

PARCS CANADA

REPLACEMENT DU PONCEAU AU CH 45,237 M

ÉTUDE GÉOTECHNIQUE

PARC NATIONAL DE LA MAURICIE

REF. WSP : 151-03113-25

DATE : 6 FÉVRIER 2019

CONFIDENTIEL





PARCS CANADA

**REMPLACEMENT DU PONCEAU
AU CH 45,237 M**

ÉTUDE GÉOTECHNIQUE

PARC NATIONAL DE LA MAURICIE

CONFIDENTIEL

REF. WSP : 151-03113-25
DATE : 6 FÉVRIER 2019

RAPPORT PRÉLIMINAIRE

WSP CANADA INC.
16^E ÉTAGE
1600, BOUL RENÉ-LÉVESQUE OUEST
MONTRÉAL QC H3H 1P9
CANADA

TÉL. : +1-514-340-0046
TÉLÉC. : +1-514-340-1337

WSP.COM

GESTION DE LA QUALITE

VERSION	DATE	DESCRIPTION
1	2019-01-22	Version préliminaire émise pour commentaires
2	2019-02-06	Version finale

SIGNATURES

PRÉPARÉ PAR

Amélie Duval Courchesne, ing. (OIQ #5045783)
Assistante de projet - Géotechnique

RÉVISÉ PAR

Joseph Tsafack, ing. (OIQ #138847)
Chargé de projet - Géotechnique

Le présent rapport a été préparé par WSP pour le compte de Parcs Canada conformément à l'entente de services professionnels. La divulgation de tout renseignement faisant partie du présent rapport incombe uniquement au destinataire prévu. Son contenu reflète le meilleur jugement de WSP à la lumière des informations disponibles au moment de la préparation du rapport. Toute utilisation que pourrait en faire une tierce partie ou toute référence ou toutes décisions en découlant sont l'entière responsabilité de ladite tierce partie. WSP n'accepte aucune responsabilité quant aux dommages, s'il en était, que pourrait subir une tierce partie à la suite d'une décision ou d'un geste basé sur le présent rapport. Cet énoncé de limitation fait partie du présent rapport.

L'original du document technologique que nous vous transmettons a été authentifié et sera conservé par WSP pour une période minimale de dix ans. Étant donné que le fichier transmis n'est plus sous le contrôle de WSP et que son intégrité n'est pas assurée, aucune garantie n'est donnée sur les modifications ultérieures qui peuvent y être apportées.

Référence à citer :

WSP. 2019. *Remplacement du ponceau au CH 45,237 m, Étude géotechnique, Parc national de la Mauricie*. Rapport produit pour Parcs Canada. Réf. WSP : 151-03113-25. 21 pages et annexes.

ÉQUIPE DE RÉALISATION

PARCS CANADA

Ingénieure, Services de génie routier Annie Gehin, ing.

WSP CANADA INC. (WSP)

Chargé de projet Amélie Duval Courchesne, ing.

Révision du rapport Joseph Tsafack, ing.

Rédaction du rapport Amélie Duval Courchesne, ing.

Travaux de terrain Nicolas Rousseaux, technicien

Arpentage Claude Boily, technicien

SOUS-TRAITANTS

Compagnie de forage Forage Downing

TABLE DES MATIÈRES

1	INTRODUCTION.....	1
1.1	Mise en contexte	1
1.2	Objectifs et contenu du rapport.....	1
2	DESCRIPTION DU SITE.....	3
3	MÉTHODE DE RECONNAISSANCE	5
3.1	Localisation des infrastructures souterraines	5
3.2	Travaux de forage	5
3.2.1	Forages.....	5
3.2.2	Tube ouvert.....	6
3.3	Localisation et nivellement	6
3.4	Essais de laboratoire	6
4	NATURE ET PROPRIÉTÉ DES SOLS	7
4.1	Remblai.....	7
4.2	Sol naturel	8
4.3	Socle rocheux	8
5	NAPPE D’EAU SOUTERRAINE.....	9
6	RECOMMANDATIONS.....	11
6.1	Élévations proposées	11
6.2	Type de ponceau proposé.....	11
6.3	Profondeur de pénétration du gel.....	12
6.4	Excavation et drainage à court terme	12
6.4.1	Excavation des sols	12
6.4.2	Excavation dans le roc.....	14
6.4.3	Contrôle de l’eau souterraine à court terme	14
6.5	Assèchement et batardeau.....	14
6.6	Fondations	15
6.6.1	Préparation du site	15
6.6.2	Résistance géotechnique à l’état limite ultime (élul)	16
6.6.3	Résistance géotechnique à l’état limite d’utilisation (ÉLUT)	17
6.6.4	Transitions	17
6.6.5	Catégorie d’emplacement du site.....	17

6.7	Poussée des terres	17
6.8	Drainage structural	18
6.9	Réutilisation des déblais	18
6.10	Contrôle de la qualité	19
6.11	Révision des plans	19
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES		21

TABLEAUX

TABLEAU 3-1	COORDONNÉES, ÉLÉVATIONS ET PROFONDEURS DES FORAGES	6
TABLEAU 3-2	ESSAIS GÉOTECHNIQUES EFFECTUÉS EN LABORATOIRE	6
TABLEAU 4-1	STRATIGRAPHIE AUX DROITS DES FORAGES 18F01 ET 18F02	7
TABLEAU 4-2	RÉSULTATS D'ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE PAR TAMISAGE ET LAVAGE AU TAMIS 80 µM	7
TABLEAU 4-4	RÉSULTATS DE L'ESSAI DE COMPRESSION SIMPLE – SOCLE ROCHEUX	8
TABLEAU 5-1	RELEVÉ DE L'EAU SOUTERRAINE	9
TABLEAU 6-1	PARAMÈTRES GÉOTECHNIQUES DES SOLS POUR LE CALCUL DE LA POUSSÉE DES TERRES	13
TABLEAU 6-2	PARAMÈTRES GÉOTECHNIQUES – CALCUL À L'ÉTAT LIMITE ULTIME (ÉLUL)	16
TABLEAU 6-3	PARAMÈTRES GÉOTECHNIQUES – CALCUL DE LA POUSSÉE DES TERRES	18

FIGURE

FIGURE 2-1	ÉTAT DES LIEUX LORS DES TRAVAUX DE CHANTIER, LE 19 OCTOBRE 2018	3
------------	---	---



TABLE DES MATIÈRES

ANNEXES

- A CONTEXTE GÉNÉRAL ET LIMITATIONS
- B PLAN DE LOCALISATION DES FORAGES
- C RAPPORTS DE FORAGES
- D RÉSULTATS DES ESSAIS DE LABORATOIRE
- E RAPPORT PHOTOGRAPHIQUE DES CAROTTES DE ROC

1 INTRODUCTION

1.1 MISE EN CONTEXTE

Les services professionnels de WSP Canada Inc. (WSP) ont été retenus par Parcs Canada afin de réaliser une étude géotechnique dans le cadre du projet de réalisation de plans et devis pour le remplacement d'un (1) ponceau situé au chainage CH 45,237 m sur le tronçon 4 de la route Promenade traversant le parc national de la Mauricie, localisé au nord de la ville de Shawinigan, Québec. Nous transmettons dans ce rapport les résultats de l'étude géotechnique.

Les travaux ont été effectués en accord avec les termes établis de l'équipe de Transports et infrastructures de WSP Canada Inc.

La structure existante est un ponceau arqué composé d'un tuyau de type TATOG dont la largeur et la hauteur sont respectivement de 2 700 mm et 2 400 mm. Au moment d'écrire ce rapport, le remplacement de cette structure prévoyait la mise en place d'un tuyau en béton armé (TBA) de 2100 mm de diamètre muni de 3 déversoirs.

1.2 OBJECTIFS ET CONTENU DU RAPPORT

Les objectifs de l'étude géotechnique consistaient à préciser la nature et les propriétés géotechniques des sols et du roc prévalant sur le site à l'étude afin de formuler des commentaires et des recommandations concernant la conception et la construction du projet.

Les résultats ont permis de définir la stratigraphie des sols, la profondeur et la qualité du roc, le niveau de l'eau souterraine, ainsi que d'émettre des recommandations concernant la gestion de l'eau souterraine et des pentes d'excavations à utiliser, la préparation des sols supports, les résistances géotechniques aux états ultimes ainsi que toutes autres recommandations jugées pertinentes.

Afin de répondre aux différents objectifs de l'étude, les travaux réalisés dans le cadre du présent mandat ont été les suivants :

- La réalisation de deux (2) forages stratigraphiques, incluant le carottage du roc;
- L'installation d'un tube ouvert pour mesurer le niveau de l'eau souterraine;
- La réalisation d'analyses granulométriques et de teneurs en eau des échantillons de sols en laboratoire;
- La réalisation d'une analyse en compression simple sur un échantillon de carottes de roc;
- La réalisation de l'arpentage des forages réalisés;
- L'émission des recommandations d'ordre géotechnique.

Ce rapport présente, dans l'ordre, une brève description du site et du projet, la méthode de reconnaissance utilisée, la nature et les propriétés physiques et mécaniques des sols et du roc en place, les conditions de la nappe d'eau souterraine, ainsi que les paramètres géotechniques utiles au concepteur.

Le rapport inclut également cinq (5) annexes qui présentent :

- les limitations de l'étude (annexe A);
- le plan de localisation des forages (annexe B);
- les rapports de forage (annexe C);
- les résultats des essais de laboratoire (annexe D);
- un rapport photographique des carottes de roc (annexe E).

Ce rapport est assujéti à certaines conditions limitatives qui découlent de la problématique inhérente aux profils géologique, géotechnique et hydrogéologique de tout site faisant l'objet d'investigations par sondage. Il est important de faire ressortir que ces conditions et limitations font partie du présent rapport et permettent une meilleure compréhension de celui-ci.

2 DESCRIPTION DU SITE

Le site à l'étude est localisé au chainage CH 45,237 m de la route traversant le parc national de la Mauricie (le chainage CH 0,000 m est situé à la fin de la route Promenade à Saint-Jean-des-Piles, Québec). L'élévation du site au niveau de la route dans l'axe du ponceau existant varie entre 358,88 m et 359,34 m.

La structure existante est un ponceau arqué composé d'un tuyau de type TATOG dont la portée et la flèche sont respectivement de 2 700 mm et 2 400 mm.

Au moment d'écrire ce rapport, le remplacement de cette structure prévoit la mise en place d'un tuyau en béton armé (TBA) de 2100 mm de diamètre muni de 3 déversoirs. Selon la configuration transmise, l'élévation du radier projeté du ponceau se situerait à l'élévation 354,24 m en amont et à 353,96 m en aval. Le niveau de la route sera rehaussé dans ce secteur de l'ordre de 40 mm en vue de l'ajout d'une couche de surface.

Le ponceau est localisé dans une zone où la route forme une courbe prononcée. Le terrain aux alentours est composé d'herbes et d'arbres matures.



Figure 2-1 État des lieux lors des travaux de chantier, le 19 octobre 2018

3 MÉTHODE DE RECONNAISSANCE

3.1 LOCALISATION DES INFRASTRUCTURES SOUTERRAINES

Aucun service public n'est présent dans le parc national de la Mauricie. La présence d'infrastructures souterraines privées a été vérifiée avec le Client, le cas échéant.

