Prof. (m)	W (%)	w_L (%)	w_P (%)	I_p (%)	I_L	DESCRIPTION
● F-41	CF-2	1.52 à 2.13	37	66	27	39	0.3	Remblai : argile silteuse, traces de sable, plasticité élevée (CH).

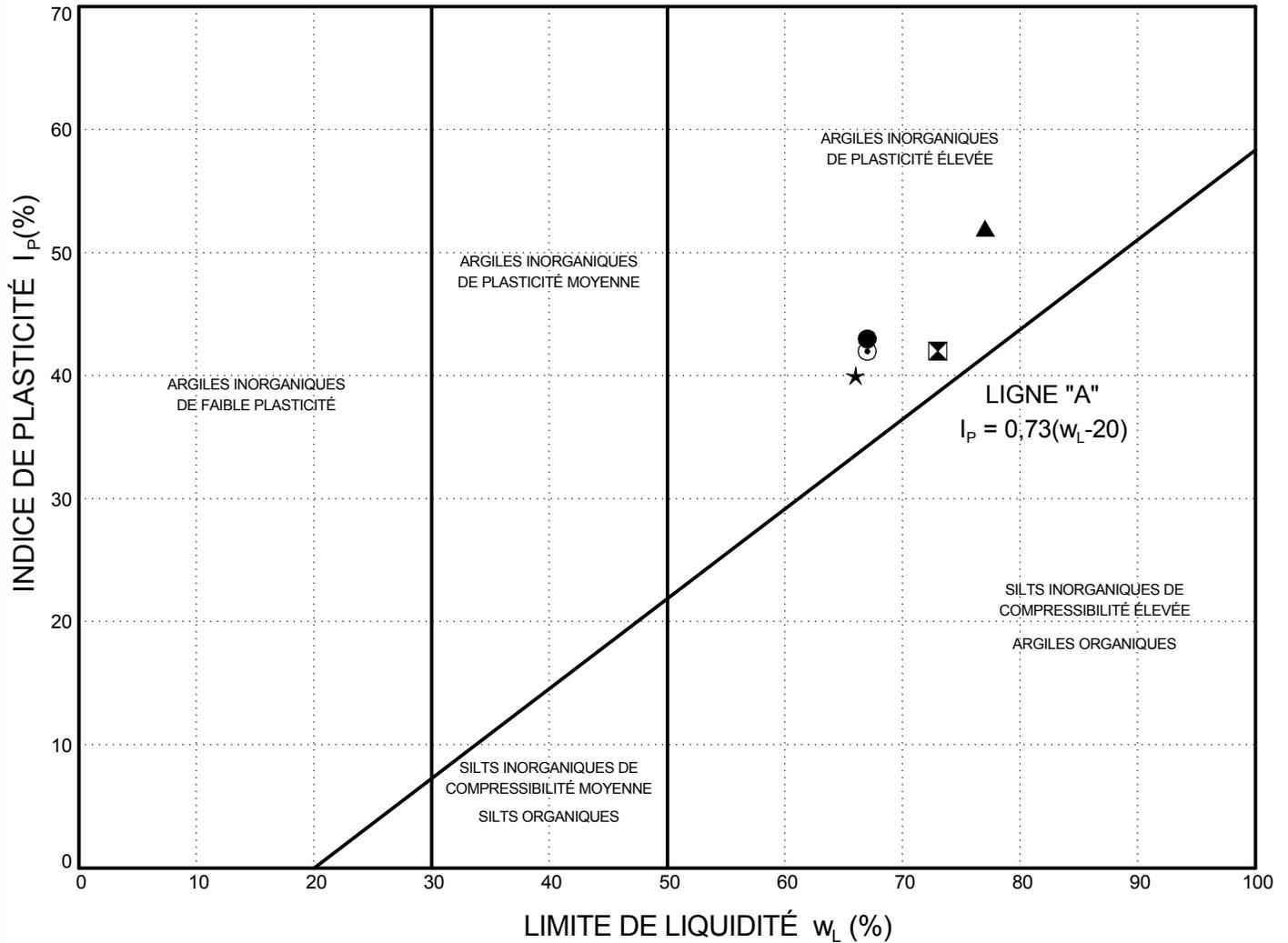
Remarque:

