



**RAPPORT
D'ENQUÊTE**

Dossier d'intervention

DPI

Numéro du rapport

RAP

EN003936

RAPPORT D'ENQUÊTE

**Accident mortel survenu à un travailleur de X,
le 3 avril 2012, dans une tranchée
située en face du 895 de la 54^e Avenue à Lachine**

Direction régionale de Montréal-1

Inspecteurs :

Hassan Zarmoune, ing.

Pedro Barcena

Date du rapport : 17 septembre 2012

Rapport distribué à :

- Monsieur A
- Docteure Jocelyne Tessier, coroner
- Monsieur Sylvain Gendron, président, Syndicat québécois de la construction
- Monsieur Yves Ouellette, directeur général, FTQ Construction
- Monsieur Pierre Labelle, président, CPQMC
- Monsieur Aldo Miguel Paolinelli, président, CSN Construction
- Monsieur Patrick Daigneault, président, CSD Construction
- Monsieur Richard Lessard, directeur, Direction de la santé publique, Régie régionale de la santé et des services sociaux de Montréal

TABLE DES MATIÈRES

<u>1</u>	<u>RÉSUMÉ DU RAPPORT</u>	<u>1</u>
<u>2</u>	<u>ORGANISATION DU TRAVAIL</u>	<u>3</u>
2.1	STRUCTURE GÉNÉRALE DE L'ÉTABLISSEMENT	3
2.2	ORGANISATION DE LA SANTÉ ET DE LA SÉCURITÉ DU TRAVAIL	3
<u>3</u>	<u>DESCRIPTION DU TRAVAIL</u>	<u>4</u>
3.1	DESCRIPTION DU LIEU DE TRAVAIL	4
3.2	DESCRIPTION DU TRAVAIL À EFFECTUER	6
<u>4</u>	<u>ACCIDENT: FAITS ET ANALYSE</u>	<u>7</u>
4.1	CHRONOLOGIE DE L'ACCIDENT	7
4.2	CONSTATATIONS ET INFORMATIONS RECUEILLIES	9
4.2.1	CONSTATATIONS	9
4.2.2	INFORMATIONS RECUEILLIES	14
4.3	ÉNONCÉS ET ANALYSE DES CAUSES	22
4.3.1	L'INCLINAISON ABRUPTTE ET LA SURCHARGE CRÉÉE PAR LA MISE EN PLACE DE DÉBLAIS DIRECTEMENT AU SOMMET DE LA PAROI SUD DE LA TRANCHÉE PROVOQUENT LA RUPTURE ET L'EFFONDREMENT DE CELLE-CI	22
4.3.2	LA GESTION DE LA SÉCURITÉ LORS DES TRAVAUX D'EXCAVATION EST DÉFICIENTE QUANT À LA PRÉSENCE DE TRAVAILLEURS AU FOND DE LA TRANCHÉE ALORS QUE LES PAROIS SONT LIBRES D'ÉTANÇONNEMENT	23
<u>5</u>	<u>CONCLUSION</u>	<u>26</u>
5.1	CAUSES DE L'ACCIDENT	26
5.2	AUTRES DOCUMENTS ÉMIS LORS DE L'ENQUÊTE	26
<u>ANNEXES</u>		
ANNEXE A :	Liste des accidentés	27
ANNEXE B :	Liste des témoins et des autres personnes rencontrées	28
ANNEXE C :	Références bibliographiques	29
ANNEXE D :	Rapport d'expertise externe	30

SECTION 1**1 RÉSUMÉ DU RAPPORT****Description de l'accident**

Le 3 avril 2012, une équipe composée de deux travailleurs et Monsieur A de la compagnie X procède aux travaux de remplacement d'un conduit d'égout face au 895 de la 54^e Avenue à Lachine. Alors que le travailleur, Monsieur B, est dans le fond de la tranchée à proximité de l'aqueduc, une partie de la paroi sud de la tranchée s'effondre. L'effondrement ensevelit complètement le travailleur et partiellement son employeur, Monsieur A.

Conséquences

Le travailleur est mortellement enseveli et Monsieur A subit de graves blessures aux jambes.



(Source : CSST)

Photo 1 : Vue de la tranchée en face de la résidence



(Source : CSST)

Photo 2 : Vue de la paroi sud effondrée**Abrégé des causes**

- L'inclinaison abrupte et la surcharge créée par la mise en place de déblais directement au sommet de la paroi sud de la tranchée provoquent la rupture et l'effondrement de celle-ci.
- La gestion de la sécurité lors des travaux d'excavation est déficiente quant à la présence de travailleurs au fond de la tranchée alors que les parois sont libres d'étalement.

Mesures correctives

Le 3 avril 2012, un inspecteur de la Commission de la santé et de la sécurité du travail (CSST) a suspendu les travaux dans la tranchée et a exigé une méthode de travail sécuritaire avant la reprise des travaux.

La compagnie Y a été mandatée par X pour compléter les travaux. Le 10 avril 2012, suite à une méthode de travail sécuritaire élaborée et proposée par Monsieur C de Y, la reprise des travaux a été autorisée.

Le présent résumé n'a pas comme tel de valeur légale et ne tient lieu ni de rapport d'enquête, ni d'avis de correction ou de toute autre décision de l'inspecteur. Il ne remplace aucunement les diverses sections du rapport d'enquête qui devrait être lu en entier. Il constitue un aide-mémoire identifiant les éléments d'une situation dangereuse et les mesures correctives à apporter pour éviter la répétition de l'accident. Il peut également servir d'outil de diffusion dans votre milieu de travail.

SECTION 2**2 ORGANISATION DU TRAVAIL****2.1 Structure générale du chantier**

Les travaux d'excavation pour le remplacement du conduit d'égout en face de la résidence situé au 895 de la 54^e Avenue à Lachine, sont réalisés par la compagnie X qui est maître d'œuvre du chantier (voir le rapport RAP0728366). La compagnie œuvre dans le pavage d'asphalte et réalise les travaux de connexion résidentielle à l'aqueduc et à l'égout. Elle offre aussi des services de démolition, creusage de cave, drain français, trottoir de ciment et pavé uni. La compagnie est la propriété de Monsieur A. Quatre travailleurs interviennent sur les chantiers et le propriétaire fait aussi appel à d'autres travailleurs à l'occasion.

2.2 Organisation de la santé et de la sécurité du travail

X ne dispose d'aucun mécanisme de gestion de la santé et sécurité du travail. L'employeur n'a pas de programme de prévention ni de méthode de creusage qui déterminent les mesures de sécurité à respecter.

SECTION 3

3 DESCRIPTION DU TRAVAIL

3.1 Description du lieu de travail

La tranchée est creusée en face du 895 de la 54^e Avenue dans à Lachine, pour le remplacement des conduits d'égout et d'aqueduc de la résidence. Ces conduits sont perpendiculaires aux conduits principaux d'égout et d'aqueduc de la 54^e avenue.

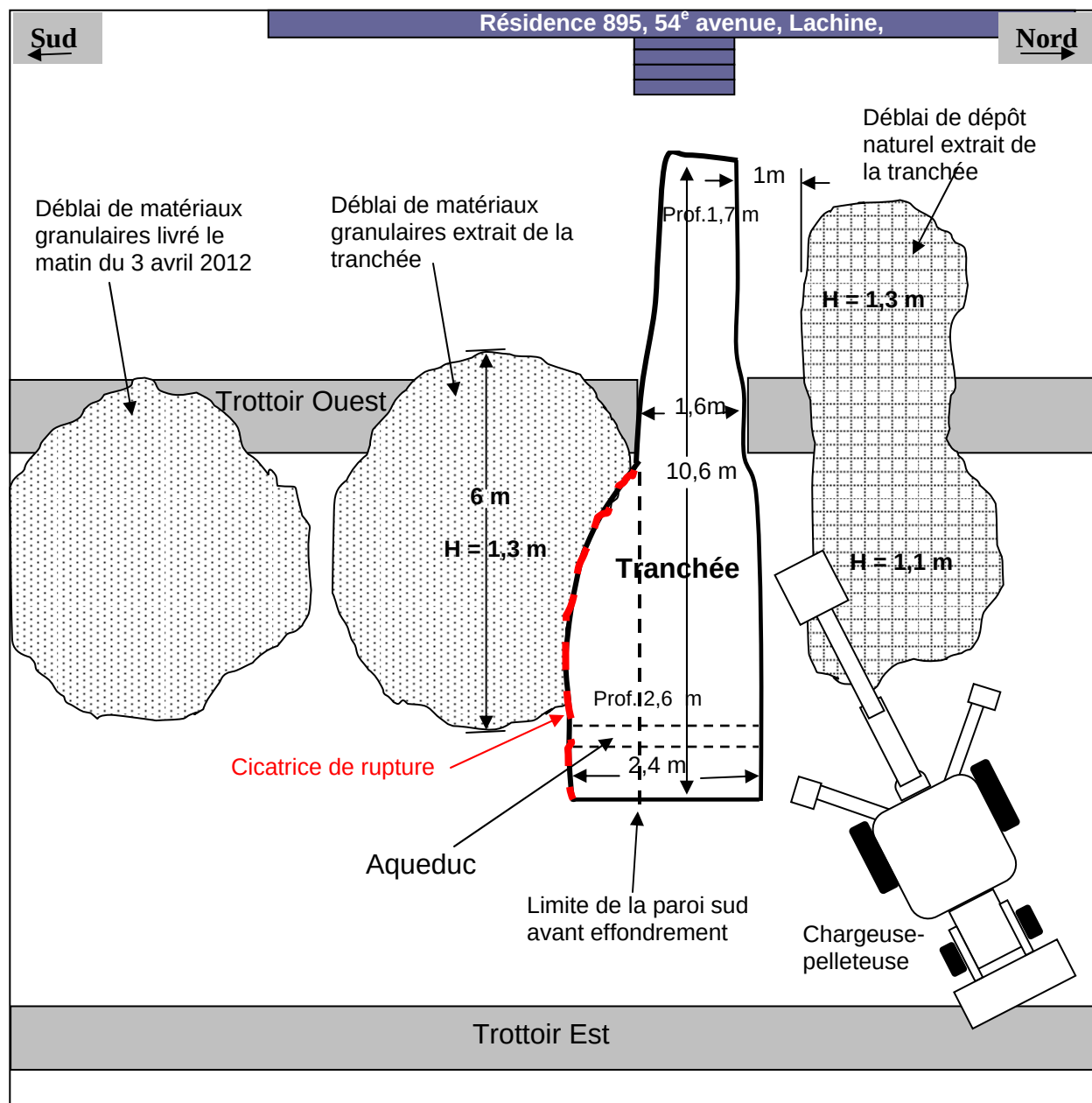


(source : CSST)

Photo 3 : Vue de la tranchée en face de la résidence

Avant l'effondrement, la tranchée est d'une forme rectangulaire et d'une longueur d'environ 10,6 m. Les pentes des parois de la tranchée sont sub-verticales (presque verticales, voir la photo numéro 2). La profondeur de la tranchée varie de 1,7 m dans la partie ouest (entrée de la résidence) à 2,6 m à proximité de la conduite principale d'égout.

La largeur de la tranchée dans sa partie ouest varie de 1,0 m à 1,6 m et atteint 2,4 m à la partie effondrée de la paroi sud (voir le schéma à la page suivante).



(Source : CSST)

Croquis 1 : Représentation de la scène de l'accident (n'est pas à l'échelle)

3.2 Description du travail à effectuer

Monsieur D confie à X le mandat d'exécuter les travaux de remplacement du conduit d'égout entre la résidence et le conduit principal de la ville.

Les travaux consistent à :

- creuser la tranchée devant la résidence 895 de la 54^e Avenue à Lachine pour accéder au branchement;
- enlever le conduit d'égout bloqué;
- installer le nouveau conduit d'égout et vérifier son fonctionnement;
- remblayer la tranchée.

Puisque le conduit d'aqueduc passe directement au-dessus du conduit d'égout, l'accès à ce dernier nécessite aussi l'enlèvement du conduit d'aqueduc. La décision d'enlever ce conduit et de le remplacer est prise lors de l'excavation.

L'excavatrice, le camion et tout le matériel utilisé appartiennent à X

L'équipe de travail se compose de :

- Monsieur A
- Monsieur B, travailleur de X
- Monsieur E, travailleur de X

SECTION 4

4 ACCIDENT: FAITS ET ANALYSE

4.1 Chronologie de l'accident

Une semaine avant le début des travaux d'excavation, le conduit d'égout de la résidence est bloqué. Monsieur D, a recours aux services d'un plombier pour débloquer ce conduit. N'ayant pas réussi à le débloquer, Monsieur D décide de confier les travaux à X pour le remplacement dudit conduit.

Le 28 mars 2012, Monsieur D obtient le certificat d'autorisation auprès de la Ville de Montréal, pour des travaux d'égout, aqueduc et infrastructure.

Le 3 avril 2012, vers 6h45, Monsieur A et Monsieur B arrivent devant le 895 de la 54^e Avenue à Lachine. Monsieur A commence à creuser la tranchée à l'aide de l'excavatrice à partir de l'entrée d'eau (bonhomme à eau) en face de la résidence. Pendant ce temps, Monsieur B utilise la pelle pour localiser le câble électrique d'alimentation du lampadaire situé à environ 0,45 m sous le gazon. Ensuite, il scie le trottoir en béton et l'asphalte de la rue.

Vers 8h00, le chauffeur de camion, Monsieur E arrive au chantier et évacue par camion les sections coupées du trottoir. Monsieur B et Monsieur A poursuivent l'excavation pour localiser le conduit d'aqueduc, à environ 1,5 m de profondeur. Ensuite, ils continuent à creuser la tranchée dans la direction de l'aqueduc principal en suivant la trajectoire du conduit en cuivre.

Vers 10h30, Monsieur A charge dans le camion les déblais extraits de la tranchée. Monsieur E part déposer le chargement à l'écocentre de St-Janvier.

Monsieur A et Monsieur B descendent dans la tranchée en utilisant un escabeau en place à l'extrémité ouest de la tranchée. À l'autre extrémité, ils localisent la valve de sortie d'eau sur le conduit principal d'aqueduc et la ferment. Ensuite, ils dévissent le conduit en cuivre et sortent de la tranchée.

À l'aide de l'excavatrice, Monsieur A recommence à creuser la tranchée à partir de la partie ouest, à proximité de l'entrée de la résidence. Il enlève en même temps le conduit d'égout. À ce stade, la largeur de la tranchée varie de 1,2 à 1,7 m et sa profondeur atteint 2,7 m à proximité de l'aqueduc central.

Monsieur B descend dans la tranchée, côté ouest, et installe la première section de conduit d'égout d'une longueur de 4 m.

Vers 11h45, alors que le travailleur Monsieur B est dans le fond de la tranchée à proximité de l'aqueduc principal, la paroi sud de la tranchée s'effondre et l'ensevelit complètement. Monsieur A est aussi partiellement enseveli à environ 2 m du travailleur vers la résidence. Ce dernier appelle par téléphone ses deux frères Monsieur C et Monsieur F pour lui porter secours. Il appelle aussi sa conjointe.

Monsieur E est appelé par Monsieur C qui lui demande d'aller porter secours à son frère. Monsieur D descend dans la tranchée et essaie sans succès de dégager Monsieur A.

En arrivant sur les lieux, Monsieur F déplace l'excavatrice et retire les blocs d'asphalte tombés sur les jambes de Monsieur A. Monsieur E, qui arrive quelques instants plus tard, tente ensuite de dégager les jambes de Monsieur A à l'aide d'une pelle.

Vers 12h05, la conjointe de Monsieur A appelle les services d'urgence. Lorsque les pompiers arrivent sur les lieux, ils demandent à toutes les personnes présentes de sortir de la tranchée et de quitter la scène de l'accident. Ensuite, après avoir étançonné les parois de la tranchée, ils réussissent à sortir Monsieur A de la tranchée vers 14h03. Ce dernier est transporté à l'hôpital Général de Montréal.

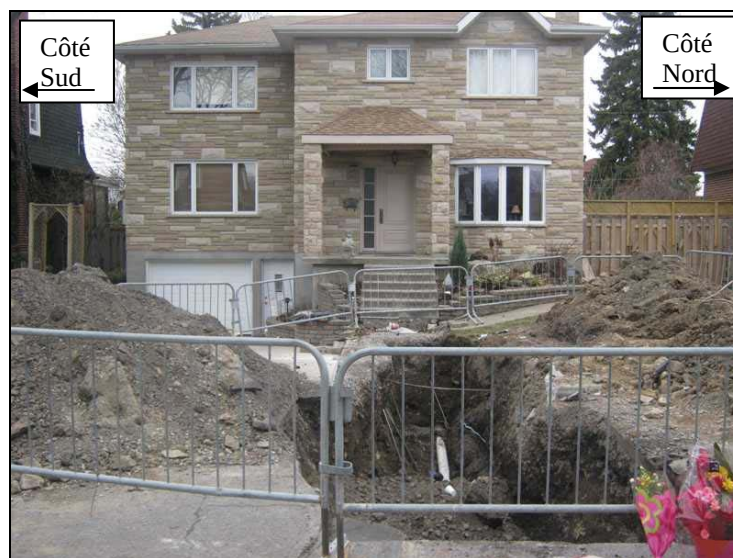
Les pompiers réussissent à sortir le travailleur, Monsieur B, de la tranchée vers 16h45. Son décès est constaté sur les lieux par un médecin d'Urgence Santé.

4.2 Constatations et informations recueillies

4.2.1 Constatations

1. Dépôts de déblais

Les déblais extraits de la tranchée sont déposés en fonction de leur nature. Le remblai de matériaux granulaires réutilisables sont déposés au sud de la tranchée. Le déblai constitué majoritairement de dépôt naturel est entreposé au nord de la tranchée.



(source : CSST)

Photo 4 : Vue de la tranchée et des dépôts de déblais

Le remblai de matériaux granulaire est déposé directement au sommet de la paroi sud. Une partie de ce remblai est tombée dans la tranchée lors de l'effondrement de la paroi sud.



(source : CSST)

Photo 5 : Remblai de matériaux granulaires entreposé au sommet de la paroi sud de la tranchée

Le déblai constitué de dépôt naturel extrait de la tranchée est entreposé à une distance de 1 m de la paroi nord.