3.2 TRAVAUX DE FORAGE

Les travaux de forage ont été réalisés les 18 et 19 octobre 2018. L'implantation des forages, le prélèvement des échantillons de sols et de roc ainsi que la supervision des travaux ont été effectuées par un membre du personnel technique de WSP.

3.2.1 FORAGES

Deux (2) forages, identifiés 18F01 et 18F02, ont été effectués près de l'emplacement du ponceau existant. Le plan inséré à l'annexe B présente le positionnement exact des forages. Ceux-ci ont été réalisés au moyen d'une foreuse conventionnelle de type CME-55 sur camion, opérée par un foreur et un aide-foreur de la compagnie Forage Downing, agissant à titre de sous-traitant de WSP.

Les forages 18F01 et 18F02 ont été avancés dans les dépôts meubles par rotation d'un tubage de calibre HW (diamètre extérieur : 102 mm) et NW (diamètre extérieur : 76 mm) jusqu'à des profondeurs de 4,85 m et de 8,66 m respectivement. Lors de l'exécution des forages, des échantillons de sols ont été récupérés en continu à l'aide de cuillères fendues de calibre H (diamètre extérieur de 90 mm), de calibre N (diamètre extérieur de 63 mm) puis de calibre standard B (diamètre extérieur de 51 mm). L'ensemble des cuillères fendues utilisées est d'une longueur de 610 mm. Lors des prélèvements, les indices « N » de l'essai de pénétration standard ont été mesurés pour chaque enfoncement de la cuillère fendue conformément à la norme ASTM D1586. Cet indice correspond au nombre de coups requis pour faire pénétrer les 300 mm de la partie centrale du carottier standard de calibre « B » 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. Cet essai renseigne sur la compacité des sols pulvérulents.

Les échantillons ont été décrits visuellement afin d'identifier la nature et les types de sols rencontrés.

Le socle rocheux a été intercepté dans les forages 18F01 et 18F02 à 4,85 m et à 8,66 m de profondeur respectivement et a été carotté à l'aide d'un carottier de calibre NQ (diamètre intérieur 48 mm) respectivement.

Des échantillons de sols ont été mis dans des sacs de plastique à des fins d'analyses de laboratoire et les échantillons de roc dans des boîtes en carton prévues à cet effet et le RDQ (*Rock Quality Designation*) a été mesuré selon la norme ASTM D6032-02. Le RQD est une appréciation indirecte du nombre de fractures et du degré d'altération du roc. Ces derniers seront conservés pour une période de six (6) mois à partir de la date d'émission de ce rapport, après quoi nous en disposerons à moins d'avis contraire de la part du Client.

Tous les échantillons de sols et de roc recueillis ont été acheminés à notre laboratoire, afin d'être soumis à un examen visuel plus approfondi ainsi qu'à des essais de laboratoire nécessaires pour préciser les propriétés des sols et du roc en place. Ces derniers seront conservés pour une période de six (6) mois à partir de la date d'émission de ce rapport, après quoi ils seront jetés à moins d'avis contraire de la part du Client.

Les détails des forages sont présentés dans les rapports de forages inclus à l'annexe C. Des notes explicatives portant sur les rapports de forages, la description des unités stratigraphiques et la méthodologie des essais *in situ* sont également présentées à l'annexe C de ce rapport.

3.2.2 TUBE OUVERT

À la suite de l'échantillonnage des sols, un tube ouvert a été installé dans le forage 18F01 à 8,65 m de profondeur afin de permettre la lecture du niveau de l'eau souterraine.

3.3 LOCALISATION ET NIVELLEMENT

Les coordonnées (X et Y) ont été relevées par notre technicien lors des travaux de forages, à l'aide d'un GPS de poche de modèle GPSMAP 64s de la compagnie Garmin d'une précision de l'ordre de 5 m. Une mesure au chainage a également été effectuée. L'élévation géodésique (MTM Québec, zone 8) à l'emplacement des forages a été interpolée en se basant sur le relevé d'arpentage de la structure effectué par un arpenteur de WSP, le 25 octobre 2018. La précision de cette interpolation est de l'ordre de 25 mm.

Tableau 3-1 Coordonnées, élévations et profondeurs des forages

Forage	X (MTM NAD-83) (m)	Y (MTM NAD-83) (m)	Élévation géodésique (m)	Profondeur atteinte (m)
18F01	649 604,729	5 175 011,884	359,32	8,65
18F02	649 608,257	5 175 022,489	358,89	9,32

3.4 ESSAIS DE LABORATOIRE

L'ensemble des échantillons a été soumis à une inspection visuelle par le personnel technique et transmis au laboratoire interne de WSP. Certains échantillons représentatifs des couches de sols et de roc interceptées ont été sélectionnés et soumis à un programme d'essais de laboratoire. Le tableau suivant indique les échantillons sélectionnés ainsi que les analyses effectuées.

Tableau 3-2 Essais géotechniques effectués en laboratoire

Forage	Échantillon (profondeur (m))	Analyses effectuées (normes)
18F01	CF-1 (0,00 – 0,61)	<ul style="list-style-type: none"> — Analyse granulométrique par tamisage et lavage au tamis 80 µm (BNQ 2501-025) — Teneur en eau (BNQ 2501-170)
18F01	CR-9 (8,07 – 8,18)	<ul style="list-style-type: none"> — Essai de compression uniaxiale (ASTM D7012)
18F02	CF-1 (0,08 – 0,61)	<ul style="list-style-type: none"> — Analyse granulométrique par tamisage et lavage au tamis 80 µm (BNQ 2501-025) — Teneur en eau (BNQ 2501-170)

Les résultats des analyses de laboratoire sont présentés à l'annexe D.

4 NATURE ET PROPRIÉTÉ DES SOLS

Les forages 18F01 et 18F02 ont permis de déterminer la stratigraphie des sols et du roc en place.

Un résumé de la stratigraphie est présenté dans le tableau 4-1. Les rapports individuels de forages sont présentés à l'annexe C.

Tableau 4-1 Stratigraphie aux droits des forages 18F01 et 18F02

Forage (élévation de la surface) (m)	Remblai profondeur (élévation) (m)	Sol naturel profondeur (élévation) (m)	Socle rocheux profondeur (élévation) (m)	Fin du forage profondeur (élévation) (m)
18F01 (359,32)	0 – 0,76 (359,32 – 358,56)	0,76 – 4,85 (358,56 – 354,47)	4,85 – 8,65 (354,47 – 350,67)	8,65 (350,67)
18F02 (358,89)	0,00 – 1,52 (358,89 – 357,37)	1,52 – 8,66 (357,37 – 350,23)	8,66 – 9,32 (350,23 – 349,57)	9,32 (349,57)

4.1 REMBLAI

En surface au droit du forage 18F01 et sous une couche d'enrobé bitumineux de 80 mm d'épaisseur au droit du forage 18F02, les matériaux de remblai ont été interceptés aux profondeurs et élévations indiquées au tableau 4-1. Il est composé d'un sable graveleux avec un peu à des traces de silt. Il est brun et se trouve dans un état humide.

Les valeurs « N » élevées ainsi que les refus mesurés dans cet horizon indiquent la présence probable d'éléments grossiers tels que des cailloux et/ou des blocs au sein de cette dernière. En effet, des fragments de cailloux et/ou des blocs ont pu être récupérés lors des opérations de forage. La compacité de cette couche est qualifiée de très dense.

Une analyse granulométrique par tamisage et lavage au tamis 80 µm et une teneur en eau ont été effectuées sur un échantillon de ce remblai. Le tableau 4-2 présente les résultats obtenus. Les résultats sont détaillés à l'annexe D.

Tableau 4-2 Résultats d'analyse granulométrique par tamisage et lavage au tamis 80 µm

Forage	Échantillon	Profondeur (m)	Teneur en eau w (%)	Gravier > 5 mm (%)	Sable < 5mm et >80 µm (%)	Particules fines < 80 µm (%)	Classification unifié (USCS)	Description
18F01	CF-1	(0 – 0,61)	4,0	33,1	58,0	8,9	SW-SM	Sable graveleux, traces de silt
18F02	CF-1	(0,08 – 0,61)	5,0	33,1	33,1	12,9	SM	Sable graveleux, un peu de silt

4.2 SOL NATUREL

Le dépôt naturel a été intercepté aux droits des forages 18F01 et 18F02 aux profondeurs et élévations indiquées au tableau 4-1.

Sous les matériaux de remblai à l'emplacement des forages 18F01 et 18F02, le sol naturel se compose de sable avec un peu de gravier et des traces de silt. Des cailloux et des blocs sont probablement présents dans ce sol granulaire. Sa couleur varie de gris à brun-clair et il se trouve dans un état humide dans les deux forages et saturé plus en profondeur au forage 18F02. L'épaisseur de cette couche est de 2,14 m au forage 18F01 et de 2,65 m au forage 18F02. La compacité du sol naturel sur ces épaisseurs varie de lâche à très dense d'après les indices « N » mesurés.

Sous le dépôt de sable, un horizon composé de cailloux et de blocs a été intercepté. L'épaisseur de cette couche est de 1,06 m au forage 18F01 et de 3,45 m au forage 18F02.

Sous l'horizon de cailloux et de blocs se trouve un dépôt de sable silteux brun en surface puis gris en profondeur au forage 18F01 tandis qu'il se compose de sable avec traces de gravier gris au droit du forage 18F02. L'épaisseur de cette couche est de 0,89 m au forage 18F01 et de 1,04 m au forage 18F02. La compacité du sol sur ces épaisseurs varie de lâche à compact d'après les indices « N » mesurés.

4.3 SOCLE ROCHEUX

Le socle rocheux a été intercepté dans les forages 18F01 et 18F02 respectivement à 4,85 m et 8,66 m de profondeur. Le roc est un granite gris-noir. La récupération du roc varie entre 79 % et 100 % dans l'ensemble des courses forées. La qualité du roc est très mauvaise au droit du forage 18F01 et au début du socle rocheux au droit du forage 18F02 (4,85 m à 5,84 m) selon les valeurs de RQD (*Rock Quality Designation*) mesurées. Le roc devient d'excellente qualité au droit du forage 18F01 à partir de 5,84 m jusqu'à la fin du forage, soit 8,65 m.

Une analyse en laboratoire a été effectuée afin de caractériser la résistance en compression simple du roc en place. Le tableau 4-4 présente les résultats obtenus. L'annexe E présente le rapport photographique des carottes de roc.

Tableau 4-3 Résultats de l'essai de compression simple – socle rocheux

Forage	Échantillon	Profondeur (m)	Résistance en compression (MPa)
18F01	CR-9	8,07 – 8,18	75

5 NAPPE D'EAU SOUTERRAINE

Un tube ouvert a été installé au droit du forage 18F01. La lecture du niveau de l'eau a été effectuée le 18 octobre 2018. Le niveau d'eau mesuré se trouve à 4,89 m sous la surface du sol. Le tableau 5-1 indique l'élévation de l'eau ainsi que le niveau d'eau par rapport à la surface du sol.