CLIENT : Coentreprise Tecsalt-Séguin

PROJET : Relocalisation de la route 236 - Tronçon entre les P.K. 43+040 et 43+890

ENDROIT : Beauharnois, Québec

DOSSIER : G06268

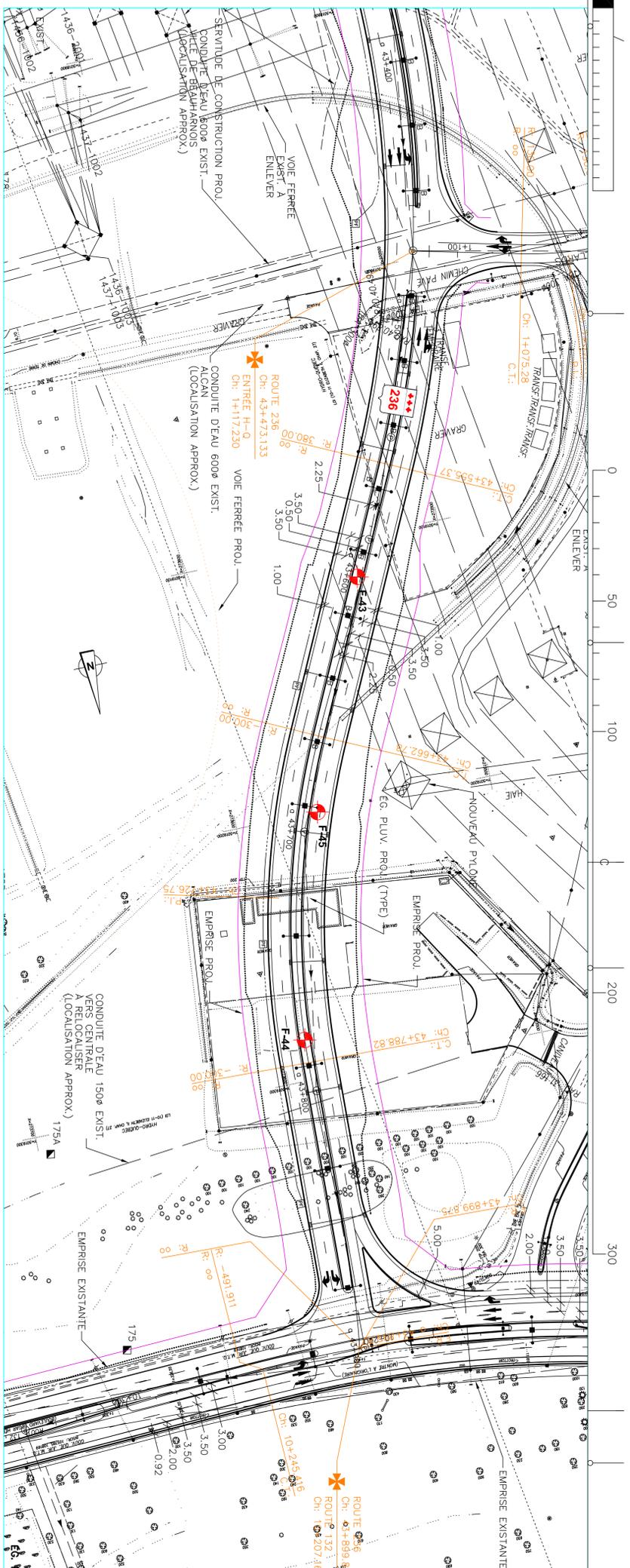


Sondage	Éch.	Prof. (m)	W (%)	w_L (%)	w_P (%)	I_p (%)	I_L	DESCRIPTION	
●	F-41	CF-5	6.10 à 6.71	37	67	24	43	0.3	Argile silteuse, traces de sable, plasticité élevée (CH).
⊠	F-42	CF-5	6.10 à 6.71	41	73	31	42	0.2	Argile silteuse, traces de sable, plasticité élevée (CH).
▲	F-43	CF-8	3.81 à 4.42	41	77	25	52	0.3	Argile silteuse, traces de sable, plasticité élevée (CH).
★	F-44	CF-2	0.76 à 1.37	41	66	26	40	0.4	Argile silteuse, traces de sable, plasticité élevée (CH).
⊙	F-45	CF-3	3.05 à 3.66	38	67	25	42	0.3	Argile silteuse, traces de sable, plasticité élevée (CH).

