

2007-30

RAPPORT NO 14180-G
ÉTUDE GÉOTECHNIQUE
STABILITÉ DE TALUS
PISTE CYCLABLE DE LA RIVERAINE
BOULEVARD MARIE-VICTORIN
(ENTRE LES RUES DE MONTS ET BIRTZ)
BOUCHERVILLE (QUÉBEC)

Dossier no 14180-G

Le 21 novembre 2007

Ville de Boucherville – Service du génie
500, rue de la Rivière-aux-Pins
Boucherville, (Québec)
J4B 2Z7

À l'attention de Madame Caroline Moisan, ingénieure

Sujet : Étude géotechnique
Stabilité de talus
Piste cyclable de la Riveraine
Boulevard Marie-Victorin
(entre les rues de Monts et Birtz)
Boucherville, (Québec)

Madame,

Nous avons le plaisir de vous faire part des résultats de l'étude géotechnique que vous nous avez confiée.

Tous les travaux de chantier et de laboratoire ont été réalisés sous la supervision de Madame Hélène Bilodeau, ingénieure. Madame Bilodeau a également préparé le présent rapport avec la collaboration de Monsieur Yves Robert, ingénieur, pour les analyses de stabilité de pentes. Ce rapport a été vérifié par le soussigné.

Nous espérons que ce rapport sera à votre entière satisfaction. N'hésitez pas à communiquer avec nous si vous désirez des renseignements supplémentaires.

QUÉFORMAT LTÉE



Renald Blanchet, ingénieur, M.Sc.
Directeur de l'ingénierie
Vice-président

HB/YR/nc

3cc/ Ville de Boucherville – Service du génie



TABLE DES MATIÈRES

	<u>Pages</u>
1.0 INTRODUCTION	1
2.0 TRAVAUX RÉALISÉS	
2.1 Chantier.....	2
2.2 Laboratoire.....	3
3.0 DESCRIPTION DU SITE	4
4.0 NATURE ET PROPRIÉTÉS DES SOLS	
4.1 Béton bitumineux.....	5
4.2 Remblai	5
4.3 Sable.....	6
4.4 Argile silteuse	6
4.5 Silt.....	7
5.0 NIVEAU DE L'EAU SOUTERRAINE	8
6.0 NIVEAU D'EAU DANS LE FLEUVE.....	9
7.0 CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS	
7.1 Stabilité des pentes actuelles.....	10
7.2 Mesures correctives	12
7.3 Stabilité des pentes corrigées	13
8.0 CHANGEMENTS ET INSPECTIONS	15

TABLE DES MATIÈRES (suite)

	<u>Planches nos</u>
APPENDICE A : Rapports de forage et essais au scissomètre de chantier	A-1 à A-10
APPENDICE B : Résultats des essais de laboratoire	B-1 et B-2
APPENDICE C : Photographies de la piste cyclable (photographies nos 1 à 9)	C-1 à C-5
APPENDICE D : Plans de localisation des forages	Dessins 14180-1, 14180-2 et 14180-3
APPENDICE E : Coupes A-A' à E-E'	Dessins 14180-4 à 14180-8
APPENDICE F : Résultats des analyses de stabilité	F-1 à F-6

1.0 INTRODUCTION

Les services professionnels de Quéformat ltée ont été retenus par la Ville de Boucherville pour effectuer une étude géotechnique à l'endroit de la piste cyclable la Riveraine, située en bordure du boulevard Marie-Victorin, à Boucherville. Plus précisément, le secteur de la piste cyclable à l'étude se situe entre les rues de Monts et Birtz.

L'étude géotechnique a pour but de déterminer la nature et certaines propriétés des sols en place, renseignements nécessaires à l'évaluation de la stabilité du talus le long du fleuve Saint-Laurent, en bordure ouest de la piste cyclable. Elle a également pour objectif d'émettre des recommandations concernant la réfection de la piste cyclable et la formulation d'autres recommandations d'ordre géotechnique pertinentes.

La caractérisation environnementale des sols et de l'eau souterraine ne fait pas partie du présent mandat. En conséquence, les descriptions du terrain fournies dans le cadre de cette étude ne sont valables que du point de vue géotechnique, soit exclusivement pour la conception et la construction des ouvrages de génie civil, et n'ont aucunement la prétention de conclure sur la présence ou l'absence de matières toxiques ou contaminantes sur le site.

Les résultats des travaux réalisés sur le chantier et en laboratoire ainsi que nos conclusions et recommandations sont présentés dans ce rapport.

2.0 TRAVAUX RÉALISÉS

2.1 Chantier

Les travaux sur le chantier ont été réalisés entre les 11 et 16 octobre 2007. Le personnel de Quéformat Ltée a localisé sur le site les cinq forages prévus dans notre offre de service du 17 septembre dernier.

Les forages ont été réalisés sur la partie est de la piste cyclable ou au niveau du terre-plein entre celle-ci et le boulevard Marie-Victorin. Leur localisation a été réalisée à partir de plans d'implantations que vous nous avez transmis. Les dessins 14180-1, 14180-2 et 14180-3 présentés à l'appendice D, montre la position approximative des forages réalisés dans le cadre du présent mandat.

Toutes les élévations indiquées dans le présent rapport sont géodésiques. Le relevé d'arpentage du site nous a été transmis par Niv-Ax et les élévations des forages ont été extrapolées à partir de ce relevé géodésique.

Les forages, identifiés F-01 à F-05, ont été réalisés à l'aide d'une foreuse de type « Mobile Drill ». Ils ont atteint des profondeurs comprises entre 8,24 et 9,61 mètres. Un carottier fendu standard (51 millimètres de diamètre) a servi au prélèvement des échantillons remaniés et à la détermination de l'indice « N » de l'essai de pénétration standard. Cet indice permet d'évaluer la compacité des sols traversés.

Des mesures de la résistance au cisaillement non drainé des sols argileux ont été réalisées dans les forages F-01 à F-05 à l'aide d'un scissomètre à déformation contrôlée de type « Nilcon ». Ces essais ont été réalisés entre 2,94 et 7,94 mètres de profondeur.

Finalement, un piézomètre Casagrande scellé en surface a été installé dans chacun des cinq forages réalisés afin de pouvoir mesurer ultérieurement le niveau de la nappe phréatique.

Les rapports de forage et des essais au scissomètre de chantier (planches A-1 et A-10 de l'appendice A) présentent tous les renseignements recueillis sur le chantier.

2.2 Laboratoire

Tous les échantillons de sol récupérés ont été transportés à notre laboratoire de Longueuil où ils ont été identifiés par un examen visuel.

Deux échantillons représentatifs des sols argileux ont été sélectionnés pour la réalisation d'essais de limites de consistance. Les résultats de ces essais sont reportés en partie sur les rapports de forages (appendice A) et sont présentées en détail sur les planches B-1 et B-2 de l'appendice B.

Les échantillons non utilisés pour les essais de laboratoire seront conservés pendant une période de six mois suivant la date d'émission du présent rapport. Ils seront par la suite détruits, à moins d'avis contraire écrit de votre part.

3.0 DESCRIPTION DU SITE

La portion à l'étude de la piste cyclable de la Riveraine se situe entre les rues de Monts et Birtz, le long du boulevard Marie-Victorin, à Boucherville, (Québec). La longueur étudiée est approximativement de 900 mètres et la surface de la piste cyclable est plutôt plane.

Les photographies identifiées 1 à 9 et présentées aux planches C-1 à C-5 de l'appendice C permettent de visualiser l'état actuel de la piste cyclable et du talus dans le secteur des forages F-01 à F-05.

Par endroits, on observe la présence d'importantes fissures principalement au centre de la piste cyclable (photographies nos 1, 3, 7, 8 et 9). De plus, la clôture qui borde le côté ouest de la piste est parfois inclinée vers le fleuve Saint-Laurent (photographies nos 1, 2, 3 et 8). Associé à ces dommages, on retrouve parfois la présence d'un muret, de l'ordre de 0,3 mètre de hauteur, situé entre le haut du talus et le bord de la piste cyclable. L'ensemble de ces observations semble indiquer une instabilité du talus principalement dans les secteurs suivants :

- Entre les chaînages 6+045 et 6+110 mètres (secteur du forage F-01)
- Entre les chaînages 5+620 et 5+735 mètres (secteur des forages F-02 et F-03)
- Entre les chaînages 5+345 et 5+465 mètres (secteur des forages F-04 et F-05)

Les emplacements de ces trois secteurs sont indiqués sur les dessins 14180-1, 14180-2 et 14180-3 de l'appendice D.

D'autre part, les photographies nos 5 et 6 montrent un remblai de talus constitué en majeure partie de blocs de béton empilés les uns sur les autres. Nous avons observé la présence de vides et cavités entre ces blocs de béton.

La piste cyclable devra faire l'objet de réparation entre les chaînages identifiés ci-haut et un réaménagement du talus sera également nécessaire afin d'en assurer sa stabilité et ainsi éviter l'apparition de dommages ultérieurs à la piste cyclable.

Il est important de signaler la présence d'une conduite de gaz sous la piste cyclable à cet endroit.

4.0 NATURE ET PROPRIÉTÉS DES SOLS

La description des matériaux présentée dans les paragraphes qui suivent ainsi que sur les rapports de forage n'est garantie qu'aux endroits mêmes où ils ont été réalisés. Par conséquent, les conclusions et recommandations basées sur ces informations sont soumises à cette limitation. Les conditions rencontrées entre les forages ou ailleurs dans l'emprise du site à l'étude peuvent différer de celles observées à leur emplacement.

Les forages ont permis d'établir à leur emplacement la stratigraphie résumée dans les paragraphes suivants.

4.1 Béton bitumineux

Directement en surface de la piste cyclable, au droit des forages F-01 à F-03, on retrouve une couche d'enrobé bitumineux de 40 à 80 millimètres d'épaisseur.

4.2 Remblai

Sous la couche d'enrobé bitumineux des forages F-01 à F-03 et directement en surface du terrain, au droit des forages F-04 et F-05, on retrouve des matériaux de remblai de composition variable.

La couche de remblai de surface au droit des forages F-04 et F-05 est constituée d'un sable organique brun-noir de 100 et 110 millimètres d'épaisseur. Sous le sable organique ou la couche d'enrobé bitumineux, les forages F-01 à F-05 ont traversé un remblai de pierre concassée dont le calibre s'apparente à un 20-0 mm sur une épaisseur variant entre 0,07 et 0,72 mètre. La présence de traces à un peu de sable a été observée par endroits dans le remblai de pierre concassée.

Sous la couche de pierre concassée à partir de 0,15 à 0,24 mètre de profondeur, les forages F-01, F-03 et F-05 ont pénétré une dernière couche de remblai constitué d'un mélange de sable et de pierre concassée avec la présence d'un peu de silt. Des traces de béton ont également été observées dans cette couche de remblai au droit du forage F-05.

Selon les indices « N » de l'essai de pénétration standard compris entre 8 et 25, au droit des forages F-01 à F-05, la compacité du remblai varie de lâche à moyenne.

Les forages F-01 à F-05 ont traversé la couche de remblai de composition variable sur des épaisseurs variant entre 0,66 et 1,22 mètre.

4.3 Sable

À partir d'une profondeur variant entre 0,72 et 1,22 mètre, les forages F-01 à F-05 ont pénétré une couche de sable brun à brun-gris, traces de silt à silteux.

Selon les indices « N » de l'essai de pénétration standard compris entre 4 et 15, la compacité de la couche de sable varie de lâche à moyenne.

Les forages F-01 à F-05 ont traversé la couche de sable sur des épaisseurs comprises entre 1,27 et 1,78 mètre.

4.4 Argile silteuse

Directement sous la couche de sable, les forages F-01 à F-05 ont rencontré un dépôt gris constitué d'argile silteuse à silt argileux, traces de sable.

Selon les valeurs de résistance au cisaillement non drainé mesurées en chantier dans les forages F-01 à F-05, la consistance du dépôt d'argile silteuse est ferme à raide, avec des valeurs comprises entre 42,6 et 87,3 kPa mesurées entre 2,94 et 7,94 mètres de profondeur.

Les limites de plasticité et de liquidité (planches B-1 et B-2) ont été mesurées sur les échantillons F-03/CF-08 et F-04/CF-06 prélevés entre 5,49 et 6,71 mètres de profondeur. Les limites de liquidité obtenues sont de 57 et 55 pour cent et les limites de plasticité de 26 et 22 pour cent, d'où des indices de plasticité de 31 et 33 pour cent. Les indices de liquidité correspondant sont de 1,1 et 1,0. Les teneurs en eau naturelle mesurées sur ces échantillons d'argile sont de 58,8 et 54,0 pour cent. À l'état saturé, ces valeurs de teneur en eau correspondent à un poids volumique humide moyen de 16,5 kN/m³.

Cette argile de plasticité élevée est considérée comme « CH » selon la classification unifiée des sols.

