

V/Réf. : EE520-170399
N/Réf. : F1626050-002

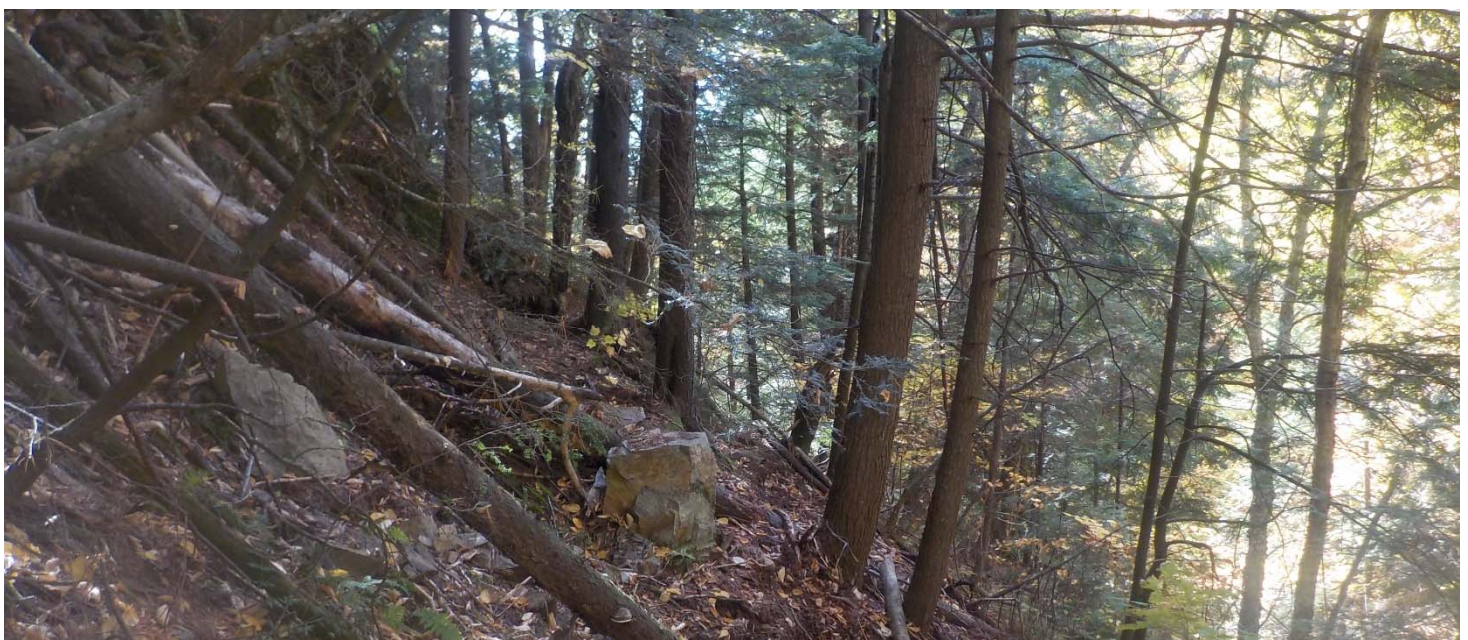


Étude géotechnique

TRAVAUX PUBLICS
ET SERVICES GOUVERNEMENTAUX CANADA
**Sentier des chutes – Réserve nationale de faune
du Cap-Tourmente**

► JANVIER 2017

RAPPORT FINAL



Étude géotechnique

Sentier des chutes - Réserve nationale de faune du Cap-Tourmente

Présenté à :

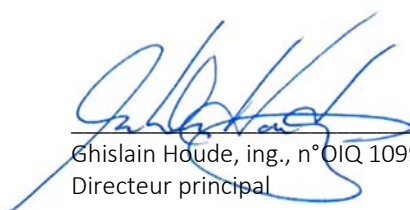
Monsieur Marcel Thum, ing.
Gestionnaire de projets - Équipe de service à la clientèle Patrimoine
TRAVAUX PUBLICS ET SERVICES GOUVERNEMENTAUX CANADA
3, Passage du Chien d'Or
Québec (QUÉBEC) G1R 3Z8

Préparé par :



Pascal Bouchard, ing., n°OIQ 5017762
Chef de service – Géotechnique

Approuvé par :



Ghislain Houde, ing., n°OIQ 109938
Directeur principal

V/Réf. : EE520-170399

N/Réf. : F1626050-002

Date : Janvier 2017

Table des matières

1	Introduction	1
1.1	Mandat et portée de l'étude	1
1.2	Localisation du site.....	1
1.3	Description du projet	2
2	Travaux réalisés.....	3
2.1	Travaux en chantier	3
2.1.1	Implantation, localisation et nivellement	3
2.1.2	Forages et échantillonnage.....	3
2.2	Travaux en laboratoire.....	4
2.2.1	Essais géotechniques	4
3	Résultats	6
3.1	Nature et propriété du roc	6
4	Conclusions et recommandations	7
4.1	Résumé du projet et des conditions du site	7
4.2	Stabilité des ouvrages	7
4.2.1	Rupture du tendon d'acier.....	8
4.2.2	Rupture du scellement au niveau du contact tendon-coulis	8
4.2.3	Rupture du scellement au niveau du contact roc-coulis	8
4.2.4	Rupture du massif rocheux.....	8
4.3	Paramètres de conception.....	9
4.4	Suivi de construction.....	9
5	Personnel.....	10
6	Limitations	10

Annexes

Annexe A: Localisation du site à l'étude / Localisation des forages

Annexe B: Rapports de forages

Annexe C: Rapports d'analyse en laboratoire

Annexe D : Photographies des échantillons de roc

Figures

Figure 1 Géologie du secteur à l'étude (tirée de SIGEOM, 2016).....2

Figure 2 Réalisation d'un des forages horizontaux (TF-03-16)4

Tableaux

Tableau 1 Essais en laboratoire.....4

Tableau 2 Synthèse de la stratigraphie6

Tableau 3 Résultats des analyses en laboratoire sur le roc6

1 Introduction

1.1 Mandat et portée de l'étude

Les services de **Labo S.M. inc.** ont été retenus par **Travaux publics et Services gouvernementaux Canada (TPSGC)**, afin d'effectuer une étude géotechnique dans le cadre du projet de construction de nouveaux aménagements récréotouristiques à la Réserve nationale de faune du Cap-Tourmente, laquelle est située à Saint-Joachim.

L'objectif de l'étude géotechnique consistait à déterminer la nature et les propriétés du roc en place, et ce, dans la mesure où ces caractéristiques affectent la conception et la construction des aménagements projetés.

Ce rapport présente une description du site et du projet, la méthodologie utilisée lors des travaux de chantier et en laboratoire, les résultats obtenus, de même que nos conclusions et nos recommandations concernant :

- > Le choix du type d'ancrages à considérer
- > Les paramètres de conception des ancrages (résistance du roc, angle du cône de rupture, contrainte d'adhérence)
- > La supervision durant la construction.

