

Annexe 4-42

Étude de faisabilité préliminaire par FDH – Tronçon du Québec – Rivière Batiscan



**TransCanada
Projet Oléoduc Énergie Est
Étude de faisabilité préliminaire de traverse
par FDH
Québec : Rivière Batiscan**

Préparé par :

ENGINEERING TECHNOLOGY INC.

#24, 12110 - 40 Street SE

Calgary, AB T2Z 4K6

Numéro de projet :

543

Date :

9 juin 2014



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 émis;
- doivent être lus comme un tout et les sections ne devraient pas être considérées 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 géographiquement ou en fonction du temps.

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

- comme convenu par le Consultant et le Client;
- comme l'exige la loi;
- pour l'usage des agences d'examen 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.



Liste de diffusion

Nombre de copies papier	PDF requis	Nom de la compagnie / association
	1	Johnston-Vermette

Journal de révision

Révision n°	Révisé par	Date	Description de la version / révision
A	BS	17 avril 2014	Émis pour commentaires du client
B	BS	29 avril 2014	Commentaires de Stantec/JV incorporés, émis pour commentaires du client
C	BS	2 mai 2014	Émis pour commentaires
0	BS	9 juin 2014	Émis pour ingénierie de base

Signatures Entec Inc.

Rapport préparé par :

Bruce Skibsted, ing. jr
Directeur de projets, installations sans tranchée

Rapport révisé par :

Dale Larison, ing.
V.-P. Ingénierie



1. Introduction

Engineering Technology Inc. (Entec) a évalué un projet de traverse par forage dirigé horizontal (FDH) de la rivière Batiscan au Québec pour le Projet Oléoduc Énergie Est. L'oléoduc proposé est en acier avec un diamètre extérieur de 1 067 mm (42 po). L'information géotechnique a été fournie par « Exp. Geotechnical ». Les considérations de conception et de faisabilité sont discutées dans ce rapport.

2. Caractéristiques de l'emplacement

2.1 Topographie

La traverse est parallèle à l'Autoroute 40 et située à 4,4 km à l'est de Sainte-Geneviève-de-Batiscan au Québec. À cet emplacement, la rivière mesure approximativement 220 mètres de largeur. Le terrain autour des points d'entrée et de sortie est principalement plat et à l'intérieur de terres agricoles. Il y a une diminution de 7 m dans l'élévation entre l'entrée (sud) et la sortie (nord). Reportez-vous au dessin de conception préliminaire de l'annexe B pour des renseignements topographiques supplémentaires.

2.2 Conditions souterraines

La stratigraphie de deux trous de forage était disponible au moment de la rédaction du rapport; elle est présentée dans les tableaux ci-dessous. Un trou de forage supplémentaire est prévu à cet emplacement. La détermination finale de la faisabilité de la traverse ainsi que la configuration seront basées sur les conclusions des études géotechniques prévues. Une information géotechnique plus détaillée est fournie à l'annexe D.

Tableau 1. Trou de forage QEEP-029

Mètres sous la surface du sol (msss)	Description du sous-sol
0	
	Limon argileux/Limon et argile, présence de sable
41,2	

Tableau 2. Trou de forage QEEP-031

Mètres sous la surface du sol (msss)	Description du sous-sol
0	
	Sable limoneux, présence de matières organiques
1,5	
	Limon et argile, traces de sable, haute plasticité
32,8	
	Limon sableux et graveleux
34,7	
	Roche fragmentée, schiste
36,3	
	Schiste, calcaireux, grès et laminations de siltite
42,9	



3. Considérations sur la conception des FDH

3.1 Contraintes exercées sur la canalisation

Les conditions d'exploitation de l'oléoduc 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 FDH pour cette traverse sont cependant basés sur la PME spécifique de cet emplacement, qui est de 9 120 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 canalisation sera soumise à des températures comprises entre 5 et 60°C. Une pression d'essai de 11 400 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 20,2 mm, avec l'utilisation d'un acier de grade 550 MPa. Un rayon de courbure minimum admissible pour l'installation de la canalisation a été déterminé sur la base de la contrainte maximale admissible combinant les effets de pression, de température et de cintrage.

Tableau 3. 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)	20,2	mm
Grade/Limite élastique minimale spécifiée (LEMS)	550	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	9 120	kPa
Pression d'essai (PE)	11 400	kPa
Rayon minimal	530	m
Rayon de conception	1 200	m

Puisqu'un forage dirigé horizontal utilise une section de tuyau préassemblée tirée dans un trou de forage courbé, la technique FDH 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 FDH 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 mètres a été déterminé en fonction des déviations de guidage enregistrées lors de projets précédents de FDH à grand diamètre. Un rayon de conception de 1 200 m a été choisi pour accommoder une géométrie de tracé de forage et des tolérances de guidage de FDH pratiques. La contrainte maximale attendue pendant l'exploitation correspond à environ 93,37 % 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 du tracé de forage où le tuyau est assujéti au rayon minimal de 530 m. La canalisation choisie satisfait à 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 des canalisations sera effectuée lors de la conception détaillée.



La limite du rayon minimal spécifiée ne doit pas être dépassée, car les contraintes d'exploitation de la tuyauterie pourraient excéder les limites du matériau, provoquant la rupture de l'oléoduc. Toutes les déviations mesurées dans la géométrie du trou de forage pendant la construction et qui excèdent cette limite devraient être immédiatement corrigées.

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 le forage dirigé horizontal. Les mesures d'inclinaison à la verticale du trou de forage et de la direction (azimut) sont généralement prises au minimum tous les 10 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 dirigés horizontaux.

3.2 Géométrie

Selon les informations de spécifications de la canalisation, de la géométrie particulière à l'emplacement et l'information géotechnique, un forage dirigé horizontal 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. L'angle d'entrée a été conçu à 14° afin de maximiser l'épaisseur de la couverture sous le rebord de la rivière tout en conservant la trajectoire de forage à l'intérieur des couches d'argile au-dessus du sous-sol rocheux. L'angle de sortie a été conçu à 12° pour équilibrer la longueur de la traverse avec la quantité de levage de canalisation requise au point de sortie. La trajectoire de forage qui en résulte possède une longueur de 838 m avec une épaisseur de couverture sous le rebord de la rivière Batiscan de 18 m. L'épaisseur de couverture augmente à plus de 25 m à la bordure nord de la rivière. Reportez-vous au dessin de conception préliminaire de l'annexe B pour la géométrie détaillée de la trajectoire de forage.

En se basant sur les élévations relatives des points d'entrée et de sortie, il serait techniquement préférable de forer du nord au sud afin de faciliter le retour du fluide de forage jusqu'à l'appareil de forage et de réduire les pressions de fluide. Ceci réduirait les risques de perte de fluide et de déversement de fluide à la surface. À cet emplacement cependant, il apparaît qu'une grande quantité de défrichage supplémentaire serait requis pour forer avec une telle configuration. C'est pourquoi il serait peut-être préférable de forer la traverse du nord au sud et ensuite de déplacer l'appareil de forage de l'autre côté pour effectuer le tirage de la canalisation. Néanmoins, ceci dépendra de la préférence de l'entrepreneur responsable.

3.3 Gaine de forage

Pour atténuer les effets négatifs, les matériaux faibles ou non consolidés sont généralement isolés du trou de forage 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 sous-sol rocheux. Cependant, pour cette traverse, du limon et de l'argile très meubles sont présents sur toute la trajectoire de forage. Il sera nécessaire d'utiliser des outils de forage par FDH différents que lorsque l'on travaille en condition de sol dur. Il est improbable qu'une gaine de forage soit nécessaire pour cette traverse, mise à part une section courte pour aider à contrôler l'envasement au point d'entrée et faciliter le contrôle du fluide à la surface. La taille minimale nécessaire de la gaine est de 1 676 mm (66 po) (dia. ext.) pour permettre le passage du trépan aléueur final de 1 372 mm (54 po).

3.4 Dimensions de l'équipement

Les traverses de ce diamètre et d'une telle distance sont considérées de gros projets de FDH. Plusieurs traverses par FDH 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 353 256 lb. En raison du diamètre du trou de forage 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 traction-poussée et 80 000 pi-lb de couple de rotation. Plusieurs entrepreneurs en FDH 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 de forage

Le trou de forage pour une traverse par FDH 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 de diamètre ou moins et 0,3 m de plus que le diamètre de la canalisation pour les tuyaux de plus de 0,61 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 1067 mm (42 po), un diamètre de trou de forage minimal de 1372 mm (54 po) est requis. Ultiment, l'entrepreneur en FDH sera responsable de l'évaluation des conditions de forage et des conditions du trou de forage 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 Soulèvement de la canalisation et rupture

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 mètres sera requise pour 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 être tirée à un angle égal à celui du trou de forage. 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 de point de levage, hauteur et espacement) 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 FDH, risques associés et mesures d'atténuation

4.1 Perte de contrôle du guidage

Les formations de sol meuble ou des changements majeurs dans les propriétés des formations peuvent engendrer des problèmes de guidage. Ces problèmes surviennent lorsque la formation n'offre pas assez de résistance au trépan pour lui permettre d'effectuer un changement de direction. À l'intersection de formations plus dures, comme le sous-sol rocheux, 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. Si des déviations dépassant les tolérances sont mesurées, une petite portion du trou de forage est habituellement forée à nouveau pour permettre d'effectuer des réglages à la trajectoire du trou de forage. Dans les cas extrêmes, il peut être 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 dans le respect des tolérances.

Si des obstacles durs sont rencontrés dans l'argile meuble présente à l'emplacement de la traverse, le trépan pourrait être dévié; des corrections seraient alors nécessaires. Les formations meubles comme celles présentes à cet emplacement peuvent rendre difficiles les corrections de guidage et pourraient nécessiter l'utilisation d'un ensemble de fonçage au jet d'eau, qui érode le sol au lieu de le briser ou le couper.

4.2 Perte de circulation et fuites de fluide

Le risque de perte de fluide est à son niveau le plus élevé lors du forage du trou pilote, alors que la petite taille du trou de forage entraîne une pression circulatoire plus élevée et que les déblais peuvent plus facilement boucher le trou. Il est recommandé que ce trou soit foré de l'élévation basse vers la haute (du nord au sud) afin de réduire les pressions annulaires et le risque de pertes de fluide. Le fluide peut se propager dans des failles du sous-sol rocheux, des matériaux meubles déplacés ou le vide entre les matériaux non consolidés. Des matériaux mobiles et non consolidés comme du limon, du sable et du gravier ont été observés dans les deux trous de forage effectués à cet emplacement. 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 de forage 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 perte par fracturation (frac-out). L'entrepreneur en FDH 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 FDH.

En raison de la nature hautement plastique et meuble de l'argile présente à l'emplacement de cette traverse, le gonflement de l'argile et la perte de fluide entraînent un risque de blocage du trou de forage en raison des conditions de sol meuble. La perte de liquide dans le trou de forage et l'écoulement de fluide dans la rivière devraient être surveillés pendant la construction.

4.3 Instabilité du trou de forage

Pour diminuer les risques d'effondrement du trou de forage en sol faible ou non consolidé, la circulation d'équipements au-dessus de la trajectoire de forage devrait être limitée le plus possible. Ceci vaut surtout pour la région directement au-dessus de l'extrémité de toute gaine. Utiliser un fluide de forage aux propriétés adéquates réduit les chances d'effondrement du trou de forage. 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. Les endroits pouvant contenir du sable, du gravier ou des galets peuvent aussi s'avérer problématiques. L'effondrement d'un trou de forage peut aussi coincer l'équipement et en causer la perte ainsi que l'abandon du trou.



4.4 Infiltration d'eau

En cas d'écoulement artésien important, 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 et le FDH pourraient être cimentés et abandonnés. L'infiltration d'eau augmente l'instabilité du trou de forage et ses risques associés.

4.5 Dommages au revêtement ou à la canalisation

Pendant le tirage du tuyau, des déformations ou des objets comme des galets, des blocs ou des morceaux du sous-sol rocheux fracturé peuvent causer des dommages au revêtement de la canalisation. Un travail soigné doit être accompli pour s'assurer que le trou de forage 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

Le gonflement de matériaux comme l'argile et le schiste peut rétrécir le diamètre du trou de forage et mener à des problèmes de nettoyage du trou ainsi qu'à une canalisation coincée à la procédure de tirage. Les problèmes de gonflement deviendront de plus en plus sévères au fur et à mesure que le trou de forage sera exposé au fluide de forage et que les matériaux y seront exposés. Puisque cette canalisation nécessitera un trou très large et plusieurs alésages, on peut s'attendre à ce que le gonflement potentiel de la géologie devienne réalité. Des additifs pour fluide de forage peuvent être utilisés pour contrôler le gonflement de l'argile, si celui-ci devient problématique. 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. 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. Du sable, du limon ou du gravier qui se détachent de la paroi sont aussi des causes de coincement de la canalisation. 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 déplacement 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. 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 un trépan aléseur coincé peut mener au bris de la canalisation de forage.

4.7 Usure et défaillance des outils de forage

Les outils de FDH à 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. Une attention particulière doit être portée dans les trous de forage de grande taille et dans les formations meubles 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 de la formation tandis que l'appareil de forage 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.

Les conditions meubles à l'emplacement de cette traverse présentent un risque peu élevé d'usure des outils et un risque élevé de défaillance du train de forage, étant donné la compression axiale excessive exercée sur le train de forage. Le risque de défaillance du train de forage peut être atténué en usant de pratiques de forage prudentes.

4.8 Risques environnementaux

Le risque environnemental principal d'un FDH 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 FDH doit être abandonné pour prévenir des dommages environnementaux plus importants.

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

Les machines de FDH 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 sur place à l'aide de trousse antidéversements disponibles. 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 des ruissellements de surface aide à atténuer et à contrôler ce risque.

Les opérations de forage dirigé horizontal 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. Le dessin de conception préliminaire pour la méthode alternative de traverse en tranchée est inclus à l'annexe C.

5. Conclusion

Selon l'information dont Entec disposait au moment de la rédaction de ce rapport, la traverse par FDH proposée de la rivière Batiscan est considérée techniquement faisable. Les contraintes auxquelles seront assujetties les canalisations ont été examinées par Entec et le rayon de conception de 1200 m a été confirmé. Les risques comprennent le gonflement de l'argile, l'effondrement du trou de forage, les pertes de fluide et pertes par fracturation. La conception et la faisabilité de la traverse seront réévaluées une fois le dernier trou de forage terminé et après réception du rapport géotechnique final. Un rapport de faisabilité final et un dessin de conception final seront émis dans la phase d'ingénierie détaillée.

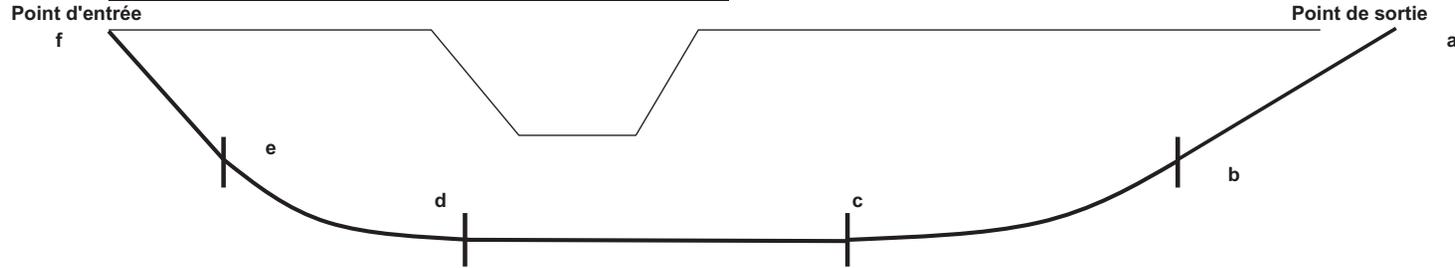


Annexe A

Sommaire des calculs

543-ENG-107
RIVIÈRE BATISCAN

Données de conception		Données du tuyau		Données de procédé		Critères de contrainte			
Longueur forée (m)	837,8	Dia ext. Tuyau (mm)	1067,0	PME (kPa)*	9120	Contrainte de cisaillement admissible			
Longueur horizontale (m)	831,2	Épais. Nominale (mm)	20,2	Pr. essai (kPa)	11400	Exigences du client		Exigences CSA	
Rayon minimum (m)	530	Tolér. Corrosion (mm)	0	Cat.	II	PE (MPa)	275,0	PE (MPa)	275,0
Rayon de conception (m)	1200	Tolér. Épaisseur (%)	0	T2 (°C)	60	Essai (MPa)	302,5	Essai (MPa)	302,5
Angle d'entrée (° Bas)	14	Épaisseur d'essai (mm)	20,2	T1 (°C)	5				
Angle de sortie (° Haut)	12	Grade (MPa)	550						



Lieu	Construction				Contrainte d'essai (après tirage)			Post-assèchement pré-exploi. (PAPE)			Contrainte d'exploitation			
	Charge		Contra. Cisaillement tangentiel max		Contraite cisaillement tangentiel max			Contraite cisaillement tangentiel max			Contraite cisaillement tangentiel max			
	(lb)	(N)	(psi)	(MPa)	(% SA)	(psi)	(MPa)	(% SA)	(psi)	(MPa)	(% SA)	(psi)	(MPa)	(% SA)
Point A	143 545	640 828	1394	9,61	3,50	30 394	209,6	69,28	15110	104,2	34,44	37 167	256,3	93,18
Point B	150 864	673 499	15943	109,93	39,97	30 294	208,9	69,05	15351	105,8	34,99	37 002	255,1	92,77
Point C	196 499	877 228	16227	111,88	40,68	30 232	208,4	68,91	15757	108,6	35,92	36 596	252,3	91,75
Point D	257 463	1 149 389	16523	113,92	41,43	30 232	208,4	68,91	15757	108,6	35,92	36 596	252,3	91,75
Point E	342 505	1 529 039	16852	116,19	42,25	30 316	209,0	69,10	15204	104,8	34,65	37 148	256,1	93,14
Point F	353 256	1 577 034	16890	116,45	42,35	30 330	209,1	69,13	15110	104,2	34,44	37 242	256,8	93,37

Lieu	Défor. Circonférentielle		Capacité de moment		
	Construction	PAPE	Construction	PAPE	Test
Point A					
Point B	OK	OK	OK	OK	OK
Point C	OK	OK			
Point D	OK	OK	OK	OK	OK
Point E	OK	OK			

Norme 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

Norme CSA Z662-11 (essai)	
4.7.1	OK
4.7.2.1	OK
11.8.4.4<11.8.4.5	OK

REV.	DATE	DESCRIPTION	SCEAU/ÉTAMPE
A	11-avr-14	Conception préliminaire	
B	07-mai-14	Émis pour commentaires	
0	02-juin-14	Émis pour ingénierie de base	



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



Property of Engineering Technology Inc. (ETI)
Not to be copied, transmitted or redistributed
Without written consent of ETI.

Permis d'ingénierie de l'APEGA No. P8649

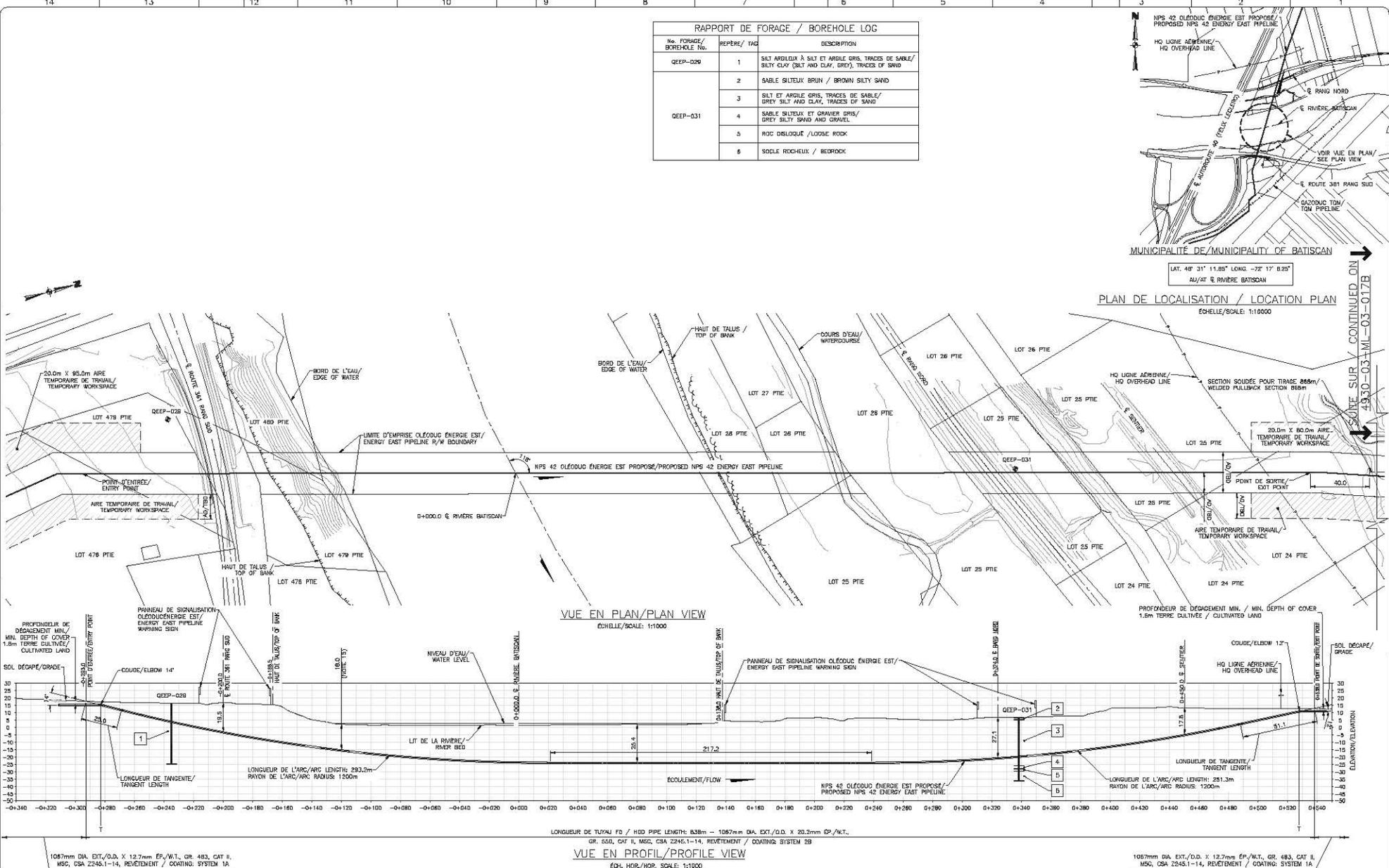
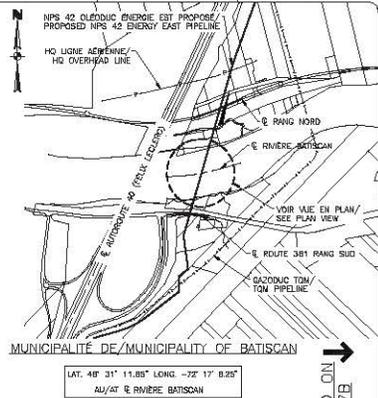
Note:*La pression maximale d'exploitation (PME) du projet est de 8450 kPa, survenant aux sorties des stations de pompage. Les calculs de FDH pour cette traverse, toutefois, sont basés sur la PME spécifique du site, déterminée par la différence d'élévation entre la station de pompage en amont et le point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



Annexe B

Dessin de conception

RAPPORT DE FORAGE / BOREHOLE LOG		
No. FORAGE / BOREHOLE No.	REPERE / TAG	DESCRIPTION
DEEP-029	1	SILT ARGILEUX À SILT ET ARGILE GRIS, TRACES DE SABLE / SILTY CLAY (SILT AND CLAY, GREY), TRACES OF SAND
	2	SABLE SILTEUX BRUN / BROWN SILTY SAND
	3	SILT ET ARGILE GRIS, TRACES DE SABLE / GREY SILT AND CLAY, TRACES OF SAND
DEEP-031	4	SABLE SILTEUX ET GRAVIER GRIS / GREY SILTY SAND AND GRAVEL
	5	ROC DROUQUE / LOOSE ROCK
	6	SOLE ROCHUEUX / BEDROCK



DESSINS DE RÉFÉRENCE / REFERENCE DRAWINGS	
DESSIN / DRAWING NO	TITRE / TITLE
4930-03-ML-01-524F	PAINNEAU DE SIGNALISATION POUR OLEODUC A HAUTE PRESSION/HAUTE PRESURE OL PIPELINE WARNING SIGN
4930-03-ML-02-517F	SIGNAL TIPOUR DE TRANSITION DE TUBAU/TYPICAL PIPE TRANSITION DETAIL
4930-03-ML-04-814F	DESSIN TIPOUR DE SOULEE 30 TONNAGES / 30 TON LIFTING DETAIL
4930-03-ML-03-017B	TRAVERSE BRATISCAN - TRAVERSEE PAR TRAVÉE BRATISCAN / HDD CROSSING
4930-03-ML-03-019B	TRAVERSE BRATISCAN - TRAVERSEE EN TRANCHEE / TRENCHED CROSSING (ALTERNATIVE)

RÉVISION / REVISION		
REV / REV	DATE	DESCRIPTION
A	2014-03-31	ENVOI POUR RÉVISION (INTERIEUR A3) / ISSUED FOR REVIEW (INTERNAL A3)
B	2014-04-04	ENVOI POUR RÉVISION (INTERIEUR SOUTIEN) / ISSUED FOR REVIEW (INTERNAL SUPPORT)
C	2014-04-04	ENVOI POUR RÉVISION (CLIENT) / ISSUED FOR REVIEW (CLIENT)
D	2014-05-14	ENVOI POUR RÉVISION DE BASE / ISSUED FOR FEED
E	2014-08-09	RÉSERVÉ POUR RÉVISION DE BASE / RESERVED FOR FEED

APPROBATION / APPROVAL							
DESIGNER	CHECKED	APPROVED	DATE	DESIGNER	CHECKED	APPROVED	DATE
2167445	JUL	JB	M2/RS	JM	GP	ENTEC	
2167445	JUL	JB	M2/RS	JM	GP	ENTEC	
2167445	JUL	CS	M2/RS	JM	GP	ENTEC	
2238444	JUL	CS	M2/RS	JM	GP	ENTEC	
2238444	JUL	CS	M2/RS	JM	GP	ENTEC	

1087mm DIA. EXT./O.D. X 13.7mm EP./W.T. GR. 483, CAT II, MSC, CSA 2245.1-14, REVÊTEMENT / COATING SYSTEM 1A.