En se basant sur la réalisation proposée par Leroueil et al¹, la pression de préconsolidation (σ'_p) peut être estimée en fonction de la résistance au cisaillement non drainé et des limites d'Atterberg. En tenant compte de l'ensemble de ces informations, des poids volumiques des sols en place et d'une profondeur de la nappe d'eau à 8,8 mètres, l'écart de préconsolidation minimum de l'argile ($\sigma'_p - \sigma'_v$) est d'environ 60 kPa à 6,5 mètres de profondeur au droit du forage F-03.

Les forages F-01 à F-05 ont traversé le dépôt d'argile silteuse sur des épaisseurs variant de 4,77 à 6,15 mètres, soit jusqu'à des profondeurs comprises entre 7,60 et 8,20 mètres.

4.5 Silt

Sous la couche d'argile silteuse décrite précédemment, les forages F-01 à F-05 ont rencontré un dépôt de silt gris, traces à un peu de sable et d'argile.

Selon les indices « N » de l'essai de pénétration standard de 8 à 18 mesurés au droit des forages F-01 à F-05, la compacité du silt est moyenne.

Les forages F-01 à F-05 ont été interrompus dans la couche de silt après l'avoir pénétré sur des épaisseurs variant de 0,64 à 1,46 mètre. Les forages ont été interrompus à des profondeurs comprises entre 8,24 et 9,61 mètres.

¹ Leroueil, S., Tavenas, F., Le Bihan, J.-P., «Propriétés géotechniques des argiles de l'est du Canada». Revue canadienne de géotechnique, vol. 20, no 4, novembre 1983, pp. 681 à 705.

5.0 NIVEAU DE L'EAU SOUTERRAINE

Le niveau de l'eau souterraine a été relevé dans les piézomètres des forages F-01 à F-05 les 16 octobre, 27 octobre et 11 novembre 2007. Le tableau I suivant présente la profondeur et l'élévation de la nappe d'eau souterraine ainsi que la date du relevé dans les forages.

TABLEAU I
PROFONDEUR ET ÉLÉVATION DE L'EAU SOUTERRAINE

Forage	Élévation du forage (mètres)	Profondeur du niveau d'eau (mètres)	Élévation du niveau d'eau (mètres)	Date du relevé
F-01	11,80	5,85	5,95	07-10-16
		4,00	7,80	07-10-27
F-02	11,45	6,87	4,58	07-10-16
		2,20	9,25	07-10-27
		2,40	9,05	07-11-11
F-03	11,75	6,14	5,61	07-10-16
		8,80	2,95	07-10-27
		8,60	3,15	07-11-11
F-04	11,75	> 7,32	< 4,43	07-10-16
		6,84	4,91	07-10-27
		6,60	5,15	07-11-11
F-05	11,80	> 7,12	< 4,68	07-10-16
		> 7,12	< 4,68	07-11-11

Notons que le niveau de la nappe phréatique peut varier suivant les précipitations et les saisons. Dans le présent cas, le niveau d'eau dans le fleuve pourrait aussi influencer le niveau d'eau dans le sol, particulièrement en période de crue.

6.0 NIVEAU D'EAU DANS LE FLEUVE

D'autre part, selon l'information que vous nous avez transmise, les niveaux maximums de crue des eaux du fleuve Saint-Laurent dans le secteur de la ville de Boucherville sont les suivants :

- Crue maximum sur cent ans : Élévation 9,58 mètres
- Crue maximum sur cinquante ans : Élévation 9,26 mètres
- Crue maximum sur vingt ans : Élévation 9,12 mètres

On note également qu'entre les années 1950 à 2000, le niveau minimum des eaux du fleuve Saint-Laurent dans le secteur de la ville de Boucherville se situait entre les élévations 4,57 et 6,25 mètres.

7.0 CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

La Ville de Boucherville prévoit procéder à la réfection de la piste cyclable de la Riveraine qui longe le boulevard Marie-Victorin, à Boucherville. Tel que présenté sur les photographies de l'appendice C, on observe d'importantes fissures sur le pavage, principalement au centre de la piste, ainsi qu'une inclinaison de la clôture située en haut de talus.

Tel que spécifiés à la section 3.0, nous avons identifiés les secteurs suivants comme ceux nécessitant des travaux de stabilisation :

- Entre les chaînages 6+045 et 6+110 mètres.
- Entre les chaînages 5+620 et 5+735 mètres.
- Entre les chaînages 5+345 et 5+465 mètres.

Les forages F-01 à F-05 réalisés dans le cadre de cette étude, ont été distribués afin de couvrir précisément ces secteurs. Les coupes de l'appendice E (dessins 14180-4 à 14180-8) présentent le profil de la piste et du talus adjacent au droit de chacun de ces forages. Les coupes permettent de déterminer que les pentes actuelles du talus varient entre 1,0H:1,0V et 1,8H:1,0V.

7.1 Stabilité des pentes actuelles

Nous avons évalué la stabilité des pentes existantes du talus situé à l'ouest de la piste cyclable à l'aide du programme informatique SLOPE/W version 2007 utilisant la méthode de Bishop simplifiée. Les paramètres géotechniques des différentes couches de sol et de matériaux ont été déduits des résultats obtenus au cours de la présente étude géotechnique. Ces paramètres sont présentés dans le tableau II suivant. Les calculs ont porté sur la stabilité à long terme.

TABLEAU II
PARAMÈTRES GÉOTECHNIQUES

Matériaux	Poids volumique total (kN/m ³)	Angle de frottement (degrés)	Cohésion (kPa)
Béton bitumineux et remblai granulaire	23	38	0
Sable	18	32	0 ⁽¹⁾
Argile silteuse	17,5	29	8
Silt	18	30	0

⁽¹⁾ Une cohésion de 2 kPa a été considérée pour tenir compte de la végétation pour la coupe A-A'.

Trois coupes ont été sélectionnées pour la détermination de la stabilité des pentes du talus existant. Leurs emplacements sont montrés sur les dessins 14180-1, 14180-2 et 14180-3 de l'appendice D et sont spécifiés ci-dessous :

- Coupe A-A' située au chaînage 6+065 mètres, près du forage F-01 (dessin 14180-4).
- Coupe B-B' située au chaînage 5+727 mètres, près du forage F-02 (dessin 14180-5).
- Coupe D-D' située au chaînage 5+432 mètres, près du forage F-04 (dessin 14180-7).

Les calculs de stabilité de pente réalisés ont permis d'obtenir les facteurs de sécurité minimums suivants pour les trois coupes analysées :

- Facteur de sécurité de 1,05 pour la coupe A-A'
- Facteur de sécurité de 1,24 pour la coupe B-B'
- Facteur de sécurité de 1,23 pour la coupe D-D'

Un facteur de sécurité minimal de 1,5 est normalement recommandé pour assurer une stabilité à long terme des pentes d'un talus. Nous pouvons donc conclure que les pentes actuelles

présentent une stabilité précaire. Tel qu'illustré sur les planches F-1 à F-3, les cercles critiques se situent dans les couches granulaires de surface où la pente des talus est trop abrupte. Il est à noter que ces analyses de stabilité ne tiennent pas compte des matériaux grossiers (morceaux de béton et enrochement) qui ont été ajoutés sur la surface des talus avec le temps.

7.2 Mesures correctives

Les secteurs identifiés à la section précédente ainsi que sur les dessins 14180-1, 14180-2 et 14180-3 devront faire l'objet de restauration afin d'assurer une stabilité des pentes du talus à l'ouest de la piste cyclable et ainsi éviter des dommages ultérieurs à celle-ci. Les pentes recommandées sont présentées aux planches F-4 à F-6 de l'appendice F. Les travaux de réfection sont décrits aux paragraphes suivants.

Aux endroits où le talus est recouvert en partie de blocs de béton empilés les uns sur les autres (photographies nos 5 et 6) ou d'enrochement, nous recommandons qu'ils soient enlevés afin d'éviter une éventuelle migration des sols adjacents à l'intérieur des cavités présentes entre ces blocs. Les blocs pourront être réutilisés pour la construction de l'enrochement en bas de talus. Les travaux d'enlèvement des blocs de béton devront être réalisés graduellement par section d'environ 8 mètres de longueur. On devra également enlever la végétation nuisible et les débris avant de procéder aux travaux correctifs. Toutefois, il est recommandé de conserver les arbres ayant plus de 200 millimètres de diamètre.

Suite aux travaux de nettoyage mentionnés ci-dessus, nous recommandons la mise en place d'une membrane géotextile sur toute la surface du talus existant. Suite à la mise en place du géotextile, nous recommandons de mettre un enrochement constitué de blocs d'un diamètre compris entre 300 et 400 millimètres à partir du pied de talus. L'épaisseur minimale de l'enrochement devra être de 1,0 mètre et il devra atteindre une hauteur correspondant à l'élévation 10,0 mètres afin d'assurer une protection des berges contre l'érosion et en tenant compte d'un niveau de crue centenaire de l'ordre de 9,50 mètres. Les blocs constituant l'enrochement devront être mis en place selon une pente d'au moins 1,5H:1,0V. Notons que les

blocs de béton préalablement enlevés du talus existant pourront être utilisés comme enrochement. Dans un but esthétique, nous recommandons d'utiliser ces blocs de béton en premier, soit directement sur le géotextile, afin qu'ils soient entièrement recouverts du nouvel enrochement.

Les caractéristiques des pierres utilisées devront respecter la norme 14501 du Ministère des Transports du Québec.

Par-dessus l'enrochement jusqu'au haut du talus, soit au niveau de la piste cyclable, nous recommandons la mise en place d'un remblai classe « B » compacté par couche de 300 millimètres d'épaisseur à 90 pour cent de la valeur maximale du Proctor modifié. Avant sa mise en place, il sera important d'installer une membrane géotextile par-dessus l'enrochement afin d'éviter la migration de sols dans l'enrochement sous-jacent. De plus, le remblai devra excéder le bord de la piste cyclable sur au moins un mètre, largeur minimale recommandée entre le haut du talus et la piste cyclable. Ce remblai devra être construit selon une pente d'au moins 2,0H:1,0V. Nous recommandons l'engazonnement de la surface de ce remblai.

Suite aux travaux de réaménagement du talus, on pourra procéder à la réparation et si requis au pavage de la piste cyclable.

7.3 Stabilité des pentes corrigées

Nous avons évalué la stabilité des pentes à long terme du talus corrigé à l'aide du programme informatique SLOPE/W version 2007 utilisant la méthode de Bishop simplifiée. Les paramètres géotechniques des différentes couches de sol et de matériaux existants sont les mêmes que ceux indiqués au tableau II de la section 7.1. D'autre part, les paramètres de l'enrochement et du remblai classe « B » sont indiqués au tableau III suivant.

TABLEAU III
PARAMÈTRES GÉOTECHNIQUES

Matériaux	Poids volumique total (kN/m³)	Angle de frottement (degrés)	Cohésion (kPa)
Remblai classe « B »	19	32	0
Enrochement	20	42	0

La stabilité des pentes corrigées du talus a été analysée au droit des trois coupes sélectionnées précédemment. Les résultats des calculs sont présentés aux planches F-4 à F-6 et ils indiquent que les travaux de réfection des talus, tel que décrit précédemment, assurent un facteur de sécurité minimum à long terme compris entre 1,62 et 1,75, soit supérieur à la valeur minimale de 1,5 requise.

8.0 CHANGEMENTS ET INSPECTIONS

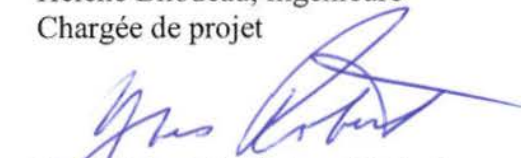
Les conclusions et recommandations qui ont été formulées précédemment ne sont valides que pour les conditions décrites dans le présent rapport. Quéformat Ltée devra être avisée par écrit de tout changement dans la nature ou la conception du projet afin d'en évaluer l'impact et, au besoin, de modifier par un document écrit les conclusions et recommandations formulées précédemment.

Par ailleurs, soulignons que Quéformat Ltée offre tous les services de contrôle et d'essai sur les matériaux qui seront requis lors de la réalisation du projet.

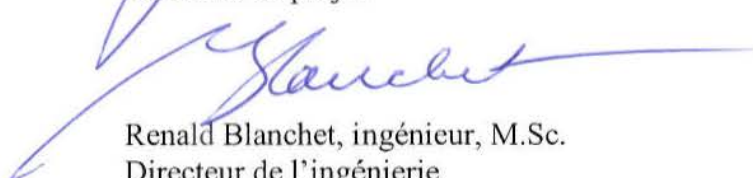
QUÉFORMAT LTÉE



Hélène Bilodeau, ingénieure
Chargée de projet



Yves Robert, ingénieur, M.Sc.A.
Directeur de projet



Renald Blanchet, ingénieur, M.Sc.
Directeur de l'ingénierie
Vice-président

HB/YR/nc

3cc/ Ville de Boucherville – Service du génie

APPENDICE A

RAPPORTS DE FORAGE ET
ESSAIS AU SCISSOMÈTRE DE CHANTIER

(planches A-1 à A-10)

NOTES EXPLICATIVES SUR LES RAPPORTS DE FORAGE ET DE Puits D'EXPLORATION

Les rapports de forage et de puits d'exploration placés en appendice contiennent une description détaillée des matériaux rencontrés, incluant la profondeur et l'élévation de chacune des couches rencontrées, et le type, la profondeur et la récupération de chacun des échantillons prélevés lors des travaux sur le terrain.