1.2 Localisation du site

Le terrain à l'étude est situé à l'intérieur des limites de la Réserve nationale de faune du Cap-Tourmente, laquelle est localisée à Saint-Joachim. Le secteur des travaux, lequel correspond à une falaise plus ou moins escarpée située en bordure de chutes, est accessible via un ancien sentier réaménagé qui rejoint les sentiers pédestres existants.

Le secteur des travaux est donc constitué du palier supérieur de la falaise, d'un palier intermédiaire situé à environ 23 m en contrebas, puis d'un palier inférieur situé encore 13 m plus bas. Dans tous les cas, les zones de travail sont boisées et présentent des surfaces inégales. Il est à noter que le roc est généralement affleurant dans le secteur à l'étude, ou recouvert d'un mince couvert végétal.

Sur la base des cartes géologiques consultées via le **système d'information géominière du Québec (SIGÉOM)** du ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles du Québec, plusieurs unités géologiques distinctes sont susceptibles d'être interceptées dans le secteur du projet. La figure suivante, laquelle est tirée de **SIGÉOM**, illustre la répartition des différentes unités géologiques, lesquelles se définissent comme suit :

1. Dépôts quaternaires constitués de sable, gravier, silt, till
2. Migmatite charnockitique et roches associées du *Complexe charnockitique de Charlevoix*
3. Shale calcaireux d'*Utica*
4. Micrite fossilifère de la *Formation de Deschambault*
5. Grès et conglomérat du *Groupe de Trenton*
6. Shale avec lamines gréseuses de la *Formation de Lotbinière*.

De plus, on remarque que le site est recoupé par plusieurs failles régionales (traits en gras) orientées principalement *est-ouest*, ou encore *nord-est/sud-ouest*.

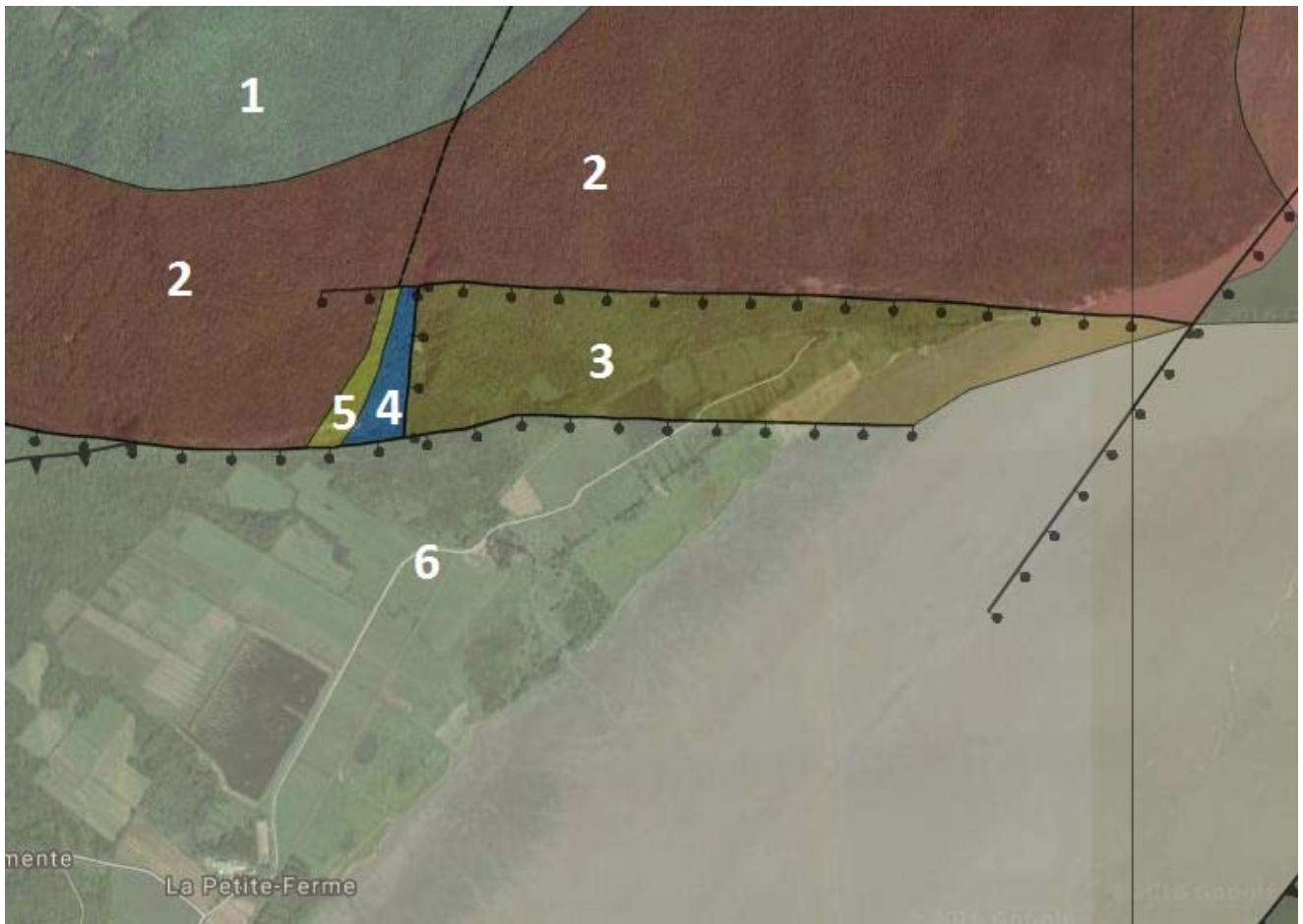


Figure 1 Géologie du secteur à l'étude (tirée de SIGEOM, 2016)

1.3 Description du projet

Selon les informations fournies par le client, le projet consiste en l'aménagement d'un nouveau sentier pédestre, de belvédères et d'escaliers dans un secteur de la Réserve nationale de faune du Cap-Tourmente actuellement non accessible aux visiteurs. Compte tenu de la topographie du site dans le secteur à l'étude, les ouvrages projetés (belvédères et escaliers) devront être ancrés dans le socle rocheux pour en assurer la stabilité. Au moment d'écrire le rapport final, une vue d'ensemble des aménagements projetés nous avait été fournie par **TPSGC** en format CAD.

2 Travaux réalisés

2.1 Travaux en chantier

Les travaux d'investigation sur le terrain ont été effectués entre le 3 et le 12 octobre 2016. Ils ont consisté en la réalisation :

- > De trois (3) forages avec échantillonnage du roc, identifiés TF-01-16 à TF-03-16, et situés respectivement sur les paliers supérieur, intermédiaire et inférieur du site à l'étude.