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

REV/REV: DATE: PERMIS/PERMIT No.:

1087mm DIA. EXT./O.D. X 13.7mm EP./W.T. GR. 483, CAT II, MSC, CSA 2245.1-14, REVÊTEMENT / COATING SYSTEM 1A.

Energy East Pipeline Ltd.

RIVIÈRE BATISCAN
TRAVERSEE PAR FORAGE DIRECTONNEL/HDD CROSSING
QUÉBEC

PROJET/PROJECT: 4930-03-ML-03-017A

- NOTES:**
APPRENTISSAGE / SURVEILLANCE:
- TOUTES LES MESURES SONT EN METRES SAUF INDICATION CONTRAIRE / ALL MEASUREMENTS ARE IN METERS UNLESS OTHERWISE SPECIFIED.
 - TOUTS LES CHANGEMENTS SONT HORIZONTALS SAUF INDICATION CONTRAIRE / ALL CHANGES ARE HORIZONTAL UNLESS OTHERWISE SPECIFIED.
- GÉNÉRAL / GENERAL:**
- LA TRAVERSE DOIT ÊTRE CONSTRUITE ET ÉPROUVÉE EN RESPECTANT AU MINIMUM TOUTS 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 Z882-11, AUX SPÉCIFICATIONS DE CONSTRUCTION TES-PROJ-PCS ET TES-PROJ-HDD DE TRANSCANADA ET AUX EXIGENCES DU PERMIS DE TRAVERSE. / PIPELINE CONSTRUCTION AND HYDROSTATIC TESTING PROGRAM SHALL COMPLY WITH CSA Z882-11 STANDARD AND TRANSCANADA CONSTRUCTION SPECIFICATIONS TES-PROJ-PCS/TES-PROJ-HDD AND MEET REQUIREMENTS IN THE CROSSING AGREEMENTS.

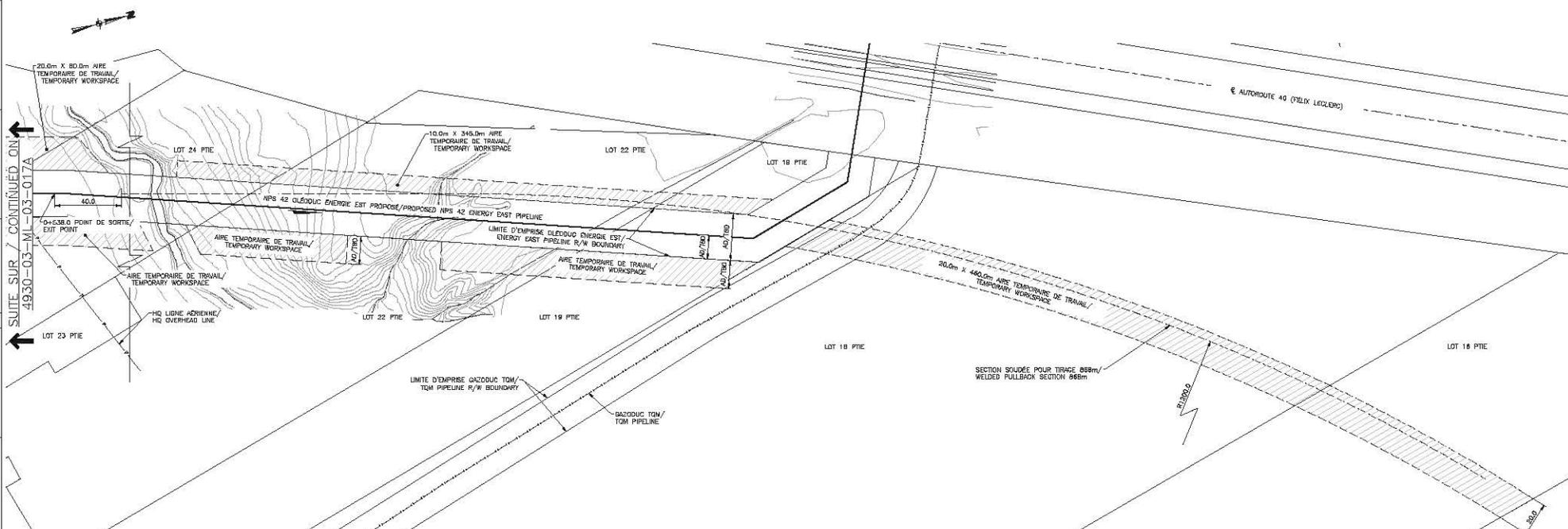
- ALIGNEMENT DE LA CONDUITE ET INSTALLATION / PIPE ALIGNMENT AND INSTALLATION:**
- L'ENTREPRENEUR DU FORAGE DIRIGÉ DOIT VÉRIFIER LA PROFONDEUR ET L'EMPLACEMENT DES INSTALLATIONS SOUTERRAINES EXISTANTES AVANT LA CONSTRUCTION / THE HDD CONTRACTOR SHALL VERIFY THE LOCATION AND DEPTH OF EXISTING UNDERGROUND INSTALLATIONS PRIOR TO CONSTRUCTION.
 - LES ALIGNEMENTS DE LA CONDUITE, TELS QU'INDIQUÉS SUR LE PLAN ET PROFIL, INDIQUENT LES EXIGENCES MINIMALES REQUÉSES POUR L'OLÉODUC ÉNERGIE EST; L'ENTREPRENEUR PEUT À SA DISCRETION 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 OLÉODUC ÉNERGIE EST. / UNDER NO CIRCUMSTANCES SHALL THE PIPELINE BE INSTALLED OUTSIDE OF THE ENERGY EAST R/W.
 - LA CONDUITE DOIT ÊTRE MISE EN PLACE SUR LE SOL NATUREL NON-REMUNIÉ AVEC LA PROTECTION APPROPRIÉE. LES PENTES LATÉRALES D'EXCAVATION TEMPORAIRE DOIVENT 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 ADÉQUATEMENT EN TOUTS 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'ÉQUIPEMENT 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 VÉRIFIÉS-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.
- 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 SURVIL CONSTANT DE LA PRESSION ANNULAIRE ET DE LA TURBULENCE DU COLIER D'EAU AFIN D'ÉVITER LE DÉGAGEMENT DE BOUCLE DE FORAGE DANS LE COLIER D'EAU. / THERE SHALL BE A CONSTANT MONITORING TOOL FOR ANNULAR PRESSURE AND WATERCOURSE TURBIDITY BY THE HDD CONTRACTOR TO ENSURE NO FRAUD-OUT OF DRILLING FLUID INTO THE WATERCOURSE.
- LA PROFONDEUR DE RECOURÈVEMENT 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 O.A. EXT. / O.D. (NPS 42) x 12.7mm ÉP./WT. OR 483, 00 1, REG CSA Z245.1-14
- TEMPÉRATURE D'OPÉRATION MAX. / MAX. OPERATING TEMPERATURE: 90°C OR 550, 04 1, REG CSA Z245.1-14
- TEMPÉRATURE D'OPÉRATION MIN. / MIN. OPERATING TEMPERATURE: 15°C
- TYPE DE JOINT / TYPE OF JOINT: SOUSÉ / WELDED
- MÉTHODE DE TRAVERSE / CROSSING METHOD: SYSTÈME / SYSTEM 1A
- TUYAU FD / HDD PIPE: SYSTÈME / SYSTEM 2B
- MÉTHODE DE TRAVERSE ALTERNATIVE / ALTERNATIVE CROSSING METHOD: FORAGE DIRECTIONNEL / HDD
- TEST DE PRESSION MIN. (SECTION DE TRAVERSE)/MIN. TEST PRESSURE (CROSSING SECTION): 11 400 kPa
- PRESSION D'OPÉRATION MAX. / MAX. OPERATING PRESSURE: 0 1200 kPa
- PROTECTION CATHODIQUE / CATHODIC PROTECTION: COURANT IMPOSÉ / IMPRESSED CURRENT
- VOLTAJE DE PROTECTION CATHODIQUE MAX. / MAX. CATHODIC PROTECTION VOLTAGE: AB / TBD
- PRODUIT TRANSPORTÉ / PRODUCT CARRIED: PÉTROLE BRUT / CRUDE OIL



DESSINS DE RÉFÉRENCE / REFERENCE DRAWINGS

DESSIN / DRAWING No.	TITRE / TITLE
4930-03-ML-03-02AF	TRAVAIL DE CONSTRUCTION POUR SÉCURITÉ À HAUTE PRESSION/HA PRESSURE OIL PIPELINE WORKS
4930-03-ML-03-017F	DETAIL TYPELINE DE TRAVERSE DE TUYAU/PIPELINE PIPE TRAVELER DETAIL
4930-03-ML-03-017F	DESSIN TYPELINE DE CONDUITE 20"/TYPELINE DRAWING 20" PIPELINE
4930-03-ML-03-017A	TRAVERSE BRISÉRON - TRAVERSE PAR FORAGE DIRECTIONNEL / HDD CROSSING
4930-03-ML-03-017B	TRAVERSE BRISÉRON - TRAVERSE EN TRANCHEE / TRENCHING CROSSING (ALTERNATIVE)

RÉVISION / REVISION

NO. / NO.	DATE	DESCRIPTION
A	2014-03-31	DATE POUR RÉVISION (INTERVAL 30) / ISSUED FOR REVISION (INTERVAL 30)
B	2014-04-24	DATE POUR RÉVISION (INTERVAL ÉTENDU) / ISSUED FOR REVISION (EXTENDED INTERVAL)
C	2014-04-24	DATE POUR RÉVISION (ÉLÉVÉ) / ISSUED FOR REVISION (ELEVATED)
D	2014-06-14	DATE POUR NUMÉRIQUE DE BASE / ISSUED FOR BASE
E	2014-06-08	BOISSON POUR INSCRIRE DE BASE / BOISSON FOR FTD

APPROBATION / APPROVAL

DATE / DATE	PRÉPARÉ / PREPARED	REVISÉ / REVISION	APProuvé / APPROVED	DATE / DATE	PRÉPARÉ / PREPARED	REVISÉ / REVISION	APProuvé / APPROVED
21/07/14	J.M.	J.B.	M.J./S.	J.M.	OP	ENTÉE	
21/07/14	J.M.	J.B.	M.J./S.	J.M.	OP	ENTÉE	
21/07/14	J.C.B.	J.S.	M.J./S.	J.M.	OP	ENTÉE	
22/06/14	J.M.	J.S.	M.J./S.	J.M.	OP	ENTÉE	
22/09/14	T.M.	J.S.	M.J./S.	J.M.	OP	ENTÉE	

INGÉNIEUR/OPP PROFESSIONNEL/ENGINEER/PROF
 PERMIS/OPR. ENG. PERMIT/ENG. APPROVAL

DATE: _____

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

REV/REV DATE PERMIS/PERMIT NO.

Energy East Pipeline Ltd.

INFORMATION GÉNÉRALE OLÉODUC ÉNERGIE EST / ENERGY EAST GENERAL INFORMATION PIPELINE

PROJET / PROJECT: 4930

TRAVERSÉ PAR FORAGE DIRECTIONNEL/HDD CROSSING QUÉBEC

REV/SCALE T.O.U./SCALE: 4930-03-ML-03-017B



Annexe C

Dessin de traverse alternative



Annexe D

Information géotechnique

Annexe E – Rivière Batiscan

E1. 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>	
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.			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.	
<u>Classification et dimension des particules (ASTM D2487)</u>			<u>Terminologie</u>	
<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 %			
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.			<u>STRATIGRAPHIE</u>	
<u>Sols pulvérulents</u>			Les symboles suivants sont utilisés, seuls ou associés, pour illustrer la stratigraphie; un X indique qu'il s'agit de matériaux de remblai.	
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.				Argile
				Silt
				Sable
				Roche ignée
				Grès
				Gravier
				Sols organiques
				Calcaire ou dolomie
				Shale ou ardoise
				Roche métamorphique
<u>Compacité</u>			<u>ESSAIS</u>	
Très lâche			N : Essai de pénétration standard	
Lâche			C _u : Résistance au cisaillement	
Compact ou moyenne			C _{ur} : Résistance au cisaillement (remanié)	
Dense			S _t : Sensibilité au remaniement	
Très dense			RQD : Indice de qualité du roc en laboratoire	
			Inj : Injection d'eau sous pression	
			w : Teneur en eau naturelle	
			w _i / 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 µm	
			Oed : Consolidation oedométrique	
			Sed : Sédimentométrie	
<u>Sols cohérents</u>			<u>COLONNE QUADRILLÉE</u>	
Pour les sols cohérents (silt argileux à argile), la consistance du sol est évaluée à partir des essais de résistance au cisaillement (C _u) ou, à défaut, de l'indice « N ». La sensibilité au remaniement (S _t) est définie par le rapport de la résistance au cisaillement du matériau intact (C _u) sur celle du matériau remanié (C _{ur}).			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.	
<u>Consistance</u>	<u>Résistance (C_u, 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 (S_t)</u>		<u>C_u / C_{ur}</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 (w_l)</u>	<u>Indice de plasticité (I_p)</u>		
Faible	< 30	< 10 %		
Moyenne	30 à 50	10 % à 25 %		
Élevée	> 50	> 25 %		



RAPPORT DE FORAGE

Forage N° : QEEP-029
Dossier : PLUS-00026280-045500

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	
						X														
		13				X														
		45				X	CF-9	83	0											
		14				X														
		15				X	CF-10	100	0											
		50				X														
		16				X														
		55				X	CF-11	75	0											
		17				X														
		18				X	CF-12	100	0											
		60				X														
		19				X														
		65				X	CF-13	100	0											
		20				X														
		21				X	CF-14	100	0											
		70				X														
		22				X														
		75				X	CF-15	50	0											
		23				X														
		24					TM-16	100												
		80																		
		25				X														
		85				X	CF-17	100	0											
		26				X														
		27				X	CF-18	100	0											



RAPPORT DE FORAGE

Forage N° : QEEP-029
Dossier : PLUS-00026280-045500

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	
28																				
95	29					X	CF-19	100	0											
100						X	CF-20	100	0											
105	31					X	CF-21	100	0											
110	32					X	CF-22	75	0											
115	33					X	CF-23	100	0											
120	34					X	CF-24	100	0											
125	35					X	CF-25	100	0											
130	36					X	CF-26	100	0											
135	37					X	CF-27	100	0											
	38	-24.63	Fin du forage à 41,2 mètres de profondeur.																	
	39	41.23																		
	40																			
	41																			
	42																			
	43																			



RAPPORT DE FORAGE

Forage N° : QEEP-031
 Dossier : PLUS-00026280-045500

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	
							TM-8	88												
	13																			
	45						CF-9	100	1				AG, Sed							44.1
	14																			
	15						CF-10	63	1											
	50																			
	16																			
	55						CF-11	100	1											
	17																			
	18																			
	60						CF-12	100	1											
	19																			
	65						CF-13	100	1											
	20																			
	21																			
	70						CF-14	100	1											
	22																			
	75						CF-15	100	1											
	23																			
	24																			
	80						CF-16	100	1											
	25																			
	85						CF-17	100	1											
	26																			
	27																			
	90						CF-18	100	1											



RAPPORT DE FORAGE

Forage N° : QEEP-031
Dossier : PLUS-00026280-045500

Prof. pi m	Coupe stratigraphique			Échantillons					Odeur		Essais		Graphique						
	Élév. Prof.	Description	Strat.	Eau	État	Type - No	Réc. %	N / RQD	FAIBLE	MOYENNE	FORTE	Essais	Cu Cur Nc	20	40	60	80	100	
28																			
95	29					CF-19	100	1											
100	30					CF-20	100	1											
105	31					CF-21	100												
110	32	-25.90 32.80	Sable silteux et graveleux gris.			CF-22	58	45			AG		9.9						
115	33	-27.75 34.65	Roc disloqué : Fragments de shale argileux noir, arrondis. Litage oblique.			CR-23	22	0											
120	34	-29.42 36.32	Socle rocheux : Shale argileux brun foncé à noir, légèrement calcaireux avec minces laminations silteuses et minces interlits de grès. Fractures mécaniques abondantes. Shale très fissile, se délite facilement (peu résistant) et se désintègre au contact de l'eau. Litage horizontal.			CR-24	100	34											
125	35					CR-25	100	84											
130	36					CR-26	100	97											
135	37					CR-27	100	88											
140	38					CR-28	84	20											
140	39	-35.98 42.88	Fin du forage à 42,9 mètres de profondeur.																

E2. Photographies des carottes de roc



Photographies des carottes de roc (sec) : Rivière Batiscan - Forage QEEP-031



Photo 1. Forage QEEP-031: boîtes 1 à 2 / 2 (34,65 m à 42,88 m)

Photographies des carottes de roc (humide) : Rivière Batiscan - Forage QEEP-031



Photo 1. Forage QEEP-031: boîtes 1 à 2 / 2 (34,65 m à 42,88 m)

E3. Résultats d'essais in situ



Tableau E3.1. Synthèse des résultats d'essais d'eau sous pression en rocher (rivière Batiscan)

Forage	Profondeur de l'essai (m)		Élévation de l'essai (m)		RQD (%)	Absorption ¹	
	Haut	Bas	Haut	Bas		(l/min-m)	(Lugeon) ²
QEEP-031	38,1	42,9	-31,3	-36,0	84 à 97	0,0	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.

E4. Résultats d'essais en laboratoire





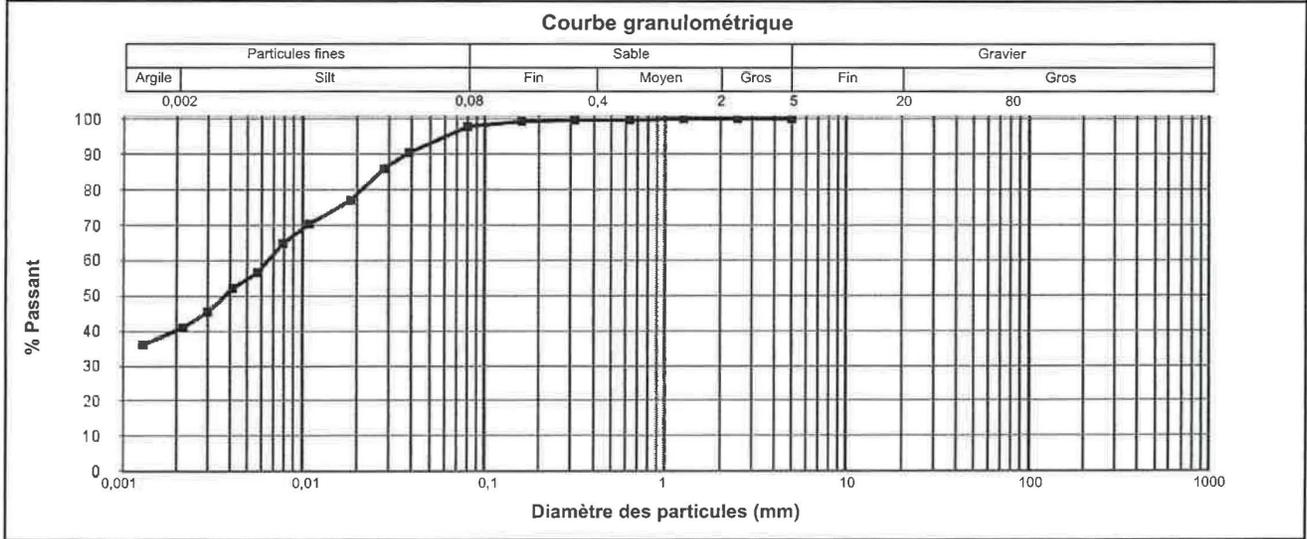
2555, rue Saint-Pierre
 Drummondville (QC) J2C 7Y2
 Téléphone: 819-477-3775
 www.exp.com

ESSAIS SUR SOLS FORAGE ET SONDAGE

Certifié ISO 9001:2008

Client :	Johnston-Vermette	Dossier n° :	PLUS-26280-045500
Projet :	Oléoduc Énergie Est	Échantillon n° :	DR-3619
		Réf. client :	

Sondage n° :	QEEP-031	Prélevé le :	2014-02-20 par EXP
Échantillon :	CF-9	Reçu le :	2014-03-06
Profondeur :	13,4 à 14,0 m	Localisation :	Rivière Batiscan



Analyse granulométrique LC 21-040				Description
Tamis (mm)	Tamisat %passant mesuré	Tamis (mm)	Tamisat %passant mesuré	
112		0.0387	90,3	D ₁₀ :
80		0.0279	85,9	D ₃₀ :
56		0.0183	77,0	D ₆₀ :
40		0.0109	70,3	Coefficient d'uniformité (Cu) :
31,5		0.0078	64,7	Coefficient de courbure (Cc) :
20		0.0057	56,7	Gravier: 0 %
14		0.0041	52,1	Sable: 2 %
10		0.0030	45,4	Silt: 58 %
5		0.0022	40,9	Argile: 40 %
2,5	100	0.0013	36,3	Description : Silt et argile, traces de sable
1,25	100			Classification unifiée :
0,630	100			
0,315	100			
0,160	99			
0,080	98,0			

Remarques :

Vérfié par :
 Simon Tessier
 Technicien, coordonnateur

Approuvé par :
 Michelle Létourneau, ing., M.Sc.A.

Date : 2014-03-13

Teneur en eau LC 21-201 44,1%



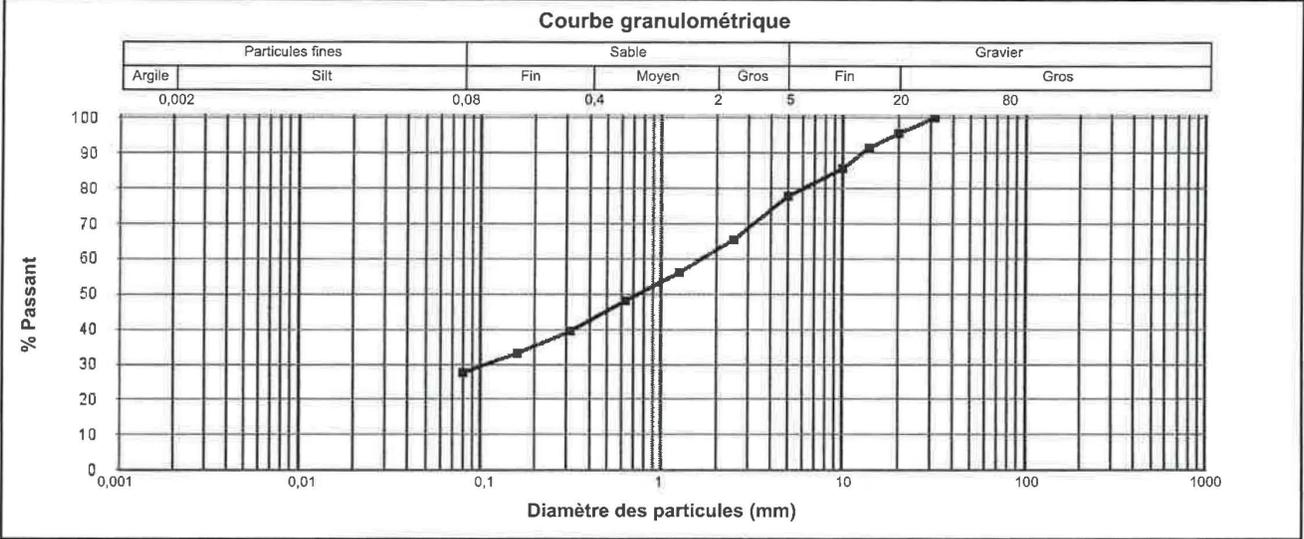
2555, rue Saint-Pierre
 Drummondville (QC) J2C 7Y2
 Téléphone: 819-477-3775
 www.exp.com

**ESSAIS SUR SOLS
 FORAGE ET SONDAGE**

Certifié: ISO 9001:2008

Client : Johnston-Vermette Dossier n° : PLUS-26280-045500
 Projet : Oléoduc Énergie Est Échantillon n° : DR-3620
 Réf. client :

Sondage n° : QEEP-031 Prélevé le : 2014-02-20 par EXP
 Échantillon : CF-22 Reçu le : 2014-03-06
 Profondeur : 33,2 à 33,8 m Localisation : Rivière Batiscan



Analyse granulométrique LC 21-040		Description	Autres essais	
Tamis (mm)	Tamisat %passant mesuré		Teneur en eau	LC 21-201
112		D ₁₀ :		9,9%
80		D ₃₀ :	0,115 mm	
56		D ₆₀ :	1,759 mm	
40		Coefficient d'uniformité (Cu) :		
31,5	100	Coefficient de courbure (Cc) :		
20	96	Gravier:	22 %	
14	91	Sable:	50 %	
10	85	Silt et argile:	28 %	
5	78	Description : Sable silteux graveleux		
2,5	66	Classification unifiée : SM		
1,25	56			
0,630	48			
0,315	40			
0,160	33			
0,080	27,7			

Remarques :

Vérifié par : Simon Tessier
 Technicien, coordonnateur

Approuvé par : Michelle Létourneau
 Michelle Létourneau, ing., M.Sc.A. Date : 2014-03-10

Annexe 4-43

Étude de faisabilité préliminaire par FDH – Tronçon du Québec – Rivière Sainte-Anne



**TransCanada
Projet Oléoduc Énergie Est
Étude de faisabilité préliminaire de traverse
par FDH
Québec : Rivière Sainte-Anne**

Préparé par :

ENGINEERING TECHNOLOGY INC.