DESCRIPTION DES SOLS

La description des sols est basée sur la classification selon la dimension des particules, l'importance relative de chaque constituants et les résultats des divers essais réalisés sur le terrain et en laboratoire.

Classification et dimension des particules

Terminologie	Dimensions (mm)
Blocs	> 300
Cailloux	80 à 300
Gravier	5,0 à 80
Sable	0,080 à 5,0
Silt	0,002 à 0,80
Argile	< 0,002

	Proportion (en poids)
Traces	< 10%
Un peu	10% à 20%
Adjectif (ex: silteux)	20% à 35%
Nom (ex: et sable)	> 35%

Sols pulvérulents

Dans le cas des sols pulvérulents (silt, sable et gravier), l'état de densité du sol, ou compacité, est exprimé par rapport à l'indice "N" de l'essai de pénétration standard.

Compacité	Indice "N"
Très lâche	< 4
Lâche	4 à 10
Compact ou moyenne	10 à 30
Dense	30 à 50
Très dense	> 50

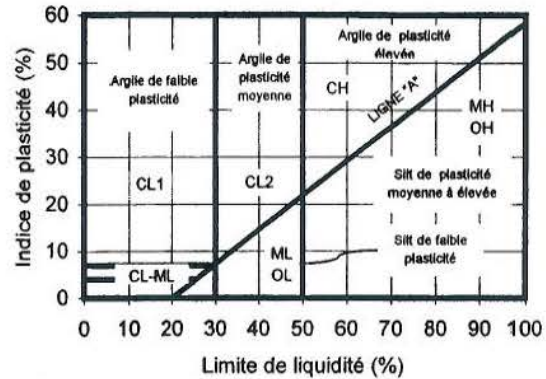
Sols cohérents

Pour les sols cohérents (argile), la consistance du matériau est évaluée à partir des essais de résistance au cisaillement (c_u) ou, à défaut, de l'indice "N". La sensibilité au remaniement (S_r) est définie par le rapport de la résistance au cisaillement du matériau intact (c_{ui}) sur celle du matériau remanié (c_r).

Consistance	Résistance (c_u) (kPa)	Indice "N"
Très molle	< 12	< 2
Molle	12 à 25	2 à 4
Ferme	25 à 50	4 à 8
Raide	50 à 100	8 à 15
Très raide	100 à 200	15 à 30
Dure	> 200	> 30

Sensibilité (S_r)	c_{ui} / c_r
Faible	< 10
Moyenne	10 à 40
Élevée	> 40

DIAGRAMME DE PLASTICITE



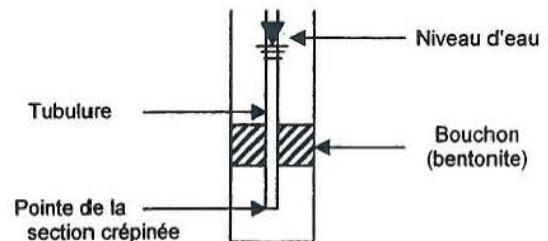
STRATIGRAPHIE

Les symboles suivants sont utilisés, seuls ou associés avec d'autres, pour illustrer la stratigraphie observée.

	Argile		Cailloux et/ou blocs
	Silt		Terre végétale ou tourbe
	Sable		Remblai
	Gravier		Béton bitumineux

EAU

Dans cette colonne est indiqué le niveau de l'eau souterraine mesuré lors de travaux de reconnaissance ou ultérieurement. Les détails d'installation d'un piézomètre ou d'un tube d'observation sont illustrés sur la schéma suivant.



ESSAIS

Dans cette colonne sont indiqués les résultats des essais réalisés aux profondeurs correspondantes, soit au chantier ou en laboratoire sur les échantillons récupérés dans les sondages.

Tx	: Cisaillement en cellule triaxiale
Oed	: Consolidation oedométrique
k	: Perméabilité, en cm/s
AG	: Analyse granulométrique
AC	: Analyse chimique

DOSSIER : **S-14180-G**
 CLIENT : **Ville de Boucherville - Service du génie**
 PROJET : **Stabilité de talus - Piste cyclable la Riveraine**
 LOCAL : **Boulevard Marie-Victorin (entre les rues de Monts et Birtz)**
Boucherville (Québec)

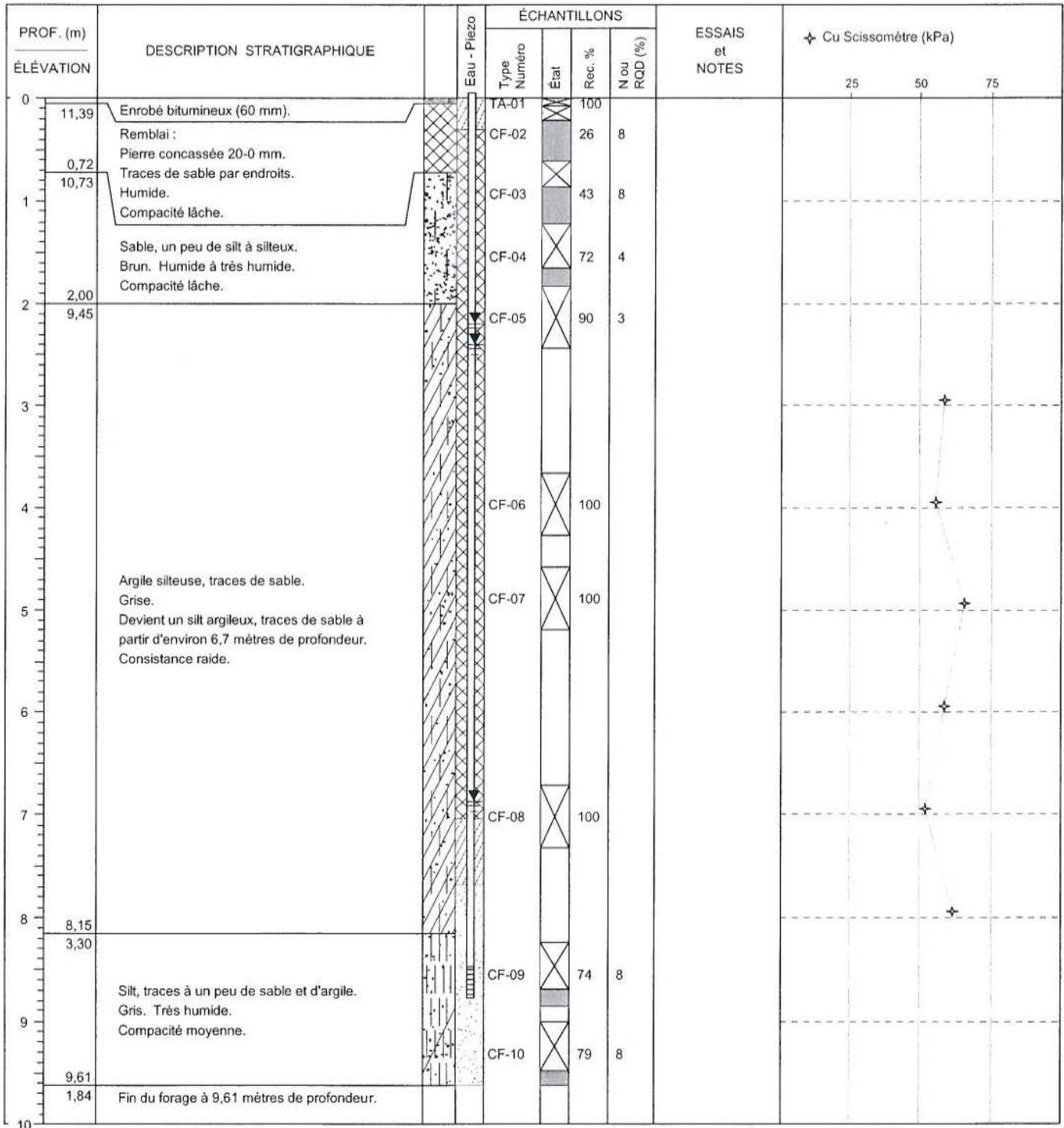
 SONDRAGE : **F-02**

 Date : **07-10-11**

 Fichier : **F-02**

 Élev. surf. : **11,45 m Géodésique**

SYMBOLES STRATIGRAPHIQUES		NIVEAU D'EAU		TYPE ET ÉTAT DE L'ÉCHANTILLON		TYPE DE SONDRAGE		
	Gravier		Béton bitumineux	Profondeur (m)	Date	TA : Tarière manuelle CF : Carottier fendu	Remanié Perdu	Équipement : Mobile Drill
	Sable		Remblai					Tube
	Silt			8,78	6,87	07-10-16		Direction :
	Argile				2,20	07-10-27		
					2,40	07-11-11		



DOSSIER : **S-14180-G**
 CLIENT : **Ville de Boucherville - Service du génie**
 PROJET : **Stabilité de talus - Piste cyclable la Riveraine**
 LOCAL : **Boulevard Marie-Victorin (entre les rues de Monts et Birtz)**
Boucherville (Québec)

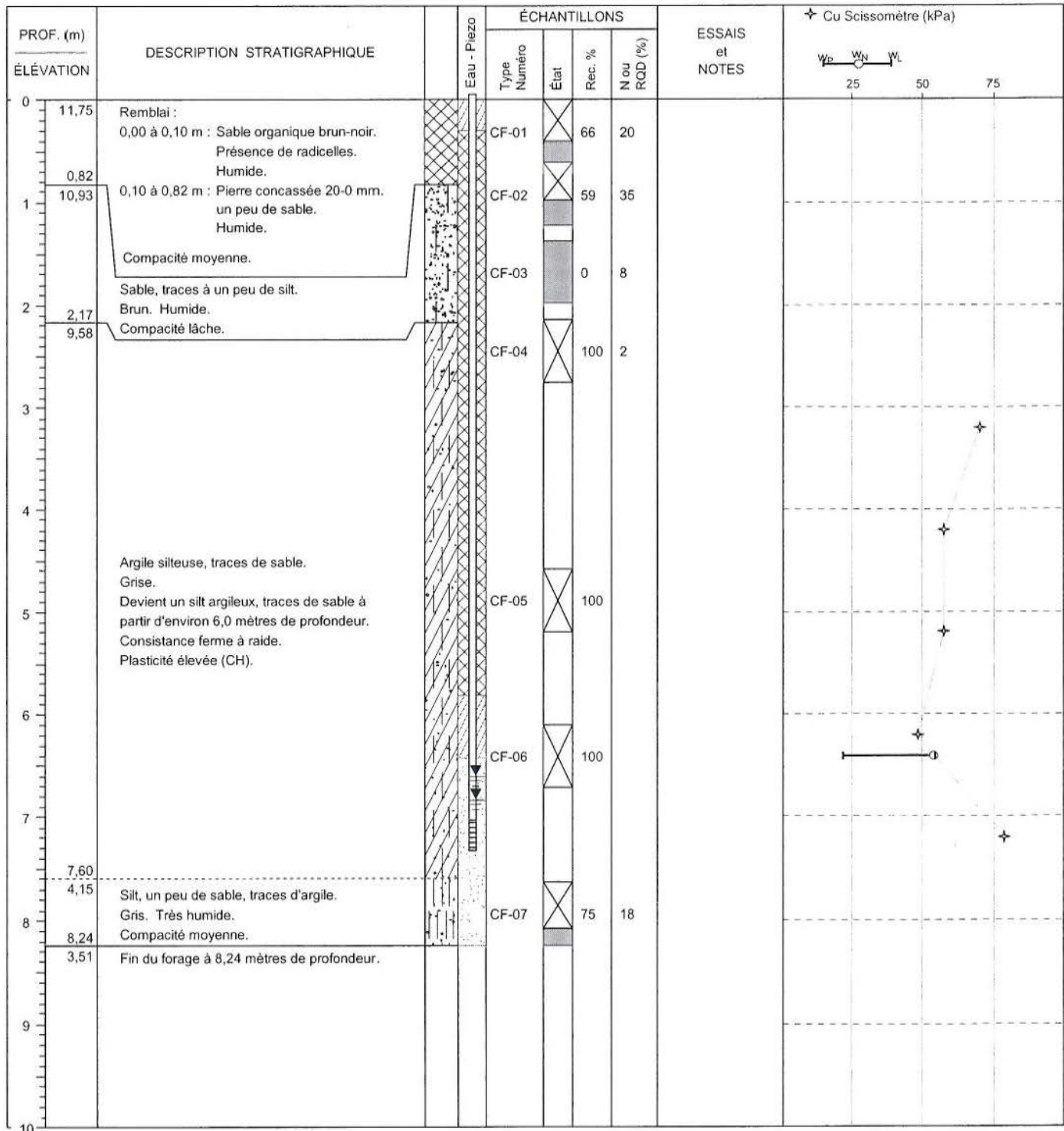
 SONDRAGE : **F-04**

 Date : **07-10-16**

 Fichier : **F-04**

 Élev. surf. : **11,75 m Géodésique**

SYMBOLES STRATIGRAPHIQUES		NIVEAU D'EAU		TYPE ET ÉTAT DE L'ÉCHANTILLON		TYPE DE SONDRAGE			
	Gravier		Remblai	Profondeur (m)	Date	CF : Carottier fendu	Remanié Perdu	Équipement : Mobile Drill Plongée : 90° Direction :	
	Sable	Tube	Eau						aa-mm-jj
	Silt	7,32	sec						07-10-16
	Argile		6,84	07-10-27					
			6,60	07-11-11					