Tous les travaux de terrain ont été réalisés sous la supervision constante d'un technicien expérimenté. Les renseignements recueillis sont présentés dans les rapports de forages inclus à l'annexe B.

2.1.1 Implantation, localisation et nivellement

L'implantation des points de forages sur le terrain a été réalisée par le personnel de **Labo S.M. inc.** en fonction des indications du personnel d'**Environnement Canada** et des contraintes sur le site. En effet, pour les besoins des forages, une surface de roc plane et facilement accessible était nécessaire afin d'ancrer les équipements.

Aucun relevé de localisation et de nivellement n'a été effectué par nos services pour ce projet. Toutefois, les positions des forages TF-01-16 et TF-02-16 ont été relevées par l'arpenteur mandaté par **TPSGC** et nous ont été fournies sur un plan CAD. Dans le cas du forage TF-03-16, celui-ci n'a pas été relevé. Il a donc été positionné de façon approximative sur le plan fourni. Dans tous les cas, les élévations des points de forages ont été interpolées à partir des courbes de niveau indiquées sur le plan.

La localisation des forages réalisés est présentée sur la figure jointe à l'annexe A.

2.1.2 Forages et échantillonnage

Les forages ont été effectués à l'aide de carotteuses électriques de marques WEKA DK-32 et CARDI T9-475, en utilisant des tubages de calibre « BW » de 73 mm de diamètre extérieur et de 60 mm de diamètre intérieur enfoncés par lavage et rotation. Les forages ont atteint une profondeur variant entre 2,1 m et 7,2 m. Il est à noter que le forage TF-01-16 a été réalisé verticalement, alors que les forages TF-02-16 et TF-03-16 ont été réalisés horizontalement.

Le socle rocheux et les blocs ont été échantillonnés à l'aide d'un carottier à double parois de calibre « BQ » ayant un diamètre du trou de 60,0 mm et un diamètre des carottes de 36,5 mm; d'un carottier à simple parois de calibre « BX » ayant un diamètre du trou de 60,0 mm et un diamètre des carottes de 42,0 mm; de même qu'avec des carottiers à paroi mince de diamètre de 75 mm et 100 mm. La mesure de l'indice de qualité du roc (RQD) a été effectuée directement au chantier par le technicien affecté au projet et elle a été validée en laboratoire par l'ingénieur géotechnicien.

La figure suivante illustre une installation typique pour la réalisation des forages de ce projet.



Figure 2 Réalisation d'un des forages horizontaux (TF-03-16)

2.2 Travaux en laboratoire

2.2.1 Essais géotechniques

Les échantillons de roc récupérés lors des forages ont été acheminés à notre laboratoire et ont été soumis à une identification visuelle par un ingénieur géotechnicien afin de tracer les profils stratigraphiques présentés dans les rapports de forages. Afin de préciser la nature et certaines propriétés mécaniques du roc échantillonné, les essais donnés au tableau suivant ont été réalisés sur des échantillons représentatifs.

Tableau 1 Essais en laboratoire

Quantité	Analyse	Norme
2	Résistance en compression uniaxiale sur carotte de roc (conditionnement sec)	ASTM D 7012

Les résultats des essais en laboratoire sont joints à l'annexe C. Il est à noter que les essais ont été réalisés uniquement sur des échantillons provenant des forages TF-02-16 et TF-03-16. En effet, dans le cas du forage TF-01-16, les carottes récupérées étaient trop fracturées pour permettre la réalisation des essais en laboratoire.

Tous les échantillons récupérés lors des forages et qui n'ont pas été utilisés pour les essais de laboratoire seront conservés jusqu'en mars 2017. Après ce délai, ils seront détruits, à moins d'un avis contraire écrit de votre part.

3 Résultats

3.1 Nature et propriété du roc

Les informations recueillies lors des investigations sur le terrain et en laboratoire sont présentées dans les paragraphes suivants et résumées dans les tableaux 2 et 3.

Roc

Tous les forages ont été initiés à partir du socle rocheux affleurant sur le site, à l'exception du forage TF-01-16 qui a été amorcé sur un bloc de gneiss de 1,3 m d'épaisseur. Tel qu'indiqué précédemment, le forage TF-01-16 était vertical alors que les forages TF-02-16 et TF-03-16 ont été réalisés horizontalement.

Le roc rencontré se décrit comme un gneiss granitique ou une migmatite selon les forages. Sa couleur varie de rosé à gris verdâtre. Au droit du forage vertical (TF-01-16), le roc présente une foliation inclinée entre 30° et 45° par rapport à l'axe de la carotte. Quant aux forages horizontaux (TF-02-16 et TF-03-16), la foliation est inclinée entre 45° et 70° par rapport à l'axe de la carotte, soit entre 20° et 45° par rapport à la verticale.

Des discontinuités ont été notées à plusieurs endroits le long des échantillons prélevés. Ces discontinuités suivent généralement la foliation et sont qualifiées de serrées à moyennement espacées avec un espacement variant entre 25 mm et 560 mm. Les surfaces des discontinuités présentent généralement de l'altération sous forme de rouille.

Au droit du forage TF-01-16, la qualité de la masse rocheuse est qualifiée de très mauvaise avec un RQD (indice de qualité du roc) inférieur à 25 %, et ce, jusqu'à 7,2 m de profondeur. Sur la base des carottes récupérées, la qualité du roc tend à augmenter à partir d'une profondeur de $\pm 7,0$ m. Nous ne pouvons toutefois confirmer sa qualité réelle. Dans le cas des forages TF-02-16 et TF-03-16, la qualité est moyenne à excellente avec des RQD variant généralement entre 56 % et 100 %. Un horizon présentant un RQD de 0 % a toutefois été rencontré entre 1,9 m et 2,1 m de profondeur au droit du forage TF-02-16. À noter que, lors de l'évaluation du paramètre RQD, les plans de clivage ou les discontinuités saines (non altérées) ne sont pas considérés.

Le roc est qualifié de dur à très dur avec une dureté estimée entre 5 et 7 sur l'échelle des duretés relatives de Mohs. La résistance du roc est qualifiée de forte à très forte sur la base des résultats des essais en laboratoire réalisés sur des échantillons représentatifs, lesquels sont de 98,5 MPa et 160,0 MPa.