#24, 12110 - 40 Street SE

Calgary, AB T2Z 4K6

Numéro de projet :

543

Date :

9 juin 2014



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 émis;
- doivent être lus comme un tout et les sections ne devraient pas être considérées 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 géographiquement ou en fonction du temps.

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

- comme convenu par le Consultant et le Client;
- comme l'exige la loi;
- pour l'usage des agences d'examen 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.



Liste de diffusion

Nombre de copies papier	PDF requis	Nom de la compagnie / association
	1	Johnston-Vermette

Journal de révision

Révision n°	Révisé par	Date	Description de la version / révision
A	BS	16 avril 2014	Émis pour commentaires du client
B	DL	30 avril 2014	Commentaires de Stantec/JV incorporés, émis pour commentaires du client
C	BS	2 mai 2014	Émis pour commentaires
0	BS	9 juin 2014	Émis pour ingénierie de base

Signatures Entec Inc.

Rapport préparé par :

Bruce Skibsted, ing. jr
Directeur de projets, installations sans tranchée

Rapport révisé par :

Dale Larison, ing.
V.-P. Ingénierie



1. Introduction

Engineering Technology Inc. (Entec) a évalué un projet de traverse par forage dirigé horizontal (FDH) de la rivière Sainte-Anne 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 « Exp. Geotechnical ». 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 500 m au nord-ouest de l'autoroute Félix-Leclerc et 2 km au nord-ouest de Saint-Anne-de-la-Pérade, au Québec. La rivière mesure approximativement 90 m de largeur à l'emplacement de la traverse projetée. Le terrain est principalement plat des deux côtés de la rivière; le plateau ouest (côté sortie) est environ 10 m plus haut que celui du côté est. Les points d'entrée et de sortie sont situés en terrain agricole. Reportez-vous au dessin de conception préliminaire de l'annexe B pour des renseignements topographiques supplémentaires.

2.2 Conditions souterraines

La stratigraphie de deux trous de forage était disponible au moment de la rédaction du rapport; elle est présentée dans les tableaux ci-dessous. Deux trous de forage supplémentaires sont planifiés à cet emplacement. La détermination finale de la faisabilité de la traverse ainsi que la configuration seront basées sur les conclusions des études géotechniques prévues. Une information géotechnique plus détaillée est fournie à l'annexe D.

Tableau 1. Trou de forage QEEP-032

Mètres sous la surface du sol (msss)	Description du sous-sol
0	
	Sable , présence de limon
2,7	
	Limon argileux et sablonneux
2,9	
	Argile limoneuse / Limon argileux , traces de sable
16,7	
	Sable limoneux / Sable et limon , densité moyenne
19,8	
	Argile limoneuse , présence de matières organiques
31,8	
	Sable et limon graveleux (till) , présence probable de galets et de blocs, schiste
35,4	



Tableau 2. Trou de forage QEEP-034

Mètres sous la surface du sol (msss)	Description du sous-sol
0	
	Sable et limon
0,6	
	Limon argileux , traces de sable
4,3	
	Sable limoneux
9,5	
	Argile limoneuse , traces de sable
16,4	
	Sable limoneux et graveleux (till) , présence probable de galets et de blocs
20,6	
	Calcaire , alternance de calcaire à grains fins et de calcaire micritique argileux, stratifications ondulées, fossilifères
31,0	

3. Considérations sur la conception des FDH

3.1 Contraintes exercées sur la canalisation

Les conditions d'exploitation de l'oléoduc 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 FDH pour cette traverse sont cependant basés sur la PME spécifique de cet emplacement, qui est de 9 115 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 canalisation sera soumise à des températures comprises entre 5 et 60°C. Une pression d'essai de 11 394 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 20,2 mm, avec l'utilisation d'un acier de grade 550 MPa. Un rayon de courbure minimum admissible pour l'installation de la canalisation a été déterminé sur la base de la contrainte maximale admissible combinant les effets de pression, de température et de cintrage.

**Tableau 3. 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)	20,2	mm
Grade/Limite élastique minimale spécifiée (LEMS)	550	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	9 115	kPa
Pression d'essai (PE)	11 394	kPa
Rayon minimal	530	m
Rayon de conception	1 200	m

Puisqu'un forage dirigé horizontal utilise une section de tuyau préassemblée tirée dans un trou de forage courbé, la technique FDH 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 FDH 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 mètres a été déterminé en fonction des déviations de guidage enregistrées lors de projets précédents de FDH 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 FDH pratiques. La contrainte maximale attendue pendant l'exploitation correspond à environ 93,36 % 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 à 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 des canalisations sera effectuée lors de la conception détaillée.

La limite du rayon minimal spécifiée ne doit pas être dépassée, car les contraintes d'exploitation de la tuyauterie pourraient excéder les limites du matériau, provoquant la rupture de l'oléoduc. Toutes les déviations mesurées dans la géométrie du trou de forage pendant la construction et qui excèdent cette limite devraient être immédiatement corrigées.

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 le forage dirigé horizontal. Les mesures d'inclinaison à la verticale du trou de forage et de la direction (azimut) sont généralement prises au minimum tous les 10 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 dirigés horizontaux.



3.2 Géométrie

Selon les informations de spécifications de l'oléoduc, de la géométrie spécifique à l'emplacement et l'information géotechnique, un forage dirigé horizontal 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. L'angle d'entrée a été conçu à 12° pour demeurer dans les limites de la plage de fonctionnement des machines de forage communément utilisées en FDH. L'angle de sortie a été conçu à 12° pour équilibrer le besoin de minimiser la longueur de la traverse et celui de minimiser la quantité d'équipement requise pour le soulèvement de l'oléoduc pendant la procédure de tirage. La trajectoire de forage qui en résulte a une longueur de 669 m, avec un recouvrement minimal de 29 m sous la rivière Saint-Anne. Cette trajectoire de forage préliminaire sera raffinée pendant la conception détaillée, après la réception des informations géotechniques finales. Reportez-vous au dessin de conception préliminaire de l'annexe B pour la géométrie détaillée de la trajectoire de forage.

3.3 Gaine de forage

Pour atténuer les effets négatifs, les matériaux faibles ou non consolidés sont généralement isolés du trou de forage 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 sous-sol rocheux. Le trou de forage QEEP-034, situé le plus près du point d'entrée, a mis à jour des couches meubles contenant de l'argile, du limon et du sable. Entre 16,4 et 20,6 mss (mètres sous la surface du sol), il y a une couche contenant du sable limoneux et graveleux (till), avec une présence probable de galets et de blocs. Une gaine de forage sera nécessaire pour atteindre le sous-sol rocheux. La taille minimale nécessaire de la gaine est de 1 676 mm (66 po) (dia. ext.) pour permettre le passage du trépan aléateur final de 1 372 mm (54 po). 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 sous-sol rocheux, méthode dans laquelle une section de grande largeur est d'abord installée jusqu'à une profondeur maximale, avant d'être 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 fond rocheux. Pour des gaines mesurant jusqu'à 75 m, il est recommandé que la gaine initiale de 1 829 mm (72 po) (dia. ext.) soit installée jusqu'au refus, qu'elle soit vidée à la tarière et complétée avec une gaine de 1 676 mm (66 po) (dia. ext.) installée jusqu'au sous-sol rocheux. En raison de la longueur augmentée de la trajectoire de forage afin d'accommoder la longue gaine de forage, il n'y a pas de trou de forage près du point de sortie de la trajectoire de forage permettant de déterminer si des conditions inadéquates sont présentes. Il est recommandé que des trous de forage géotechniques supplémentaires soient exécutés à l'emplacement de cette traverse. Si des gaines sont requises des deux côtés de la traverse, un forage d'intersection pourrait s'avérer nécessaire. Les forages d'intersection sont communs pour les grandes traverses et ont un taux de réussite élevé, mais ils entraînent 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 FDH. Plusieurs traverses par FDH 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 274 910 lb. En raison du diamètre du trou de forage 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 FDH 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 de forage

Le trou de forage pour une traverse par FDH 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 de diamètre ou moins et 0,3 m de plus que le diamètre de la canalisation pour les tuyaux de plus de 0,61 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 FDH sera responsable de l'évaluation des conditions de forage et de la condition du trou de forage 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 Soulèvement de la canalisation et rupture

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 mètres sera requise pour 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 être tirée à un angle égal à celui du trou de forage. Pour cela, la section principale devra être soulevée sous forme de courbe à l'aide de tracteurs à flèche latérale 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, hauteur et espacement) 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 FDH, risques associés et mesures d'atténuation

4.1 Perte de contrôle du guidage

Les formations de sol meuble ou des changements majeurs dans les propriétés des formations peuvent engendrer des problèmes de guidage. Ces problèmes surviennent lorsque la formation n'offre pas assez de résistance au trépan pour lui permettre d'effectuer un changement de direction. Le trou de forage QEEP-032, situé du côté sortie de la traverse, a mis à jour de l'argile limoneuse très meuble entre 19,8 et 31,8 mss. Les valeurs de SPT obtenues ont toutes été de 0 à tous les endroits testés dans cette couche. À l'intersection de formations plus dures, comme le sous-sol rocheux, 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. Si des déviations dépassant les tolérances sont mesurées, une petite portion du trou de forage est habituellement forée à nouveau pour permettre d'effectuer des réglages à la trajectoire du trou de forage.



Dans les cas extrêmes, il peut être 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 aléateur et plusieurs configurations d'angle de cintrage soient nécessaires pour compléter le trou pilote dans le respect des tolérances.

4.2 Perte de circulation et fuites de fluide

Le risque de perte de fluide est à son niveau le plus élevé lors du forage du trou pilote, alors que la petite taille du trou de forage entraîne une pression circulaire plus élevée et que les déblais peuvent plus facilement boucher le trou. Le fluide peut se propager dans des failles du sous-sol rocheux, des matériaux meubles déplacés ou le vide entre les matériaux non consolidés. 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 de forage 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 perte par fracturation (frac-out). L'entrepreneur en FDH 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 FDH.

4.3 Instabilité du trou de forage

Pour diminuer les risques d'effondrement du trou de forage en sol faible ou non consolidé, la circulation d'équipements au-dessus de la trajectoire de forage devrait être limitée le plus possible. Ceci vaut surtout pour la région directement au-dessus de l'extrémité de toute gaine. Utiliser un fluide de forage aux propriétés adéquates réduit les chances d'effondrement du trou de forage. 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. Les endroits pouvant contenir du sable, du gravier ou des galets peuvent aussi s'avérer problématiques. L'effondrement d'un trou de forage peut aussi coincer l'équipement et en causer la perte ainsi que l'abandon du trou.

4.4 Infiltration d'eau

En cas d'écoulement artésien important, 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 et le FDH pourraient être cimentés et abandonnés. L'infiltration d'eau augmente l'instabilité du trou de forage et ses risques associés.

4.5 Dommages au revêtement ou à la canalisation

Pendant le tirage du tuyau, des déformations ou des objets comme des galets, des blocs ou des morceaux du sous-sol rocheux fracturé peuvent causer des dommages au revêtement de la canalisation. Un travail soigné doit être accompli pour s'assurer que le trou de forage 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

Le gonflement de matériaux comme l'argile 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 de la procédure de tirage. Les problèmes de gonflement deviendront de plus en plus sévères au fur et à mesure que le trou de forage sera exposé au fluide de forage et que les matériaux y seront exposés. Puisque cette canalisation nécessitera un trou très large et plusieurs alésages, on peut s'attendre à ce que le gonflement potentiel de la géologie devienne réalité. Des additifs pour fluide de forage peuvent être utilisés pour contrôler le gonflement de l'argile, si celui-ci devient problématique. 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. 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. Du sable, du limon ou du gravier qui se détachent de la paroi sont aussi des causes de coincement de la canalisation. 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 déplacement 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 les transitions à l'extérieur de la gaine de forage ou du sous-sol rocheux au terrain de couverture. La cause la plus commune de canalisation coincée est le contact entre l'aléreur 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. 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 aléreur se coince à l'extrémité de la gaine de forage, l'entrepreneur peut tenter de faire tourner l'aléreur dans la gaine ou de retirer la gaine en conjonction avec le tirage de la canalisation. Exercer une force trop grande sur un trépan aléreur coincé peut mener au bris de la canalisation de forage.

4.7 Usure et défaillance des outils de forage

Les outils de FDH à 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. Une attention particulière doit être portée dans les trous de forage de grande taille et dans les formations meubles 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 de la formation tandis que l'appareil de forage 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.

Il y a un haut risque de défaillance du train de forage en raison de la déformation du trou si une gaine de forage n'est pas installée à travers les couches très meubles d'argile près du point d'entrée. Un trou de forage ouvert dans cette zone ne supporterait pas les charges de poussée nécessaires pour forer le sous-sol rocheux plus bas.

Une autre considération majeure pour la faisabilité de ce projet est la durée du forage. La formation constituée principalement de calcaire fournira une bonne stabilité au trou de forage et permettra un bon nettoyage des déblais. Cependant, la dureté de ce sous-sol rocheux pourrait contribuer à l'usure de l'outillage de forage dans les zones plus dures, ce qui aura un impact sur les coûts et les échéanciers globaux, en raison du temps passé à effectuer des opérations de va-et-vient pour remplacer les trépan et aléseurs, en plus des taux de progression généralement



bas pour la durée principale du forage. Un choix d'outillage judicieux et adapté à la géologie sera essentiel de la part de l'entrepreneur pour que l'ensemble du projet se fasse dans un échéancier minimal.

4.8 Risques environnementaux

Le risque environnemental principal d'un FDH 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 FDH doit être abandonné pour prévenir des dommages environnementaux plus importants.

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

Les machines de FDH 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 sur place à l'aide de troussees antidéversements disponibles. 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 des ruissellements de surface aide à atténuer et à contrôler ce risque.

Les opérations de forage dirigé horizontal 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. Le dessin de conception préliminaire pour la méthode alternative de traverse en tranchée est inclus à l'annexe C.

5. Conclusion

Selon l'information dont Entec disposait au moment de la rédaction de ce rapport, la traverse par FDH proposée de la rivière Saint-Anne est considérée techniquement faisable. Les contraintes auxquelles seront assujetties les canalisations ont été examinées par Entec et le rayon de conception de 1 200 m a été confirmé. Les risques comprennent des problèmes de guidage, la perte de fluide et les pertes par fracturation. La conception et la faisabilité de la traverse seront réévaluées une fois les derniers trous de forage terminés et après réception du rapport géotechnique final. Un rapport de faisabilité final et un dessin de conception final seront émis dans la phase d'ingénierie détaillée.

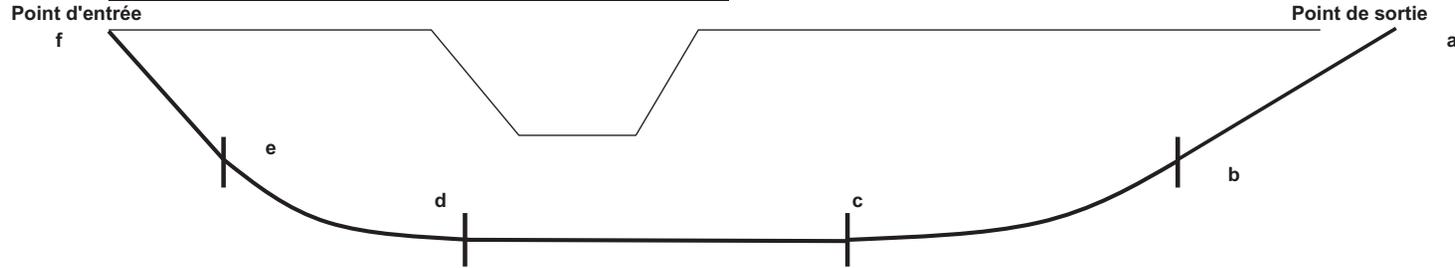


Annexe A

Sommaire des calculs

543-ENG-106
RIVIÈRE SAINTE-ANNE

Données de conception		Données du tuyau		Données de procédé		Critères de contrainte			
Longueur forée (m)	669,0	Dia ext. Tuyau (mm)	1067,0	PME (kPa)*	9115	Contrainte de cisaillement admissible			
Longueur horizontale (m)	661,7	Épais. Nominale (mm)	20,2	Pr. essai (kPa)	11394	Exigences du client		Exigences CSA	
Rayon minimum (m)	530	Tolér. Corrosion (mm)	0	Cat.	II	PE (MPa)	275,0	PE (MPa)	275,0
Rayon de conception (m)	1200	Tolér. Épaisseur (%)	0	T2 (°C)	60	Essai (MPa)	302,5	Essai (MPa)	302,5
Angle d'entrée (° Bas)	12	Épaisseur d'essai (mm)	20,2	T1 (°C)	5				
Angle de sortie (° Haut)	12	Grade (MPa)	550						



Lieu	Construction					Contrainte d'essai (après tirage)			Post-assèchement pré-exploi. (PAPE)			Contrainte d'exploitation		
	Charge		Contra. 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	114 619	511 692	1113	7,68	2,79	30 386	209,5	69,26	15110	104,2	34,44	37 235	256,7	93,36
Point B	127 054	567 207	15624	107,73	39,17	30 489	210,2	69,49	15301	105,5	34,87	37 045	255,4	92,88
Point C	174 553	779 253	15917	109,74	39,91	30 427	209,8	69,35	15708	108,3	35,80	36 639	252,6	91,86
Point D	174 553	779 254	15917	109,74	39,91	30 427	209,8	69,35	15708	108,3	35,80	36 639	252,6	91,86
Point E	250 735	1 119 352	16225	111,87	40,68	30 489	210,2	69,49	15301	105,5	34,87	37 045	255,4	92,88
Point F	274 910	1 227 275	16313	112,48	40,90	30 518	210,4	69,56	15110	104,2	34,44	37 235	256,7	93,36

Lieu	Défor. Circonférentielle		Capacité de moment		
	Construction	PAPE	Construction	PAPE	Test
Point A					
Point B	OK	OK	OK	OK	OK
Point C	OK	OK			
Point D	OK	OK	OK	OK	OK
Point E	OK	OK			

Norme 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

Norme CSA Z662-11 (essai)	
4.7.1	OK
4.7.2.1	OK
11.8.4.4<11.8.4.5	OK

REV.	DATE	DESCRIPTION	SCEAU/ÉTAMPE
A	11-avr-14	Conception préliminaire	
B	07-mai-14	Émis pour commentaires	
0	30-mai-14	Émis pour ingénierie de base	



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



Property of Engineering Technology Inc. (ETI)
Not to be copied, transmitted or redistributed
Without written consent of ETI.

Permis d'ingénierie de l'APEGA No. P8649

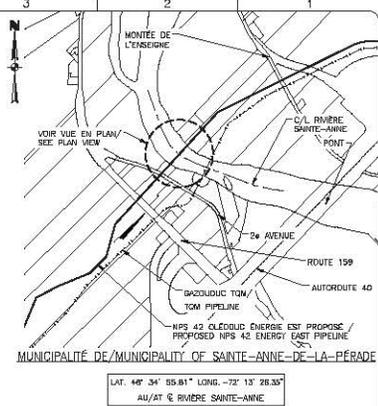
Note:*La pression maximale d'exploitation (PME) du projet est de 8450 kPa, survenant aux sorties des stations de pompage. Les calculs de FDH pour cette traverse, toutefois, sont basés sur la PME spécifique du site, déterminée par la différence d'élévation entre la station de pompage en amont et le point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



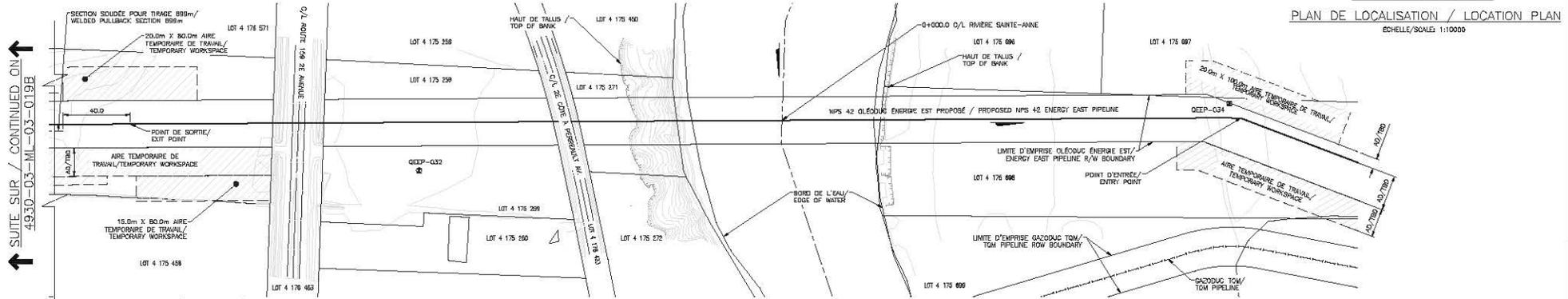
Annexe B

Dessin de conception

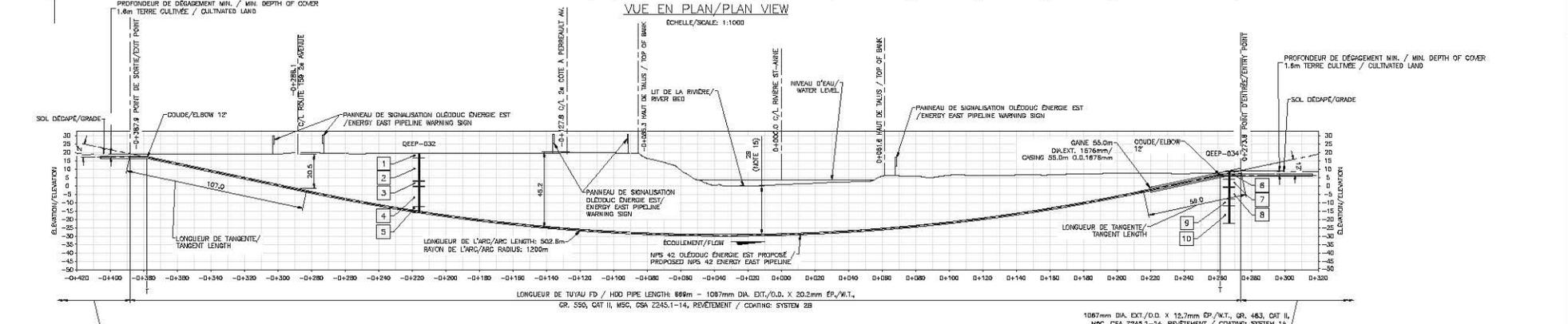
RAPPORT DE FORAGE / BOREHOLE LOG		
No. FORAGE/ BOREHOLE No.	REPERE/ TAG	DESCRIPTION
DEEP-032	1	SABLE, SILT/SAND, SILT
	2	ARGILE SILTEUSE/SILT CLAY
	3	SABLE SILTEUX ET SILT/ SILT SAND AND SILT
	4	ARGILE SILTEUSE/SILT CLAY
	5	SABLE ET SILT GRAVELEUX, CAILLONS/ GRAVELLY SAND AND SILT, Boulders
DEEP-034	6	SABLE ET SILT / SAND AND SILT
	7	SABLE SILTEUX GREY / SILT SAND GREY
	8	ARGILE SILTEUSE/SILT CLAY
	9	SABLE SILTEUX ET GRAVELEUX GREY/ SILT AND GRAVELLY SAND GREY
	10	SOLE ROCHUEUX / BEDROCK



PLAN DE LOCALISATION / LOCATION PLAN
ÉCHELLE/SCALE: 1:10000



VUE EN PLAN/PLAN VIEW
ÉCHELLE/SCALE: 1:1000



VUE EN PROFIL/PROFILE VIEW
ÉCH. HOR./HOR. SCALE: 1:1000
ÉCH. VERT./VERT. SCALE: 1:1000

DESSINS DE RÉFÉRENCE/REFERENCE DRAWINGS	
DESSIN/DRAWING NO	TITRE/TITLE
4930-03-ML-01-52F	PLAN DE SIGNALISATION POUR OLÉODUC À HAUTE PRESION/HAUTE PRESSION OLÉODUC HAUTE PRESSION
4930-03-ML-01-51F	SCHEMA TYPIQUE DE TRANSITION DE TUBAUX/TYPICAL PIPE TRANSITION DETAIL
4930-03-ML-01-51F	SCHEMA TYPIQUE DE SOULEE 30/TYPICAL TRUSSING 30
4930-03-ML-03-01B	TRAVERSÉ SAINTE-ANNE - TRAVERSÉ PAR FORAGE DIRECTIONNEL / HDD CROSSING
4930-03-ML-03-02B	TRAVERSÉ SAINTE-ANNE - TRAVERSÉ EN TRANCHEE / TRENCHED CROSSING (ALTERNATIVE)

RÉVISION/REVISION		
NO. REV./REV. NO.	DATE	DESCRIPTION
A	2014-03-31	ENVIS POUR RÉVISION (INTERNE A3) / ISSUED FOR REVIEW (INTERNAL A3)
B	2014-04-04	ENVIS POUR RÉVISION (INTERNE BOUTÉES) / ISSUED FOR REVIEW (INTERNAL BOUTÉES)
C	2014-04-14	ENVIS POUR RÉVISION (CLIENT) / ISSUED FOR REVIEW (CLIENT)
D	2014-05-14	ENVIS POUR RÉVISION DE BRÈVE / ISSUED FOR FEED
E	2014-08-08	MODIFIÉS POUR INDICATEUR DE BORD / MODIFIED FOR FEED

APPROBATION/APPROVAL									
DESIGNER	CHECKED	DESIGNED	REVIEWED	APPROVED	DATE	DESIGNED	REVIEWED	APPROVED	DATE
JML	JML	JML	JML	JML	2014/03/31	JML	JML	JML	2014/04/04
JML	JML	JML	JML	JML	2014/04/14	JML	JML	JML	2014/05/14
JML	JML	JML	JML	JML	2014/08/08	JML	JML	JML	2014/08/08

ÉNERGIE EST / ENERGY EAST
PROJET/PROJECT: 4930-03-ML-03-01A

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

REV/REV: DATE: FORM/PERMIT No.:

Energy East Pipeline Ltd.