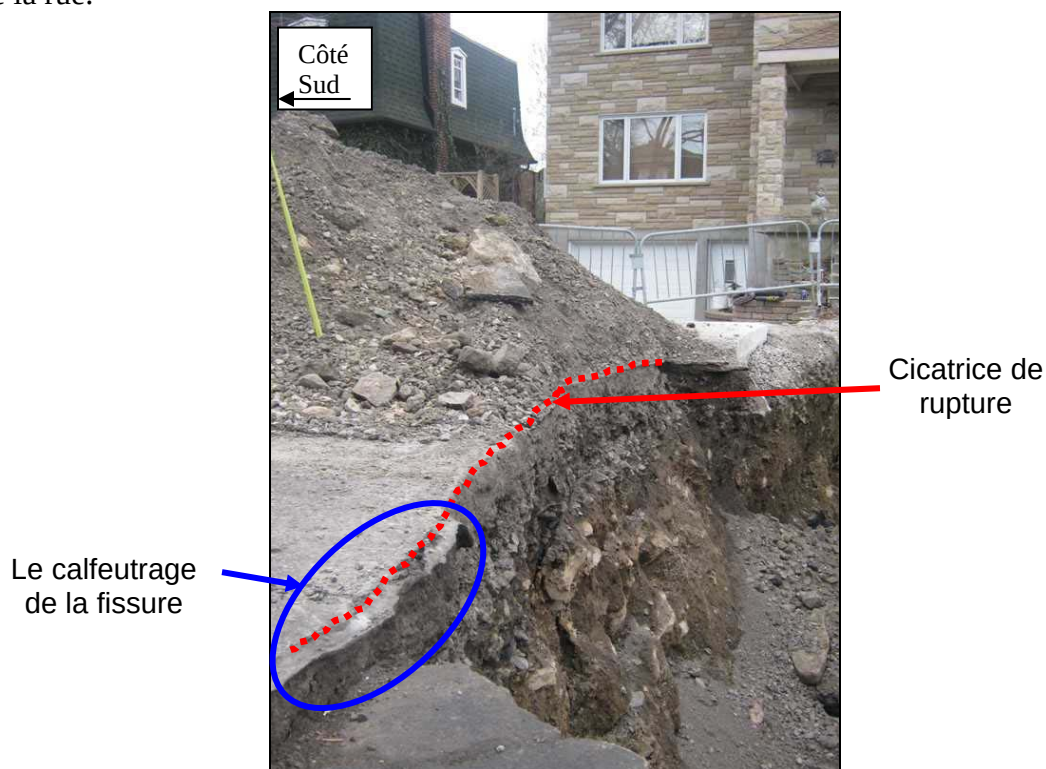


(source : CSST)

Photo 6 : Déblai naturel entreposé à 1m de la paroi nord de la tranchée

2. Cicatrice de rupture de la paroi sud

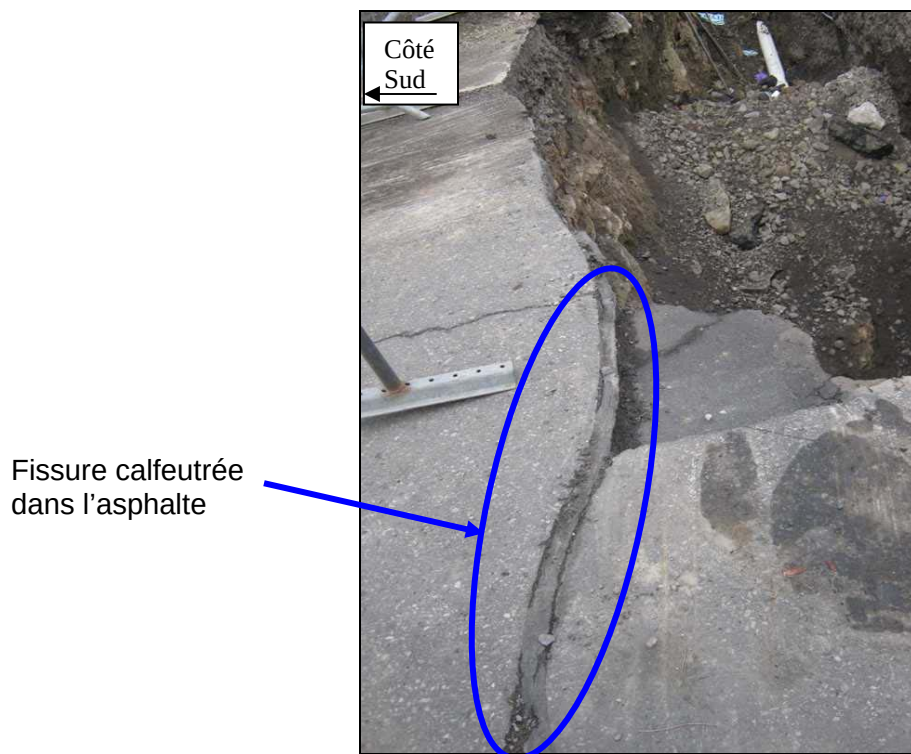
La cicatrice de rupture de la paroi sud suit le trajet d'une fissure calfeutrée dans l'asphalte de la rue.



(source : CSST)

Photo 7 : Cicatrice de rupture de la paroi sud

La fissure calfeutrée de l'asphalte traverse la rue sur toute sa largeur entre les deux trottoirs en béton.



(source : CSST)

Photo 8 : Prolongement de la fissure calfeutrée dans l'asphalte

3. Parois de la tranchée

La paroi nord de la tranchée et une partie de la paroi sud n'ont pas subi d'effondrement. Toutes les parois de la tranchée sont sub-verticales.

4. Travaux complétés avant l'effondrement

Nous constatons que les travaux réalisés avant l'effondrement sont :

- creusage de la tranchée jusqu'au niveau d'égout principal;
- enlèvement du conduit d'aqueduc;
- enlèvement du conduit d'égout;
- remplacement d'une première partie du conduit d'égout, d'une longueur de 4 m.



(source : CSST)

Photo 9 : Première section du conduit d'égout installée avant l'effondrement

5. Système d'étaionnement

Sur le chantier, des équipements d'étaionnement sont déposés sur le trottoir et sur le gazon à proximité de l'excavatrice (voir photo 10). Ils sont constitués de deux ensembles de vérins hydrauliques et d'un système de pompage. Les vérins et la pompe ne sont pas branchés.



(source : CSST)

Photo 10 : Système d'étaionnement à l'extérieur de la tranchée

Ces systèmes de vérins ne sont munis d'aucun trou pour les clouer sur des planches. De plus, aucun système d'étaïonnement assemblé n'a été trouvé sur les lieux de l'accident.

La méthode d'utilisation des vérins d'étaïonnement, selon le fabricant et selon les règles de l'art, consiste à les introduire à l'intérieur de la tranchée et de les actionner avec ou sans planche de soutien (voir schéma 3, p. 19 : Étaïonnement à cylindre hydraulique).

6. Outillage trouvé sous la partie effondrée

Une semaine après l'accident, pendant la reprise des travaux d'excavation, nous avons constaté la présence de certains outils sous la partie effondrée :

- une pioche;
- une pelle;
- et un marteau.



(source : CSST)

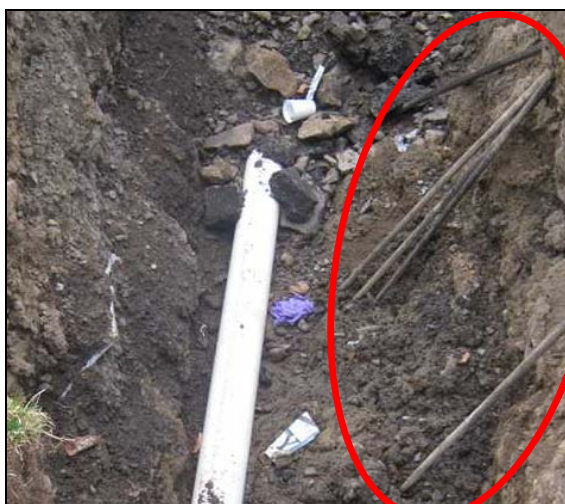
Photo 11 : La pioche retirée de la tranchée



(source : CSST)

Photo 12 : Le marteau retiré de la tranchée

D'autres outils de travail étaient dans la partie non effondrée de la tranchée, notamment, cinq barres de force pour creuser et une clé de plomberie.



(source : CSST)

Photo 13 : Les barres de force



(source : CSST)

Photo 14 : La clé de plomberie et un gant

4.2.2 Informations recueillies

1. Les témoignages :

Quelques informations tirées de différents témoignages obtenus après l'accident sont citées dans les paragraphes précédents. D'autres informations sont mentionnées ci-dessous :

- Monsieur A et Monsieur B ont déjà réalisé ce type de travaux plusieurs fois.
- Monsieur B n'a pas suivi le cours «*santé et sécurité générale sur les chantiers de construction*» ou toute autre formation spécifique lui permettant d'acquérir les connaissances nécessaires pour identifier les dangers relatifs aux travaux d'excavation.
- Au moment de l'effondrement, Monsieur A et Monsieur B sont les seuls présents sur les lieux.
- Lors du creusage de la tranchée, Monsieur A constate que le sol des parois se détache constamment.
- Monsieur A et Monsieur B accèdent à la tranchée en utilisant un escabeau de sept pieds appartenant à Monsieur D. L'escabeau est posé sur la paroi du côté ouest de la tranchée, devant la résidence. Monsieur D confirme cette méthode d'accès à la tranchée.
- Monsieur B travaillait depuis W ans avec Monsieur A.

3. Loi et règlements

L'article **51** de la **Loi sur la santé et la sécurité du travail** (L.R.Q., c. S-2.1) définit les obligations de l'employeur, notamment par rapport aux méthodes de travail sécuritaires et à la formation des travailleurs :

« 51. L'employeur doit prendre les mesures nécessaires pour protéger la santé et la sécurité et l'intégrité physique du travailleur. Il doit notamment :

(...)

51.3 s'assurer que l'organisation du travail et les méthodes et techniques utilisées pour l'accomplir sont sécuritaires et ne portent pas atteinte à la santé du travailleur;

51.9 informer adéquatement le travailleur sur les risques reliés à son travail et lui assurer la formation, l'entraînement et la supervision appropriés afin de faire en sorte que le travailleur ait l'habileté et les connaissances requises pour accomplir de façon sécuritaire le travail qui lui est confié; »

L'article **3.15.3** du **Code de sécurité pour les travaux de construction** (R.R.Q., c. S-2.1, r.4) définit les mesures de sécurité à prendre lors de travaux dans les creusements, excavations et tranchées :

« 3.15.3.1. L'employeur doit s'assurer que les parois d'une excavation ou d'une tranchée sont étançonnées solidement, avec des matériaux de qualité et conformément aux plans et devis d'un ingénieur. Aucun étançonnement n'est exigé dans les cas suivants :

3.15.3.1.(1) lorsque la tranchée ou l'excavation est faite à même du roc sain ou lorsqu'aucun travailleur n'est tenu d'y descendre;

3.15.3.1.(2) lorsque les parois de la tranchée ou de l'excavation ne présentent pas de danger de glissement de terrain et que leur pente est inférieure à 45° à partir de moins de 1,2 mètres du fond;

3.15.3.1.(3) lorsque les parois de la tranchée ou de l'excavation ne présentent pas de danger de glissement de terrain et qu'un ingénieur atteste qu'il n'est pas nécessaire d'étançonner, compte tenu de la pente, de la nature du sol et de sa stabilité. Une copie de l'attestation de l'ingénieur doit être disponible en tout temps sur le chantier de construction.

On entend par roc sain, un roc qui ne peut être excavé autrement qu'à l'aide d'explosifs.

3.15.3.2. L'étaçonnement doit se prolonger de 300 millimètres en dehors de l'excavation, sauf dans le cas d'une tranchée creusée sur une voie publique lorsque cette tranchée doit être recouverte pour rétablir la circulation lors des périodes où il ne s'y fait pas de travaux. Lorsque le blindage de l'étaçonnement est constitué d'éléments non jointifs, la prolongation de 300 millimètres en dehors de l'excavation doit être munie d'une plinthe de 300 millimètres de largeur.

3.15.3.3. L'étaçonnement des parois doit être effectué au fur et à mesure de l'avancement des travaux à moins qu'il puisse se faire avant le début du creusage.

3.15.3.4. Au cours des travaux, l'employeur doit s'assurer que les parois sont inspectées et entretenues de façon à ce qu'il n'y ait jamais :

a) de pierre ou de matériaux susceptibles de s'en détacher;

et

b) de masse surplombante.

Lorsque les parois ont subi des contraintes environnementales ou climatiques, les inspections doivent être plus fréquentes.

3.15.3.5. Il est interdit :

a) de déposer des matériaux à moins de 1,2 mètre du sommet des parois;

b) de circuler ou de stationner des véhicules ou des machines à moins de 3 mètres du sommet des parois, à moins qu'un étaçonnement renforcé n'ait été prévu en conséquence;

c) laisser des parois se détériorer.

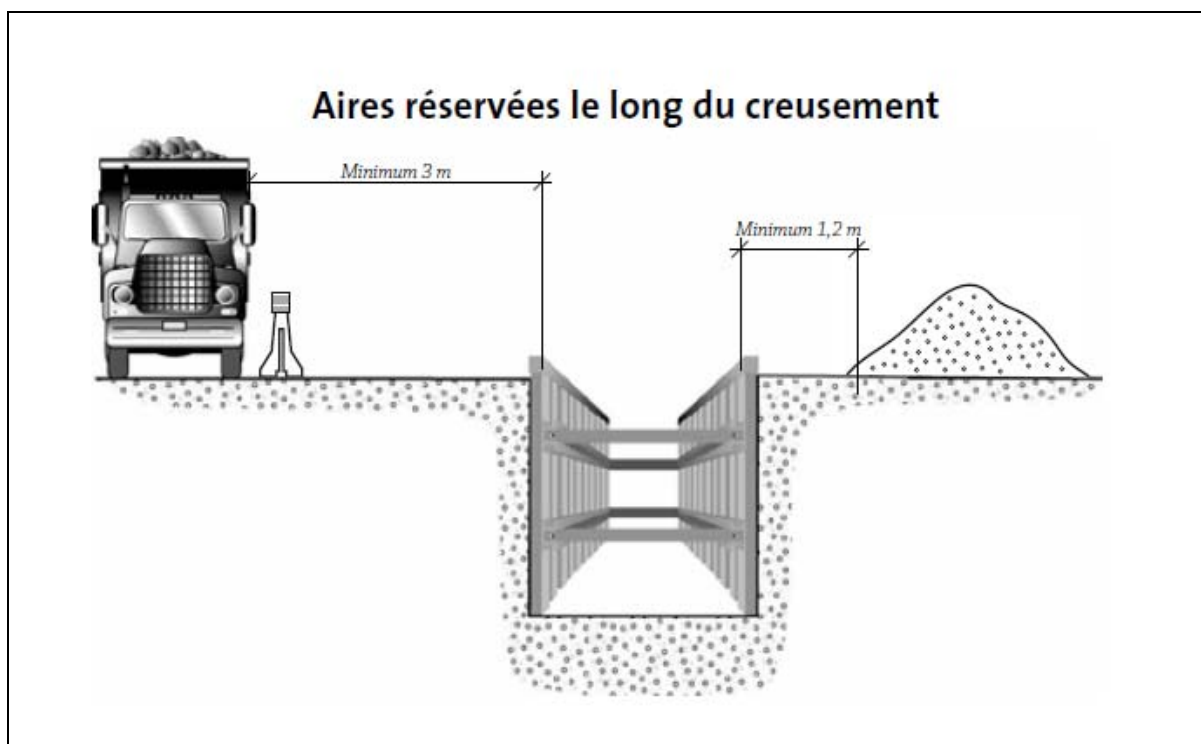
3.15.3.6. Les étaçons doivent être enlevés par une personne expérimentée ou sous sa surveillance :

a) de bas en haut; et

b) seulement aux endroits où les travailleurs n'ont plus accès. »

4. Documentation de la CSST et de ses partenaires

Le guide «*Pour exécuter des travaux de creusement, d'excavation et de tranchée*», publié par la CSST définit les aires réservées le long d'une tranchée tel qu'exigé par l'article 3.15.3.5. du Code de sécurité pour les travaux de construction :

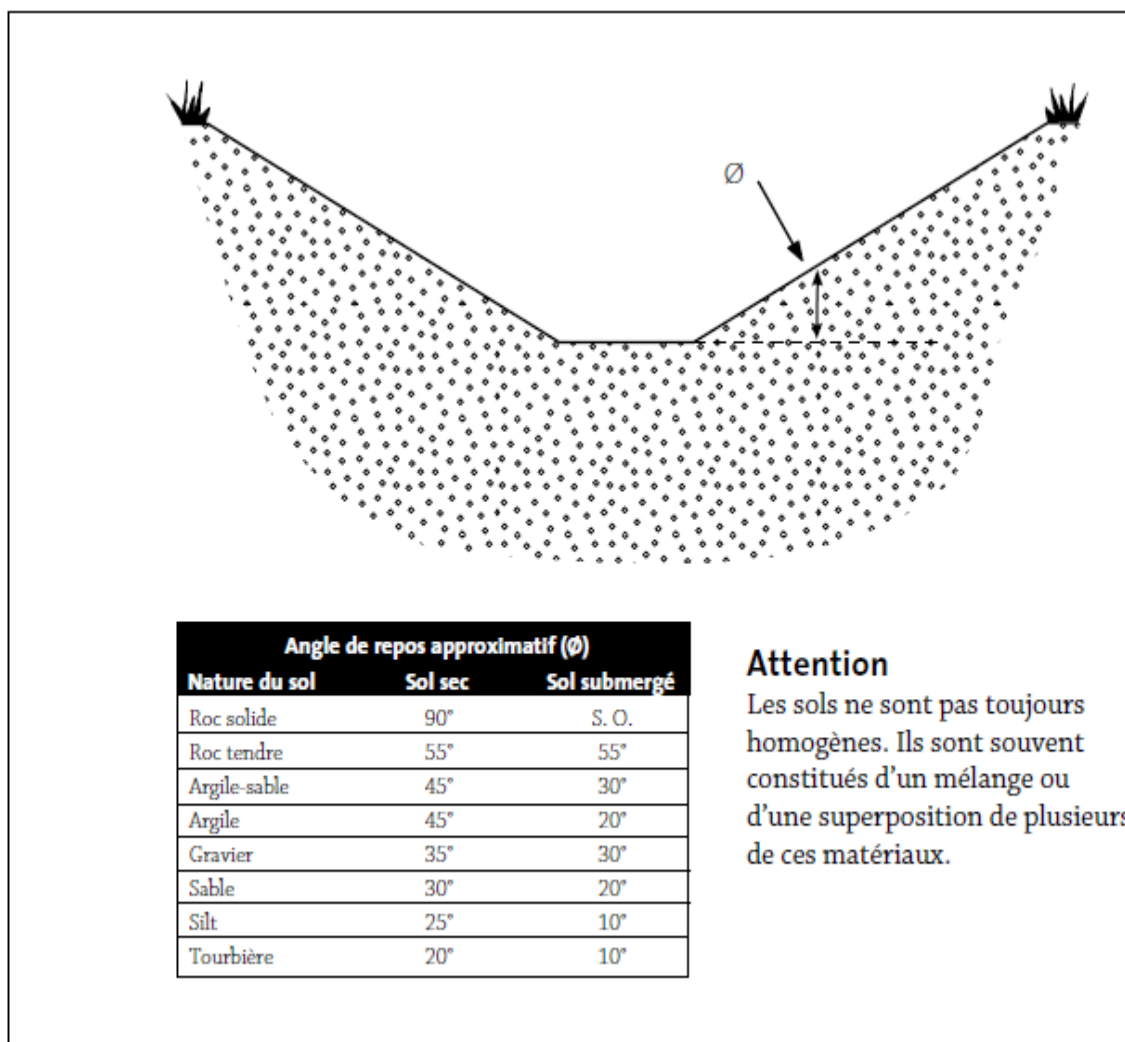


(Source : CSST)

Schéma 1 : Distances à respecter autour d'une tranchée

Le guide définit l'angle de repos comme étant l'angle maximal mesuré par rapport à l'horizontale selon lequel une paroi du sol demeure stable, sans aucun glissement. Cet angle varie en fonction du type de sol.

Le guide donne des angles de repos approximatifs selon la nature du sol (voir schéma 2).



(Source : CSST)

Schéma 2 : Angle de repos

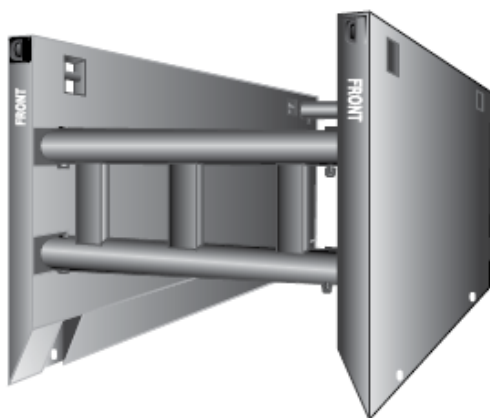
Le guide rappelle qu'il y a danger de glissement du terrain lorsque :

- les pentes des parois de creusement sont supérieures à l'angle de repos du sol;
- le travail se fait sous la nappe d'eau;
- le sol a déjà été remanié ou remblayé;
- le sol est fissuré.