Remarque:

A N N E X E 4

**DESSINS – RÉSULTATS DES ESSAIS EN LABORATOIRE -
LOCALISATION ET RAPPORTS DES SONDAGES**



SONDAGE N°	COORDONNÉES SCOP (NAD 83)	NIVEAU DU TERRAIN (Z)
F-41	EST (X) 5 018 698,0 NORD (Y) 46,68	46,68
F-42	EST (X) 5 018 806,2 NORD (Y) 41,50	41,50
F-43	EST (X) 5 019 114,9 NORD (Y) 35,95	35,95
F-44	EST (X) 5 019 284,4 NORD (Y) 39,26	39,26
F-45	EST (X) 5 019 200,0 NORD (Y) 39,26	39,26

LEGÈNDE:
 Forage et numéro

- F-43** Forage et numéro
- Type d'échantillon
 dt: Cœur de roche
 dl: Tôle à perçage
 de: Cœur de roche
 di: Cœur de roche
 et: Tôle
 fe: Tôle
 ff: Tôle
 fg: Tôle
 fh: Tôle
 fi: Tôle
 fj: Tôle
 fk: Tôle
 fl: Tôle
 fm: Tôle
 fn: Tôle
 fo: Tôle
 fp: Tôle
 fq: Tôle
 fr: Tôle
 fs: Tôle
 ft: Tôle
 fu: Tôle
 fv: Tôle
 fw: Tôle
 fx: Tôle
 fy: Tôle
 fz: Tôle
- Escabe: Résistance ou distillation à l'état liqé, mesurée en...
 c-1: Résistance ou distillation à l'état liqé, mesurée en...
 c-2: Résistance ou distillation à l'état liqé, mesurée en...
 c-3: Résistance ou distillation à l'état liqé, mesurée en...
 c-4: Résistance ou distillation à l'état liqé, mesurée en...
 c-5: Résistance ou distillation à l'état liqé, mesurée en...
 c-6: Résistance ou distillation à l'état liqé, mesurée en...
 c-7: Résistance ou distillation à l'état liqé, mesurée en...
 c-8: Résistance ou distillation à l'état liqé, mesurée en...
 c-9: Résistance ou distillation à l'état liqé, mesurée en...
 c-10: Résistance ou distillation à l'état liqé, mesurée en...
 c-11: Résistance ou distillation à l'état liqé, mesurée en...
 c-12: Résistance ou distillation à l'état liqé, mesurée en...
 c-13: Résistance ou distillation à l'état liqé, mesurée en...
 c-14: Résistance ou distillation à l'état liqé, mesurée en...
 c-15: Résistance ou distillation à l'état liqé, mesurée en...
 c-16: Résistance ou distillation à l'état liqé, mesurée en...
 c-17: Résistance ou distillation à l'état liqé, mesurée en...
 c-18: Résistance ou distillation à l'état liqé, mesurée en...
 c-19: Résistance ou distillation à l'état liqé, mesurée en...
 c-20: Résistance ou distillation à l'état liqé, mesurée en...