Tableau 2 Synthèse de la stratigraphie

Forage no	Élévation de surface * (m)	Profondeur du gneiss granitique (m)		Profondeur de la migmatite (m)	
		Mauvaise qualité	Moyenne à excellente qualité	Mauvaise qualité	Moyenne à excellente qualité
TF-01-16	88,00	0,0 à > 7,24	--	--	--
TF-02-16	67,00	--	0,0 à > 2,1	--	--
TF-03-16	39,25	--	--	--	0,0 à > 2,3

* élévations approximatives estimées à partir du relevé topographique fourni par TPSGC

Tableau 3 Résultats des analyses en laboratoire sur le roc

Forage no	Échantillon no	Profondeur (m)	Conditionnement	Résistance en compression uniaxiale (MPa)
TF-02-16	CR-4	1,45 - 1,65	À sec	160,0
TF-03-16	CR-3	2,08 - 2,31	À sec	98,5

4 Conclusions et recommandations

4.1 Résumé du projet et des conditions du site

La présente étude s'inscrit dans le cadre du projet de construction de nouvelles installations récréotouristiques à la Réserve nationale de faune du Cap-Tourmente, soit l'aménagement d'un nouveau sentier pédestre, de belvédères et d'escaliers à flanc de montagne. En raison de la topographie accidentée du site, il est projeté d'ancrer les structures au socle rocheux, lequel est généralement affleurant dans le secteur des travaux.

Les résultats de la campagne de forages ont révélé que le roc est principalement constitué de gneiss granitique ou de migmatite présentant une foliation inclinée entre 30° et 70° par rapport à l'axe de la carotte. Au droit du forage TF-01-16, la qualité de la masse rocheuse est qualifiée de très mauvaise. Dans le cas des forages TF-02-16 et TF-03-16, la qualité est moyenne à excellente. La dureté du roc est estimée entre 5 et 7 sur l'échelle des duretés relatives de Mohs, et sa résistance à la compression est qualifiée de forte à très forte.

4.2 Stabilité des ouvrages

Compte tenu de la topographie du site et de la nature des aménagements projetés, plusieurs types d'ancrages peuvent être considérés pour la construction des belvédères et des escaliers. En effet, le recours à des ancrages mécaniques ou chimiques (injectés de coulis cimentaire ou de résine) installés dans le socle rocheux pourra être considéré. Le choix final du type d'ancrages à utiliser est de la responsabilité du concepteur, tout comme la sélection du type d'action (ancrages actifs ou passifs). Compte tenu des conditions particulières du site et des difficultés d'installation projetées, il est fortement recommandé de prendre contact avec des entrepreneurs spécialisés dans le domaine, lesquels seront les plus à même d'évaluer la faisabilité du concept et de proposer les solutions optimales au projet.

Selon les informations obtenues auprès de différentes compagnies spécialisées, le recours à des ancrages simples constitués de barres d'acier cimentées dans le massif rocheux à l'aide d'un coulis cimentaire pourrait être envisagé. Toutefois, cette solution constitue une première approche et devrait faire l'objet d'analyses plus poussées lorsque le concept final (incluant les charges anticipées et les différentes contraintes) sera connu. La conception des ancrages (actifs ou passifs) devra tenir compte des quatre modes de rupture suivants :

- > Rupture du tendon d'acier
- > Rupture du scellement au niveau du contact tendon-coulis (ancrages injectés seulement)
- > Rupture du scellement au niveau du contact roc-coulis (ancrages injectés seulement)
- > Rupture du massif rocheux

Les équations générales permettant de calculer la résistance requise pour chacun des modes de rupture sont présentées dans les sections suivantes. De plus, les caractéristiques physiques et mécaniques du socle rocheux sont présentées à la section 4.3. Pour ce qui est des caractéristiques physiques et mécaniques de l'acier, lesquelles sont requises pour certains calculs, elles devront être obtenues auprès des fournisseurs.

Dans la mesure où des ancrages mécaniques sont envisagés, la sélection de l'ancrage devra se faire en considérant les chartes des différents fabricants, lesquelles sont consultables sur les différents sites (Dywidag, Williams, etc.)

Dans tous les cas, les calculs devraient être effectués par un ingénieur qualifié dans le domaine, et ce, afin de valider les formules et les paramètres à utiliser pour les besoins du projet, et ainsi d'optimiser la solution retenue. L'ingénieur concepteur devra également préciser le nombre, l'inclinaison et le positionnement des différents ancrages requis.

4.2.1 Rupture du tendon d'acier

La capacité ultime en tension du tendon d'acier se calcule comme suit :

$$Q_{tu} = \sigma_{tu} * A_t$$

Où : σ_{tu} = résistance ultime de l'acier en traction, Mpa

A_t = aire de la section transversale d'acier dans le tendon

4.2.2 Rupture du scellement au niveau du contact tendon-coulis

La résistance au cisaillement à l'ultime qui se développe au niveau du contact tendon-coulis se calcule par la relation suivante :

$$Q_{tgu} = 2\pi r_t \int_0^l \tau_{tg}(z) dz$$

Où : r_t = rayon du tendon d'acier

l = longueur du contact tendon-coulis

τ_{tg} = contrainte d'adhérence tendon-coulis à une distance z le long du contact tendon-coulis ($0 \leq z \leq l$)

4.2.3 Rupture du scellement au niveau du contact roc-coulis

De façon générale, et en considérant une distribution uniforme de la contrainte d'adhérence roc-coulis sur toute la longueur de contact, la résistance à l'ultime du contact roc-coulis est donnée par l'équation suivante :

$$Q_{rgu} = 2\pi r_g * l_{brg} * \tau_{rgu}$$

Où : r_g = rayon effectif de l'ancrage (rayon extérieur de la zone injectée de coulis), ou rayon du trou de forage

l_{brg} = longueur du contact roc-coulis

τ_{rgu} = Contrainte d'adhérence roc-coulis (assumée uniforme le long du contact)

4.2.4 Rupture du massif rocheux

De façon générale, et en considérant un ancrage isolé, la résistance ultime du massif rocheux (ou la force nécessaire pour rompre le cône de roc) peut être estimée par la relation suivante :

$$Q_{ru} = \frac{1}{3} \pi \gamma * \tan^2 \frac{\theta}{2} (D + \frac{L}{2})^3$$

Où : γ = poids volumique du roc (utiliser une valeur déjaugée si le roc est submergé)

θ = angle du cône de rupture (en considérant l'apex localisé au milieu du tendon)

D = profondeur du dessus du contact roc-coulis (à partir de la surface du roc)

L = longueur du contact roc-coulis

Dans la mesure où les ancrages sont peu espacés, les cônes de rupture se superposeront et la résistance pourra se calculer par la relation suivante :

$$Q_{ru} = \frac{1}{2} \frac{\gamma}{s} (D + \frac{L}{2})^2 \tan^2 \frac{\theta}{2}$$

Où : s = espacement entre les ancrages d'une même rangée.

Les formules indiquées précédemment proviennent de l'article *Rock engineering design of post-tensioned anchors for dams - A Review* présenté dans le **Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering**.

4.3 Paramètres de conception

Sur la base des résultats des investigations en chantier et des essais en laboratoire, les paramètres de conception suivants pourront être utilisés pour le dimensionnement des ancrages passifs ou actifs:

Dans le roc qualifié de très mauvaise à mauvaise qualité :

Les valeurs suivantes pourront être utilisées pour l'intégralité du roc rencontré au droit du forage TF-01-16, et ce, même si une légère augmentation de la qualité est observée à partir de $\pm 7,0$ m de profondeur.