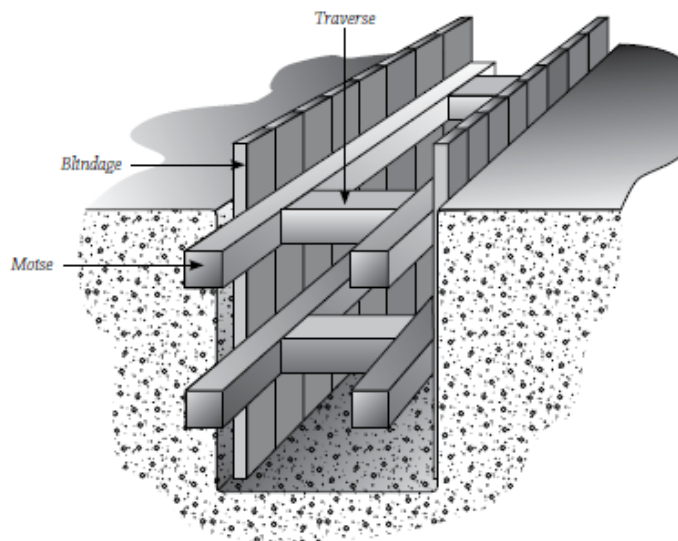
Dans l'un ou l'autre de ces cas, il faut obtenir l'attestation d'un ingénieur.

Le guide donne aussi quelques exemples d'étaonnements (voir schéma 3).

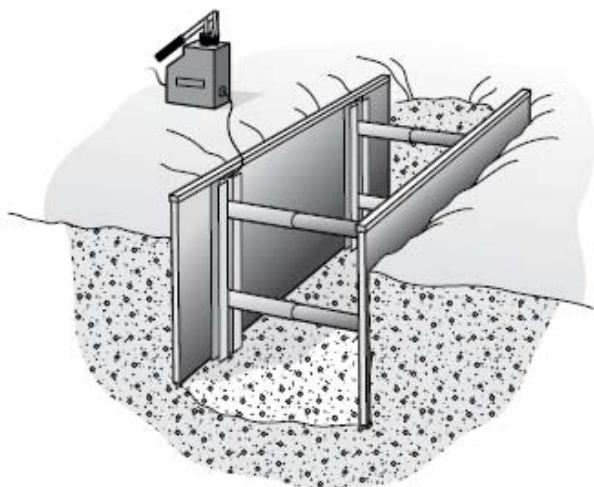
Exemples d'étançonnements



Étançonnement en acier



Étançonnement en bois



Étançonnement à cylindres hydrauliques



Étançonnement adapté

(Source : CSST)
Schéma 3 : Exemples d'étançonnements

5. Informations tirées du rapport d'expertise géotechnique

La CSST a mandaté la firme Z pour :

- effectuer une caractérisation des sols présents;
- décrire les facteurs qui influencent la stabilité des parois;
- analyser la stabilité des parois de la tranchée dans les conditions prévalant au moment de l'accident.

Les informations suivantes ont été tirées du rapport d'expertise élaboré par un ingénieur de la firme Z. Le rapport complet est joint à l'annexe D.

Composition du sol :

Les diverses analyses réalisées permettent de déterminer la composition suivante du sol de la tranchée :

- 1) La chaussée dont la structure est composée des unités stratigraphiques suivantes :
 - une couche de béton bitumineux;
 - une couche de matériaux granulaires de type MG-20;
 - une couche de sable avec un peu de silt, contenant des traces de gravier.
- 2) Le remblai hétérogène composé probablement du dépôt naturel qui a été utilisé pour remblayer une ancienne tranchée. L'interface entre le remblai et le dépôt naturel n'est pas clairement identifiable. Ce dépôt est principalement composé d'un mélange de gravier, de sable et de silt dans des proportions variables.

La rupture :

L'expert qualifie la rupture de la paroi sud de la tranchée de la manière suivante :

« Selon les observations effectuées sur le terrain, la rupture survenue est d'une forme combinée. Elle est de formes quasi-rotationnelles dans la partie supérieure et planaire dans la partie inférieure (voir photo n° 3A). Comme le montre la photo n°3 de l'annexe V, la surface de rupture passe par la pile de déblais entreposés au sommet de la paroi sud. »

Le coefficient de sécurité :

Le coefficient de sécurité est le rapport entre la résistance à la rupture du sol et les forces auxquelles est soumise la paroi de la tranchée.

Un coefficient de sécurité qui est égal à 1 est suffisant pour maintenir une paroi en place, mais dans un état d'équilibre précaire.

Le guide publié par la CSST et intitulé «*Pour mieux exécuter les travaux de creusement, d'excavation et de tranchée*» spécifie à la section 1.2.3 que la valeur minimale du coefficient de sécurité pour assurer la stabilité des parois d'un creusement est de 1,5. Une telle valeur du coefficient de sécurité a été prise en compte pour l'expertise.

L'analyse de la stabilité :

L'expert a effectué des analyses de stabilité des parois de la tranchée à l'aide du logiciel Slope/W, version GeoStudio 2007. Les calculs ont été effectués en utilisant la méthode de Morgenstern-Price et en considérant des calculs en contraintes effectives.

La stabilité des parois de la tranchée a été analysée pour les quatre configurations suivantes :

- 1) tranchée avec des parois sub-verticales et sans déblais en crête;
- 2) tranchée avec des parois sub-verticales avec déblais entreposés en crête sans marge de recul (cas de la paroi sud effondrée);
- 3) tranchée avec des parois sub-verticales avec déblais entreposés en crête avec une marge de recul de 1 m (cas de la paroi nord non effondrée);
- 4) tranchée avec des parois présentant un coefficient de sécurité supérieure à 1,5.

Les divers paramètres requis pour les analyses sont détaillés dans le rapport d'expertise à l'annexe (D). Les conclusions de l'expert sont énumérées ci-dessous :

«1- Dans le cas à l'étude, l'excavation a eu lieu à l'intérieur d'un remblai recouvrant une conduite. L'excavation est d'une profondeur maximale de 2,60 m et les sols présents sont essentiellement composés de matériaux granulaires. Dans de telles conditions, nous sommes d'avis que la stabilité de la paroi est contrôlée par les paramètres de résistance à long terme (en contrainte effective).

2- Les analyses de stabilité à long terme montrent que dans les matériaux rencontrés, une excavation de 2,60 m de profondeur avec des pentes sub-verticales présente un état de stabilité marginal avec un coefficient de sécurité de l'ordre de l'unité (FS=1,00). De telles pentes ne sont pas sécuritaires.

3- La rupture de la paroi sud a été causée par la combinaison de pentes trop abruptes (sub-verticales) associés à la mise en place des déblais en crête. La pile mise en place avait une

hauteur de 1,30 m et largeur de l'ordre de 6,00 m. Les calculs de stabilité montrent que l'ajout d'une telle surcharge réduit le facteur de sécurité de 14%. La valeur du coefficient de sécurité après l'ajout de la pile de déblais décroît de $FS_{min}=1,00$ et atteint une valeur de $FS_{min}=0,86$, ce qui implique une rupture de la paroi.

4- Les analyses de stabilité montrent qu'en appliquant les dispositions de l'article 3.15.3.2 du « Code » et pour des déblais entreposés à une distance 1,2 m de la crête (tel qu'exigé par l'article 3.15.3.5a du « Code »), le coefficient de sécurité FS_{min} est de 1,13. Une telle valeur, même si elle est supérieure à l'unité, ne présente pas une réserve de sécurité suffisante.

5- Les calculs indiquent que pour le cas à l'étude, un coefficient de sécurité de 1,5 aurait été atteint pour une inclinaison de l'ordre de 0,7H:1V (1,4V:1H), soit 55° par rapport à l'horizontale à partir du fond de la tranchée.

6- Les calculs de stabilité montrent également que, si une hauteur de 1,2 m est maintenue verticale dans la partie inférieure de la tranchée, un coefficient de sécurité de 1,5 ne peut être atteint dans les conditions de sols rencontrés, quelle que soit la pente de la partie supérieure. Dans de telles conditions, le coefficient de sécurité FS_{min} est plafonné à une valeur de l'ordre de 1,40 pour des pentes plus douces que 2H:1V (soit 26° par rapport à l'horizontale).

4.3 Énoncés et analyse des causes

4.3.1 L'inclinaison abrupte et la surcharge créée par la mise en place de déblais directement au sommet de la paroi sud de la tranchée provoquent la rupture et l'effondrement de celle-ci

Le 3 avril 2012, Monsieur A creuse une tranchée en face du 895 de la 54^e Avenue à Lachine. L'excavation a eu lieu à l'intérieur d'un remblai recouvrant les conduits d'aqueduc et d'égout. Les parois de la tranchée sont sub-verticales et ne sont pas étançonnées.

Les déblais d'excavation sont déposés sur les côtés sud et nord de la tranchée. Les remblais granulaires réutilisables pour la structure de la chaussée sont entreposés à moins de 1 m de la paroi sud. Les autres déblais, utilisables comme remblai de masse, sont placés du côté nord de la tranchée à une distance d'environ 1 m de la paroi.

L'analyse de la stabilité des parois de la tranchée est basée sur le calcul du coefficient de sécurité. Ce dernier correspond au rapport entre la résistance à la rupture du sol et les forces auxquelles est soumise la paroi de la tranchée. Lorsque le coefficient de sécurité

d'une pente est égal à 1, elle est dans un état d'équilibre précaire. Lorsque le coefficient est inférieur à 1, il y aura rupture de la paroi. Un coefficient supérieur à 1 indique une paroi considérée théoriquement comme étant stable. Le guide publié par la CSST et intitulé «*Pour mieux exécuter les travaux de creusement, d'excavation et de tranchée*» spécifie à la section 1.2.3 que la valeur minimale du coefficient de sécurité pour assurer la stabilité des parois d'un creusement est de 1,5. Une telle valeur du coefficient de sécurité a été ciblée pour l'expertise.

L'expert analyse la stabilité des parois de la tranchée pour quatre configurations. Trois de ces dernières concernent l'entreposage du déblai par rapport aux parois sub-verticales de la tranchée. Les résultats de l'analyse de stabilité pour la paroi sud sans ajout de déblai donnent un coefficient de sécurité qui est égal à 1. La valeur du coefficient ne change pas avec l'ajout d'une charge de déblai à une distance de 1 m par rapport au sommet de la paroi. Théoriquement, dans ces deux cas, la paroi demeure en place mais en état d'équilibre précaire. Une telle pente n'est pas sécuritaire.

Le cas de l'accident correspond à celui de l'entreposage du déblai directement au sommet de la paroi sud. La hauteur maximale du déblai (1,30 m) est située à 2,60 m du sommet de la paroi. L'ajout de cette surcharge génère une diminution du coefficient de sécurité de 14%. Il est alors de l'ordre de 0,86. Avec une telle valeur, la stabilité de la paroi sud de la tranchée n'est plus assurée ce qui implique la rupture de cette paroi. Dans ses calculs, l'expert ne prend pas en considération la présence de la fissure calfeutrée dans l'asphalte.

Les calculs de l'expert indiquent qu'un coefficient de sécurité de 1,50 aurait été atteint pour une paroi dont l'inclinaison est de 55° par rapport à l'horizontal, à partir du fond de la tranchée.

L'expert conclut que la rupture de la paroi sud a été causée par la combinaison de pentes trop abruptes (sub-verticales) associée à la mise en place des déblais au sommet de la paroi.

Cette cause est retenue.

4.3.2 La gestion de la sécurité lors des travaux d'excavation est déficiente quant à la présence de travailleurs au fond de la tranchée alors que les parois sont libres d'étalement

Le 3 avril 2012, Monsieur A creuse une tranchée dont les parois sont sub-verticales à l'intérieur d'un remblai constitué majoritairement de gravier, sable et silt. Durant le creusage, Monsieur A constate que le sol des parois se détache facilement. Malgré cela, dans sa méthode de travail, il opte pour des parois presque verticales. De plus, aucun système d'étalement assemblé n'a été trouvé sur les lieux de l'accident.

L'article 3.15.3 du **Code de sécurité pour les travaux de construction (CSTC)** définit les mesures de sécurité à prendre lors de travaux de creusement, d'excavations et de tranchée. La constatation de détachement de sol des parois pendant le creusage de la tranchée indique l'instabilité du sol et la présence d'un danger de glissement de terrain.

Selon l'article 3.15.3.1. :

« L'employeur doit s'assurer que les parois d'une excavation ou d'une tranchée sont étançonnées solidement, avec des matériaux de qualité et conformément aux plans et devis d'un ingénieur. (...) »

Pour accéder à la tranchée, Monsieur A et Monsieur B utilisent un escabeau de sept pieds à l'extrémité ouest de la tranchée. Ainsi, ils parcourent toute la tranchée pour arriver aux points de branchement de l'aqueduc et de l'égout. De cette manière, Monsieur A et Monsieur B étaient exposés à l'effondrement de n'importe quelle partie de la tranchée dont les parois sont libres de tout étançonnement.

Monsieur A dépose les remblais granulaires réutilisables pour la structure de la chaussée directement au sommet de la paroi sud, sans marge de recul par rapport à la paroi. Ainsi, il contrevient aux dispositions de l'article **3.15.3.5.a)** du **Code de sécurité pour les travaux de construction (CSTC)** qui stipule :

Il est interdit de déposer des matériaux à moins de 1,20 m du sommet des parois.».

La **Loi sur la santé et la sécurité du travail (LSST)** définit les obligations de l'employeur. Spécifiquement, l'article **51** de la LSST décrit les mesures nécessaires que l'employeur doit prendre pour protéger la santé et assurer la sécurité et l'intégrité physique du travailleur. Notamment, selon l'article **51(3)**, l'employeur doit :

«s'assurer que l'organisation du travail et les méthodes et techniques utilisées pour l'accomplir sont sécuritaires et ne portent pas atteinte à la santé du travailleur.»

L'employeur doit aussi à l'article **51(9)** :

«informer adéquatement le travailleur sur les risques reliés à son travail et lui assurer la formation, l'entraînement et la supervision appropriés afin de faire en sorte que le travailleur ait l'habileté et les connaissances requises pour accomplir de façon sécuritaire le travail qui lui est confié.»

Monsieur B travaillait depuis W ans avec Monsieur A sans avoir suivi le cours «santé et sécurité générale sur les chantiers de construction» exigé par le **Code du sécurité pour les travaux de construction (CSTC)** ou toute autre formation spécifique lui permettant d'acquérir les connaissances nécessaires pour identifier les dangers relatifs aux travaux d'excavation et tranchée.

En plus des exigences du CSTC et de la LSST, la CSST et ses partenaires ont publié plusieurs guides en vue d'informer les maîtres d'œuvre, les employeurs et les travailleurs sur les méthodes de travail sécuritaires lors de travaux de creusement.

Finalement, l'absence d'un programme de prévention, d'une méthode de creusage et de la formation du travailleur indiquent une absence de prise en charge de la santé et sécurité du travail chez l'employeur.

Cette cause est retenue.

SECTION 5**5 CONCLUSION****5.1 Causes de l'accident**

- L'inclinaison abrupte et la surcharge créée par la mise en place de déblais directement au sommet de la paroi sud de la tranchée provoquent la rupture et l'effondrement de celle-ci
- La gestion de la sécurité lors des travaux d'excavation est déficiente quant à la présence de travailleurs au fond de la tranchée alors que les parois sont libres d'étalement.

5.2 Autres documents émis lors de l'enquête

Le rapport **RAP0728366** de l'intervention du 3 avril 2012 informe l'employeur sur la suspension des travaux dans la tranchée et exige une méthode de travail sécuritaire pour la reprise des travaux.

Le rapport **RAP0728378** de l'intervention du 10 avril 2012 autorise la reprise des travaux dans la tranchée par la compagnie Y suite à une méthode de travail sécuritaire élaborée et proposée par Monsieur C de Y

Le rapport **RAP0728379** de l'intervention du 13 avril 2012 mentionne la vérification de la reprise des travaux par les inspecteurs de la CSST.

ANNEXE A

Liste des accidentés

ACCIDENTÉ 1

Nom, prénom : **B**

Sexe : Masculin

Âge :

Fonction lors de l'accident :

Expérience dans cette fonction :

Ancienneté chez l'employeur : W ans

Syndicat : Aucun

ACCIDENTÉ 2

Nom, prénom : **A**

Sexe : Masculin

Âge :

Fonction habituelle :

Fonction lors de l'accident :

Expérience dans le domaine :

ANNEXE B

Liste des témoins et des autres personnes rencontrées

Liste des témoins :

Monsieur D
Monsieur F
Monsieur E
Monsieur A

Listes des personnes rencontrées lors de la reprise des travaux :

Monsieur G
Monsieur C
Monsieur H

Listes des intervenants rencontrées sur les lieux de l'accident :

Madame Julie Desrochers, sergent-déetective à la section des enquêtes du service de police de la Ville de Montréal (SPVM).

Monsieur Louis Dufour, sergent-déetective à la section des enquêtes du SPVM.

Monsieur Stéphane Nadeau, de l'identité judiciaire du SPVM.

Monsieur Sylvain Cuillerier, chef des opérations du service de sécurité incendie de la Ville de Montréal.

Monsieur Pierre Blanchette, chef de division, service de sécurité incendie de la Ville de Montréal.

ANNEXE C

Références bibliographiques

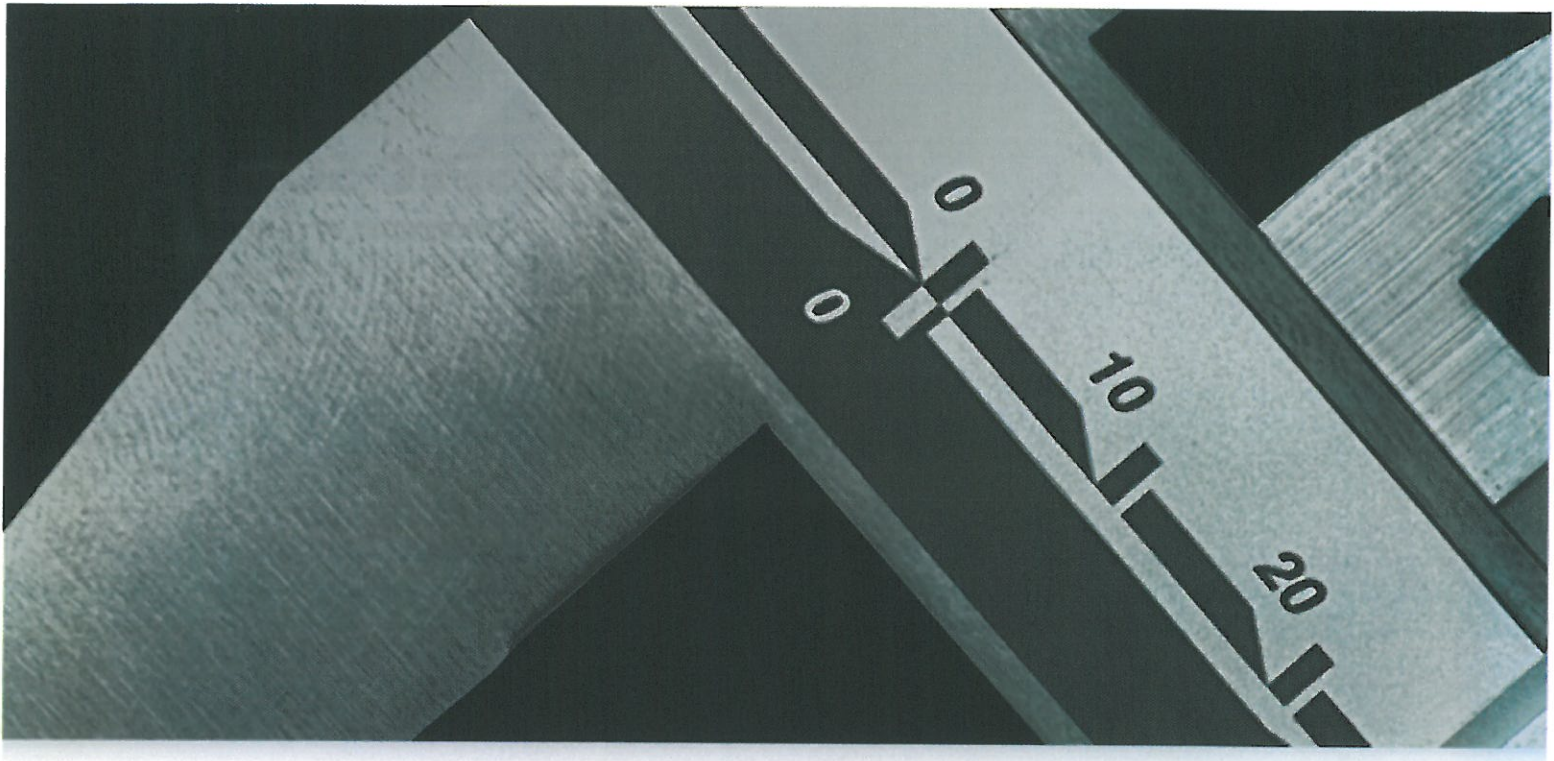
Commission de la santé et de la sécurité du travail. Pour mieux exécuter les travaux de creusement, d'excavation et de tranchée : aide-mémoire pour l'employeur, Québec, CSST, 2011, 44p.