DOSSIER : **S-14180-G**
 CLIENT : **Ville de Boucherville - Service du génie**
 PROJET : **Stabilité de talus - Piste cyclable la Riveraine**
 LOCAL : **Boulevard Marie-Victorin (entre les rues de Monts et Birtz)**
Boucherville (Québec)

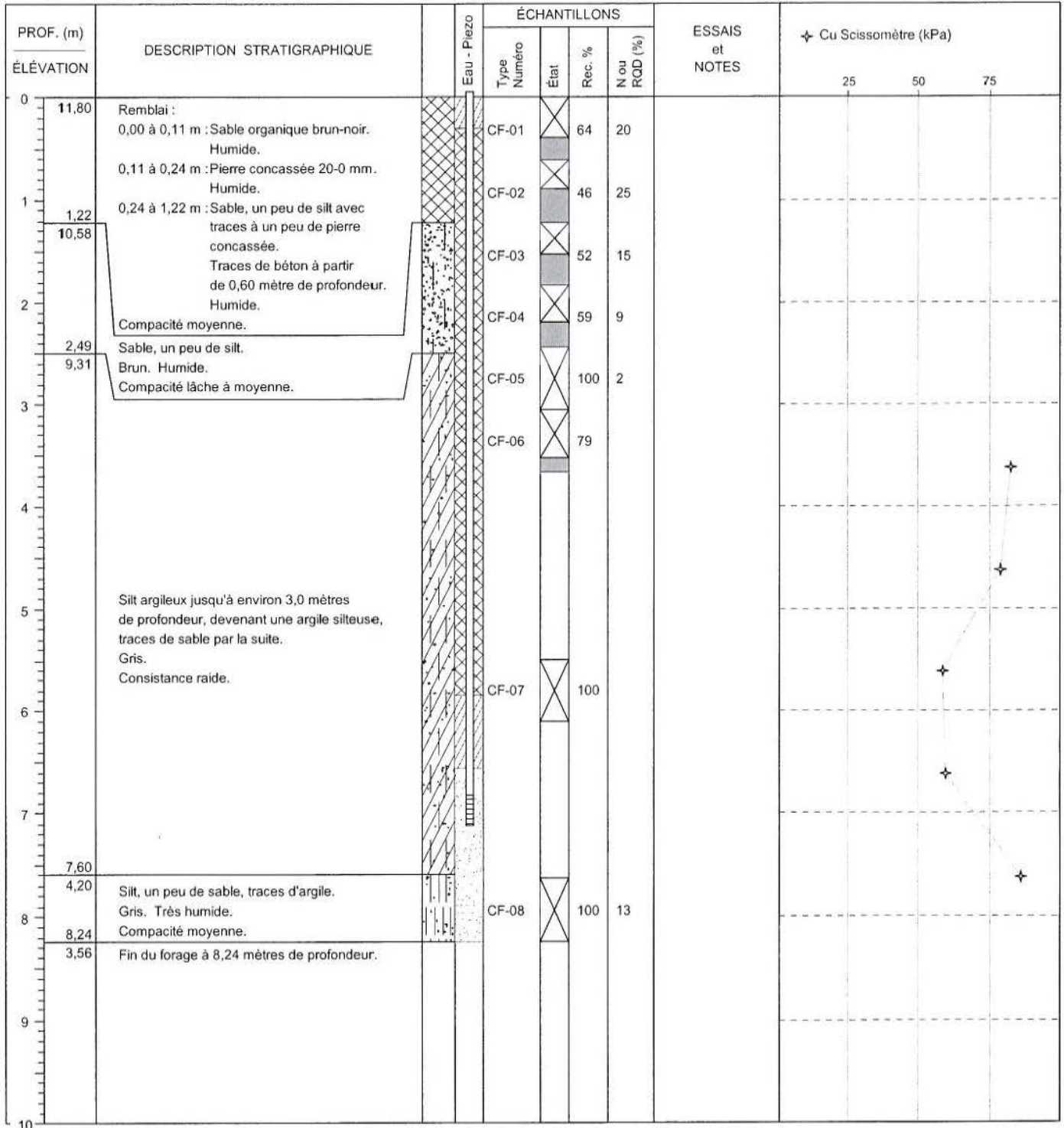
 SONDAGE : **F-05**

 Date : **07-10-16**

 Fichier : **F-05**

 Élev. surf. : **11,80 m Géodésique**

SYMBOLES STRATIGRAPHIQUES		NIVEAU D'EAU		TYPE ET ÉTAT DE L'ÉCHANTILLON		TYPE DE SONDAGE					
	Gravier		Remblai	Profondeur (m)	Date	CF : Carottier fendu	Remanié Perdu	Équipement : Mobile Drill			
	Sable							Tube	Eau	aa-mm-jj	Plongée : 90°
	Silt							7,12	sec	07-10-16	Direction :
	Argile										



APPENDICE B

RÉSULTATS DES ESSAIS DE LABORATOIRE

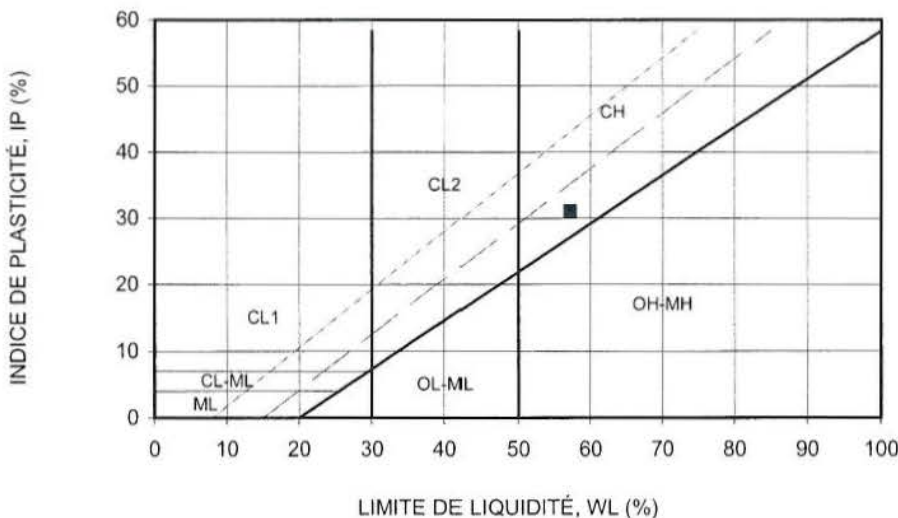
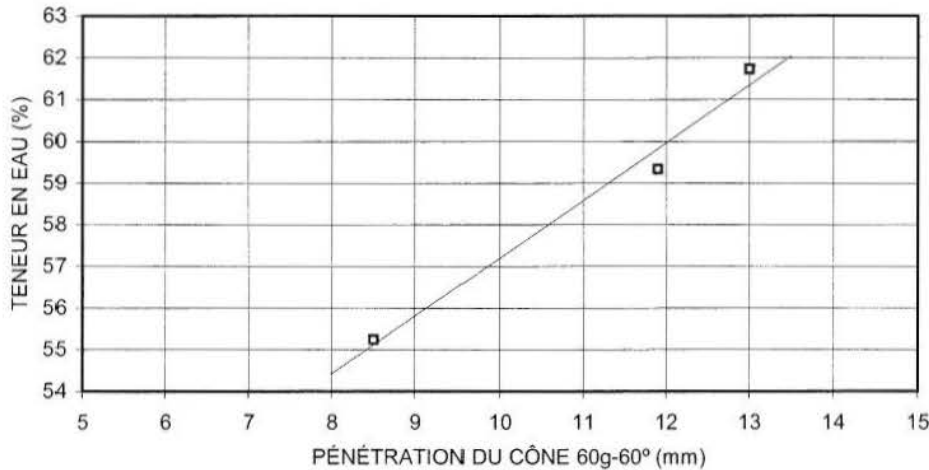
(planches B-1 et B-2)

DOSSIER : **14180-G**
 CLIENT : **Ville de Boucherville**
 PROJET : **Stabilité de talus**
 LOCALISATION : **Piste cyclable de la Riveraine**
Boulevard Marie-Victorin, Boucherville, (Québec)

SONDAGE : **F-03**
 ÉCHANT. : **CF-08**
 PROF. (m) : **5.49 - 6.10**
 ÉCH. No : **03-08**
 FICHER : **03-08.LIM**

MÉTHODE ET PRÉPARATION		TENEURS EN EAU	NATURELLE			LIMITE DE PLASTICITÉ		
Méthode :	Cône	Remarques						
Séchage :	Aucun	Masse totale humide	525.14			14.32	15.40	
Tamissage :	Aucun	Masse totale sèche	336.38			11.86	12.69	
		Tare no	A-23			384	361	
		Masse de la tare	15.24			2.39	2.37	
% < 5 mm :		Teneur en eau	58.78			25.98	26.26	
% < 0.40 mm :		Valeurs moyennes		58.78			26.12	
% < 0.08 mm :								
% < 0.002 mm :								

LIMITE DE LIQUIDITÉ								
Point no	1	2	3	4	5	6	7	8
Remarque								
Pénétration cône 60g-60°	13.0	11.9	8.5					
Nombre de percussion								
Masse totale humide	24.67	24.40	28.04					
Masse totale sèche	16.17	16.20	18.92					
Tare no	1296	414	267					
Masse de la tare	2.40	2.38	2.41					
Teneur en eau	61.73	59.33	55.24					



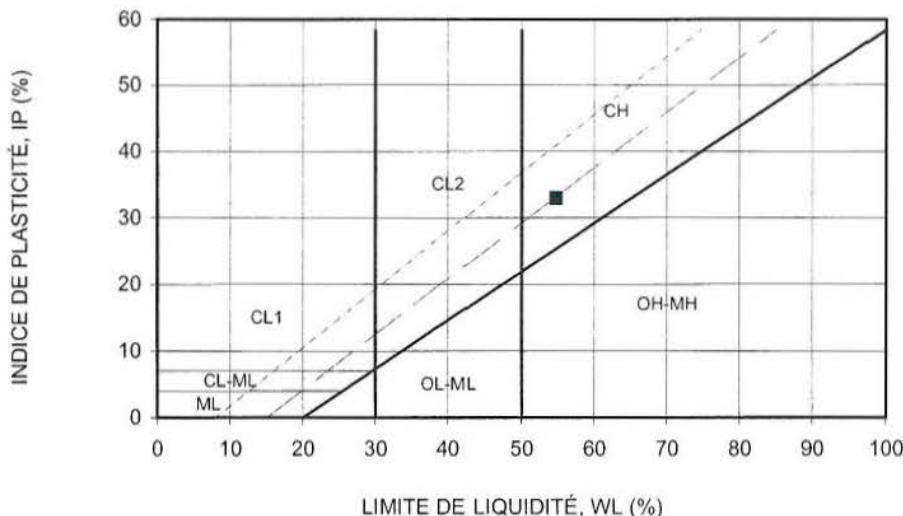
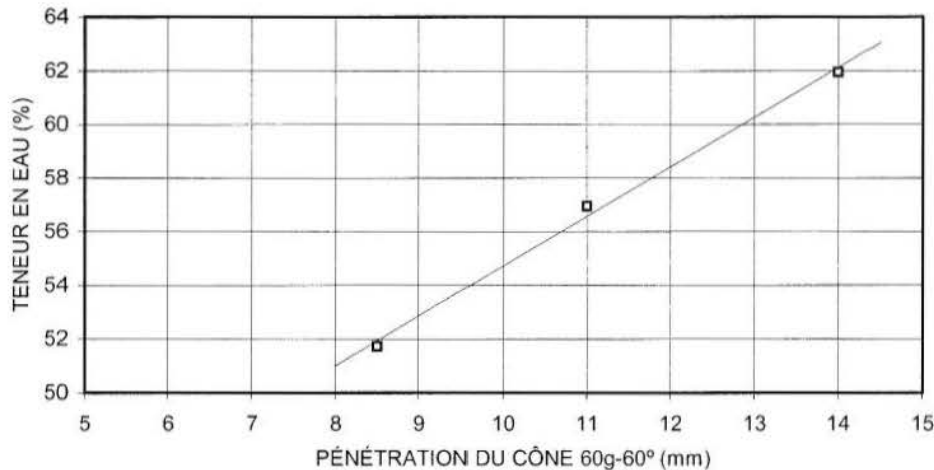
RÉSULTATS D'ESSAIS		
Teneur en eau naturelle :		
Globale	W_{NG}	58.8
<	W_{NL}	58.8
Limite de liquidité :		
Au cône	W_{LC}	57.2
Percussion	W_{LP}	
Limite de plasticité : 26.1		
Indice de plasticité		
Au cône	I_{PC}	31.1
Percussion	I_{PP}	
Indice de liquidité		
Au cône	I_{LC}	1.05
Percussion	I_{LP}	
Activité (IP/2mm)		
Au cône	A_C	
Percussion	A_P	
Classif.	USC	AASHO
Cône	CH	
Percussion		
NP : Non plastique ND : Non déterminé EX : Exclus		
Remarques:		
Effectué par : M. Naili 07-10-19		
Vérifié par <i>Hélène Bilodeau</i> Hélène Bilodeau, ing.		
Date : 07-11-07		