- > Densité du roc : 2,65
- > Poids volumique du roc γ : 26,0 kN/m³
- > Angle du cône de rupture à la base de l'ancrage Θ : 60°
- > Contrainte d'adhérence coulis-roc (admissible) : 0,5 N/mm² (sur la longueur de l'ancrage dans le roc de mauvaise qualité)
- > Contrainte d'adhérence coulis-roc, τ_{rgu} (ultime) : 1,5 N/mm² (sur la longueur de l'ancrage dans le roc de mauvaise qualité)
- > Résistance à la compression du coulis : minimum de 30 MPa à 28 jours
- > Résistance à la compression du roc : 98,5 MPa
- > Facteur de sécurité utilisé (valeur admissible) : > 3,0.

Dans le roc qualifié de moyenne à excellente qualité :

Les valeurs suivantes pourront être utilisées pour l'intégralité du roc rencontré au droit des forages TF-02-16 et TF-03-16.

- > Densité du roc : 2,65
- > Poids volumique du roc γ : 26,0 kN/m³
- > Angle du cône de rupture à la base de l'ancrage Θ : 90°
- > Contrainte d'adhérence coulis-roc (admissible) : 0,9 N/mm² (sur la longueur de l'ancrage)
- > Contrainte d'adhérence coulis-roc (ultime) : 2,7 N/mm² (sur la longueur de l'ancrage)
- > Résistance à la compression du coulis : minimum de 30 MPa à 28 jours
- > Résistance à la compression du roc : 98,5 MPa
- > Facteur de sécurité utilisé (valeur admissible) : > 3,0.

Peu importe le type d'ancrages (mécaniques ou chimiques) et le mode d'action (passif ou actif), des essais en arrachement devront être effectués sur le site afin de vérifier que les valeurs de résistance demandées par le concepteur sont atteintes. Les essais devront être réalisés selon les normes ASTM D-4435 et ASTM D-4436 et selon les indications du fabricant.

4.4 Suivi de construction

Nous recommandons à ce que les services d'un entrepreneur spécialisé dans ce type de travaux soient retenus afin de garantir que les travaux seront exécutés en respect avec les règles de l'art applicables.

De plus, toutes les indications des fabricants devront être respectées lors de la mise en place des ancrages et lors de la réalisation des différents essais de contrôle.

5 Personnel

Les travaux en chantier ont été réalisés par messieurs Andrew Cavanagh, technicien, Jérôme Déry, technicien, et Jean-François Rosa, ingénieur junior membre n°5066816 de l'OIQ. Monsieur Pascal Bouchard, ingénieur membre n°5017762 de l'OIQ, a rédigé le présent rapport, lequel a été vérifié et approuvé par monsieur Ghislain Houde, ingénieur membre n°109938 de l'OIQ.

6 Limitations

Les résultats obtenus lors de cette étude géotechnique ne sont applicables qu'en regard des hypothèses et des données utilisées au cours de l'étude et sur les limites et techniques d'exploration. Si des conditions géotechniques différentes de celles décrites dans ce rapport sont rencontrées en cours de travaux, elles devraient faire l'objet d'une vérification de la part d'un ingénieur géotechnicien lequel pourra en déterminer les impacts sur l'ouvrage à construire et si requis, émettre de nouvelles recommandations.

Toutes les données factuelles, les interprétations et les recommandations émises dans le présent rapport se rapportent uniquement au projet décrit dans ce rapport et ne s'appliquent à aucun autre projet ou site. Ce rapport a été préparé pour le seul bénéfice de notre client. Nous déclinons toute responsabilité ou obligation associée à l'utilisation de ce rapport par une tierce personne, de même que toute décision qui en découle, lui en est strictement imputable.


Advenant que des changements soient apportés à l'élévation, la localisation, la conception et la nature du projet, alors les conclusions et recommandations de notre rapport ne devront pas être considérées valides à moins que l'impact desdits changements ne soit évalué par **Labo S.M. inc.**, et que les conclusions du rapport soient modifiées ou maintenues par écrit. Il pourrait être nécessaire d'effectuer de nouveaux sondages et d'émettre un rapport complémentaire.