Québec. Code de sécurité pour les travaux de construction (S-2.1, r.6), Québec, Éditeur officiel du Québec, 05 mai 2011, 252 p.

Québec. Loi sur la santé et la sécurité du travail (L.R.Q., c. S-2.1, r.6), Québec, Éditeur officiel du Québec, 1^{er} juillet 2010, 72 p.

ANNEXE D

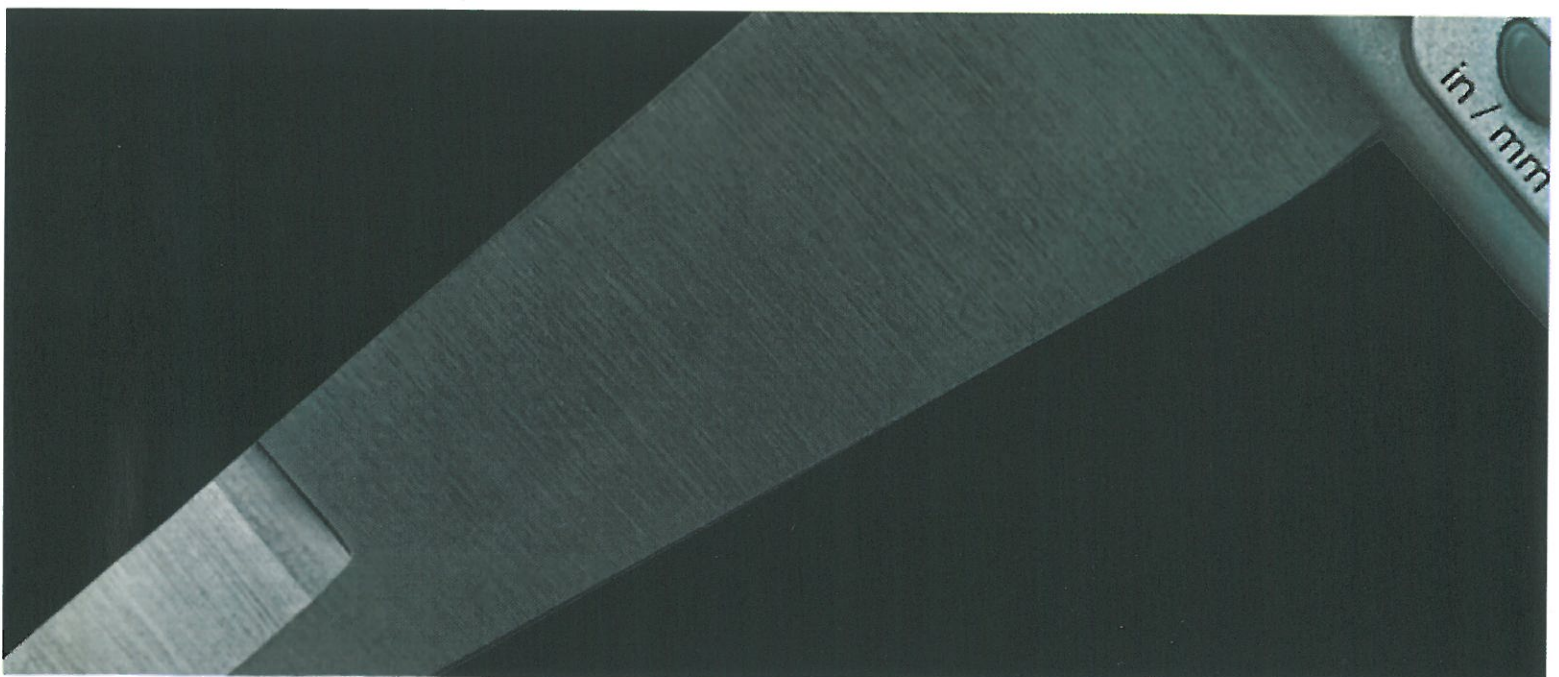
Rapport d'expertise externe



RAPPORT :

CSST
Rapport d'expertise
Rupture de la paroi d'une tranchée temporaire
895, 54^e Avenue
Arrondissement Lachine, Montréal, Québec

13 juin 2012



Québec, le 13 juin 2012

Madame Louise Cloutier, ing
Directrice
CSST Montréal-1
Complexe Desjardins
Tour Sud, 33^e étage
Montréal (Québec) H5B 1H1

Objet : Rapport d'expertise
Notre numéro projet :
Rupture de la paroi d'une tranchée temporaire
895, 54^e Avenue, arrondissement Lachine, Montréal, Québec

Madame,

C'est avec plaisir que nous vous transmettons notre rapport préliminaire concernant le projet cité en objet. Nous vous remercions de nous avoir donné l'opportunité de vous servir et espérons collaborer de nouveau avec vous lors de vos prochains mandats.

N'hésitez pas à communiquer avec nous pour de plus amples renseignements. Veuillez accepter, Madame, nos salutations distinguées.

CSST

**Rupture de la paroi d'une tranchée temporaire
895, 54^e Avenue
Arrondissement Lachine, Montréal, Québec**

Date : 13 juin 2012

Réf. :

**CSST
Complexe Desjardins
Tour Sud, 33^e étage
Montréal (Québec) H5B 1H1**

**Rapport d'expertise
Rupture de la paroi d'une tranchée temporaire
895, 54^e Avenue
Arrondissement Lachine, Montréal, Québec**

**N/Réf. :
13 juin 2012**

Préparé par :

**Distribution : CSST - Mme Louise Cloutier, ing.
(Copie par courriel : louise.cloutier@csst.qc.ca)**

Le respect de l'environnement et la préservation de nos ressources naturelles sont des priorités
pour Dans cette perspective, nous imprimons nos documents recto-verso
sur un papier 50 % recyclé.

TABLE DES MATIÈRES

1.0	Introduction.....	1
2.0	Historique de l'incident	1
3.0	Méthode de reconnaissance	2
3.1	Compte-rendu de la visite des lieux.....	2
3.1.1	Géométrie de la tranchée	2
3.1.2	Déblais d'excavation	3
3.1.3	Stratigraphie des parois de la tranchée	3
3.1.4	Eau souterraine.....	4
3.2	Travaux de terrain.....	4
3.2.1	Forages F-01, F-02 et F-03.....	4
3.2.2	Installations piézométriques.....	5
3.2.3	Arpentage	5
3.3	Travaux de laboratoire.....	6
4.0	Nature des sols en place	7
4.1	Structure de chaussée.....	7
4.2	Remblai hétérogène / dépôt naturel	7
4.3	Refus	8
5.0	Eau souterraine	9
6.0	Analyse de stabilité.....	9
6.1	Généralités	9
6.2	Géométrie de l'excavation	10
6.3	Stratigraphie et paramètres de résistance	10
6.4	Conditions hydrauliques	11
6.5	Coefficient de sécurité minimal.....	11
6.6	Résultats de l'analyse de stabilité.....	11
6.6.1	Généralités.....	11
6.6.2	Parois sub-verticales avec déblais en crête sans marge de recul	11
6.6.3	Parois sub-verticales et sans déblais en crête.....	12
6.6.4	Parois sub-verticales avec déblais et marge de recul de 1,0 m.....	12
6.6.5	Parois inclinées selon les dispositions du le « Code de sécurité pour les travaux de construction »	12
6.6.6	Tranchée avec des parois stables	13

TABLE DES MATIÈRES (SUITE)

7.0	Conclusions de l'étude	14
8.0	Portée et limitations de l'étude	15

Annexe I Plans schématiques montrant la géométrie de la tranchée

Annexe II Plan de localisation des forages effectués

Annexe III Rapports de forages

Annexe IV Résultats des essais de laboratoire

Annexe V Dossier photographique

Annexe VI Résultats des analyses de stabilité

1.0 Introduction

À la suite d'un accident mortel survenu après la rupture de la paroi d'une tranchée temporaire creusée en face de la résidence n° 895, 54^e Avenue dans l'arrondissement Lachine à Montréal (Québec), Inspec-Sol inc. (**Inspec-Sol**) a été mandatée par la Commission de la santé et de la sécurité du travail (**CSST**), afin d'émettre le présent rapport d'expertise. Le mandat octroyé à **Inspec-Sol** devait principalement couvrir les trois (3) points suivants : 1) effectuer une caractérisation des sols présents; 2) décrire les facteurs qui influencent la stabilité des parois et 3) analyser la stabilité des parois de la tranchée dans les conditions prévalant au moment de l'accident.

Le présent rapport contient dans l'ordre un bref historique des circonstances de l'accident, le compte-rendu de la visite des lieux et des travaux géotechniques effectués, les résultats des analyses de stabilité ainsi que nos conclusions. En annexe, nous présentons des plans schématiques montrant la géométrie de la tranchée (annexe I), un plan montrant l'emplacement des forages effectués (annexe II), les rapports de forages (annexe III), les résultats des essais de laboratoire (annexe IV), un dossier photographique (annexe V) et les résultats des analyses de stabilité (annexe VI).

2.0 Historique de l'incident

L'historique décrit ci-dessous a été obtenu auprès des représentants de la CSST. Aucun membre d'**Inspec-Sol** n'a visité le site le jour de l'incident.

- ♦ Le 3 avril 2012, des travaux de réparation d'une conduite d'égout sanitaire étaient en cours dans la 54^e Avenue à Lachine, Montréal (en face de la résidence n° 895). Trois (3) employés travaillant pour la réparation de la conduite étaient présents sur le site. Des photographies montrant l'état général du chantier le 10 avril 2012, soit sept (7) jours après l'incident, sont présentées à l'annexe V.
- ♦ Alors qu'un employé était dans le fond de la tranchée, la partie centrale de la paroi sud de cette tranchée a rompu et a enseveli l'employé qui est décédé. La rupture a également partiellement enseveli l'employeur (du travailleur décédé).

- ♦ Des membres de la sécurité civile sont intervenus quelques minutes après l'effondrement afin de sortir le corps de l'employé décédé. Pour cela, un étançonnement a été mis en place afin de stabiliser les parois. La mise en place de l'éтанçonnement a modifié la géométrie de la tranchée qui n'est plus exactement la même que celle existante le jour de l'accident.
- ♦ En même temps que les membres de la sécurité civile, des inspecteurs de la CSST ont effectué une visite d'inspection des lieux. Ils ont recueilli les informations requises pour l'enquête, constitué un dossier photographique et relevé la géométrie de la tranchée et des alentours.

3.0 Méthode de reconnaissance

3.1 Compte-rendu de la visite des lieux

Des membres du personnel technique d'**Inspec-Sol** ont effectué une visite des lieux les 10 et 11 avril 2012. La géométrie de la tranchée ainsi que toutes les informations jugées pertinentes pour la présente expertise ont été relevées. Ces informations sont décrites dans les paragraphes suivants.

3.1.1 Géométrie de la tranchée

Comme il a été mentionné à la section 2.0, la géométrie de la tranchée observée le jour de la visite a probablement été influencée par les interventions de la sécurité civile. L'étendue des modifications dues à ces interventions nous est inconnue. Nous décrivons ci-dessous les caractéristiques de la tranchée telles qu'elles ont été notées le 10 avril 2012. Les photos n^{os} 1 à 3 de l'annexe V montrent la tranchée telle qu'elle était le jour de notre première visite des lieux (le 10 avril). Les planches n^o 1 et 2 de l'annexe I présente schématiquement la géométrie de cette tranchée.

La tranchée est creusée perpendiculairement à l'axe de la 54^e Avenue. Sa longueur au sommet est de 10,60 m. À certains endroits, les limites (bords) de la tranchée sont rectilignes indiquant qu'un pré-découpage de la couche de bitume à l'aide d'une scie a probablement été réalisé préalablement au début des travaux d'excavation.

Les parois de la tranchée sont toutes sub-verticales et la profondeur de cette tranchée est variable (photo n° 3 de l'annexe V). La profondeur est de 1,70 m dans la partie ouest et de 2,60 m dans partie est. Dans la partie centrale, la profondeur varie entre 1,50 et 2,00 m selon les emplacements (voir planche n°1 de l'annexe I).

La largeur de la tranchée est également variable (voir photo n° 3). Elle est de 1,0 m à l'extrémité ouest et de 2,4 m à l'extrémité est. La planche n° 1 de l'annexe 1 présente les largeurs mesurées selon les emplacements (schéma à l'échelle 1 :125).

3.1.2 Déblais d'excavation

La présence de matériaux de déblais d'excavation a été observée des côtés nord et sud de la tranchée. Les détails relatifs à la géométrie des remblais sont montrés sur la planche n° 1 de l'annexe I. Selon les informations reçues, les déblais granulaires réutilisables pour la structure de chaussée après la fin des travaux étaient entreposés du côté sud alors que les déblais utilisables uniquement comme remblai de masse (non utilisables pour la structure de chaussée) étaient entreposés du côté nord.

Du côté sud, les déblais étaient entreposés directement au sommet de la paroi (voir photo n° 4). Du côté nord, ils étaient entreposés à des distances variant entre 0,80 m et 1,20 m (photo n° 5). La configuration générale des remblais entreposés des côtés sud et nord est montrée sur la planche n° 1 de l'annexe I.

Selon les observations effectuées sur le terrain, la rupture survenue est d'une forme combinée. Elle est de forme quasi-rotationnelle dans la partie supérieure et planaire dans la partie inférieure (voir photo n° 3A). Comme le montre la photo n° 3 de l'annexe V, la surface de rupture passe par la pile de déblais entreposés au sommet de la paroi sud.

3.1.3 Stratigraphie des parois de la tranchée

Les observations visuelles et les photographies prises le 10 avril 2012 montrent que la stratigraphie observée sur les parois des tranchées est composée des éléments suivants (voir photo n° 3A de l'annexe V) :

- ♦ une couche de bitume de 70 à 120 mm d'épaisseur dans la partie de la tranchée creusée dans la 54^e Avenue;

- ♦ un remblai structural granulaire (MG-20) correspondant à la structure de chaussée ou à la fondation de l'allée en interblochs. Ce remblai d'une épaisseur de l'ordre de 200 à 300 mm est retrouvé sur l'ensemble de la tranchée à l'exception du secteur ouest où une couche de gazon et de terre végétale est visible (terrain du n° 895, 54^e Avenue);
- ♦ une couche de sable silteux avec un peu de gravier. Cette couche d'épaisseur variable (de 300 à 1200 mm) est dans un état de compacité jugé moyen;
- ♦ un matériau granulaire hétérogène composé d'un mélange de sable, de silt et d'argile dans des proportions variables. Des cailloux et blocs sont présents à l'intérieur de ce remblai. Ce matériau rencontré jusqu'à la base de la tranchée correspond probablement au dépôt naturel en place excavé puis réutilisé comme matériau de remblai. Globalement, ce matériau est légèrement à très peu humide et présente une compacité jugée moyenne (compacte) à élevée.

3.1.4 Eau souterraine

Aucune trace d'eau libre n'a été détectée lors de la visite du site.

3.2 Travaux de terrain

Des travaux d'investigation géotechnique ont été effectués par **Inspecc-Sol** pour définir la nature des sols en place et leurs caractéristiques physiques et mécaniques (requis pour les calculs de stabilité). Au total, trois (3) forages échantillonnés, identifiés F-01, F-02 et F-03 ont été effectués le 11 avril 2012 à proximité de la tranchée. Le forage F-02 a été exécuté dans la zone dans laquelle l'effondrement de la paroi s'est produit.

Préalablement aux travaux de forage, la pile de matériau entreposé du côté sud de la tranchée a été déplacée pour permettre à l'équipement de chantier de se rapprocher de la crête de la tranchée.

3.2.1 Forages F-01, F-02 et F-03

Les forages F-01, F-02 et F-03 ont été effectués aux emplacements indiqués sur le plan Q026416-A1-1 de l'annexe II. Ces forages ont été réalisés par la firme ForageGéo à l'aide d'une foreuse de type CME55. Tous les travaux ont été effectués sous la supervision constante de M. Cédric Boisvert, technicien *senior* chez **Inspecc-Sol**.

Les profondeurs et élévations atteintes dans les forages sont présentées dans le tableau n° 1 ci-dessous :

Tableau n° 1
Profondeurs et élévations des forages

Forage n°	Profondeur (m)	Élévation (m)	
		Surface	Fin du forage
F-01	2,54	28,80	26,26
F-02	2,78	28,83	26,05
F-03	3,63	28,86	25,23

Des échantillons remaniés ont été prélevés dans tous les forages. Les échantillons remaniés (CF) ont été prélevés à l'aide d'un carottier fendu de calibre B (51 mm de diamètre). Lors des prélèvements, les indices « N » de l'essai de pénétration standard ont été mesurés pour chaque échantillon prélevé, conformément à la norme BNQ-2501-140. Cet indice correspond au nombre de coups requis pour faire pénétrer le carottier de 300 mm lorsqu'il est battu à l'aide d'un marteau pesant 63,5 kg et tombant en chute libre d'une hauteur de 760 mm. Les indices « N » mesurés sont présentés sur les rapports des forages (annexe III).

3.2.2 Installations piézométriques

Des tubes ouverts (tube d'observation) ont été mis en place dans les cavités des forages F-01 et F-02 pour déterminer le niveau de l'eau souterraine autour de la tranchée. Les tubes d'observation installés sont constitués de tubes rigides en CPV de 20 mm de diamètre et crépinés dans leur partie inférieure.

3.2.3 Arpentage

Toutes les élévations présentées dans ce rapport sont géodésiques et ont été mesurées à l'aide d'un GPS. L'erreur sur les élévations mesurées est estimée à ± 2 cm.

3.3 Travaux de laboratoire

Tous les échantillons prélevés ont été transportés à notre laboratoire de Montréal, où ils ont été examinés par un un ingénieur en géotechnique. Certains échantillons ont été sélectionnés pour être soumis au programme d'essais de laboratoire présenté ci-dessous dans le tableau n° 2.

Tableau n° 2
Liste des essais de laboratoire

Forage	Échantillon	Profondeur (m)	Essais de laboratoire
F-01	CF-2	0,61 à 1,22	Teneur en eau Analyse granulométrique
	CF-3	1,22 à 1,83	Teneur en eau Analyses granulométrique et sédimentométrique
F-02	CF-2	0,61 à 1,22	Teneur en eau Analyse granulométrique
	CF-3	1,22 à 1,83	Teneur en eau Analyses granulométrique et sédimentométrique Limites de consistance
F-03	CF-2	0,61 à 1,22	Teneur en eau Analyses granulométrique et sédimentométrique Limites de consistance
	CF-4	1,83 à 2,44	Teneur en eau Analyses granulométrique et sédimentométrique

Les résultats de ces essais sont présentés à l'annexe IV et sont discutés au paragraphe 4.0. Tous les échantillons non utilisés pour les essais de laboratoire seront conservés pour une période de six mois après la transmission du présent rapport. Ils seront par la suite détruits, à moins d'un avis contraire de la part des intervenants du dossier.

4.0 Nature des sols en place

La stratigraphie telle qu'obtenue au droit des trois (3) forages réalisés est présentée ci-dessous :

4.1 Structure de chaussée

La structure de chaussée retrouvée au droit de tous les forages est similaire à celle observée sur les parois et présentée au paragraphe 3.1.3. Cette structure est composée des unités stratigraphiques suivantes :

- ♦ une couche de béton bitumineux d'épaisseur égale à 70 mm en F-01 et F-03 et à 110 mm en F-02;
- ♦ une couche de matériaux granulaires de type MG-20, d'épaisseur variant de 190 mm en F-02 et à 330 mm en F-03;
- ♦ une couche de sable avec un peu de silt à sable et silt, contenant des traces de gravier à graveleux. Cette couche correspond à la sous-fondation de la chaussée et son épaisseur varie de 420 mm en F-02 à 1200 mm en F-03. Les résultats des analyses granulométriques effectuées sur des échantillons prélevés dans cette couche sont résumés dans le tableau n° 3 (échantillons CF-2 du forage F-01 et CF-2 du forage F-02). Les courbes granulométriques complètes de ces échantillons sont montrées à l'annexe IV.