INFORMATION GÉNÉRALE OLÉODUC ÉNERGIE EST / ENERGY EAST GENERAL INFORMATION PIPELINE
N° 4930 / CHAÎNE/CHAINAGE: (R) (S) (T) (U) (V) (W) (X) (Y) (Z)

RIVIÈRE SAINTE-ANNE
TRAVERSÉ PAR FORAGE DIRECTIONNEL/HDD CROSSING QUÉBEC

PROJ/SCALE: 4930-03-ML-03-01A

- NOTES:**
APPREMIAGE / SURVEILLANCE:
- TOUTES LES MESURES SONT EN METRES SAUF INDICATION CONTRAIRE / ALL MEASUREMENTS ARE IN METERS UNLESS OTHERWISE SPECIFIED.
 - TOUTS LES CHANGEMENTS SONT HORIZONTAUX SAUF INDICATION CONTRAIRE / ALL CHANGES ARE HORIZONTAL UNLESS OTHERWISE SPECIFIED.
- GÉNÉRAL:**
- LA TRAVERSE DOIT ÊTRE CONSTRUITE ET CROUSÉE 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 2852-11. AUX SPÉCIFICATIONS DE CONSTRUCTION TES-PROU-PCS ET TES-PROU-HDD DE TRANSCANADA ET AUX EXIGENCES DU PERMIS DE TRAVASSE. / PIPELINE CONSTRUCTION AND HYDROSTATIC TESTING PROGRAM SHALL COMPLY WITH CSA 2852-11 STANDARD AND TRANSCANADA CONSTRUCTION SPECIFICATIONS TES-PROU-PCS AND TES-PROU-HDD AND MEET REQUIREMENTS IN THE CROSSING AGREEMENTS.

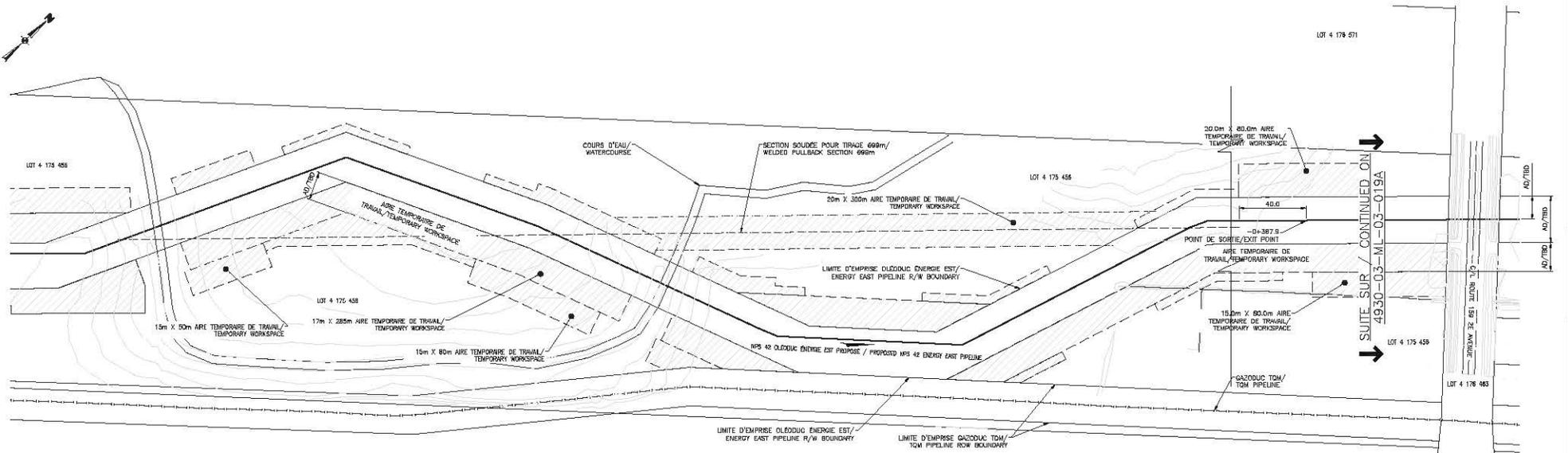
- ALIGNEMENT DE LA CONDUITE ET INSTALLATION / PIPE ALIGNMENT AND INSTALLATION:**
- L'ENTREPRENEUR DU FORAGE DIRIGÉ DOIT VÉRIFIER LA PROFONDEUR ET L'EMPLACEMENT DES INSTALLATIONS SOUTERRAINES EXISTANTES AVANT LA CONSTRUCTION. / THE HDD CONTRACTOR SHALL VERIFY APPROVED ENTRY/EXIT LOCATIONS AND DRILLING DIRECTION BASED ON THE SITE CONDITIONS DURING CONSTRUCTION.
 - LES ALIGNEMENTS DE LA CONDUITE, TELS QU'INDIQUÉS SUR LE PLAN ET PROFIL, INDIQUENT LES EXIGENCES MINIMALES REQUISES POUR L'ÉLOUIC ÉNERGIE EST. L'ENTREPRENEUR PEUT À SA DISCRETION ET À SES FINAIS, PROPOSER UN PROFIL ALTERNATIF AU MOMENT DE LA SOUMISSION. LES PROPOSITIONS ALTERNATIVES DOIVENT ÊTRE APPROUVÉES PAR TRANSCANADA ET LES AUTORITÉS DE RÈGLEMENTATION 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'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-REMUE APRÈS LA PROTECTION APPROPRIÉE. LES PENTES LATÉRALES D'EXCAVATION TEMPORAIRE DEVONT RESPECTER LA SPÉCIFICATION DE CONSTRUCTION TES-PROU-POS DE TRANSCANADA. / PIPELINE SHALL BE PLACED ON NATURAL UNDISTURBED SOIL WITH APPROPRIATE PROTECTION. TEMPORARY SIDE SLOPES SHALL MEET TRANSCANADA CONSTRUCTION SPECIFICATION TES-PROU-POS.

- 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. / 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 SOUTIENUE ADOQUATEMENT EN TOUT TEMPS LORS DE L'OPÉRATION DE TRACÉ 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'ÉQUIPEMENT D'UNE LONGUEUR DE TUYAU À L'EXTÉRIEUR DU TROU DE FORAGE SELON LES SPÉCIFICATIONS DU FORAGE TES-PROU-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-PROU-HDD.
- UN PLAN ET UN PROFIL ÉTEL-QUE-CONSTRUITS DOIVENT ÊTRE FOURNIS À ÉLOUIC 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, DRIVING 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 AVANT 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 FINE-CUT OF DRILLING FLUIDS INTO THE WATERCOURSE.
 - LA PROFONDEUR DE RECOURÈMENT SERA DÉTERMINÉE À LA FINISSE 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'ÉLOUIC / PIPELINE SPECIFICATIONS

- CONDUITE / LINE PIPE: 1007mm DA EXT. / O.D. (NPS 42) x 12.7mm DP/W.L. OR 483, DAT I, MDO CSA 2245.1-14
- TEMPÉRATURE D'OPÉRATION MAX. / MAX. OPERATING TEMPERATURE: 90°C
- TEMPÉRATURE D'OPÉRATION MIN. / MIN. OPERATING TEMPERATURE: 30°C
- TYPE DE JOINT / TYPE OF JOINT: SOUDE / WELDED
- REVÊTEMENT CONDUITE / LINE PIPE COATING: SYSTÈME / SYSTEM MA TUYAU FD / HDD PIPE: SYSTÈME / SYSTEM 20
- MÉTHODE DE TRAVASSE / CROSSING METHOD: FORAGE DIRECTIONNEL / HDD
- MÉTHODE DE TRAVASSE ALTERNATIVE / ALTERNATE CROSSING METHOD: TRANCHEE / TRENCH
- TEST DE PRESSION MIN. SECTION DE TRAVASSE/MIN. TEST PRESSURE (CROSSING SECTION): 11 394 kPa
- PRESSION D'OPÉRATION MAX. / MAX. OPERATING PRESSURE: 8 116 kPa
- PROTECTION CATHODIQUE / CATHODIC PROTECTION: COURANT IMPOSÉ / IMPRESSED CURRENT
- VOLTAGE DE PROTECTION CATHODIQUE MAX. / MAX. CATHODIC PROTECTION VOLTAGE: 40 / TEE
- PRODUIT TRAVASSE / PRODUCT COVERED: PÉTROLE BRUT / CRUDE OIL



DESSINS DE RÉFÉRENCE/REFERENCE DRAWINGS

DESSIN/DRAWING NO	TITRE/TITLE
4930-03-ML-01-52F	PROJET DE SOUDAGE POUR ÉLOUIC À HAUTE PRESSION/HAUTE PRESSION DE PIPELINE VARIANTE B01
4930-03-ML-02-01F	SÉRIE TYPE DE TRAVASSE DE TUYAU/TYPICAL PIPE TRAVASSING DETAIL
4930-03-ML-02-01AF	SÉRIE TYPE DE SOUDE TYPICAL WELDING JOINT DETAIL
4930-03-ML-03-01A	TRANCHEE SAINTE-ANNE - TRAVERSE PAR FORAGE DIRECTIONNEL / HDD CROSSING
4930-03-ML-03-02B	TRANCHEE SAINTE-ANNE - TRAVERSE EN TRANCHEE / TRENCH CROSSING (ALTERNATIVE)

RÉVISION/REVISION

NO. REV./REV.	DATE	DESCRIPTION
A	2014-03-31	ÉVALUÉ POUR REVISION (INTERNE A3) / ISSUED FOR REVIEW (INTERNAL A3)
B	2014-04-04	ÉVALUÉ POUR REVISION (INTERNE B01) / ISSUED FOR REVIEW (INTERNAL B01)
C	2014-04-14	ÉVALUÉ POUR REVISION (ÉVALUÉ) / ISSUED FOR REVIEW (EVALUÉ)
D	2014-05-14	ÉVALUÉ POUR REVISION DE BASE / ISSUED FOR FEED
E	2014-08-09	MODIFIÉ POUR INDICHER DE BASE / MODIFIED FOR FEED

APPROBATION/APPROVAL

ÉLOUIC/ENERGY EAST	PROJET/PROJECT	INGÉNIEUR/ENGINEER	INGÉNIEUR EN CHEF/SENIOR ENGINEER						
2187445	JML	JB	NO/NS	JN	GP	ENTÉ			
2187440	JML	JB	NO/NS	JN	GP	ENTÉ			
2187446	JDS/JB	CS	NO/NS	JN	GP	ENTÉ			
2235844	JML	CS	NO/NS	JN	GP	ENTÉ			
2235844	JN	CS	NO/NS	AB	GP	ENTÉ			

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

REV/REV: DATE: PERMIS/PERMIT NO:

Energy East Pipeline Ltd.

TRANCHEE SAINTE-ANNE
TRAVERSE PAR FORAGE DIRECTIONNEL/HDD CROSSING QUÉBEC

PROJET/PROJECT: 4930-03-ML-03-01B



Annexe C

Dessin de traverse alternative

- NOTES / REMARQUES / SURVEILLANCE**
- TOUTES LES MESURES SONT EN MÈTRES SAUF INDICATION CONTRAIRE. / ALL MEASUREMENTS ARE IN METERS UNLESS OTHERWISE SPECIFIED.
 - TOUTS LES CHANGEMENTS SONT HORIZONTAUX SAUF INDICATION CONTRAIRE. / ALL CHANGES ARE HORIZONTAL UNLESS OTHERWISE SPECIFIED.

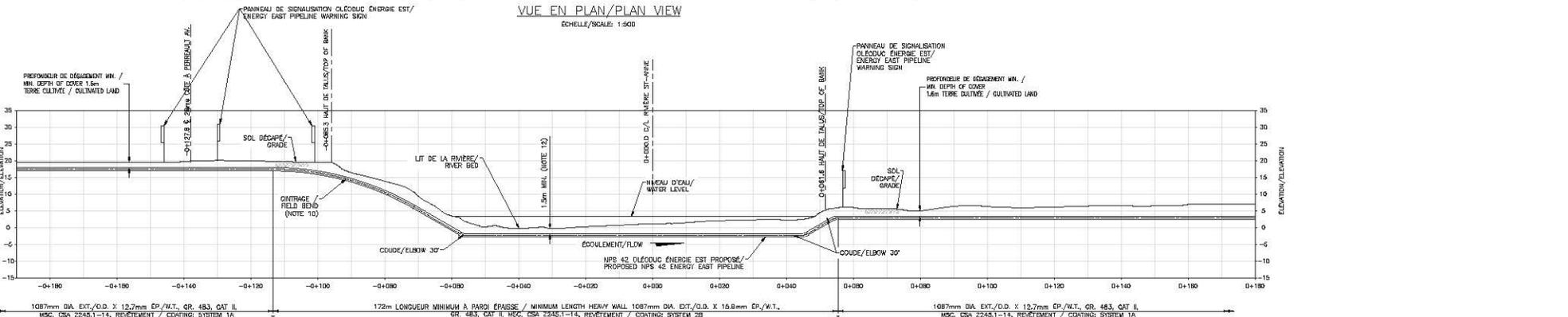
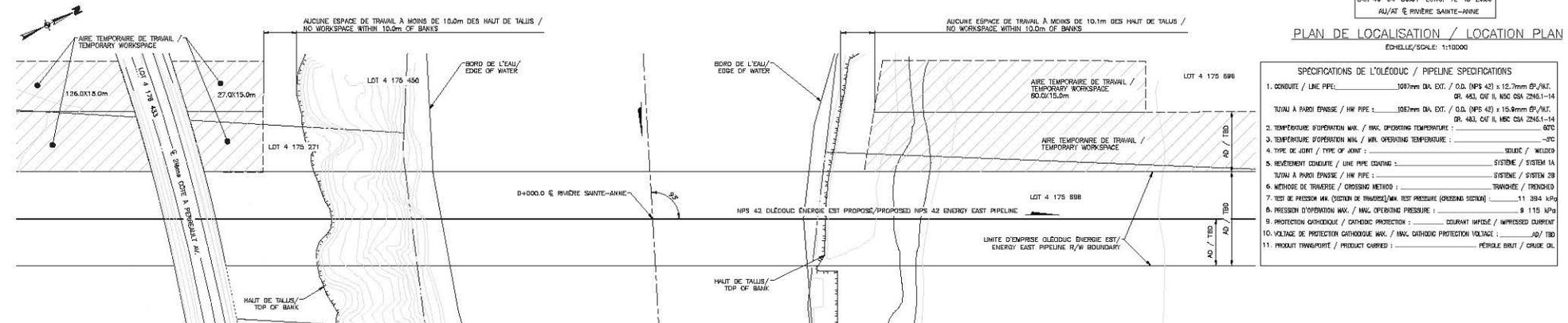
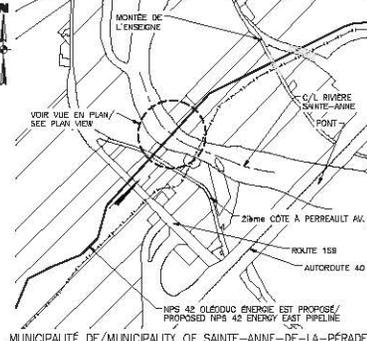
GÉNÉRAL / GENERAL

- LA TRAVERSEE DOIT ÊTRE CONSTRUITE ET PRÉVUE EN RESPECTANT AU MINIMUM TOUTS 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 2862-11, AUX SPÉCIFICATIONS DE CONSTRUCTION TES-PROU-PCS ET AUX EXIGENCES DU PERMIS DE TRAVAILSE. / PIPELINE CONSTRUCTION AND HYDROSTATIC TESTING PROGRAM SHALL COMPLY WITH CSA 2862-11 STANDARD AND TRANSCANADA CONSTRUCTION SPECIFICATIONS TES-PROU-PCS AND MEET REQUIREMENTS OF THE CROSSING AGREEMENTS.
 - LA MÉTHODE DE TRAVERSÉ ET D'INSTALLATION DU PIPELINE SERA DÉTAILLÉE 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:**
- 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.

- EN AUCUN CAS LA CONDUITE NE PEUT ÊTRE INSTALLÉE À L'INTÉRIEUR DE L'EMPREISE OLEODUC ÉNERGIE EST / UNDER NO CIRCUMSTANCES SHALL THE PIPELINE BE INSTALLED OUTSIDE OF THE ENERGY EAST R.O.W.
- LES ALIGNEMENTS DE LA CONDUITE, TELS QU'INDIQUÉS SUR LE PLAN ET PROFIL, INDICENT LES LONGUEURS MINIMALES REQUISES POUR L'OLEODUC ÉNERGIE EST; L'ENTREPRENEUR PEUT À SA DISCRETION ET À SES PROPRES RISQUES 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 PROFILES MUST BE APPROVED BY TRANSCANADA AND APPLICABLE REGULATORY AGENCIES.
- LA CONDUITE DOIT ÊTRE MISE EN PLACE SUR LE SOL NATUREL NON-REMUNIÉ AVEC LA PROTECTION APPROPRIÉE. LES PENTES LATÉRALES D'EXCAVATION TEMPORAIRE DOIVENT RESPECTER LA SPÉCIFICATION DE CONSTRUCTION TES-PROU-PCS DE TRANSCANADA. / PIPELINE SHALL BE PLACED ON NATURAL UNDISTURBED SOIL WITH APPROPRIATE PROTECTION. TEMPORARY SIDE SLOPPES SHALL MEET TRANSCANADA CONSTRUCTION SPECIFICATION TES-PROU-PCS.
- L'ANGLE DE COURBURE MAXIMALE DE LA CONDUITE SUR LE TERRAIN EST DE 1.0 DEGRÉ PAR DIAMÈTRE DE LONGUEUR. / THE MAXIMUM PIPE FELD BEND ANGLE IS 1.0 DEGREE PER DIAMETER LENGTH.
- UN PLAN ET UN PROFIL 4TEL-QUE-CONSTRUIT DOIVENT ÊTRE FOURNIS À OLEODUC ÉNERGIE EST APRÈS L'ACHÈVEMENT DES TRAVAUX. / A FINAL 4AS-BUILT PLAN AND PROFILE SHALL BE PROVIDED TO ENERGY EAST PIPELINE AFTER THE COMPLETION OF THE WORK.
- LA PROFONDEUR DE RECouvreMENT SERA DÉTERMINÉE À LA PHASE D'INGÉNIEURIE DÉTAILLÉE. / DEPTH OF COVER WILL BE FINALIZED DURING THE DETAILED ENGINEERING PHASE.

- SECTION DES DÉBRIS ET REMBLAIS TEMPORAIRES / SOIL PLACEMENT - TEMPORARY:**
- LES PENTES DU DÉBRIS D'EXCAVATION DOIVENT ÊTRE CONFORMES AUX NORMES TES-0311-3333 ET TES-PROU-EXC DE TRANSCANADA ET AUX NORMES LOCALES. / TEMPORARY SPILL SLOPE FROM EXCAVATION SHALL CONFORM TO TRANSCANADA SPECIFICATIONS TES-0311-3333, TES-PROU-EXC AND LOCAL REQUIREMENTS.
 - L'EAU D'ENTREPOSAGE DES DÉBRIS DOIT ÊTRE INCLÉÉ POUR S'ASSURER QUE L'EAU NE S'ACCUMULE PAS À LA SURFACE ET QUE LES DÉBRIS MIEUX EN TAS N'ÉCHAPPENT PAS LÉGÈREMENT DE L'EAU. / SPILL AREAS SHALL BE GRADED TO ENSURE THE WATER WILL NOT POND ON THE SURFACE OR BE TRAPPED BY THE SOIL. PILES.
- SECTION DES DÉBRIS ET REMBLAIS PERMANENTS / SOIL PLACEMENT - PERMANENT:**
- LA TRANCHEE 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 GRENCH AREAS MAIN CHANNEL SHALL BE INFILLED WITH NATIVE MATERIAL TO APPROXIMATELY THE ORIGINAL GRADE.
 - LES MATÉRIAUX DES BERGES DOIVENT ÊTRE REPLACÉS DE FAÇON PERMANENTE PAR COULÈCHES DE 300mm D'ÉPAISSEUR DOIVENT ÊTRE COMPACTÉES. CES MATÉRIAUX DOIVENT ÊTRE EXEMPTS DE MATIÈRES ORGANIQUES ET DE DÉBRIS LIÉGÉS. AVANT LE REMBLAYAGE SUR UNE SURFACE EN PENTE CELLES-LÀ SURFACE BELEVE DOIT ÊTRE SOIGNÉE POUR FAVORISER L'ADHÉSION ENTRE CELLE-CI ET LE REMBLAI. / BANK MATERIALS MUST BE PERMANENTLY REPLACED IN LAYERS OF 300mm MINIMUM, 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 SCRAPED TO MAXIMIZE ADHESION OF MATERIALS.

- SI PEUDES, 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.
 - LORS DE TRAVAUX INTERMÉDIAIRES, DES TRASSEMENTS 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 TRASSEMENTS. LES BERGES DOIVENT ÊTRE PROFILÉES APRÈS 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 FLOTABILITÉ / BUOYANCY CONTROL:**
- LE CONTRÔLE DE LA FLOTABILITÉ SERA DÉTERMINÉ À L'INGÉNIEUR DÉTAILLÉE. / BUOYANCY CONTROL WILL BE DETERMINED IN DETAILED ENGINEERING.
- ENVIRONNEMENT / ENVIRONMENTAL:**
- VOIR LES CLAUSES ENVIRONNEMENTALES DÉTAILLÉES À L'INGÉNIEUR DÉTAILLÉE. / SEE DETAILED ENVIRONMENTAL CONDITIONS TO BE DEFINED IN DETAILED ENGINEERING.



SPECIFICATIONS DE L'OLEODUC / PIPELINE SPECIFICATIONS

- CONDUITE / LINE PIPE: 1087mm DIA. EXT. / O.D. (NPS 42) x 12.7mm ÉP./WT. GR. 483, CAT II, MSC CSA 2245.1-14
- TUVAU À PARI ÉPAISSE / HW PIPE: 1087mm DIA. EXT. / O.D. (NPS 42) x 15.9mm ÉP./WT. GR. 483, CAT II, MSC CSA 2245.1-14
- TEMPÉRATURE D'OPÉRATION MAX. / MAX. OPERATING TEMPERATURE: 80°C
- TEMPÉRATURE D'OPÉRATION MIN. / MIN. OPERATING TEMPERATURE: -30°C
- TYPE DE JOINT / TYPE OF JOINT: SOUDÉ / WELDED
- RÉVÈTEMENT CONDUITE / LINE PIPE COATING: SYSTÈME / SYSTEM 1A
- TUVAU À PARI ÉPAISSE / HW PIPE: SYSTÈME / SYSTEM 2B
- MÉTHODE DE TRAVERSEE / CROSSING METHOD: TRANCHEE / TRENCHED
- TEST DE PRESSION MAX. (SISTÈME DE TRAVERSÉ)/MAX. TEST PRESSURE (CROSSING SYSTEM): 11 394 kPa
- PRESSION D'OPÉRATION MAX. / MAX. OPERATING PRESSURE: 8 115 kPa
- PROTECTION CATHODIQUE / CATHODIC PROTECTION: COURANT IMPOSÉ / IMPRESSED CURRENT
- VOLÉME DE PROTECTION CATHODIQUE MAX. / MAX. CATHODIC PROTECTION VOLUME: 1.0 A/100
- PRODUIT TRANSPORTÉ / PRODUCT CARRIED: PÉTROLE BRUT / CRUDE OIL

DESSINS DE RÉFÉRENCE / REFERENCE DRAWINGS

DESSIN / DRAWING No	TITRE / TITLE
4830-03-14-03-25AF	PANNEAU DE SIGNALISATION POUR SÉCURITÉ À HAUTE PRESSION/ HIGH PRESSURE WARNING SIGN
4830-03-14-03-25AF	DÉTAIL TRANCHEE DE TRAVERSÉ DE TROU/TRENCH PIPE TRAVERSION DETAIL
4830-03-14-03-25AF	DÉTAIL TRANCHEE DE TRANCHEE DE TROU/TRENCH DETAIL TO ELUVAIR DETAIL
5700-03-14-03-00F	NOUVEAU TRANCHEE DE TRANCHEE PROTECTION CONTRE L'ÉROSION/ EROSION-RESISTING BANK CROSSING PROTECTION
5700-03-14-03-103.FE	PROFILAGE TEMPORAIRE AVEC BUSE / TEMPORARY FILLAGE CLAY/PIPE CROSSING
5700-03-14-03-111.FE	TRANCHEE DE COURS D'EAU AVEC BUSE / FLUME WATERCOURSE CROSSING
5700-03-14-03-111.FE	TRANCHEE DE COLLÈRE D'EAU PAR PUMPAGE ET POMPAGE / DAM AND PUMP WATERCOURSE CROSSING
4830-03-14-03-015A	RIVIÈRE SAINTE-ANNE - TRANCHEE PAR FORNÉE DIRIGÉE/ALTERNATIVE / HED CROSSING
4830-03-14-03-015B	RIVIÈRE SAINTE-ANNE - TRANCHEE PAR FORNÉE DIRIGÉE/ALTERNATIVE / HED CROSSING

RÉVISION / REVISION

NO	DATE	DESCRIPTION
A	2014-03-31	DATE POUR RÉVISION (INTERNALE) / ISSUES FOR REVIEW (INTERNAL)
B	2014-04-01	DATE POUR RÉVISION (INTERNALE) / ISSUES FOR REVIEW (INTERNAL)
D	2014-04-14	DATE POUR RÉVISION (CLIENT) / ISSUES FOR REVIEW (CLIENT)
E	2014-03-14	DATE POUR RÉVISION DE BASE / ISSUES FOR RED
E	2014-06-08	REVISION POUR INDIQUER DE BASE / REVISIONS FOR RED

APPROBATION / APPROVAL

DESIGNER	CHECKED	APPROVED	DATE
2187940	JL	JL	

APPROBATION BY PROFESSIONAL ENGINEER/PT

PERMIS PAR UN PERMIS/ENG. APPROVAL

DATE

Energy East Pipeline Ltd.