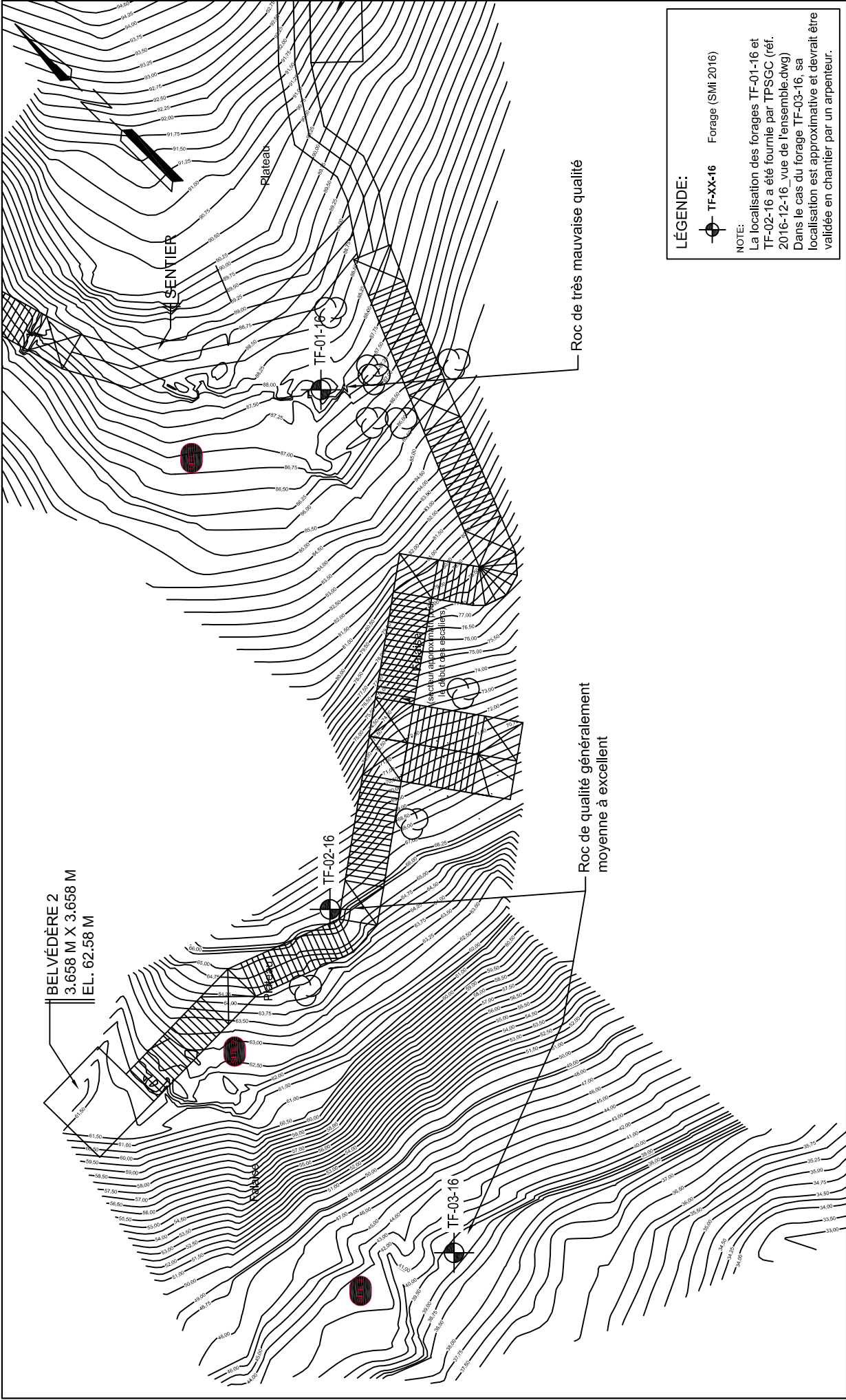
ANNEXE A



LOCALISATION DU SITE À L'ÉTUDE
LOCALISATION DES FORAGES



 SMI L'ASB S.M. INC. <small>1200, av. Saint-Jean-Baptiste, bureau 116, Québec (Québec) G2E 3E5 Tél.: (418) 871-8330 - Téléc.: (418) 871-8343 www.groupe-smi.com</small>		Projet: Étude géotechnique - Sentier des chutes Réserve nationale de faune du Cap-Tourmente Saint-Joachim (Québec)		Titre: Figure de localisation du site à l'étude	
Dessiné par:	S. Bordeleau, tech.	Appr. par:	Ghislain Houde, ing.	Date:	4 novembre 2016
Échelle:	N/A	Client:	Travaux Publics et Services Gouvernementaux Canada	Discipline:	Géotechnique
				No. Dossier:	F 1626050-002
				No. Dessin:	F 1626050002K001



Projet: Étude géotechnique - Sentier des chutes Réserve nationale de faune du Cap-Tourmente Saint-Joachim (Québec)		Titre: Figure de localisation des forages	
Dessiné par: S. Bordeleau, tech.	Appr. par: Ghislain Houde, ing.	Date: 10 janvier 2017	Discipline: Géotechnique
Échelle: 1:250	Client: Travaux Publics et Services Gouvernementaux Canada	No. Dossier: F1626050-002	No. Dessin: F1626050002K002



ANNEXE B



RAPPORTS DE FORAGES



Projet: Étude géotechnique - Sentier des Chutes	Localisation: Palier #1	N° sondage: TF-01-16
Cliant: Travaux publics et Services gouv. Canada (TPSGC)	X:	Page: 1 de 1
Site: Réserve nationale de faune du Cap-Tourmente	Y:	Date début: 2016-10-03
N./réf.: F1626050002	Type de sondage: FORAGE	Inspecteur: Andrew Cavanagh, techn.
Figure: F1626050002K002	Équipement: Carotteuse (WEKA DK-32 / CARDI T9-475)	Profondeur: 7.24m
	Tubage: BW Carottier: BX, BQ, paroi mince 4.0"	Élévation: aucune

TYPE D'ÉCHANTILLON	TERMINOLOGIE QUALITATIVE	TERMINOLOGIE QUANTITATIVE	SYMBOLES	EAUX SOUTERRAINES
CF Cuillère fendue	Argile < 0,002 mm	Traces < 10 %	Nspt Indice de pénétration standard (BNQ 2501-140)	Date
CFC Tube d'échantillonnage continu	Silt 0,002 - 0,08 mm	Un peu 10 - 20 %	Ncorr N corrigé pour tenir compte du diamètre non standard	Profondeur
CR Carottier Ediamants	Sable 0,08 - 5 mm	Adjectif (...eux) 20 - 35 %	Nc Indice de pénétration au cône (BNQ 2501-145)	Lecture 1 m
TM Tube Eparois minces	Gravier 5 - 80 mm	et (ex: et gravier) > 35 %	RQD Indice de la qualité du roc (%)	Lecture 2 m
TA Tarière	Cailloux 80 - 200 mm	Fraction dominante		Remarque:
TS Tube Shelby	Blocs > 200 mm			
EM Échantillon manuel				

ÉTAT DE L'ÉCHANTILLON	CARACTÉRISTIQUES MÉCANIQUES DES SOLS	INDICE DE QUALITÉ DU ROC	ESPACEMENT DES DISCONTINUITÉS
Remanié	COMPACTITÉ	QUALIFICATIF	Très serré < 20 mm
Intact (tube à parois minces)	Très lâche 0 - 4	Très mauvaise < 25 %	Serré 20 - 60 mm
Perdu	Lâche 4 - 10	Mauvaise 25 - 50 %	Rapproché 60 - 200 mm
Carotté (forage au diamant)	Compacte 10 - 30	Moyenne 50 - 75 %	Moyennement espacé 200 - 600 mm
	Dense 30 - 50	Bonne 75 - 90 %	Espacé 600 - 2000 mm
	Très dense > 50	Excellente 90 - 100 %	Très espacé 2000 - 6000 mm
			Eloigné > 6000 mm

COUPE STRATIGRAPHIQUE				ÉCHANTILLONS				RÉSULTATS D'ESSAIS			
PROFONDEUR (m)	PROFONDEUR (pi)	PROFONDEUR (m)	DESCRIPTION DES SOLS ET DU ROC	SYMBOLE	ÉTAT	TYPE N°	CAROTTIER - CALIBRE	RECUPÉRATION (%)	Essai de pénétration standard	Niveau d'eau / Venue d'eau	REMARQUES
		0.00									
			Bloc: Gneiss granitique; gris et rose.			CR-1	BQ	100	50		
						CR-2	BQ	100	100		
						CR-3	BQ	100	0		
						CR-4	BQ	100	0		
						CR-5	BQ	58	58		
						CR-6	BQ	27	0		
		1.25	Roc: Gneiss granitique ou Migmatite; gris et rose. Foliation inclinée entre 30° et 45° par rapport à l'axe de la carotte. Discontinuités généralement inclinées selon la foliation et espacées entre ±25 mm et ±150 mm. Altérations dans les fractures. Dureté estimée entre 5 et 7 sur l'échelle des duretés de Mohs.			CR-7	BX	100	0		
						CR-8	BX	87	0		
						CR-9	BX	75	0		
						CR-10	BX	89	22		
						CR-11	BX	100	0		
						CR-12	BX	38	0		
						CR-13	BX	23	0		
		15	Zones très fracturées entre 3,1 m et 5,9 m.			CR-14	BX	33	0		
						CR-15	BX	41	0		
						CR-16	BX	69	0		
						CR-17	BX	81	24		
		7.24	FIN DU FORAGE								

Remarques générales: Forage vertical

Vérfié par:

Pascal Bouchard, ing.