Tableau n° 3
Composition de la couche de sous-fondation

Forage n°/Échantillon	Gravier (%)	Sable (%)	Silt (%)	Argile (%)
F-01/CF-2	9	54	37	
F-02/CF-2	22	44	34	

4.2 Remblai hétérogène / dépôt naturel

Sous la structure de chaussée, on retrouve un remblai probablement composé du dépôt naturel qui a été utilisé pour remblayer la tranchée. L'interface entre le dépôt naturel et le remblai n'est pas clairement identifiable.

Les diverses analyses effectuées sur des matériaux prélevés dans ce dépôt montrent qu'il est principalement composé d'un mélange de gravier, de sable et de silt dans des proportions variables. Les résultats des analyses granulométriques effectuées sur des échantillons prélevés dans cette couches sont résumés dans le tableau n° 4 (échantillons CF-3 du forage F-01, CF-3 du forage F-02 et CF-4 du forage F-03). Les courbes granulométriques complètes de ces échantillons sont montrées à l'annexe IV.

Tableau n° 4
Composition du remblai inférieur/dépôt naturel

Forage n°/Échantillon	Gravier (%)	Sable (%)	Silt (%)	Argile (%)
F-01/CF-3	40	35	18	7
F-02/CF-3	20	37	31	12
F-03/CF-4	48	39	13	

Les limites de consistances effectuées sur la partie fine (passant le tamis 80 μm) indiquent que les matériaux présents sont de type SC selon la classification unifiée USCS des sols.

4.3 Refus

Le refus à la pénétration de la cuillère fendue sur socle rocheux probable a été atteint dans tous les forages à des profondeurs comprises 2,54 m (en F-01) et 3,00 m (en F-03). En F-02, la couche de refus a été pénétrée à la tarière sur une épaisseur de 0,63 m. Les observations des débris de forage indiquent qu'il s'agit d'un calcaire gris.

5.0 Eau souterraine

Les mesures effectuées le 2 mai 2012 dans les tubes d'observation sont présentées dans le tableau n° 5 ci-dessous. Ces données confirment les observations visuelles effectuées lors de la visite des lieux (les 10 et 11 avril 2012).

Tableau n° 5
Profondeurs et élévations des niveaux de l'eau souterraine – le 2 mai 2012

Sonde/Forage n°	Profondeur (m)	Élévation (m)
TO-1 (F-1)	SEC	< 28,80
TO-2 (F-2)	SEC	< 28,83

6.0 Analyse de stabilité

6.1 Généralités

Afin de définir l'état de stabilité des parois de la tranchée dans les conditions dans lesquelles elles ont été observées le 10 avril 2012, des analyses de stabilité ont été effectuées à l'aide du logiciel Slope/W, version GeoStudio 2007. Les calculs ont été effectués en utilisant la méthode de Morgenstern-Price et en considérant des calculs en contraintes effectives.

La stabilité des parois de la tranchée ont été analysées pour les quatre (4) configurations suivantes :

- 1) Tranchée avec des parois sub-verticales et sans déblais en crête,
- 2) Tranchée avec des parois sub-verticales avec déblais entreposés en crête sans marge de recul (cas de la paroi sud),
- 3) Tranchée avec des parois sub-verticales avec déblais entreposés en crête avec une marge de recul de 1,0 m (cas de la paroi nord),
- 4) Tranchée avec des parois présentant un coefficient de sécurité supérieur à 1,5.

Les divers paramètres requis pour les analyses ainsi que les résultats obtenus sont présentés ci-dessous.

6.2 Géométrie de l'excavation

La géométrie de la tranchée a été modélisée en fonction des mesures effectuées le 10 avril 2012. La géométrie ayant été modifiée par les opérations de secours, la profondeur de la tranchée dans le secteur dans lequel la rupture est survenue a été considérée égale à la profondeur maximale mesurée pour la tranchée (soit 2,6 m).

Les parois sub-verticales ont été modélisées en utilisant une pente moyenne de 0,2H :1V (5V :1H, soit environ 80° par rapport à l'horizontale) correspondant approximativement à la valeur moyenne observée.

6.3 Stratigraphie et paramètres de résistance

La stratigraphie du modèle analytique a été basée sur les résultats des sondages effectués. Trois (3) unités stratigraphiques ont été considérées. Ces trois (3) unités sont présentées dans le tableau n° 6 :

Tableau n° 6
Propriétés géotechniques des matériaux

Couche n°	Description	Angle de frottement ϕ' (°)	Cohésion effective c' (kPa)	Poids volumique total γ (kN/m ³)
1	Fondation de la chaussée (MG-20)	45	0	21
2	Sous-fondation de la chaussée (SC)	34	3	19
3	Remblai / dépôt naturel	36	5	19

Les paramètres de résistance présentés dans le tableau n° 6 ont été principalement déterminés à partir d'une analyse à rebours de la stabilité de la paroi nord en posant l'hypothèse réaliste que son coefficient de sécurité était marginal ($FS_{\min} = 1,0$). Des données publiées dans la littérature sur des matériaux similaires ont également été utilisées pour les calculs de stabilité. La couche de revêtement bitumineux a volontairement été ignorée dans le modèle puisque ce revêtement présente souvent des fissures et que sa contribution à la stabilité de la paroi est négligeable.

6.4 Conditions hydrauliques

Considérant les observations visuelles des 10 et 11 avril et les mesures effectuées dans les tubes d'observation, la présence d'eau n'a pas été considérée dans les calculs de stabilité.

6.5 Coefficient de sécurité minimal

Le guide publié par la CSST et intitulé « *Pour mieux exécuter les travaux de creusement, d'excavation et de tranchée* » spécifie à la section 1.2.3 que la valeur minimale du coefficient de sécurité pour assurer la stabilité des parois d'un creusement est de 1,5. Une telle valeur du coefficient de sécurité a été ciblée pour la présente expertise.

6.6 Résultats de l'analyse de stabilité

6.6.1 Généralités

La tranchée à l'étude a été principalement creusée à l'intérieur d'un remblai hétérogène dans lequel les paramètres de résistance peuvent varier de manière importante d'un point à l'autre en fonction des conditions de mise en place. Par conséquent, toutes les conclusions relatives à la stabilité et basées sur les coefficients de sécurité calculés théoriquement doivent tenir compte de la variabilité potentielle des conditions géotechniques des sols composant les parois de la tranchée.

Les résultats des analyses de stabilité sont présentés séparément ci-dessous pour chacune des configurations analysées. Par la suite, les coefficients de sécurité obtenus pour les diverses configurations ont été interprétés et des conclusions et recommandations issues de cette interprétation sont formulées à la section 7.0.

6.6.2 Parois sub-verticales avec déblais en crête sans marge de recul

La figure n° 6-2 montre les résultats de l'analyse de stabilité après l'ajout d'une surcharge correspondant au déblai de matériau granulaire présent en crête de la paroi sud. Cette surcharge est entreposée sans marge de recul. Elle est de forme similaire à celle en place lors de l'accident. Son épaisseur maximale (1,3 m) est située à 2,6 m de la crête. La figure 6-2 indique que l'ajout de la surcharge génère une diminution du coefficient de sécurité de 14 %. Le facteur de sécurité FS_{min} est alors inférieur à l'unité avec une valeur de 0,86. Avec un tel facteur de sécurité, la stabilité de la tranchée n'est plus assurée.

Par sa forme, la surface de rupture théorique (figure n° 6-2) présente des similitudes avec la surface de rupture survenue sur la paroi sud (photo n° 3A). Le volume de sol réellement impliqué dans la rupture est cependant inférieur à celui obtenu théoriquement.

6.6.3 Parois sub-verticales et sans déblais en crête

La figure n° 6-1 de l'annexe 5 montre les résultats de l'analyse de stabilité pour la paroi sud sans ajout de surcharge au sommet (par les déblais de type MG-20).

Le coefficient de sécurité minimal FS_{min} est égal à 1,00. De manière théorique, un tel coefficient est suffisant pour maintenir une paroi stable, mais en état d'équilibre précaire. Il est inférieur au coefficient de sécurité minimal exigé par la CSST pour parois de tranchées temporaires ($FS_{min} = 1,50$).

6.6.4 Parois sub-verticales avec déblais et marge de recul de 1,0 m

La figure n° 6-3 montre les résultats de l'analyse de stabilité après l'ajout d'une surcharge similaire à celle du cas précédent (paragraphe 6.5.3) mais avec une marge de recul de 1,0 m par rapport au bord de la tranchée. Cette figure montre que l'ajout de la surcharge n'a aucun impact sur le coefficient de sécurité qui demeure marginal avec une valeur $FS_{min} = 1,00$. Elle n'a pas d'impact non plus sur la forme théorique de la rupture. Les résultats, valeur de FS_{min} et forme de rupture, sont identiques au cas de la configuration analysée en 6.5.2.

Les résultats de cette analyse expliquent en partie la raison pour laquelle la paroi nord est demeurée stable

6.6.5 Parois inclinées selon les dispositions du « Code de sécurité pour les travaux de construction »

L'article 3.15.3.2 du « Code de sécurité pour les travaux de construction » (« Code ») stipule que : *« aucun étançonnement n'est exigé lorsque les parois de la tranchée ou de l'excavation ne présentent pas de danger de glissement de terrain et que leur pente est inférieure à 45° à partir de moins de 1,2 m du fond ».*

La figure 6-4 présente les résultats de l'analyse de stabilité en considérant la géométrie des parois mentionnées dans l'article 3.15.3.2 du « Code ». Dans ce cas, les déblais sont entreposés à 1,2 m de la tranchée (article 3.15.3.5a du « Code »). Le coefficient de sécurité FS_{min} obtenu est de 1,13. Un tel coefficient est inférieur à la valeur minimale requise et demeure insuffisant pour prévenir tous risques de rupture.

6.6.6 Tranchée avec des parois stables

Des analyses ont été effectuées pour définir les pentes permettant d'atteindre un coefficient de sécurité FS_{min} de 1,5. Plusieurs géométries de parois ont été analysées en considérant les mêmes paramètres de résistance que ceux utilisés pour les configurations décrites dans les paragraphes précédents. Dans tous les cas analysés, la surcharge a été installée à une distance de 1,2 m de la crête de la tranchée (article 3.15.3.5a du « Code »).

Pour une pente uniforme entre le fond de la tranchée et la surface du terrain, les calculs ont montré qu'un coefficient minimal FS_{min} supérieur à 1,5 est obtenu pour une inclinaison de 0,7H :1V (1,4V :1H), soit 55° par rapport à l'horizontale. La figure 6-5 montre les résultats de cette configuration pour laquelle le coefficient de sécurité théorique FS_{min} est égal à 1,55.

Plusieurs simulations ont été effectuées pour définir la pente requise dans la partie supérieure de la paroi qui permettrait d'obtenir un coefficient de sécurité FS_{min} supérieur à 1,5 lorsqu'une partie verticale de 1,2 m de hauteur est aménagée dans la partie inférieure de la tranchée. Les calculs montrent qu'un coefficient FS_{min} supérieur à 1,5 ne peut être atteint avec une telle géométrie pour les conditions de sols de la tranchée à l'étude. Le coefficient de sécurité FS_{min} maximal qu'il est possible d'obtenir est de l'ordre de 1,4. Dans de telles conditions, la rupture survient principalement dans la partie verticale (au fond de la tranchée) indépendamment de l'inclinaison de la partie supérieure. La figure 6-6 de l'annexe VI montre les résultats d'une analyse pour laquelle la pente de la partie supérieure est de 2H :1V, soit 26° par rapport à l'horizontale. Le coefficient de sécurité est égal à 1,41. À titre informatif, pour une partie supérieure inclinée à 3H :1V, soit 18° par rapport à l'horizontale, le coefficient de sécurité FS_{min} obtenu est de 1,42 pour une surface de rupture similaire à celle de la figure 6-6.

8.0 Portée et limitations de l'étude

Ce rapport est une expertise basée sur des informations qui nous ont été transmises par le client ainsi que sur les investigations géotechniques et sur les mesures effectuées sur les lieux de l'accident par . Les conclusions présentées dans ce rapport sont fondées sur l'analyse des données recueillies et des calculs de stabilité.

Ce rapport doit être considéré comme un tout, et aucune de ses parties ne peut être utilisée isolément. Tout usage que pourrait en faire une tierce partie, ou toute décision basée sur son contenu prise par cette tierce partie, demeurera la responsabilité entière de cette dernière.

Nous espérons ce rapport à votre entière satisfaction. N'hésitez pas à communiquer avec nous pour de plus amples renseignements.

7.0 Conclusions de l'étude

Les conclusions de la présente étude sont énumérées ci-dessous :

- 1- Dans le cas à l'étude, l'excavation a eu lieu à l'intérieur d'un remblai recouvrant une conduite. L'excavation est d'une profondeur maximale de 2,60 m et les sols présents sont essentiellement composés de matériaux granulaires. Dans de telles conditions, nous sommes d'avis que la stabilité de la paroi est contrôlée par les paramètres de résistance à long terme (en contraintes effectives).
- 2- Les analyses de stabilité à long terme montrent que dans les matériaux rencontrés, une excavation de 2,60 m de profondeur avec des pentes sub-verticales présente un état de stabilité marginal avec un coefficient de sécurité de l'ordre de l'unité ($FS = 1,00$). De telles pentes ne sont pas sécuritaires.
- 3- La rupture de la paroi sud a été causée par la combinaison de pentes trop abruptes (sub-verticales) associée à la mise en place des déblais en crête. La pile mise en place avait une hauteur de 1,30 m et largeur de l'ordre de 6,00 m. Les calculs de stabilité montrent que l'ajout d'une telle surcharge réduit le facteur de sécurité de 14 %. La valeur du coefficient de sécurité après l'ajout de la pile de déblais décroît de $FS_{min} = 1,00$ et atteint une valeur de $FS_{min} = 0,86$, ce qui implique une rupture de la paroi.
- 4- Les analyses de stabilité montrent qu'en appliquant les dispositions de l'article 3.15.3.2 du « Code » et pour des déblais entreposés à une distance 1,2 m de la crête (tel qu'exigé par l'article 3.15.3.5a du « Code »), le coefficient de sécurité FS_{min} est de 1,13. Une telle valeur, même si elle est supérieure à l'unité, ne présente pas une réserve de sécurité suffisante.
- 5- Les calculs indiquent que pour le cas à l'étude, un coefficient de sécurité de 1.5 aurait été atteint pour une inclinaison de l'ordre de 0,7H :1V (1,4V :1H), soit 55° par rapport à l'horizontale à partir du fond de la tranchée.
- 6- Les calculs de stabilité montrent également que, si une hauteur de 1,2 m est maintenue verticale dans la partie inférieure de la tranchée, un coefficient de sécurité de 1,5 ne peut être atteint dans les conditions de sols rencontrés, quelle que soit la pente de la partie supérieure. Dans de telles conditions, le coefficient de sécurité FS_{min} est plafonné à une valeur de l'ordre de 1,40 pour des pentes plus douces que 2H :1V (soit 26° par rapport à l'horizontale).

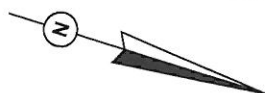
Annexe I

- ♦ Plans schématiques montrant la géométrie de la tranchée

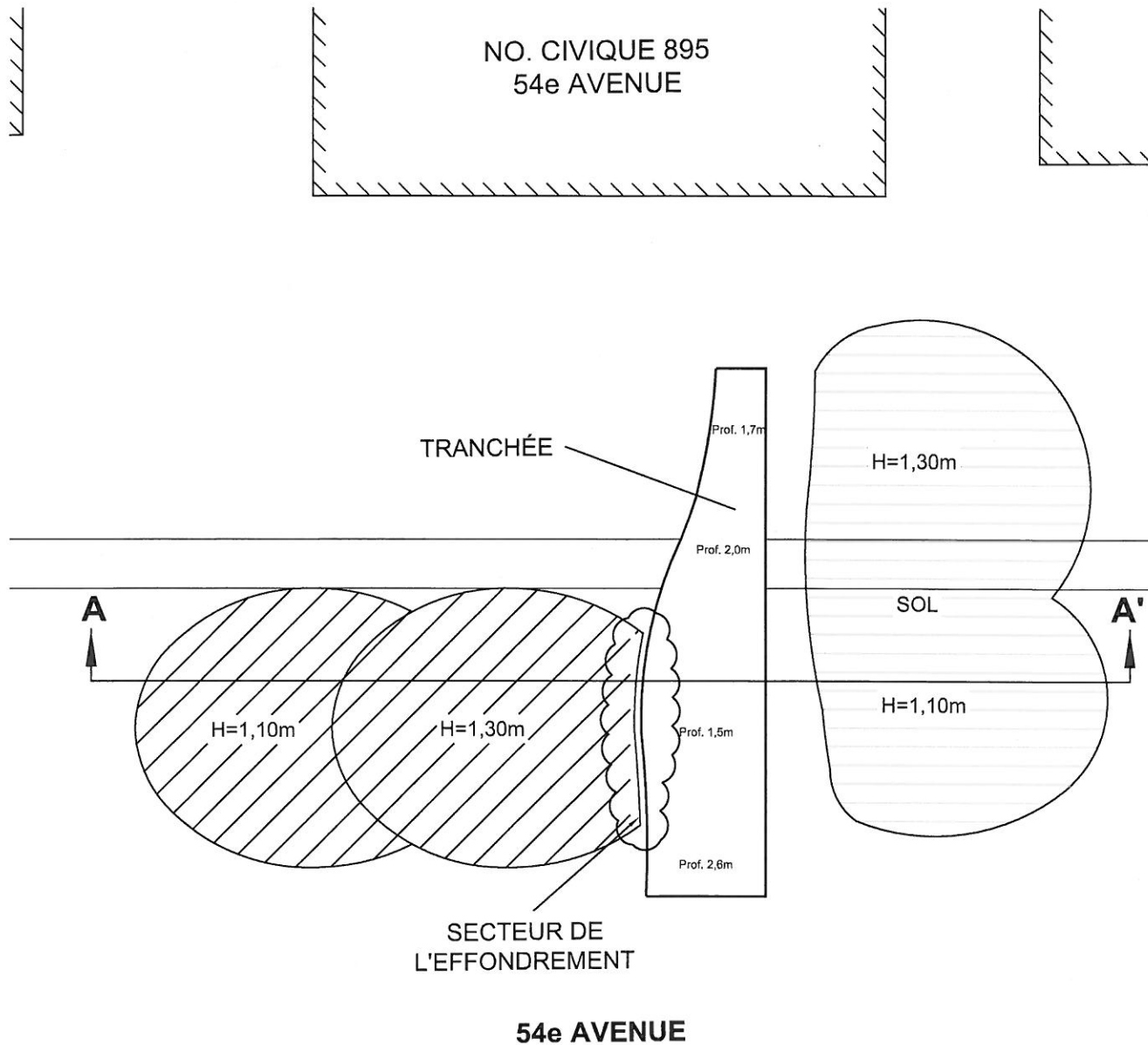
**COMMISSION DE LA SANTÉ ET DE LA SÉCURITÉ AU TRAVAIL
(CSST MONTRÉAL-1)**

GÉOMÉTRIE DE LA TRANCHÉE LE 11 AVRIL 2012

895, 54e AVENUE, LACHINE, QUÉBEC



NO. CIVIQUE 895
54e AVENUE



LÉGENDE



MATÉRIAUX TYPE MG-20



MATÉRIAUX REMLAI HÉTÉROGÈNE

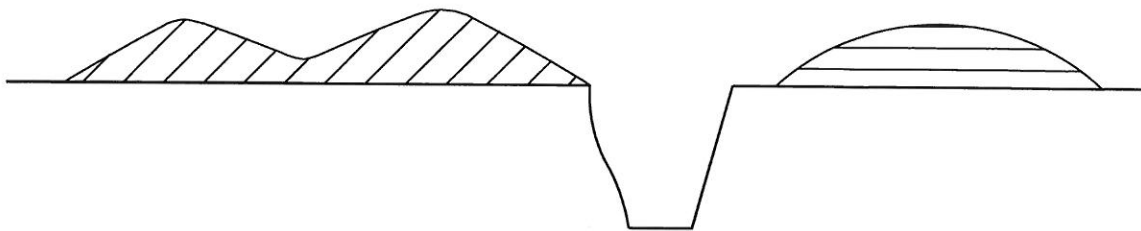
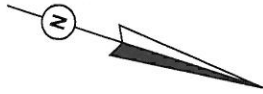
ÉCHELLE: 1 : 125

RÉFÉRENCE NO:
PRÉP.:

PLANCHE NO 2

**COMMISSION DE LA SANTÉ ET DE LA SÉCURITÉ AU TRAVAIL
(CSST MONTRÉAL-1)**

**GÉOMÉTRIE DE LA TRANCHÉE LE 11 AVRIL 2012
895, 54^e AVENUE, LACHINE, QUÉBEC**



COUPE A-A'

LÉGENDE



MATÉRIAUX TYPE MG-20



MATÉRIAUX REMBLAI HÉTÉROGÈNE

ÉCHELLE: 1 : 125

Annexe II

- ♦ Plan de localisation des forages effectués

Annexe III

- ♦ Rapports de forages

MÉTHODOLOGIE DES ESSAIS IN SITU EN GÉOTECHNIQUE

A- Prélèvement d'échantillons

Les échantillons de sol sont généralement récupérés dans les forages au moyen soit d'un échantillonneur de type cuillère fendue ou à l'aide de tubes d'acier à paroi mince de type «Shelby». La cuillère fendue procure des échantillons de sol remaniés mais représentatifs de la nature des sols en place. L'enfoncement de l'échantillonneur permet également la réalisation simultanée de l'essai de pénétration standard qui est décrit à la section suivante. Les tubes à paroi mince sont enfoncés délicatement dans le sol et permettent la récupération d'échantillons non remaniés au sein des dépôts argileux, ce qui ne peut être le cas avec la cuillère fendue. Les échantillons de roc sont prélevés au moyen de tubes carottiers munis de trépan diamantés et procurent des échantillons sous forme de carottes dont les diamètres varient en fonction du calibre de l'outil utilisé.