INFORMATION GÉNÉRALE OLEODUC ÉNERGIE EST / ENERGY EAST GENERAL INFORMATION PIPELINE

TRANCHEE EN TRANCHEE / TRENCH CROSSING (ALTERNATIVE) QUÉBEC

4930-03-14-03-020



Annexe D

Information géotechnique

Annexe B – Rivière Sainte-Anne

B1. 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>	
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.			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.	
<u>Classification et dimension des particules (ASTM D2487)</u>			<u>Terminologie</u>	
<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 %			
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.			<u>STRATIGRAPHIE</u>	
<u>Sols pulvérulents</u>			Les symboles suivants sont utilisés, seuls ou associés, pour illustrer la stratigraphie; un X indique qu'il s'agit de matériaux de remblai.	
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.				Argile
				Silt
				Sable
				Roche ignée
				Grès
				Gravier
				Sols organiques
				Calcaire ou dolomie
				Shale ou ardoise
				Roche métamorphique
<u>Compacité</u>			<u>ESSAIS</u>	
Très lâche			N : Essai de pénétration standard	
Lâche			C _u : Résistance au cisaillement	
Compact ou moyenne			C _{ur} : Résistance au cisaillement (remanié)	
Dense			S _t : Sensibilité au remaniement	
Très dense			RQD : Indice de qualité du roc en laboratoire	
			Inj : Injection d'eau sous pression	
			w : Teneur en eau naturelle	
			w _i / 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 µm	
			Oed : Consolidation oedométrique	
			Sed : Sédimentométrie	
<u>Sols cohérents</u>			<u>COLONNE QUADRILLÉE</u>	
Pour les sols cohérents (silt argileux à argile), la consistance du sol est évaluée à partir des essais de résistance au cisaillement (C _u) ou, à défaut, de l'indice « N ». La sensibilité au remaniement (S _t) est définie par le rapport de la résistance au cisaillement du matériau intact (C _u) sur celle du matériau remanié (C _{ur}).			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.	
<u>Consistance</u>	<u>Résistance (C_u, 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 (S_t)</u>		<u>C_u / C_{ur}</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 (w_L)</u>	<u>Indice de plasticité (I_p)</u>		
Faible	< 30	< 10 %		
Moyenne	30 à 50	10 % à 25 %		
Élevée	> 50	> 25 %		



RAPPORT DE FORAGE

Forage N° : QEEP-032
Dossier : PLUS-00026280-045500

Projet : Oléoduc Énergie Est - Exploration géotechnique
Traverses de rivières majeures
Endroit : Rivière Sainte-Anne
Foreur : Forages S.L.
Date du forage : 2014-02-08

Compilé par : M. Létourneau
Technicien : M. Boisvert
Approuvé par : V. Boivin
Date du rapport : 2014-03-05

Coordonnées géographiques
Latitude : 46.5806°
Longitude : -72.2257°

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			Strat.	Échantillons				Odeur		Essais		Graphique						
	pi	Élév. Prof.	Description		Eau	État	Type - No	Réc. %	N / RQD	FABLE	MOYENNE	FORTE	Essais	Cu Cur Nc	20	40	60	80	100
		0.00	Niveau actuel du sol																
		19.40	Sable beige, traces à un peu de silt. Compacité lâche.																
1																			
5																			
2																			
		16.66	Silt argileux et sableux brun.																
10		2.74	Argile silteuse, traces de sable.																
		16.53																	
		2.87																	
4																			
15																			
5																			
20																			
6																			
7																			
25																			
8												AG, Sed							
30																			
9																			
35																			
11																			

Remarques :

NOTE : CE RAPPORT DE FORAGE EST UNE REPRÉSENTATION DES CONDITIONS DE SOLS ET D'EAU SOUTERRAINE, INTERPRÉTÉE SELON LA PRATIQUE COURANTE, ET NE S'APPLIQUE QU'À L'EMPLACEMENT DE CE SONDAGE ET AU MOMENT DE SON EXÉCUTION. CE RAPPORT DOIT ÊTRE LU AVEC LE TEXTE QUI L'ACCOMPAGNE. CE RAPPORT NE DOIT PAS ÊTRE REPRODUIT, SINON EN ENTIER, SANS L'AUTORISATION ÉCRITE DU LABORATOIRE.



RAPPORT DE FORAGE

Forage N° : QEEP-032
Dossier : PLUS-00026280-045500

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			
12			Horizons sableux vers 12,0 et 12,3 mètres de profondeur.				CF-8	100	1													
40																						
13									TM-9	100												
45																						
14			Devient sableuse vers 16,5 mètres de profondeur. Sable silteux gris à sable et silt. Compacité moyenne.				CF-10	29	1													
50																						
15									CF-11	67	1											
16		2.74																				
55		16.66					CF-12	67	27													
17			Argile silteuse grise. Présence de matières organiques par endroits. Plasticité moyenne.				CF-13	100	12													
18																						
60							CF-14	83	1													
19																						
65		-0.39					CF-15	25	1													
20		19.79																				
70							CF-16	100	1													
21																						
75							CF-17	100	1													
22																						
80																						
23																						
24																						
85																						
25																						
26																						

Ip = 16,3%
IL = 1,59





RAPPORT DE FORAGE

Forage N° : QEEP-032
Dossier : PLUS-00026280-045500

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	
	27																			
	90						CF-18	50	1											
	28																			
	95						CF-19	100	1											
	29																			
	30																			
	100																			
	31																			
	105	-12.43	Deviend sableuse vers 31,7 mètres de profondeur.																	
	32	31.83	Sable et silt graveleux gris (till). Présence probable de blocs et de cailloux. Compacité dense, devenant très dense vers 34,8 mètres de profondeur.				CF-20	50	42											
	33																			
	110																			
	34																			
	115		Présence de schiste à 34,8 mètres de profondeur.																	
	35	-15.97	Fin du forage à 35,4 mètres de profondeur.				CF-21	50	80											
	36	35.37																		
	120																			
	37																			
	125																			
	38																			
	39																			
	130																			
	40																			
	41																			



RAPPORT DE FORAGE

Forage N° : QEEP-034
Dossier : PLUS-00026280-045500

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	
12																				
40							CF-8	100												
13																				
45							TM-9	100												
14																				
15							CF-10	100	1											
50																				
16																				
55		-7.91 16.41	Sable silteux et graveleux gris (till). Présence probable de blocs et de cailloux.				CF-11	42	5				AG							8.5
17																				
18			Horizons de sable, traces de silt de 17,9 à 19,4 mètres de profondeur.				CF-12	50	5											
60																				
19																				
65							CF-13	100	R				K=4,1E-08 m/s							
20																				
21		-12.10 20.60	Socle rocheux : Alternance de calcaire fin, gris foncé et de calcaire micritique argileux fossilifère, litage ondulé, minces lits de shale argileux aléatoires.				CR-14	82	52											
70																				
22																				
75							CR-15	100	76											0.02
23																				
24			Entre 24,05 et 24,35 m : Deux lits de calcaire cristallin gris de 8-10 cm.				CR-16	100	94											
80																				
25			Vers 24,85 mètres de profondeur, la texture devient plus nodulaire et lenticulaire.																	
85							CR-17	100	93											0.01
26																				



RAPPORT DE FORAGE

Forage N° : QEEP-034
Dossier : PLUS-00026280-045500

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	
27			De 26,30 à 26,50 m : Lit de calcarénite grise massive (calcaire cristallin).																	
90			À 26,50 m : Continuation des lits lenticulaires (à moutonné) de calcaire gris et calcaire micritique argileux fossilifère.				CR-18	100	89											
28																				
95							CR-19	100	100											
29																				
30			À 29,88 m : Lit de calcarénite de 8 cm dans la séquence de calcaires lenticulaires.				CR-20	100	92											
100																				
31		-22.51 31.01	Fin du forage à 31,0 mètres de profondeur.																	
105																				
32																				
33																				
110																				
34																				
115																				
35																				
36																				
120																				
37																				
125																				
38																				
39																				
130																				
40																				
41																				

B2. Photographies des carottes de roc



Photographies des carottes de roc (sec) : Rivière Sainte-Anne - Forage QEEP-034



Photo 1. Forage QEEP-034: boîtes 1 à 3 / 3 (20,60 m à 31,01 m)

Photographies des carottes de roc (humide) : Rivière Sainte-Anne - Forage QEEP-034



Photo 1. Forage QEEP-034: boîtes 1 à 3 / 3 (20,60 m à 31,01 m)

B3. Résultats d'essais in situ



Tableau B3.1. Synthèse des résultats d'essais de perméabilité dans les sols (rivière Sainte-Anne)

Forage	Profondeur de l'essai (m)	Élévation de l'essai (m)	Perméabilité m/s
QEEP-034	19,0	- 10,5	4,1E-08

Tableau B3.2. Synthèse des résultats d'essais d'eau sous pression en rocher (rivière Sainte-Anne)

Forage	Profondeur de l'essai (m)		Élévation de l'essai (m)		RQD (%)	Absorption ¹	
	Haut	Bas	Haut	Bas		(l/min-m)	(Lugeon) ²
QEEP-034	20,72	25,3	-12,22	-16,8	52 à 94	0,0	0
	25,3	27,88	-16,8	-19,38	89 à 93	0,0	0
	29,87	31,01	-21,37	-22,51	92 à 100	Non-concluant	

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.

B4. Résultats d'essais en laboratoire



**Tableau B4.1. Synthèse des résultats d'essais de compression sur carottes de roc
(rivière Saint-Anne)**

Forage	Profondeur de l'échantillon (m)		Élévation de l'échantillon (m)		Masse volumique (kg/m ³)	Résistance en compression (MPa)
	Haut	Bas	Haut	Bas		
QEEP-034	30,60	30,74	-22,10	-22,24	2 649	72,7



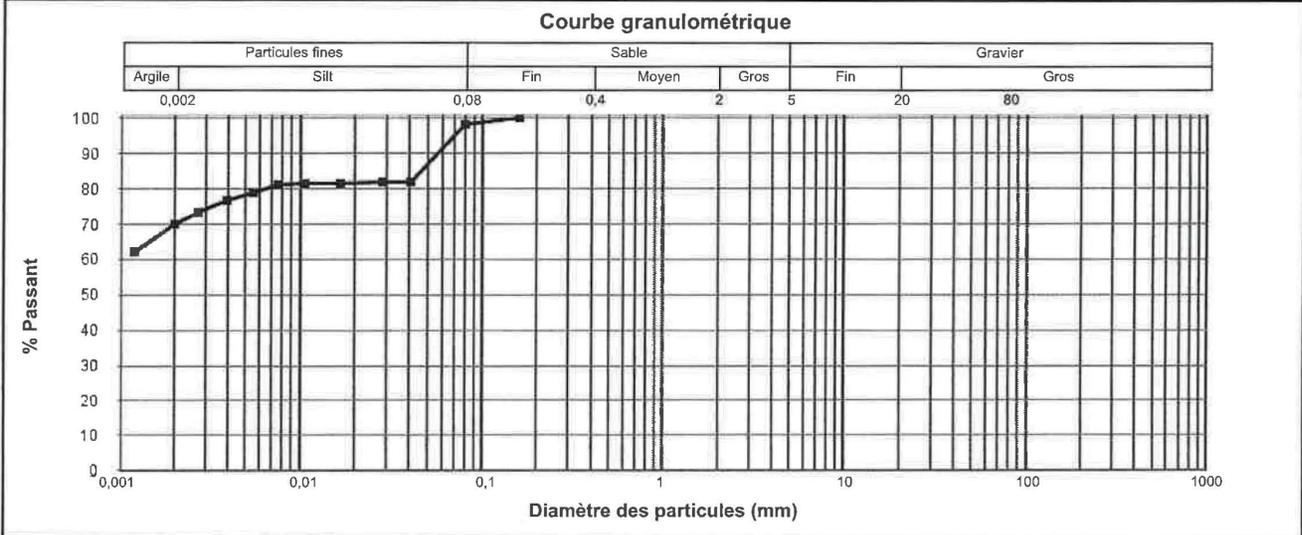
2555, rue Saint-Pierre
 Drummondville (QC) J2C 7Y2
 Téléphone: 819-477-3775
 www.exp.com

**ESSAIS SUR SOLS
 FORAGE ET SONDAGE**

Certifié ISO 9001:2008

Client : Johnston-Vermette	Dossier n° : PLUS-26280-045500
Projet : Oléoduc Énergie Est	Échantillon n° : DR-3480
	Réf. client :

Sondage n° : QEEP-032	Prélevé le : 2014-02-08 par EXP
Échantillon : CF-5	Reçu le : 2014-02-17
Profondeur : 7,3 à 7,9 m	Localisation : Rivière Ste-Anne



Analyse granulométrique LC 21-040				Description
Tamis (mm)	Tamisat %passant mesuré	Tamis (mm)	Tamisat %passant mesuré	
112		0,0404	81,7	D ₁₀ :
80		0,0286	81,7	D ₃₀ :
56		0,0165	81,6	D ₆₀ :
40		0,0105	81,4	Coefficient d'uniformité (Cu) :
31,5		0,0075	81,2	Coefficient de courbure (Cc) :
20		0,0055	78,9	Gravier: 0 %
14		0,0039	76,5	Sable: 2 %
10		0,0027	73,2	Silt: 28 %
5		0,0020	69,8	Argile: 70 %
2,5		0,0012	62,1	Description : Argile silteux, traces de sable
1,25				Classification unifiée :
0,630				
0,315				
0,160	100			Teneur en eau LC 21-201 58,8%
0,080	98,1			

Remarques :

Vérifié par : Simon Tessier
 Simon Tessier
 Technicien, coordonnateur

Approuvé par : Michelle Létourneau Date : 2014-02-21
 Michelle Létourneau, ing., M.Sc.A.



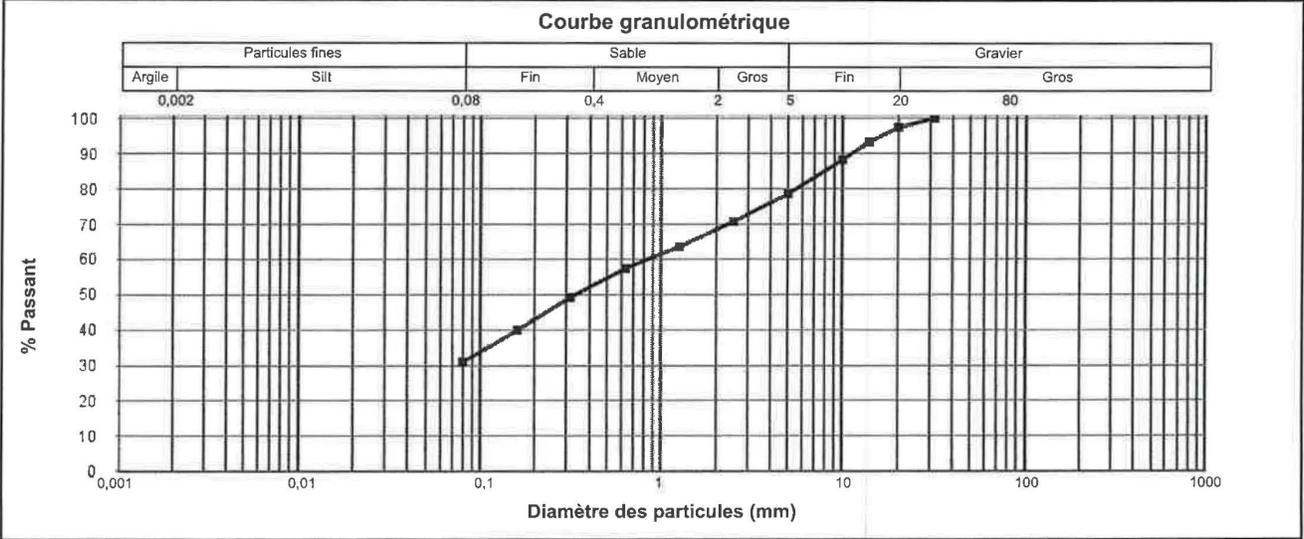
2555, rue Saint-Pierre
 Drummondville (QC) J2C 7Y2
 Téléphone: 819-477-3775
www.exp.com

**ESSAIS SUR SOLS
 FORAGE ET SONDAGE**

Certifié: ISO 9001:2008

Client :	Johnston-Vermette	Dossier n° :	PLUS-26280-045500
Projet :	Oléoduc Énergie Est	Échantillon n° :	DR-3500
		Réf. client :	

Sondage n° :	QEEP-034	Prélevé le :	2014-02-11 par EXP
Échantillon :	CF-11	Reçu le :	2014-02-24
Profondeur :	16,4 à 17,0 mètres	Localisation :	Rivière Ste-Anne



Analyse granulométrique LC 21-040		Description	Autres essais	
Tamis (mm)	Tamisat %passant mesuré		Teneur en eau	LC 21-201 8,5%
112		D ₁₀ :		
80		D ₃₀ :		
56		D ₆₀ :	0,894 mm	
40		Coefficient d'uniformité (Cu) :		
31,5	100	Coefficient de courbure (Cc) :		
20	97	Gravier:	22 %	
14	93	Sable:	47 %	
10	88	Silt et argile:	31 %	
5	78	Description : Sable silteux graveleux		
2,5	71	Classification unifiée : SM		
1,25	64			
0,630	57			
0,315	49			
0,160	40			
0,080	30,8			

Remarques :

Vérifié par : *Genevieve Boisclair*
 Genevieve Boisclair
 Auxiliaire technique

Approuvé par : *Michelle Létourneau* Date : 2014-02-28
 Michelle Létourneau, ing., M.Sc.A.

Annexe 4-44

Étude de faisabilité préliminaire par FDH – Tronçon du Québec – Rivière Jacques Cartier



**TransCanada
Projet Oléoduc Énergie Est
Étude de faisabilité préliminaire de
traverse par FDH
Québec : Rivière Jacques-Cartier**

Préparé par :

ENGINEERING TECHNOLOGY INC.

#24, 12110 - 40 Street SE
Calgary, AB T2Z 4K6

Numéro de projet :

543

Date :

9 juin 2014



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 émis;
- doivent être lus comme un tout et les sections ne devraient pas être considérées 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 géographiquement ou en fonction du temps.

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

- comme convenu par le Consultant et le Client;
- comme l'exige la loi;
- pour l'usage des agences d'examen 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.



Liste de diffusion

Nombre de copies papier	PDF requis	Nom de la compagnie / association
	1	Johnston-Vermette

Journal de révision

Révision n°	Révisé par	Date	Description de la version / révision
A	BS	16 avril 2014	Émis pour commentaires du client
B	BS	30 avril 2014	Émis pour commentaires du client
C	BS	2 mai 2014	Émis pour commentaires
0	BS	9 juin 2014	Émis pour ingénierie de base

Signatures Entec Inc.

Rapport préparé par :

Bruce Skibsted, ing. jr
Directeur de projets, installations sans tranchée

Rapport révisé par :

Dale Larison, ing.
V.-P. Ingénierie



1. Introduction

Engineering Technology Inc. (Entec) a évalué un projet de traverse par forage dirigé horizontal (FDH) de la rivière Jacques-Cartier 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 « Exp. Geotechnical ». Les considérations de conception et de faisabilité sont discutées dans ce rapport.

2. Caractéristiques de l'emplacement

2.1 Topographie

La traverse est parallèle à l'autoroute Félix-Leclerc et juste au nord de celle-ci, à 1 km au nord de Donnacona. À cet emplacement, la rivière mesure approximativement 130 mètres de largeur. Une rive abrupte du côté est de la rivière provoque un gain d'élévation d'environ 34 m entre le côté ouest (entrée) et le côté est (sortie). Le sol autour du point d'entrée est principalement de niveau jusqu'à 20 m derrière, où il y a une colline de 5 m. Le sol du côté de la sortie est principalement plat.

2.2 Conditions souterraines

L'étude géotechnique menée à l'emplacement de cette traverse compte quatre trous de forage. La stratigraphie est présentée dans les tableaux ci-dessous. Le rapport géotechnique final est fourni à l'annexe D.

Tableau 1. Trou de forage QEEP-038

Mètres sous la surface du sol (msss)	Description du sous-sol
0	
	Sable , un peu de limon
1,2	
	Sable limoneux , trace de gravier
9,0	
	Till
9,2	
	Schiste limoneux , stratifications de schiste argileux, stratifications de grès, zone fracturée de 14,6 à 15,1 msss.
35,2	

Tableau 2. Trou de forage QEEP-039

Mètres sous la surface du sol (msss)	Description du sous-sol
0	
	Remblai probable , limon sablonneux, un peu de gravier, trace d'argile.
6,6	
	Sable et gravier , un peu de limon (till)
8,7	
	Sable et gravier , avec fragments de roc sablonneux et schisteux, cailloux et galets (till)



12,0	
	Schiste , laminations de grès et de siltite, fracturé
19,0	
	Grès dolomitique , interstratifications de schiste
35,9	
	Schiste , limoneux et argileux, stratifications de siltite et de grès, quelques zones fracturées
54,7	
	Dolomie , argileuse à limoneuse, fissures remplies de calcite, schiste interstratifié
60,1	
	Schiste
60,6	

Tableau 3. Trou de forage QEEP-040

Mètres sous la surface du sol (msss)	Description du sous-sol
0	
	Remblai probable , limon sablonneux, un peu de gravier, trace d'argile, présence de galets de 6,1 à 6,7 msss
7,6	
	Sable et gravier , un peu de limon (till), présence de galets
12,2	
	Sous-sol rocheux , alternance de stratifications de schiste argileux ou limoneux avec siltite et grès, différences de dureté, quelques zones fracturées
30,6	

Tableau 4. Trou de forage QEEP-064

Mètres sous la surface du sol (msss)	Description du sous-sol
0	
	Sable limoneux , un peu de gravier, trace d'argile, présence de galets
4,0	
	Limon , trace de sable
9,6	
	Sable limoneux , trace de gravier, trace d'argile
13,6	
	Sable limoneux , un peu de gravier (till), blocs et galets probablement présents
16,6	
	Galets et possiblement blocs de pierre , gneiss et grès dans un matrice de sable et de limon (till)
17,4	
	Sous-sol rocheux , alternance de minces couches de schiste argileux à limoneux, avec dolomie sablonneuse, siltite et grès dolomitique. Duretés variables
30,1	



3. Considérations sur la conception des FDH

3.1 Contraintes exercées sur la canalisation

Les conditions d'exploitation de l'oléoduc 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 FDH pour cette traverse sont cependant basés sur la PME spécifique de cet emplacement, qui est de 8 942 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 canalisation sera soumise à des températures comprises entre 5 et 60°C. Une pression d'essai de 1 1178 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 20,2 mm, avec l'utilisation d'un acier de grade 550 MPa. Un rayon de courbure minimum admissible pour l'installation de la canalisation a été déterminé sur la base de la contrainte maximale admissible combinant les effets de pression, de température et de cintrage.

Tableau 5. 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)	20,2	mm
Grade/Limite élastique minimale spécifiée (LEMS)	550	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	8 942	kPa
Pression d'essai (PE)	11 178	kPa
Rayon minimal	530	m
Rayon de conception	1200	m

Puisqu'un forage dirigé horizontal utilise une section de tuyau préassemblée tirée dans un trou de forage courbé, la technique FDH 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 FDH 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 mètres a été déterminé en fonction des déviations de guidage enregistrées lors de projets précédents de FDH 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 FDH pratiques. La contrainte maximale attendue pendant l'exploitation correspond à environ 92,77 % 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 à 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 des canalisations sera effectuée lors de la conception détaillée.



La limite du rayon minimal spécifiée ne doit pas être dépassée, car les contraintes d'exploitation de la tuyauterie pourraient excéder les limites du matériau, provoquant la rupture de l'oléoduc. Toutes les déviations mesurées dans la géométrie du trou de forage pendant la construction et qui excèdent cette limite devraient être immédiatement corrigées.

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 le forage dirigé horizontal. Les mesures d'inclinaison à la verticale du trou de forage et de la direction (azimut) sont généralement prises au minimum tous les 10 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 dirigés horizontaux.

3.2 Géométrie

Selon les informations de spécifications de l'oléoduc, de la géométrie spécifique à l'emplacement et l'information géotechnique, un forage dirigé horizontal 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. Les angles d'entrée et de sortie ont été conçus à 12° afin d'équilibrer la profondeur de recouvrement avec la longueur de la gaine de forage et de minimiser la quantité de levage de canalisation requise au point de sortie. Il en résulte une trajectoire de forage de 874 m de long et une profondeur de recouvrement minimale sous la rivière Jacques-Cartier de 20,0 m. Reportez-vous au dessin de conception préliminaire de l'annexe B pour la géométrie détaillée du chemin de forage.