Tableau 5-1 Relevé de l'eau souterraine

N° tube ouvert	Élévation du sol (géodésique – NAD-83) (m)	Élévation de l'eau (géodésique – NAD-83) (m)	Niveau d'eau mesuré par rapport au sol (m)
18F01	359,32	354,43	4,89

Il convient de mentionner que ce relevé n'est représentatif que de la période à laquelle il a été effectué. En effet, la nappe d'eau souterraine peut fluctuer selon les saisons, étant habituellement basse durant l'hiver et l'été et haute au printemps et à l'automne.

6 RECOMMANDATIONS

Selon les informations disponibles, le projet prévoit le remplacement du ponceau existant situé au chaînage CH 45,237 m de la route traversant le parc national de la Mauricie. Le ponceau actuel est composé d'un tuyau arqué en TATOG dont la largeur et la hauteur sont respectivement de 2 700 mm et 2 400 mm. Au moment d'écrire ce rapport, le remplacement de cette structure prévoyait la mise en place d'un tuyau en béton armé (TBA) de 2100 mm de diamètre muni de 3 déversoirs. Selon la configuration transmise, l'élévation du radier projeté du ponceau se situerait à l'élévation 354,24 m en amont et à 353,96 m en aval. Selon les informations obtenues, le niveau de la route sera rehaussé de l'ordre de 40 mm dans ce secteur en vue de l'ajout d'une couche de surface. La méthode de mise en place n'est pas connue à ce moment. En cas de retraitement en place, des recommandations supplémentaires spécifiques à cet aspect seront nécessaires sous forme d'un mandat distinct.

En se basant sur les résultats des sondages effectués et en supposant que ces derniers sont représentatifs de l'ensemble de la stratigraphie du site, les commentaires et recommandations sont présentés dans les sections suivantes.

Les conditions rencontrées entre les sondages ou ailleurs sur le site peuvent éventuellement différer de celles observées à l'emplacement des sondages. Dans cette optique, nous recommandons que les excavations soient inspectées par un ingénieur en géotechnique afin de s'assurer de la représentativité des sondages et, le cas échéant, de détecter toute particularité inobservable lors des travaux de reconnaissance qui serait susceptible d'affecter nos conclusions et recommandations.

Par ailleurs, nous devons être avisés de toute modification dans la localisation, la nature ou la conception du projet afin d'en évaluer l'impact et, au besoin, de modifier les recommandations formulées dans le présent rapport.

6.1 ÉLÉVATIONS PROPOSÉES

En tenant compte de la topographie du site, les élévations suivantes sont proposées et prises en compte dans les analyses et les recommandations géotechniques :

Élévation de la surface de la chaussée au niveau de l'axe du ponceau :

- Amont : 359,34 m;
- Aval : 358,88 m;
- Élévation de l'assise du ponceau en amont : 354,24 m;
- Élévation de l'assise du ponceau en aval : 353,96 m;
- Élévation du niveau de la nappe phréatique (niveau mesuré) : 354,43 m.

6.2 TYPE DE PONCEAU PROPOSÉ

Le diamètre du ponceau et la hauteur du remblai doivent être choisis de sorte à satisfaire la relation suivante :

$$\sigma_{ad} \geq \gamma z + q_0 \left(1 - \left(\frac{1}{1 + (r/z)^2} \right)^{1,5} \right)$$

Où :

- σ_{ad} : contrainte admissible sur la conduite à ne pas dépasser et fixée par le fabricant;
- γ : poids volumique du remblai au-dessus du ponceau ($\gamma = 22 \text{ kN/m}^3$);
- z : hauteur du remblai au-dessus du ponceau ($z_{\text{à considérer}} = 3,0 \text{ m}$);
- q_0 : contrainte verticale transmise à la surface du terrain par une roue dont la surface de contact a un rayon r_0 ($q_0 \text{ à considérer} = 700 \text{ kPa}$ et $r \text{ à considérer} = 25 \text{ cm}$).

Si la condition résultante du calcul n'est pas respectée, le type de ponceau à installer devra être reconsidéré.

6.3 PROFONDEUR DE PÉNÉTRATION DU GEL

La relation de Berggren modifiée a été utilisée pour estimer la profondeur de pénétration du gel dans la région du parc national de la Mauricie. La station météorologique la plus à proximité, soit celle de Shawinigan, Québec, a été utilisée. Pour une structure non chauffée, une protection contre le gel de 1,90 m de profondeur sous le niveau fini du terrain sera requise pour les éléments de fondation.

6.4 EXCAVATION ET DRAINAGE À COURT TERME

6.4.1 EXCAVATION DES SOLS

Selon les informations obtenues quant au radier du ponceau projeté, nous estimons que le niveau d'implantation des fondations sera de l'ordre de $\pm 354,0 \text{ m}$, donc sous le niveau du toit du roc intercepté dans le forage 18F01 et également sous le niveau de l'eau souterraine mesurée lors des travaux. Les excavations requises pour rejoindre le niveau d'implantation des fondations seront de l'ordre de 5 m de profondeur et peuvent se faire en tranchées ouvertes.

Comme il s'agit de pentes temporaires, l'entrepreneur est responsable de leur stabilité ainsi que de la sécurité des travailleurs, de l'ouvrage à construire et des structures avoisinantes quand cette sécurité dépend de la stabilité des pentes temporaires.

En se basant sur les données recueillies des forages effectués, les excavations, selon le secteur s'effectueront dans les matériaux de remblai, du sol naturel et au niveau du roc.

Nous sommes d'avis que les excavations requises dans le cadre de ce projet peuvent se faire en tranchées ouvertes. Des pentes d'excavations temporaires, dont l'inclinaison est de l'ordre de 2,0H : 1,0V, pourraient être profilées dans des sols drainés lors des travaux.

L'utilisation du terme « sol drainé » signifie que le rabattement de la nappe phréatique se fait par l'extérieur du fond de l'excavation, pour permettre de rabaisser le niveau de la nappe phréatique dans la section des travaux au moins à 0,5 m sous le niveau du fond d'excavations. Pour une excavation uniquement drainée par des pompes au fond de l'excavation, les pentes d'excavations stables devront être plus douces que celles du cas drainé et pourront atteindre des pentes de l'ordre de 2,75 à 3,0 H : 1,0 V.

Par ailleurs, il est important de mentionner que selon les données de terrain observées (stratigraphie, niveau de l'eau souterraine, niveau d'excavation projetée, etc.), des instabilités des parois d'excavations pourraient être possibles aux droits des excavations. Des mesures au chantier devront être prévues pour contrer ce phénomène. Les recommandations relatives à la gestion des eaux souterraines lors des travaux sont présentées à la section suivante.

Pour des raisons économiques ou pour limiter les excavations, un système de soutènement temporaire pourra être retenu. Les paramètres géotechniques mentionnés dans le tableau 6-1 sont suggérés afin de calculer les poussées latérales.

Tableau 6-1 Paramètres géotechniques des sols pour le calcul de la poussée des terres

Paramètres	Remblai et sol naturel	Horizon de cailloux/blocs
Poids volumique humide, γ_h (kN/m ³)	20,0	21,0
Poids volumique déjaugé, γ' (kN/m ³)	10,2	11,2
Angle de frottement interne, ϕ' (degrés)	31	31
Coefficient de la pression des terres au repos, K_0	0,48	0,48
Coefficient de poussée, K_a	0,32	0,32
Coefficient de butée, K_p	3,12	3,12

En fonction des conditions de chantier, dans le cas où les mouvements du sol devront être limités en périphérie de l'excavation (présence de structures), il est recommandé d'utiliser le coefficient de poussée des terres au repos (K_0) au lieu du coefficient de poussée active (K_a) pour le calcul des poussées sur les parois du soutènement. Les surcharges créées par la présence des structures adjacentes au projet et par la circulation devront également être considérées dans le calcul des efforts latéraux.

Les poussées hydrostatiques devront être ajoutées aux poussées des terres s'appliquant sur les systèmes de soutènement temporaires s'ils ne sont pas drainés. Le niveau de l'eau souterraine devra être considéré à une profondeur de 4,00 m par rapport au niveau du terrain actuel pour les calculs. Sous ce niveau, le poids déjaugé du sol additionné à la pression d'eau souterraine devra être considéré dans le calcul des poussées latérales.

Il convient de souligner qu'une boîte de tranchée est conçue uniquement pour assurer la sécurité des travailleurs en cas de déplacement de sols. Il faut comprendre que son emploi ne garantit pas la stabilité des parois d'excavations surtout si ces dernières ont des inclinaisons plus raides que celles indiquées dans le paragraphe suivant.

La stabilité des parois doit donc être vérifiée par un ingénieur spécialisé en géotechnique, afin d'éviter une rupture qui pourrait entraîner la boîte de tranchée.

Les excavations doivent être réalisées en respectant les exigences de la *Loi sur la santé et sécurité du travail du Code de sécurité pour les travaux de construction*. Les pentes d'excavations temporaires aux fins de construction sont de la responsabilité de l'entrepreneur et devront être ajustées en fonction des conditions réelles de terrain au moment des travaux de construction (densité des sols, présence d'eau, de débris, évidence d'instabilités locales, etc.).

Selon la durée d'exposition des parois de l'excavation ou des conditions climatiques qui prévaudront au moment des travaux, les parois devront être recouvertes de membranes imperméables afin de prévenir l'érosion et le développement d'instabilités locales.

Il est recommandé de ne pas stationner les véhicules lourds en crête du talus à une distance inférieure à la profondeur des excavations. Il est également recommandé d'éviter la circulation des véhicules en crête des excavations, et ce, à l'intérieur d'une distance inférieure à la profondeur des excavations, afin de minimiser les vibrations.

Il sera aussi important de s'assurer de garder une distance au moins égale à la profondeur de l'excavation entre le sommet du talus et la base des tas de matériaux entreposés au chantier. Cette condition doit être respectée en tout temps, à moins que des études particulières ne soient effectuées pour chaque cas spécifique.

6.4.2 EXCAVATION DANS LE ROC

Étant donné que le socle rocheux a été rencontré dans le secteur des futurs travaux (forage 18F01) et de la profondeur d'excavations prévue, une excavation dans le socle rocheux devra être effectuée.

Le roc fracturé et altéré pourra possiblement être excavé au moyen d'une excavatrice puissante tandis que le roc de meilleure qualité devra être excavé au marteau-mécanique. Des pentes de l'ordre de 1,0 H : 2,0 V sont suggérées pour le profilage latéral des excavations dans le rocher altéré ou de mauvaise à très mauvaise qualité. Des pentes (sub-verticales) maximales de 1,0 H : 10,0 V sont recommandées dans le roc de bonne à excellente qualité.

Les commentaires généraux présentés à la section précédente sont également recommandés dans le cadre de ces excavations.

6.4.3 CONTRÔLE DE L'EAU SOUTERRAINE À COURT TERME

Le niveau de l'eau souterraine a été mesuré dans le forage 18F01 à une profondeur de 4,89 m (élévation 354,43 m) mesuré le 19 octobre 2018.

Basé sur le niveau de l'eau souterraine mesurée et compte tenu de la profondeur des excavations prévues, des venues d'eau devront être anticipées dans les tranchées pour les travaux de mise en place du ponceau. Des infiltrations causées par des eaux de ruissellement ou par des nappes d'eau occluses au sein des couches superficielles de sols pourraient également survenir au cours des excavations, en fonction des conditions climatiques et/ou de la période de l'année à laquelle les travaux seront réalisés.