B- Essai de pénétration standard («SPT»)

L'essai de pénétration standard consiste à enfoncer dans le sol un échantillonneur normalisé de type cuillère fendue au moyen d'un marteau de 140 lb (63,5 kg) qui le percute après une chute libre de 30 po (76 cm). L'échantillonneur est ainsi foncé dans le sol sur une distance de 18 po (45 cm) et le nombre de coups de marteau nécessaire à l'enfoncement est noté pour chaque intervalle de 6 po (15 cm). Le nombre de coups requis pour enfoncer les derniers 12 po (30 cm) correspond à l'indice de pénétration standard («N»). L'essai est répété à intervalle régulier et les indices obtenus sont des valeurs caractéristiques à partir desquelles on peut estimer la densité, la compressibilité et la résistance des différentes couches de sol traversées. (La procédure est peu applicable cependant aux dépôts argileux).

C- Essai de pénétration dynamique

L'essai de pénétration dynamique est similaire à l'essai de pénétration standard, sauf que l'échantillonneur est remplacé par une pointe conique de 10 cm² de surface. Le nombre de coups est noté de façon continue pour chaque pi (30 cm) d'enfoncement et les résultats obtenus donnent un relevé systématique de la densité relative des matériaux traversés. L'essai permet également de révéler la profondeur d'une couche de sol très dense ou parfois du socle rocheux.

Note : La présence de particules grossières, telles que de gros graviers, des cailloux ou des blocs au sein des couches de sol peut affecter les résultats de l'essai de pénétration standard ou dynamique en produisant des valeurs de résistance anormalement élevées. Dans certains cas, la pénétration peut même devenir impossible et un refus «R» est alors noté.

D- Essai de résistance au cisaillement

L'essai de résistance au cisaillement non drainé est réalisé en introduisant dans un sol argileux non remanié un scissomètre constitué de 4 palettes en forme de croix, et en mesurant, à partir de la surface, le couple (force de rotation) nécessaire pour cisailier une surface cylindrique. L'essai est répété à différentes profondeurs et les valeurs de couple obtenues sont converties pour déterminer les résistances au cisaillement non drainé pour chacun des essais effectués. Les profils de résistance recueillis permettent de calculer la capacité portante admissible des dépôts d'argile. L'appareil utilisé pour effectuer les mesures est du type «Nilcon», d'origine scandinave.

E- Essai de perméabilité (LeFranc)

Cet essai consiste à déterminer le coefficient de perméabilité K du sol autour d'une poche perméable (la lanterne) de dimensions connues qui a été formée sous le sabot de battage. La méthode retenue est celle à niveau d'eau variable descendant. Les essais de type LeFranc sont réalisés dans des sols à granulométrie moyenne et à perméabilité moyenne.

F- Essai d'eau sous pression

L'essai d'eau sous pression dans le rocher à palier de pression unique a pour objectif de déterminer le débit d'eau que peut absorber une zone définie de la masse rocheuse pour un palier de pression unique. Cet essai est exécuté afin d'apprécier l'absorptivité du rocher à l'intérieur de zones définies d'un trou de forage effectué dans le cadre d'une reconnaissance géotechnique. L'essai consiste à injecter de l'eau dans une zone de la masse rocheuse définie par une cavité cylindrique de longueur et de diamètre connus et réalisée par forage. Les débits d'eau absorbés sont mesurés pour une pression unique et pour des durées d'injection définies.

G- Essai au pressiomètre Ménard

L'essai pressiométrique, développé par Ménard (1956), est un essai de chargement latéral effectué dans un forage par dilatation d'une sonde cylindrique. L'essai permet de déterminer des caractéristiques effort-déformation du sol, et en particulier le module pressiométrique E_M , et la pression limite p_l , qui mesurent la résistance du sol et peuvent être utilisés pour évaluer la capacité portante et le tassement des fondations.

NOTES EXPLICATIVES SUR LES RAPPORTS DE SONDAGES

DESCRIPTION DES SOLS ET DU ROC:

Chacune des couches de mort-terrain est décrite selon la terminologie d'usage énumérée ci-après. La compacité des sols granulaires est définie par la valeur de l'indice de pénétration standard "N" et la consistance des sols cohérents par la résistance au cisaillement non drainé à l'état non remanié (Cu).

CLASSIFICATION (SYSTÈME UNIFIÉ)

Argile <0,002 mm	
Silt 0,002 à 0,075 mm	
Sable 0,075 à 4,75 mm	Fin 0,075 à 0,425 mm
	Moyen 0,425 à 2,0 mm
	Grossier 2,0 à 4,75 mm
Gravier 4,75 à 75 mm	
	Fin 4,75 à 19 mm
Cailloux 75 à 300 mm	
Blocs > 300 mm	Grossier 19 à 75 mm

TERMINOLOGIE

"Traces"	1 à 10%
"Un peu"	10 à 20%
Adjectif (silteux, sableux, etc.)	20 à 35%
"Et"	35 à 50%

COMPACTITÉ DES SOLS GRANULAIRES

INDICE DE PÉNÉTRATION STANDARD "N"

(Coups/pi. - 300mm)

Très lâche	0 à 4
Lâche	4 à 10
Compact	10 à 30
Dense	30 à 50
Très dense	>50

CONSISTANCE DES SOLS COHÉRENTS

RÉSISTANCE AU CISAILLEMENT (Cu)

(lb./pi.²) (kPa)

Très molle	<250	<12
Molle	250 à 500	12 à 25
Ferme	500 à 1000	25 à 50
Raide	1000 à 2000	50 à 100
Très raide	2000 à 4000	100 à 200
Dure	>4000	>200

INDICE DE QUALITÉ DU ROC

VALEUR "RQD" (%)	QUALIFICATIF
<25	Très mauvais
25 à 50	Mauvais
50 à 75	Moyen
75 à 90	Bon
>90	Excellent

SYMBOLES DE LA STRATIGRAPHIE

			
Sable	Gravier	Cailloux et/ou blocs	Roc
			
Silt	Argile	Terre végétale	Remblai

ÉCHANTILLONS:

TYPE ET NUMÉRO

Le type d'échantillonneur utilisé est défini par l'abréviation indiquée au rapport de sondage. La numérotation est continue pour chacun des types.

RÉCUPÉRATION

La récupération de l'échantillon est le rapport exprimé en pourcentage de la longueur récupérée dans l'échantillonneur à la longueur enfoncée.

RQD

Les indices de qualité du roc (Roc Quality Designation ou RQD) sont définis comme étant le rapport exprimé en pourcentage de la longueur cumulée de tous les fragments d'échantillons de 4 pouces (10 cm) ou plus à la longueur totale de la course.

ESSAIS DE CHANTIER:

N: Indice de pénétration standard
R: Refus à l'enfoncement

Nc: Indice de pénétration dynamique au cône
Cu: Résistance au cisaillement non drainé
Pr: Pressiomètre

k : Perméabilité
ABS: Absorption (eau sous pression)

ESSAIS DE LABORATOIRE:

Ip : Indice de plasticité
Wi : Limite liquide
Wp: Limite plastique

SD: Sédimentométrie
G : Analyse granulométrique

A : Limites d'Atterberg
w : Teneur en eau
y : Poids volumique

C : Consolidation
CS : Cône suédois
AC : Analyse chimique

RAPPORT DE FORAGE

FORAGE No: F-01

CLIENT: COMMISSION DE LA SANTÉ ET DE LA SÉCURITÉ AU TRAVAIL (CSST MONTRÉAL-1)		COORDONNÉES GÉODÉSIQUES (MTM, NAD-83) (m)		▼ - NIVEAU D'EAU	
PROJET: ÉTUDE GÉOTECHNIQUE		X: 287658.2 Y: 5034191.8 Z: 28.80		Date: 2012-04-16 Profondeur (m):	
LOCALISATION: 895, 54 ^e AVENUE, LACHINE, QUÉBEC		VÉRIFIÉ PAR:		Plan de localisation:	
Type de forage: Tarière Calibre du carottier: Type de marteau: Automatique Rapport d'énergie: Date (début): 2012-04-11 Date (fin): 2012-04-11		TYPE ÉCHANTILLON CF(E) - Cuillère fendue (Environnement) CR(E) - Carottier diamanté TA(E) - Tarière TEE - Tube Échantillonnage Environnement TM - Tube à paroi mince VR(E) - Vrac		ÉTAT ÉCHANTILLON ☒ Remanié ☒ Intact ☐ Forage au diamant ☐ Perdu	
ESSAIS RÉALISÉS		AG: analyse granulométrique AC: analyse chimique W _L : limite liquide W _p : limite plastique w: teneur en eau C _u : cisaillement non drainé S _T : sensibilité Dup: éch. duplicata prélevé			
COUPE STRATIGRAPHIQUE				ÉCHANTILLON	
Profondeur (m)	Élévation (m)	Symbole	Stratigraphie	État	Type et Numéro
0,0	28.80		Surface du sol		
0.07	28.73		Revêtement bitumineux		
0.34	28.46		Remblai: Pierre concassée 20-0mm, gris-noir, humide, lâche		CF-1 14
1.0	0.89		Sable et silt, traces de gravier, brun, humide, compact		CF-2 20 AG w
			Dépôt naturel et/ou dépôt naturel remanié (remblai): Gravier sableux, un peu de silt, brun, légèrement humide, compact, présence de traces de cailloux et de blocs		CF-3 31 AG w
2.0					CF-4 63
2.54	26.26		Refus de tarière sur roc probable Fin du forage		
10 20 30 40 50 60 70 80 90 N ou RQD ○ Teneur en eau (%) △ C_u (Terrain, kPa) — Limites d'Atterberg (%) □ C_u (Lab, kPa) ● Indice "N" standard ▲ Indice "N_c" dynamique					
4 11 15 R 2-2-2-2 4-4-7-32 6-8-7-32 14-12-13-50/3cm					
10 20 30 40 50 60 70 80 90 Niveau d'eau SEC					

Voir la note explicative ci-jointe pour la liste complète des symboles et abréviations

RAPPORT DE FORAGE

FORAGE No:

F-02

CLIENT: COMMISSION DE LA SANTÉ ET DE LA SÉCURITÉ AU TRAVAIL
(CSST MONTRÉAL-1)
PROJET: ÉTUDE GÉOTECHNIQUE

COORDONNÉES GÉODÉSIQUES
(MTM, NAD-83) (m)

▼ - NIVEAU D'EAU

Date : 2012-04-16

Profondeur (m) :

LOCALISATION: 895, 54e AVENUE, LACHINE, QUÉBEC

X : 287651.3

Y : 5034189.8

Z : 28.83

Plan de localisation :

DÉCRIT PAR: VÉRIFIÉ PAR:

Type de forage : Tarière
Calibre du carottier :
Type de marteau : Automatique
Rapport d'énergie :
Date (début) : 2012-04-11
Date (fin) : 2012-04-11

TYPE ÉCHANTILLON
CF(E) - Cuillère fendue (Environnement)
CR(E) - Carottier diamanté
TA(E) - Tarière
TEE - Tube Échantillonnage
Environnement
TM - Tube à paroi mince
VR(E) - Vrac

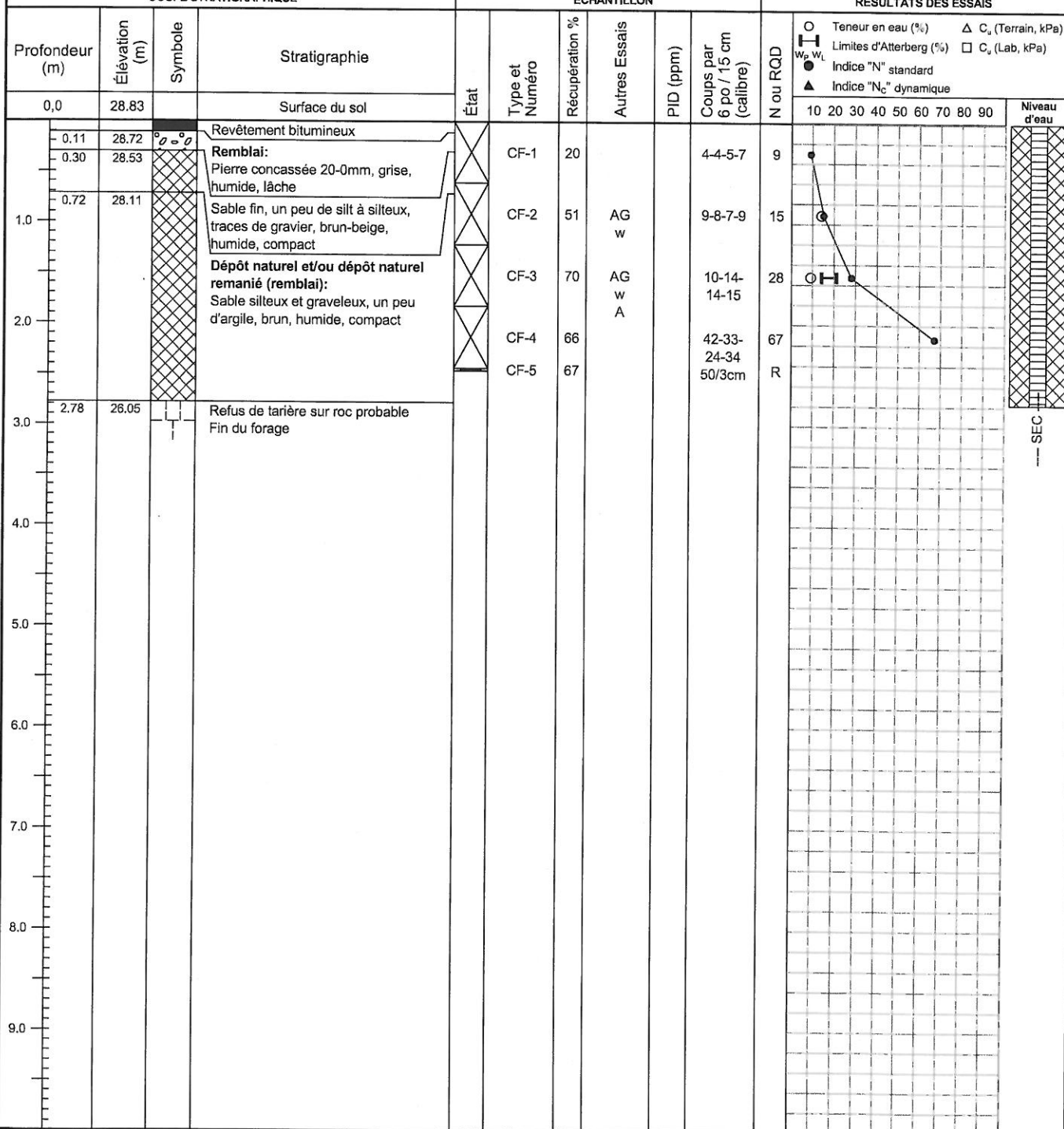
ÉTAT ÉCHANTILLON
☒ Remanié
☒ Intact
☐ Forage
au diamant
☐ Perdu

ESSAIS RÉALISÉS
AG: analyse granulométrique
AC: analyse chimique
W_L: limite liquide
W_p: limite plastique
w: teneur en eau
C_u: cisaillement non drainé
S_r: sensibilité
Dup: éch. duplicata prélevé

COUPE STRATIGRAPHIQUE

ÉCHANTILLON

RÉSULTATS DES ESSAIS



RAPPORT DE FORAGE

FORAGE No: F-03

CLIENT: COMMISSION DE LA SANTE ET DE LA SECURITE AU TRAVAIL (CSST MONTRÉAL-1)		COORDONNÉES GÉODÉSIQUES (MTM, NAD-83) (m)		▼ - NIVEAU D'EAU								
PROJET: ÉTUDE GÉOTECHNIQUE		X : 287653.1 Y : 5034187.3 Z : 28.86		Date : Profondeur (m) :								
LOCALISATION: 895, 54e AVENUE, LACHINE, QUÉBEC		DÉCRIT PAR: VÉRIFIÉ PAR:		Plan de localisation :								
Type de forage : Tarière Calibre du carottier : Type de marteau : Automatique Rapport d'énergie : Date (début) : 2012-04-11 Date (fin) : 2012-04-11		TYPE ÉCHANTILLON CF(E) - Cuillère fendue (Environnement) CR(E) - Carottier diamanté TA(E) - Tarière TEE - Tube Échantillonnage Environnement TM - Tube à paroi mince VR(E) - Vrac		ÉTAT ÉCHANTILLON ☒ Remanié ☒ Intact ☐ Forage au diamant ☐ Perdu								
COUPE STRATIGRAPHIQUE		ÉCHANTILLON		RÉSULTATS DES ESSAIS								
Profondeur (m)	Élévation (m)	Symbole	Stratigraphie	État	Type et Numéro	Récupération %	Autres Essais	PID (ppm)	Coups par 6 po / 15 cm (calibre)	N ou RQD	☐ Teneur en eau (%) ☐ Limites d'Atterberg (%) ☐ Indice "N" standard ☐ Indice "N _c " dynamique	☐ C _u (Terrain, kPa) ☐ C _u (Lab, kPa)
0,0	28.86		Surface du sol								10 20 30 40 50 60 70 80 90	Niveau d'eau
0.07	28.79		Revêtement bitumineux									
0.40	28.46		Remblai: Pierre concassée 20-0mm, grise, légèrement humide, compacte		CF-1	39			4-8-6-3	14		
1.0			Sable silteux, un peu d'argile, traces de gravier, brun, présence d'un horizon de sable grossier, lâche à compact		CF-2	70	AG w A		2-3-4-6	7		
1.60	27.26		Dépôt naturel et/ou dépôt naturel remanié (remblai): Gravier et sable, un peu de silt, brun à gris, légèrement humide, dense, traces de cailloux et de blocs		CF-3	74			5-8-13-13	21		
2.0					CF-4	84	AG w		44-57-43-40	100		
3.0	3.00		Socle rocheux: Calcaire gris		CF-5	65			18-50/5cm	R		
3.63	25.23		Refus de tarière Fin du forage		CF-6	50			50/10cm	R		

Voir la note explicative ci-jointe pour la liste complète des symboles et abréviations

Annexe IV

- ♦ Résultats des essais de laboratoire

ANALYSE DES SOLS ET DES GRANULATS

CLIENT : Commission de la santé et de la sécurité du travail (CSST Montréal-1)	PLANCHE NO : 1
PROJET : 895, 54 ième Avenue Lachine, Montréal, Québec	PROJET NO : ÉCHANTILLON NO F1 CF2
	DATE : 12-04-16
Description du matériau: <u>Sable et silt, traces de gravier.</u>	
Provenance: _____	Localisation du prélèvement: _____
Usage proposé: _____	Prélevé par: _____
	Date de prélèvement: _____

[illegible][illegible]

Remarques: _____

Préparé par: _____ Vérifié par: _____

ANALYSE DES SOLS ET DES GRANULATS

CLIENT: Commission de la santé et de la sécurité du travail (CSST Montréal-1) PROJET : 895, 54 ième Avenue Lachine, Montréal, Québec	PLANCHE NO: 2 PROJET NO: ÉCHANTILLON NO F1 CF3 DATE: 12-04-16
Description du matériau: Gravier sableux, un peu de silt, traces d'argile.	
Localisation du prélèvement: _____	
Provenance: _____	
Usage proposé: _____	
Prélevé par: _____	
Date de prélèvement: _____	

GRANULOMÉTRIE (% PASSANT) (LC 21-040)																
Tamis	112 mm	80 mm	56 mm	40 mm	31.5 mm	28 mm	20 mm	14 mm	10 mm	5 mm	2.5 mm	1.25 mm	630 µm	315 µm	160 µm	80 µm
Résultats cumulatifs	100	100	100	100	100	84	84	76	68	60	51	44	39	34	29	25
Résultats individuels																
Exigences	min.															
	max.															