A	M	J	NATURE DE MODIFICATION	PAR
07	01	10	DATE D'ÉMISSION DU PLAN	

PRÉPARÉ PAR: Ingénieur: Ahmed Ouazizidin, Ing. M.Sc.
 Dessinateur: Michel Parent



DOSSIER : G06268-rap-005



RECOMMANDÉ PAR LE CHEF DE SERVICE

Client : Centreprise Tescuit-Séguin



Localisation des forages

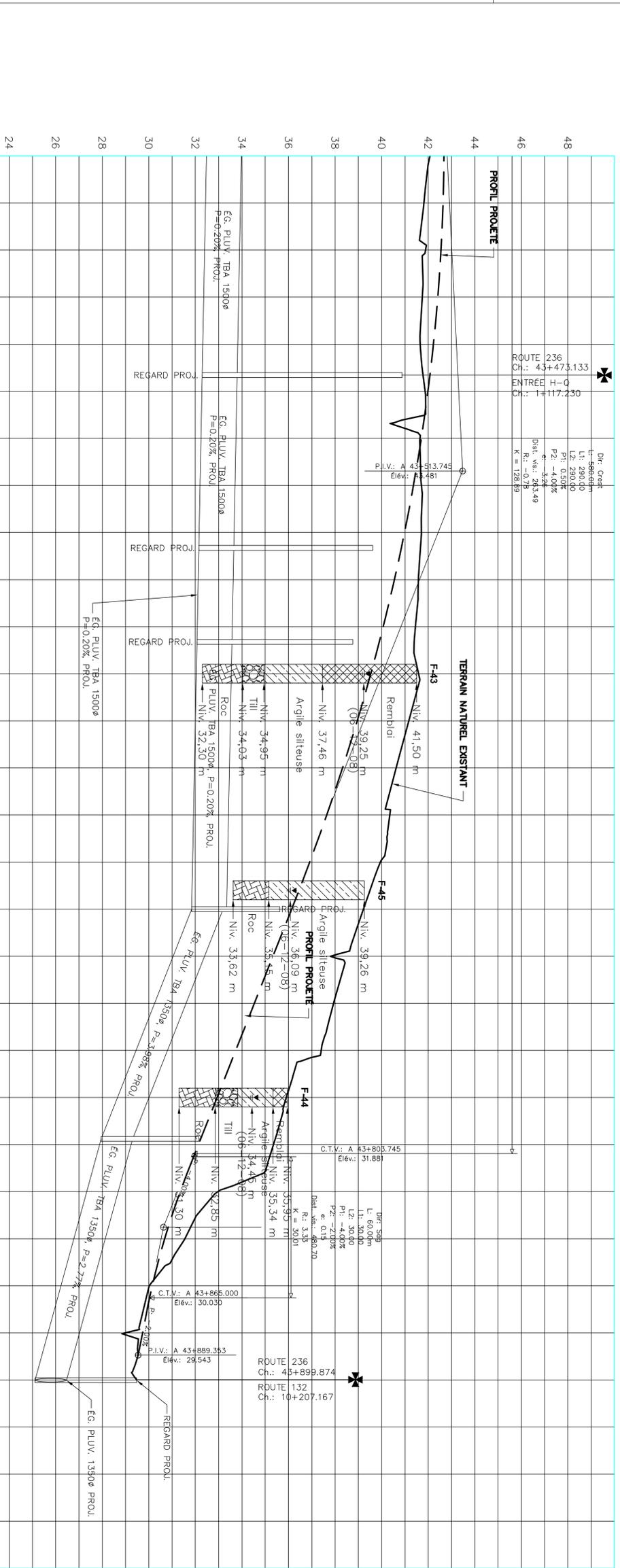
Relocalisation de la route 236, entre l'autoroute 30 et la route 132
 Troignon entre les P.K. 43 + 040 et 43 + 890
 Beauharnois, Québec



IDENTIFICATION TECHNIQUE

IDENTIFICATION REGROUPEMENT

2 3



LIGNE D'OPÉRATION	ÉLEVATIONS																												
	TERRAIN NATUREL	FOSSÉ GAUCHE	FOSSÉ DROIT	CHAINAGES	43+400	43+500	43+600	43+700	43+800	43+900																			
24	41.707			43+400	41.707	41.518	41.298	41.047	40.784	40.451	40.107	39.732	39.326	38.888	38.420	37.921	37.390	36.829	36.236	35.613	34.958	34.273	33.556	32.808	32.030	31.268	30.634	30.134	29.730