3.3 Gaine de forage

Du till profond, contenant des matériaux granulaires, a été révélé par les trous de forage QEEP-38, QEEP-39, QEEP-40 et QEEP-64. Pour atténuer les effets négatifs, les matériaux faibles ou non consolidés sont généralement isolés du trou de forage 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 sous-sol rocheux. La présence probable de galets et de blocs à l'intérieur du till pourrait nécessiter l'installation d'une gaine de forage mesurant de 60 à 90 m de long. La taille minimale nécessaire de la gaine est de 1 676 mm (66 po) (dia. ext.) pour permettre le passage du trépan aléuseur final de 1 372 mm (54 po). 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 sous-sol rocheux, méthode dans laquelle une section de grande largeur est d'abord installée jusqu'à une profondeur maximale, avant d'être 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 fond rocheux. Pour des gaines mesurant jusqu'à 75 m, 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 complétée avec une gaine de 1676 mm (66 po) (dia. ext.) installée jusqu'au sous-sol rocheux. Si des gaines de forage sont requises des deux côtés de la traverse, un forage d'intersection pourrait être nécessaire. Les forages d'intersection sont communs pour les grandes traverses et ont un taux de réussite élevé, mais ils entraînent 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 FDH. Plusieurs traverses par FDH 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 302 046 lb. En raison du diamètre du trou de forage 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 FDH 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 de forage

Le trou de forage pour une traverse par FDH 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 de diamètre ou moins et 0,3 m de plus que le diamètre de la canalisation pour les tuyaux de plus de 0,61 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. Ultiment, l'entrepreneur en FDH sera responsable de l'évaluation des conditions de forage et de la condition du trou de forage 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 Soulèvement de la canalisation et rupture

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 mètres sera requise pour 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 être tirée à un angle égal à celui du trou de forage. Pour cela, la section principale devra être soulevée sous forme de courbe à l'aide de tracteurs à flèche latérale 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, hauteur et espacement) 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 FDH, risques associés et mesures d'atténuation

4.1 Perte de contrôle du guidage

Les formations de sol meuble ou des changements majeurs dans les propriétés des formations peuvent engendrer des problèmes de guidage. Ces problèmes surviennent lorsque la formation n'offre pas assez de résistance au trépan pour lui permettre d'effectuer un changement de direction. À l'intersection de formations plus dures, comme le sous-sol rocheux, 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. Ces conditions existent dans les couches interstratifiées de siltite et de grès identifiées dans le sous-sol de schiste du trou de forage QEEP-039, des galets ou des blocs dans le till des trous de forage QEEP-040 et QEEP-064, et dans l'interface entre le terrain de couverture et le sous-sol rocheux dans tous les trous de forage. Si des déviations dépassant les tolérances sont mesurées, une petite portion du trou de forage est habituellement forée à nouveau pour permettre d'effectuer des réglages à la trajectoire du trou de forage. Dans les cas extrêmes, il peut être 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 aléateur et plusieurs configurations d'angle de cintrage soient nécessaires pour compléter le trou pilote dans le respect des tolérances.

4.2 Perte de circulation et fuites de fluide

Le risque de perte de fluide est à son niveau le plus élevé lors du forage du trou pilote, alors que la petite taille du trou de forage entraîne une pression circulatoire plus élevée et que les déblais peuvent plus facilement boucher le trou. Le fluide peut se propager dans des failles du sous-sol rocheux, des matériaux meubles déplacés ou le vide entre les matériaux non consolidés. Un sous-sol rocheux fracturé a été mis à jour dans les trous de forage QEEP-038 et QEEP-040. Des matériaux non consolidés, comme du limon, du sable et du gravier ont été identifiés dans les trous de forage. 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 de forage 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 perte par fracturation (frac-out). L'entrepreneur en FDH 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 FDH.

4.3 Instabilité du trou de forage

Pour diminuer les risques d'effondrement du trou de forage en sol faible ou non consolidé, la circulation d'équipements au-dessus de la trajectoire de forage devrait être limitée le plus possible. Ceci vaut surtout pour la région directement au-dessus de l'extrémité de toute gaine. Utiliser un fluide de forage aux propriétés adéquates réduit les chances d'effondrement du trou de forage. 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. Les endroits pouvant contenir du sable, du gravier ou des galets peuvent aussi s'avérer problématiques. L'effondrement d'un trou de forage peut aussi coincer l'équipement et en causer la perte ainsi que l'abandon du trou.

4.4 Infiltration d'eau

En cas d'écoulement artésien important, 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 et le FDH pourraient être cimentés et abandonnés. L'infiltration d'eau augmente l'instabilité du trou de forage et ses risques associés.



4.5 Dommages au revêtement ou à la canalisation

Pendant le tirage du tuyau, des déformations ou des objets comme des galets et des blocs, ou des morceaux du sous-sol rocheux fissuré, comme on en retrouve dans cet emplacement, peuvent causer des dommages au revêtement de la canalisation. Un travail soigné doit être accompli pour s'assurer que le trou de forage 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

Le gonflement de matériaux comme l'argile et le schiste, qui sont tous deux présents à l'emplacement de cette traverse, peut rétrécir le diamètre du trou de forage et mener à des problèmes de nettoyage du trou ainsi qu'au coincement de la canalisation pendant la procédure de tirage. Les problèmes de gonflement deviendront de plus en plus sévères au fur et à mesure que le trou de forage sera exposé au fluide de forage et que les matériaux y seront exposés. Puisque cette canalisation nécessitera un trou très large et plusieurs alésages, on peut s'attendre à ce que le gonflement potentiel de la géologie devienne réalité. Des additifs pour fluide de forage peuvent être utilisés pour contrôler le gonflement de l'argile, si celui-ci devient problématique. 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. 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. Du sable, du limon ou du gravier qui se détachent de la paroi sont aussi des causes de coincement de la canalisation. 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 déplacement 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 à la sortie de la gaine de forage, les transitions du sous-sol rocheux au terrain de couverture, ou les zones où l'on trouve des galets et des blocs de pierre. La cause la plus commune de canalisation coincée est le contact entre l'aléteur 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. 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 aléteur se coincé à l'extrémité de la gaine de forage, l'entrepreneur peut tenter de faire tourner l'aléteur dans la gaine ou de retirer la gaine en conjonction avec le tirage de la canalisation. Exercer une force trop grande sur un trépan aléteur coincé peut mener au bris de la canalisation de forage.

4.7 Usure et défaillance des outils de forage

Les outils de FDH à 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. Une attention particulière doit être portée dans les trous de forage de grande taille et dans les formations meubles 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 de la formation tandis que l'appareil de forage 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.



Une autre considération majeure pour la faisabilité de ce projet est la durée du forage. Le sous-sol rocheux dur composé de schiste que l'on s'attend à rencontrer dans la majeure partie du forage fournira probablement une bonne stabilité au trou de forage et permettra un nettoyage efficace des déblais. Cependant, la dureté de ce sous-sol rocheux pourrait contribuer à l'usure de l'outillage de forage dans les zones plus dures, ce qui aura un impact sur les coûts et les échéanciers globaux, en raison du temps passé à effectuer des opérations de va-et-vient pour remplacer les trépan et aléseurs, en plus des taux de progression généralement bas pour la durée principale du forage. Un choix d'outillage judicieux et adapté à la géologie sera essentiel de la part de l'entrepreneur pour que l'ensemble du projet se fasse dans un échéancier minimal.

4.8 Risques environnementaux

Le risque environnemental principal d'un FDH 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 FDH doit être abandonné pour prévenir des dommages environnementaux plus importants.

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

Les machines de FDH 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 sur place à l'aide de trousse antidéversements disponibles. 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 des ruissellements de surface aide à atténuer et à contrôler ce risque.

Les opérations de forage dirigé horizontal 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. Le dessin de conception préliminaire pour la méthode alternative de traverse en tranchée est inclus à l'annexe C.

5. Conclusion

Selon l'information dont Entec disposait au moment de la rédaction de ce rapport, la traverse par FDH proposée de la rivière Jacques-Cartier est considérée techniquement faisable. Les contraintes auxquelles seront assujetties les canalisations ont été examinées par Entec et le rayon de conception de 1200 m a été confirmé. Les risques attendus comprennent l'installation d'une gaine de forage profonde, la perte de fluide de forage et les pertes par fracturation. Un rapport de faisabilité final et un dessin de conception final seront émis dans la phase d'ingénierie détaillée.

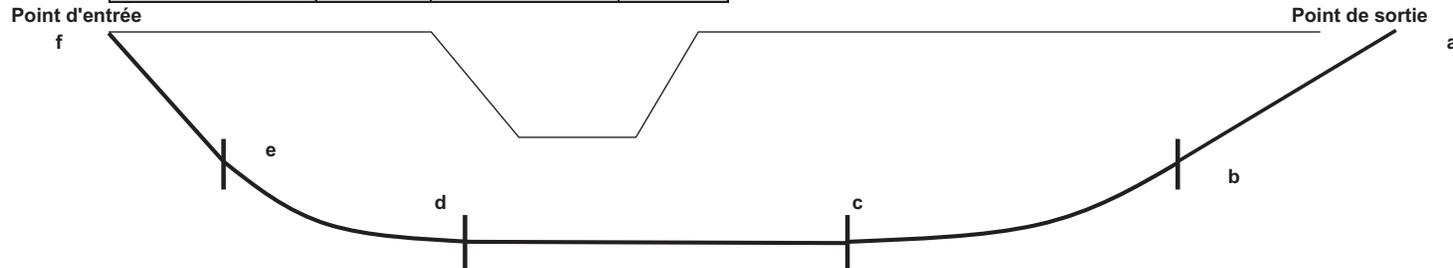


Annexe A

Sommaire des calculs

543-ENG-105
RIVIÈRE JACQUES-CARTIER

Données de conception		Données du tuyau		Données de procédé		Critères de contrainte			
Longueur forée (m)	789,2	Dia ext. Tuyau (mm)	1067,0	PME (kPa)*	8942	Contrainte de cisaillement admissible			
Longueur horizontale (m)	779,2	Épais. Nominale (mm)	20,2	Pr. essai (kPa)	11178	Exigences du client		Exigences CSA	
Rayon minimum (m)	530	Tolér. Corrosion (mm)	0	Cat.	II	PE (MPa)	275,0	PE (MPa)	275,0
Rayon de conception (m)	1200	Tolér. Épaisseur (%)	0	T2 (°C)	60	Essai (MPa)	302,5	Essai (MPa)	302,5
Angle d'entrée (° Bas)	12	Épaisseur d'essai (mm)	20,2	T1 (°C)	5				
Angle de sortie (° Haut)	12	Grade (MPa)	550						



Lieu	Construction					Contrainte d'essai (après tirage)			Post-assèchement pré-exploi. (PAPE)			Contrainte d'exploitation		
	Charge		Contra. 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	135 204	603 590	1313	9,05	3,29	30 096	207,5	68,60	15110	104,2	34,44	37 004	255,1	92,77
Point B	157 478	703 028	15461	106,60	38,76	30 510	210,4	69,54	15310	105,6	34,90	36 804	253,8	92,27
Point C	202 599	904 461	15743	108,54	39,47	30 448	209,9	69,40	15717	108,4	35,82	36 397	250,9	91,25
Point D	202 600	904 462	15743	108,54	39,47	30 448	209,9	69,40	15717	108,4	35,82	36 397	250,9	91,25
Point E	276 642	1 235 008	16040	110,59	40,22	30 510	210,4	69,54	15310	105,6	34,90	36 804	253,8	92,27
Point F	302 046	1 348 420	16133	111,23	40,45	30 540	210,6	69,61	15110	104,2	34,44	37 004	255,1	92,77

Lieu	Défor. Circonférentielle		Capacité de moment		
	Construction	PAPE	Construction	PAPE	Test
Point A					
Point B	OK	OK	OK	OK	OK
Point C	OK	OK			
Point D	OK	OK	OK	OK	OK
Point E	OK	OK			

Norme 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

Norme CSA Z662-11 (essai)	
4.7.1	OK
4.7.2.1	OK
11.8.4.4<11.8.4.5	OK

REV.	DATE	DESCRIPTION	SCEAU/ÉTAMPE
A	11-avr-14	Conception préliminaire	
B	07-mai-14	Émis pour commentaires	
0	30-mai-14	Émis pour ingénierie de base	



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



Property of Engineering Technology Inc. (ETI)
Not to be copied, transmitted or redistributed
Without written consent of ETI.

Permis d'ingénierie de l'APEGA No. P8649

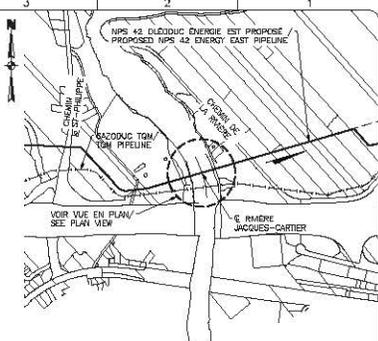
Note:*La pression maximale d'exploitation (PME) du projet est de 8450 kPa, survenant aux sorties des stations de pompage. Les calculs de FDH pour cette traverse, toutefois, sont basés sur la PME spécifique du site, déterminée par la différence d'élévation entre la station de pompage en amont et le point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



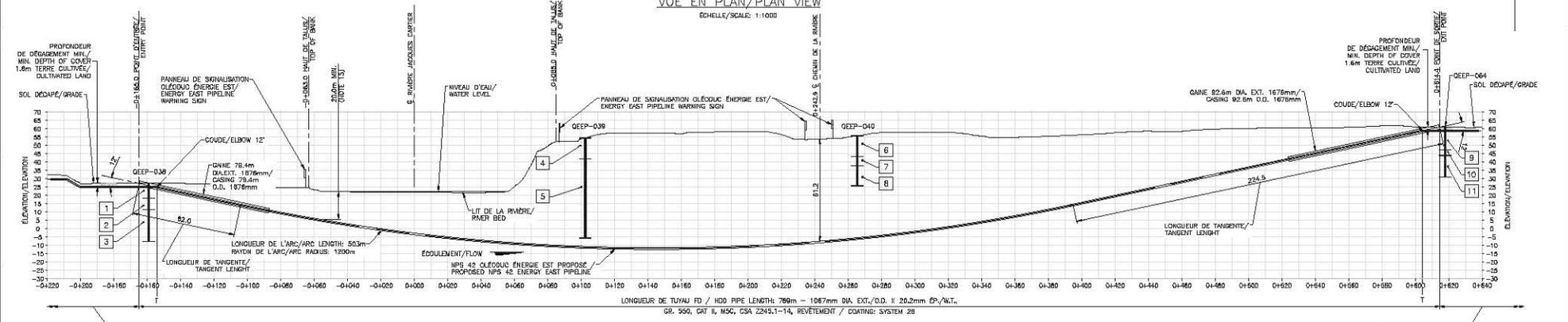
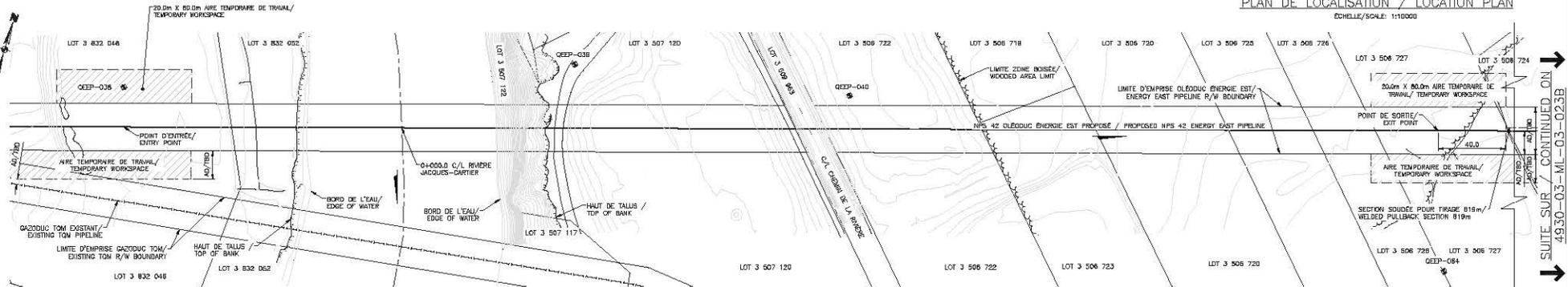
Annexe B

Dessin de conception

RAPPORT DE FORAGE / BOREHOLE LOG		
No. FORAGE / BOREHOLE No.	REPERE / TAG	DESCRIPTION
GEEP-038	1	SHALE SILTEUX/SILTY SAND
	2	SHALE SILTEUX FRACTURE / FRACTURED SILTY SHALE
	3	SHALE SILTEUX BONNE QUALITE / SILTY SHALE, GOOD QUALITY
GEEP-038	4	SILT SABLEUX GRAVELEUX / SILTY SAND, GOOD QUALITY
	5	SHALE SILTEUX BONNE QUALITE, PACKER EXCELLENT / SILTY SHALE GOOD QUALITY, EXCELLENT PACKER
GEEP-040	7	SHALE FRACTURE / FRACTURED SHALE
	8	SHALE DE BONNE QUALITE, PACKER EXCELLENT A MOYEN ENTRE 23 ET 27m / SHALE, GOOD QUALITY EXCELLENT TO AVERAGE PACKER BETWEEN 23 AND 27m
GEEP-084	9	SABLE SILTEUX, TRONC DE CRAVIER / SILTY SAND, GRAVEL TRACES
	10	SABLE SILTEUX, BLOCS ET CAILLONS / SILTY SAND, BLOCKS AND BOULDERS
GEEP-084	11	SHALE ARGILEUX, PACKER MOYEN A BON / CLAYEY SILT, GOOD TO AVERAGE PACKER



VILLE DE/CITY OF DONNACONA
 LAT. 46° 41' 18.40" LONG. -71° 41' 23.60"
 AL/AT & RIVIERE JACQUES-CARTIER
 ECHELLE/SCALE: 1:10000



DESSIN/DRAWING NO	TITRE/TITLE
4930-03-ML-03-023F	PROFONDEUR DE DEGAGEMENT MIN./ MIN. DEPTH OF COVER 1.6m TERRE CULTIVEE/ CULTIVATED LAND
4930-03-ML-03-023F	PROFONDEUR DE DEGAGEMENT MIN./ MIN. DEPTH OF COVER 1.6m TERRE CULTIVEE/ CULTIVATED LAND
4930-03-ML-03-023F	PROFONDEUR DE DEGAGEMENT MIN./ MIN. DEPTH OF COVER 1.6m TERRE CULTIVEE/ CULTIVATED LAND
4930-03-ML-03-023F	PROFONDEUR DE DEGAGEMENT MIN./ MIN. DEPTH OF COVER 1.6m TERRE CULTIVEE/ CULTIVATED LAND
4930-03-ML-03-023F	PROFONDEUR DE DEGAGEMENT MIN./ MIN. DEPTH OF COVER 1.6m TERRE CULTIVEE/ CULTIVATED LAND

REV / REV	DATE	DESCRIPTION
A	2014-03-31	ONS POUR REVISION (INTERNE A) / ISSUED FOR REVISION (INTERNAL A)
B	2014-04-04	ONS POUR REVISION (INTERNE SOUTENUE) / ISSUED FOR REVISION (INTERNAL SUPPORTED)
C	2014-04-14	ONS POUR REVISION (CLAUDE) / ISSUED FOR REVISION (CLAUDE)
D	2014-05-14	ONS POUR REVISION DE BASE / ISSUED FOR FEED
E	2014-08-09	REVISION POUR REVISION DE BASE / REVISION FOR FEED

APPROBATION / APPROVAL	
DESIGNER	CHECKED
JHL	JS

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

Energy East Pipeline Ltd.
 INFORMATION GENERALE CLÉODUC ENERGIE EST / ENERGY EAST GENERAL INFORMATION PIPELINE
 TRAVERSE PAR FORAGE DIRECTIONNEL/HDD CROSSING QUÉBEC
 RIVIERE JACQUES-CARTIER
 4930-03-ML-03-023A

NOTES / REMARQUES:
APPRENTISSAGE / SURVEILLANCE:
 1. TOUTES LES MESURES SONT EN METRES SAUF INDICATION CONTRAIRE / ALL MEASUREMENTS ARE IN METERS UNLESS OTHERWISE SPECIFIED.
 2. TOUS LES CHANGEMENTS SONT HORIZONTALS SAUF INDICATION CONTRAIRE / ALL CHANGES ARE HORIZONTAL UNLESS OTHERWISE SPECIFIED.

GÉNÉRAL / GENERAL:
 3. LA TRANCHE DOIT ÊTRE CONSTRUITE ET CROUÉE EN RESPECTANT AU MINIMUM TOUTS 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.
 4. LA CONSTRUCTION DE LA CONDUITE ET LE PROGRAMME D'ESSAIS DE PRESSION HYDROSTATIQUE DOIVENT ÊTRE CONFORMES À LA NORME CSA 2852-11. AUX SPÉCIFICATIONS DE CONSTRUCTION TES-PROU-PCS ET TES-PROU-HDD DE TRANSCANADA ET AUX EXIGENCES DU PERMIS DE TRAVAIL. / PIPELINE CONSTRUCTION AND HYDROSTATIC TESTING PROGRAM SHALL COMPLY WITH CSA 2852-11 STANDARD AND TRANSCANADA CONSTRUCTION SPECIFICATIONS TES-PROU-PCS/TES-PROU-HDD AND MEET REQUIREMENTS IN THE CROSSING AGREEMENTS.

ALIGNEMENT DE LA CONDUITE ET INSTALLATION / PIPE ALIGNMENT AND INSTALLATION:
 5. L'ENTREPRENEUR DU FORAGE DIRIGÉ DOIT VÉRIFIER LA PROFONDEUR ET L'EMPLACEMENT DES INSTALLATIONS SOUTERRAINES EXISTANTES AVANT LA CONSTRUCTION. / THE HDD CONTRACTOR SHALL VERIFY APPROVED ENTRY/EXIT LOCATIONS AND DRILLING DIRECTION BASED ON THE SITE CONDITIONS DURING CONSTRUCTION.
 6. LES ALIGNEMENTS DE LA CONDUITE, TELS QU'INDIQUÉS SUR LE PLAN ET PROFIL, INDIQUENT LES EXIGENCES MINIMALES REQUISES POUR L'ÉLECTRICITÉ ÉNERGIE EST. L'ENTREPRENEUR PEUT À SA DISCRETION ET À SES FRAIS, PROPOSER UN PROFIL ALTERNATIF AU MOMENT DE LA SOUSCRIPTION. LES PROPOSITIONS ALTERNATIVES DOIVENT ÊTRE APPROUVÉES PAR TRANSCANADA ET LES AUTORITÉS DE RÈGLEMENTATION 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.
 7. EN AUCUN CAS LA CONDUITE NE PEUT ÊTRE INSTALLÉE À L'EXTÉRIEUR DE L'EMBRÈSSE D'ÉLECTRICITÉ ÉNERGIE EST / UNDER NO CIRCUMSTANCES SHALL THE PIPELINE BE INSTALLED OUTSIDE OF THE ENERGY EAST R.O.W.
 8. LA CONDUITE DOIT ÊTRE MISE EN PLACE SUR LE SOL NATUREL NON-BÉANÉ AVEC LA PROTECTION APPROPRIÉE. LES PENTES LATÉRALES D'EXCAVATION TEMPORAIRE DEVONT RESPECTER LA SPÉCIFICATION DE CONSTRUCTION TES-PROU-PCS DE TRANSCANADA. / PIPELINE SHALL BE PLACED ON NATURAL UNDISTURBED SOIL WITH APPROPRIATE PROTECTION. TEMPORARY SIDE SLOPES SHALL MEET TRANSCANADA CONSTRUCTION SPECIFICATION TES-PROU-PCS.

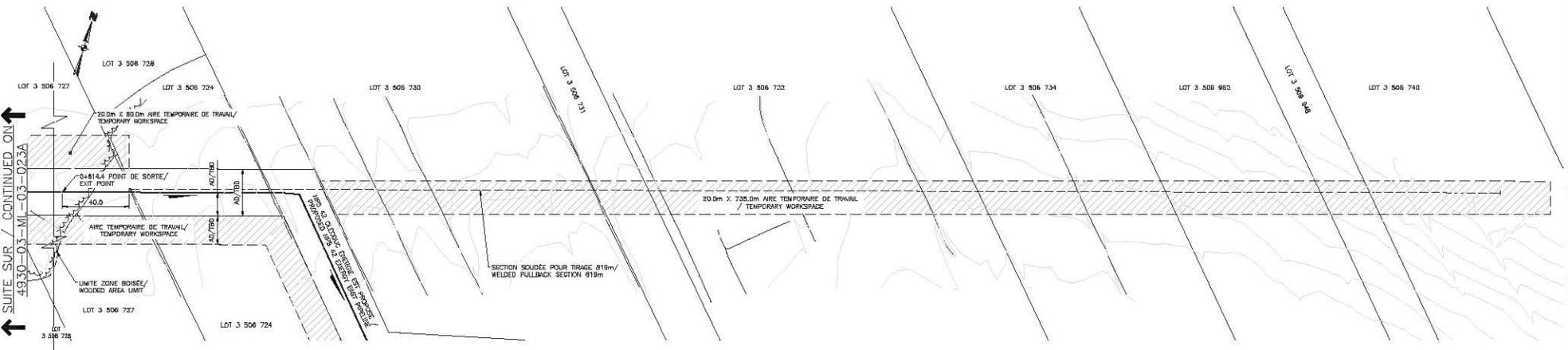
9. L'ENTREPRENEUR DU FORAGE DIRECTIONNEL DOIT VÉRIFIER L'EMPLACEMENT DES POINTS D'ENTRÉE/SORTIE ET LE SENS DU FORAGE EN SE BASANT SUR LES CONDITIONS DU SITE RENCONTRÉES AVANT LA CONSTRUCTION. / THE HDD CONTRACTOR SHALL VERIFY APPROVED ENTRY/EXIT LOCATIONS AND DRILLING DIRECTION BASED ON THE SITE CONDITIONS DURING CONSTRUCTION.
 10. LA SECTION DU TUYAU SOUDÉE DOIT ÊTRE SUFFISAMMENT SOUTENUE EN TOUT TEMPS LORS DE L'OPÉRATION DE TRACÉ AFIN DE S'ASSURER QUE LE TUYAU NE SOUSSE PAS DE CONTRAINTES EXCESSIVES. / THE PIPE PULL SECTION SHALL BE ADEQUATELY SUPPORTED AT ALL TIMES DURING PULLBACK TO ENSURE THE PIPE IS NOT OVERSTRESSED.
 11. AFIN D'ÉVITER VISIBLEMENT TOUT DOMMAGE AU TUYAU OU À SON REVÊTEMENT, L'ENTREPRENEUR EST TENU DE FIRMER AU MINIMUM L'ÉCOULEMENT D'UNE LONGUEUR DE TUYAU À L'EXTÉRIEUR DU TROU DE FORAGE SELON LES SPÉCIFICATIONS DU FORAGE TES-PROU-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-PROU-HDD.
 12. UN PLAN ET UN PROFIL ÉTEL-QUE-CONSERVÉS DOIVENT ÊTRE FOURNIS À ÉLECTRICITÉ 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.