AUTRES ESSAIS	Résultats	Exigences	ESSAI PROCTOR (NQ 2501-255, méthode)	Résultats
		min. max.	Masse volumique sèche maximale	0 (kg/m³)
Teneur en eau (NQ 2501-170) (%)	6		Humidité optimale	0.0 (%)
			COURBE GRANULOMÉTRIQUE DIMENSION DES PARTICULES, mm POURCENTAGE PASSANT	

Remarques: _____	
Préparé par: _____	Vérifié par: _____

ANALYSE DES SOLS ET DES GRANULATS

CLIENT:	Comission de la santé et de la sécurité du travail (CSST Montréal-1)	PLANCHE NO:	3
PROJET :	895, 54 ième Avenue Lachine, Montréal, Québec	PROJET NO:	
		ÉCHANTILLON NO	F2 CF2
		DATE:	12-04-16
Description du matériau: Sable silteux, graveleux.		Localisation du prélèvement:	
Provenance:			
Usage proposé:		Prélevé par:	
		Date de prélèvement:	

GRANULOMÉTRIE (% PASSANT) (LC 21-040)																
Tamis	112 mm	80 mm	56 mm	40 mm	31.5 mm	28 mm	20 mm	14 mm	10 mm	5 mm	2.5 mm	1.25 mm	630 µm	315 µm	160 µm	80 µm
Résultats cumulatifs	100	100	100	100	87	87	83	82	80	78	76	74	72	69	65	34
Résultats individuels																
Exigences	min.															
	max.															

AUTRES ESSAIS	Résultats	Exigences		ESSAI PROCTOR (NQ 2501-255, méthode)	Résultats
		min.	max.		
Teneur en eau (NQ 2501-170) (%)	14			Masse volumique sèche maximale	0 (kg/m ³)
				Humidité optimale	0.0 (%)
				COURBE GRANULOMÉTRIQUE	

Remarques:	
Préparé par:	Vérifié par:

ANALYSE DES SOLS ET DES GRANULATS

CLIENT: Commission de la santé et de la sécurité du travail (CSST Montréal-1)	PLANCHE NO: 4
PROJET : 895, 54 ième Avenue Lachine, Montréal, Québec	PROJET NO:
	ÉCHANTILLON NO F2 CF3
	DATE: 12-04-16

Description du matériau: Sable silteux, un peu de gravier, un peu d'argile (SC).	Localisation du prélèvement:
Provenance:	
Usage proposé:	Prélevé par:
	Date de prélèvement:

GRANULOMÉTRIE (% PASSANT) (LC 21-040)																
Tamis	112 mm	80 mm	56 mm	40 mm	31.5 mm	28 mm	20 mm	14 mm	10 mm	5 mm	2.5 mm	1.25 mm	630 µm	315 µm	160 µm	80 µm
Résultats cumulatifs	100	100	100	100	100	100	100	93	87	80	74	68	63	57	51	43
Résultats individuels																
Exigences	min.															
	max.															

AUTRES ESSAIS	Résultats	Exigences	ESSAI PROCTOR (NQ 2501-255, méthode)	Résultats
		min. max.	Masse volumique sèche maximale	0 (kg/m ³)
Teneur en eau (NQ 2501-170) (%)	9		Humidité optimale	0.0 (%)
Limite de liquidité (NQ 2501-092)	21		COURBE GRANULOMÉTRIQUE	
Limite de plasticité (NQ 2501-092)	14			
Indice de plasticité (NQ 2501-092)	7			

Remarques:
Préparé par:
Vérifié par:

ANALYSE DES SOLS ET DES GRANULATS

CLIENT:	Comission de la santé et de la sécurité du travail (CSST Montréal-1)	PLANCHE NO:	5
PROJET :	895, 54 ième Avenue Lachine, Montréal, Québec	PROJET NO:	
		ÉCHANTILLON NO	F3 CF2
		DATE:	12-04-16
Description du matériau:		Localisation du prélèvement:	
Sable silteux, un peu d'argile, traces de gravier (SC).			
Provenance:			
Usage proposé:			
	Prélevé par:		
	Date de prélèvement:		

GRANULOMÉTRIE (% PASSANT) (LC 21-040)																	
Tamis	112 mm	80 mm	56 mm	40 mm	31.5 mm	28 mm	20 mm	14 mm	10 mm	5 mm	2.5 mm	1.25 mm	630 µm	315 µm	160 µm	80 µm	
Résultats cumulatifs	100	100	100	100	100	100	100	100	97	91	85	80	74	69	63	43	
Résultats individuels																	
Exigences	min.																
	max.																

AUTRES ESSAIS	Résultats	Exigences		ESSAI PROCTOR (NQ 2501-255, méthode)		Résultats	
		min.	max.				
Teneur en eau (NQ 2501-170) (%)	14			Masse volumique sèche maximale		0	(kg/m ³)
Limite de liquidité (NQ 2501-092)	29			Humidité optimale		0.0	(%)
Limite de plasticité (NQ 2501-092)	16			COURBE GRANULOMÉTRIQUE			
Indice de plasticité (NQ 2501-092)	13						

Remarques:	
Préparé par:	Vérifié par:

ANALYSE DES SOLS ET DES GRANULATS

CLIENT:	Comission de la santé et de la sécurité du travail (CSST Montréal-1)	PLANCHE NO:	6
PROJET :	895, 54 ième Avenue Lachine, Montréal, Québec	PROJET NO:	
		ÉCHANTILLON NO	F3 CF4
		DATE:	12-04-16
Description du matériau: Gravier et sable, un peu de sil		Localisation du prélèvement:	
Provenance:			
Usage proposé:		Prélevé par:	
		Date de prélèvement:	

GRANULOMÉTRIE (% PASSANT) (LC 21-040)																
Tamis	112 mm	80 mm	56 mm	40 mm	31.5 mm	28 mm	20 mm	14 mm	10 mm	5 mm	2.5 mm	1.25 mm	630 µm	315 µm	160 µm	80 µm
Résultats cumulatifs	100	100	100	100	100	100	91	81	70	52	39	30	24	19	16	13
Résultats individuels																
Exigences	min.															
	max.															

AUTRES ESSAIS	Résultats	Exigences		ESSAI PROCTOR (NQ 2501-255, méthode)		Résultats
		min.	max.			
Teneur en eau (NQ 2501-170) (%)	3			Masse volumique sèche maximale		0 (kg/m³)
				Humidité optimale		0.0 (%)
				COURBE GRANULOMÉTRIQUE DIMENSION DES PARTICULES, mm POURCENTAGE PASSANT		

Remarques:	
Préparé par:	Vérifié par:

Annexe V

- ◆ Dossier photographique

CSST

RAPPORT D'EXPERTISE

RUPTURE DE LA PAROI D'UNE TRANCHÉE TEMPORAIRE

895, 54^e Avenue, arrondissement Lachine, Montréal, Québec



PHOTO 1 : Vue de la tranchée à partir du coin sud-est (photo prise par le 10 avril 2012).



PHOTO 2 : Vue de la tranchée à partir du coin nord-est (photo prise par le 10 avril 2012).

CSST

RAPPORT D'EXPERTISE

RUPTURE DE LA PAROI D'UNE TRANCHÉE TEMPORAIRE

895, 54^e Avenue, arrondissement Lachine, Montréal, Québec



PHOTO 3 : Intérieur de la tranchée. (photo prise par le 10 avril 2012)



PHOTO 3A : Intérieur de la tranchée. (photo prise par le 11 avril, après enlèvement du déblai)

CSST

RAPPORT D'EXPERTISE

RUPTURE DE LA PAROI D'UNE TRANCHÉE TEMPORAIRE

895, 54^e Avenue. arrondissement Lachine, Montréal, Québec



PHOTO 4 : Déblais de matériau MG-20 entreposés au sud de la tranchée. Le premier tas (le plus rapproché) a été extrait de la tranchée. Le second tas (le plus éloigné) a été livré au chantier le 3 avril 2012. (photo prise par le 10 avril 2012)



PHOTO 5 : Déblais extraits de la tranchée (entreposés au nord de la tranchée). (photo prise par le 10 avril 2012)

Annexe VI

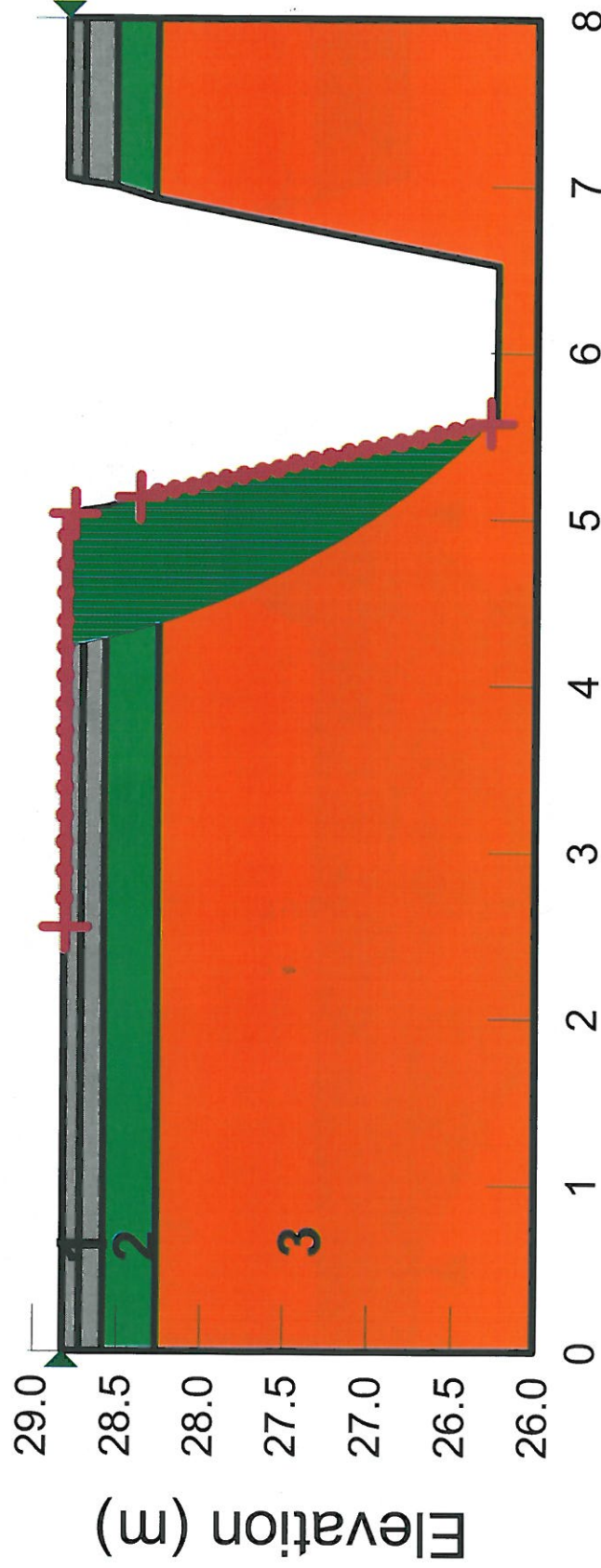
- ◆ Résultats des analyses de stabilité

Analyse de stabilité

Parois sub-verticales - ($\pm 80^\circ$ /horizontale)
 Aucune surcharge en crête

Couche n°	Description	Poids volumique total γ (kN/m ³)	Angle de frottement ϕ' (°)	Cohésion effective c' (kPa)
1	Remblai granulaire (MG-20 compacté)	21	45	0
2	Sable silteux (SC)	19	34	4
3	Remblai / dépôt naturel	19	36	5

FS = 1,00



Distance horizontale (m)

Projet : Expertise géotechnique - Rupture de la paroi d'une tranchée temporaire
 Site : 895, 54e avenue, Lachine, Montréal (Québec)
 Client : CSST
 Date : 7-05-2012

Projet (No) :

Figure (No): 6-1

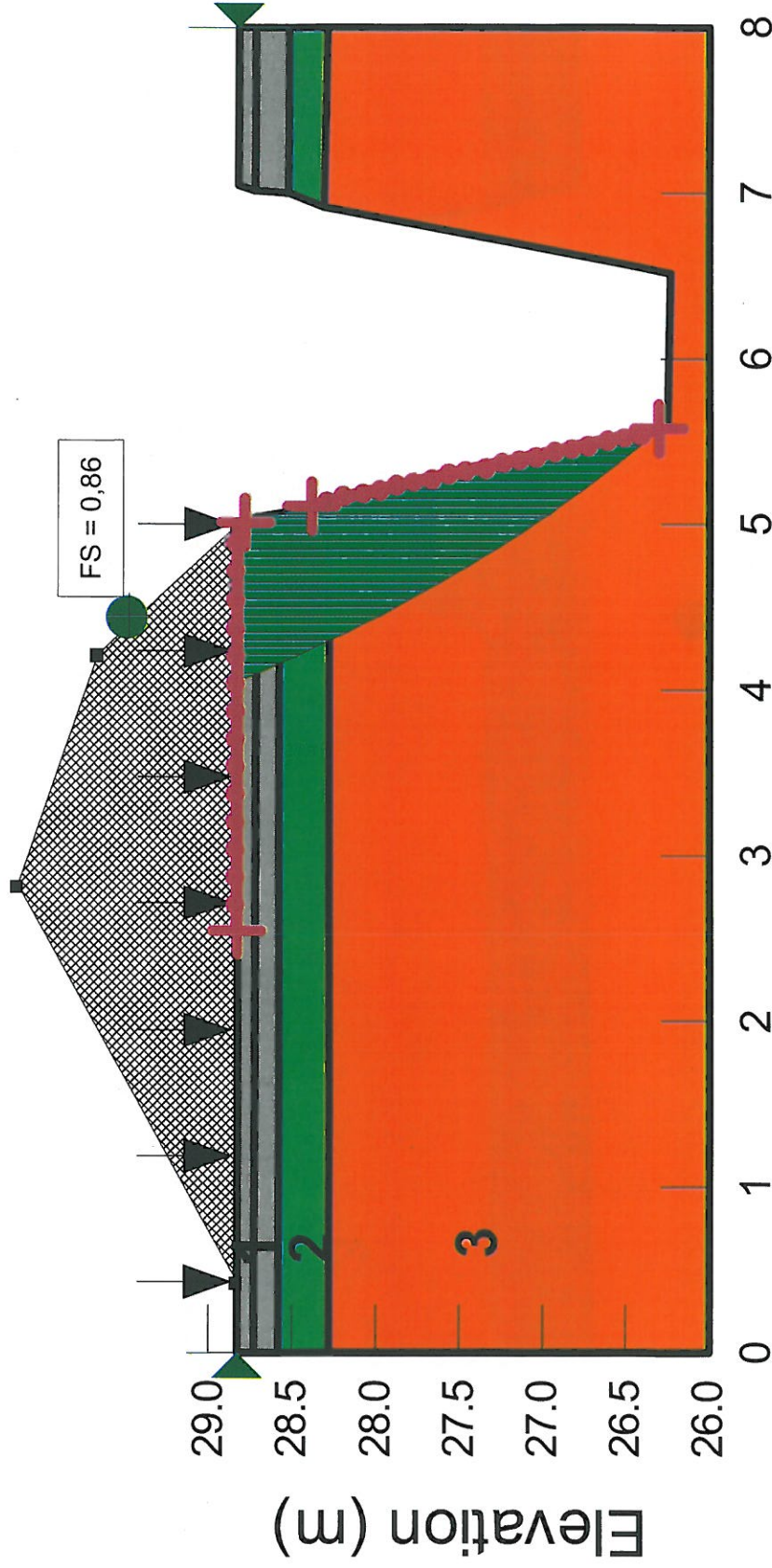
Analyse de stabilité

Parois sub-verticales - ($\pm 80^\circ$ /horizontale)

Surcharge en crête sans marge de recul

Couche n°	Description	Poids volumique total γ (kN/m ³)	Angle de frottement ϕ' (°)	Cohésion effective c' (kPa)
1	Remblai granulaire (MG-20 compacté)	21	45	0
2	Sable silteux (SC)	19	34	4
3	Remblai / dépôt naturel	19	36	5

Surcharge 19 kN/m3 (Déblais)



Distance horizontale (m)

Projet : Expertise géotechnique - Rupture de la paroi d'une tranchée temporaire

Site : 895, 54e avenue, Lachine, Montréal (Québec)

Client : CSST

Date : 7-05-2012

Projet (No) :