Date:

2016-11-05

Projet: Étude géotechnique - Sentier des Chutes	Localisation: Palier #2	N° sondage: TF-02-16
Cliant: Travaux publics et Services gouv. Canada (TPSGC)	X:	Page: 1 de 1
Site: Réserve nationale de faune du Cap-Tourmente	Y:	Date début: 2016-10-07
N./réf.: F1626050002	Type de sondage: FORAGE	Inspecteur: Andrew Cavanagh, techn.
Figure: F1626050002K002	Équipement: Carotteuse (WEKA DK-32 / CARDI T9-475)	Profondeur: 2.13m
	Tubage: Carrotier: Paroi mince (4.0", 3.0")	Élévation: aucune

TYPE D'ÉCHANTILLON	TERMINOLOGIE QUALITATIVE	TERMINOLOGIE QUANTITATIVE	SYMBOLES	EAUX SOUTERRAINES
CF Cuillère fendue CFC Tube d'échantillonnage continu CR Carottier Ediamants TM Tube Eparois minces TA Tarière TS Tube shelby EM Échantillon manuel	Argile < 0,002 mm Silt 0,002 - 0,08 mm Sable 0,08 - 5 mm Gravier 5 - 80 mm Cailloux 80 - 200 mm Blocs > 200 mm	Traces < 10 % Un peu 10 - 20 % Adjectif (...eux) 20 - 35 % et (ex: et gravier) > 35 % Fraction dominante mot principal	Nspt Indice de pénétration standard (BNQ 2501-140) Ncorr N corrigé pour tenir compte du diamètre non standard Nc Indice de pénétration au cône (BNQ 2501-145) RQD Indice de la qualité du roc (%)	Date Profondeur Lecture 1 m Lecture 2 m Remarque:
ÉTAT DE L'ÉCHANTILLON	CARACTÉRISTIQUES MÉCANIQUES DES SOLS	INDICE DE QUALITÉ DU ROC	ESPACEMENT DES DISCONTINUITÉS	
Remanié Intact (tube à parois minces) Perdu Carotté (forage au diamant)	COMPACTITÉ Très lâche Lâche Compacte Dense Très dense	INDICE "N" 0 - 4 4 - 10 10 - 30 30 - 50 > 50	CONSISTANCE Très molle Molle Ferme Raide Très raide Dure	Cu OU Su (kPa) < 12 12 - 25 25 - 50 50 - 100 100 - 200 > 200
		QUALIFICATIF Très mauvaise Mauvaise Moyenne Bonne Excellente	RQD < 25 % 25 - 50 % 50 - 75 % 75 - 90 % 90 - 100 %	Très serré < 20 mm Serré 20 - 60 mm Rapproché 60 - 200 mm Moyennement espacé 200 - 600 mm Espacé 600 - 2000 mm Très espacé 2000 - 6000 mm Éloigné > 6000 mm

COUPE STRATIGRAPHIQUE				ÉCHANTILLONS						RÉSULTATS D'ESSAIS				REMARQUES	
PROFONDEUR (m)	PROFONDEUR (pi)	PROFONDEUR (m)	DESCRIPTION DES SOLS ET DU ROC	SYMBOLE	ÉTAT	TYPE N°	CAROTTIER - CALIBRE	RECUPÉRATION (%)	Nspt - Nc - RQD	Essai de pénétration standard	COUPS/150mm	NIVEAU D'EAU / VENUE D'EAU	ESSAIS		GRAPHIQUE
		0.00												AG : analyse granulo. S : sédimentométrie C : consolidation oedo. W : teneur en eau WL : limite liquide Wp : limite plastique k : perméabilité VB : bleu de méthylène MD : micro-deval LA : los angeles AC : analyses chimiques	× : N (pen. standard) ▽ : Nd (pen. dyn.) ■ : Cu intact □ : Cu remanié ♦ : Su intact ◇ : Su remanié <div>Wp W WL ⊕</div> <div>20 40 60 80</div>
1			Roc: Gneiss granitique; gris et rose. Foliation inclinée entre 45° et 70° par rapport à l'axe de la carotte. Discontinuités inclinées à 45° et espacées entre ±230 mm et ±560 mm. Altérations visibles dans certaines fractures. Dureté estimée entre 6 et 7 sur l'échelle des duretés de Mohs.			CR-1		100	56				f'c=160,0 MPa		
5						CR-2		100	100						
2						CR-3		100	100						
						CR-4		100	100						
						CR-5		100	64						
						CR-6		100	0						
		2.13	FIN DU FORAGE												
3															
4															
5															
6															
7															

Remarques générales: Forage horizontal	Vérifié par: Pascal Bouchard, ing. Date: 2017-01-17
--	--

N° sondage: **TF-03-16**







Page: 1 de 1

Date début: 2016-10-12

Date début:	2016-10-12
-------------	------------

Inspecteur: **Andrew Cavanagh, techn.**

Profondeur:	2.31m
-------------	-------

ÉTAT DE L'ÉCHANTILLON		CARACTÉRISTIQUES MÉCANIQUES DES SOLS				INDICE DE QUALITÉ DU ROC		ESPACEMENT DES DISCONTINUITÉS	
	Remanié	COMPACTITÉ	INDICE "N"	CONSISTANCE	Cu OU Su (kPa)	QUALIFICATIF	RQD	Très serré	< 20 mm
	Intact (tube à parois minces)	Très lâche	0 - 4	Très molle	< 12	Très mauvaise	< 25 %	Serré	20 - 60 mm
		Lâche	4 - 10	Molle	12 - 25	Mauvaise	25 - 50 %	Rapproché	60 - 200 mm
	Perdu	Compacte	10 - 30	Ferme	25 - 50	Moyenne	50 - 75 %	Moyennement espacé	200 - 600 mm
		Dense	30 - 50	Raide	50 - 100	Bonne	75 - 90 %	Espacé	600 - 2000 mm
	Carotté (forage au diamant)	Très dense	> 50	Très raide	100 - 200	Excellente	90 - 100 %	Très espacé	2000 - 6000 mm
				Dure	> 200			Eloigné	> 6000 mm

RÉSULTATS D'ESSAIS

Remarques générales: **Forage horizontal**

Pascal Bouchard, ing.