13. 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, DRIVING FOR SITE ACCESS, SETTING UP HDD EQUIPMENT, INSTALLATION OF THE PIPE, REMOVAL OF HDD EQUIPMENT, AND RESTORATION OF THE SITE.
 14. L'ENTREPRENEUR DOIT DISPOSER D'OUTILS DE SURVEILLANCE POUR UN SUIVI CONSTANT DE LA PRESSION ANNULAIRE ET DE LA TURBIDITÉ DU COEUR 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 FINE-OUT OF DRILLING FLUID INTO THE WATERCOURSE.
 15. LA PROFONDEUR DE RECOURÈMENT SERA DÉTERMINÉE À LA PHASE D'INGÉNIERIE DÉTAILLÉE. / DEPTH OF COVER WILL BE FINALIZED DURING THE DETAILED ENGINEERING PHASE.

ENVIRONNEMENT / ENVIRONMENTAL:
 16. 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'ÉLECTRICITÉ ÉNERGIE EST / PIPELINE SPECIFICATIONS

- CONDUITE / LINE PIPE: 1083mm DA. EXT. / O.D. (NPS 42) x 11.9mm DP/W.T. OR 483 DA I, HDG CSA 2245.1-14 OR 550 DA I, HDG CSA 2245.1-14
- TEMPÉRATURE D'OPÉRATION MAX. / MAX. OPERATING TEMPERATURE: 90°C
- TEMPÉRATURE D'OPÉRATION MIN. / MIN. OPERATING TEMPERATURE: 9°C
- TYPE DE JOINT / TYPE OF JOINT: SOUDÉ / WELDED
- REVÊTEMENT CONDUITE / LINE PIPE COATING: SYSTÈME / SYSTEM MA
- TUYAU FD / HDD PIPE: SYSTÈME / SYSTEM 2B
- MÉTHODE DE TRAVAIL / CROSSING METHOD: FORAGE DIRIGÉ/ONNEL / HDD
- MÉTHODE DE TRAVAIL ALTERNATIVE / ALTERNATE CROSSING METHOD: TRANCHEE / TRENCHED
- TEST DE PRESSION MIN. (SECTION DE TRAVAIL/MIN. TEST PRESSURE (CROSSING SECTION)): 11 178 kPa
- PRESSION D'OPÉRATION MAX. / MAX. OPERATING PRESSURE: 8 042 kPa
- PROTECTION CATHODIQUE / CATHODIC PROTECTION: COURANT IMPOSÉ / IMPRESSED CURRENT
- VOLTAGE DE PROTECTION CATHODIQUE MAX. / MAX. CATHODIC PROTECTION VOLTAGE: -80 / TEE
- PRODUIT TRANSPORTÉ / PRODUCT CARRIED: PÉTROLE BRUT / CRUDE OIL



VUE EN PLAN/PLAN VIEW
 ECHELLE/SCALE: 1:1000

DESSINS DE RÉFÉRENCE/REFERENCE DRAWINGS

DESSIN/DRAWING NO	TITRE/TITLE
4930-03-ML-01-02F	PROJET DE SOUSCRIPTION POUR QUÉBEC À HAUTE PRESSION/PROJ. PRESSION ÉL. PIPELINE WOODED SOIL
4930-03-ML-01-01F	SÉRIE TRACÉ DE TRAVAIL/TYPICAL PIPE TRAVELING DETAIL
4930-03-ML-01-01F	SÉRIE TRACÉ DE SOULEVEMENT/TYPICAL TRAWING TO SUBM. DETAIL
4930-03-ML-01-02A	BAVAGE JACOUES CARTIER - TRAVAIL EN TRANCHEE / TRENCHED CROSSING (ALTERNATIVE)
4930-03-ML-01-03A	BAVAGE JACOUES CARTIER - TRAVAIL EN TRANCHEE / TRENCHED CROSSING (ALTERNATIVE)

RÉVISION/REVISION

REV. / REV.	DATE	DESCRIPTION
A	2014-03-31	ENV. POUR RÉVISION (INTERNE A3) / ISSUED FOR REVIEW (INTERNAL A3)
B	2014-04-04	ENV. POUR RÉVISION (INTERNE AUTRES) / ISSUED FOR REVIEW (INTERNAL STAFFED)
C	2014-04-14	ENV. POUR RÉVISION (CLIENT) / ISSUED FOR REVIEW (CLIENT)
D	2014-05-14	ENV. POUR RÉVISION DE BASE / ISSUED FOR FEED
E	2014-08-09	BÉVAGE POUR RÉVISION DE BASE / REVISION FOR FEED

APPROBATION/APPROVAL

DESIGNER	CHECKED	APPROVED	DATE	DESIGNER	CHECKED	APPROVED	DATE
2167445	JML	JB	06/08	JM	GP	ENTEC	
2167445	JML	JB	06/08	JM	GP	ENTEC	
2167445	JML	JB	06/08	JM	GP	ENTEC	
2238444	JML	JB	06/08	JM	GP	ENTEC	
2238444	JM	CB	06/08	JB	GP	ENTEC	

INGÉNIEUR/PROF. PROFESSIONNEL / ENGINEER/PROF. PROFESSIONNEL

INSTRUMENTÉ/APP. PERMIS / INSTRUMENTED/APP. PERMIT

DATE

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

REV/REV DATE PERMIS/PERMIT NO.

Energy East Pipeline Ltd.

INGÉNIEUR GÉNÉRAL ÉLECTRICITÉ ÉNERGIE EST / ENERGY EAST GENERAL INDEPENDENT PIPELINE

PROJET/PROJECT: 4930-03-ML-01-023A

RIVIÈRE JACOUES CARTIER TRANCHEE PAR FORAGE DIRIGÉ/ONNEL/HDD CROSSING QUÉBEC

PROJET/PROJECT: 4930-03-ML-01-023A



Annexe C

Dessin de traverse alternative



Annexe D

Information géotechnique

Annexe F – Rivière Jacques-Cartier

F1. 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>	
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.			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.	
<u>Classification et dimension des particules (ASTM D2487)</u>			<u>Terminologie</u>	
<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 %			
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.			<u>STRATIGRAPHIE</u>	
<u>Sols pulvérulents</u>			Les symboles suivants sont utilisés, seuls ou associés, pour illustrer la stratigraphie; un X indique qu'il s'agit de matériaux de remblai.	
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.				Argile
				Silt
				Sable
				Roche ignée
				Grès
				Gravier
				Sols organiques
				Calcaire ou dolomie
				Shale ou ardoise
				Roche métamorphique
<u>Compacité</u>			<u>ESSAIS</u>	
Très lâche			N : Essai de pénétration standard	
Lâche			C _u : Résistance au cisaillement	
Compact ou moyenne			C _{ur} : Résistance au cisaillement (remanié)	
Dense			S _t : Sensibilité au remaniement	
Très dense			RQD : Indice de qualité du roc en laboratoire	
			Inj : Injection d'eau sous pression	
			w : Teneur en eau naturelle	
			w _i / 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 µm	
			Oed : Consolidation oedométrique	
			Sed : Sédimentométrie	
<u>Sols cohérents</u>			<u>COLONNE QUADRILLÉE</u>	
Pour les sols cohérents (silt argileux à argile), la consistance du sol est évaluée à partir des essais de résistance au cisaillement (C _u) ou, à défaut, de l'indice « N ». La sensibilité au remaniement (S _t) est définie par le rapport de la résistance au cisaillement du matériau intact (C _u) sur celle du matériau remanié (C _{ur}).			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.	
<u>Consistance</u>	<u>Résistance (C_u, 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 (S_t)</u>		<u>C_u / C_{ur}</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 (w_l)</u>	<u>Indice de plasticité (I_p)</u>		
Faible	< 30	< 10 %		
Moyenne	30 à 50	10 % à 25 %		
Élevée	> 50	> 25 %		



RAPPORT DE FORAGE

Forage N° : QEEP-038
Dossier : PLUS-00026280-045500

Projet : Oléoduc Énergie Est - Exploration géotechnique
Traverses de rivières majeures
Endroit : Rivière Jacques-Cartier
Foreur : Forages S.L.
Date du forage : 2014-02-20

Compilé par : M. Létourneau
Technicien : F. Gravel-Gaumond
Approuvé par : V. Boivin
Date du rapport : 2014-03-25

Coordonnées géographiques
Latitude : 46.6876°
Longitude : -71.7452°

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	FABILE	MOYENNE	FORTE	Essais	Cu Cur Nc	20	40	60	80	100		
		0.00	Niveau actuel du sol																		
		26.89	Sable brun, un peu de silt. Présence de matières organiques jusque vers 3,1 mètres de profondeur.				CF-1	71	5												
	1	25.67	Silt sableux gris, traces de gravier.				CF-2	46	50												
	5	1.22					CF-3	54	14												
	10						CF-4	79	7												
	15						CF-5			24											
	20						CF-6	88	15												
	25					CF-7	100		R												
	30	17.92	Socle rocheux : Shale silteux gris foncé à noir avec lits de shale argileux noir 2-4 cm et lits de grès fin gris clair à laminations entrecroisées. Litage horizontal. Les séquences riches en shale argileux sont très fissiles. Les lits gréseux (grès lithique à grain fin à moyen) sont plus résistants. Roc peu ou non calcaireux.				CR-8	96	52												
		8.97					CR-9	97	67												
		17.66					CR-10	88	57												
		9.23					CR-11	100	79												
	35			De 11,40 à 14,56 m, le grès et le siltstone gris prédominent. Lits gréseux de 2 à 15 cm																	

Remarques :

NOTE : CE RAPPORT DE FORAGE EST UNE REPRÉSENTATION DES CONDITIONS DE SOLS ET D'EAU SOUTERRAINE, INTERPRÉTÉE SELON LA PRATIQUE COURANTE, ET NE S'APPLIQUE QU'À L'EMPLACEMENT DE CE SONDAGE ET AU MOMENT DE SON EXÉCUTION. CE RAPPORT DOIT ÊTRE LU AVEC LE TEXTE QUI L'ACCOMPAGNE. CE RAPPORT NE DOIT PAS ÊTRE REPRODUIT, SINON EN ENTIER, SANS L'AUTORISATION ÉCRITE DU LABORATOIRE.



RAPPORT DE FORAGE

Forage N° : QEEP-038
Dossier : PLUS-00026280-045500

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	
			d'épaisseur.												×					
13			Joint à 30° avec l'axe dans lit de grès à 13 mètres de profondeur.				CR-12	100	78											
45			De 13,80 à 13,95 mètres de profondeur : Lit de grès gris à grain moyen massif.													4.14				
14							CR-13	87	65											
15		12.25 14.64	Zone fracturée avec présence de sédiments et de roc broyé.												×					
50		11.75 15.14	Proportion de shale argileux fissile augmente et domine la séquence. Les lits de grès et siltstone sont réguliers mais très minces (1 mm à 1 cm). Shale gris foncé à noir. Présence d'odeur d'hydrocarbures en cassure fraîche.												×					
16			Les shales se délitent facilement surtout en présence d'eau. Pas de structures majeures (joints, fissures, fractures) autre que fractures mécaniques provoquées lors du carottage.																	
55							CR-14	97	84							7.58				
17																				
18																				
60																				
19																				
65															×					
20							CR-15	100	99											
21																				
70			À 21,14 mètres de profondeur, mince lit (2 cm) de sédiments gris (possibilité de bentonite ou argile grise calcaireuse peu consolidée).													0.00				
22																				
75																				
23			Alternance de shale, siltstone et grès en lits très minces (1 mm à 2 cm) très constante.				CR-16	100	89											
24																				
80															×					
25																				
85			De 25,33 à 25,70 mètres de profondeur : Séquence de shale noir, "fragile", très fissile (moins silteux).													0.03				
26			De 26,12 à 26,15 mètres de profondeur : Présence de 3 cm de sédiments ou roc broyé au carottage.				CR-17	97	87											
27			De 26,75 à 26,85 mètres de profondeur : Roc argileux altéré, fissuré horizontalement (10 cm).																	
															×					



RAPPORT DE FORAGE

Forage N° : QEEP-038
Dossier : PLUS-00026280-045500

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				
28			De 26,85 mètres de profondeur jusqu'à la fin du forage : Séquence régulière de shale argileux et shale silteux brun foncé à noir avec fines laminations de siltstone et grès fin. Fractures mécaniques le long du litage plus argileux. Litage horizontal. Aucune structure majeure (fracture naturelle, fissure, joint).				CR-18	100	100								0.03								
95	29																								
30																									
100																									
31																									
105	32						CR-19	100	100								0.04								
33																									
110																									
34							CR-20	100	100																
115	35	-8.34 35.23	Fin du forage à 35,2 mètres de profondeur.				CR-21	100	89																
36																									
120																									
37																									
125	38																								
39																									
130																									
40																									
135	41																								
42																									
140																									
43																									



RAPPORT DE FORAGE

Forage N° : QEEP-039
Dossier : PLUS-00026280-045500

Projet : Oléoduc Énergie Est - Exploration géotechnique
Traverses de rivières majeures
Endroit : Rivière Jacques-Cartier
Foreur : Forages S.L.
Date du forage : 2014-03-06

Compilé par : M. Létourneau
Technicien : M. Boisvert
Approuvé par : V. Boivin
Date du rapport : 2014-03-25

Coordonnées géographiques
Latitude : 46.6885°
Longitude : -71.7416°

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	FABLE	MOYENNE	FORTE	Essais	Cu Cur Nc	20	40	60	80	100	
		52.60	Niveau actuel du sol																	
	0.00		Remblai probable : Silt sableux brun, un peu de gravier, traces d'argile.																	
	1																			
	5																			
	2	50.67	Remblai probable : Silt argileux gris, un peu de sable.				CF-1	58	5											
	1.93																			
	3						CF-2	100	0				AG, Sed							
	10																			
	3																			
	4																			
	15						CF-3	100	0											
	5																			
	4																			
	15						CF-4	100	0											
	5																			
	20																			
	6																			
	7	46.05	Sable et gravier gris, un peu de silt (till).				CF-5	42	18				AG							
	6.55																			
	25																			
	8																			
	8																			
	30	43.86	Sable et gravier, fragments de roc argileux et gréseux, cailloux et blocs (till). La plupart des sédiments sont lessivés au battage.				CR-6		30											
	8.74																			
	10																			
	35																			
	11						CR-7		25											
	40.61																			

Remarques :

NOTE : CE RAPPORT DE FORAGE EST UNE REPRÉSENTATION DES CONDITIONS DE SOLS ET D'EAU SOUTERRAINE, INTERPRÉTÉE SELON LA PRATIQUE COURANTE, ET NE S'APPLIQUE QU'À L'EMPLACEMENT DE CE SONDAGE ET AU MOMENT DE SON EXÉCUTION. CE RAPPORT DOIT ÊTRE LU AVEC LE TEXTE QUI L'ACCOMPAGNE. CE RAPPORT NE DOIT PAS ÊTRE REPRODUIT, SINON EN ENTIER, SANS L'AUTORISATION ÉCRITE DU LABORATOIRE.



RAPPORT DE FORAGE

Forage N° : QEEP-039
Dossier : PLUS-00026280-045500

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		
		40.20	Socle rocheux : Shale noir laminé de siltstone et grès fin fracturé et fragmenté.																		
		12.40	Shale argileux fissile brun foncé à noir avec interlits très minces de siltstone et grès fin dolomitique à texture entrecroisée. Lits de shale de 1 à 8 cm d'épaisseur. Laminations de siltstone et grès de 0,5 mm à 2 cm d'épaisseur.				CR-8	97	73					*							
		13																			
		45	Litage horizontal. Le shale se délite facilement au contact de l'eau ou sous impact léger. Fractures mécaniques abondantes souvent dues à la différence de résistance entre les types de roche. Les minces lits de grès dolomitique à grain moyen sont altérés (texture granulaire) à 16,0 m, 16,16 m, 16,72 m, 17,40 m, 17,59 m, 17,66 m, 17,76 m et 18,21 mètres de profondeur.				CR-9	100	66						0.00						
		14																			
		15												*							
		50					CR-10	100	85												
		16																			
		55																			
		17					CR-11	100	89						0.00						
		18	Fracture naturelle subverticale de 17,40 à 17,66 mètres de profondeur et de 17,66 à 17,76 mètres de profondeur.																		
		60	Joint 120° à 17,66 mètres de profondeur.																		
		19					CR-12	100	85												
		33.60																			
		19.00	La proportion de lits de grès dolomitique à dolomie gréseuse grise augmentent entre 19,0 et 35,80 mètres de profondeur et dominent la séquence à plus de 50% avec interlits de shale noir de 1 à 18 cm d'épaisseur.											*							
		65																			
		20					CR-13	100	91												
		21																			
		70																			
		22	Lits de grès altéré de 21,60 à 21,68 m et de 22,04 à 22,06 mètres de profondeur.				CR-14	100	85						0.00						
		75																			
		23	Grès altéré de 22,60 à 22,70 mètres de profondeur suivi d'une fracture naturelle subverticale de 22,70 à 23,0 mètres de profondeur. À 23,30 m : Deux joints croisés, un à 15° et l'autre à 130° de l'axe.				CR-15	100	88												
		24												*							
		80																			
		25	Joint à 130° de l'axe à 24,65 mètres de profondeur.				CR-16	100	89												
		85																			
		26	Grès, dolomie, siltstone et shale argileux et silteux gris à brun foncé à noir interlités. Litage horizontal. Lits gréseux dolomitiques dominants (jusqu'à 15-20 cm d'épaisseur).				CR-17	100	93						0.00						
		27																			
														*							



RAPPORT DE FORAGE

Forage N° : QEEP-039
Dossier : PLUS-00026280-045500

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	
	28						CR-18	95	82								0.00					
	95	29	Les lits de grès dolomitique sont plus épais autour de 26,25 m, 30,0 m, 31,12 à 31,40 m, 31,60 m, 32,30 à 32,90 mètres de profondeur.				CR-19	97	74													
	30		Zone de shale argileux laminé entre 29,40 et 29,85 mètres de profondeur.																			
	100						CR-20	88	52								0.00					
	31																					
	105	32	Présence de sédiments argileux gris foncé de 31,85 à 32,05 mètres de profondeur.				CR-21	97	63													
			32,05 m à 33,25 m : Long joint à 10° avec l'axe de la carotte.																			
	33																					
	110		Présence de sédiments argileux à sableux ou lit de grès très altéré (5 cm) à 33,34 mètres de profondeur.				CR-22	100	80													
	34																					
	115	35	Séquence de dolomie gréseuse à dolomie argileuse de 34,60 à 35,70 mètres de profondeur, terminant sur lit de grès dolomitique gris clair de 15 cm d'épaisseur.				CR-23	100	89								0.00					
	16.75	36	Les shales argileux et silteux brun foncé à noir dominant la séquence de nouveau avec de minces interlits de siltstone et grès dolomitique gris. Litage horizontal.				CR-24	100	86													
	35.85																					
	120						CR-25	100	83													
	37																					
	125	38	Joints à surface brune à 45° avec l'axe de la carotte à 38,38 et 38,85 mètres de profondeur.																			
	39																					
	130						CR-26	100	59								0.00					
	40		De 39,60 à 39,80 m : Présence de sédiments argileux et roc fragmenté. Plusieurs fractures mécaniques et/ou roc fragmenté jusqu'à 40,60 mètres de profondeur. Joint à 135° à 40,50 mètres de profondeur.																			
	41																					
	135	42					CR-27	100	89													
	43																					
	140		Shale silteux et argileux légèrement dolomitique, laminé horizontalement; brun foncé à noir, sain jusqu'à 54,65 mètres de profondeur. Odeur				CR-28	100	95								0.00					
	43																					



RAPPORT DE FORAGE

Forage N° : QEEP-039
Dossier : PLUS-00026280-045500

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	
	44																			
	145																			
	45						CR-29	100	100						0.00					
	150																			
	46						CR-30	100	100											
	155																			
	47																			
	155						CR-31	100	96											
	48		Très minces veines de calcite subverticales entre 47,50 et 47,83 mètres de profondeur. Les minces laminations horizontales de siltstone et grès sont faiblement calcaireuses.																	
	160																			
	49						CR-32	100	93						0.00					
	165																			
	50																			
	165						CR-33	100	100											
	51																			
	170																			
	52						CR-34	100	100											
	175																			
	53																			
	175						CR-35	100	99						0.00					
	54		De 53,20 à 53,55 m : Longue fissure verticale (fermée) causant une fracture mécanique.																	
	180																			
	55	-2.05 54.65					CR-36	100	100											
	185																			
	56		Dolomie silteuse/argileuse à fines laminations horizontales, gris-brun. Micro-fissures aléatoires blanches remplies de calcite. Quelques lits de shale argileux brun foncé à noir laminé. Lithologie majoritairement dolomitique (dolomie argileuse prédominante) jusqu'à 60,10 mètres de profondeur.																	
	185																			
	57						CR-37	100	100											
	190																			
	58						CR-38	100	100						0.00					
	190																			



RAPPORT DE FORAGE

Forage N° : QEEP-039
Dossier : PLUS-00026280-045500

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	
59																				
195			La dolomie argileuse projette une odeur d'hydrocarbures en cassure fraîche. Les microfissures calcifiées montrent un déplacement millimétrique des lits.				CR-39	100	99					0.00						
60		-7.50																		
		60.10	De 60,10 à 60,60 m : Séquence de shale silteux à argileux brun foncé à noir moins résistant à la cassure.																	
		-7.97																		
		60.57	Fin du forage à 60,6 mètres de profondeur.																	
200																				
61																				
62																				
205																				
63																				
210																				
64																				
65																				
215																				
66																				
220																				
67																				
68																				
225																				
69																				
230																				
70																				
71																				
235																				
72																				
240																				
73																				
74																				



RAPPORT DE FORAGE

Forage N° : QEEP-040
Dossier : PLUS-00026280-045500

Projet : Oléoduc Énergie Est - Exploration géotechnique
Traverses de rivières majeures
Endroit : Rivière Jacques-Cartier
Foreur : Forages S.L.
Date du forage : 2014-03-06

Compilé par : M. Létourneau
Technicien : D. Lamontagne
Approuvé par : V. Boivin
Date du rapport : 2014-03-26

Coordonnées géographiques
Latitude : -46.6888°
Longitude : -71.7395°

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)
X-X : 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	FABILE	MOYENNE	FORTE	Essais	Cu Cur Nc	20	40	60	80	100	
		57.42	Niveau actuel du sol																	
		0.00	Remblai probable : Silt sableux brun, un peu de gravier, traces d'argile.																	
	1		Présence de cailloux entre 0,9 et 1,1 mètre de profondeur.																	
	5																			
	2	55.29					CF-1	75	3											
		2.13	Remblai probable : Silt argileux gris, un peu de sable.																	
	10						CF-2		0											
	4																			
	15																			
	5						CF-3	4	10											
	20		Présence de cailloux de 6,1 à 6,7 mètres de profondeur.				CF-4	0	16											
	7																			
	25	49.80	Sable et gravier gris, un peu de silt (till). Présence de cailloux.				CF-5	79	6											
		7.62																		
	8						CF-6		28			AG								
	30																			
	10																			
	35						CF-7	100	38				K = 2x10 ⁻⁷ m/s							
	11																			

Remarques :

NOTE : CE RAPPORT DE FORAGE EST UNE REPRÉSENTATION DES CONDITIONS DE SOLS ET D'EAU SOUTERRAINE, INTERPRÉTÉE SELON LA PRATIQUE COURANTE, ET NE S'APPLIQUE QU'À L'EMPLACEMENT DE CE SONDAGE ET AU MOMENT DE SON EXÉCUTION. CE RAPPORT DOIT ÊTRE LU AVEC LE TEXTE QU'IL ACCOMPAGNE. CE RAPPORT NE DOIT PAS ÊTRE REPRODUIT, SINON EN ENTIER, SANS L'AUTORISATION ÉCRITE DU LABORATOIRE.