DOSSIER : **14180-G**
 CLIENT : **Ville de Boucherville**
 PROJET : **Stabilité de talus**
 LOCALISATION : **Piste cyclable de la Riveraine**
Boulevard Marie-Victorin, Boucherville, (Québec)

SONDAGE : **F-04**
 ÉCHANT. : **CF-06**
 PROF. (m) : **6.10 - 6.71**
 ÉCH. No : **04-06**
 FICHER : **04-06.LIM**

MÉTHODE ET PRÉPARATION		TENEURS EN EAU	NATURELLE	LIMITE DE PLASTICITÉ	
Méthode :	Cône	Remarques			
Séchage :	Aucun	Masse totale humide	619.85	15.27	15.68
Tamissage :	Aucun	Masse totale sèche	407.79	12.97	13.30
		Tare no	M-27	1 004	9 701
		Masse de la tare	15.40	2.39	2.40
% < 5 mm :		Teneur en eau	54.04	21.74	21.83
% < 0.40 mm :		Valeurs moyennes	54.04	21.79	
% < 0.08 mm :					
% < 0.002 mm :					

LIMITE DE LIQUIDITÉ								
Point no	1	2	3	4	5	6	7	8
Remarque								
Pénétration cône 60g-60°	14.0	11.0	8.5					
Nombre de percussion								
Masse totale humide	21.33	23.97	27.81					
Masse totale sèche	14.10	16.14	19.14					
Tare no	1155	423	338					
Masse de la tare	2.43	2.39	2.38					
Teneur en eau	61.95	56.95	51.73					



RÉSULTATS D'ESSAIS		
Teneur en eau naturelle :		
Globale	W_{NG} :	54.0
<	W_{NL} :	54.0
Limite de liquidité :		
Au cône	W_{LC} :	54.7
Percussion	W_{LP} :	
Limite de plasticité : 21.8		
Indice de plasticité		
Au cône	I_{PC} :	32.9
Percussion	I_{PP} :	
Indice de liquidité		
Au cône	I_{LC} :	0.98
Percussion	I_{LP} :	
Activité (IP/2mm)		
Au cône	A_C :	
Percussion	A_P :	
Classif.	USC	AASHO
Cône	CH	
Percussion		
NP : Non plastique ND : Non déterminé EX : Exclus		
Remarques:		
Effectué par :		
M. Naili	07-10-19	
Vérifié par		
Hélène Bilodeau, ing.		
Date :	07-11-07	

APPENDICE C

PHOTOGRAPHIES DE LA PISTE CYCLABLE

(photographies nos 1 à 9 – planches C-1 à C-5)



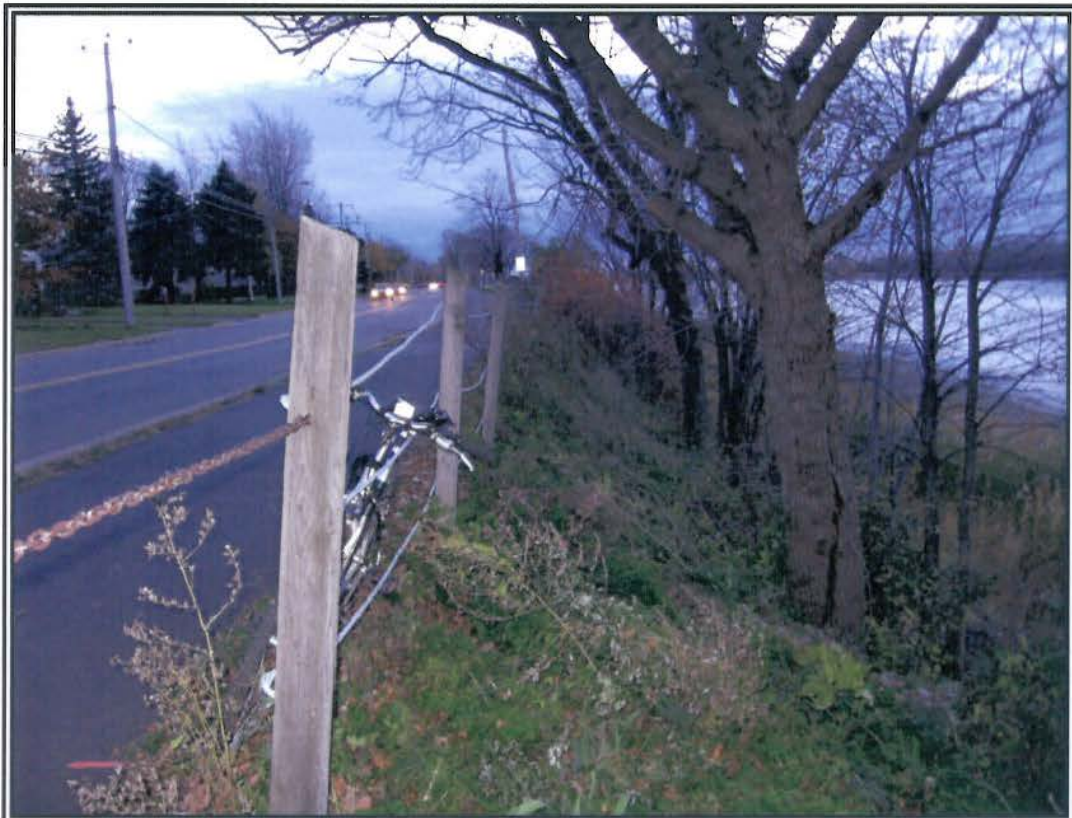
Photographie no 1: Secteur du forage F-01, vue vers le nord-est. Inclinaison de la clôture vers le fleuve.



Photographie no 2: Secteur du forage F-01, vue vers le nord-est. Inclinaison de la clôture vers le fleuve.



Photographie no 3: Secteur des forages F-02 et F-03, vue de la piste cyclable vers le sud-ouest.



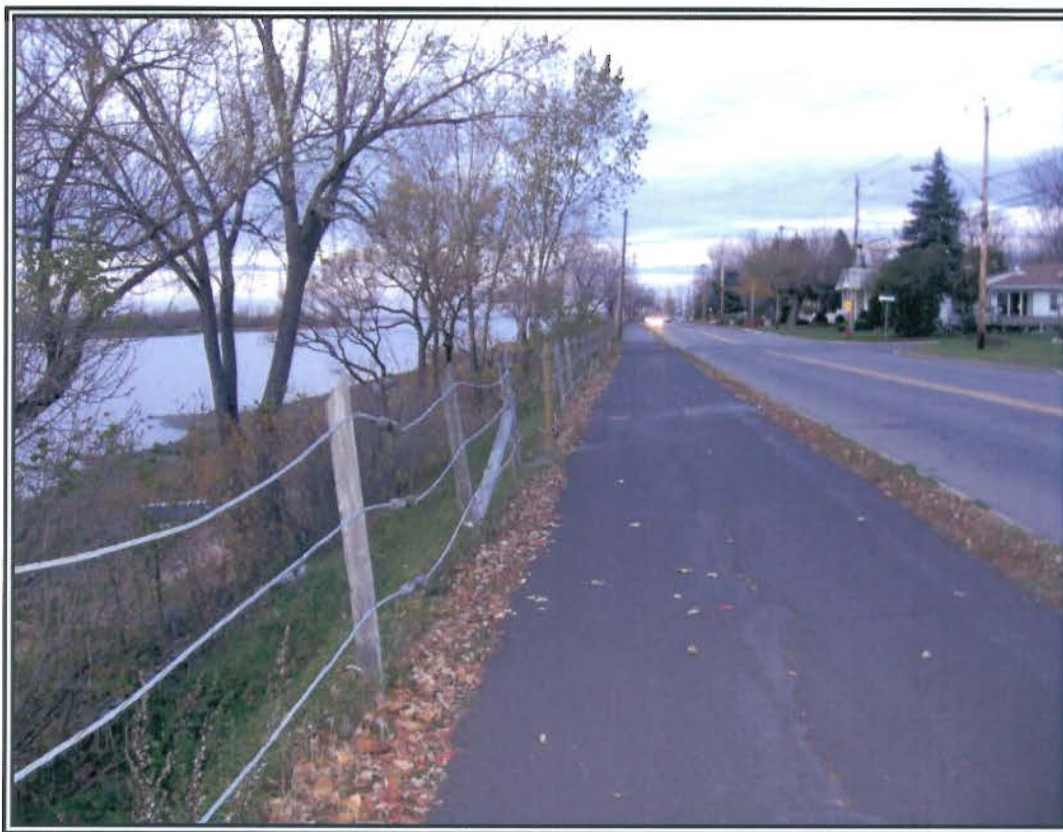
Photographie no 4: Secteur des forages F-02 et F-03. Talus en bordure de la piste cyclable.



Photographie no 5: Secteur des forages F-02 et F-03. Remblai du talus en bordure de la piste cyclable.



Photographie no 6: Secteur des forages F-02 et F-03. Remblai du talus en bordure de la piste cyclable.



Photographie no 7: Secteur des forages F-04 et F-05. Vue de la piste cyclable vers le nord-est. Fissure centrale.



Photographie no 8: Secteur des forages F-04 et F-05. Vue vers le nord-est. Fissure centrale et inclinaison de la clôture vers le fleuve.



Photographie no 9: Secteur du forage F-04. Fissuration.

APPENDICE D

PLANS DE LOCALISATION DES FORAGES

(dessins 14180-1, 14180-2 et 14180-3)



fleuve Saint-Laurent

Boulevard Marie-Victorin
ch 6+110

Section de la piste
à réparer

No Civique
968

F-01
Él. 11,80m

1 910 654
S:1 266.5
107.00

Piste cyclable
ch 6+045

No Civique
964

1 910 650
S: 1 021.6

No Civique
960

1 910 64

RÉFÉRENCE :
Plans transmis par e-mail le 22 octobre 2007
par la Ville de Boucherville
"cad0853.dwg", "cad854.dwg" et "mv-text1026.dwg"



LÉGENDE

 F-01
Él. 11,80m Forage, numéro et élévation

PROJET :
Stabilité de talus - Piste cyclable la Riveraine
Boulevard Marie-Victorin (entre les rues de Monts et Birtz)
Boucherville, (Québec)

DATE : 2007-11-02

ÉCHELLE : 1 : 500

TITRE :
Localisation du forage F-01

DESSINÉ : J.P.

APPROUVÉ : H. Bilodeau



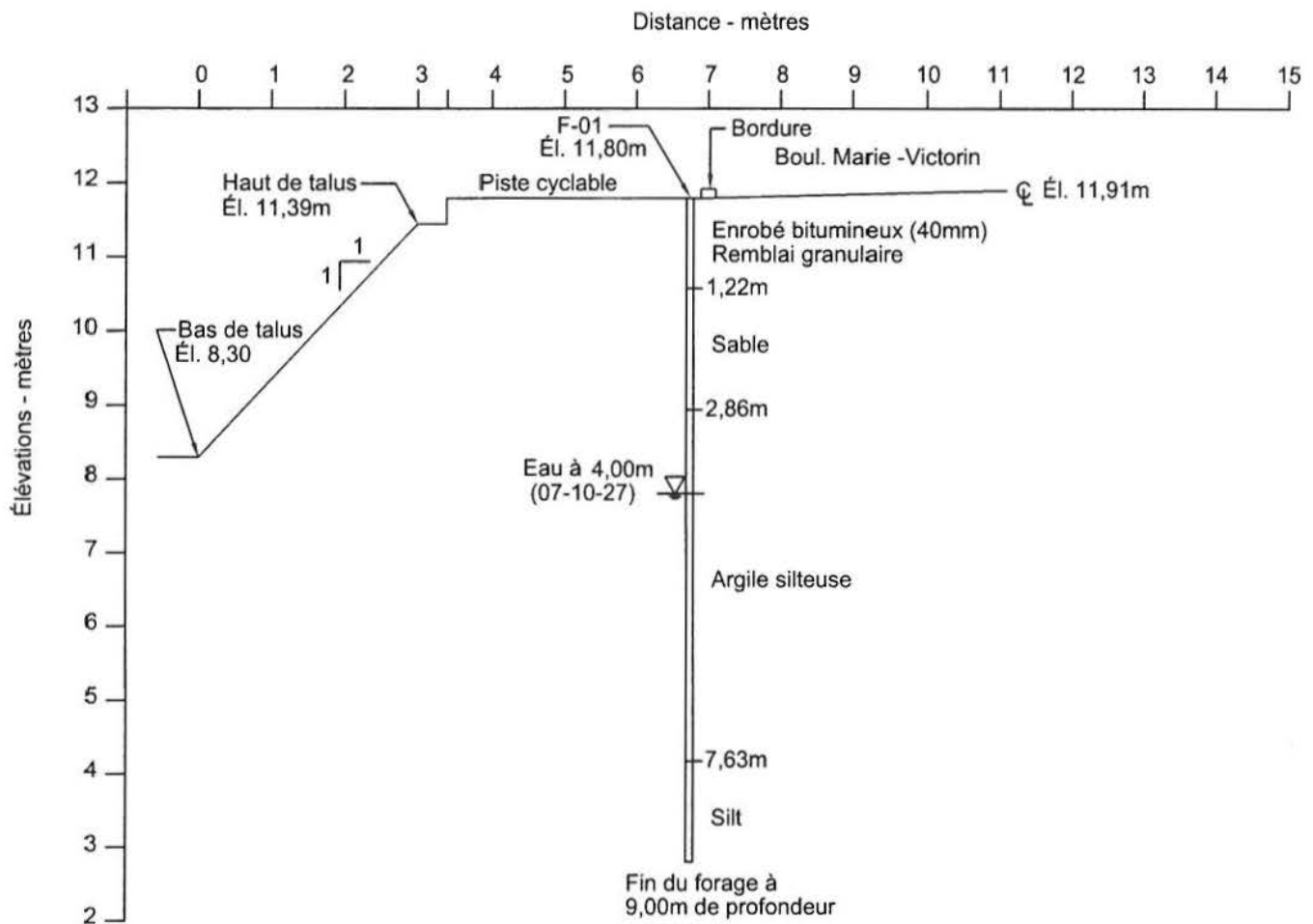
DOSSIER : 14180-G

DESSIN : 14180-1

APPENDICE E

COUPES A-A' à E-E'

(dessins 14180-4 à 14180-8)

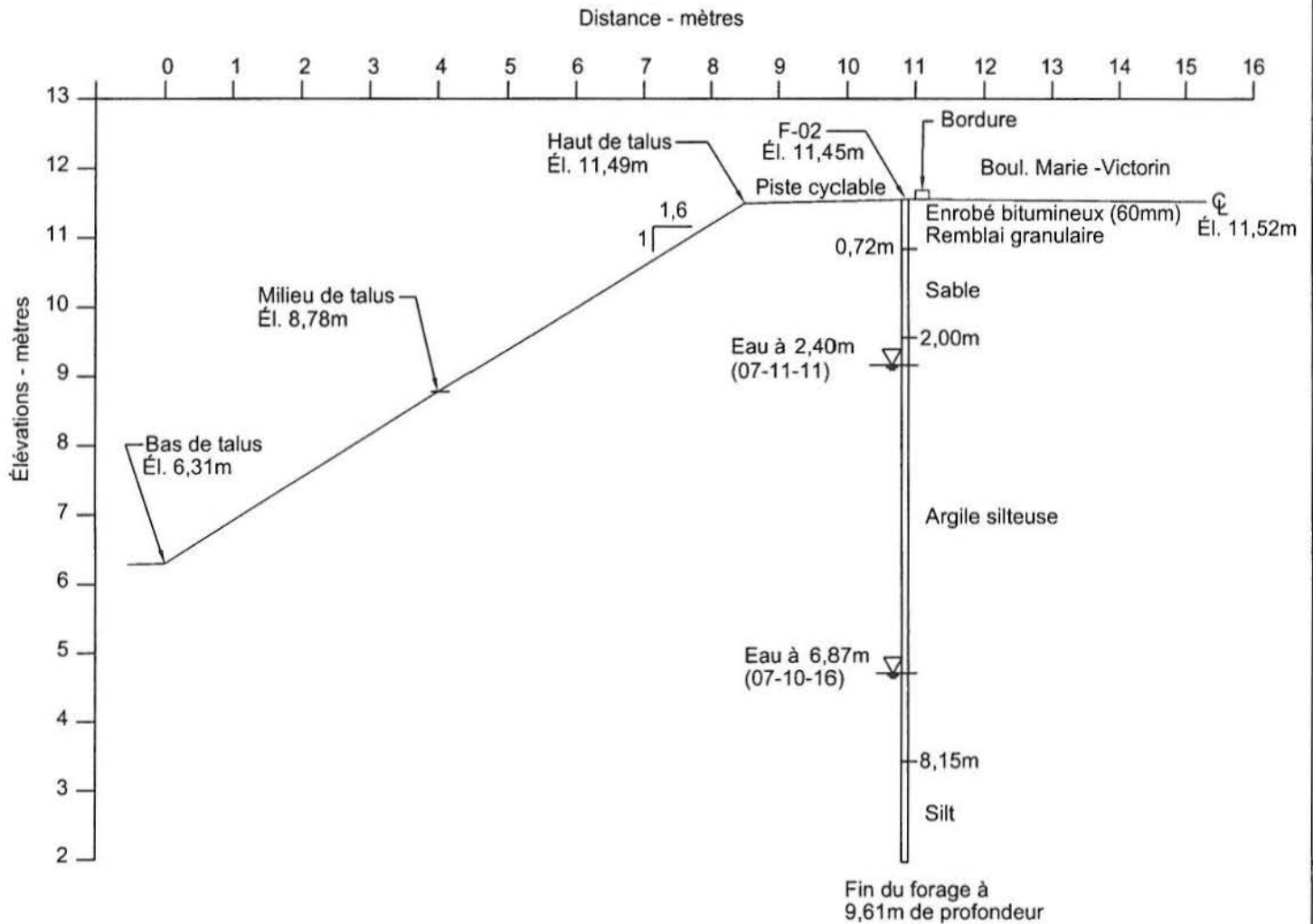


Coupe A-A'




PROJET : Stabilité de talus - Piste cyclable la Riveraine Boulevard Marie-Victorin (entre les rues de Monts et Birtz) Boucherville, (Québec)	DATE : 2007-11-02
	ÉCHELLE : 1 : 100
TITRE : Coupe A-A'	DESSINÉ : J.P.
	APPROUVÉ : H. Bilodeau
	DOSSIER : 14180-G
	DESSIN : 14180-4



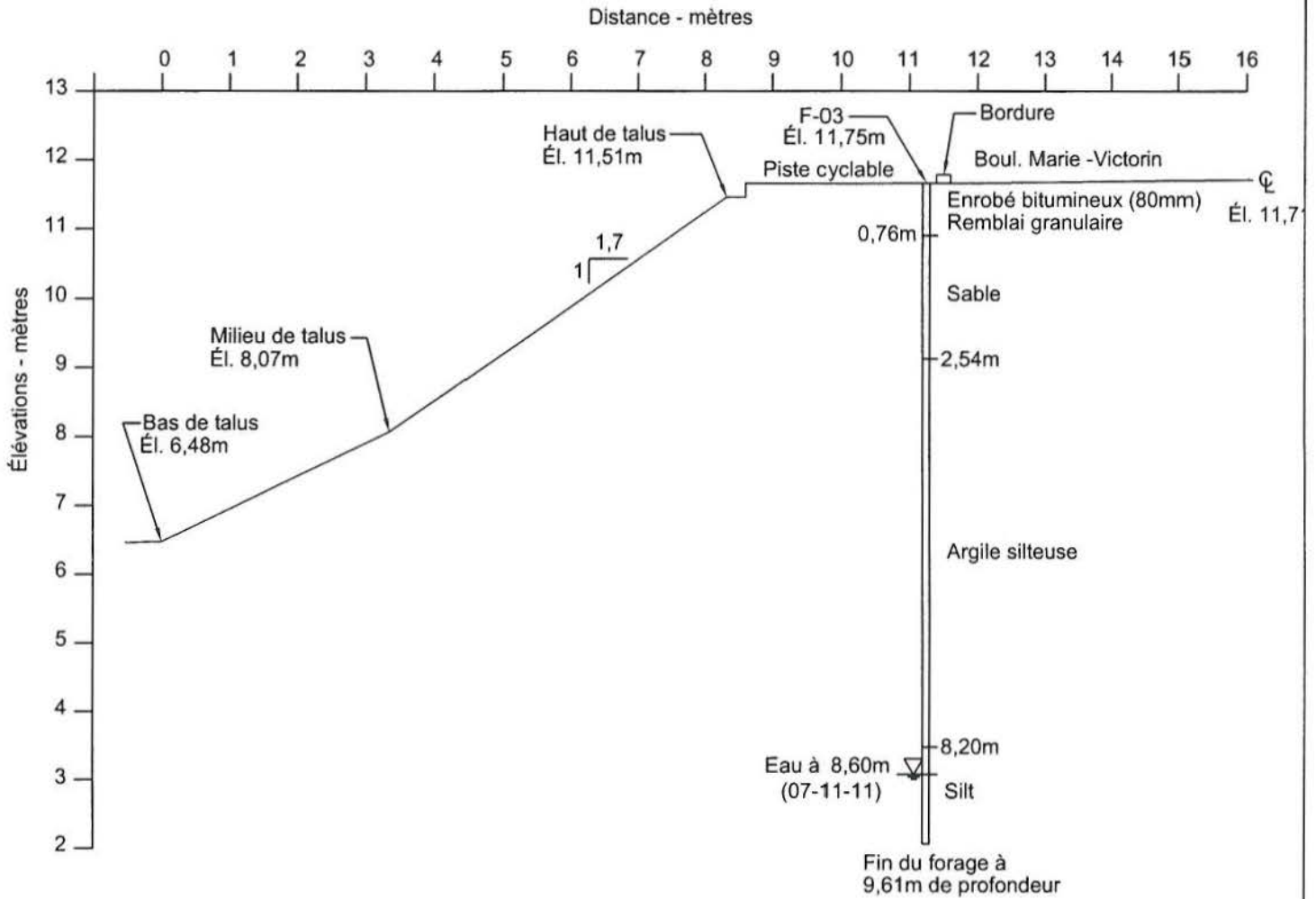


Coupe B-B'



PROJET : Stabilité de talus - Piste cyclable la Riveraine Boulevard Marie-Victorin (entre les rues de Monts et Birtz) Boucherville, (Québec)	DATE : 2007-11-02
	ÉCHELLE : 1 : 100
TITRE : Coupe B-B'	DESSINÉ : J.P.
	APPROUVÉ : H. Bilodeau
	DOSSIER : 14180-G
	DESSIN : 14180-5



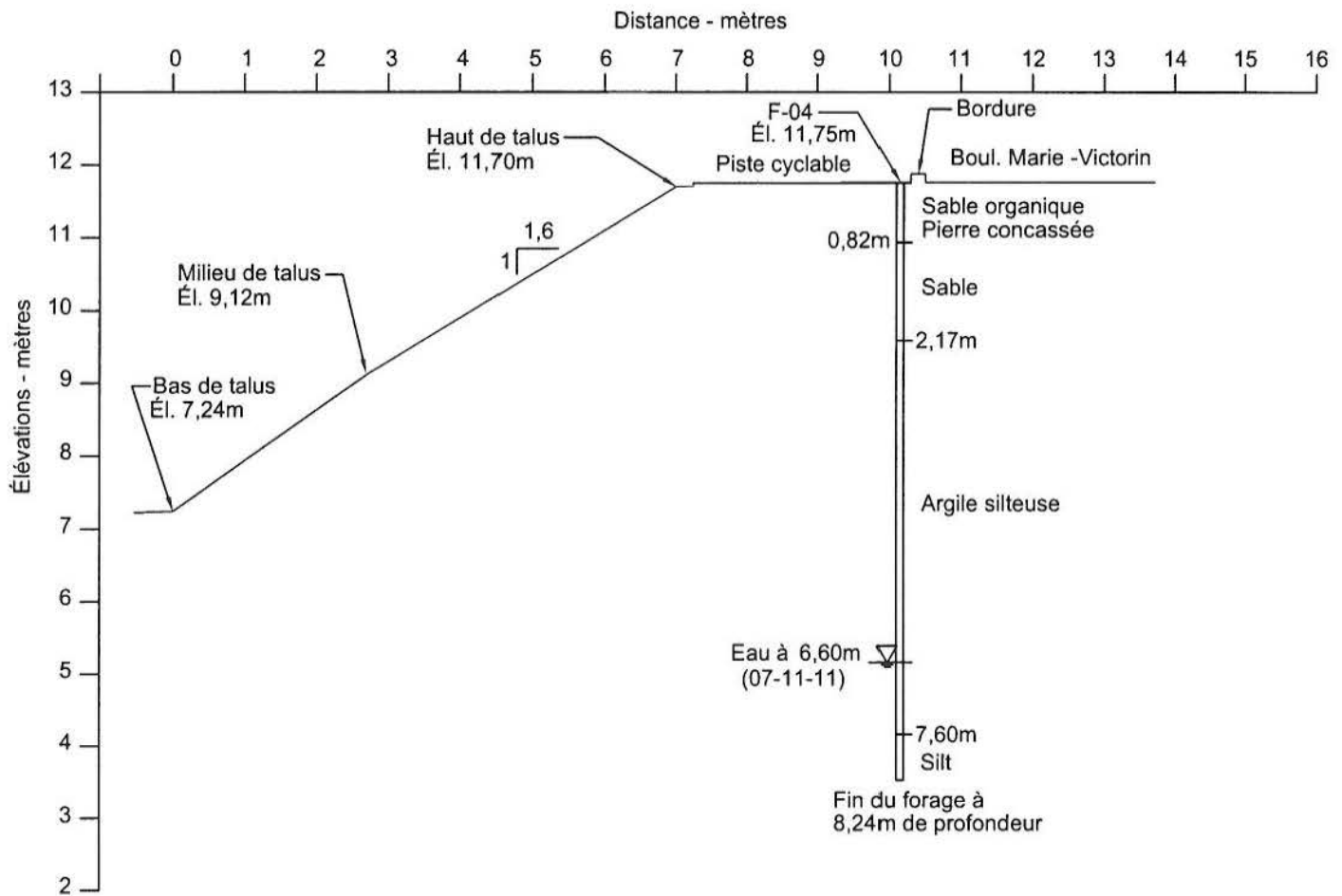


Coupe C-C'



PROJET : Stabilité de talus - Piste cyclable la Riveraine Boulevard Marie-Victorin (entre les rues de Monts et Birtz) Boucherville, (Québec)	DATE : 2007-11-02
	ÉCHELLE : 1 : 100
TITRE : Coupe C-C'	DESSINÉ : J.P.
	APPROUVÉ : H. Bilodeau
	DOSSIER : 14180-G
	DESSIN : 14180-6



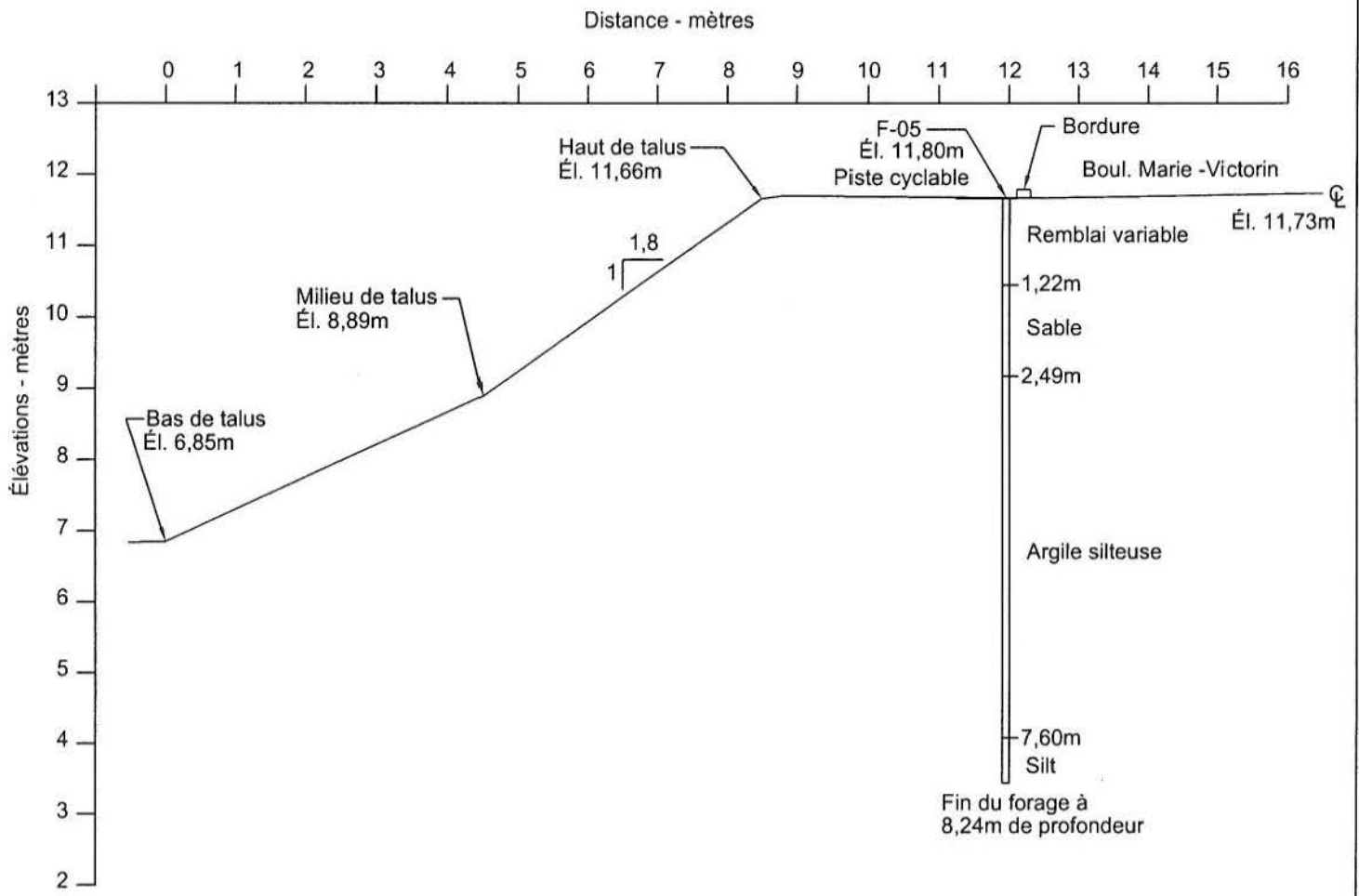


Coupe D-D'




PROJET : Stabilité de talus - Piste cyclable la Riveraine Boulevard Marie-Victorin (entre les rues de Monts et Birtz) Boucherville, (Québec)	DATE : 2007-11-02
	ÉCHELLE : 1 : 100
TITRE : Coupe D-D'	DESSINÉ : J.P.
	APPROUVÉ : H. Bilodeau
	DOSSIER : 14180-G
	DESSIN : 14180-7





Coupe E-E'



PROJET : Stabilité de talus - Piste cyclable la Riveraine Boulevard Marie-Victorin (entre les rues de Monts et Birtz) Boucherville, (Québec)	DATE : 2007-11-02
	ÉCHELLE : 1 : 100
TITRE : Coupe E-E'	DESSINÉ : J.P.
	APPROUVÉ : H. Bilodeau
	DOSSIER : 14180-G
	DESSIN : 14180-8

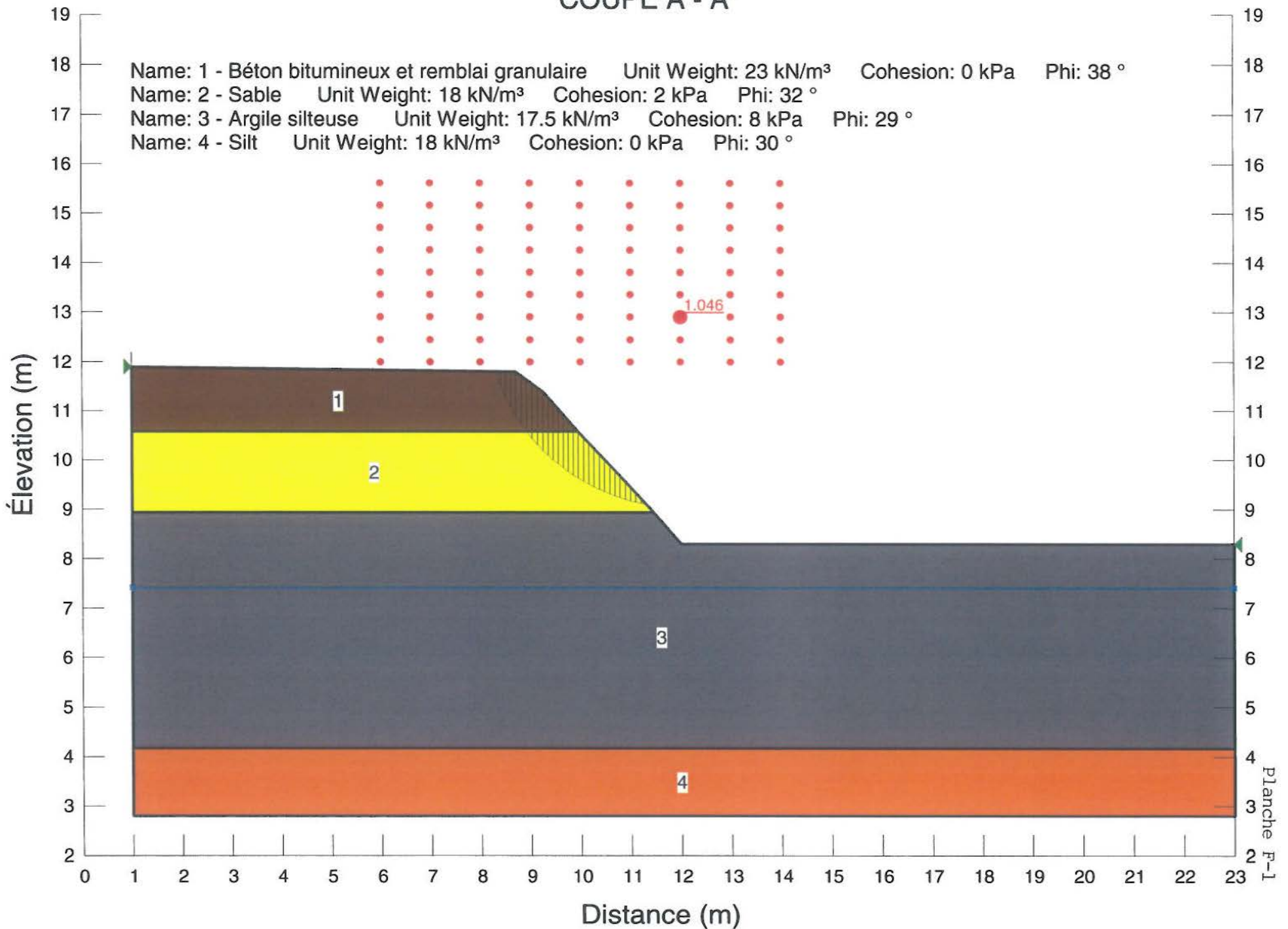


APPENDICE F

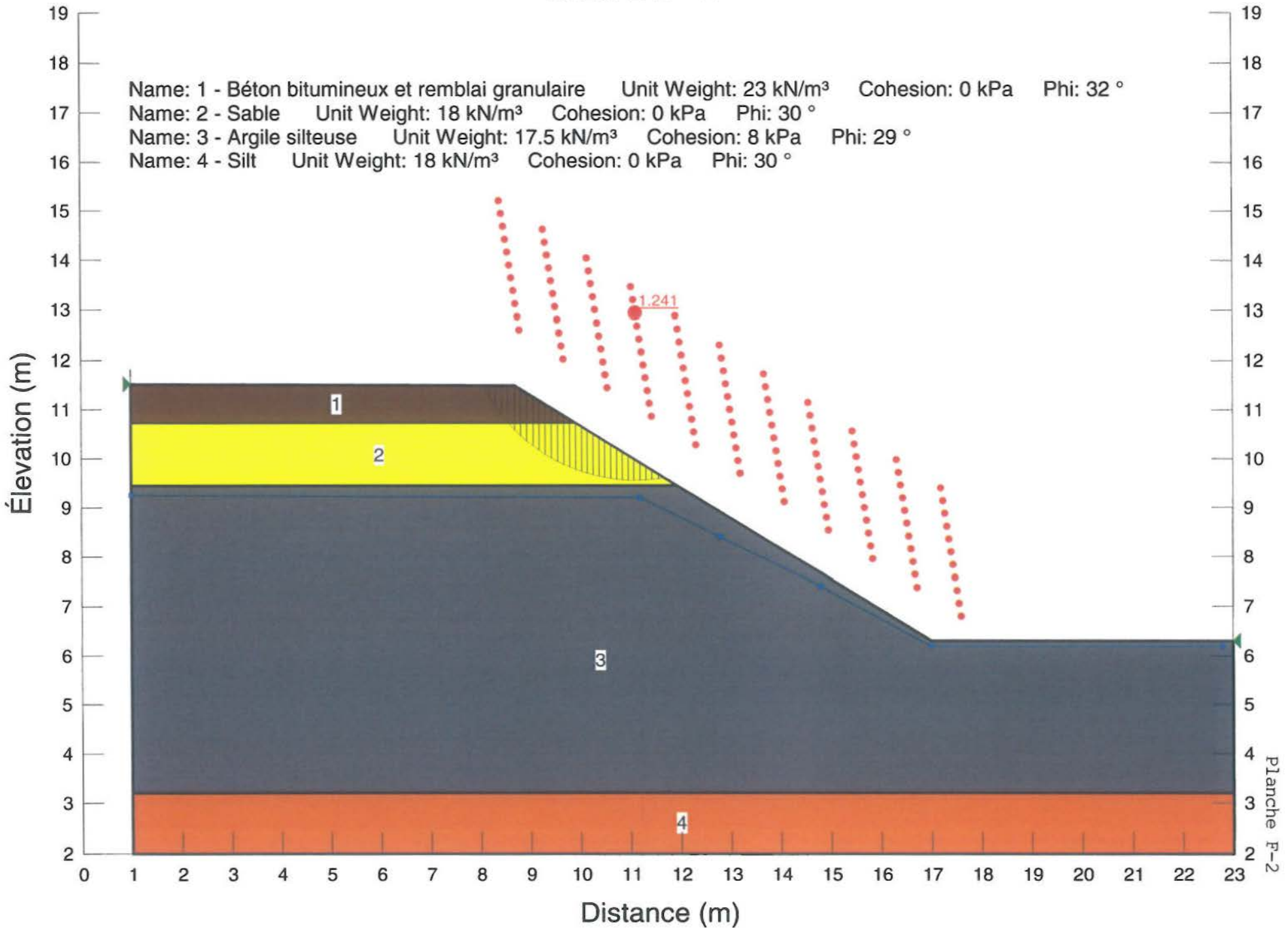
RÉSULTATS DES ANALYSES DE STABILITÉ

(planches F-1 à F-6)