Date: 2016-11-05



ANNEXE C

RAPPORTS D'ANALYSES EN LABORATOIRE

Mesure de la résistance à la compression non confinée sur une carotte de roc intacte

ASTM D 7012, méthode C

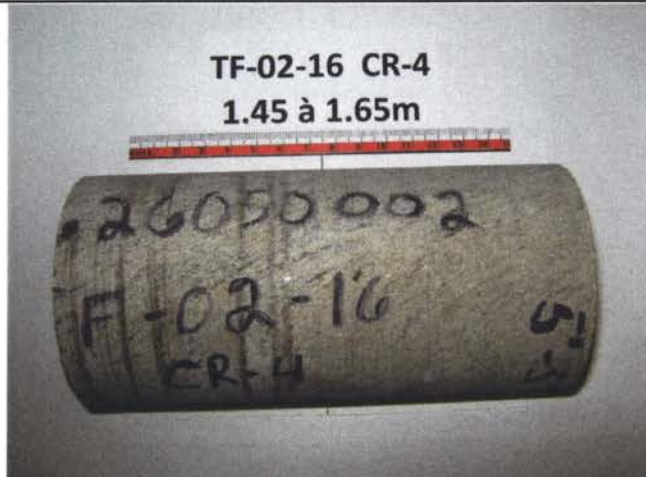
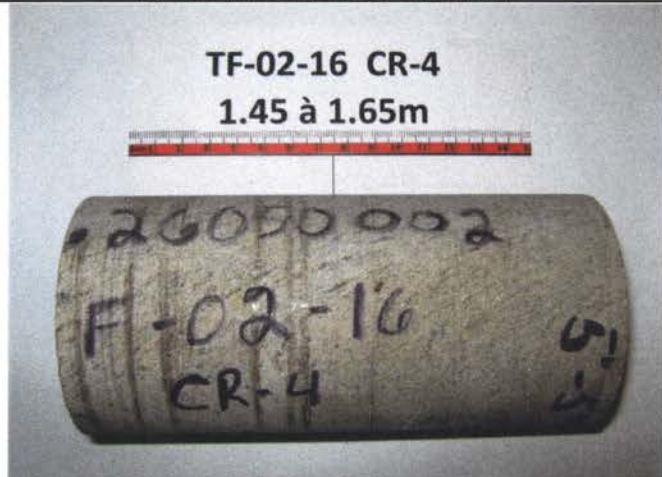
No. rapport: 1604607
No. laboratoire: 16-10624
Forage: TF-02-16
Échantillon: CR-4
Profondeur: 1.45 à 1.65m

Dossier:	F1626050002	Conditionnement:	Sec
Cient:	Travaux publics et services gouv. Canada	Traitement de surface:	Meulé
		Température de confinement*:	22.7°C
Projet:	Étude géotechnique-Sentier des Chutes	Manipulateur:	Marc Potvin
		Date de l'analyse:	2016-10-25
		Appareil de mesure de la longueur:	Vernier GSM-403
		Appareil utilisé pour la rupture:	Presse GSM-350

Description géologique:

Sens du litage par rapport à l'axe de rupture:

Résultat			Remarques
Diamètre moyen	(mm)	70.76	Atteint son point de rupture
Hauteur	(mm)	148.37	
Ratio hauteur/diamètre		2.10	
Charge	(kN)	629.10	
Résistance	(MPa)	160.0	
Temps de rupture	(S)	6.4	
Taux de charge	(kN/s)	98.3	
Masse volumique	(kg/m ³)	2662	

Photo ou croquis (Avant rupture)	Photo ou croquis (Après rupture)
	

* Si celle-ci diffère de la température de la pièce.

Préparé par:

Sylvie Daigle, Chef labo

Date

2016-10-25

Vérifié par:

Pascal Bouchard, ing.

Date

18/11/2016

Mesure de la résistance à la compression non confinée sur une carotte de roc intacte

ASTM D 7012, méthode C

No. rapport: 1604607
No. laboratoire: 16-10625
Forage: TF-03-16
Échantillon: CR-3
Profondeur: 2.08 à 2.31m

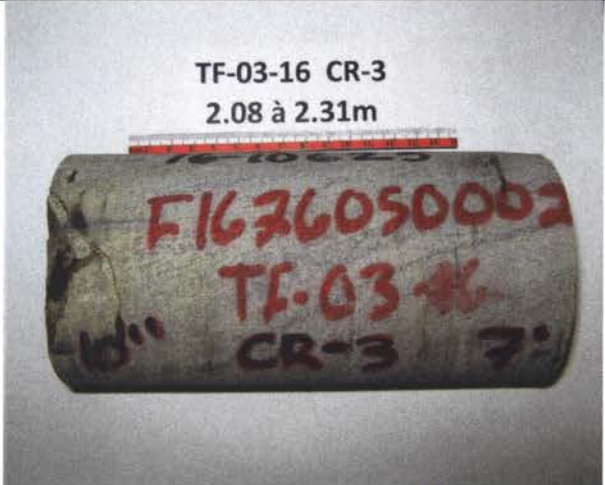

Dossier: F1626050002
Client: Travaux publics et services gouv. Canada
Projet: Étude géotechnique-Sentier des Chutes

Conditionnement: Sec
Traitement de surface: Meulé
Température de confinement*: 22.7°C
Manipulateur: Marc Potvin
Date de l'analyse: 2016-10-25
Appareil de mesure de la longueur: Vernier GSM-403
Appareil utilisé pour la rupture: Presse GSM-350

Description géologique:

Sens du litage par rapport à l'axe de rupture:

Résultat			Remarques
Diamètre moyen	(mm)	84.14	
Hauteur	(mm)	174.1	
Ratio hauteur/diamètre		2.07	
Charge	(kN)	547.70	
Résistance	(MPa)	98.5	
Temps de rupture	(S)	5.17	
Taux de charge	(kN/s)	105.9	
Masse volumique	(kg/m ³)	2656	

Photo ou croquis (Avant rupture)	Photo ou croquis (Après rupture)
	

* Si celle-ci diffère de la température de la pièce.

Préparé par:

Sylvie Daigle, Chef labo

Date

2016-10-25

Vérifié par:

Pascal Bouchard, ing.

Date

18/11/2016



ANNEXE D

PHOTOGRAPHIES DES ÉCHANTILLONS DE ROC



Figure 1 Forage TF-01-16 (boite 1 de 3)



Figure 2 Forage TF-01-16 (boite 2 de 3)



Figure 3 Forage TF-01-16 (boite 3 de 3)



Figure 4 Forage TF-02-16 (boite 1 de 2)



Figure 5 Forage TF-02-16 (boite 2 de 2)



Figure 6 Forage TF-03-16 (boite 1 de 3)



Figure 7 Forage TF-03-16 (boite 2 de 3)



Figure 8 Forage TF-03-16 (boite 3 de 3)

De la science • aux solutions • aux réalisations

1200, avenue Saint-Jean-Baptiste, bur. 116

groupe**sm**.com