Nous sommes d'avis que les venues d'eau devraient être concentrées à l'interface des sols et du roc et devraient pouvoir être éliminées au moyen de tranchées et de pompes judicieusement placées, c'est-à-dire en périphérie des fouilles, près des sources d'infiltration et dans les points bas du site.

Nous recommandons d'effectuer les travaux lors de périodes sèches de l'année où les précipitations sont moins importantes (par exemple durant l'été) afin de travailler dans un environnement sec et de diminuer les besoins en pompage.

Des recommandations concernant la mise en place d'un batardeau sont présentées à la section 6.5 de ce présent rapport.

6.5 ASSÈCHEMENT ET BATARDEAU

La mise en place du coussin granulaire du ponceau s'effectuera probablement sous le niveau d'eau, ce qui nécessitera la mise en place d'un batardeau, combiné ou non, avec ou sans soutènement temporaire des parois, et assèchement de l'enceinte. Le choix du système devra tenir compte du fait que la construction pourra s'effectuer sous le niveau d'eau et que le pompage des eaux souterraines sera alors nécessaire pour permettre la réalisation des travaux.

Tout comme dans le cas des pentes d'excavations temporaires, les débits d'infiltration pourront varier, même considérablement, en fonction des conditions de sols rencontrées, des conditions d'eau souterraine et selon la profondeur et l'étanchéité du batardeau ou du système de soutènement temporaire utilisé.

L'utilisation d'un système de soutènement temporaire non étanche comme des pieux soldats et boisage apparaît non appropriée en raison de la présence du roc. Le pompage devra débuter avant les travaux d'excavation pour abaisser le niveau d'eau souterraine d'au moins 500 mm sous le fond de l'excavation à faire.

Compte tenu de la forme de l'excavation en rectangle allongé reposant au sein du roc, ceci implique la mise en place de puits de pompage le long du périmètre, selon un espacement et avec une capacité suffisante pour abaisser le niveau d'eau sur l'ensemble de l'excavation.

L'utilisation d'un système de soutènement temporaire non étanche présente aussi des risques d'érosion interne des sols environnants sous l'effet de l'écoulement de l'eau avec pour conséquence l'apparition possible de tassements sous les chaussées et autres structures éventuellement construites sur le sol à proximité. Une attention devra être portée à ce problème potentiel et les mesures appropriées sous forme de filtres géotextiles ou granulaires devront être prises, s'il y a lieu.

Alternativement, le cours d'eau pourra être dérivé selon les règles de l'art. La méthode sélectionnée relève de la responsabilité de l'entrepreneur.

Les ouvrages de soutènement temporaire et le pompage de l'excavation devront être confiés à des entrepreneurs de compétence reconnue dans ces domaines. La méthode d'exécution de tels ouvrages et travaux est importante pour assurer la qualité et le bon comportement. Un programme de contrôle qualitatif approprié devra être appliqué pendant les travaux.

Les paramètres géotechniques recommandés sont présentés au tableau 6-1, pour fins de calculs des poussées latérales susceptibles de s'appliquer sur le système de soutènement retenu.

6.6 FONDATIONS

Étant donné les élévations projetées du radier du ponceau qui sont de 354,24 m en amont et de 353,96 m en aval, les fondations du ponceau devront reposer soit dans l'horizon de cailloux et blocs (forage 18F02) ou sur le socle rocheux (forage 18F01). Les sections suivantes présentent la préparation du site, les valeurs de résistance géotechnique à l'état limite ultime (ÉLUL) et à l'état limite d'utilisation (ÉLUT) à utiliser pour la mise en place de fondations, les transitions à respecter et la catégorie d'emplacement du site.

Ces calculs ont été effectués étant donné que le changement de type de ponceau dans le cadre du remplacement soit le passage d'un ponceau en tôle (TATOG) à un ponceau en béton (TBA) et étant donné le changement de dimensions du ponceau passant à un diamètre inférieur et donc à une augmentation de la hauteur du remblai au-dessus de la nouvelle structure.

6.6.1 PRÉPARATION DU SITE

Préalablement à la mise en place de la structure projetée, nous recommandons que la surface d'assise soit préparée comme suit :

- Procéder à l'enlèvement des matériaux de remblai, de la terre végétale, des matériaux contenant des matières organiques ou des sols non compactables et de tout sol jugé inacceptable et du socle rocheux, jusqu'aux niveaux requis;
- Procéder à une inspection de la surface ainsi obtenue pour détecter toute zone molle ou remaniée. Excaver ces zones et remblayer avec un matériau granulaire compacté à 90 % de la densité sèche maximale. Densifier la surface découverte à 90 % de la densité sèche maximale de façon à pourvoir une assise rigide et sans zone de déflexion excessive;
 - Les zones molles/lâches ou instables rencontrées lors du compactage devront être surexcavées et remplacées par des matériaux granulaires compactés;

- Dans le cas où le socle rocheux est atteint, nettoyer la surface ainsi dégagée afin d’assurer qu’elle soit propre et libre de toute boue et de tout fragment lâche, disloqué, instable et friable et ne présente pas une inclinaison supérieure à 15% par rapport à l’horizontale. Toutes les zones de roc altéré ou très friable devront être surexcavées, de façon à appuyer les fondations sur un roc solide;
 - En cas de bris hors profils, combler les dépressions avec un matériau granulaire de type MG-20 compacté à 95% de la densité maximale sèche en couches maximales de 300 mm ou mettant en place une couche de béton maigre;
- Au besoin, protéger le fond de l’excavation à l’aide d’un matériau de type MG-20 compacté à 95 % de la densité maximale sèche obtenue à l’essai Proctor modifié en couches maximales de 300 mm ou en mettant en place une couche de béton maigre d’environ 8 cm d’épaisseur et ayant une résistance à 28 jours de 10 MPa.

L’installation du TBA (tuyau en béton armé) devra respecter les exigences indiquées dans le dessin normalisé issu du Tome III – Ouvrages d’art, chapitre « Ponceaux », dessin 002 du MTQ.

Les valeurs de réaction à l’ÉLUT données dans la section 6.6.3 pourront être utilisées dans le cas des fondations superficielles construites sur le sol naturel ou un remblai contrôlé tel que présenté précédemment, à la suite de la préparation des assises selon les exigences ci-dessus. Les paramètres géotechniques de la section 6.6.2 pour le calcul de la capacité portante à l’ÉLUL pourront être utilisés également dans ce cas. Les travaux d’excavation et de drainage devront être conformes aux recommandations des sections 6.4.1 et 6.4.2.

6.6.2 RÉSISTANCE GÉOTECHNIQUE À L’ÉTAT LIMITE ULTIME (ÉLUL)

La résistance géotechnique à l’état limite ultime (ÉLUL) pour le calcul de fondations superficielles peut être obtenue au moyen de l’équation suivante donnée à la section 10.2 du « Manuel canadien d’ingénierie des fondations, 4e édition, 2013 » (MCIF), en tenant compte de l’excentricité de la charge, de la géométrie de la semelle et de l’inclinaison de la résultante :

$$q_u = c' N_c S_c i c + q_s N_q S_q i q + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma S_\gamma i \gamma$$

La signification de chacun des termes de l’équation susmentionnée ainsi que les modalités de leur application sont données dans le MCIF, 2013.

Les paramètres géotechniques présentés au tableau suivant peuvent être utilisés aux fins de calculs à l’état limite ultime pour des fondations respectant les exigences de la section 6.6.1.

Tableau 6-2 Paramètres géotechniques – Calcul à l’état limite ultime (ÉLUL)

Paramètres	Sol naturel et remblai contrôlé de MG-20
Résistance au cisaillement non drainé, c' (kPa)	0
Angle effectif de frottement interne, Φ' (°)	36
Poids volumique humide, γ_h (kN/m ³)	22,0
Poids volumique déjaugé, γ' (kN/m ³)	12,2
Angle d’inclinaison de la charge par rapport à l’axe vertical, δ (°)	$\tan^{-1}(H/V)^*$
Profondeur d’encastrement minimale, D_f (m)	4,9
Contrainte effective des terres au niveau de la fondation, q_s (kPa)	102
Largeur de l’assise à considérer, B^1 (m)	0,7

Paramètres	Sol naturel et remblai contrôlé de MG-20
Coefficient de portance pour la cohésion, $N_c - N_q - N_\gamma$	51 - 38 - 44
Coefficients de la géométrie des fondations: $S_c - S_q - S_\gamma$	$S_c = S_q = 1 + \frac{B N_q}{L N_c}$ $S_\gamma = 1 - 0.4 \frac{B}{L}$
Coefficients de capacité portante : $i_c - i_q - i_\gamma$	$i_c = i_q = \left(1 - \frac{\delta}{90^\circ}\right)^2$ $i_\gamma = \left(1 - \frac{\delta}{\Phi}\right)^2$

¹ La largeur considérée correspond au $D_e/3$ tel qu'indiqué dans le dessin normalisé issu du Tome III – Ouvrages d'art, chapitre « Ponceaux », dessin 002 du MTQ.

(*) : H et V sont respectivement les charges horizontales et verticales.

Un coefficient de tenue de 0,5 doit être appliqué au résultat obtenu issu de la formule présentée ci-dessus afin d'obtenir la résistance géotechnique pondérée à l'ÉLUL.

La valeur calculée à l'ÉLUL à l'aide de l'équation susmentionnée et des paramètres fournis dans le tableau 6-2 est aussi valable pour les fondations prenant appui sur le socle rocheux.

6.6.3 RÉSISTANCE GÉOTECHNIQUE À L'ÉTAT LIMITE D'UTILISATION (ÉLUT)

En tenant compte que l'assise soit sur un coussin granulaire composé de MG-20 reposant soit sur le sol naturel ou sur le socle rocheux tel que décrit à la section 6.5.1, une valeur de pression de tenue en service limite de **200 kPa** peut être utilisée pour une assise tel qu'indiqué dans le dessin normalisé issu du Tome III – Ouvrages d'art, chapitre « Ponceaux », dessin 002 du MTQ de $D_e/3$ soit de 0,7 m. Le tassement total engendré par une telle pression devrait être inférieur à 25 mm. Cette valeur de tassement présuppose cependant que les surfaces d'assise seront libres de toute boue et de tout sol remanié avant de procéder à la mise en place des fondations.

6.6.4 TRANSITIONS

Afin d'éviter les tassements différentiels dus à la présence de stratigraphie différente où les fondations prendront appuis (horizon de blocs/cailloux et socle rocheux), les pentes de transitions devront respectées les exigences du Tome II – Construction routière, chapitre « Terrassement » du MTQ.

6.6.5 CATÉGORIE D'EMPLACEMENT DU SITE

Selon le tableau 4.1 du Code canadien sur le calcul des ponts routiers (CAN/CSA-S6-14) et en tenant compte de la stratigraphie en place, la catégorie d'emplacement sismique du site est de type C.

6.7 POUSSÉE DES TERRES

La section 6.9.2 du Code canadien sur le calcul des ponts routiers (CAN/CSA-S6-14) décrit les méthodes de calculs des poussées latérales susceptibles de s'appliquer sur les ouvrages de soutènement des terres qui ici fait référence aux murs.

Selon les exigences du CCDG, le remblayage à l'arrière des murs du ponceau devra être effectué avec un matériau granulaire de type MG-112, placé en couches minces n'excédant pas 300 mm et uniformément compactées à une valeur minimale correspondant à au moins 90 % de la densité maximale sèche obtenue à l'essai Proctor modifié.

Le tableau 6-3 présente les paramètres recommandés pour calculer les poussées latérales qui s'exerceront sur la face intérieure des murs du ponceau.

Tableau 6-3 Paramètres géotechniques – Calcul de la poussée des terres

Paramètres	Remblai contrôlé (type MG-112, compacté)
Poids volumique humide, γ_h (kN/m ³)	19,0
Poids volumique déjaugé, γ' (kN/m ³)	9,2
Angle de frottement interne, ϕ' (degrés)	33
Coefficient de la pression des terres au repos, K_o	0,46
Coefficient de poussée, K_a	0,29
Coefficient de butée, K_p	3,39

Ces paramètres se basent sur la section 2.6.2 du Tome III, Conception des ouvrages d'art, des Normes du MTQ. Le coefficient de poussée active K_a doit être utilisé pour le calcul des structures non retenues au sommet tandis que le coefficient de poussée des terres au repos K_o doit être utilisé pour le calcul des structures retenues.

Le calcul de la pression latérale s'exerçant sur les faces intérieures des murs d'une hauteur H, peut être effectué au moyen des équations suivantes :

- $P = \frac{1}{2} \gamma K_a H^2$ (structures non retenues);
- $P = \frac{1}{2} \gamma K_o H^2$ (structures retenues).

Également, la poussée due à la surcharge de compaction tel que définie ci-dessus devra être ajoutée à cette poussée latérale totale dans les calculs de conception.

Les poussées hydrostatiques devront être ajoutées aux poussées des terres si les murs du ponceau ne sont pas drainés. Le niveau de l'eau souterraine devrait être considéré à l'élévation 324,00 m pour tous les forages dans les calculs. Sous ce niveau, le poids déjaugé du sol additionné à la pression d'eau souterraine devra être considéré dans le calcul des poussées latérales. Le profil de pression de l'eau à utiliser dans les calculs devra être hydrostatique.

6.8 DRAINAGE STRUCTURAL

Le remblayage extérieur autour des parois du ponceau devrait être effectué au moyen de matériaux granulaires propres et bien drainants.

6.9 RÉUTILISATION DES DÉBLAIS

La réutilisation des déblais d'excavations comme matériau d'emprunt de 2^e classe pour remblayer les tranchées d'infrastructures hors-chaussée doit d'abord être évaluée et approuvée par un expert en géotechnique. Les matériaux de remblai en place pourront être réutilisés dans ce projet conditionnellement aux paragraphes suivants. La terre végétale ne pourra être réutilisée dans le cadre des travaux projetés.

En considérant que la date des travaux est inconnue, nous sommes d'avis qu'il serait utile d'effectuer des essais supplémentaires (tranchées supplémentaires et essais de laboratoire, tels que teneur en eau, granulométrie, etc.) réalisés peu avant le début desdits travaux où l'on prévoit réutiliser les déblais d'excavations en place pour un ouvrage projeté afin de s'assurer des conditions des sols.

Les matériaux dont la teneur en eau est supérieure à 10-12 % nécessiteront l'assèchement de ces derniers avant de pouvoir les réutiliser. À titre informatif, les essais de laboratoire effectués sur des échantillons ponctuels indiquent des teneurs en eau variant entre 4 % et 5 %.

Il est important de noter que la présence de cailloux et des blocs dans les sols en place peut rendre difficile la réutilisation de ces sols.

Les sols d'excavations jugés réutilisables pour le remblayage pourront être temporairement entreposés (en piles) sur le site, alors que les sols jugés non conformes devront être disposés hors site ou étendus ailleurs sur le site (aires d'aménagement paysager, par exemple) si cela est acceptable d'un point de vue environnemental. Il convient de mentionner qu'aucun échantillonnage environnemental n'a été effectué dans le cadre de ce mandat.

La mise en place où l'utilisation des déblais jugés conformes pourra être effectuée durant des périodes de conditions climatiques appropriées, soit par temps sec et ensoleillé. Une telle utilisation est aussi conditionnelle à ce que les teneurs en eau soient appropriées pour permettre le compactage à 95 % de la masse volumique maximale de la planche de référence. Par ailleurs, les débris et les inclusions de terre végétale ou de sols organiques devront préalablement être enlevés des sols avant leur utilisation. Ces derniers devront également respecter les critères environnementaux du ministère de l'Environnement et la Lutte contre les changements climatiques (MELCC).

6.10 CONTRÔLE DE LA QUALITÉ

Lors des travaux de construction, il est recommandé d'effectuer un contrôle de la qualité sur les éléments suivants par du personnel compétent en géotechnique :

- Vérification de l'état du fond des excavations avant l'installation des structures projetées;
- Vérification des opérations de remblayage et de compactage;
- Vérifications des techniques de construction et des matériaux;
- Vérifications de la qualité des matériaux (remblai, enrobés bitumineux, béton de ciment, etc.) et de leur mise en place;
- Etc.

6.11 RÉVISION DES PLANS

Afin de veiller au respect des recommandations techniques élaborées dans le cadre de ce rapport, nous recommandons une révision des plans de conception des ouvrages et structures projetés.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ASTM INTERNATIONAL STANDARDS. 2011. Standard Test Method for Standard Penetration Test (SPT) and Split-Barrel Sampling of Soils. Active Standard ASTM D1586. 9 p.
- ASTM INTERNATIONAL STANDARDS. 2017. Standard Test Method for Determining Rock Quality Designation (RQD) of Rock Core. Active Standard ASTM D6032. 9 p.
- BOWLES, J.E. 2000. Foundation Analysis and Design 5th edition. McGraw Hill, Canada, 1207 pages.
- BRIÈRE, F. G. 2000. Distribution et collecte des eaux. Presses inter Polytechnique, 399 pages.
- BUREAU DE NORMALISATION DU QUÉBEC. 2007. Sols – Analyse granulométrique des sols inorganiques. Norme BNQ 2501-025 (R2013). 27 p.
- CONSEIL CANADIEN DES NORMES. 2006. Code canadien sur le calcul des ponts routiers. CSA, Mississauga, Canada, 800 pages.
- MTQ. 2017. Tome III – Ouvrages d’art, Chapitre 4. Publications Québec, 16 pages.
- SOCIÉTÉ CANADIENNE DE GÉOTECHNIQUE. 2013. Manuel canadien d’ingénierie des fondations. 4e édition. BiTech Publishers, Richmond, B.C., 476 pages.

ANNEXE

A

CONTEXTE GÉNÉRAL ET LIMITATIONS

LIMITES ET CONDITIONS GÉNÉRALES

ÉTUDE GÉOTECHNIQUE

Utilisation du rapport

Les données factuelles, les interprétations et les recommandations contenues dans ce rapport se rapportent à un projet spécifique tel que décrit dans ledit rapport et ne s'appliquent à aucun autre projet ni à aucun autre site. Si le projet est modifié du point de vue de la conception, de l'emplacement ou de l'élévation ou encore, si le projet n'est pas amorcé dans un délai raisonnable, WSP devra être consultée de façon à réviser la validité des recommandations données dans le présent rapport.

Les recommandations données dans ce rapport ne servent qu'à guider l'ingénieur concepteur. Les entrepreneurs soumissionnaires ou exécutant les travaux devront compter sur leurs propres interprétations des résultats factuels des sondages pour déterminer de quelle manière les conditions géotechniques, hydrogéologiques et géologiques peuvent affecter leurs travaux.

Pour conserver l'intégrité de ce rapport et permettre son interprétation avec pertinence, aucune donnée, valeur ou résultat ne peut en être partiellement retiré. Le présent rapport ne doit être utilisé qu'aux fins pour lesquelles il a été préparé.

Suivi de l'étude et des travaux

Certains ou tous les détails de conception et de construction peuvent ne pas être connus au moment de la parution du rapport de WSP.

Il est recommandé que les services d'un professionnel soient retenus pendant la construction, d'abord pour vérifier et confirmer que les conditions géotechniques, hydrogéologiques et géologiques présentes sur l'ensemble du chantier ne diffèrent pas de celles indiquées dans le rapport de WSP. Ensuite, il est essentiel de certifier que les travaux de construction n'ont pas d'effets défavorables sur les recommandations du rapport.

Conditions des sols et du roc

Les descriptions des sols et du roc inscrites dans ce rapport proviennent de méthodes de classification et d'identification communément acceptées et utilisées en pratique géotechnique, qui ne garantissent pas que les descriptions soient exactes.

Cependant, WSP applique une description convenant à la nomenclature communément utilisée en pratique géotechnique.

Les conditions des sols et du roc décrites dans ce rapport sont celles observées au moment de l'étude. À moins d'indication contraire, ces conditions représentent les fondements qui ont amené à établir les recommandations du rapport. Les conditions des sols et du roc peuvent cependant être sensiblement modifiées par les travaux de construction (circulation d'équipements, excavation, fonçage de pieux, dynamitage, etc.) sur le site ou sur les sites voisins. Une excavation peut exposer les sols à des changements de propriétés provoqués par l'humidité, le séchage ou le gel. Sauf indication contraire, les sols et le roc doivent être protégés contre l'effet dommageable de ces changements ou du remaniement pendant la construction.

Rapports de forage et interprétation des conditions observées

Les dépôts meubles et le massif rocheux sont de nature et de propriété variables sur une plus ou moins grande superficie et aussi en profondeur. Les rapports de forage ne fournissent que des conditions approximatives et ponctuelles de ces formations géologiques à l'emplacement des forages et des sondages. Les contacts entre les différentes couches indiquées sur les rapports peuvent être difficiles à distinguer. En effet, la nature des sols peut changer progressivement avec la profondeur, de sorte que le contact entre deux couches peut être imprécis et correspondre plutôt à une zone de transition. La précision

de la stratigraphie rencontrée dépend de la méthode de forage, de la fréquence et de la méthode d'échantillonnage puis de l'homogénéité des sols rencontrés. L'espacement entre les forages, la fréquence d'échantillonnage et le type de forage dépendent des considérations budgétaires et des délais d'exécution, tous deux établis avant le début des travaux.

Les conditions géotechniques, hydrogéologiques et géologiques entre les emplacements des forages font l'objet d'une interprétation par interpolation ou encore, elles dépendent du jugement de l'ingénieur géotechnicien. En réalité, la stratigraphie peut varier sensiblement, de sorte que l'interprétation des résultats de l'étude doit être faite avec précaution par le lecteur du rapport.

Les niveaux de l'eau souterraine indiqués dans ce rapport sont uniquement ceux observés à l'endroit et à la date des relevés, tels que présentés dans le rapport. Ces conditions peuvent varier selon les saisons ou à la suite de travaux de construction sur le site ou sur les sites voisins.

Changement des conditions observées

Lorsque les conditions géotechniques, hydrogéologiques ou géologiques rencontrées sur le site diffèrent de celles indiquées au rapport, soit à cause de la nature hétérogène des sols et du roc ou encore, parce que des changements sont survenus à la suite de travaux de construction (ou pour toute autre raison), le client doit, comme condition d'utilisation du rapport, prévenir WSP du changement des conditions et fournir à WSP l'opportunité de réviser les recommandations émises dans ce rapport. Reconnaître un changement des conditions des sols et du roc requiert une certaine expérience; il est donc recommandé qu'un ingénieur géotechnicien expérimenté soit dépêché sur le site pour prendre position sur les changements des conditions rencontrées.

Drainage

Le drainage de l'eau souterraine est souvent requis aussi bien pour des ouvrages temporaires que pour des ouvrages permanents. La conception ou l'exécution impropre d'un système de drainage peut entraîner de sérieuses conséquences. WSP ne peut en aucun cas endosser la responsabilité des dommages causés par un système inadéquat de drainage, à moins que WSP n'ait été spécifiquement impliquée à la fois dans la conception détaillée et le suivi continu au chantier, lors de la construction du système de drainage.

Environnement

De façon générale, la caractérisation environnementale ne prétend pas couvrir de façon exhaustive l'ensemble des enjeux environnementaux potentiels du site à l'étude, ni de ponctuels sites de contamination. Ainsi, le contenu de ce rapport ne doit en aucun temps, être considéré comme un jugement définitif ou final de la contamination et de tout autre aspect environnemental rattaché au terrain à l'étude.

Les constatations insérées dans ce rapport sont strictement issues des renseignements et des résultats obtenus au cours des travaux de caractérisation des sols effectués par WSP, et autres documents remis par le Client en début de mandat.

Les résultats analytiques obtenus sont jugés représentatifs de la qualité environnementale des sols et prélevés aux endroits ayant fait l'objet d'une investigation et ce, pour les paramètres sélectionnés, tels que définis au mandat et selon l'entente entre WSP et le Client. Ces résultats ne constituent pas une indication quant à une contamination liée à d'autres sources ni une garantie pour les endroits n'ayant pas fait l'objet de travaux de caractérisation. Toute extrapolation à partir de ces résultats, notamment en ce qui concerne la géométrie, les volumes ou l'étendue de sols ou d'eau souterraine affectés, est formulée sur une base interprétative et doit être considérée sous toute réserve.

Les conclusions et recommandations formulées à l'intérieur de ce rapport représentent notre opinion professionnelle, au meilleur de notre connaissance au moment de la préparation de ce rapport et sont fondées sur les documents, études, renseignements et résultats présentés ici, en tenant compte des limitations applicables.

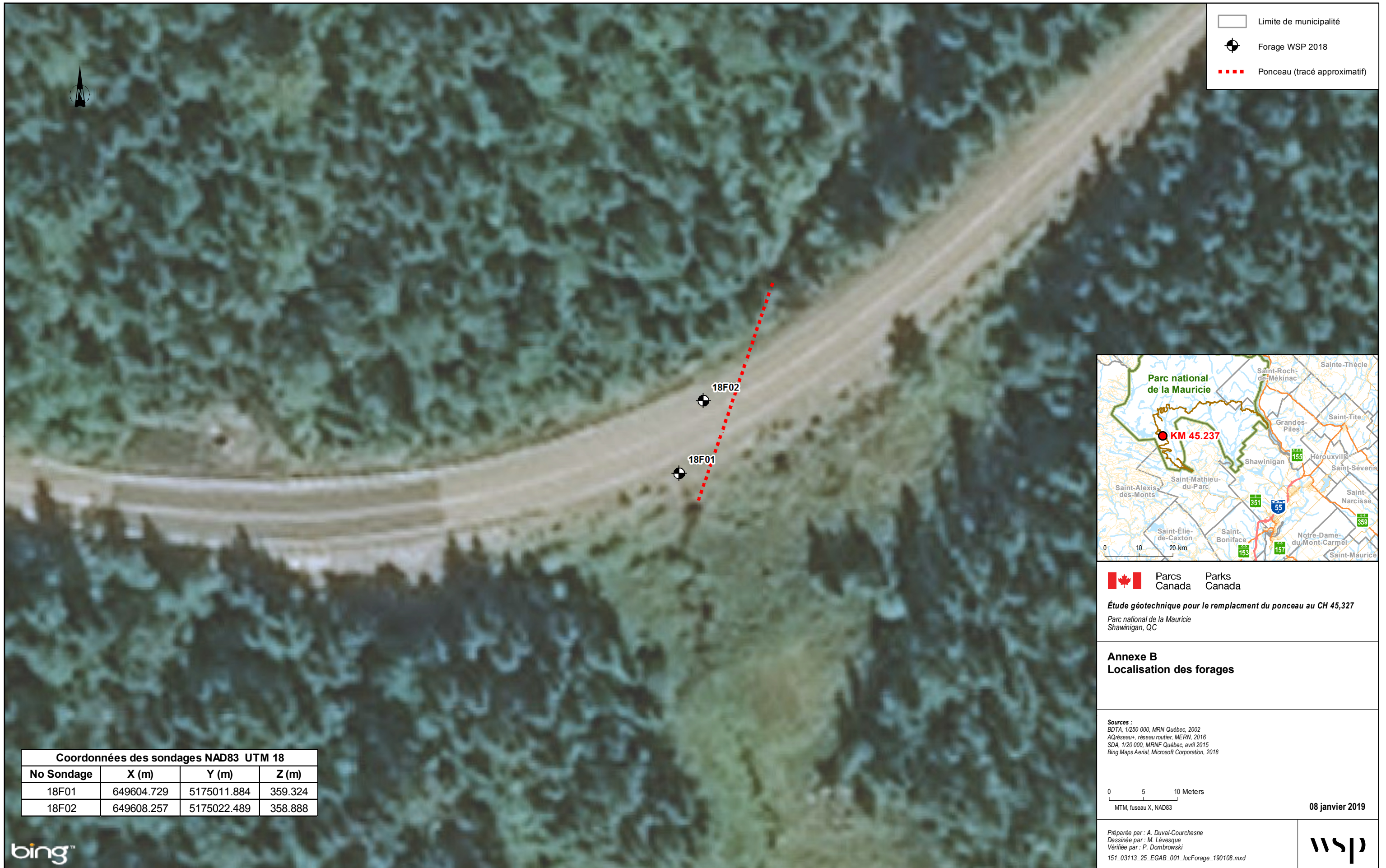
En aucun temps WSP ne pourra être tenue responsable de dommages résultant de conditions souterraines imprévisibles ou d'informations erronées provenant d'une autre source.

Toute opinion concernant l'application ou la conformité aux lois et règlements apparaissant dans ce rapport est exprimée sous toute réserve et ne doit, en aucun temps, être considérée comme un avis juridique ou se substituer à un tel avis.

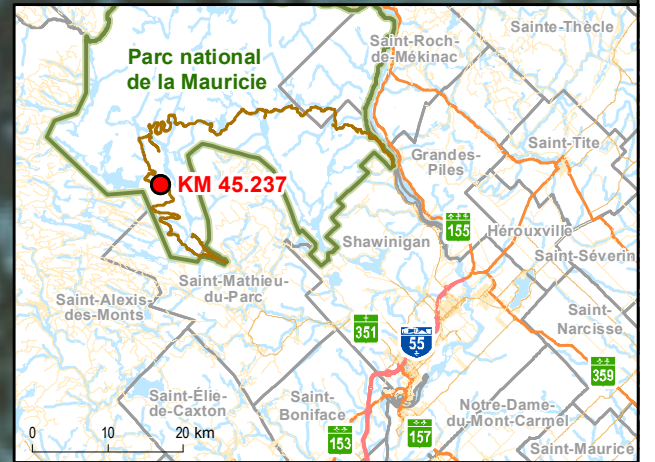
ANNEXE

B

PLAN DE
LOCALISATION DES
FORAGES



- Limite de municipalité
- + Forage WSP 2018
- Ponceau (tracé approximatif)



Parcs Canada **Parks Canada**

 tude géotechnique pour le remplacement du ponceau au CH 45,327
 Parc national de la Mauricie
 Shawinigan, QC

Annexe B
Localisation des forages

Sources :
 BDTA, 1/250 000, MRN Québec, 2002
 AQR seau+, réseau routier, MERN, 2016
 SDA, 1/20 000, MRNF Québec, avril 2015
 Bing Maps Aerial, Microsoft Corporation, 2018

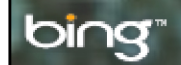
0 5 10 Meters
 MTM, fuseau X, NAD83

08 janvier 2019

Pr par e par : A. Duval-Courchesne
 Dessin e par : M. Lévesque
 V rifi e par : P. Dombrowski
 151_03113_25_EGAB_001_locForage_190108.mxd



Coordonnées des sondages NAD83 UTM 18			
No Sondage	X (m)	Y (m)	Z (m)
18F01	649604.729	5175011.884	359.324
18F02	649608.257	5175022.489	358.888



La précision des limites et les mesures montr es sur ce document ne doivent pas servir à des fins d'ingénierie ou de délimitation foncière. Aucune analyse foncière n'a été effectu e par un arpenteur-géomètre.

ANNEXE

C

RAPPORTS DE
FORAGES



PROFONDEUR : Distance par rapport à la surface du terrain des différents contacts géologiques.

NIVEAU (M) / PROFONDEUR : Élévation par rapport à un point géodésique ou à un point arbitraire de l'emplacement vertical d'un sondage.

DESCRIPTION DU SOL ET DU ROC

Classification des sols selon l'USCS	Dimension des particules (mm)
Argile	< 0,002
Silt	0,002 - 0,075
Sable fin	0,075 - 0,475
Sable moyen	0,475 - 2
Sable grossier	2 - 4,75
Gravier fin	4,75 - 19
Gravier grossier	19 - 75
Cailloux	75 - 300
Blocs	> 300

Terminologie descriptive	Pourcentage (%)
« Traces »	1 - 10
« Un peu »	10 - 20
Adjectif (ex : graveleux)	20 - 35
« Et »	35 - 50

Sols non-cohésifs	Indice N de l'essai de pénétration standard
Très lâche	0 - 4
Lâche	4 - 10
Compact	10 - 30
Dense	30 - 50
Très dense	> 50

Sols cohésifs	Résistance au cisaillement non-drainé (kPa)
Très mou	≤ 12
Mou	12 - 25
Ferme	25 - 50
Raide	50 - 100
Très raide	100 - 200
Dure	> 200

Classification du roc	Indice RQD (%)
Très mauvaise qualité	< 25
Mauvaise qualité	25 - 50
Qualité moyenne	50 - 75
Bonne qualité	75 - 90
Excellente qualité	90 - 100

SYMBOLES

Roc		Gravier		Argile	
Bloc		Sable		Remblai	
Cailloux		Silt		Terre végétale	

ÉCHANTILLONS

TYPE ET NUMÉRO : Type d'échantillon conformément à la méthode d'échantillonnage utilisée et séquence numérique croissante correspondant à l'ordre d'échantillonnage.

SOUS-ÉCHANTILLON : S'applique lorsque plus d'une stratigraphie compose l'échantillon. La classification en sous-échantillon permet de différencier les stratigraphies pour les essais en laboratoire. Cette classification est effectuée selon une séquence alphabétique.

ÉTAT : Illustré par un symbole défini dans l'entête du rapport de sondage. Permet de définir la condition de l'échantillon.

RÉCUPÉRATION : Rapport entre la longueur récupérée dans l'échantillonneur versus la longueur enfoncée.

INDICE N ET NOMBRE DE COUPS / 15 CM FRAGMENTATION : Obtenu par l'essai de pénétration standard correspondant au nombre de coup d'un marteau de 63,5 kg tombant en chute libre d'une hauteur de 760 mm nécessaire pour enfoncer un carottier fendu de 50 mm de diamètre sur une longueur de 300 mm (Norme ASTM D-1586). Le résultat du nombre de coups obtenu par 150 mm est indiqué dans la colonne coups/15 cm fragmentation. À l'atteinte de 50 coups pour l'enfoncement de l'échantillonneur, un refus est considéré et la profondeur du refus est alors notée. L'indice N est obtenu en additionnant la 2^e et 3^e course de 150 mm du carottier fendu.

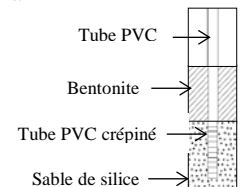
RQD (%) : Rapport entre la sommation des morceaux plus longs que 100 mm de roc intact et la longueur forée d'une course.

GRAPHIQUE

Graphique permettant d'illustrer la résistance au cisaillement non drainé des sols cohérents, les essais de pénétration dynamique, les teneurs en eau et les limites d'Atterberg.





















NIVEAU D'EAU

Cette colonne représente le niveau d'eau mesuré à la date indiquée. Le détail d'installation du puits est illustré schématiquement.



ESSAIS

Cette colonne présente les résultats des essais effectués en chantier et au laboratoire. La définition des abréviations utilisées est indiquée dans l'entête du rapport de sondage.

Nom du consultant: 		Nom du client : 		Page 1 de 2								
				RAPPORT DE FORAGE								
				Sondage N° 18F01								
Nom du projet: Remplacement d'un ponceau existant au CH 45+110				Coordonnées géodésiques (m) X: 649604.7								
Nom du requérant : Parcs Canada				UTM (NAD83) Y: 5175011.9								
Localisation civile : Parc National de la Mauricie				Z: 359.32								
Entrepreneur en forage: Forage Downing				No. de projet : 151-03113-25								
Type de forage : Tarière				Plan de localisation No. :								
Diamètre du forage: Diamètre de tarière: 200 mm				Date du début du sondage : 2018-10-18								
Préparé par : Nicolas Rousseaux, tech.				Profondeur du sondage : 8.65 m								
Inclinaison :				Azimut :								
Vérifié par : Joseph Tsafack, ing., M.Sc												
TYPE D'ÉCHANTILLON		TERMINOLOGIE		INDICE DE QUALITÉ DU ROC		COMPACTITÉ		INDICE "N"		NIVEAU D'EAU		
CF Cuillère fendue		"traces" 1-10%		% RQD <25		Très lâche		0-4		Date: 2018-10-18 Date:		
CR Échantillon par forage au diamant		"un peu" 10-20%		25-50		Lâche		4-10		Prof.: 4.89 Prof.:		
EM Manuel		adjectif (...eux)		50-75		Compact		10-30				
TA Tarière		"et"		75-90		Dense		30-50				
TE Tube d'échantillonnage				90-100		Très dense		>50				
TM Tube à paroi mince												
ÉTAT DE L'ÉCHANTILLON		SYMBOLES		CLASSIFICATION DES SOLS		CONSISTANCE		RÉSISTANCE AU CISAILEMENT (Cu)				
 Remanié		N: Indice de pénétration standard		Argile < 0,002 mm		Très molle		<12 kPa				
 Intact (tube à paroi mince)		R: Refus (N > 100)		Silt 0,002 à 0,080 mm		Molle		12-25 kPa				
 Perdu		PM: Poids du marteau / 61 cm		Sable 0,080 à 5 mm		Ferme		25-50 kPa				
 Forage au diamant		R.Q.D: Indice de qualité du roc		Gravier 5 à 80 mm		Raide		50-100 kPa				
		% R.Q.D = Σ Carottes > 4 po. (10 cm) longueur forée		Cailloux 80 à 300 mm		Très raide		100-200 kPa				
				Blocs > 300mm		Dure		>200 kPa				
PROFONDEUR (m)	STRATIGRAPHIE			ÉCHANTILLONS			COUPS/15cm FRAGMENTATION (mm)	GRAPHIQUE	INSTALLATION	ESSAIS		
	PROF - pi	NIVEAU (m)/PROFONDEUR	DESCRIPTION DU SOL ET DU ROC	SYMBOLES	TYPE NO	SOUS-ÉCH. ÉTAT RÉCUPÉRATION				N, Nc ou RQD	AG	AC
		359.32	Niveau									
1		0.00	Remblai : Sable graveleux, traces de silt, brun-clair, humide, lâche.		CF-1	H	75	28	10-14-14-19			AG
		358.56	Sol naturel probable : Sable, un peu de gravier, traces de silt, brun, humide, dense.		CF-2	N	71	74	8-24 /13 cm			w = 4.0%
2		0.76										
		5										
3		10	Cailloux et blocs.		CF-3	N	61	R	16-40 /13 cm			
		356.42										
4		2.90										
		355.36	Sol naturel : Sable silteux, brun, humide, lâche.		CF-4	H	8		10-4-4-7			
5		15	Devenant gris.		CF-5	B	33	6	7-4-2-4			
		354.75										
5		4.57										
		354.47	Socle rocheux : Granite, gris-noir, de mauvaise qualité.		CF-6	B	100	R	17 /13 cm			
	4.85											
		5.84	Devenant d'excellente qualité.		CR-7		100	17				
		5.84										

Remarque(s): La compacité des sols a été corrigé en fonction du calibre de l'échantillonneur.

WSP_Log_Logo.sty



RAPPORT DE FORAGE

Sondage N°

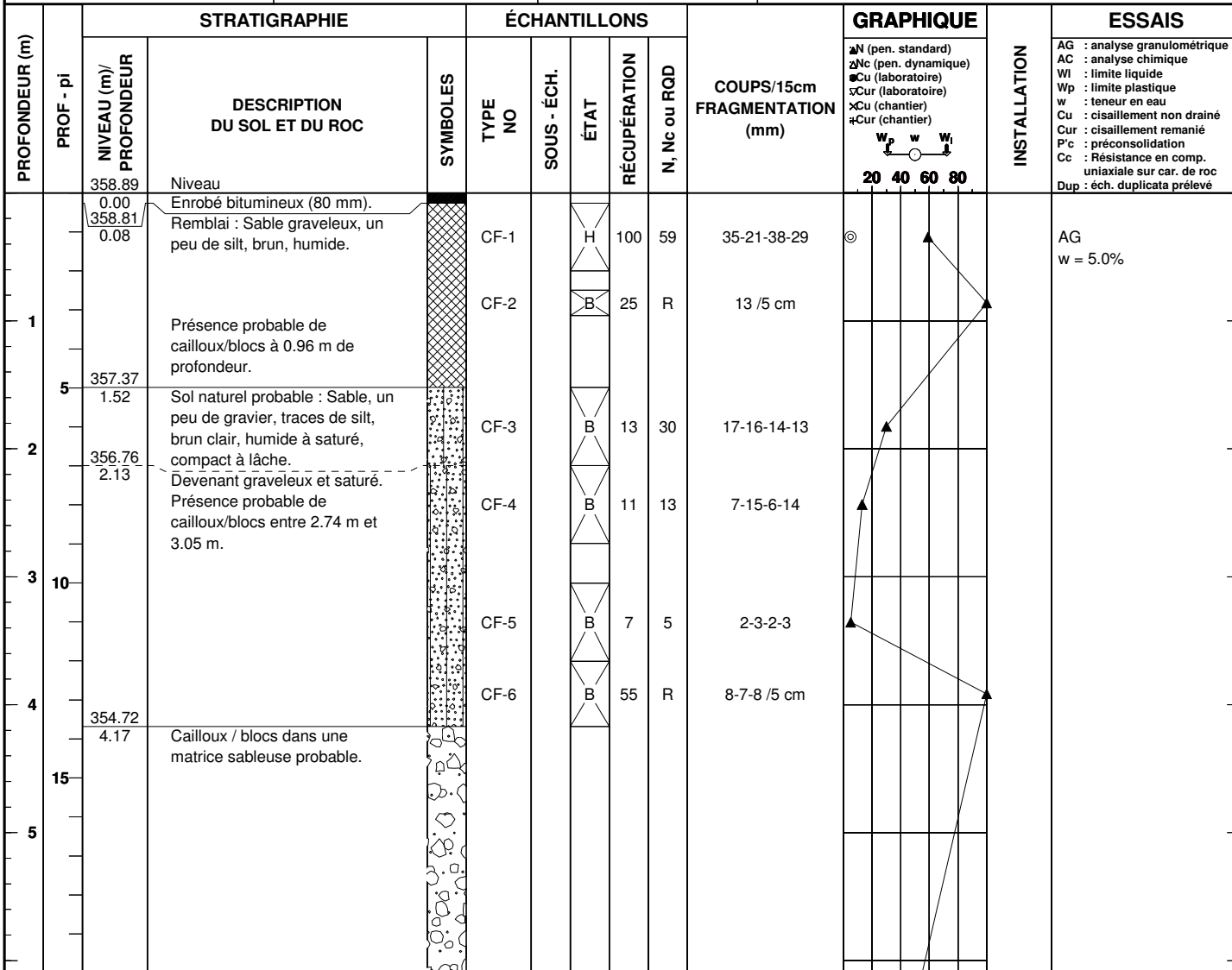
18F01

PROFONDEUR (m)	PROF. - pi	STRATIGRAPHIE			ÉCHANTILLONS				COUPS/15cm FRAGMENTATION (mm)	GRAPHIQUE	INSTALLATION	ESSAIS
		NIVEAU (m)/ PROFONDEUR	DESCRIPTION DU SOL ET DU ROC	SYMBLES	TYPE NO	SOUS - ÉCH.	ÉTAT	RÉCUPÉRATION				
7				+	CR-8			79	93			
8				+	CR-9			100	100			U = 75MPa
9		350.67 8.65	Fin du forage.									
10												
11												
12												
13												
14												
15												
16												
55												

Nom du projet: Remplacement d'un ponceau existant au CH 45+110 Nom du requérant : Parcs Canada Localisation civile : Parc National de la Mauricie Entrepreneur en forage: Forage Downing Type de forage : Tarière Diamètre du forage: Diamètre de tarière: 200 mm Préparé par : Nicolas Rousseaux, tech.	Inclinaison : Azimut : Diamètre du carottier: Vérifié par : Joseph Tsafack, ing., M.Sc Coordonnées géodésiques (m) X: 649608.3 UTM (NAD83) Y: 5175022.5 Z: 358.89 No. de projet : 151-03113-25 Plan de localisation No. : Date du début du sondage : 2018-10-19 Profondeur du sondage : 9.32 m
---	---

TYPE D'ÉCHANTILLON	TERMINOLOGIE	INDICE DE QUALITÉ DU ROC	COMPACTITÉ	INDICE "N"	NIVEAU D'EAU
CF Cuillère fendue CR Échantillon par forage au diamant EM Manuel TA Tarière TE Tube d'échantillonnage TM Tube à paroi mince	"traces" 1-10% "un peu" 10-20% adjectif (...eux) 20-35% "et" 35-50%	% RQD <25 Très mauvais 25-50 Mauvais 50-75 Moyen 75-90 Bon 90-100 Excellent	Très lâche Lâche Compact Dense Très dense	0-4 4-10 10-30 30-50 >50	Date: Prof.:

ÉTAT DE L'ÉCHANTILLON	SYMBOLES	CLASSIFICATION DES SOLS	CONSISTANCE	RÉSISTANCE AU CISAILEMENT (Cu)
Remanié Intact (tube à paroi mince) Perdu Forage au diamant	N: Indice de pénétration standard R: Refus (N > 100) PM: Poids du marteau / 61 cm R.Q.D: Indice de qualité du roc % R.Q.D = $\frac{\Sigma \text{Carottes} > 4 \text{ po. (10 cm)}}{\text{longueur forée}}$	Argile < 0,002 mm Silt 0,002 à 0,080 mm Sable 0,080 à 5 mm Gravier 5 à 80 mm Cailloux 80 à 300 mm Blocs > 300mm	Très molle Molle Ferme Raide Très raide Dure	<12 kPa 12-25 kPa 25-50 kPa 50-100 kPa 100-200 kPa >200 kPa



Remarque(s):

Date de production 2019-02-06



RAPPORT DE FORAGE

Sondage N°

18F02


PROFONDEUR (m)	PROF. - pi	STRATIGRAPHIE			ÉCHANTILLONS				COUPS/15cm FRAGMENTATION (mm)	GRAPHIQUE	INSTALLATION	ESSAIS
		NIVEAU (m)/ PROFONDEUR	DESCRIPTION DU SOL ET DU ROC	SYMBOLES	TYPE NO	SOUS - ÉCH.	ÉTAT	RÉCUPÉRATION				
7												
8		351.27 7.62	Sable, traces de gravier, gris, saturé.		CF-7		B	67	17	7-8-9-8		
		350.23 8.66	Socle rocheux probable: Granite fracturé, gris-noir, de très mauvaise qualité.		CF-8		B	93	R	7-7 /13 cm		
9		349.57 9.32	Fin du forage.		CR-9			83	15			
10												
11												
12												
13												
14												
15												
16												
55												

ANNEXE

D

RÉSULTATS DES
ESSAIS DE
LABORATOIRE

Nom du consultant : 

Nom du client : 

Page 1 de 1

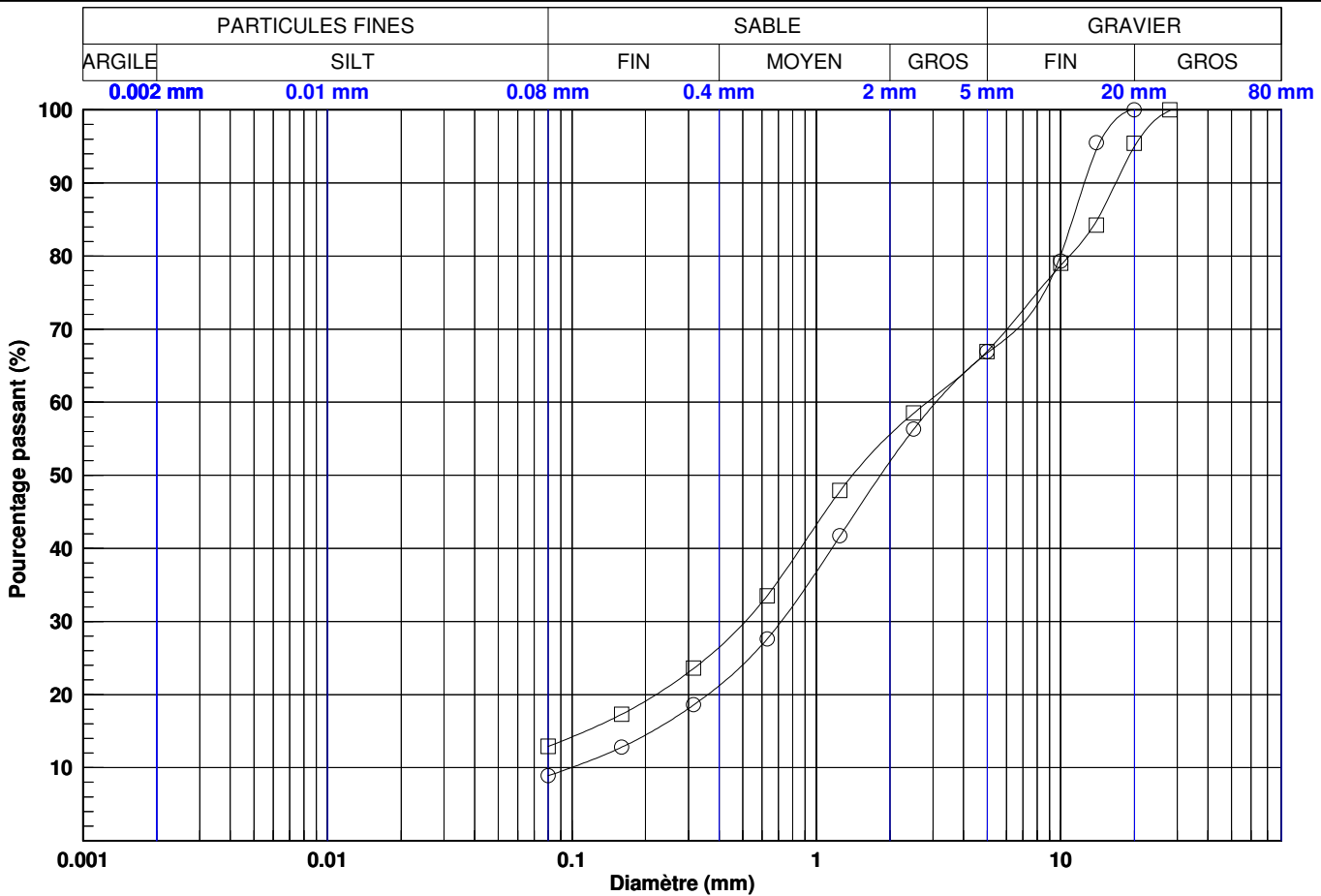
ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE

Sondages N° 18F01, 18F02

Nom du projet : **Remplacement d'un ponceau existant au CH 45+110** No. de projet : **151-03113-25**

Nom du requérant : **Parcs Canada** Date du début du sondage : **2018-10-18**

Localisation civile : **Parc National de la Mauricie**



Courbe	PARTICULES FINES			SABLE			GRAVIER		
○	9			58			33		
□	13			54			33		

Courbe	0.08 mm	0.16 mm	0.315 mm	0.63 mm	1.25 mm	2.5 mm	5 mm	10 mm	14 mm	20 mm	28 mm	40 mm	56 mm	80 mm
○	9	13	19	28	42	56	67	80	95	100	100	100	100	100
□	13	17	24	34	48	58	67	79	85	95	100	100	100	100

Courbe	Sondage	Éch.	Profondeur (m)	Description	D10	D30	D60	Cu	Cc	USCS	WN	Remarque
○	18F01	1	0.00 - 0.61	Sable graveleux, traces de silt.	0.099	0.718	3.084	31.0	1.7	SW-SM	4.0	-
□	18F02	1	0.08 - 0.61	Sable graveleux, un peu de silt.	-	0.512	2.846	-	-	SM	5.0	-

Effectué par : Fatima Dahlab, tech. Date : 2018-10-26 Vérfié par : Abdelwahab Kamel, ing. Date : 2018-10-26

Y:\geotec_80\Style\lab\Lab_Granulo_FR_PARCS CANADA.sty U:\Environnement\Géotechnique\ID - Logiciel\LOG\Geotec_principal_20180803.mdb

CLIENT : Parc Canada		No. PROJET : 151-03113-25	
SITE : Ch 45+110, Parc National de la Mauricie		No. D'ÉCHANTILLON LABORATOIRE : G18-992	
REALISÉ PAR : FD	DATE : 2018-10-25	DATE D'ÉMISSION : 2018-10-26	

INFORMATIONS GÉNÉRALES			
LOCALISATION :	18F01	No. D'ÉCHANTILLON :	CR9
PROFONDEUR :	(8,067 - 8,18 m)	PRÉLÈVEMENT (ANGLE) :	N.D.
CARACTÉRISTIQUES :			
PRÉLEVÉ PAR :	Nicolas Rousseaux	DATE :	2018-10-24

RÉSULTATS							
DIAMÈTRE 1 (mm)	DIAMÈTRE 2 (mm)	LONGUEUR (mm)	RATIO L/D 2,0 < L/D < 2,5	MASSE (g)	MASSE VOLUMIQUE Masse et Dimensions	CHARGE (kN)	RÉSISTANCE (MPa)
47,3	47,3	113,04	2,39			132,4	75
MASSE VOLUMIQUE (par immersion) ASTM C914 & NF P 94-410-2							
<input type="checkbox"/> NON-PARAFFINÉ	MASSE INITIALE (g)	MASSE DANS L'EAU (g)	TEMP. DE L'EAU (°C)	M.VOL. DE L'EAU (g/cm³)	MASSE AVEC PARAFFINE (g)	M.VOL. PARAFFINE	MASSE VOLUMIQUE
<input type="checkbox"/> PARAFFINÉ							

CAROTTE À L'ÉTAT INTACT	
	COMMENTAIRES : Plusieurs joints perpendiculaires et incliné de 45° par rapport à la carotte

CAROTTE APRÈS RUPTURE	
	COMMENTAIRES : Rupture selon le plan du joint

Préparé par : Fatima Dahlab, tech. Vérifié par : Abdelwahab Kamel, ing.

ANNEXE

E

RAPPORT
PHOTOGRAPHIQUE
DES CAROTTES DE
ROC

RAPPORT PHOTOGRAPHIQUE



PHOTO 1 Forage 18F01 – CR7 (4,85 m à 5,84 m) – Carottes de roc sèches



PHOTO 2 Forage 18F01 – CR7 (4,85 m à 5,84 m) – Carottes de roc mouillées



PHOTO 3 Forage 18F01 – CR8 (5,84 m à 7,34 m) – Carottes de roc sèches



PHOTO 4 Forage 18F01 – CR8 (5,84 m à 7,34 m) – Carottes de roc mouillées



PHOTO 5 Forage 18F01 – CR9 (7,34 m à 8,65 m) – Carottes de roc sèches



PHOTO 6 Forage 18F01 – CR9 (7, 34 m à 8,65 m) – Carottes de roc mouillées



PHOTO 7 Forage 18F02 – Matériel récupéré entre 4,17 m et 7,62 m & CR7 (8,66 m à 9,32 m) – Carottes de roc sèches



PHOTO 8 Forage 18F02 – Matériel récupéré entre 4,17 m et 7,62 m & CR7 (8,66 m à 9,32 m) – Carottes de roc mouillées