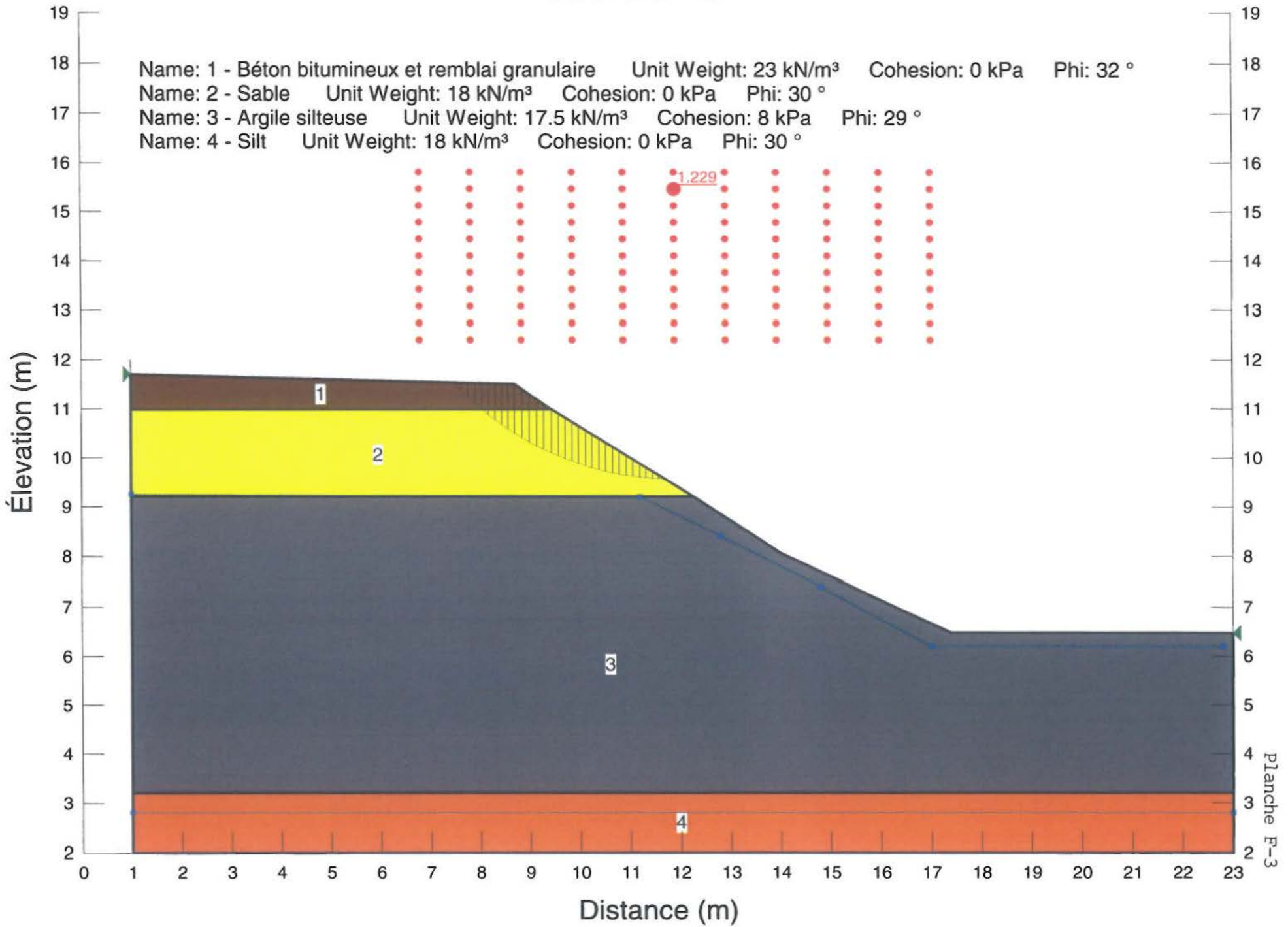
COUPE A - A'



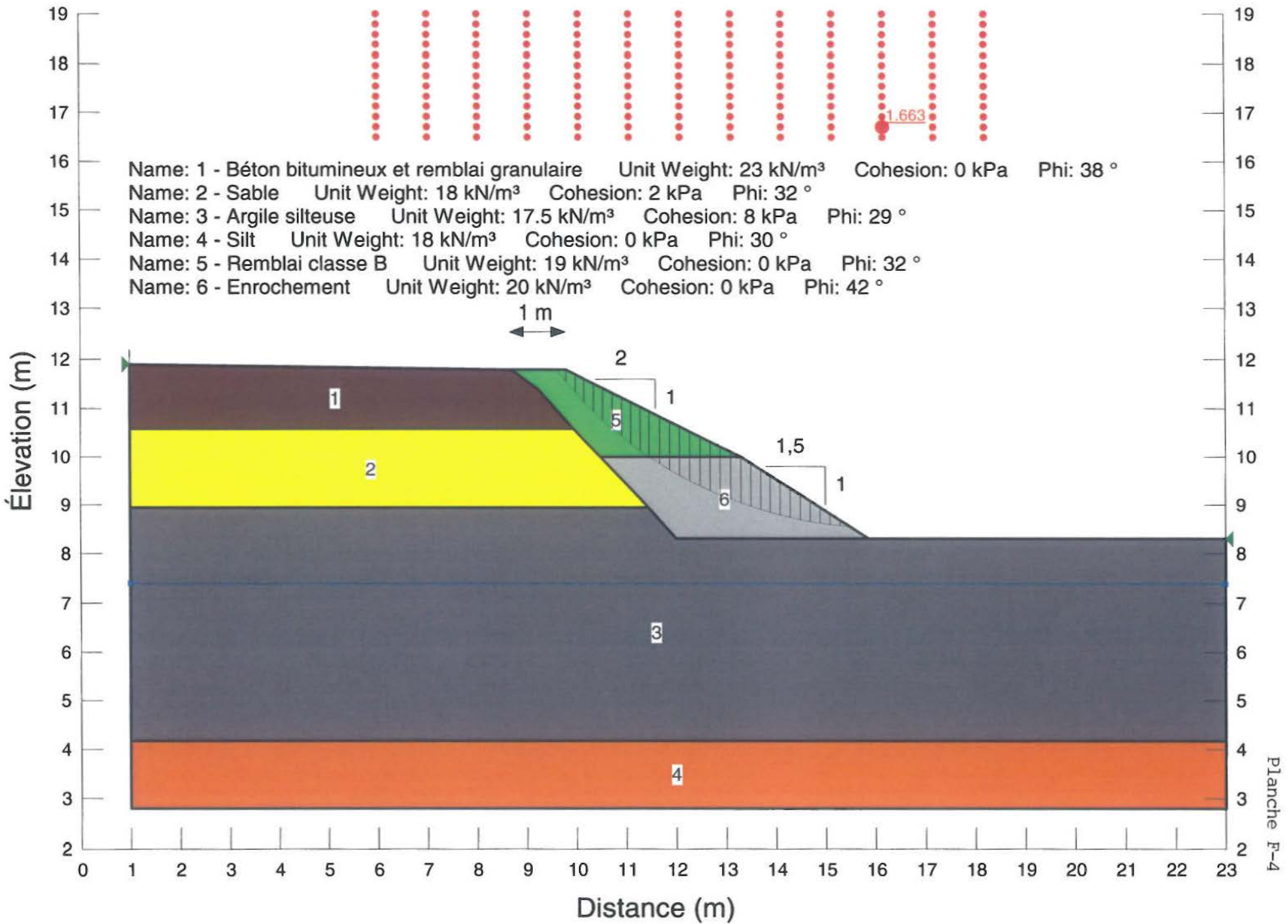
COUPE B - B'



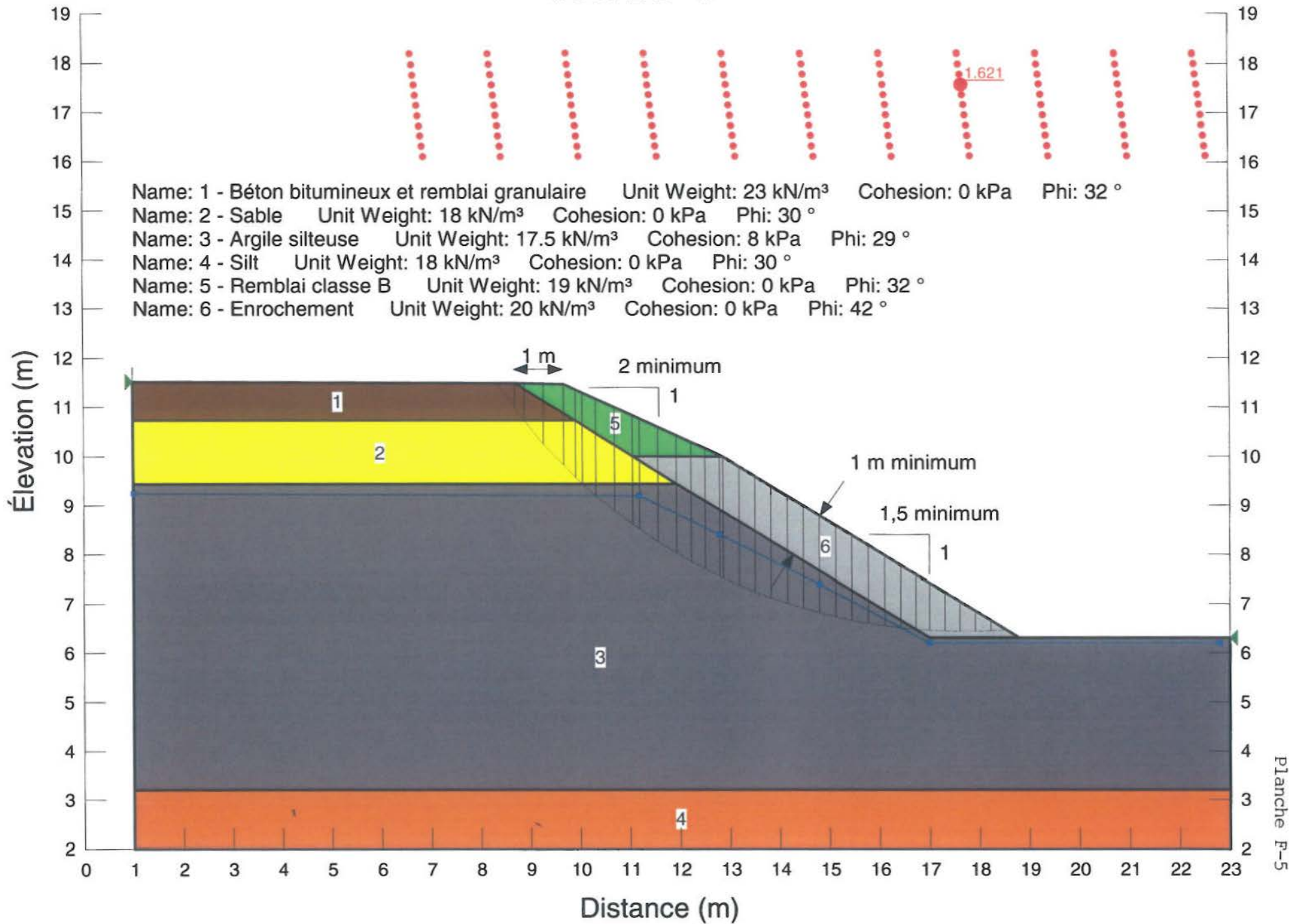
COUPE D - D'



COUPE A - A'



COUPE B - B'



COUPE D - D'

- Name: 1 - Béton bitumineux et remblai granulaire Unit Weight: 23 kN/m³ Cohesion: 0 kPa Phi: 32 °
- Name: 2 - Sable Unit Weight: 18 kN/m³ Cohesion: 0 kPa Phi: 30 °
- Name: 3 - Argile silteuse Unit Weight: 17.5 kN/m³ Cohesion: 8 kPa Phi: 29 °
- Name: 4 - Silt Unit Weight: 18 kN/m³ Cohesion: 0 kPa Phi: 30 °
- Name: 5 - Remblai classe B Unit Weight: 19 kN/m³ Cohesion: 0 kPa Phi: 32 °
- Name: 6 - Enrochement Unit Weight: 20 kN/m³ Cohesion: 0 kPa Phi: 42 °