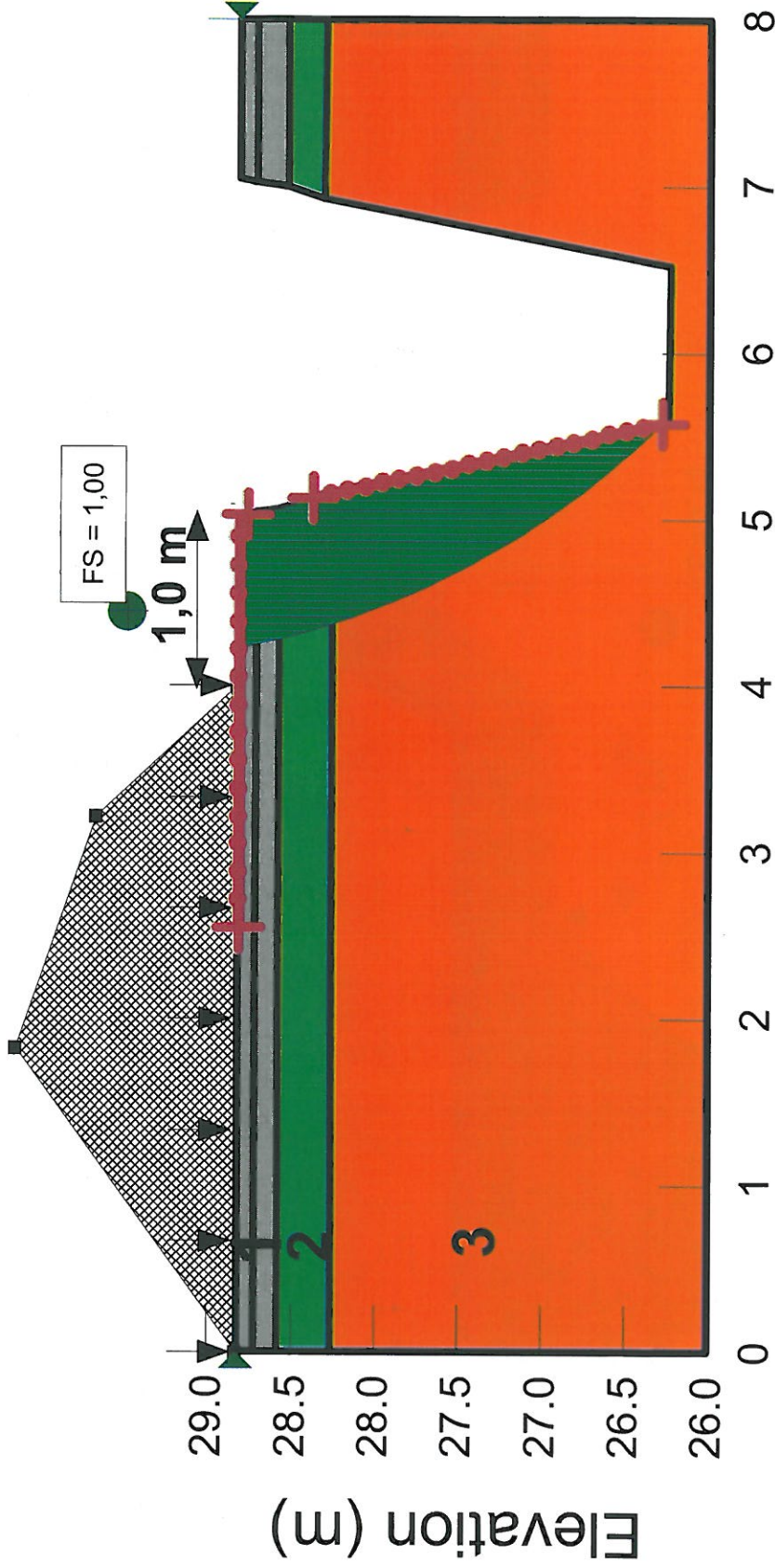
Figure (No) : 6-2

Analyse de stabilité

Parois sub-verticales - ($\pm 80^\circ$ /horizontale)
 Surcharge en crête marge de recul 1,0 m

Couche n°	Description	Poids volumique total γ (kN/m ³)	Angle de frottement ϕ' (°)	Cohésion effective c' (kPa)
1	Remblai granulaire (MG-20 compacté)	21	45	0
2	Sable silteux (SC)	19	34	4
3	Remblai / dépôt naturel	19	36	5

Surcharge 19 kN/m³ (Déblais)



Distance horizontale (m)

Projet: Expertise géotechnique - Rupture de la paroi d'une tranchée temporaire
 Site : 895, 54e avenue, Lachine, Montréal (Québec)
 Client: CSST
 Date : 7-05-2012

Projet (No) :

Figure (No): 6-3

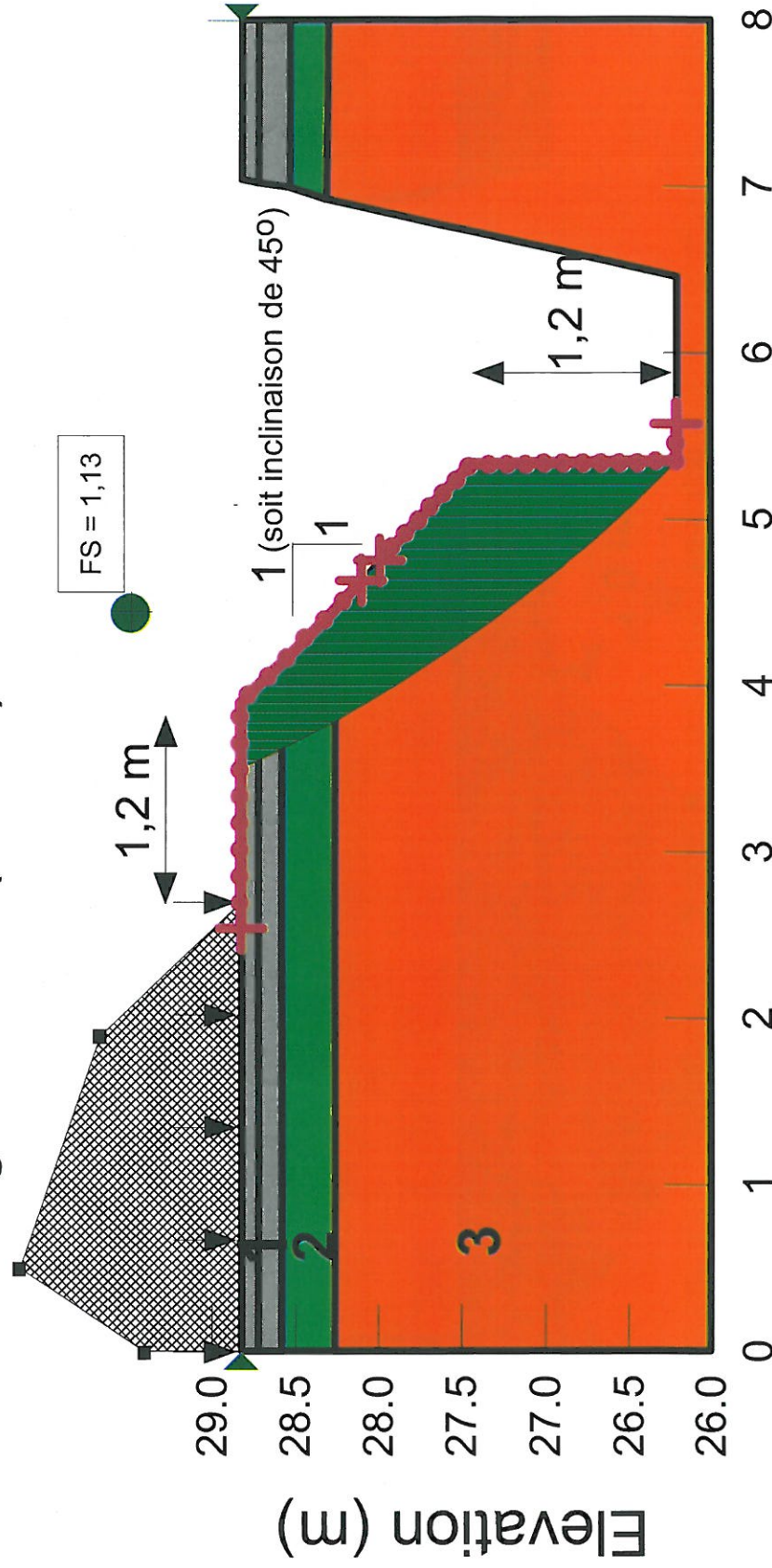
Analyse de stabilité

Configuration selon art. 3.15.3.2

Code de sécurité pour travaux de construction
(voir rapport pour détails)

Couche n ^o	Description	Poids volumique total γ (kN/m ³)	Angle de frottement ϕ' (°)	Cohésion effective c' (kPa)
1	Remblai granulaire (MG-20 compacté)	21	45	0
2	Sable silteux (SC)	19	34	4
3	Remblai / dépôt naturel	19	36	5

Surcharge 19 kN/m³ (Déblais)



Distance horizontale (m)

Projet : Expertise géotechnique - Rupture de la paroi d'une tranchée temporaire

Site : 895, 54e avenue, Lachine, Montréal (Québec)

Client : CSST

Date : 7-05-2012

Projet (No) :

Figure (No): 6-4

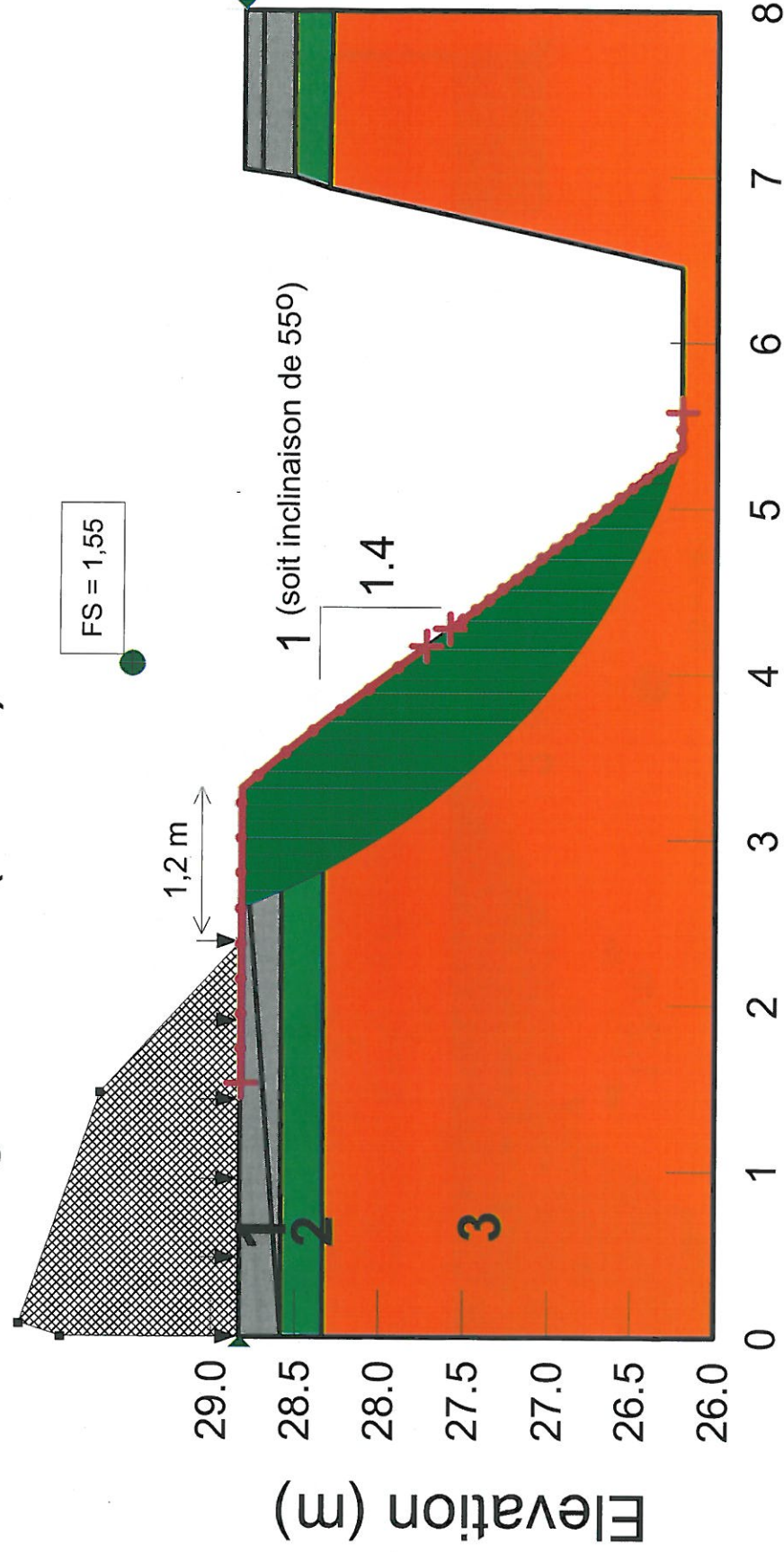
Analyse de stabilité

Paroi à 1,4V:1H ($\pm 55^\circ$ /horizontale)

Déblais à 1,2 m

Couche n°	Description	Poids volumique total γ (kN/m ³)	Angle de frottement ϕ' (°)	Cohésion effective c' (kPa)
1	Remblai granulaire (MG-20 compacté)	21	45	0
2	Sable silteux (SC)	19	34	4
3	Remblai / dépôt naturel	19	36	5

Surcharge 19 kN/m3 (Déblais)



Distance horizontale (m)

Projet: Expertise géotechnique - Rupture de la paroi d'une tranchée temporaire

Site : 895, 54e avenue, Lachine, Montréal (Québec)

Cliant: CSST

Date : 7-05-2012

Projet (No) :

Figure (No): 6-5

Analyse de stabilité

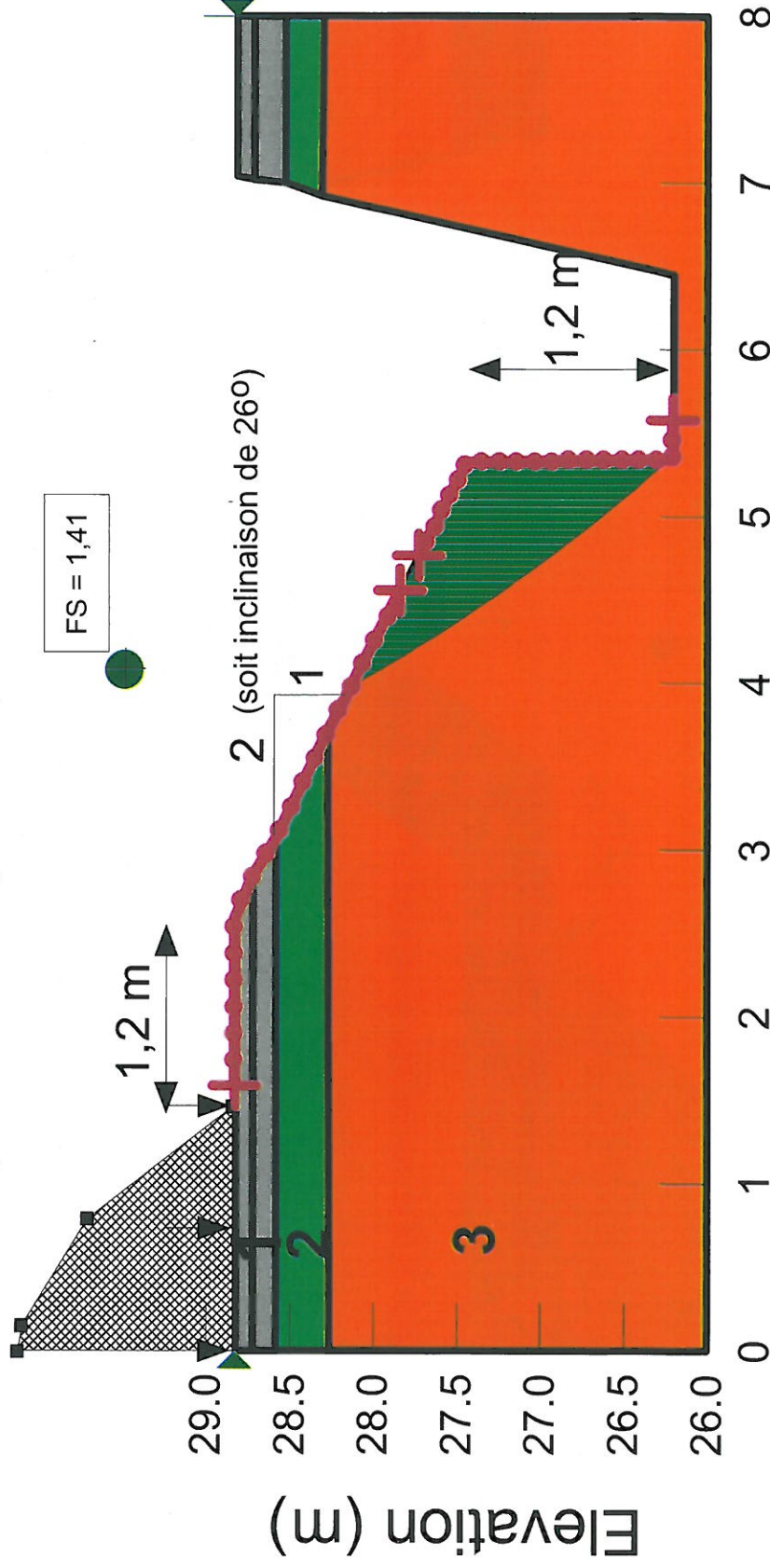
Paroi supérieure à 2H:1V ($\pm 26^\circ$ /horizontale)

Partie verticale de 1,2 m de hauteur

Déblais à 1,2 m

Couche n°	Description	Poids volumique total γ (kN/m ³)	Angle de frottement ϕ' (°)	Cohésion effective c' (kPa)
1	Remblai granulaire (MG-20 compacté)	21	45	0
2	Sable silteux (SC)	19	34	4
3	Remblai / dépôt naturel	19	36	5

Surcharge 19 kN/m³ (Déblais)



Distance horizontale (m)

Projet : Expertise géotechnique - Rupture de la paroi d'une tranchée temporaire

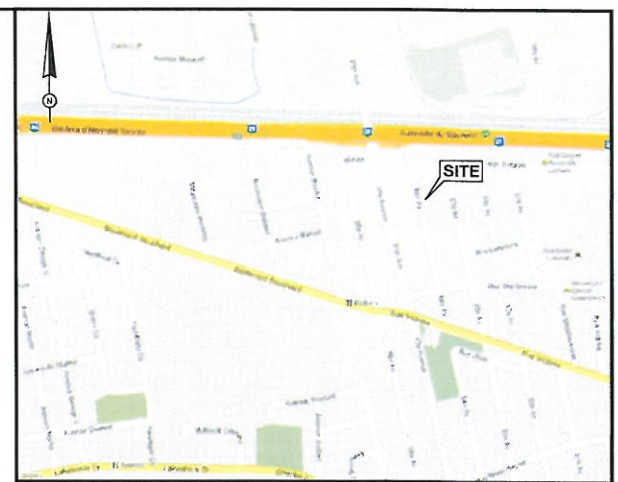
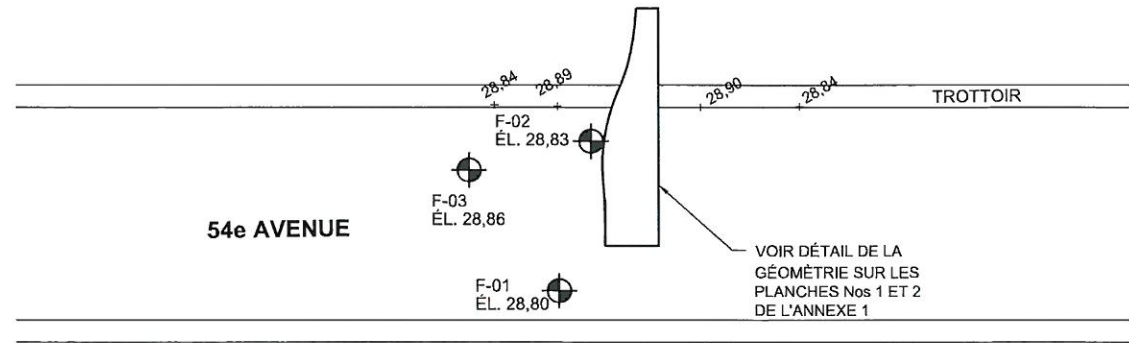
Site : 895, 54e avenue, Lachine, Montréal (Québec)

Client : CSST

Date : 17-05-2012

Projet (No) :

Figure (No): 6-6



PLAN CLÉ

LÉGENDE

- F-1 ÉL. 28,80 FORAGE, NUMÉRO ET ÉLEVATION DE LA SURFACE DU SOL (m)
- +28,84 ÉLEVATION DE LA SURFACE DU SOL (m)
- BÂTIMENT EXISTANT

NOTE:
TOUTES LES INFORMATIONS RELATIVES AUX
CONDITIONS DU SITE SONT APPROXIMATIVES.

ÉCHELLE GRAPHIQUE:



REPÈRE DE NIVELLEMENT:
RTCM-REF 3164 (ANTENNE DU GPS)
ÉL. 45,127m (GÉODÉSIQUE)

COMMISSION DE LA SANTÉ ET DE LA SÉCURITÉ AU TRAVAIL
(CSST MONTRÉAL-1)
ÉTUDE GÉOTECHNIQUE
895, 54eme AVENUE, LACHINE, QUÉBEC

LOCALISATION DES SONDAGES

DESSINÉ PAR:	ÉCHELLE: 1 : 250	RÉFÉRENCE NO.:
VÉRIFIÉ PAR:	DATE: AVRIL 2012	DESSIN NO.: