

**Annexe Vol 2-2**

**Étude de faisabilité – Rivière Bras Saint-Nicolas**

**Titre du document :** Oléoduc Énergie Est de TransCanada PipeLines  
Étude préliminaire de faisabilité de traverse par FD  
Québec : Rivière Bras-Saint-Nicolas

**Numéro de document :** EEX16327-STCP-C-RP-0004-Fr

**Numéro de révision :** 1

**Numéro du contrat :** 4600006270



Engineering Technology Inc.  
#24, 12110 - 40 Street SE  
Calgary, Alberta  
Canada, T2Z 4K6



Johnston-Vermette  
625, boul. René-Lévesque Ouest, b. 801  
Montréal, Québec  
Canada, H3B 1R2



Stantec Consulting Ltd.  
1200- 59<sup>th</sup> Avenue SE, Suite 340  
Calgary, Alberta  
Canada, T2H 2M4

Version	Date rév. aaaa-mm-jj	Raison de l'émission	Auteur de l'entrepreneur	Réviseur de l'entrepreneur	Réviseur de l'entrepreneur	Approbateur de l'entrepreneur
0	2015-02-24	Émis pour information (Précédemment émis en tant que 543-RPT-123 rev 0A en annexe à EEX16327-STCP-TCPL-A-MM- 0004)	Bertus Vos	Steve Federko	Gabriel Pop	Chuck Middleton
1	2015-11-20	Réémis pour information	Bruce Skibsted	Bertus Vos	Gabriel Pop	Chuck Middleton

**MISE EN GARDE**

**Ce document est une traduction du document original signé en anglais. Ce document traduit est fourni dans le but de rendre service aux parties intéressées et ne doit être utilisé qu'à des fins de consultation. Si le texte d'un document original officiel en anglais ne correspond pas au texte de ce document traduit, le document original en anglais a préséance.**

## Déclaration des limitations et qualifications

Le rapport ci-joint (le « Rapport ») a été préparé par Engineering Technology Inc. (le « Consultant ») au bénéfice du client (le « Client »), selon l'entente signée par le Consultant et le Client, incluant l'étendue des travaux détaillée dans celle-ci (« l'Entente »).

Les renseignements, les données, les recommandations et les conclusions contenus dans le Rapport :

- sont limités à l'étendue, au calendrier et aux autres contraintes et limitations de l'Entente ainsi qu'aux qualifications contenues dans le Rapport (les « Limitations »);
- représentent le jugement professionnel du Consultant en fonction des limitations et des normes de l'industrie pour la préparation de rapports similaires;
- peuvent être fondés sur des renseignements fournis au Consultant qui n'ont pas été vérifiés de façon indépendante;
- n'ont pas été mis à jour depuis la date de délivrance du Rapport et leur exactitude est limitée à la période et aux circonstances dans le cadre desquels ils ont été recueillis, traités, effectués ou soumis;
- doivent être lus comme un tout et des sections ne devraient pas être lues à l'extérieur de leur contexte;
- ont été préparés aux seules fins décrites dans le Rapport et l'Entente;
- pour ce qui est des conditions souterraines, environnementales ou géotechniques, elles peuvent être fondées sur des tests limités en supposant que ces conditions sont uniformes et ne varient pas géographiquement ou en fonction du temps.

Sauf dispositions expressément contraires dans le Rapport ou l'Entente, le Consultant :

- ne sera pas tenu responsable de tout événement ou circonstance qui puisse être survenu depuis la date de préparation du Rapport ou pour toute inexactitude contenue dans les renseignements fournis au Consultant;
- reconnaît que le Rapport représente son jugement professionnel tel que décrit ci-dessus aux seules fins décrites dans le Rapport et l'Entente, mais le Consultant n'émet aucune autre représentation quant au Rapport ou toute partie le composant;
- en ce qui a trait aux conditions souterraines, environnementales ou géotechniques, n'est pas responsable de la variabilité de ces conditions en fonction de la géographie ou du temps.

Le Rapport doit être traité de façon confidentielle et ne peut être utilisé ou invoqué par des tierces parties, sauf :

- tel que convenu par le Consultant et le Client;
- tel que requis par la loi;
- pour l'usage des agences de réglementation gouvernementales.

Tout usage de ce Rapport est assujéti à cette Déclaration des limitations et qualifications. Tout dommage causé par l'usage abusif de ce Rapport ou des sections le composant sera la responsabilité de la partie qui en fait cet usage.

Cette Déclaration des limitations et qualifications est jointe au Rapport et en fait partie intégrante.



## Signatures Entec Inc.

Rapport préparé par :

---

Bruce Skibsted, E.I.T.  
Directeur de projets, installations sans  
tranchée

Rapport révisé par :

---

Bertus Vos, MBA, ing., CAPM  
Directeur de projets, installations sans  
tranchée  
N° OIQ PT01909

## 1. Introduction

Engineering Technology Inc. (Entec) a évalué un projet de traverse par forage directionnel (FD) de la rivière Bras-Saint-Nicolas au Québec pour le projet Oléoduc Énergie Est. L'oléoduc projeté est en acier avec un diamètre extérieur de 1 067 mm (42 po). L'information géotechnique a été fournie par la firme Les Services exp inc. En se fondant sur les informations disponibles au moment de la rédaction, Entec considère qu'une traverse par FD est faisable à cet emplacement. Les considérations de conception et de faisabilité sont discutées dans ce rapport.

## 2. Caractéristiques de l'emplacement

### 2.1 Topographie

La traverse est située approximativement à 3,8 km au sud-ouest de Lamartine, au Québec. La rivière mesure approximativement 35 m de largeur à l'emplacement projeté et est entourée par une combinaison de terres cultivées et boisées. La route Lemieux passe à moins de 30 m de la rive sud de la rivière et est comprise dans la traverse par FD. Le terrain au nord-est de la rivière est généralement plat, tandis que le terrain au sud-ouest est élevé d'environ 6 m. Cet emplacement est situé à environ 225 m en amont de l'emplacement de traverse précédemment proposé, qui avait été déterminé non faisable en raison des contraintes géométriques de l'alignement de l'emprise proposée. Reportez-vous au plan préliminaire de l'annexe B pour des renseignements supplémentaires sur la topographie.

### 2.2 Conditions souterraines

L'étude géotechnique menée à l'emplacement de cette traverse consistait en trois forages. La stratigraphie est présentée dans les tableaux 1 à 3. Le rapport géotechnique final est fourni à l'annexe D.

**Tableau 1. Forage QEEP-145**

Profondeur (m)	Description du sous-sol
0	
1,8	Sable graveleux, un peu de silt
4,1	Silt sablonneux et argileux, un peu de gravier
12,3	Silt sablonneux et graveleux, traces d'argile
15,3	Grès
16,6	Schiste et silstone en alternance, grès occasionnel
18,7	Grès
31,6	Schale et silstone en alternance, grès occasionnel

**Tableau 2. Forage QEEP-146**

Profondeur (m)	Description du sous-sol
0	
	Sable, un peu de silt à silteux
1,0	
	Sable silteux et gravier
2,4	
	Sable graveleux et silteux
4,6	
	Grès
10,7	
	Flysch contenant du schale et du silstone
11,3	
	Grès, silstone et schale en alternance
40,8	

**Tableau 3. Forage QEEP-147**

Profondeur (m)	Description du sous-sol
0	
	Silt sablonneux, un peu de gravier
1,2	
	Sable et gravier, un peu de silt
2,6	
	Silt et argile, traces de sable
3,7	
	Sable silteux et graveleux, traces d'argile
12,7	
	Flysch contenant du schale et du silstone
32,1	

## 3. Considérations sur la conception des FD

### 3.1 Contraintes exercées sur la canalisation

Les conditions d'exploitation de la canalisation de produit ont été spécifiées par TransCanada. La pression maximale d'exploitation (PME) du projet est de 8 450 kPa aux sorties des stations de pompage. Les calculs de FD pour cette traverse sont cependant basés sur la PME spécifique de cet emplacement, qui est de 8 996 kPa et qui a été déterminée par la différence d'élévation entre la station de pompage en amont de la traverse et le point le plus bas de la traverse. La température de conception minimale est de 5 °C et la température d'exploitation maximale est de 60 °C. Une pression d'essai de 11 245 kPa (1,25 x la PME) a aussi été spécifiée pour la canalisation. L'épaisseur de paroi minimale requise pour cette installation, sur la base des conditions d'exploitation fournies, a été déterminée par Entec à 25,4 mm, avec l'utilisation d'un acier de grade 483 MPa pour le tuyau. Un rayon de courbure minimum admissible pour l'installation de l'oléoduc a été déterminé sur la base de la contrainte maximale admissible combinant les effets de pression, de température et de cintrage.

**Tableau 4. Spécifications de l'oléoduc et conditions de procédé**

Propriété	Valeur	Unités
Diamètre extérieur	1 067	mm
Tolérance d'épaisseur (TÉ)	0	% de l'ÉPN
Épaisseur de paroi nominale (ÉPN)	25,4	mm
Grade/Limite élastique minimale spécifiée (LEMS)	483	MPa
Catégorie	II	S. O.
T1 (température de conception minimale)	5	°C
T2 (température d'exploitation maximale)	60	°C
Pression maximale d'exploitation (PME) du projet	8 450	kPa
Pression maximale d'exploitation (PME*) spécifique du site	8 996	kPa
Pression d'essai (PE)	11 245	kPa
Rayon minimal	530	m
Rayon de conception	1 200	m

\* La PME finale sera déterminée lors de l'ingénierie détaillée.

Puisqu'une traverse par forage directionnel utilise une section de tuyau préassemblée tirée dans un trou de forage courbé, la technique avec FD utilise la déformation élastique admissible de la canalisation pour permettre l'installation de l'oléoduc. Pour accommoder cette contrainte de déformation, les matériaux utilisés pour la portion de FD de l'oléoduc possèdent généralement une paroi plus épaisse ou un grade d'acier plus élevé que le reste de l'oléoduc.

Un rayon minimal de 530 m a été déterminé en fonction des déviations de guidage enregistrées lors de projets précédents de FD à grand diamètre. Un rayon de conception de 1 200 m a été choisi pour accommoder une géométrie de trajectoire de forage et des tolérances de guidage de FD pratiques. La contrainte maximale attendue pendant l'exploitation correspond à environ 98,8% de la contrainte de cisaillement admissible. Selon la norme CSA Z662-11, la contrainte de cisaillement admissible est égale à 50 % de la limite élastique minimale spécifiée (LEMS). Cette contrainte maximale serait observée à n'importe quel emplacement le long de la trajectoire de forage où le tuyau est assujéti au rayon minimal de 530 m. La canalisation choisie satisfait toutes les exigences de la norme CSA Z662-11 sous les conditions spécifiées. La détermination finale des conditions d'exploitation de l'oléoduc et des matériaux de la canalisation sera effectuée lors de l'ingénierie détaillée. Reportez-vous à l'annexe A pour les calculs sur les contraintes exercées sur la canalisation.

La géométrie de l'oléoduc devrait être calculée à l'aide de la méthode de courbure minimale, qui est une norme acceptée de l'industrie pour les traverses par forage directionnel. Les mesures d'inclinaison à la verticale du trou du FD et de la direction (azimut) sont généralement prises au minimum tous les dix mètres et mises en moyenne avec les trois dernières mesures prises. Ceci procure une valeur de mesure de la courbe du trou de forage légèrement lissée; ceci est devenu une spécification généralement utilisée pour les forages directionnels.

### 3.2 Géométrie

Selon les spécifications de la canalisation et la géométrie spécifique à l'emplacement, une traverse par FD semble faisable à cet emplacement. La trajectoire de forage utilise le rayon de conception de 1 200 m qui a été déterminé à la section 3.1. La tangente du côté sud-ouest a été conçue à 14 degrés pour limiter la longueur totale de la traverse tout en minimisant la longueur de gaine de forage nécessaire et en maximisant la profondeur de recouvrement sous la rivière. La tangente côté nord-est a été conçue à 12 degrés pour minimiser la longueur de gaine de forage requise tout en minimisant

le levage de canalisation nécessaire au point de sortie. Il en résulte une trajectoire de forage d'une longueur de 729 m et une épaisseur de recouvrement de 28,5 m sous la rivière Bras-Saint-Nicolas. Une gaine de forage est recommandée; la section 3.3 traite de ce sujet. Reportez-vous au plan de conception préliminaire de l'annexe B pour la géométrie détaillée de la trajectoire de forage.

Un forage d'une élévation supérieure vers une élévation inférieure est souhaitable afin de minimiser la pression annulaire et de favoriser le retour du fluide vers la machine de forage pendant la durée du forage. Cette technique diminue la gestion de fluide requise ainsi que les risques de fracturation et d'impacts environnementaux. À cet emplacement, il y a une élévation d'environ 6 m du côté nord-est au côté sud-ouest de la traverse. On s'attend à ce que l'alésage soit effectué à partir du côté plus bas (nord-est) de la traverse. Puisque de l'espace de préparation de tirage n'est disponible que du côté nord-est de la traverse, l'appareil de forage devra être déplacé du côté sud-est de la traverse après la réalisation du trou de forage, avant le tirage.

### 3.3 Gaine de forage

Les trois forages d'étude géotechnique à cet emplacement ont permis d'identifier un terrain de couverture constitué principalement de silt, de sable et de gravier. Des cailloux et des blocs mesurant jusqu'à 300 mm de diamètre étaient aussi présents dans ce till. Il est improbable que ce matériau soit capable de maintenir un trou de forage par FD ouvert. Un forage à travers ce matériau présenterait un risque élevé de gouffres absorbants, de difficultés de guidage, de coincement de tuyau et de pertes de fluide. Pour atténuer les effets négatifs, les matériaux faibles ou non consolidés sont généralement isolés du trou du FD à l'aide d'une gaine de forage en acier préinstallée, qui permet le passage des outils de forage vers les matériaux plus convenables comme l'argile raide ou le socle rocheux. Une gaine de forage d'environ 75 m sera nécessaire pour atteindre le socle rocheux du côté sud-ouest de la traverse à l'angle proposé de 14 degrés. Du côté nord-est de la traverse, une gaine d'environ 65 m sera nécessaire pour atteindre le socle rocheux à l'angle proposé de 12 degrés. Il est improbable cependant qu'une gaine de plus de 40 m de longueur puisse être installée en une seule longueur, en raison du frottement superficiel entre la surface de la gaine et les sols environnants. Par conséquent, il est souvent nécessaire de « télescoper » la gaine jusqu'au socle rocheux, méthode dans laquelle une section de grande largeur est d'abord installée jusqu'à une profondeur maximale, qui est ensuite vidée à la tarière. La prochaine gaine de diamètre plus petit est ensuite installée à la base à travers la plus large et enfoncée sur la distance restante jusqu'au socle rocheux. Il est recommandé que la gaine initiale de 1829 mm (72 po) (dia. ext.) soit installée jusqu'au refus, qu'elle soit vidée à la tarière et que le reste soit complété avec une gaine de 1767 mm (66 po) (dia. ext.) installée jusqu'au sous-sol rocheux. Cela permettra le passage du trépan aléueur final de 1 372 mm (54 po). Installer une gaine de forage des deux côtés de la traverse nécessitera la réalisation du trou pilote par méthode d'intersection. Le forage d'intersection est commun pour les grandes traverses et possède un taux de réussite élevé, mais il entraîne des coûts supplémentaires.

### 3.4 Dimensions de l'équipement

Les traverses de ce diamètre et d'une telle distance sont considérées de gros projets de FD. Plusieurs traverses par FD de diamètre et de longueur similaires ont été réalisées au Canada. Considérant la friction et la traînée qui s'exerceront sur l'oléoduc, la force de tirage maximale pendant l'installation est estimée à 369 001 lb. En raison du diamètre du trou du FD nécessaire pour cet oléoduc, un appareil de forage possédant un couple de rotation suffisant pour faire tourner l'outillage de forage est nécessaire. La capacité minimale suggérée pour l'appareil de forage qui sera utilisé pour ce projet est : 625 000 lb de force de tirage/poussée et 80 000 pi-lb de couple de rotation. Plusieurs entrepreneurs en FD canadiens possèdent l'équipement et l'expertise nécessaires pour installer de façon sécuritaire des traverses d'oléoduc de cette taille.

### 3.5 Diamètre du trou du FD

Le trou de forage pour une traverse par FD doit être plus large que la canalisation à installer. Ceci permet d'allouer un jeu pour le déplacement des déblais qui pourraient ne pas avoir été délogés du trou, ainsi que pour permettre aux liquides de forage de circuler jusqu'à l'entrée ou la sortie, selon les progrès du tirage. Un trou de forage plus grand permet aussi de tolérer quelques petites déviations dans la géométrie du trou de forage, même si ceci n'est pas, en général, explicitement calculé ou prévu pendant la conception. La norme de l'industrie prévoit l'utilisation d'un trou de forage d'au moins 1,5 fois le diamètre de la canalisation pour les tuyaux de 0,61 m ou moins ou, pour les tuyaux plus grands que 0,61 m, le diamètre du tuyau plus 0,3 m. Dans plusieurs cas, il est nécessaire d'augmenter le diamètre du trou de forage au-delà de ces minimums pour contrebalancer les conditions de trou défavorables, comme la présence de pierres, de roches ou de roches fracturées, ou pour permettre plus d'espace pour les déviations attendues dans le trou de forage.

Pour cette canalisation de 1 067 mm (42 po), un diamètre de trou de forage minimal de 1 372 mm (54 po) est requis. Ultimement, l'entrepreneur en FD sera responsable de l'évaluation des conditions de forage et de la condition du trou pendant les opérations de forage, afin de déterminer si un format de trépan aléueur plus gros est nécessaire pour installer l'oléoduc de façon sécuritaire. Si des problèmes sont redoutés avec le trou de forage, il est recommandé de procéder, avant le tirage de l'oléoduc, au tirage d'une section de canalisation d'essai de 30 m de long, possédant les mêmes spécifications et le même revêtement que l'oléoduc à installer, et que celle-ci soit vérifiée pour y déceler d'éventuels dommages au revêtement et à la section de tuyau. Ceci peut aider à déterminer si un trépan aléueur plus gros ou un autre conditionnement du trou est nécessaire avant de tirer la section entière de la canalisation.

### 3.6 Levage et insertion de la canalisation

Avant d'être tirée sous la rivière, la section d'oléoduc sera habituellement étendue en une section continue. Une aire de travail d'une largeur approximative de 20 m sera requise sur une longueur équivalente à la longueur totale du forage (incluant un espace additionnel pour les mouvements de l'équipement), à partir du bord de l'aire de travail du point de sortie. Pour réduire la friction et éviter les dommages à la canalisation, celle-ci devra entrer dans le sol avec un angle égal à celui du trou du FD. Pour cela, la section principale devra être soulevée sous forme de courbe à l'aide de tracteurs à flèches latérales et de grues équipées de berceaux de levage de tuyau. Les points de levage devront être espacés de façon à limiter les contraintes dans le tuyau. Un plan de levage détaillé (charge des points de levage, hauteurs et espacements) devra être développé pour cette traverse pendant la phase d'ingénierie détaillée.

### 3.7 Contrôle de la flottabilité

Puisqu'il s'agit d'une canalisation de grand diamètre, les forces de flottabilité (poussée hydrostatique) sont significatives. L'utilisation d'un programme de contrôle de la flottabilité visant à minimiser les forces de tirage et les contraintes d'installation sur la canalisation et le revêtement est nécessaire. Le programme de contrôle de la flottabilité devrait consister à remplir complètement la canalisation avec de l'eau ou à remplir une doublure avec de l'eau pour créer une condition de flottabilité neutre.

## 4. Faisabilité du FD, risques associés et mesures d'atténuation

### 4.1 Perte de contrôle du guidage

Le terrain de couverture contient des inclusions, principalement de gravier, de cailloux et de blocs, dans une matrice de sable et de silt. La dureté variable de ces matériaux présente un risque élevé de déviations de guidage. Ces matériaux devraient être isolés de la trajectoire de forage grâce à des gaines de forage d'entrée et de sortie préinstallées. L'intersection de formations plus dures, une géologie plus dure, des laminations ou des inclusions peuvent empêcher le trépan de répondre aux commandes de direction à un angle d'incidence peu élevé ou le faire dévier hors limite à un angle d'incidence plus élevé. Les irrégularités identifiées dans le socle rocheux à cet endroit comprennent des couches de flysch complexes, des veines de quartz et de calcite, des stratifications verticales et des fissures. Certaines zones de socle rocheux très fissuré et concassé ont été identifiées dans le forage d'étude géotechnique QEEP-147 de 12,7 à 31,1 mètres sous la surface. Un total de huit carottes récupérées dans cette zone ont identifié une valeur de désignation de qualité de roche (RQD) de zéro. Il peut être difficile de forer dans ce genre de géologies, car elles n'offrent pas une résistance régulière au trépan, ce qui rend le guidage imprévisible. Si des déviations dépassant les tolérances sont mesurées, une courte portion du FD est habituellement forée à nouveau pour permettre d'effectuer des ajustements à la trajectoire du forage. Dans les cas extrêmes, il peut s'avérer nécessaire de forer à nouveau en élargissant le trou et, si nécessaire, de cimenter une partie du forage. Le déplacement de la foreuse à un autre endroit pour reprendre le forage, habituellement dans le même espace de travail, est aussi une possibilité. Réduire le diamètre du trépan et utiliser un angle de cintrage plus élevé sur le moteur à boue peuvent aider à pénétrer des formations plus dures, mais cela peut aussi mener à des déviations importantes lors du forage d'une formation géologique inattendue. Il est possible que plusieurs tailles de trépan aléueur et plusieurs configurations d'angle de cintrage soient nécessaires pour compléter le trou pilote à l'intérieur des tolérances prescrites.

### 4.2 Perte de circulation et fuites de fluide

Le risque de perte de fluide est à son niveau le plus élevé pendant le forage du trou pilote, alors que la petite taille du trou de forage entraîne une pression circulatoire plus élevée et que ce trou plus petit peut être bouché plus facilement par les déblais. Le fluide peut se propager dans des failles du socle rocheux, des matériaux meubles déplacés ou le vide entre les matériaux non consolidés. Tous les matériaux de couverture non consolidés devraient être isolés de la trajectoire de forage grâce à des gaines de forage d'entrée et de sortie préinstallées. Plusieurs vides et fissures ont été identifiés dans le socle rocheux à l'emplacement de la traverse. Une zone présentant un risque élevé de perte de fluide a été identifiée dans le forage d'étude géotechnique QEEP-147, de 12,7 à 18,9 mètres sous la surface. Le taux de récupération des carottes dans cette zone était aussi bas que 19 % et les valeurs de RQD étaient globalement de zéro. Un essai de pression dans cette zone a mesuré une conductivité de 31,84 unités Lugeon, ce qui correspond en termes qualitatifs à une conductivité hydraulique « moyenne » dans le socle rocheux. Un système de fluide de forage adéquatement entretenu et planifié par un technicien en fluides de forage expérimenté est essentiel. La perte de circulation peut affecter les coûts et les échéanciers en augmentant les additifs pour fluide de forage nécessaires, le temps requis pour mélanger le nouveau fluide de forage, la quantité d'eau nécessaire et la fréquence des va-et-vient et des nettoyages du trou pour réduire la pression annulaire. Dans certains cas, une perte de circulation incontrôlée requiert qu'une partie du trou du FD soit cimentée et forée à nouveau. Dans d'autres cas, la perte de circulation dans le trou de forage ne peut être prévenue et entraîne des fuites dans la surface du sol ou une masse d'eau. C'est ce qu'on appelle communément une fracturation (frac-out). L'entrepreneur en FD doit avoir de l'équipement de surveillance en place pour détecter toute fracturation ainsi que de l'équipement, des matériaux et des procédures prêts pour contenir et nettoyer les pertes de fluide par fracturation. Le risque de fracturation peut être réduit en gardant la pression du fluide de forage basse, en gardant le trou de forage propre, en utilisant un



fluide de forage aux propriétés adéquates, en permettant un temps de circulation et un volume adéquats pour éliminer les déblais et en procédant à des va-et-vient pour nettoyer mécaniquement le trou de forage. Le contrôle vigilant du fluide de retour et une gestion active des formations avec des additifs pour fluide de forage sont essentiels au succès d'un FD.

### 4.3 Instabilité du trou du FD

L'installation de gaines de forage d'entrée et de sortie devrait atténuer les risques d'effondrement du trou du FD dans des sols faibles ou non consolidés. Les gaines ne sont parfois pas insérées complètement dans le socle rocheux, laissant la zone directement au-dessus de l'extrémité de la gaine susceptible de s'effondrer. La circulation d'équipements au-dessus de la trajectoire de forage devrait être limitée le plus possible. Une attention particulière doit être portée afin de ne pas enlever un excès de matériel à l'extrémité de la gaine de forage en évitant d'effectuer des va-et-vient trop fréquents et en limitant le plus possible la circulation à cet endroit. Utiliser un fluide de forage aux propriétés adéquates réduit les chances d'effondrement du trou de forage. Il faut aussi faire très attention aux zones de socle rocheux hautement fissuré ou concassé, comme les zones d'une valeur RQD de zéro, mentionnées précédemment, dans le forage d'étude géotechnique QEEP-147. L'effondrement d'un trou de forage peut coincer l'équipement et en causer la perte ainsi que l'abandon du trou. Asseoir complètement la gaine de forage sur le socle rocheux ou cimenter la transition aidera à atténuer les risques d'une canalisation coincée pendant la procédure de tirage.

### 4.4 Infiltration d'eau

Même si ceci n'est pas attendu à cet emplacement, si des écoulements artésiens surviennent, l'apport d'eau peut être stoppé ou réduit à l'aide de coulis d'injection. Si l'écoulement ne peut être arrêté, des têtes de circulation peuvent être utilisées pour rediriger l'eau ainsi produite vers l'équipement de nettoyage et d'évacuation. Si la quantité d'eau est importante, le trou de forage peut être cimenté et le projet de FD abandonné. L'infiltration d'eau augmente l'instabilité du trou de forage et les risques associés.

### 4.5 Dommages au revêtement ou à la canalisation

Pendant le tirage du tuyau, des déformations ou des objets comme des cailloux, des blocs ou des fragments du socle rocheux fracturé peuvent causer des dommages au revêtement de la canalisation. Un travail soigné doit être accompli pour s'assurer que le trou du FD est bien nettoyé, ce qui est important pour minimiser les risques d'endommagement du revêtement. Des contrôles techniques comme un programme de contrôle de la flottabilité (discuté ci-dessus) et l'installation d'une gaine de forage aident à atténuer ces risques. Même si le trou de forage est bien nettoyé, des zones d'abrasion élevée pourraient toujours être présentes dans le trou de forage. Il est recommandé que des mesures d'atténuation des dommages au revêtement, comme une protection cathodique, soient prises en considération.

### 4.6 Canalisation coincée

Du sable, du silt et du gravier se détachant de la paroi et tombant dans le trou du FD posent un risque de coincement de tuyau. Cette géologie devrait être isolée du trou de forage à l'aide de gaines de forage préinstallées à l'entrée et à la sortie. Le gonflement de matériaux comme l'argile et le schale peut rétrécir le diamètre du trou de forage et mener à des problèmes de nettoyage du trou ainsi qu'au coincement de la canalisation lors du tirage. Le gonflement ne devrait pas être problématique à cet emplacement de traverse, car l'étude géotechnique a identifié une quantité limitée de géologie présentant un potentiel de gonflement. Le risque le plus important de coincement de tuyau à cet emplacement sera l'accumulation de déblais dans le trou derrière l'outillage. Le taux de pénétration doit être contrôlé pour permettre à une quantité suffisante de fluide de forage d'être injectée pour transporter les déblais créés à l'avant de la tête de forage. Une agitation régulière des déblais, pour



permettre leur retour en suspension dans le fluide de forage en effectuant des allers-retours avec les trépan aléseurs jusqu'au point d'entrée, est essentielle pour le maintien d'un trou de forage ouvert. Utiliser un fluide de forage aux propriétés adéquates au maintien d'un trou de forage ouvert et effectuer des passes de nettoyage adéquates avant le tirage de la canalisation aideront à réduire le risque d'obstruction du trou de forage par la chute de matériaux.

Les zones où la géométrie du trou de forage peut devenir inadéquate pour le tirage de la canalisation sont les zones de transition d'un matériau plus dur à un matériau meuble, comme la transition à la sortie de la gaine de forage. La cause la plus commune de canalisation coincée est le contact entre l'aléseur et l'extrémité de la gaine de forage. Ce problème est souvent causé par une surexcavation à l'extrémité de la gaine de forage ou un trou non centré. Ce risque peut être atténué lors de la conception en choisissant une gaine de forage plus grande et en s'assurant que la gaine est bien assise sur un matériau adéquat. Un entrepreneur expérimenté est capable de choisir les bons outils de forage et de suivre les procédures adéquates pour minimiser la surexcavation des zones critiques. Si le trépan aléseur se coince à l'extrémité de la gaine de forage, l'entrepreneur peut tenter de faire tourner l'aléseur dans la gaine ou de retirer la gaine en conjonction avec le tirage de la canalisation. Exercer une force trop grande sur le trépan aléseur coincé peut mener au bris du tuyau de forage.

#### 4.7 Usure et défaillance des outils de forage

Les outils utilisés pour des FD de diamètre important, comme ceux requis pour ce projet, exercent des charges élevées sur le train de forage, qui peuvent s'accumuler et causer des défaillances d'usure. Il faut faire très attention dans les trous de forage de grande taille et dans les formations plus tendres pour ne pas exercer une compression axiale trop forte sur le train de forage, car celui-ci est alors courbé et poussé hors de la ligne, causant une défaillance par flexion ou flexion répétée. Le moyen le plus commun d'atténuer ce risque est de réduire les contraintes sur le train de forage en exerçant une tension du côté de la sortie de la traverse afin de fournir la force nécessaire au forage, tandis que la foreuse ne fournit que la torsion de l'autre côté. Cette pratique diminue la pression exercée par la flexion cyclique du train de forage. Il est aussi essentiel d'avoir recours à un train de forage continu du point de pénétration jusqu'au point de sortie, car, en cas de défaillance, il peut être récupéré sans avoir recours à une opération de repêchage.

#### 4.8 Risques environnementaux

Le risque environnemental principal d'un FD est la fuite du fluide de forage dans le sol ou dans une masse d'eau (section 4.2). Ceci entraîne habituellement l'adoption de mesures de confinement pendant le forage et de correction après l'installation de la canalisation. Dans les cas graves, le FD doit être abandonné pour prévenir des dommages environnementaux plus importants.

Les autres risques principaux associés à une traverse par FD sont liés au déversement d'hydrocarbures, à la sédimentation et à la pollution sonore.

Les machines de FD sont généralement alimentées par des moteurs au diesel et des systèmes hydrauliques. Tous deux présentent le risque de déversements d'hydrocarbures. Ces déversements sont habituellement contenus et nettoyés par le personnel à l'aide de trousseaux antidéversements disponibles sur place. Reportez-vous au plan de protection environnementale pour les considérations détaillées sur les hydrocarbures.

La libération de sédiments pourrait survenir si les mesures adéquates ne sont pas prises pour contrôler le ruissellement de surface à partir des aires de travail et des routes d'accès. Une planification du confinement du ruissellement de surface aide à atténuer et à contrôler ce risque.

Les opérations nécessaires à la réalisation d'une traverse par FD se poursuivent habituellement 24 heures par jour pour les traverses de grande taille. Des moteurs au diesel, de l'équipement mobile et de l'équipement de martelage pneumatique de grande taille sont souvent utilisés. S'il n'est pas atténué adéquatement, le bruit qui en découle peut entraîner des plaintes de la part des résidents du

voisinage. Les mesures d'atténuation peuvent comprendre des écrans acoustiques, de meilleurs silencieux ou des horaires restreints pour certains équipements.

#### 4.9 Autres risques à considérer

L'échec de la méthode principale de traverse est toujours une possibilité. Une méthode de traverse alternative est nécessaire si la méthode principale est abandonnée. Selon les étapes menant à l'abandon de la première tentative de traverse, la première option pourrait être d'essayer à nouveau la méthode de traverse principale. Si cette option n'est pas disponible ou ne respecte pas les seuils de tolérance du projet, la méthode alternative doit être utilisée. La méthode alternative pour cette rivière serait située à l'emplacement de l'évaluation de traverse précédente, environ 225 m en aval du FD proposé. Une traverse en tranchée est envisagée comme méthode alternative; consulter l'annexe C pour les plans de conception préliminaire. Ceci sera analysé de nouveau lors de l'ingénierie détaillée.

### 5. Conclusion

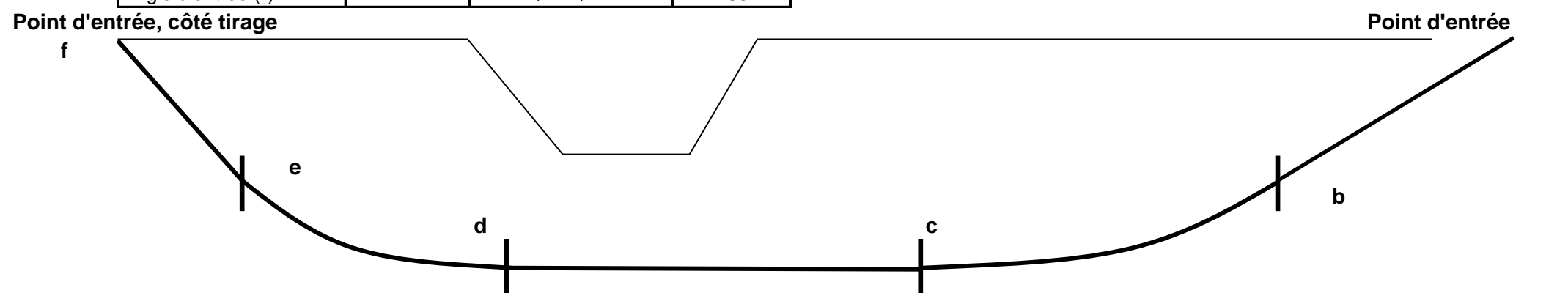
Selon l'information dont Entec disposait au moment de la rédaction de ce rapport, la traverse par FD proposée de la rivière Bras-Saint-Nicolas est jugée techniquement faisable. Les contraintes auxquelles sera assujéti le tuyau ont été examinées par Entec et le rayon de conception de 1 200 m a été confirmé. L'installation de gaines de forage aux points d'entrée et de sortie avant le forage est recommandée pour atténuer les risques associés aux sols de couverture sans cohésion. Les autres risques comprennent les difficultés de guidage, l'instabilité du trou de forage, la perte de fluide et les pertes par fracturation. Un rapport de faisabilité final et un plan final seront émis lors de l'ingénierie détaillée.

# Annexe A

## Sommaire des calculs

543-ENG-123  
RIVIÈRE BRAS SAINT NICOLAS

Données de conception		Données de tuyau		Données de processus		Critères de contrainte			
Longueur forée (m)	728,8	Diamètre tuyau (mm)	1067,0	PME (kPa)	8996	Contrainte de cisaillement admissible			
longueur horizontale (m)	719,4	Épais. nominale (mm)	25,4	Pr essai (kPa)	11245	Exigences du client		Exigences CSA	
Rayon minimum (m)	530	Tolér. corrosion (mm)	0	Cat.	II	PE (MPa)	241,5	PE (MPa)	241,5
Rayon de conception (m)	1200	Tolér. d'épaisseur (%)	0	T2 (°C)	60	Essai (MPa)	265,7	Essai (MPa)	265,7
Angle entrée/côté tirage (°)	14	Épais. d'essai (mm)	25,4	T1 (°C)	5				
Angle d'entrée (°)	12	Grade (MPa)	483						




Lieu	Construction					Contrainte d'essai (après tirage)			Post-assèchement pré-exploit (PAPE)			Contrainte d'exploitation		
	Charge		Contr. cisaillement tangentiel max.			Contrainte cisaillement tangentiel max.			Contrainte cisaillement tangentiel max.			Contrainte cisaillement tangentiel max.		
	(lb)	(N)	(psi)	(MPa)	(% SA)	(psi)	(MPa)	(% SA)	(psi)	(MPa)	(% SA)	(psi)	(MPa)	(% SA)
Point A	156 236	697 482	1213	8,36	3,46	27 100	186,8	70,34	15110	104,2	39,22	34 509	237,9	98,52
Point B	168 685	753 059	15903	109,65	45,40	26 962	185,9	69,98	15471	106,7	40,15	34 246	236,1	97,77
Point C	217 175	969 529	16141	111,29	46,08	26 912	185,6	69,85	15795	108,9	40,99	33 923	233,9	96,85
Point D	217 175	969 530	16141	111,29	46,08	26 912	185,6	69,85	15795	108,9	40,99	33 923	233,9	96,85
Point E	326 388	1 457 089	16498	113,75	47,10	26 979	186,0	70,02	15355	105,9	39,85	34 363	236,9	98,10
Point F	369 001	1 647 327	16626	114,63	47,47	27 017	186,3	70,12	15110	104,2	39,22	34 607	238,6	98,80

Lieu	Défor. circonférentielle		Capacité de moment		
	Construction	PAPE	Construction	PAPE	Essai
Point A					
Point B	OK	OK	OK	OK	OK
Point C	OK	OK			
Point D	OK	OK	OK	OK	OK
Point E	OK	OK			


Normes CSA Z662-11	
4.7.1	OK
4.7.2.1	OK
4.8.3	OK
4.8.5	OK
11.8.4.4<11.8.4.5	OK

Normes CSA Z662-11 (Essai)	
4.7.1	OK
4.7.2.1	OK
11.8.4.4<11.8.4.5	OK

VERSION	DATE	DESCRIPTION	SCEAU/ÉTAMPE	
1	13-févr-15	Émis pour information		
2	10-nov-20	Réémis pour information		



Engineering Technology Inc.  
24, 12110 - 40 Street SE  
Calgary, AB T2Z 4K6  
(403) 319-0443



Propriété d'Engineering Technology Inc. (ETI)  
Ne doit pas être copié, transmis ou distribué  
sans le consentement par écrit d'ETI.

P:

Note : \*La pression maximale d'exploitation (PME) du projet est de 8450 kPa, survenant aux sorties des stations de pompage. Les calculs de FDH pour cette traverse, toutefois, sont basés sur la PME spécifique du site, déterminée par la différence d'élévation entre la station de pompage en amont et le point le plus bas de la traverse. La PME finale sera déterminée lors de l'ingénierie détaillée.

## LISTE DES HYPOTHÈSES DE CALCUL

Densité du matériau (acier) :	7 800 kg/m <sup>3</sup>
Taux d'expansion thermique (acier) :	12,0 x 10 <sup>-6</sup> m/m°C)
Coefficient de Poisson (acier) :	0,30
Module d'élasticité de Young (acier) :	207 GPa
Épaisseur du revêtement :	0 mm *
Type de revêtement :	non disponible *
Densité de la boue :	1 180 kg/m <sup>3</sup>
Coefficient de traînée de la boue sur le tuyau :	0,35 kPa
Coefficient de friction du sol sur le tuyau :	0,30
Coefficient de friction du tuyau sur les rouleaux :	0,15
Contrôle de la flottabilité :	Tuyau rempli d'eau à 100 %

\* Le type et l'épaisseur du revêtement seront déterminés lors de l'ingénierie détaillée.

# Annexe B

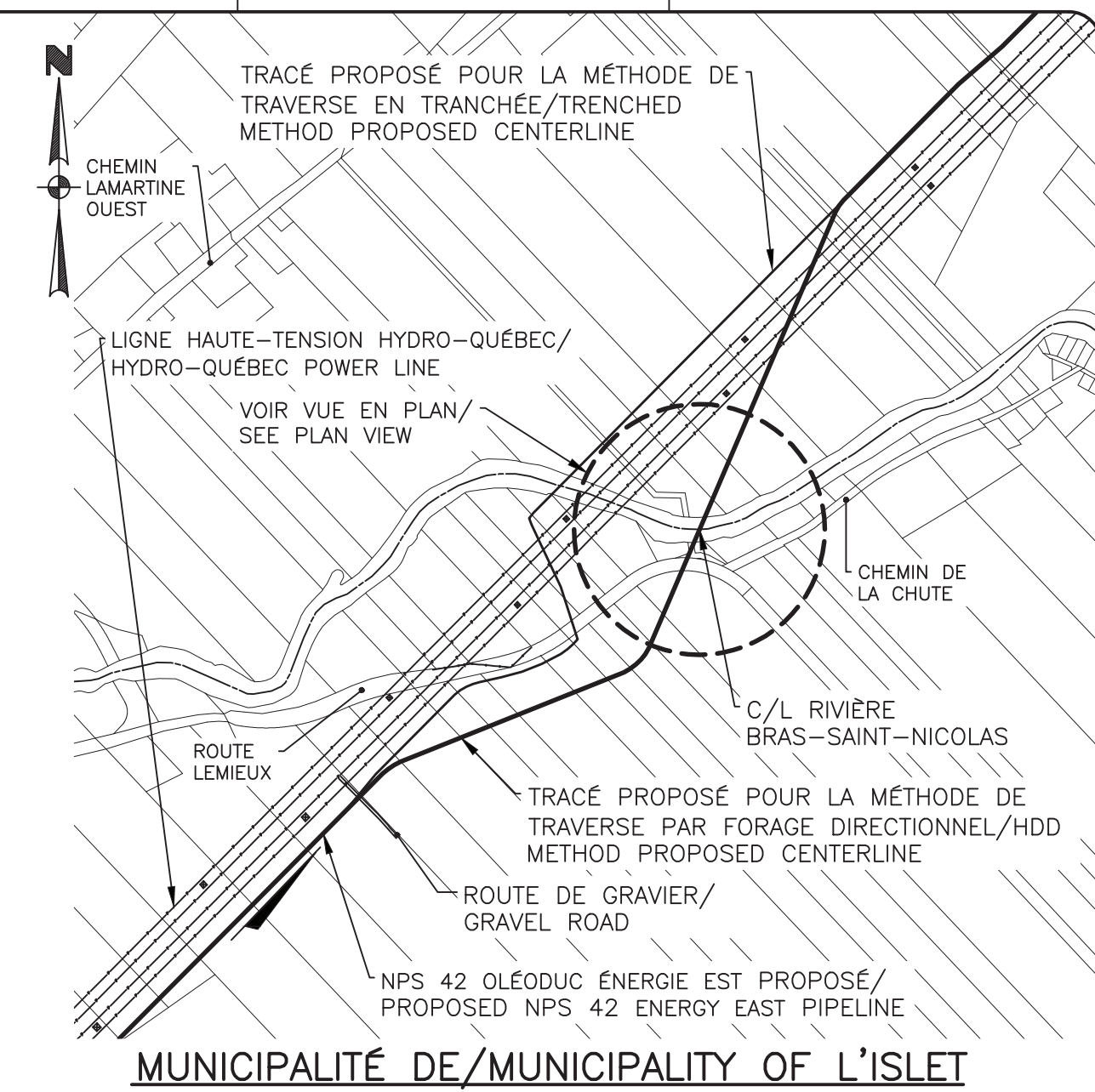
## Plan de conception



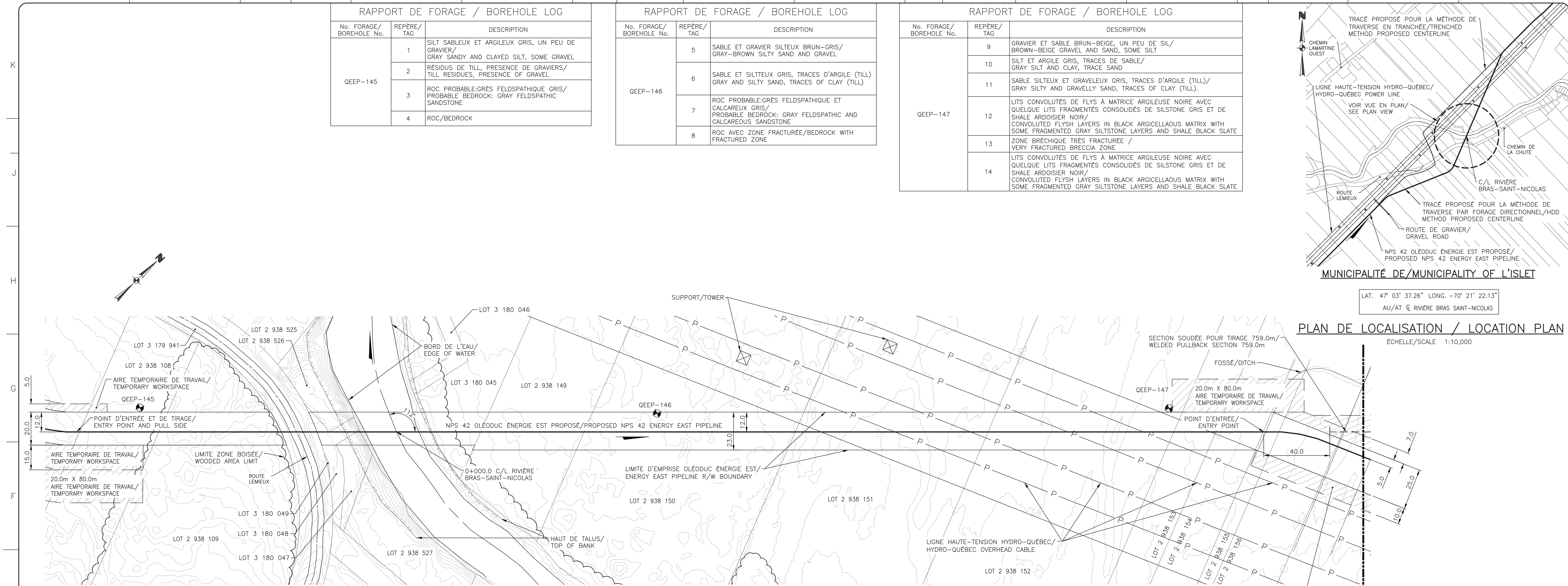
RAPPORT DE FORAGE / BOREHOLE LOG		
No. FORAGE/ BOREHOLE No.	REPÈRE/ TAG	DESCRIPTION
QEEP-145	1	SILT SABLEUX ET ARGILEUX GRIS, UN PEU DE GRAVIER/ GRAY SANDY AND CLAYED SILT, SOME GRAVEL
	2	RÉSIDUS DE TILL, PRÉSENCE DE GRAVIERS/ TILL RESIDUES, PRESENCE OF GRAVEL
	3	ROC PROBABLE:GRÈS FELDSPATHIQUE GRIS/ PROBABLE BEDROCK: GRAY FELDSPATHIC SANDSTONE
	4	ROC/BEDROCK

RAPPORT DE FORAGE / BOREHOLE LOG		
No. FORAGE/ BOREHOLE No.	REPÈRE/ TAG	DESCRIPTION
QEEP-146	5	SABLE ET GRAVIER SILTEUX BRUN-GRIS/ GRAY-BROWN SILTY SAND AND GRAVEL
	6	SABLE ET SILTEUX GRIS, TRACES D'ARGILE (TILL)/ GRAY AND SILTY SAND, TRACES OF CLAY (TILL)
	7	ROC PROBABLE:GRÈS FELDSPATHIQUE ET CALCAIREUX GRIS/ PROBABLE BEDROCK: GRAY FELDSPATHIC AND CALCAREOUS SANDSTONE
	8	ROC AVEC ZONE FRACTURÉE/BEDROCK WITH FRACTURED ZONE

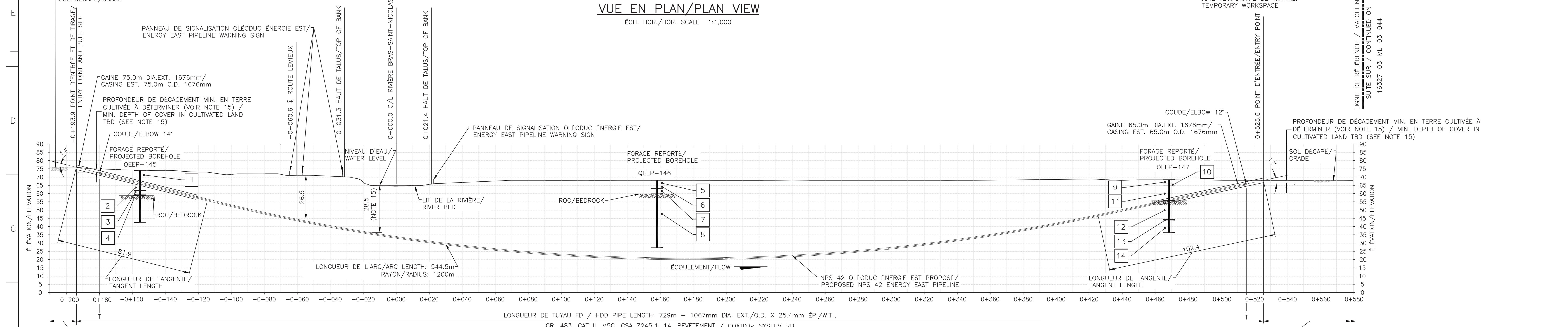
RAPPORT DE FORAGE / BOREHOLE LOG		
No. FORAGE/ BOREHOLE No.	REPÈRE/ TAG	DESCRIPTION
QEEP-147	9	GRAVIER ET SABLE BRUN-BEIGE, UN PEU DE SIL/ BROWN-BEIGE GRAVEL AND SAND, SOME SILT
	10	SILT ET ARGILE GRIS, TRACES DE SABLE/ GRAY SILT AND CLAY, TRACE SAND
	11	SABLE SILTEUX ET GRAVELEUX GRIS, TRACES D'ARGILE (TILL)/ GRAY SILTY AND GRAVELLY SAND, TRACES OF CLAY (TILL)
	12	LITS CONVOLUTÉS DE FLYS À MATRICE ARGILEUSE NOIRE AVEC QUELQUE LITS FRAGMENTÉS CONSOLIDÉS DE SILSTONE GRIS ET DE SHALE ARDOISIER NOIR/ CONVOLUTED FLYSH LAYERS IN BLACK ARGICELLAOUS MATRIX WITH SOME FRAGMENTED GRAY SILTSTONE LAYERS AND SHALE BLACK SLATE
	13	ZONE BRÉCHIQUE TRÈS FRACTURÉE / VERY FRACTURED BRECCIA ZONE
	14	LITS CONVOLUTÉS DE FLYS À MATRICE ARGILEUSE NOIRE AVEC QUELQUE LITS FRAGMENTÉS CONSOLIDÉS DE SILSTONE GRIS ET DE SHALE ARDOISIER NOIR/ CONVOLUTED FLYSH LAYERS IN BLACK ARGICELLAOUS MATRIX WITH SOME FRAGMENTED GRAY SILTSTONE LAYERS AND SHALE BLACK SLATE



MUNICIPALITÉ DE/MUNICIPALITY OF L'ISLET  
 LAT. 47° 03' 37.26" LONG. -70° 21' 22.13"  
 AU/AT R. RIVIERE BRAS SAINT-NICOLAS  
 ÉCHELLE/SCALE 1:10,000



VUE EN PLAN / PLAN VIEW  
 ÉCH. HOR./HOR. SCALE 1:1,000



VUE EN PROFIL / PROFILE VIEW  
 ÉCH. HOR./HOR. SCALE 1:1,000  
 ÉCH. VERT./VERT. SCALE 1:1,000

DESSINS DE RÉFÉRENCE/REFERENCE DRAWINGS	
DESSIN/DRAWING No	TITRE/TITLE
4930-03-ML-SK-524F	PANNEAU DE SIGNALISATION POUR OLÉODUC À HAUTE PRESSION/HIGH PRESSURE OIL PIPELINE WARNING SIGN
4930-03-ML-SK-517F	DÉTAIL TYPIQUE DE TRANSITION DE TUYAU/TYPICAL PIPE TRANSITION DETAIL
4930-03-ML-SK-514F	DESSIN TYPIQUE DE COUDE 3D/TYPICAL DRAWING 3D ELBOW DETAIL
16327-03-ML-03-044	RIVIÈRE BRAS-SAINTE-NICOLAS - TRAVERSE PAR FORAGE DIRECTIONNEL / HDD CROSSING
16327-03-ML-03-006	RIVIÈRE BRAS-SAINTE-NICOLAS - TRAVERSE EN TRANCHEE / TRENCHED CROSSING
16327-03-ML-03-030	RIVIÈRE BRAS-SAINTE-NICOLAS - TRAVERSE PAR FORAGE HORIZONTAL / BORE CROSSING ALTERNATIVE

RÉVISION/REVISION		APPROBATION/APPROVAL	
REV/REV	DATE/DATE	DESCRIPTION/DESCRIPTION	
A	2015-10-22	ANC. EMIS COMME 16327-03-ML-03-005A - EMIS POUR RÉVISION CLIENT / PREVIOUSLY ISSUED AS 16327-03-ML-03-005A - ISSUED FOR CLIENT REVIEW	2.229206 YM CS BS NG/AB GP JN / ENTEC
B	2015-11-20	EMIS POUR INFORMATION / ISSUED FOR INFORMATION	2.229206 YM CS [Signature] NG/AB GP JN / ENTEC

INGÉNIEUR/RPT PROFESSIONAL ENGINEER/RPT		PERMIS/APP. ING. PERMIT/ENG. APPROVAL	
DATE/DATE		DATE/DATE	

**PRÉLIMINAIRE  
NON POUR CONSTRUCTION/  
PRELIMINARY ONLY  
NOT FOR CONSTRUCTION**

**TransCanada**  
**Stantec**  
**entec**  
**JOHNSTON-VERMETTE**

INFORMATION GÉNÉRALE OLÉODUC ÉNERGIE EST / ENERGY EAST GENERAL INFORMATION PIPELINE  
 FIA/FIA 16327 CHAÎNAGE/CHAINAGE DISCIPLINE/DISCIPLINE 03

RIVIÈRE BRAS-SAINTE-NICOLAS  
 TRAVERSE PAR FORAGE DIRECTIONNEL/HDD CROSSING  
 QUÉBEC

ÉCH./SCALE 1:0.1/A.S. DESSIN/DRAWING 16327-03-ML-03-005 REV/REV B



**NOTES:**  
**ARPENTAGE / SURVEYING:**

- TOUTES LES MESURES SONT EN MÈTRES SAUF INDICATION CONTRAIRE. / ALL MEASUREMENTS ARE IN METERS UNLESS OTHERWISE SPECIFIED.
- TOUTS LES CHAINAGES SONT HORIZONTAUX SAUF INDICATION CONTRAIRE. / ALL CHAINAGES ARE HORIZONTAL UNLESS OTHERWISE SPECIFIED.

**GÉNÉRAL / GENERAL:**

- LA TRAVERSE DEVRA ÊTRE CONSTRUITE ET ÉPROUVÉE EN RESPECTANT AU MINIMUM TOUS LES RÈGLEMENTS FÉDÉRAUX, PROVINCIAUX, MUNICIPAUX ET RÉGIONAUX APPLICABLES. / AS A MINIMUM, THE CROSSING SHALL BE CONSTRUCTED AND TESTED IN ACCORDANCE WITH ALL APPLICABLE FEDERAL, PROVINCIAL, MUNICIPAL AND REGIONAL REGULATIONS.
- LA CONSTRUCTION DE LA CONDUITE ET LE PROGRAMME D'ESSAIS DE PRESSION HYDROSTATIQUE DOIVENT ÊTRE CONFORMES À LA NORME CSA Z662-11, AUX SPÉCIFICATIONS DE CONSTRUCTION TES-PROJ-HDD DE TRANSCANADA ET AUX EXIGENCES DU PERMIS DE TRAVERSE. / PIPELINE CONSTRUCTION AND HYDROSTATIC TESTING PROGRAM SHALL COMPLY WITH CSA Z662-11 STANDARD AND TRANSCANADA CONSTRUCTION SPECIFICATIONS TES-PROJ-HDD AND MEET REQUIREMENTS IN THE CROSSING AGREEMENTS.

**ALIGNEMENT DE LA CONDUITE ET INSTALLATION / PIPE ALIGNMENT AND INSTALLATION:**

- L'ENTREPRENEUR DU FORAGE DIRIGÉ DOIT VÉRIFIER LA PROFONDEUR ET L'EMPLACEMENT DES INSTALLATIONS SOUTERRAINES EXISTANTES AVANT LA CONSTRUCTION. / THE HDD CONTRACTOR SHALL VERIFY THE LOCATION AND DEPTH OF EXISTING UNDERGROUND INSTALLATIONS PRIOR TO CONSTRUCTION.
- LES ALIGNEMENTS DE LA CONDUITE, TELS QU'INDIQUÉS SUR LE PLAN ET PROFIL, INDIQUENT LES EXIGENCES MINIMALES REQUISES POUR L'OLÉODUC ÉNERGIE EST; L'ENTREPRENEUR PEUT À SA DISCRÉTION ET À SES FRAIS, PROPOSER UN PROFIL ALTERNATIF AU MOMENT DE LA SOUMISSION. LES PROPOSITIONS ALTERNATIVES DOIVENT ÊTRE APPROUVÉES PAR TRANSCANADA ET LES AUTORITÉS DE RÉGLEMENTATION CONCERNÉES. / PIPELINE ALIGNMENTS, AS INDICATED ON THE PLAN AND PROFILE, REFLECT ENERGY EAST PIPELINE MINIMUM REQUIREMENTS. THE CONTRACTOR MAY, AT THEIR DISCRETION AND COST, PROPOSE AN ALTERNATIVE PROFILE AT THE TIME OF TENDER, ALTERNATIVE PROPOSALS MUST BE APPROVED BY TRANSCANADA AND APPLICABLE REGULATORY AGENCIES.
- EN AUCUN CAS LA CONDUITE NE PEUT ÊTRE INSTALLÉE À L'EXTÉRIEUR DE L'EMPRISE D'OLÉODUC ÉNERGIE EST. / UNDER NO CIRCUMSTANCES SHALL THE PIPELINE BE INSTALLED OUTSIDE OF THE ENERGY EAST R.O.W.
- LA CONDUITE DOIT ÊTRE MISE EN PLACE SUR LE SOL NATUREL NON-RÉMANIÉ AVEC LA PROTECTION APPROPRIÉE. LES PENTES LATÉRALES D'EXCAVATION TEMPORAIRE DEVRONT RESPECTER LA SPÉCIFICATION DE CONSTRUCTION TES-PROJ-PCS DE TRANSCANADA. / PIPELINE SHALL BE PLACED ON NATURAL, UNDISTURBED SOIL WITH APPROPRIATE PROTECTION. TEMPORARY SIDE SLOPES SHALL MEET TRANSCANADA CONSTRUCTION SPECIFICATION TES-PROJ-PCS.
- L'ENTREPRENEUR DU FORAGE DIRECTIONNEL DOIT VÉRIFIER L'EMPLACEMENT DES POINTS D'ENTRÉE/SORTIE ET LE SENS DU FORAGE EN SE BASANT SUR LES CONDITIONS DU SITE RENCONTRÉES AU MOMENT DE LA CONSTRUCTION / THE HDD CONTRACTOR SHALL VERIFY APPROVED ENTRY/EXIT LOCATIONS AND DRILLING DIRECTION BASED ON THE SITE CONDITIONS DURING CONSTRUCTION.
- LA SECTION DU TUYAU SOUDÉE DOIT ÊTRE SUPPORTÉE ADEQUATEMENT EN TOUT TEMPS LORS DE L'OPÉRATION DE TIRAGE AFIN DE S'ASSURER QUE LE TUYAU NE SUBISSE PAS DE CONTRAINTES EXCESSIVES. / THE PIPE PULL SECTION SHALL BE ADEQUATELY SUPPORTED AT ALL TIMES DURING PULLBACK TO ENSURE THE PIPE IS NOT OVERSTRESSED.
- AFIN D'INSPECTER VISUELLEMENT TOUT DOMMAGE AU TUYAU OU À SON REVÊTEMENT, L'ENTREPRENEUR EST TENU DE TIRER AU MINIMUM L'ÉQUIVALENT D'UNE LONGUEUR DE TUYAU À L'EXTÉRIEUR DU TROU DE FORAGE SELON LES SPÉCIFICATIONS DU FORAGE TES-PROJ-HDD. / IN ORDER TO VISUALLY ASSESS ANY PIPE OR PIPE COATING DAMAGE, THE CONTRACTOR IS REQUIRED TO PULL AT LEAST ONE LENGTH OF PIPE JOINT COMPLETELY THROUGH THE BOREHOLE AS PER THE HDD SPECIFICATIONS TES-PROJ-HDD.
- UN PLAN ET UN PROFIL «TEL-QUE-CONSTRUIT» DOIVENT ÊTRE FOURNIS À OLÉODUC ÉNERGIE EST APRÈS L'ACHÈVEMENT DES TRAVAUX. / A FINAL «AS-BUILT» PLAN AND PROFILE SHALL BE PROVIDED TO ENERGY EAST PIPELINE AFTER THE COMPLETION OF THE WORK.

- L'ENTREPRENEUR EN PIPELINE FOURNIRA L'ASSISTANCE À LA PRÉPARATION DU SITE ET À SON ACCÈS, À LA MISE EN PLACE DE L'ÉQUIPEMENT DE FORAGE, À L'INSTALLATION DU TUYAU, AU RETRAIT DE L'ÉQUIPEMENT DE FORAGE, ET À LA REMISE EN ÉTAT DU SITE / THE PIPELINE CONTRACTOR WILL PROVIDE ASSISTANCE IN PREPARING THE SITE, GRADING FOR SITE ACCESS, SETTING UP HDD EQUIPMENT, INSTALLATION OF THE PIPE, REMOVAL OF HDD EQUIPMENT, AND RESTORATION OF THE SITE.
- L'ENTREPRENEUR DOIT DISPOSER DES OUTILS DE SURVEILLANCE POUR UN SUIVI CONSTANT DE LA PRESSION ANNULAIRE ET DE LA TURBIDITÉ DU COURS D'EAU AFIN D'ÉVITER LE DÉVERSEMENT DE BOUE DE FORAGE DANS LE COURS D'EAU. / THERE SHALL BE A CONSTANT MONITORING TOOL FOR ANNULAR PRESSURE AND WATERCOURSE TURBIDITY BY THE HDD CONTRACTOR TO ENSURE NO FRAC-OUT OF DRILLING FLUID INTO THE WATERCOURSE.
- LA PROFONDEUR DE RECouvreMENT SERA DÉTERMINÉE À LA PHASE D'INGÉNIERIE DÉTAILLÉE. / DEPTH OF COVER WILL BE FINALIZED DURING THE DETAILED ENGINEERING PHASE.

**ENVIRONNEMENT/ ENVIRONMENTAL:**

- VOIR LES CLAUSES ENVIRONNEMENTALES DÉTAILLÉES (À ÊTRE COMPLÉTÉES À L'INGÉNIERIE DÉTAILLÉE) / SEE DETAILED ENVIRONMENTAL CONDITIONS (TO BE DEFINED IN DETAILED ENGINEERING)

**SPÉCIFICATIONS DE L'OLÉODUC / PIPELINE SPECIFICATIONS**

- CONDUITE / LINE PIPE: 1067mm DIA. EXT. / O.D. (NPS 42) x 13.0mm ÉP./W.T. GR. 483, CAT II, M5C CSA Z245.1-14
- TUYAU À PAROI ÉPAISSE / HW PIPE: 1067mm DIA. EXT. / O.D. (NPS 42) x 25.4mm ÉP./W.T. GR. 483, CAT II, M5C CSA Z245.1-14
- TEMPÉRATURE D'OPÉRATION MAX. / MAX. OPERATING TEMPERATURE: 60°C
- TEMPÉRATURE D'OPÉRATION MIN. / MIN. OPERATING TEMPERATURE: 5°C
- TYPE DE JOINT / TYPE OF JOINT: SOUDÉ / WELDED
- REVÊTEMENT CONDUITE / LINE PIPE COATING: SYSTÈME / SYSTEM 1A
- TUYAU FD / HDD PIPE: SYSTÈME / SYSTEM 2B
- MÉTHODE DE TRAVERSE / CROSSING METHOD: FORAGE DIRECTIONNEL / HDD
- MÉTHODE DE TRAVERSE ALTERNATIVE / ALTERNATE CROSSING METHOD: TRANCHÉE / TRENCHED
- TEST DE PRESSION MIN. (SECTION DE TRAVERSE)/MIN. TEST PRESSURE (CROSSING SECTION): 11 245 kPa
- PRESSION D'OPÉRATION MAX. / MAX. OPERATING PRESSURE: 8 996 kPa
- PROTECTION CATHODIQUE / CATHODIC PROTECTION: COURANT IMPOSÉ / IMPRESSED CURRENT
- VOLTAGE DE PROTECTION CATHODIQUE MAX. / MAX. CATHODIC PROTECTION VOLTAGE: AD / TBD
- PRODUIT TRANSPORTÉ / PRODUCT CARRIED: PÉTROLE BRUT / CRUDE OIL

\*LA VALEUR FINALE DE LA PME SERA DÉTERMINÉE À LA PHASE D'INGÉNIERIE DÉTAILLÉE / FINAL MOP WILL BE DETERMINED DURING DETAILED ENGINEERING.



**VUE EN PLAN/PLAN VIEW**  
ECH. HOR./HOR. SCALE 1:1,000

**DESSINS DE RÉFÉRENCE/REFERENCE DRAWINGS**

DESSIN/DRAWING No	TITRE/TITLE
4930-03-ML-SK-524F	PANNEAU DE SIGNALISATION POUR OLÉODUC À HAUTE PRESSION/HIGH PRESSURE OIL PIPELINE WARNING SIGN
4930-03-ML-SK-517F	DÉTAIL TYPIQUE DE TRANSITION DE TUYAU/TYPICAL PIPE TRANSITION DETAIL
4930-03-ML-SK-514F	DÉTAIL TYPIQUE DE COUDE 3D/TYPICAL DRAWING 3D ELBOW DETAIL
16327-03-ML-03-005	RIVIÈRE BRAS-SAINT-NICOLAS - TRAVERSE PAR FORAGE DIRECTIONNEL / HDD CROSSING
16327-03-ML-03-006	RIVIÈRE BRAS-SAINT-NICOLAS - TRAVERSE EN TRANCHÉE / TRENCHED CROSSING
16327-03-ML-03-030	RIVIÈRE BRAS-SAINT-NICOLAS - TRAVERSE PAR FORAGE HORIZONTAL / BORE CROSSING ALTERNATIVE

**RÉVISION/REVISION**

REV/REV	DATE/DATE	DESCRIPTION/DESCRIPTION
A	2015-10-22	ANC. ÉMIS COMME 16327-03-ML-03-005B - ÉMIS POUR RÉVISION CLIENT / PREVIOUSLY ISSUED AS 16327-03-ML-03-005B - ISSUED FOR CLIENT REVIEW
B	2015-11-20	ÉMIS POUR INFORMATION / ISSUED FOR INFORMATION

**APPROBATION/APPROVAL**

CODE PROJET/PROJECT CODE	DESSINATEUR/DRAWER	VÉRIFICATEUR/CHECKER	CONCEPTEUR/DESIGNER	VÉRIF. CONCEPT/DESIGN CHK.	CHARGE PROJET/PROJECT MGR	COMPAGNE/COMPANY
2.229206	YM	CS	BS	NG/AB	GP	JV / ENTEC
2.229206	YM	CS	BS	NG/AB	GP	JV / ENTEC

INGÉNIEUR/RPT PROFESSIONAL ENGINEER/RPT PERMIS/APP. ING. PERMIT/ENG. APPROVAL

DATE/DATE

**PRÉLIMINAIRE  
NON POUR CONSTRUCTION/  
PRELIMINARY ONLY  
NOT FOR CONSTRUCTION**

REV/REV DATE/DATE PERMIS/PERMIT No.

**TransCanada** **Stantec** **entec** **JOHNSTON-VERMETTE**

INFORMATION GÉNÉRALE OLÉODUC ÉNERGIE EST / ENERGY EAST GENERAL INFORMATION PIPELINE

FIA/FIA 16327 CHAINAGE/CHAINAGE DISCIPLINE/DISCIPLINE 03

RIVIÈRE BRAS-SAINT-NICOLAS  
TRAVERSE PAR FORAGE DIRECTIONNEL/HDD CROSSING  
QUÉBEC

ECH./SCALE T.Q.I./A.S. DESSIN/DRAWING 16327-03-ML-03-044 REV/REV B



# Annexe C

## Plan de traverse alternative

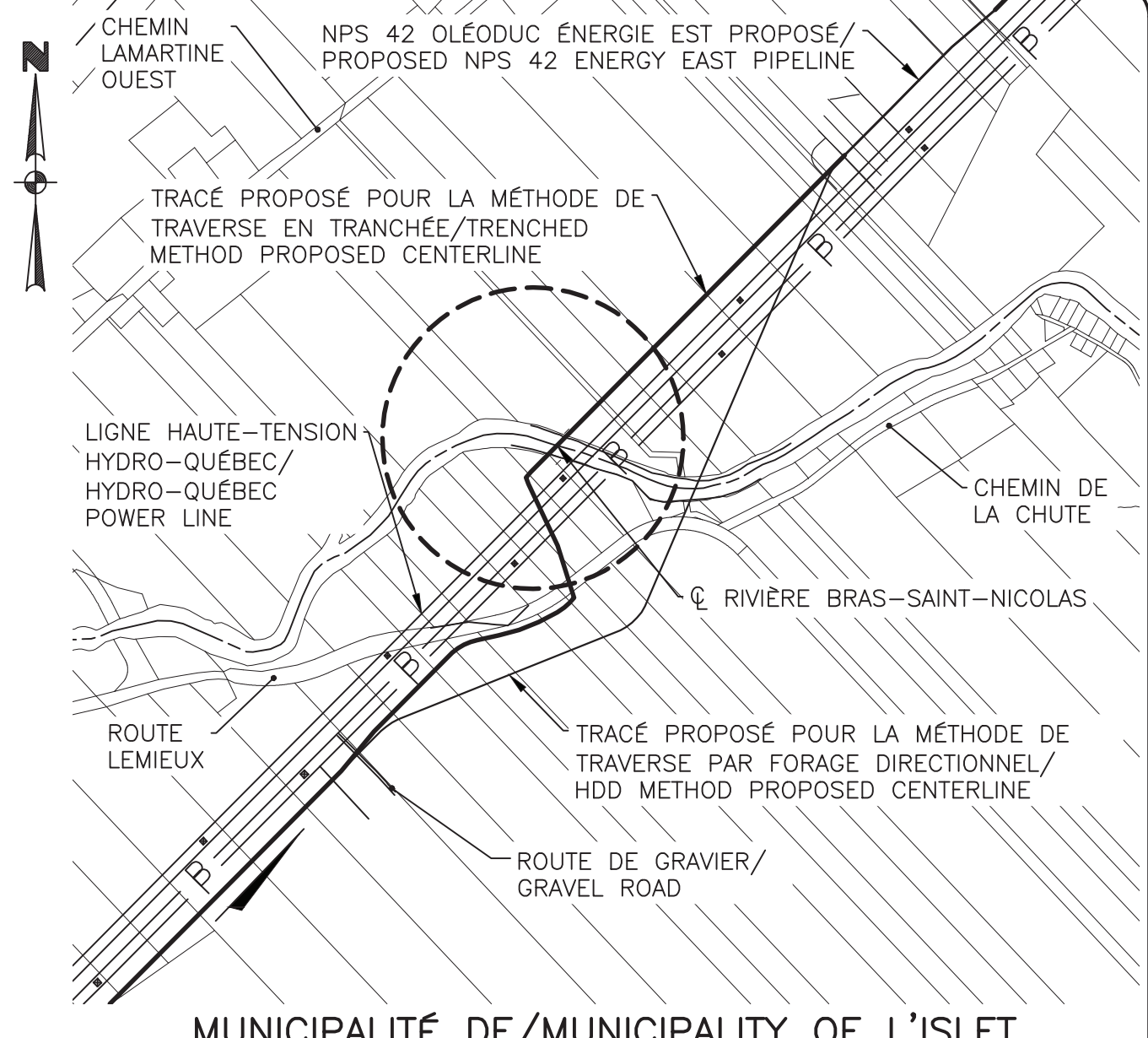


- NOTES:**  
**ARPENTAGE / SURVEYING:**  
 1. TOUTES LES MESURES SONT EN MÈTRES SAUF INDICATION CONTRAIRE. / ALL MEASUREMENTS ARE IN METRES UNLESS OTHERWISE SPECIFIED.  
 2. TOUTS LES CHAÎNAGES SONT HORIZONTAUX SAUF INDICATION CONTRAIRE. / ALL CHAINAGES ARE HORIZONTAL UNLESS OTHERWISE SPECIFIED.
- GÉNÉRAL / GENERAL:**  
 3. LA TRAVERSE DEVRA ÊTRE CONSTRUITE ET ÉPROUVÉE EN RESPECTANT AU MINIMUM TOUS LES RÉGLEMENTS FÉDÉRAUX, PROVINCIAUX, MUNICIPAUX ET RÉGIONAUX APPLICABLES. / AS A MINIMUM, THE CROSSING SHALL BE CONSTRUCTED AND TESTED IN ACCORDANCE WITH ALL APPLICABLE FEDERAL, PROVINCIAL, MUNICIPAL AND REGIONAL REGULATIONS.  
 4. LA CONSTRUCTION DE LA CONDUITE ET LE PROGRAMME D'ESSAIS DE PRESSION HYDROSTATIQUE DOIVENT ÊTRE CONFORMES À LA NORME CSA Z662-11, AUX SPÉCIFICATIONS DE CONSTRUCTION TES-PROJ-PCS ET AUX EXIGENCES DU PERMIS DE TRAVERSE. / PIPELINE CONSTRUCTION AND HYDROSTATIC TESTING PROGRAM SHALL COMPLY WITH CSA Z662-11 STANDARD AND TRANSCANADA CONSTRUCTION SPECIFICATIONS TES-PROJ-PCS AND MEET REQUIREMENTS IN THE CROSSING AGREEMENTS.  
 5. LA MÉTHODE DE TRAVERSÉ ET D'INSTALLATION DU PIPELINE SERA CONFIRMÉE À L'INGÉNIEUR DÉTAILLÉE. / METHOD FOR RIVER CROSSING AND PIPE INSTALLATION TO BE CONFIRMED DURING DETAILED ENGINEERING.  
**INSTALLATION DE LA CONDUITE ET ALIGNEMENT / PIPE ALIGNMENT AND INSTALLATION:**  
 6. L'ENTREPRENEUR PIPELINE DOIT VÉRIFIER LA PROFONDEUR ET L'EMPLACEMENT DES INSTALLATIONS SOUTERRAINES EXISTANTES AVANT LA CONSTRUCTION. / THE PIPELINE CONTRACTOR SHALL VERIFY THE LOCATION AND DEPTH OF EXISTING UNDERGROUND INSTALLATIONS PRIOR TO CONSTRUCTION.

7. EN AUCUN CAS LA CONDUITE NE PEUT ÊTRE INSTALLÉE À L'EXTÉRIEUR DE L'EMPRISE D'OLÉODUC ÉNERGIE EST. / UNDER NO CIRCUMSTANCES SHALL THE PIPELINE BE INSTALLED OUTSIDE OF THE ENERGY EAST R.O.W.  
 8. LES ALIGNEMENTS DE LA CONDUITE, TELS QU'INDIQUÉS SUR LE PLAN ET PROFIL, INDIQUENT LES EXIGENCES MINIMALES REQUISES POUR L'OLÉODUC ÉNERGIE EST; L'ENTREPRENEUR PEUT À SA DISCRÉTION ET À SES FRAIS, PROPOSER UN PROFIL ALTERNATIF AU MOMENT DE LA SOUMISSION. LES PROPOSITIONS ALTERNATIVES DOIVENT ÊTRE APPROUVÉES PAR TRANSCANADA ET LES AUTORITÉS DE RÉGLEMENTATION CONCERNÉES. / PIPELINE ALIGNMENTS, AS INDICATED ON THE PLAN AND PROFILE, REFLECT ENERGY EAST PIPELINE MINIMUM REQUIREMENTS. THE CONTRACTOR MAY, AT THEIR DISCRETION AND COST, PROPOSE AN ALTERNATIVE PROFILE AT THE TIME OF TENDER. ALTERNATIVE PROPOSALS MUST BE APPROVED BY TRANSCANADA AND APPLICABLE REGULATORY AGENCIES.  
 9. LA CONDUITE DOIT ÊTRE MISE EN PLACE SUR LE SOL NATUREL NON-REMANIÉ AVEC LA PROTECTION APPROPRIÉE. LES PENTES LATÉRALES D'EXCAVATION TEMPORAIRE DEVRONT RESPECTER LA SPÉCIFICATION DE CONSTRUCTION TES-PROJ-PCS DE TRANSCANADA. / PIPELINE SHALL BE PLACED ON NATURAL, UNDISTURBED SOIL WITH APPROPRIATE PROTECTION. TEMPORARY SIDE SLOPES SHALL MEET TRANSCANADA CONSTRUCTION SPECIFICATION TES-PROJ-PCS.  
 10. L'ANGLE DE COURBURE MAXIMALE DE LA CONDUITE SUR LE TERRAIN EST DE 1.0 DEGRÉ PAR DIAMÈTRE DE LONGUEUR. / THE MAXIMUM PIPE FIELD BEND ANGLE IS 1.0 DEGREE PER DIAMETER LENGTH.  
 11. UN PLAN ET UN PROFIL «TEL-QUE-CONSTRUITS» DOIVENT ÊTRE FOURNIS À OLÉODUC ÉNERGIE EST APRÈS L'ACHÈVEMENT DES TRAVAUX. / A FINAL «AS-BUILT» PLAN AND PROFILE SHALL BE PROVIDED TO ENERGY EAST PIPELINE AFTER THE COMPLETION OF THE WORK.  
 12. LA PROFONDEUR DE RECOUVREMENT SERA DÉTERMINÉE À LA PHASE D'INGÉNIEURIE DE DÉTAIL. / DEPTH OF COVER WILL BE FINALLY DURING THE DETAILED ENGINEERING PHASE.

- GESTION DES DÉBLAIS ET REMBLAIS TEMPORAIRES / SOIL PLACEMENT-TEMPORARY:**  
 13. LES PENTES DU DÉBLAIS D'EXCAVATION DOIVENT ÊTRE CONFORMES AUX NORMES TES-DV31-2333 ET TES-PROJ-EXC DE TRANSCANADA ET AUX NORMES LOCALES. / TEMPORARY SPOIL SLOPE FROM EXCAVATION SHALL CONFORM TO TRANSCANADA SPECIFICATIONS TES-DV31-2333, TES-PROJ-EXC AND LOCAL REQUIREMENTS.  
 14. L'AIRE D'ENTREPOSAGE DES DÉBLAIS DOIT ÊTRE NIVELÉE POUR S'ASSURER QUE L'EAU NE S'ACCUMULE PAS À LA SURFACE ET QUE LES DÉBLAIS MIS EN TAS N'EMPECHENT PAS L'ÉCOULEMENT DE L'EAU. / SPOIL AREAS SHALL BE GRADED TO ENSURE THE WATER WILL NOT POND ON THE SURFACE OR BE TRAPPED BY THE SPOIL PILE.  
**GESTION DES DÉBLAIS ET REMBLAIS PERMANENTS / SOIL PLACEMENT-PERMANENT:**  
 15. LA TRANCHÉE DE LA CONDUITE TRAVERSANT LE COURS D'EAU DOIT ÊTRE REMBLAYÉE AVEC LES MATÉRIAUX EN PLACE JUSQU'AU NIVEAU APPROXIMATIF DU LIT ORIGINAL DE LA RIVIÈRE. / PIPE DITCH ACROSS MAIN CHANNEL SHALL BE BACKFILLED WITH NATIVE MATERIAL TO APPROXIMATELY THE ORIGINAL GRADE.  
 16. LES MATÉRIAUX DES BERGES DOIVENT ÊTRE REPLACÉS DE FAÇON PERMANENTE PAR COUCHES DE 300mm D'ÉPAISSEUR DÔMENT COMPACTÉES. CES MATÉRIAUX DOIVENT ÊTRE EXEMPTS DE MATIÈRES ORGANIQUES ET DE DÉBRIS LIGNEUX. AVANT LE REMBLAYAGE SUR UNE SURFACE EN PENTE GÉLÉE, LA SURFACE GÉLÉE DEVRA ÊTRE SCARIFIÉE POUR FAVORISER L'ADHÉSION ENTRE CELLE-CI ET LE REMBLAI. / BANK MATERIALS MUST BE PERMANENTLY REPLACED IN LAYERS OF 300mm MAXIMUM, AND PROPERLY COMPACTED. THESE MATERIALS MUST BE FREE OF ORGANIC MATTER AND WOODY DEBRIS. PRIOR TO PLACING FILL ON FROZEN SLOPED SURFACES, THESE SURFACES MUST BE SCARIFIED TO MAXIMIZE ADHESION OF MATERIALS.

17. SI REQUIS, LE REMBLAI DANS LE TALUS DOIT ÊTRE MIS EN PLACE AVEC UNE PENTE MAXIMALE DE 2H:1V POUR OPTIMISER LA STABILITÉ DU TALUS. / IF REQUIRED, THE SOILS IN THE SAG BEND AND BANK AREA SHALL BE PLACED WITH A MAXIMUM SLOPE OF 2H:1V TO OPTIMIZE BANK STABILITY.  
 18. LORS DE TRAVAUX HIVERNAUX, DES TASSEMENTS CONSIDÉRABLES PEUVENT SE PRODUIRE DANS LES BERGES REMBLAYÉES L'ÉTÉ SUIVANT LA CONSTRUCTION ET LES BERGES POURRAIENT NECESSITER UN REPROFILAGE FINAL SELON LA PENTE SPÉCIFIÉE. UNE QUANTITÉ DE REMBLAI SUPPLÉMENTAIRE POURRAIT ÊTRE REQUISE POUR COMPENSER CES TASSEMENTS. LES BERGES DEVRONT ÊTRE PROFILÉES AFIN QUE L'EAU NE S'ACCUMULE PAS EN HAUT DE TALUS. / FOR WINTER CONSTRUCTION, CONSIDERABLE SETTLEMENT OF THE BANK FILL MAY OCCUR THE FIRST SUMMER AFTER CONSTRUCTION, AND THE BANK MAY REQUIRE FINAL GRADING TO THE SPECIFIED SLOPE. ADDITIONAL FILL MAY BE REQUIRED TO COMPENSATE FOR THE BACKFILL SETTLEMENT. BANKS SHALL BE GRADED SUCH THAT WATER DOES NOT POND AT THE TOP OF THE BANK.  
**CONTRÔLE DE LA FLOTTABILITÉ / BUOYANCY CONTROL:**  
 19. LE CONTRÔLE DE LA FLOTTABILITÉ SERA DÉTERMINÉE À L'INGÉNIEURIE DÉTAILLÉE. / BUOYANCY CONTROL WILL BE DETERMINED IN DETAILED ENGINEERING.  
**ENVIRONNEMENT / ENVIRONMENTAL:**  
 20. VOIR LES CLAUSES ENVIRONNEMENTALES DÉTAILLÉES (À ÊTRE COMPLÉTÉES À L'INGÉNIEURIE DÉTAILLÉE). / SEE DETAILED ENVIRONMENTAL CONDITIONS (TO BE DEFINED IN DETAILED ENGINEERING)

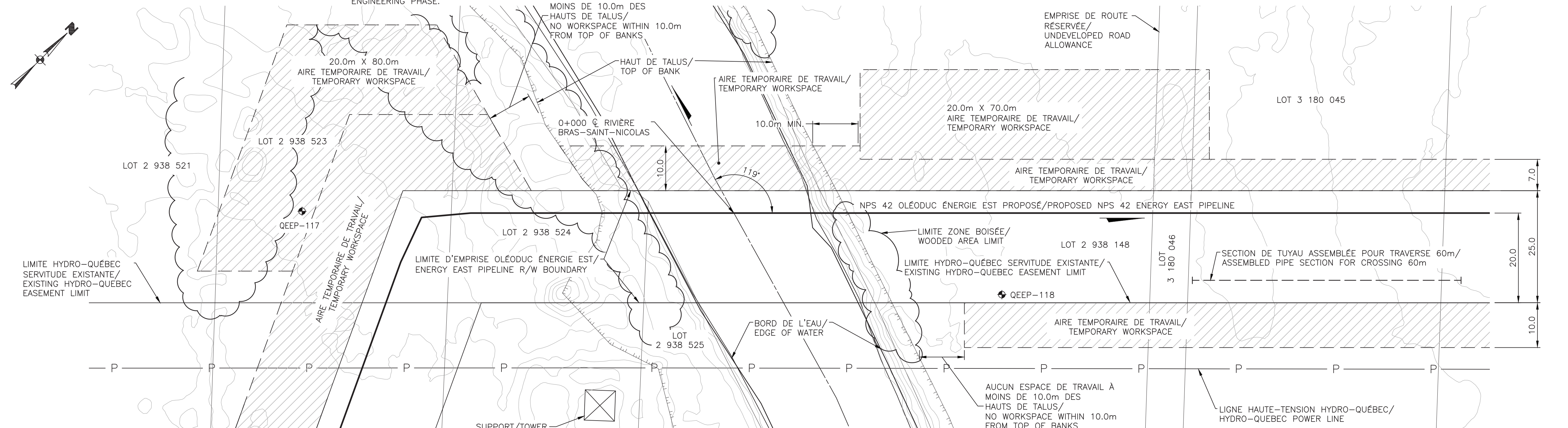
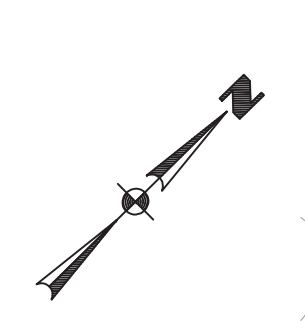


**MUNICIPALITÉ DE/MUNICIPALITY OF L'ISLET**  
 LAT. 47° 03' 39.32" LONG. -70° 21' 32.46"  
 AU/AT R. RIVIERE BRAS SAINT-NICOLAS  
**PLAN DE LOCALISATION / LOCATION PLAN**  
 ÉCHELLE/SCALE 1:10,000

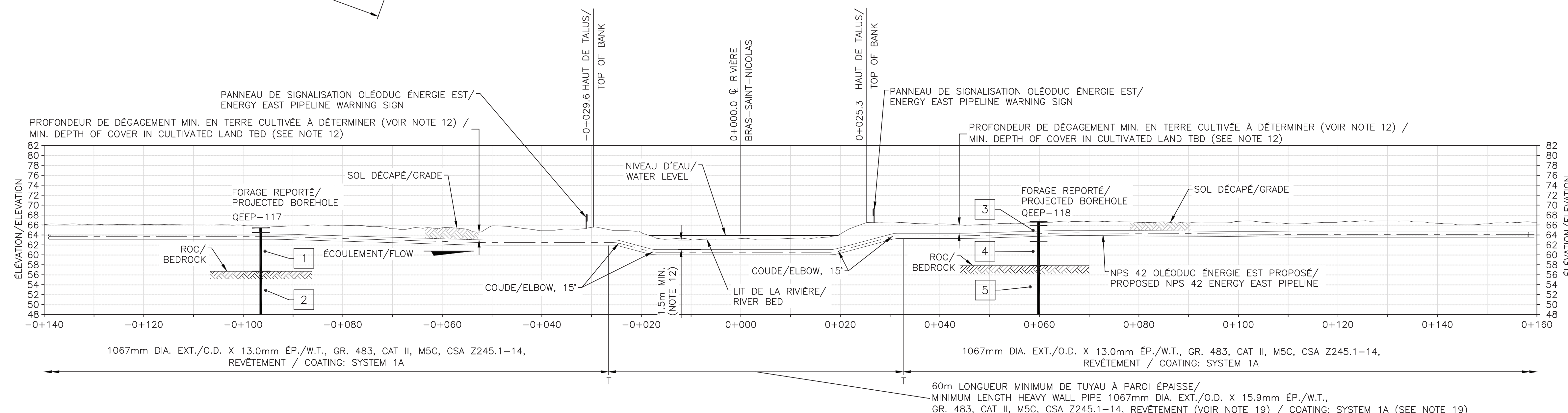
**SPÉCIFICATIONS DE L'OLÉODUC / PIPELINE SPECIFICATIONS**

- CONDUITE / LINE PIPE: 1067mm DIA. EXT. / O.D. (NPS 42) x 13.0mm ÉP./W.T. GR. 483, CAT II, MSC CSA Z245.1-14  
 TUYAU À PARI ÉPAISSE / HW PIPE: 1067mm DIA. EXT. / O.D. (NPS 42) x 15.9mm ÉP./W.T. GR. 483, CAT II, MSC CSA Z245.1-14
- TEMPÉRATURE D'OPÉRATION MAX. / MAX. OPERATING TEMPERATURE: 60°C
- TEMPÉRATURE D'OPÉRATION MIN. / MIN. OPERATING TEMPERATURE: -5°C
- TYPE DE JOINT / TYPE OF JOINT: SOUDÉ / WELDED
- REVÊTEMENT CONDUITE / LINE PIPE COATING: SYSTÈME / SYSTEM 1A  
 TUYAU À PARI ÉPAISSE / HW PIPE: SYSTÈME / SYSTEM 1A
- MÉTHODE DE TRAVERSE / CROSSING METHOD: TRANCHÉE / TRENCHED
- TEST DE PRESSION MIN. (SECTION DE TRAVERSE)/MIN. TEST PRESSURE (CROSSING SECTION): 10 933 kPa
- PRESSION MAX. D'EXPLOITATION\* / MAX. OPERATING PRESSURE\*: 8 746 kPa
- PRODUIT TRANSPORTÉ / PRODUCT CARRIED: PÉTROLE BRUT / CRUDE OIL

\*LA VALEUR FINALE DE LA PME SERA DÉTERMINÉE À LA PHASE D'INGÉNIEURIE DÉTAILLÉE / FINAL MOP WILL BE DETERMINED DURING DETAILED ENGINEERING.



**VUE EN PLAN / PLAN VIEW**  
 ÉCHELLE/SCALE 1:500



**VUE EN PROFIL / PROFILE VIEW**  
 ÉCH. HOR./HOR. SCALE 1:500  
 ÉCH. VERT./VERT. SCALE 1:500

**RAPPORT DE FORAGE / BOREHOLE LOG**

No. FORAGE / BOREHOLE No.	REPERE / TAG	DESCRIPTION
QEEP-117	1	SABLE ET GRAVIER SILTEUX GRIS / GREY SILTY SAND AND GRAVEL
	2	ROC/BEDROCK
QEEP-118	3	GRAVIER SABLEUX ET SILTEUX BRUN-GRIS / BROWN-GREY SILTY AND SANDY GRAVEL
	4	SABLE ET GRAVIER SILTEUX GRIS / GREY SILTY SAND AND GRAVEL
	5	ROC/BEDROCK

**DESSINS DE RÉFÉRENCE / REFERENCE DRAWINGS**

DESSIN/DRAWING No	TITRE/TITLE
4930-03-ML-SK-524F	PANNEAU DE SIGNALISATION POUR OLÉODUC À HAUTE PRESSION/HIGH PRESSURE OIL PIPELINE WARNING SIGN
4930-03-ML-SK-517F	DÉTAIL TYPIQUE DE TRANSITION DE TUYAU/TYPICAL PIPE TRANSITION DETAIL
STDS-03-ML-05-608F	REMBLAI TRAVERSE DE RIVIÈRE, PROTECTION CONTRE L'ÉROSION/WATERCROSSING BANK EROSION PROTECTION
4930-03-ML-SK-514F	DESSIN TYPIQUE DE COUDE 3D/TYPICAL DRAWING 3D ELBOW DETAIL
STDS-03-ML-05-295	PONCEAU TEMPORAIRE AVEC BÛSE / TEMPORARY FLUME CULVERT CROSSING
STDS-03-ML-05-296	TRAVERSE DE COURS D'EAU AVEC BÛSE / FLUME WATERCOURSE CROSSING
STDS-03-ML-05-297	TRAVERSES DE COURS D'EAU PAR BARRAGE ET POMPAGE / DAM AND PUMP WATERCOURSE CROSSINGS
16327-03-ML-03-005/044	RIVIÈRE BRAS-SAINT-NICOLAS - TRAVERSE PAR FORAGE DIRECTIONNEL / HDD CROSSING
16327-03-ML-03-030	RIVIÈRE BRAS-SAINT-NICOLAS - TRAVERSE PAR FORAGE HORIZONTAL / BORE CROSSING (ALTERNATIVE)

**REVISION / REVISION**

REV/REV	DATE/DATE	DESCRIPTION/DESCRIPTION
A	2014-03-07	ÉMIS POUR RÉVISION INTERNE / ISSUED FOR INTERNAL REVIEW
B	2014-04-25	ÉMIS POUR RÉVISION (CLIENT) / ISSUED FOR REVIEW (CLIENT)
C	2014-05-16	ÉMIS POUR RÉVISION (CLIENT) / ISSUED FOR REVIEW (CLIENT)
D	2014-06-09	ÉMIS POUR INGÉNIEURIE DE BASE / ISSUED FOR FEED
E	2014-12-12	ÉMIS POUR RÉVISION CLIENT / ISSUED FOR CLIENT REVIEW
F	2015-02-12	ÉMIS POUR INFORMATION / ISSUED FOR INFORMATION
G	2015-09-02	RÉÉMIS POUR INFORMATION (MISE À JOUR DESSINS DE RÉFÉRENCE & ÉPAISSEUR DE PAROIS) / REISSUED FOR INFORMATION (REFERENCE DRAWINGS & WALL THICKNESS UPDATES)
H	2015-11-20	RÉÉMIS POUR INFORMATION / REISSUED FOR INFORMATION

**APPROBATION / APPROVAL**

CODE PROJET / PROJECT CODE	DESSINATEUR / DRAFTER	VÉRIFICATEUR / CHECKER	CONCEPTEUR / DESIGNER	VÉRIF. CONCEPT / DESIGN CHK.	CHARGE PROJET / PROJECT MGR	COMPAGNIE / COMPANY
2223824	GD	MT	CT	AB	SM	JOHNSTON-VERMETTE
2223824	GD	MT	CT	AB	SM	JOHNSTON-VERMETTE
2.229206	GD	MT	CT	AB	SM	JOHNSTON-VERMETTE
2.229206	MT	CS	NG	AB	SM	JOHNSTON-VERMETTE
2.229206	MT	CS	NG	AB	GP	JOHNSTON-VERMETTE
2.229206	JCS	CS	NG	AB	GP	JOHNSTON-VERMETTE
2.229206	YM	CS	NG	AB	GP	JOHNSTON-VERMETTE
2.229206	YM	CS	NG	AB	GP	JOHNSTON-VERMETTE

**INGÉNIEUR/RPT / PROFESSIONAL ENGINEER/RPT**  
 PERMIS/APP. ING. / PERMIT/ENG. APPROVAL  
 DATE/DATE

**PRÉLIMINAIRE / PRELIMINARY ONLY**  
**NON POUR CONSTRUCTION / NOT FOR CONSTRUCTION**

REV/REV DATE/DATE PERMIS/PERMIT No:

**TransCanada** **Stantec** **JOHNSTON-VERMETTE**

INFORMATION GÉNÉRALE OLÉODUC ÉNERGIE EST / ENERGY EAST GENERAL INFORMATION PIPELINE  
 FIA/FIA 16327 CHAÎNAGE/CHAINAGE DISCIPLINE/DISCIPLINE 03

RIVIÈRE BRAS-SAINT-NICOLAS  
 TRAVERSE EN TRANCHÉE (ISOLÉE) / TRENCHED CROSSING (ISOLATED)  
 QUÉBEC

ÉCH./SCALE 1:500 DESSIN/DRAWING 16327-03-ML-03-006 REV/REV H

































# Annexe D

## Information géotechnique

## **Annexe M – Rivière Bras St-Nicolas (2015)**

## **M1. Rapports de forage**

Les rapports de forages et/ou sondage, placés en annexe, contiennent une description des sols et du roc rencontrés, incluant la profondeur et l'élévation de chacune des couches et le type, la profondeur et la récupération de chacun des échantillons prélevés lors des travaux sur le terrain.

<u>DESCRIPTION</u>			<u>Socle rocheux</u>																																																																																																
<p>La description des sols est basée sur la classification selon la dimension des particules, l'importance relative de chacun des constituants et les résultats des divers essais réalisés sur le terrain ou en laboratoire.</p> <p><b>Classification et dimension des particules (ASTM D2487)</b></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th><u>Terminologie</u></th> <th><u>Dimensions (mm)</u></th> <th><u>Terminologie</u></th> <th><u>Indice RQD</u></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Blocs</td> <td>&gt; 300</td> <td>Très mauvaise</td> <td>0 % à 25 %</td> </tr> <tr> <td>Cailloux</td> <td>80 à 300</td> <td>Mauvaise</td> <td>25 % à 50 %</td> </tr> <tr> <td>Gravier</td> <td>5,0 à 80</td> <td>Moyenne</td> <td>50 % à 75 %</td> </tr> <tr> <td>Sable</td> <td>0,080 à 5,0</td> <td>Bonne</td> <td>75 % à 90 %</td> </tr> <tr> <td>Silt</td> <td>0,002 à 0,080</td> <td>Excellente</td> <td>90 % à 100 %</td> </tr> <tr> <td>Argile</td> <td>&lt; 0,002</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2"><u>Proportion (en poids)</u></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Traces</td> <td>&lt; 10 %</td> </tr> <tr> <td>Un peu</td> <td>10 % à 20 %</td> </tr> <tr> <td>Adjectif (ex. : sableux)</td> <td>20 % à 35 %</td> </tr> <tr> <td>Nom (ex. : et sable)</td> <td>&gt; 35 %</td> </tr> </tbody> </table> <p>Un matériau décrit comme un « till » ou « moraine » est susceptible de contenir des cailloux et/ou des blocs de façon erratique. La proportion de cailloux et de blocs est donc évaluée de façon distincte.</p> <p><b>Sols pulvérulents</b></p> <p>Dans le cas des sols pulvérulents (silt, sable et gravier), l'état de densité du sol, ou compacité, est qualifié d'après l'indice « N » de l'essai de pénétration standard.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th><u>Compacité</u></th> <th><u>Indice « N »</u></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Très lâche</td> <td>&lt; 4</td> </tr> <tr> <td>Lâche</td> <td>4 à 10</td> </tr> <tr> <td>Compact ou moyenne</td> <td>10 à 30</td> </tr> <tr> <td>Dense</td> <td>30 à 50</td> </tr> <tr> <td>Très dense</td> <td>&gt; 50</td> </tr> </tbody> </table> <p><b>Sols cohérents</b></p> <p>Pour les sols cohérents (silt argileux à argile), la consistance du sol est évaluée à partir des essais de résistance au cisaillement (<math>C_u</math>) ou, à défaut, de l'indice « N ». La sensibilité au remaniement (<math>S_r</math>) est définie par le rapport de la résistance au cisaillement du matériau intact (<math>C_u</math>) sur celle du matériau remanié (<math>C_{ur}</math>).</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th><u>Consistance</u></th> <th><u>Résistance (<math>C_u</math>, kPa)</u></th> <th><u>Indice « N »</u></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Très molle</td> <td>&lt; 12</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Molle</td> <td>12 à 25</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Ferme</td> <td>25 à 50</td> <td>4 à 8</td> </tr> <tr> <td>Raide</td> <td>50 à 100</td> <td>8 à 15</td> </tr> <tr> <td>Très raide</td> <td>100 à 200</td> <td>15 à 30</td> </tr> <tr> <td>Dure</td> <td>&gt; 200</td> <td>&gt; 30</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1"> <thead> <tr> <th><u>Sensibilité (<math>S_r</math>)</u></th> <th><u><math>C_u / C_{ur}</math></u></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Faible</td> <td>&lt; 2</td> </tr> <tr> <td>Moyenne</td> <td>2 à 4</td> </tr> <tr> <td>Sensible</td> <td>4 à 8</td> </tr> <tr> <td>Très sensible</td> <td>8 à 16</td> </tr> <tr> <td>Liquide</td> <td>&gt; 16</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1"> <thead> <tr> <th><u>Plasticité</u></th> <th><u>Limite de liquidité (<math>w_l</math>)</u></th> <th><u>Indice de plasticité (<math>I_p</math>)</u></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Faible</td> <td>&lt; 30</td> <td>&lt; 10 %</td> </tr> <tr> <td>Moyenne</td> <td>30 à 50</td> <td>10 % à 25 %</td> </tr> <tr> <td>Élevée</td> <td>&gt; 50</td> <td>&gt; 25 %</td> </tr> </tbody> </table>			<u>Terminologie</u>	<u>Dimensions (mm)</u>	<u>Terminologie</u>	<u>Indice RQD</u>	Blocs	> 300	Très mauvaise	0 % à 25 %	Cailloux	80 à 300	Mauvaise	25 % à 50 %	Gravier	5,0 à 80	Moyenne	50 % à 75 %	Sable	0,080 à 5,0	Bonne	75 % à 90 %	Silt	0,002 à 0,080	Excellente	90 % à 100 %	Argile	< 0,002			<u>Proportion (en poids)</u>		Traces	< 10 %	Un peu	10 % à 20 %	Adjectif (ex. : sableux)	20 % à 35 %	Nom (ex. : et sable)	> 35 %	<u>Compacité</u>	<u>Indice « N »</u>	Très lâche	< 4	Lâche	4 à 10	Compact ou moyenne	10 à 30	Dense	30 à 50	Très dense	> 50	<u>Consistance</u>	<u>Résistance (<math>C_u</math>, kPa)</u>	<u>Indice « N »</u>	Très molle	< 12		Molle	12 à 25		Ferme	25 à 50	4 à 8	Raide	50 à 100	8 à 15	Très raide	100 à 200	15 à 30	Dure	> 200	> 30	<u>Sensibilité (<math>S_r</math>)</u>	<u><math>C_u / C_{ur}</math></u>	Faible	< 2	Moyenne	2 à 4	Sensible	4 à 8	Très sensible	8 à 16	Liquide	> 16	<u>Plasticité</u>	<u>Limite de liquidité (<math>w_l</math>)</u>	<u>Indice de plasticité (<math>I_p</math>)</u>	Faible	< 30	< 10 %	Moyenne	30 à 50	10 % à 25 %	Élevée	> 50	> 25 %	<p>La description du roc est le résultat de l'examen pétrographique des échantillons recueillis. Le degré de fracturation du roc est exprimé par l'indice de qualité du roc (RQD), qui est le résultat du rapport de la sommation des longueurs des échantillons de plus de 100 millimètres de longueur sur la longueur totale de la course.</p>	
<u>Terminologie</u>	<u>Dimensions (mm)</u>	<u>Terminologie</u>	<u>Indice RQD</u>																																																																																																
Blocs	> 300	Très mauvaise	0 % à 25 %																																																																																																
Cailloux	80 à 300	Mauvaise	25 % à 50 %																																																																																																
Gravier	5,0 à 80	Moyenne	50 % à 75 %																																																																																																
Sable	0,080 à 5,0	Bonne	75 % à 90 %																																																																																																
Silt	0,002 à 0,080	Excellente	90 % à 100 %																																																																																																
Argile	< 0,002																																																																																																		
<u>Proportion (en poids)</u>																																																																																																			
Traces	< 10 %																																																																																																		
Un peu	10 % à 20 %																																																																																																		
Adjectif (ex. : sableux)	20 % à 35 %																																																																																																		
Nom (ex. : et sable)	> 35 %																																																																																																		
<u>Compacité</u>	<u>Indice « N »</u>																																																																																																		
Très lâche	< 4																																																																																																		
Lâche	4 à 10																																																																																																		
Compact ou moyenne	10 à 30																																																																																																		
Dense	30 à 50																																																																																																		
Très dense	> 50																																																																																																		
<u>Consistance</u>	<u>Résistance (<math>C_u</math>, kPa)</u>	<u>Indice « N »</u>																																																																																																	
Très molle	< 12																																																																																																		
Molle	12 à 25																																																																																																		
Ferme	25 à 50	4 à 8																																																																																																	
Raide	50 à 100	8 à 15																																																																																																	
Très raide	100 à 200	15 à 30																																																																																																	
Dure	> 200	> 30																																																																																																	
<u>Sensibilité (<math>S_r</math>)</u>	<u><math>C_u / C_{ur}</math></u>																																																																																																		
Faible	< 2																																																																																																		
Moyenne	2 à 4																																																																																																		
Sensible	4 à 8																																																																																																		
Très sensible	8 à 16																																																																																																		
Liquide	> 16																																																																																																		
<u>Plasticité</u>	<u>Limite de liquidité (<math>w_l</math>)</u>	<u>Indice de plasticité (<math>I_p</math>)</u>																																																																																																	
Faible	< 30	< 10 %																																																																																																	
Moyenne	30 à 50	10 % à 25 %																																																																																																	
Élevée	> 50	> 25 %																																																																																																	
			<b>STRATIGRAPHIE</b>																																																																																																
			<p>Les symboles suivants sont utilisés, seuls ou associés, pour illustrer la stratigraphie; un X indique qu'il s'agit de matériaux de remblai.</p> <table border="1"> <tbody> <tr> <td></td> <td>Argile</td> <td></td> <td>Gravier</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Silt</td> <td></td> <td>Sols organiques</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Sable</td> <td></td> <td>Calcaire ou dolomie</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Roche ignée</td> <td></td> <td>Shale ou ardoise</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Grès</td> <td></td> <td>Roche métamorphique</td> </tr> </tbody> </table>			Argile		Gravier		Silt		Sols organiques		Sable		Calcaire ou dolomie		Roche ignée		Shale ou ardoise		Grès		Roche métamorphique																																																																											
	Argile		Gravier																																																																																																
	Silt		Sols organiques																																																																																																
	Sable		Calcaire ou dolomie																																																																																																
	Roche ignée		Shale ou ardoise																																																																																																
	Grès		Roche métamorphique																																																																																																
			<b>ESSAIS</b>																																																																																																
			<p>Dans cette colonne sont indiqués les résultats des essais réalisés sur le terrain et en laboratoire, aux profondeurs correspondantes. Les symboles suivants indiquent les essais couramment réalisés.</p> <table border="1"> <tbody> <tr> <td>N</td> <td>:</td> <td>Essai de pénétration standard</td> </tr> <tr> <td><math>C_u</math></td> <td>:</td> <td>Résistance au cisaillement</td> </tr> <tr> <td><math>C_{ur}</math></td> <td>:</td> <td>Résistance au cisaillement (remanié)</td> </tr> <tr> <td><math>S_r</math></td> <td>:</td> <td>Sensibilité au remaniement</td> </tr> <tr> <td>RQD</td> <td>:</td> <td>Indice de qualité du roc en laboratoire</td> </tr> <tr> <td>Inj</td> <td>:</td> <td>Injection d'eau sous pression</td> </tr> <tr> <td>w</td> <td>:</td> <td>Teneur en eau naturelle</td> </tr> <tr> <td><math>w_l / w_p</math></td> <td>:</td> <td>Limites d'Atterberg</td> </tr> <tr> <td>k</td> <td>:</td> <td>Perméabilité</td> </tr> <tr> <td>AG</td> <td>:</td> <td>Analyse granulométrique (tamisage)</td> </tr> <tr> <td>AC</td> <td>:</td> <td>Analyse chimique</td> </tr> <tr> <td>Com</td> <td>:</td> <td>Résistance en compression (roc)</td> </tr> <tr> <td>Dos</td> <td>:</td> <td>Dosage par lavage au tamis de 80 <math>\mu</math>m</td> </tr> <tr> <td>Oed</td> <td>:</td> <td>Consolidation oedométrique</td> </tr> <tr> <td>Sed</td> <td>:</td> <td>Sédimentométrie</td> </tr> </tbody> </table>		N	:	Essai de pénétration standard	$C_u$	:	Résistance au cisaillement	$C_{ur}$	:	Résistance au cisaillement (remanié)	$S_r$	:	Sensibilité au remaniement	RQD	:	Indice de qualité du roc en laboratoire	Inj	:	Injection d'eau sous pression	w	:	Teneur en eau naturelle	$w_l / w_p$	:	Limites d'Atterberg	k	:	Perméabilité	AG	:	Analyse granulométrique (tamisage)	AC	:	Analyse chimique	Com	:	Résistance en compression (roc)	Dos	:	Dosage par lavage au tamis de 80 $\mu$ m	Oed	:	Consolidation oedométrique	Sed	:	Sédimentométrie																																																		
N	:	Essai de pénétration standard																																																																																																	
$C_u$	:	Résistance au cisaillement																																																																																																	
$C_{ur}$	:	Résistance au cisaillement (remanié)																																																																																																	
$S_r$	:	Sensibilité au remaniement																																																																																																	
RQD	:	Indice de qualité du roc en laboratoire																																																																																																	
Inj	:	Injection d'eau sous pression																																																																																																	
w	:	Teneur en eau naturelle																																																																																																	
$w_l / w_p$	:	Limites d'Atterberg																																																																																																	
k	:	Perméabilité																																																																																																	
AG	:	Analyse granulométrique (tamisage)																																																																																																	
AC	:	Analyse chimique																																																																																																	
Com	:	Résistance en compression (roc)																																																																																																	
Dos	:	Dosage par lavage au tamis de 80 $\mu$ m																																																																																																	
Oed	:	Consolidation oedométrique																																																																																																	
Sed	:	Sédimentométrie																																																																																																	
			<b>COLONNE QUADRILLÉE</b>																																																																																																
			<p>La colonne quadrillée de l'extrême droite du rapport de forage permet l'expression graphique des résultats de terrain ou de laboratoire tels que le profil de résistance au cisaillement ou l'essai de pénétration dynamique. Les valeurs de terrain sont généralement représentées par un cercle et les résultats de laboratoire par un triangle renversé. Le quadrillage peut être remplacé par un croquis d'installation de piézomètre et/ou de tube d'observation.</p>																																																																																																

Forage N° : QEEP-145  
 Dossier : PLUS-00026280-045500

 Projet : Oléoduc Énergie Est - Exploration géotechnique  
 Traverses de rivières majeures  
 Endroit : Rivière Bras St-Nicolas  
 Foreur : Forage SL inc.  
 Date du forage : 2015-08-31

 Compilé par : M. Létourneau / M. Martin  
 Technicien : M. Boisvert  
 Approuvé par : D. Giguère  
 Date du rapport : 2015-09-25

**Coordonnées géographiques**

 Latitude : 47.0591°  
 Longitude : -70.3571°

**Niveau de référence**

Géodésique

**Niveau d'eau**

 Prof.: m Date:  
 Prof.: m Date:

 Tubage : NW  
 Carottier : NQ  
 Marteau : Masse : 63.5 kg Chute : 0.76 m

**Type d'échantillon**

 CF : Cuillère fendue  
 TM : Tube à paroi mince  
 CR : Carotte (forage au diamant)  
 ET : Tarière  
 EM : Manuel

**État de l'échantillon**

 Remanié  
 Intact  
 Perdu  
 Forage au diamant

**Graphique**

 : Cu (scissomètre au chantier) (kPa)  
 : Cu (cône suédois) (kPa)  
 : Absorption (essai d'eau) (Lugeon)  
 : Teneur en eau (w)  
 : Limites (wp et wl)

Prof.		Coupe stratigraphique			Échantillons			Odeur		Essais		Graphique								
pi	m	Élév. Prof.	Description	Strat.	Eau	État	Type - No	Réc. %	N / RQD	FAIBLE	MOYENNE	FORTE	Essais	Cu Cur Nc	20	40	60	80	100	
		74.04	Niveau actuel du sol																	
		0.00	Sable fin graveleux brun, un peu de silt. Sec à humide léger. Présence de matières organiques jusque vers 0,3 mètre de profondeur. Lâche.				CF-1	75	4				CF-1B : AG		6.9					
	1																			
	5																			
		72.21	Silt sableux et argileux gris, un peu de gravier. Humide fort, devenant saturé vers 2,4 mètres de profondeur. Lâche.				CF-2	79	16											
	2	1.83																		
	10																			
		69.95	Silt sableux et graveleux gris, traces d'argile (till). Saturé. Compact à dense.				CF-3	75	6				AG, Sed		14.2					
	4	4.09																		
	15																			
		68.96	Résidus de till avec présence de graviers de 5 à 70 mm.				CF-4	54	30				k = 2,4 x 10-5 m/s							
	5	5.08																		
	20						CR-5	15	0											
	6																			
		67.13	Résidus de till avec présence de graviers de 5 à 50 mm et de cailloux de 120 à 230 mm.																	
	7	6.91																		
	25																			
	8						CR-6	30	0											
		65.33	Résidus de till avec présence de graviers de 5 à 65 mm et de cailloux de 90 à 130 mm.																	
	9	8.71																		

Remarques :

Prof.		Coupe stratigraphique		Échantillons				Odeur		Essais		Graphique								
pi	m	Élév. Prof.	Description	Strat.	Eau	État	Type - No	Réc. %	N / RQD	FAIBLE	MOYENNE	FORTE	Essais	Cu Cur Nc	20	40	60	80	100	
			(Suite) Résidus de till avec présence de graviers de 5 à 65 mm et de cailloux de 90 à 130 mm.				CR-7	47	0											
10																				
	35						CR-8	35	0											
11																				
	40	61.77					CR-9	32	0											
		12.27																		
12																				
40																				
	13		Roc probable : Grès feldspathique gris moyen à grains fins à moyens avec quelques veines et veinules blanches obliques de calcite et de quartz et quelques plans de cisaillement obliques. Présence de dépôts silteux gris rougeâtre par endroits.				CR-10	71	59											
	45						CR-11	100	75											
14							CR-12	67	15											
	15	59.61					CR-13	100	43											
		14.43																		
50		58.75					CR-14	97	50											
	16	15.29					CR-15	83	50											
			Alternance irrégulière de siltstone gris clair à gris moyen et de shale ardoisier noir avec parfois quelques passages de grès feldspathique gris moyen avec veinules et veines blanches obliques de calcite et de quartz. Stratifications obliques à 40°.																	
	55	57.43					CR-16	93	89											
	17	16.61																		
			Zone fissurée, fracturée à très fracturée par endroits de 15,52 à 16,03 mètres de profondeur. Grès feldspathique gris clair à gris foncé, avec quelques veines et veinules blanches obliques de calcite et de quartz et quelques plans de cisaillement obliques.																	
	18	56.13																		
	60	17.91																		
			Grès feldspathique argileux gris très foncé à noir avec quelques veinules blanches obliques de calcite et de quartz.																	
	19	55.37					CR-17	100	67											
		18.67																		
			Zone fissurée et fracturée par endroits de 18,09 à 18,44 mètres de profondeur. Alternance irrégulière de siltstone gris clair à gris moyen et de shale ardoisier noir avec parfois quelques passages de grès feldspathique gris moyen, avec veinules et veines blanches obliques de calcite et de quartz.																	
	65																			
	20						CR-18	100	100											
			Stratifications sub-horizontales de 18,67 à 22,23 mètres de profondeur.																	
	21																			

com = 97,4 MPa  
densité brute = 2,672  
absorption = 0,33%

com = 70,7 MPa  
densité brute = 2,657  
absorption = 1,36%



Prof.		Coupe stratigraphique		Échantillons			Odeur			Essais		Graphique								
pi	m	Élév. Prof.	Description	Strat.	Eau	État	Type - No	Réc. %	N / RQD	FAIBLE	MOYENNE	FORTE	Essais	Cu Cur Nc	20	40	60	80	100	
			(Suite)																	
	22		Alternance irrégulière de siltstone gris clair à gris moyen et de shale ardoisier noir avec parfois quelques passages de grès feldspathique gris moyen, avec veinules et veines blanches obliques de calcite et de quartz. Stratifications obliques à 45° de 22,23 à 24,11 mètres de profondeur.				CR-19	100	70											
	75	23	Zone fissurée et un peu fracturée et broyée par endroits de 22,23 à 24,28 mètres de profondeur.				CR-20	89	0											
	24						CR-21	93	65											
	80		Stratifications sub-horizontales de 24,11 à 25,88 mètres de profondeur.				CR-22	100	92				com = 93,8 MPa densité brute = 2,640 absorption = 1,90%							
	25																			
	85	26	Présence d'un dépôt de silt argileux gris-noir (boue de forage probable) de 25,55 à 25,60 mètres de profondeur. Stratifications obliques de 15 à 25° de 25,88 à 29,24 mètres de profondeur.				CR-23	100	90											
	27																			
	90		Zone fissurée et un peu fracturée par endroits de 27,03 à 27,31 mètres de profondeur.				CR-24	100	82				com = 75,7 MPa densité brute = 2,666 absorption = 0,13%							
	28		Passage de grès conglomératique gris moyen avec quelques veinules verticales blanches de calcite et de quartz de 27,89 à 28,19 mètres de profondeur.																	
	95	29					CR-25	98	98											
	30		Stratifications obliques de 30 à 40° de 29,24 à 31,61 mètres de profondeur.																	
	100						CR-26	95	85											
	31		Zone très fracturée de 30,96 à 31,19 mètres de profondeur.																	
	42.43	31.61	Fin du forage à 31,61 mètres de profondeur.																	
	105	32																		
	33																			

Projet : Oléoduc Énergie Est - Exploration géotechnique  
 Traverses de rivières majeures  
 Endroit : Rivière Bras St-Nicolas  
 Foreur : Forage SL inc.  
 Date du forage : 2015-09-03

 Compilé par : M. Létourneau / M. Martin  
 Technicien : M. Boisvert  
 Approuvé par : D. Giguère  
 Date du rapport : 2015-09-25

**Coordonnées géographiques**

 Latitude : 47.0617°  
 Longitude : -70.3555°

**Niveau de référence**

Géodésique

**Niveau d'eau**

 Prof.: m Date:  
 Prof.: m Date:

 Tubage : NW et BW  
 Carottier : NQ  
 Marteau : Masse : 63.5 kg Chute : 0.76 m

**Type d'échantillon**

 CF : Cuillère fendue  
 TM : Tube à paroi mince  
 CR : Carotte (forage au diamant)  
 ET : Tarière  
 EM : Manuel

**État de l'échantillon**

 Remanié  
 Intact  
 Perdu  
 Forage au diamant

**Graphique**

 : Cu (scissomètre au chantier) (kPa)  
 : Cu (cône suédois) (kPa)  
 : Absorption (essai d'eau) (Lugeon)  
 : Teneur en eau (w)  
 : Limites (wp et wl)

Prof.	Coupe stratigraphique			Strat.	Échantillons				Odeur			Essais		Graphique					
	pi	Élév. Prof.	Description		Eau	État	Type - No	Réc. %	N / RQD	FAIBLE	MOYENNE	FORTE	Essais	Cu Cur Nc	20	40	60	80	100
		67.67	Niveau actuel du sol																
		0.00	Sable fin brun, un peu de silt à silteux. Présence de matières organiques jusque vers 0,3 mètre de profondeur. Humide léger. Très lâche.			CF-1	100	2											
1		66.63	Sable et gravier silteux brun-gris. Humide. Dense.			CF-2	54	38											
5		65.23	Sable graveleux et silteux gris, traces d'argile (till). Saturé. Compact à très dense. Présence de cailloux probable de 2,4 à 2,7 mètres de profondeur.			CF-3	75	27			AG, Sed								
10		63.89	Résidus de till avec présence d'un caillou de 100 mm.			CR-4	20	0											
15		63.38	Résidus de till avec présence de graviers de 5 à 25 mm dans une matrice gris rougeâtre de silt sableux, traces d'argile.			CR-5	90	85			com = 108,6 MPa densité brute = 2,674 absorption = 0,22%								
20		63.12	Zone très fracturée de 6,07 à 7,85 mètres de profondeur.			CR-6	28	17											
25		59.82	Socle rocheux : Grès feldspathique argileux gris-noir et grès feldspathique gris moyen avec quelques veinules et veines blanches obliques de calcite et quartz.			CR-7	69	100											
8		7.85	Zone fissurée et fracturée par endroits de 7,90 à 8,23 mètres de profondeur.			CR-8	100	65											
9																			

Remarques :

Prof.		Coupe stratigraphique			Échantillons			Odeur			Essais		Graphique							
pi	m	Élév. Prof.	Description	Strat.	Eau	État	Type - No	Réc. %	N / RQD	FAIBLE	MOYENNE	FORTE	Essais	Cu Cur Nc	20	40	60	80	100	
	10		Passage de shale noir (mou) avec présence de veinules blanches obliques de calcite et de quartz de 7,90 à 8,33 mètres de profondeur. Stratifications obliques à 45°.				CR-9	100	100				com = 63,6 MPa densité brute = 2,685 absorption = 0,25%							
	35	56.93	Zone fracturée de 10,54 à 10,72 mètres de profondeur.																	
	11	10.74	Passage bréchique consolidé de shale ardoisier noir et de siltstone gris moyen à gris clair.				CR-10	92	89											
		56.37	Alternance irrégulière de siltstone gris clair à gris moyen et de shale ardoisier noir à stratifications obliques, avec quelques passages de grès feldspathique gris moyen et parfois argileux gris-noir. Présence de veinules et veines de blanches obliques et parfois sub-verticales de calcite et de quartz blanches. Présence de quelques zones de cisaillement obliques.				CR-11	93	50											
	12	11.30	Stratifications obliques variant de 35 à 45° de 11,30 à 27,79 mètres de profondeur.				CR-12	100	100											
	40		Zone très fracturée de 12,27 à 10,72 mètres de profondeur.																	
	13		Zone fissurée et un peu fracturée par endroits de 13,49 à 13,61 mètres de profondeur.				CR-13	100	72											
	45		Zone très fracturée de 14,30 à 14,43 mètres de profondeur.																	
	14																			
	15																			
	50		Perte de l'eau notée lors du forage vers 15,24 mètres de profondeur.				CR-14	100	98				com = 63,1 MPa densité brute = 2,698 absorption = 0,47%							
	16																			
	55																			
	17						CR-15	100	100											
	18																			
	60		Zone fissurée de 18,14 à 18,29 mètres de profondeur.				CR-16	92	58											
	19						CR-17	100	94											
	65																			
	20																			
	21						CR-18	97	97											

Prof.		Coupe stratigraphique		Échantillons				Odeur		Essais		Graphique										
pi	m	Élév. Prof.	Description	Strat.	Eau	État	Type - No	Réc. %	N / RQD	FAIBLE	MOYENNE	FORTE	Essais	Cu	Cur	Nc	20	40	60	80	100	
			(Suite)																			
			Alternance irrégulière de siltstone gris clair à gris moyen et de shale ardoisier noir à stratifications obliques, avec quelques passages de grès feldspathique gris moyen et parfois argileux gris-noir. Présence de veinules et veines de quartz blanches. Présence de quelques zones de cisaillement obliques.				CR-19	100	100				com = 18,3 MPa densité brute = 2,701 absorption = 1,06%									
		22																				
		75																				
		23																				
							CR-20	100	95													
		24																				
		80																				
		25					CR-21	64	32													
		85																				
		26					CR-22	97	76													
		85																				
		26					CR-23	96	83													
		27					CR-24	100	92													
		90																				
		28					CR-25	100	97													
			Stratifications sub-obliques à 20° de 27,79 à 30,33 mètres de profondeur.																			
		95																				
		29																				
		100																				
		30																				
			Dépôt de 10 mm de silt argileux gris, un peu de sable à 29,98 mètres de profondeur. Stratifications obliques variant de 35 à 45° de 30,33 à 40,83 mètres de profondeur.																			
		31					CR-26	100	98													
		105																				
		32					CR-27	100	97													
		105																				
		33					CR-28	91	91				com = 32,7 MPa densité brute = 2,717 absorption = 0,77%									

Prof.		Coupe stratigraphique		Échantillons			Odeur			Essais		Graphique								
pi	m	Élév. Prof.	Description	Strat.	Eau	État	Type - No	Réc. %	N / RQD	FAIBLE	MOYENNE	FORTE	Essais	Cu Cur Nc	20	40	60	80	100	
110			(Suite) Alternance irrégulière de siltstone gris clair à gris moyen et de shale ardoisier noir à stratifications obliques, avec quelques passages de grès feldspathique gris moyen et parfois argileux gris-noir. Présence de veinules et veines de quartz blanches. Présence de quelques zones de cisaillement obliques. Passage bréchiqye consolidé de flysh tectonique fragmenté, composé de grès feldspathique gris clair de calcite et quartz blanches et de siltstone gris moyen de 33,05 à 33,31 mètres de profondeur. Zone fissurée de 33,31 à 33,43 mètres de profondeur.				CR-29	100	92											
34																				
115							CR-30	97	95											
35																				
120			Zone fracturée de 36,26 à 36,33 mètres de profondeur.																	
36																				
125							CR-31	100	93											
37																				
125							CR-32	100	85											
38																				
130			Zone fissurée de 38,41 à 38,49 mètres de profondeur. Zone fissurée de 38,77 à 38,85 mètres de profondeur.				CR-33	100	100											
39																				
135																				
40																				
135		26.84 40.83	Fin du forage à 40,83 mètres de profondeur.																	
41																				
140																				
42																				
145																				
43																				
44																				
44																				
145																				

com = 93,0 MPa  
densité brute = 2,694  
absorption = 0,26%

Projet : Oléoduc Énergie Est - Exploration géotechnique

Compilé par : M. Létourneau / M. Martin

Endroit : Rivière Bras St-Nicolas

Technicien : M. Boisvert

Foreur : Forage SL inc.

Approuvé par : D. Giguère

Date du forage : 2015-09-15

Date du rapport : 2015-10-07

**Coordonnées géographiques**

 Latitude : 47.0643°  
 Longitude : -70.3540°

**Niveau de référence**

Géodésique

**Niveau d'eau**

 Prof.: m Date:  
 Prof.: m Date:

Tubage : NW et BW

Carottier : NQ

Marteau : Masse : 63.5 kg Chute : 0.76 m

**Type d'échantillon**

CF : Cuillère fendue  
 TM : Tube à paroi mince  
 CR : Carotte (forage au diamant)  
 ET : Tarière  
 EM : Manuel

**État de l'échantillon**

Remanié  
 Intact  
 Perdu  
 Forage au diamant

**Graphique**

: Cu (scissomètre au chantier) (kPa)  
 : Cu (cône suédois) (kPa)  
 : Absorption (essai d'eau) (Lugeon)  
 : Teneur en eau (w)  
 : Limites (wp et wl)

Prof.	Coupe stratigraphique			Strat.	Échantillons				Odeur			Essais		Graphique					
	pi	Élév. Prof.	Description		Eau	État	Type - No	Réc. %	N / RQD	FAIBLE	MOYENNE	FORTE	Essais	Cu Cur Nc	20	40	60	80	100
		68.37	Niveau actuel du sol																
		0.00	Sable silteux brun, traces de gravier. Présence de sols organiques jusque vers 0,2 mètre de profondeur. Humide léger. Très lâche.			CF-1	79	2											
1		67.15	Gravier et sable brun-beige, un peu de silt. Humide à saturé. Dense.			CF-2	42	33				AG							
5		1.22																	
2		65.80	Silt et argile gris, traces de sable. Saturé.			CF-3	100	1				AG, Sed							
10		2.57																	
3		64.64	Sable silteux et graveleux gris, traces d'argile (till). Saturé.			CR-4	23	0				k = 2,9 x 10-5 m/s							
4		3.73																	
15		64.10	Résidus de till avec graviers anguleux et forés, variant de 5 à 70 mm, traces de sable.			CR-5	63	0											
5		4.27																	
6		63.34	Résidus de till composés d'un bloc de 309 mm, d'un caillou de 100 mm et de graviers anguleux et forés de 5 à 50 mm, traces de sable.			CR-6	14	0											
20		5.03																	
7		62.38	Résidus de till avec graviers (anguleux et forés variant de 5 à 70 mm). Présence d'un léger dépôt de matrice gris rougeâtre silteuse sur la surface de quelques graviers.			CR-7	8	0											
25		5.99																	
8		61.11	Résidus de till avec graviers anguleux et forés variant de 5 à 50 mm.																
25		7.26																	
9		59.56	Résidus de till avec graviers anguleux et forés variant de 5 à 55 mm.																
9		8.81																	

Remarques :

Prof.		Coupe stratigraphique		Échantillons			Odeur		Essais		Graphique									
pi	m	Élév. Prof.	Description	Strat.	Eau	État	Type - No	Réc. %	N / RQD	FAIBLE	MOYENNE	FORTE	Essais	Cu Cur Nc	20	40	60	80	100	
			(Suite)																	
	10	58.34	Résidus de till avec graviers anguleux et forés variant de 5 à 55 mm.				CR-8	19	0											
		10.03	Résidus de till composés de cailloux de 150 et 100 mm et de quelques graviers variant de 5 à 50 mm.																	
	35																			
	11						CR-9	37	0											
		56.53	Résidus de till composés d'un bloc (siltstone et shale à texture de convulsions, 300 mm) et de graviers variant de 5 à 80 mm. Présence en fin de course d'un dépôt de silt sableux gris foncé, un peu d'argile, traces de graviers anguleux de 5 cm.				CR-10	53	0											
	40	11.84																		
		55.67	Lits convolutés de flysh à matrice argileuse noire avec quelques lits fragmentés consolidés de siltstone gris moyen et de shale ardoisier noir. Présence de veinules blanches de quartz et calcite. Stratifications obliques à verticales. Zone fissurée, fracturée et broyée par endroits avec fréquents plans de cisaillement graphitiques obliques à vertical de 12,70 à 32,06 mètres de profondeur.				CR-11	100	33											
	13	12.70					CR-12	43	0											
	45						CR-13	19	0											
	14						CR-14	46	0											
	50						CR-15	50	0											
	16						CR-16	100	39											
	55						CR-17	100	59											
	17						CR-18	65	0											
	18						CR-19	93	42											
	60																			
	19																			
	65																			
	20																			
	21																			

com = 29,5 MPa  
densité brute = 2,637  
absorption = 2,36%

31.84

1.76

Prof.		Coupe stratigraphique		Échantillons			Odeur			Essais		Graphique								
pi	m	Élév. Prof.	Description	Strat.	Eau	État	Type - No	Réc. %	N / RQD	FAIBLE	MOYENNE	FORTE	Essais	Cu Cur Nc	20	40	60	80	100	
			(Suite)																	
	22		Lits convolutés de flysh à matrice argileuse noire avec quelques lits fragmentés de siltstone gris moyen et de shale ardoisier noir. Présence de veinules blanches de quartz et calcite. Stratifications obliques à verticales.				CR-20	100	33				com = 18,1 MPa densité brute = 2,644 absorption = 2,01%							
	75	23					CR-21	85	73											
	24						CR-22	79	14											
	80		Zone bréchique très fracturée de 24,08 à 24,97 mètres de profondeur.				CR-23	17	0											
	25						CR-24	60	0											
	85	26					CR-25	22	0											
	27						CR-26	47	13											
	90						CR-27	90	50											
	28						CR-28	78	56				com = 7,2 MPa densité brute = 2,670 absorption = 1,61%							
	95	29					CR-29	94	42				com = 36,6 MPa densité brute = 2,558 absorption = 3,41%							
	30																			
	100																			
	31																			
	105	32	36.31 32.06																	
			Fin du forage à 32,06 mètres de profondeur.																	
	33																			



## **M2. Photographies des carottes de roc**

**Photographies des carottes de roc (sec) : Rivière Bras St-Nicolas - Forage QEEP-145**

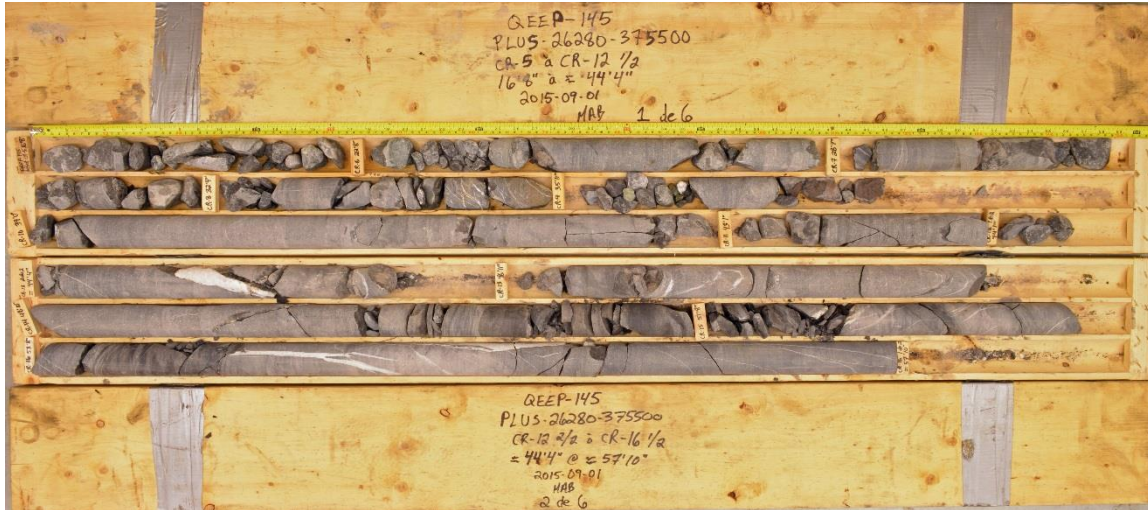


Photo 1. Forage QEEP-145: boîtes 1 à 2 / 6 (5,08 m à 17,63 m)

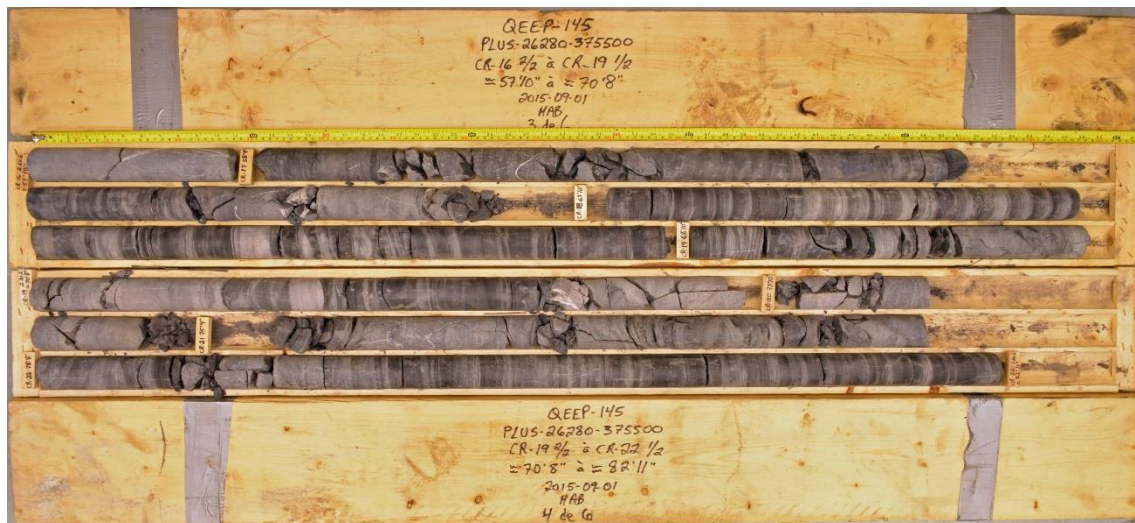


Photo 2. Forage QEEP-145: boîtes 3 à 4 / 6 (17,63 m à 25,27 m)



Photo 3. Forage QEEP-145: boîtes 5 à 6 / 6 (25,27 m à 31,60 m)

### Photographies des carottes de roc (humide) : Rivière Bras St-Nicolas - Forage QEEP-145



Photo 1. Forage QEEP-145: boîtes 1 à 2 / 6 (5,08 m à 17,63 m)



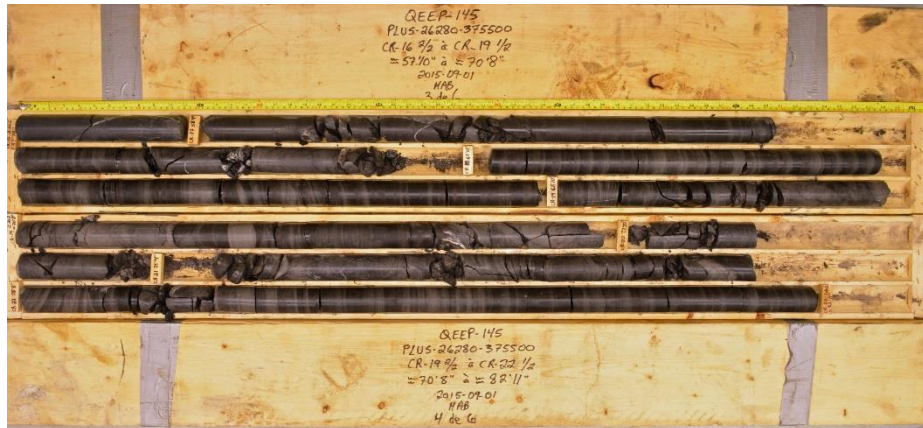


Photo 2. Forage QEEP-145: boîtes 3 à 4 / 6 (17,63 m à 25,27 m)



Photo 3. Forage QEEP-145: boîtes 5 à 6 / 6 (25,27 m à 31,60 m)

Photographies des carottes de roc (sec) : Rivière Bras St-Nicolas - Forage QEEP-146



Photo 1. Forage QEEP-146: boîtes 1 à 2 / 9 (3,78 m à 13,43 m)

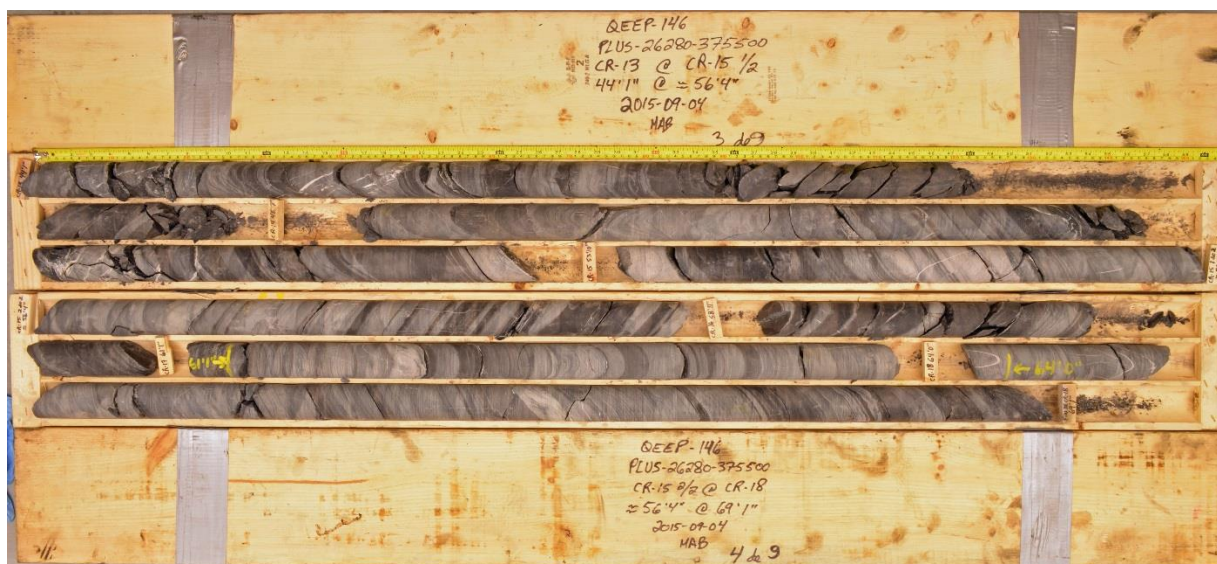


Photo 2. Forage QEEP-146: boîtes 3 à 4 / 9 (13,43 m à 21,06 m)



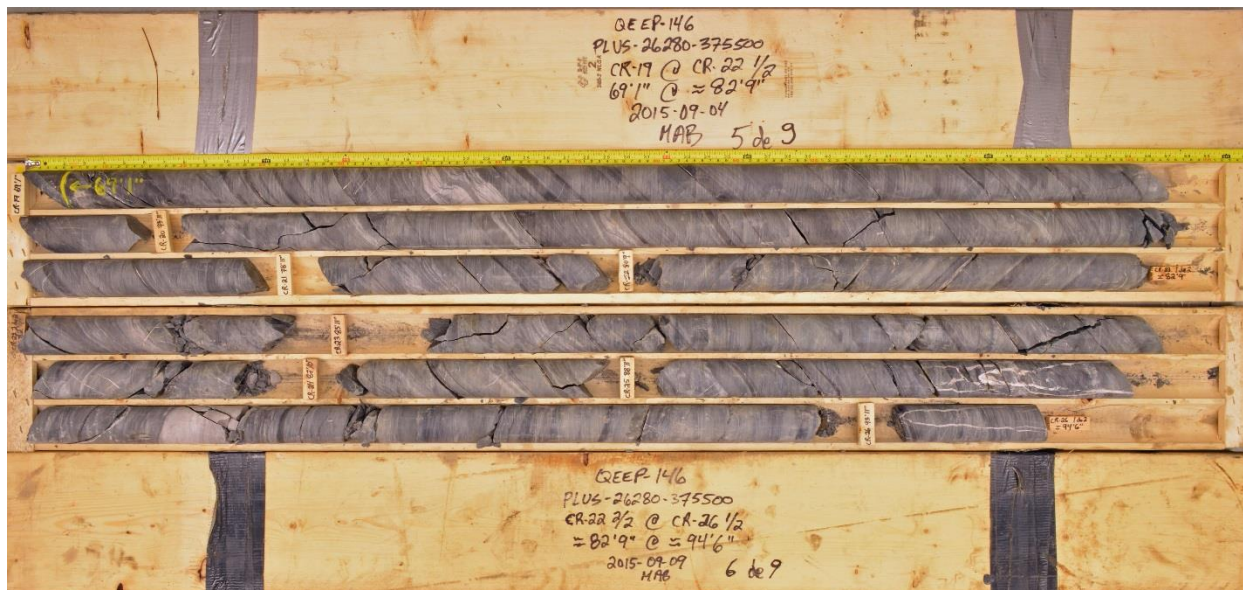


Photo 3. Forage QEEP-146: boîtes 5 à 6 / 9 (21,06 m à 28,80 m)

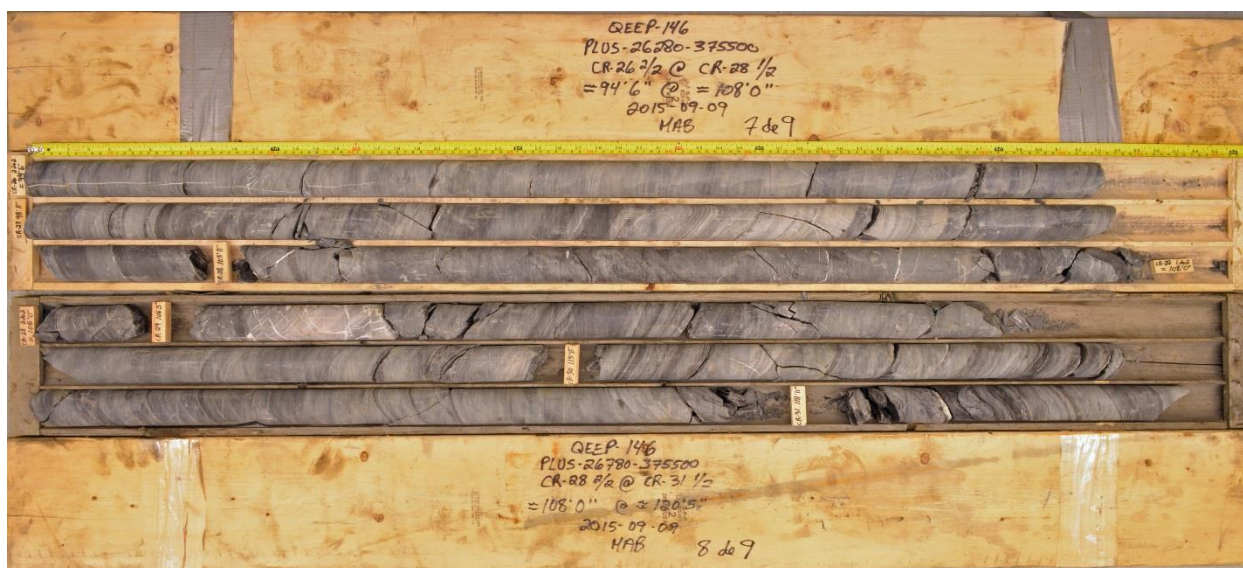


Photo 4. Forage QEEP-146: boîtes 7 à 8 / 9 (28,80 m à 36,70 m)



Photo 5. Forage QEEP-146: boîtes 9 / 9 (36,70 m à 40,82 m)

### Photographies des carottes de roc (humide) : Rivière Bras St-Nicolas - Forage QEEP-146



Photo 1. Forage QEEP-146: boîtes 1 à 2 / 9 (3,78 m à 13,43 m)



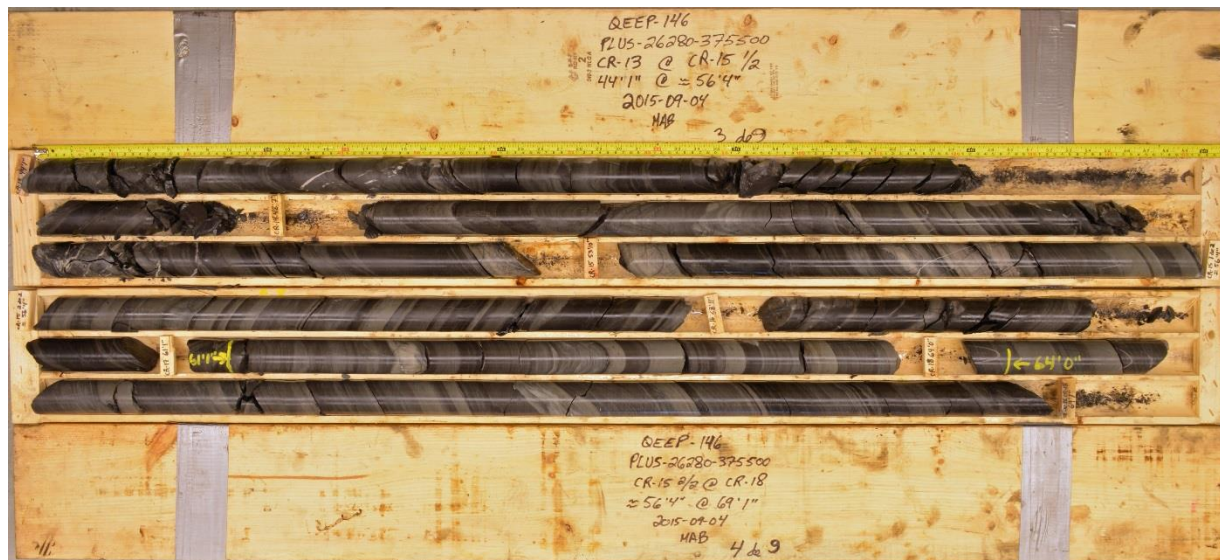


Photo 2. Forage QEEP-146: boîtes 3 à 4 / 9 (13,43 m à 21,06 m)

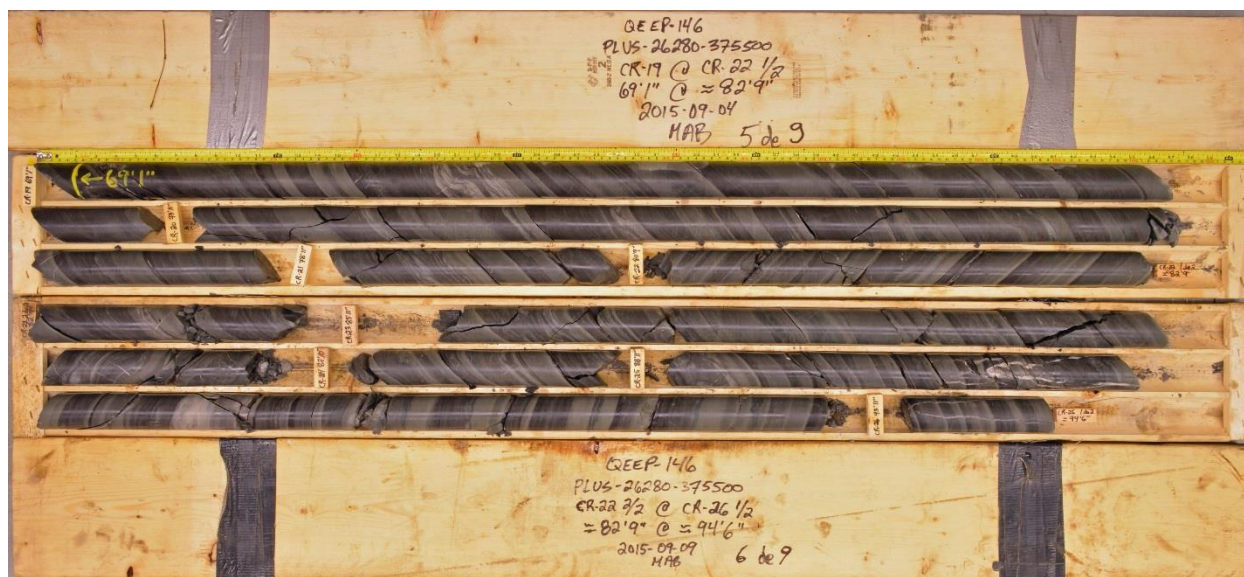


Photo 3. Forage QEEP-146: boîtes 5 à 6 / 9 (21,06 m à 28,80 m)



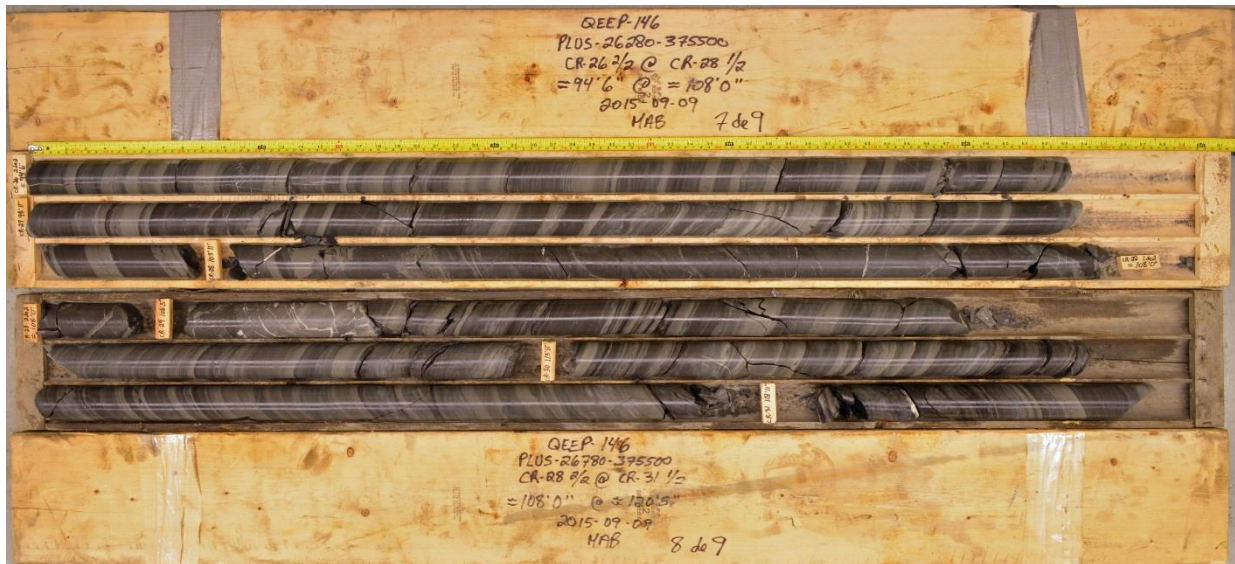


Photo 4. Forage QEEP-146: boîtes 7 à 8 / 9 (28,80 m à 36,70 m)



Photo 5. Forage QEEP-146: boîtes 9 / 9 (36,70 m à 40,82 m)

Photographies des carottes de roc (sec) : Rivière Bras St-Nicolas - Forage QEEP-147



Photo 1. Forage QEEP-147: boîtes 1 à 2 / 6 (4,37 m à 17,58 m)



Photo 2. Forage QEEP-147: boîtes 3 à 4 / 6 (17,58 m à 24,08 m)





Photo 3. Forage QEEP-147: boîtes 5 à 6 / 6 (24,08 m à 32,06 m)

### Photographies des carottes de roc (humide) : Rivière Bras St-Nicolas - Forage QEEP-147



Photo 1. Forage QEEP-147: boîtes 1 à 2 / 6 (4,37 m à 17,58 m)



Photo 2. Forage QEEP-147: boîtes 3 à 4 / 6 (17,58 m à 24,08 m)



Photo 3. Forage QEEP-147: boîtes 5 à 6 / 6 (24,08 m à 32,06 m)

## **M3. Résultats d'essais in situ**



**Tableau M3.1. Synthèse des résultats d'essais de perméabilité dans les sols (rivière Bras St-Nicolas)**

Forage	Profondeur de l'essai (m)	Élévation de l'essai (m)	Perméabilité m/s
QEEP-145	5,0	69,0	2,4E-5
QEEP-147	4,0	64,4	2,9E-5

**Tableau M3.2. Synthèse des résultats d'essais d'eau sous pression en rocher (rivière Bras St-Nicolas)**

Forage	Profondeur de l'essai (m)		Élévation de l'essai (m)		RQD (%)	Absorption <sup>1</sup>	
	Haut	Bas	Haut	Bas		(l/min-m)	(Lugeon) <sup>2</sup>
QEEP-147	13,9	18,9	54,5	49,5	0 à 59	2,59	31,8
	18,9	24,0	49,5	44,1	0 à 73	2,91	1,8
	24,0	29,1	44,4	39,3	0 à 50	3,38	0,0

Note 1. Les résultats d'essais dans le roc ne fournissent qu'une valeur indicative de l'absorptivité du roc puisqu'un seul palier de pression est appliqué, au lieu des neuf paliers de pression de l'essai Lugeon complet.

Note 2. Les valeurs exprimées en Lugeon permettent de normaliser les résultats par rapport à la pression d'injection utilisée. Toutefois, la pression d'injection étant mesurée seulement en surface dans cet essai, les valeurs fournies en Lugeon ne sont pas corrigées pour la pression nette d'injection au niveau testé et sont donc approximatives.

## **M4. Résultats d'essais en laboratoire**



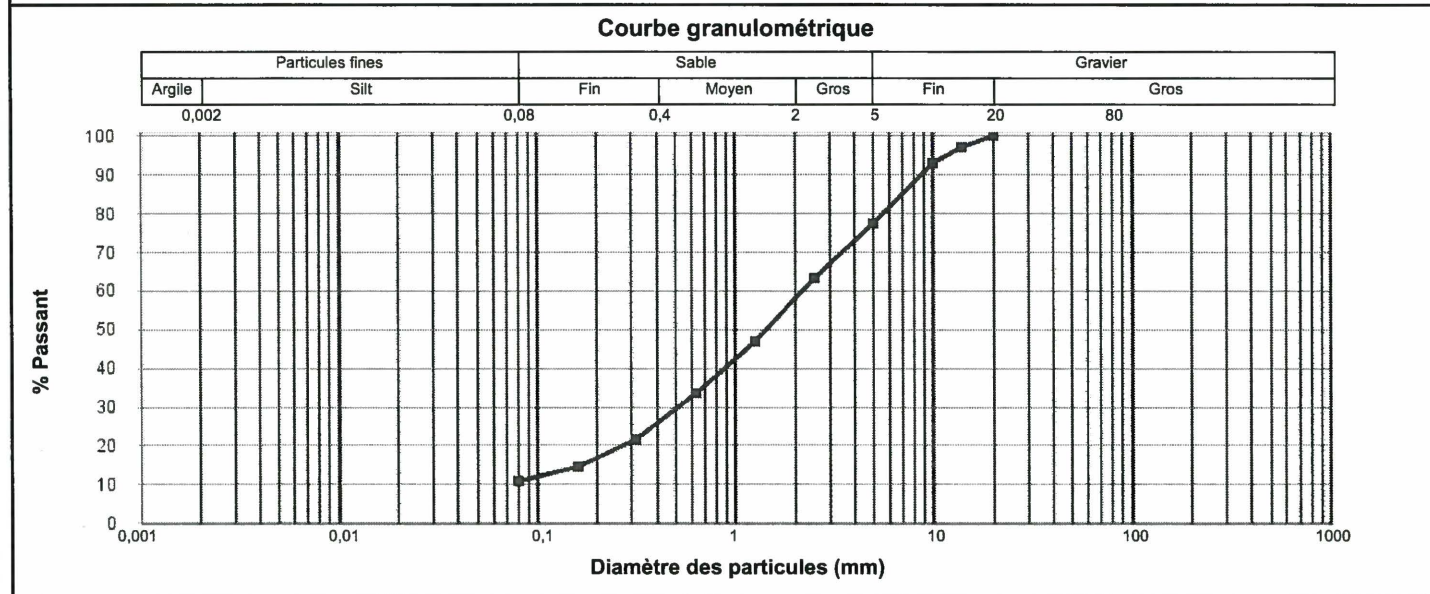
2555, rue Saint-Pierre  
 Drummondville (QC) J2C 7Y2  
 Téléphone: 819-477-3775  
 www.exp.com

**ESSAIS SUR SOLS  
 FORAGE ET SONDAGE**

Certifié: ISO 9001:2008


Client :	Johnston-Vermette	Dossier n° :	PLUS-26280-365500
Projet :	Oleoduc Energie Est	Échantillon n° :	DR-5371
		Réf. client :	

Sondage n° :	QEEP-145	Prélevé le :	2015-08-31 par EXP
Échantillon :	CF-1B	Reçu le :	2015-09-14
Profondeur :	0,3 à 0,6 m	Localisation :	Rivière Bras St-Nicolas



Analyse granulométrique LC 21-040		Description	Autres essais	
Tamis (mm)	Tamisat %passant mesuré		Teneur en eau	LC 21-201 6,7%
112		D <sub>10</sub> :		
80		D <sub>30</sub> :		
56		D <sub>60</sub> :		
40		Coefficient d'uniformité (Cu) :		
31,5		Coefficient de courbure (Cc) :		
20	100			
14	97	Gravier:	22 %	
10	93	Sable:	67 %	
5	78	Silt et argile:	11 %	
2,5	63	Description :	Sable graveleux, un peu de silt	
1,25	47	Classification unifiée :	SP-SM	
0,630	33			
0,315	22			
0,160	15			
0,080	10,9			

Remarques :

Vérifié par :   
 Simon Tessier  
 Technicien, coordonnateur

Approuvé par :   
 David Giguère, Ing.

Date : 2015-09-15





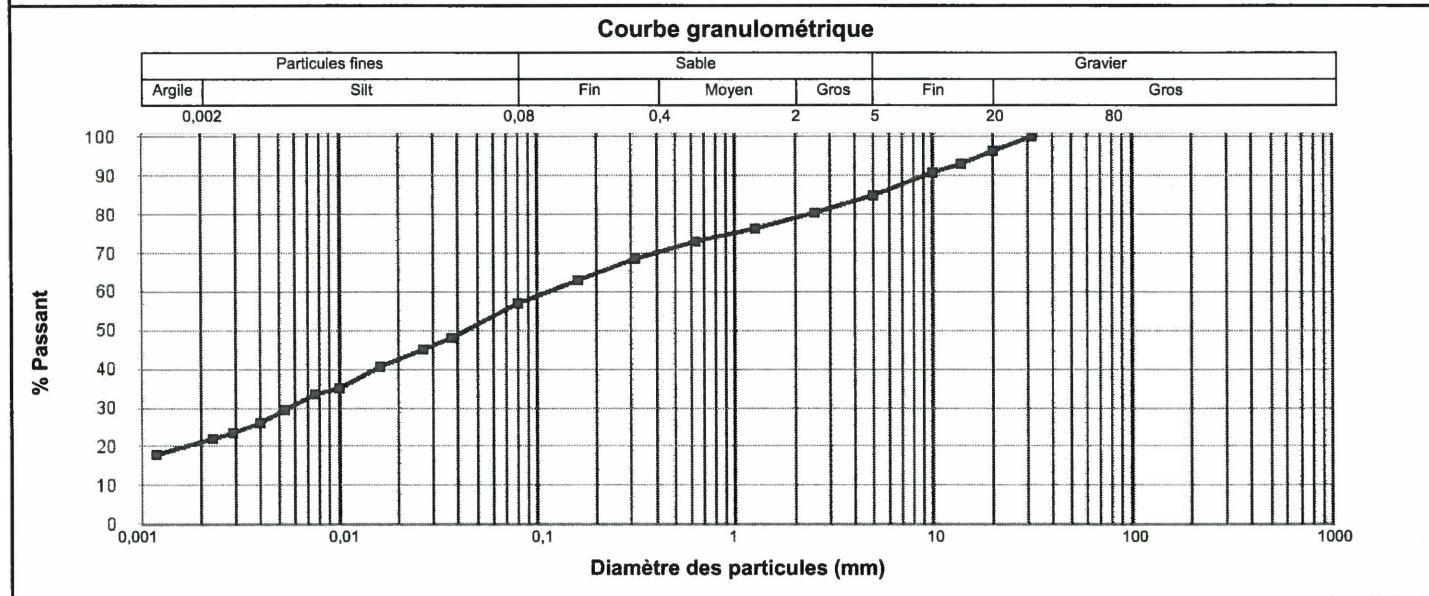
2555, rue Saint-Pierre  
 Drummondville (QC) J2C 7Y2  
 Téléphone: 819-477-3775  
 www.exp.com

## ESSAIS SUR SOLS FORAGE ET SONDAGE

Certifié ISO 9001:2008

Client :	Johnston-Vermette	Dossier n° :	PLUS-26280-365500
Projet :	Oleoduc Energie Est	Échantillon n° :	DR-5372
		Réf. client :	

Sondage n° :	QEEP-145	Prélevé le :	2015-08-31 par EXP
Échantillon :	CF-3	Reçu le :	2015-09-14
Profondeur :	3,0 à 3,7 m	Localisation :	Rivière Bras St-Nicolas



Analyse granulométrique LC 21-040				Description	
Tamis (mm)	Tamisat %passant mesuré	Tamis (mm)	Tamisat %passant mesuré		
112		0.0369	47,9	D <sub>10</sub> :	0,006 mm
80		0.0268	45,1	D <sub>30</sub> :	0,122 mm
56		0.0162	40,4	D <sub>60</sub> :	
40		0.0101	35,0	Coefficient d'uniformité (Cu) :	
31,5	100	0.0075	33,5	Coefficient de courbure (Cc) :	
20	96	0.0053	29,3	Gravier:	15 %
14	93	0.0040	26,2	Sable:	28 %
10	91	0.0029	23,6	Silt:	36 %
5	85	0.0023	22,1	Argile:	21 %
2,5	80	0.0012	17,8	Description :	Silt sableux argileux, un peu de gravier
1,25	76			Classification unifiée :	
0,630	73			Teneur en eau	LC 21-201 14,2%
0,315	69				
0,160	63				
0,080	56,9				

Remarques :

Vérifié par :   
 Simon Tessier  
 Technicien, coordonnateur

Approuvé par :   
 David Giguère, ing.

Date : 2015-09-18



2555, rue Saint-Pierre  
 Drummondville (QC) J2C 7Y2  
 Téléphone: 819-477-3775  
 www.exp.com

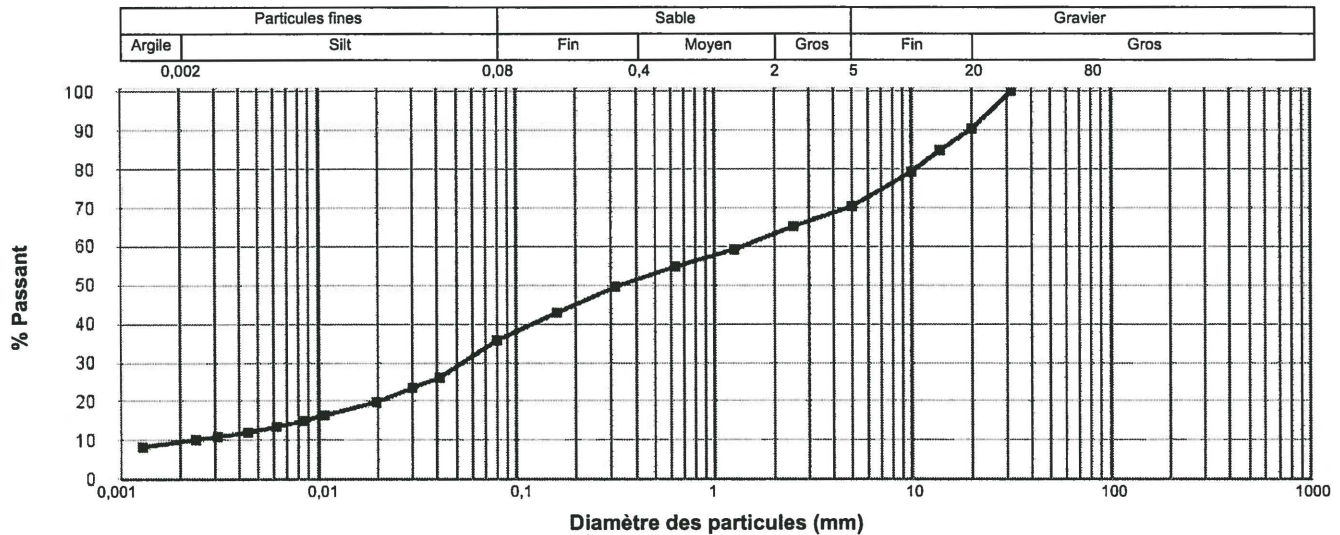
## ESSAIS SUR SOLS FORAGE ET SONDAGE

Certifié ISO 9001:2008

Client : Johnston-Vermette Dossier n° : PLUS-26280-365500  
 Projet : Oleoduc Energie Est Échantillon n° : DR-5373  
 Réf. client :

Sondage n° : QEEP-146 Prélevé le : 2015-08-31 par EXP  
 Échantillon : CF-3 Reçu le : 2015-09-14  
 Profondeur : 3,0 à 3,7 m Localisation : Rivière Bras St-Nicolas

**Courbe granulométrique**



**Analyse granulométrique LC 21-040**

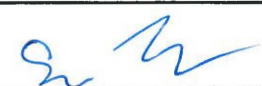
**Description**

Tamis (mm)	Tamisat %passant mesuré	Tamis (mm)	Tamisat %passant mesuré
112		0.0411	26,3
80		0.0299	23,4
56		0.0196	19,8
40		0.0107	16,4
31,5	100	0.0084	14,8
20	90	0.0062	13,5
14	85	0.0044	12,1
10	79	0.0031	10,9
5	70	0.0024	10,2
2,5	65	0.0013	8,2
1,25	59		
0,630	55		
0,315	50		
0,160	43		
0,080	35,7		

D <sub>10</sub> :	0,002 mm
D <sub>30</sub> :	0,057 mm
D <sub>60</sub> :	1,424 mm
Coefficient d'uniformité (Cu) :	
Coefficient de courbure (Cc) :	
Gravier:	30 %
Sable:	34 %
Silt:	26 %
Argile:	9 %
Description : sable graveleux silteux, traces d'argile	
Classification unifiée : SM	
Teneur en eau	LC 21-201 8,3%

Remarques :

Vérifié par :   
 Simon Tessier  
 Technicien, coordonnateur

Approuvé par :   
 David Giguère, ing.

Date : 2015-09-18



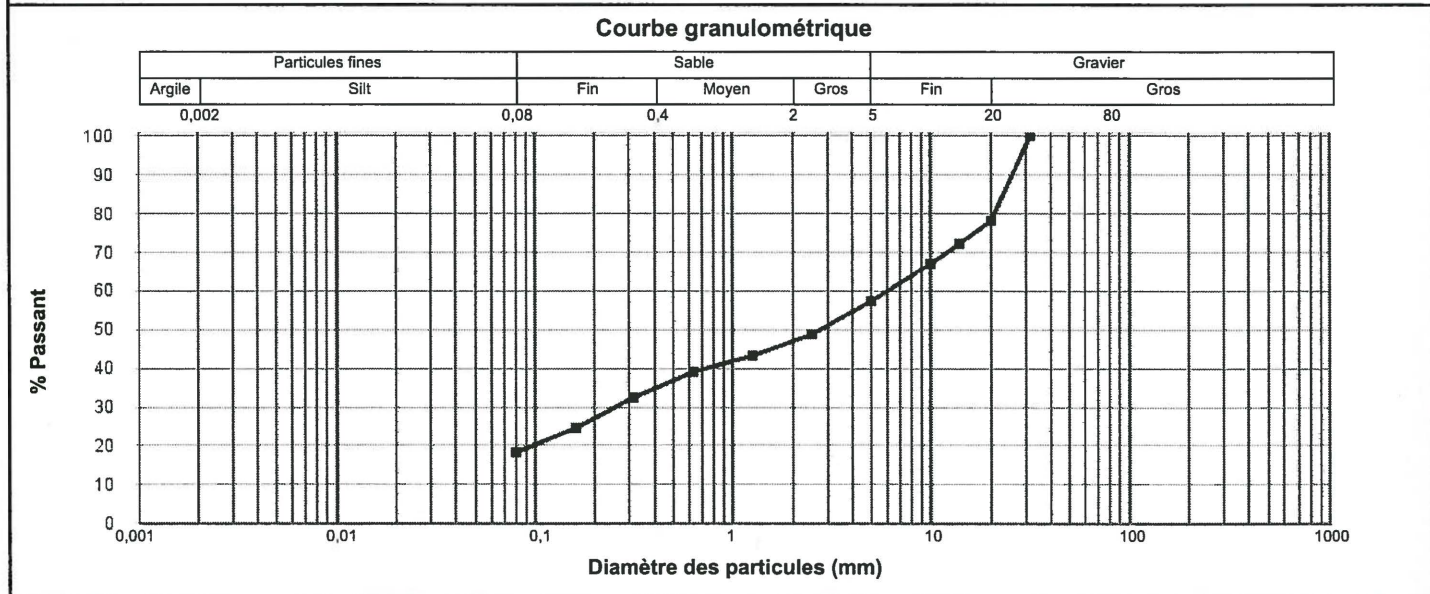
2555, rue Saint-Pierre  
 Drummondville (QC) J2C 7Y2  
 Téléphone: 819-477-3775  
 www.exp.com

**ESSAIS SUR SOLS  
 FORAGE ET SONDRAGE**

Certifié: ISO 9001:2008

Client : Johnston-Vermette	Dossier n° : PLUS-26280-365500
Projet : Oléoduc Énergie Est	Échantillon n° : DR-5402
	Réf. client :

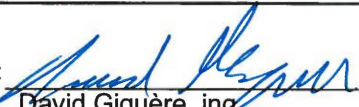
Sondage n° : QEEP-147	Prélevé le : 2015-09-17 par EXP
Échantillon : CF-2	Reçu le : 2015-09-21
Profondeur : 1,5 à 2,1 m	Localisation : Rivière Bras St-Nicolas



Analyse granulométrique LC 21-040		Description	Autres essais	
Tamis (mm)	Tamisat %passant mesuré		Teneur en eau	LC 21-201 10,4%
112		D <sub>10</sub> :		
80		D <sub>30</sub> :		
56		D <sub>60</sub> :		
40		Coefficient d'uniformité (Cu) :		
31,5	100	Coefficient de courbure (Cc) :		
20	78	Gravier:	43 %	
14	72	Sable:	39 %	
10	67	Silt et argile:	18 %	
5	57	Description :	Gravier et sable, un peu de silt	
2,5	49	Classification unifiée :	GM	
1,25	43			
0,630	39			
0,315	32			
0,160	25			
0,080	18,4			

Remarques :

Vérifié par :   
 Simon Tessier

Approuvé par :   
 David Giguère, ing.

Date : 2015-09-24





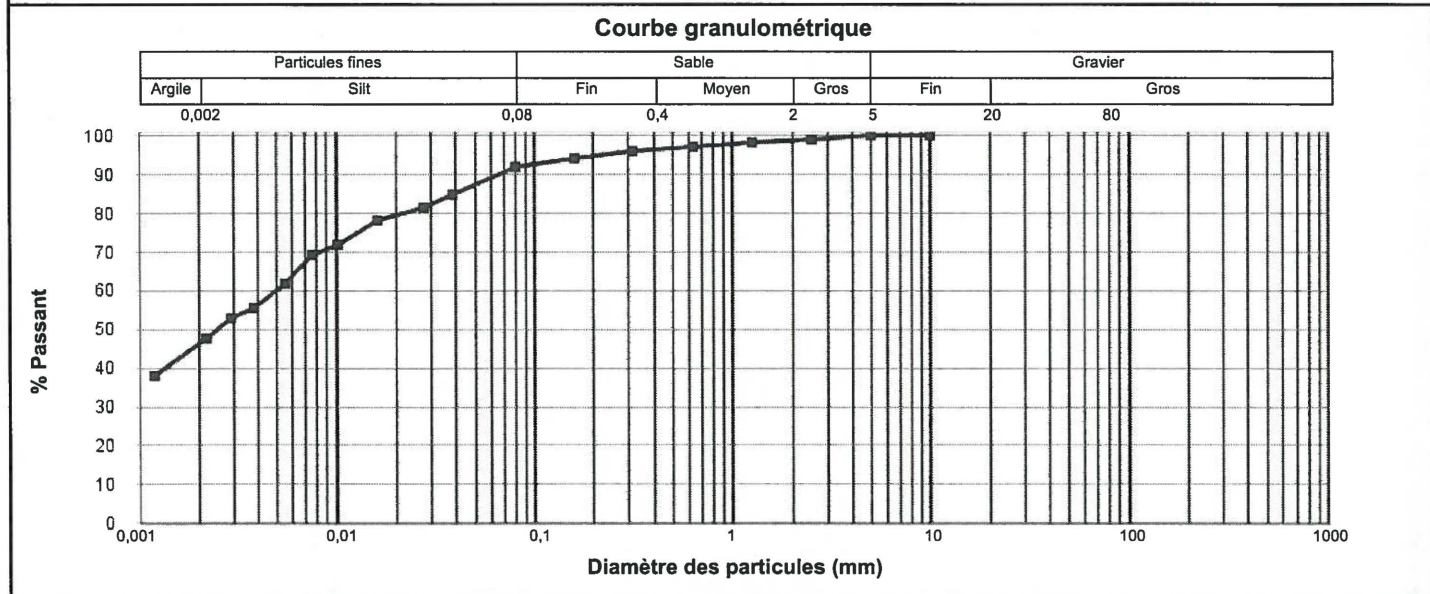
2555, rue Saint-Pierre  
 Drummondville (QC) J2C 7Y2  
 Téléphone: 819-477-3775  
 www.exp.com

## ESSAIS SUR SOLS FORAGE ET SONDAGE

Certifié ISO 9001:2008

Client :	Johnston-Vermette	Dossier n° :	PLUS-26280-365500
Projet :	Oleoduc Energie Est	Échantillon n° :	DR-5403
		Réf. client :	

Sondage n° :	QEEP-147	Prélevé le :	2015-09-17 par EXP
Échantillon :	CF-3	Reçu le :	2015-09-21
Profondeur :	3,0 à 3,7 m	Localisation :	Rivière Bras St-Nicolas



Analyse granulométrique LC 21-040				Description	
Tamis (mm)	Tamisat %passant mesuré	Tamis (mm)	Tamisat %passant mesuré		
112		0.0384	84,9	D <sub>10</sub> :	
80		0.0276	81,3	D <sub>30</sub> :	
56		0.0162	78,3	D <sub>60</sub> : 0,005 mm	
40		0.0102	71,7	Coefficient d'uniformité (Cu) :	
31,5		0.0075	69,0	Coefficient de courbure (Cc) :	
20		0.0055	61,9	Gravier: 0 %	
14		0.0038	55,3	Sable: 8 %	
10		0.0029	52,9	Silt: 46 %	
5	100	0.0022	47,5	Argile: 46 %	
2,5	99	0.0012	37,9	Description : Silt et argile, traces de sable	
1,25	98			Classification unifiée :	
0,630	97			Teneur en eau LC 21-201 28,1 %	
0,315	96				
0,160	94				
0,080	92,0				

Remarques :

Vérifié par :   
 Simon Tessier  
 Technicien, coordonnateur

Approuvé par :   
 David Giguere, ing.

Date : 2015-09-24

**Tableau M4.1. Synthèse des résultats d'essais de compression sur carottes de roc  
 (rivière Bras St-Nicolas)**

Forage	Profondeur de l'échantillon (m)		Élévation de l'échantillon (m)		Masse volumique (kg/m <sup>3</sup> )	Résistance en compression (MPa)
	Haut	Bas	Haut	Bas		
QEEP-145	14,88	15,75	59,16	58,29	2672	97,4
	17,91	19,46	56,13	54,58	2657	70,7
	23,98	25,50	50,06	48,54	2640	93,8
	27,03	28,55	47,01	45,49	2666	75,7
QEEP-146	4,29	5,82	63,38	61,85	2674	108,6
	8,84	10,36	58,83	57,31	2685	63,6
	14,81	16,41	52,86	51,26	2698	63,1
	21,06	22,53	46,61	45,14	2701	18,3
	31,67	33,05	36,00	34,62	2717	32,7
	39,29	40,83	28,38	26,84	2694	93,0
QEEP-147	17,22	17,93	51,15	50,44	2637	29,5
	20,90	22,50	47,47	45,87	2644	18,1
	29,44	30,35	38,93	38,02	2670	7,2
	30,35	32,06	38,02	36,31	2558	36,6