RAPPORT DE FORAGE

Forage N° : QEEP-040
Dossier : PLUS-00026280-045500

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	
			De 26,0 à 26,6 mètres de profondeur : Roc fracturé, abondance de joints et minces veines aléatoires remplies de calcite blanche. Roc broyé sur environ 15 cm sous un joint à 70° à une profondeur de 26,03 mètres de profondeur. Les veines et fissures (mouvement millimétrique des lits) sont abondantes jusqu'à 28,20 mètres de profondeur. Fracture mécanique le long des fissures. Roc généralement sain entre 28,30 et 30,0 mètres de profondeur. Les grès et dolomie dominant la lithologie dans cet intervalle dans une proportion de 70 / 30%.				CR-16	95	45						0.40					
27	90																			
			Roc généralement sain entre 28,30 et 30,0 mètres de profondeur. Les grès et dolomie dominant la lithologie dans cet intervalle dans une proportion de 70 / 30%.				CR-17	100	87						0.00					
28	95																			
29	100	26.81 30.61	Fin du forage à 30,6 mètres de profondeur.																	
30	105																			
31	110																			
32	115																			
33	120																			
34	125																			
35	130																			
36	135																			
37	140																			
38	145																			
39	150																			
40	155																			
41	160																			



RAPPORT DE FORAGE

Forage N° : QEEP-064
Dossier : PLUS-00026280-045500

Projet : Oléoduc Énergie Est - Exploration géotechnique
Traverses de rivières majeures
Endroit : Rivière Jacques-Cartier
Foreur : Forages S.L.
Date du forage : 2014-02-27

Compilé par : M. Létourneau
Technicien : J. Auger
Approuvé par : V. Boivin
Date du rapport : 2014-03-25

Coordonnées géographiques
Latitude : 46.6889°
Longitude : -71.7347°

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	
		0.00	Niveau actuel du sol																	
		60.21	Sable silteux gris, un peu de gravier, traces d'argile.																	
1																				
5																				
2																				
10			Présence de cailloux vers 3,1 mètres de profondeur.																	
3																				
4		56.25	Silt gris, traces de sable.																	
		3.96																		
15																				
5																				
20																				
6																				
7																				
25																				
8																				
30																				
9																				
35																				
10		50.61	Sable silteux gris, traces de gravier, traces d'argile.																	
		9.60																		
11																				
12																				

Remarques :

NOTE : CE RAPPORT DE FORAGE EST UNE REPRÉSENTATION DES CONDITIONS DE SOLS ET D'EAU SOUTERRAINE, INTERPRÉTÉE SELON LA PRATIQUE COURANTE, ET NE S'APPLIQUE QU'À L'EMPLACEMENT DE CE SONDAGE ET AU MOMENT DE SON EXÉCUTION. CE RAPPORT DOIT ÊTRE LU AVEC LE TEXTE QUI L'ACCOMPAGNE. CE RAPPORT NE DOIT PAS ÊTRE REPRODUIT, SINON EN ENTIER, SANS L'AUTORISATION ÉCRITE DU LABORATOIRE.



RAPPORT DE FORAGE

Forage N° : QEEP-064
Dossier : PLUS-00026280-045500

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	
	13																			
	45	46.65 13.56	Sable silteux gris, un peu de gravier (till). Présence probable de blocs et de cailloux.				CF-8	100	8											
	14						CF-9	100	82				AG							12.4
	15																			
	50		Présence d'un bloc vers 15,2 mètres de profondeur.				CF-10	100	R				K = 7,3 x 10-7 m/s							
	16																			
	55	43.57 16.64	Till comprenant blocs de gneiss, cailloux de dolomie, sable et silt (till).				CR-12		62											
	17																			
	18	42.86 17.35	Alternance de lits de shale argileux à shale silteux gris foncé et de lits de dolomie gréseuse, de siltstone et de grès dolomitique à texture entrecroisée. Litage horizontal. Lits à échelle millimétrique à centimétrique (épaisseur maximale des lits 6-8 cm). Les lits de grès sont plus friables près de la surface. La différence de résistance des différents types de roc provoque de la fracture mécanique et du délitage fréquent dans les deux premières courses. Les lits minces silteux et gréseux sont souvent lenticulaires. Les joints sont très rares si présents.				CR-13	100	81											
	19																			
	65																			
	20						CR-14	100	93											
	21																			
	70																			
	22																			0.00
	75	37.86 22.35	De 22,35 à 23,18 m : Séquence de lits massifs de dolomie / grès dolomitique gris clair à gris moyen, texture laminée à entrecroisée.																	
	23																			
	24	37.03 23.18	À 23,7 mètres de profondeur : Lit de grès gris clair.				CR-15	100	90											0.07
	25	36.22 23.99	De 23,99 à 24,13 m : Lit de dolomie gris foncé. Séquence de grès et dolomie dominant la lithologie de 24,28 à 25,04 mètres de profondeur.																	
	80																			
	25	35.17 25.04	Fissure subverticale avec cristallisation de calcite de 24,98 à 25,10 mètres de profondeur.																	
	85																			
	26																			
	85																			
	27																			
	90	32.63 27.58	Lits de grès dolomitique gris de 26,89 à 27,07 mètres de profondeur. Shale argileux noir avec lentilles minces de dolomie de 27,07 à 27,46 mètres de profondeur.				CR-16	100	95											0.36



RAPPORT DE FORAGE

Forage N° : QEEP-064
 Dossier : PLUS-00026280-045500

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		
		31.71 28.50	Dolomie massive gris foncé de 27,58 à 27,96 mètres de profondeur. Grès dolomitique dominant entre 28,0 et 28,5 mètres de profondeur. Alternance de shale, siltstone et grès en lits minces de 28,50 à 30,07 mètres de profondeur.				CR-17	100	95						*						
		30.14 30.07	Fin du forage à 30,1 mètres de profondeur.											*							
95	29																				
100	30																				
105	32																				
110	33																				
115	35																				
120	37																				
125	38																				
130	40																				
135	41																				
140	43																				

F2. Photographies des carottes de roc



Photographies des carottes de roc (sec) : Rivière Jacques-Cartier - Forage QEEP-038



Photo 1. Forage QEEP-038: boîtes 1 à 3 / 6 (8,97 m à 22,11 m)



Photo 2. Forage QEEP-038: boîtes 4 à 6 / 6 (22,11 m à 35,23 m)

Photographies des carottes de roc (humide) : Rivière Jacques-Cartier - Forage QEEP-038



Photo 1. Forage QEEP-038: boîtes 1 à 3 / 6 (8,97 m à 22,11 m)



Photo 2. Forage QEEP-038: boîtes 4 à 6 / 6 (22,11 m à 35,23 m)

Photographies des carottes de roc (sec) : Rivière Jacques-Cartier - Forage QEEP-039



Photo 1. Forage QEEP-039: boîtes 1 à 4 / 13 (8,74 m à 26,26 m)



Photo 2. Forage QEEP-039: boîtes 5 à 7 / 13 (26,26 m à 38,31 m)

Photographies des carottes de roc (sec) : Rivière Jacques-Cartier - Forage QEEP-039 (suite)



Photo 3. Forage QEEP-039: boîtes 8 à 10 / 13 (38,31 m à 50,08 m)



Photo 4. Forage QEEP-039: boîtes 11 à 13 / 13 (50,08 m à 60,60 m)

Photographies des carottes de roc (humide) : Rivière Jacques-Cartier - Forage QEEP-039



Photo 1. Forage QEEP-039: boîtes 1 à 4 / 13 (8,74 m à 26,26 m)



Photo 2. Forage QEEP-039: boîtes 5 à 7 / 13 (26,26 m à 38,31 m)

Photographies des carottes de roc (humide) : Rivière Jacques-Cartier - Forage QEEP-039 (suite)



Photo 3. Forage QEEP-039: boîtes 8 à 10 / 13 (38,31 m à 50,08 m)



Photo 4. Forage QEEP-039: boîtes 11 à 13 / 13 (50,08 m à 60,60 m)

Photographies des carottes de roc (sec) : Rivière Jacques-Cartier - Forage QEEP-040



Photo 1. Forage QEEP-040: boîtes 1 à 3 / 5 (12,01 m à 25,22 m)



Photo 2. Forage QEEP-040: boîtes 4 à 5 / 5 (25,22 m à 30,61 m)

Photographies des carottes de roc (humide) : Rivière Jacques-Cartier - Forage QEEP-040



Photo 1. Forage QEEP-040: boîtes 1 à 3 / 5 (12,01 m à 25,22 m)



Photo 2. Forage QEEP-040: boîtes 4 à 5 / 5 (25,22 m à 30,61 m)

Photographies des carottes de roc (sec) : Rivière Jacques-Cartier - Forage QEEP-064



Photo 1. Forage QEEP-064: boîtes 1 à 4 / 4 (16,64 m à 30,07 m)

Photographies des carottes de roc (humide) : Rivière Jacques-Cartier - Forage QEEP-064



Photo 1. Forage QEEP-064: boîtes 1 à 4 / 4 (16,64 m à 30,07 m)

F3. Résultats d'essais in situ



Tableau F3.1. Synthèse des résultats d'essais de perméabilité dans les sols (riv. Jacques-Cartier)

Forage	Profondeur de l'essai (m)	Élévation de l'essai (m)	Perméabilité (m/s)
QEEP-040	10,5	46,9	2,0E-7
QEEP-064	15,2	45,0	7,3E-7

Tableau F3.2. Synthèse des résultats d'essais d'eau sous pression en rocher (riv. Jacques-Cartier)

Forage	Profondeur de l'essai (m)		Élévation de l'essai (m)		RQD (%)	Absorption ¹	
	Haut	Bas	Haut	Bas		(l/min-m)	(Lugeon) ²
QEEP-038	11,1	15,7	15,8	11,2	57 à 79	1,06	14
	14,9	19,5	12,0	7,4	65 à 84	0,53	4
	19,5	24,1	7,4	2,8	89 à 99	0,00	0
	24,1	28,7	2,8	-1,8	87 à 100	0,01	0
	28,7	35,2	-1,8	-8,3	89 à 100	0,02	0
QEEP-039	12,5	14,8	40,1	37,8	66 à 73	0,00	0
	14,8	19,4	37,8	33,2	85 à 89	0,00	0
	19,4	24,0	33,2	28,6	85 à 91	0,00	0
	24,0	28,5	28,6	24,1	82 à 93	0,00	0
	28,5	33,1	24,1	19,5	52 à 74	0,00	0
	33,1	37,7	19,5	14,9	63 à 89	0,00	0
	37,7	42,3	14,9	10,3	59 à 89	0,00	0
	42,3	46,9	10,3	5,7	95 à 100	0,00	0
	46,9	51,4	5,7	1,2	93 à 100	0,00	0
	51,4	56,0	1,2	-3,4	99 à 100	0,00	0
QEEP-040	13,7	18,3	43,7	39,1	18 à 100	1,75	21
	18,3	22,9	39,1	34,6	77 à 89	0,00	0
	22,9	27,4	34,6	30,0	45 à 77	0,09	0
	27,4	30,6	30,0	26,9	45 à 87	0,00	0
QEEP-064	19,5	24,0	40,7	36,2	90 à 93	0,00	0
	21,3	25,9	38,9	34,3	90 à 95	0,01	0
	25,9	30,1	34,3	29,7	95	0,08	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.

F4. Résultats d'essais en laboratoire



**Tableau F4.1. Synthèse des résultats d'essais de compression sur carottes de roc
(rivière Jacques-Cartier)**

Forage	Profondeur de l'échantillon (m)		Élévation de l'échantillon (m)		Masse volumique (kg/m ³)	Résistance en compression (MPa)
	Haut	Bas	Haut	Bas		
QEEP-038	14,25	14,35	12,64	12,54	2 526	28,3
QEEP-040	20,28	20,39	37,14	37,03	2 568	48,4
QEEP-064	22,72	22,84	37,49	37,37	2 578	31,2



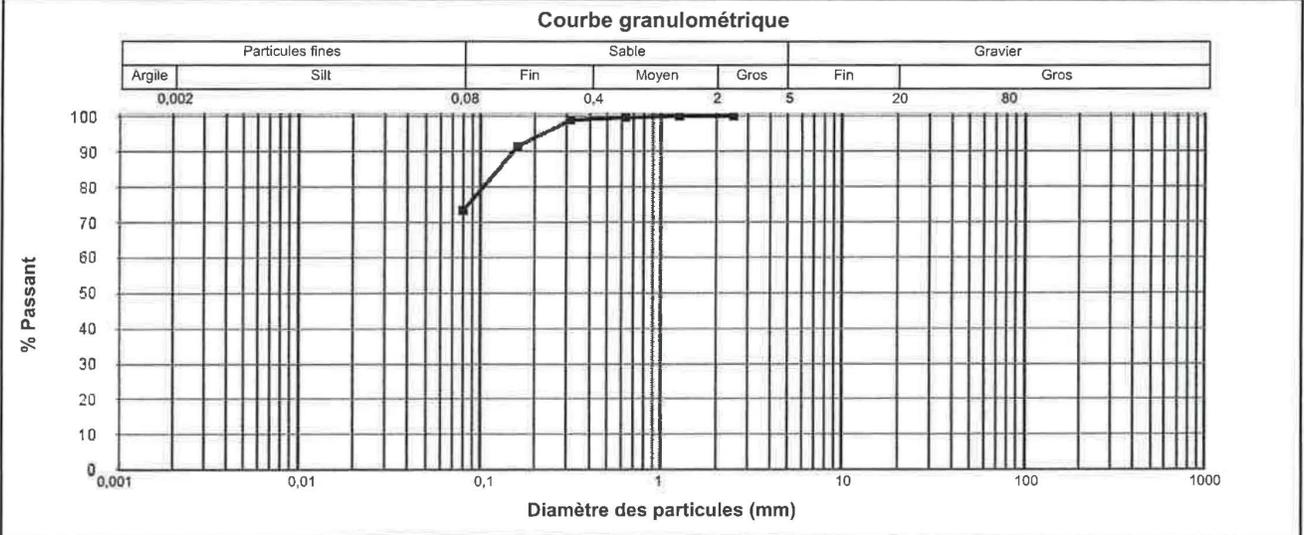
2555, rue Saint-Pierre
 Drummondville (QC) J2C 7Y2
 Téléphone: 819-477-3775
 www.exp.com

**ESSAIS SUR SOLS
 FORAGE ET SONDAGE**

Certifié: ISO 9001:2008

Client :	Johnston-Vermette	Dossier n° :	PLUS-26280-045500
Projet :	Oléoduc Énergie Est	Échantillon n° :	DR-3616
		Réf. client :	

Sondage n° :	QEEP-038	Prélevé le :	2014-02-20 par EXP
Échantillon :	CF-6	Reçu le :	2014-03-06
Profondeur :	7,3 à 7,9 m	Localisation :	Rivière Jacques-Cartier



Analyse granulométrique LC 21-040		Description	Autres essais	
Tamis (mm)	Tamisat %passant mesuré		Teneur en eau	LC 21-201
112		D ₁₀ :		25,8%
80		D ₃₀ :		
56		D ₆₀ :		
40		Coefficient d'uniformité (Cu) :		
31,5		Coefficient de courbure (Cc) :		
20		Gravier:	0 %	
14		Sable:	27 %	
10		Silt et argile:	73 %	
5		Description : Silt sableux		
2,5	100			
1,25	100			
0,630	100			
0,315	99			
0,160	91			
0,080	73,4			

Remarques :

Vérifié par : Simon Tessier
 Technicien, coordonnateur

Approuvé par : Michelle Létourneau, ing., M.Sc.A. Date : 2014-03-10



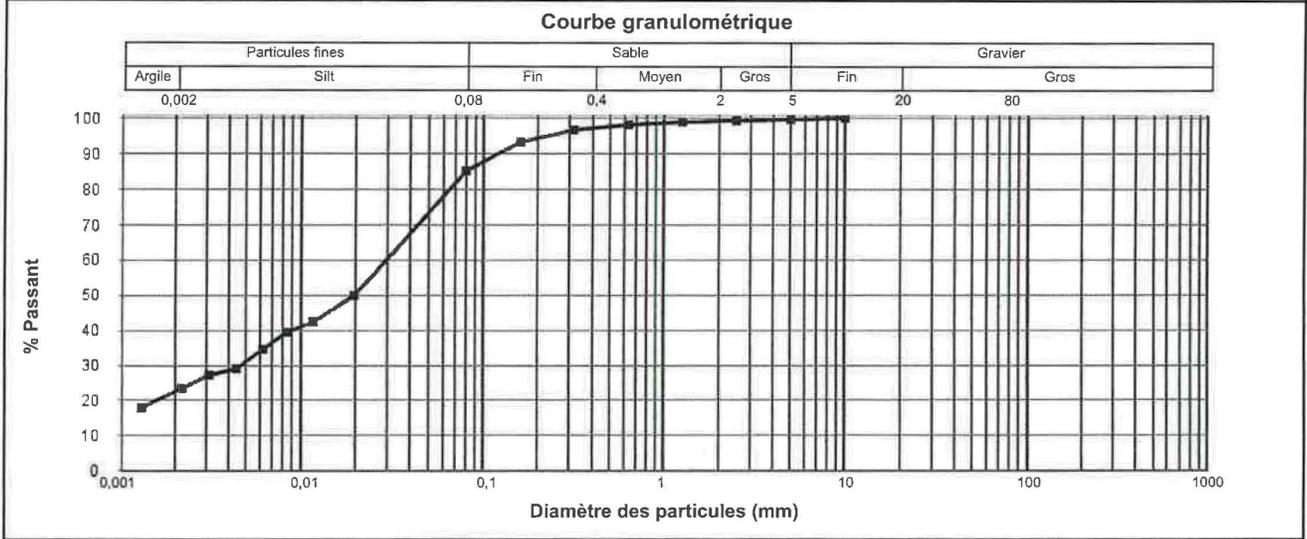
2555, rue Saint-Pierre
 Drummondville (QC) J2C 7Y2
 Téléphone: 819-477-3775
 www.exp.com

**ESSAIS SUR SOLS
 FORAGE ET SONDAGE**

Certifié ISO 9001:2008

Client :	Johnston-Vermette	Dossier n° :	PLUS-26280-045500
Projet :	Oléoduc Énergie Est	Échantillon n° :	DR-3639
		Réf. client :	

Sondage n° :	QEEP-039	Prélevé le :	2014-03-06 par EXP
Échantillon :	CF-2	Reçu le :	2014-03-13
Profondeur :	2,8 à 3,5 m	Localisation :	Rivière Jacques-Cartier



Analyse granulométrique LC 21-040				Description
Tamis (mm)	Tamisat %passant mesuré	Tamis (mm)	Tamisat %passant mesuré	
112		0.0197	49,8	D ₁₀ :
80		0.0117	42,3	D ₃₀ :
56		0.0084	39,4	D ₆₀ :
40		0.0062	34,7	Coefficient d'uniformité (Cu) :
31,5		0.0044	29,1	Coefficient de courbure (Cc) :
20		0.0031	27,2	Gravier: 0 %
14		0.0022	23,6	Sable: 15 %
10	100	0.0013	17,8	Silt: 63 %
5	100			Argile: 22 %
2,5	99			Description : Silt argileux, un peu de sable
1,25	99			Classification unifiée :
0,630	98			
0,315	97			
0,160	93			
0,080	85,1			
				Teneur en eau LC 21-201 26,0 %

Remarques :

Vérifié par : Simon Tessier Technicien, coordonnateur
 Approuvé par : Michelle Létourneau, M.Sc.A.
 Date : 2014-03-18



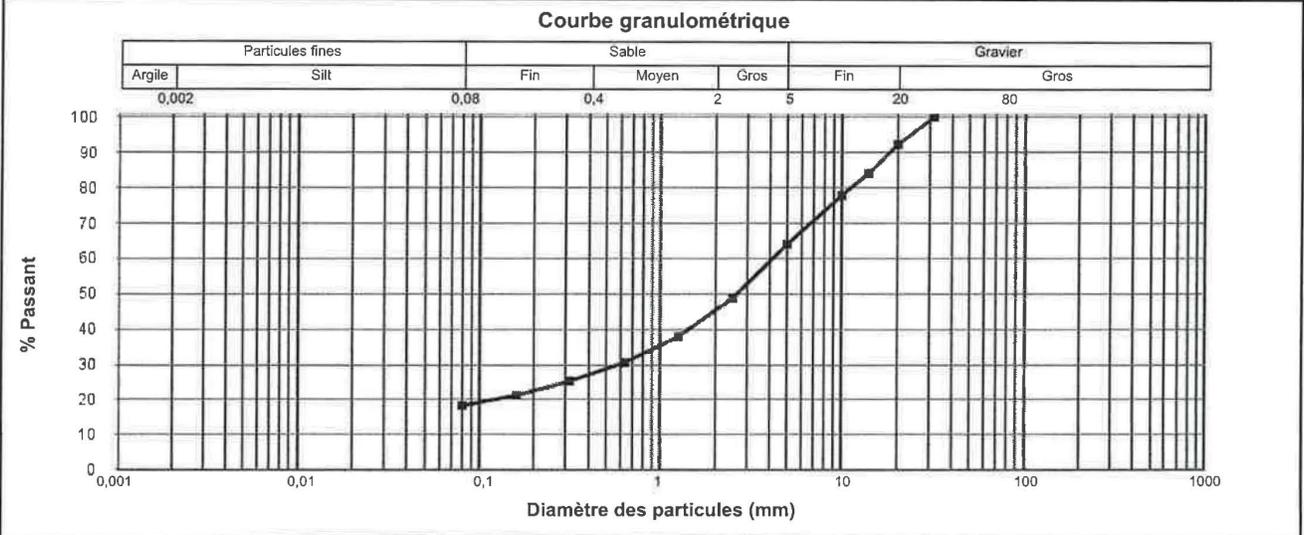
2555, rue Saint-Pierre
 Drummondville (QC) J2C 7Y2
 Téléphone: 819-477-3775
 www.exp.com

**ESSAIS SUR SOLS
 FORAGE ET SONDAGE**

Certifié: ISO 9001:2008

Client : Johnston-Vermette Dossier n° : PLUS-26280-045500
 Projet : Oléoduc Énergie Est Échantillon n° : DR-3640
 Réf. client :

Sondage n° : QEEP-039 Prélevé le : 2014-03-06 par EXP
 Échantillon : CF-5 Reçu le : 2014-03-13
 Profondeur : 7,4 à 8,0 m Localisation : Rivière Jacques-Cartier



Analyse granulométrique LC 21-040		Description	Autres essais	
Tamis (mm)	Tamisat %passant mesuré		Teneur en eau	LC 21-201
112		D ₁₀ :		10,7 %
80		D ₃₀ :	0,589 mm	
56		D ₆₀ :	4,346 mm	
40		Coefficient d'uniformité (Cu) :		
31,5	100	Coefficient de courbure (Cc) :		
20	92	Gravier:	36 %	
14	84	Sable:	46 %	
10	78	Silt et argile:	18 %	
5	64	Description :	Sable et gravier, un peu de silt	
2,5	49	Classification unifiée :	SM	
1,25	38			
0,630	31			
0,315	25			
0,160	21			
0,080	18,5			

Remarques :

Vérfié par : Simon Tessier
 Simon Tessier
 Technicien, coordonnateur

Approuvé par : Michelle Létourneau Date : 2014-03-14
 Michelle Létourneau, ing., M.Sc.A.



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

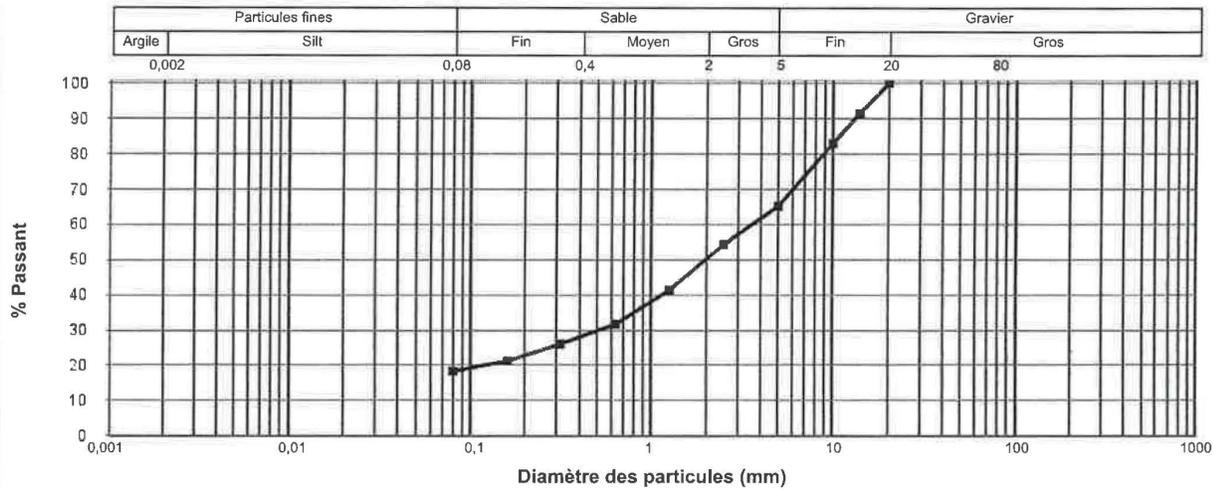
Certifié: ISO 9001:2008

**ESSAIS SUR SOLS
 FORAGE ET SONDAGE**

Client : Johnston-Vermette Dossier n° : PLUS-26280-045500
 Projet : Oléoduc Énergie Est Échantillon n° : DR-3641
 Réf. client :

Sondage n° : QEEP-040 Prélevé le : 2014-03-06 par EXP
 Échantillon : CF-6 Reçu le : 2014-03-13
 Profondeur : 9,1 à 9,8 m Localisation : Rivière Jacques-Cartier

Courbe granulométrique



Analyse granulométrique LC 21-040		Description	Autres essais	
Tamis (mm)	Tamisat %passant mesuré		Teneur en eau	LC 21-201
112		D ₁₀ :		12,5%
80		D ₃₀ :	0,534 mm	
56		D ₆₀ :	3,780 mm	
40		Coefficient d'uniformité (Cu) :		
31,5		Coefficient de courbure (Cc) :		
20	100	Gravier:	35 %	
14	92	Sable:	47 %	
10	83	Silt et argile:	18 %	
5	65	Description :	Sable et gravier, un peu de silt	
2,5	54	Classification unifiée :	SM	
1,25	41			
0,630	32			
0,315	26			
0,160	21			
0,080	18,3			

Remarques :

Vérifié par : Simon Tessier
 Technicien, coordonnateur

Approuvé par : Michelle Létourneau, ing., M.Sc.A.
 Date : 2014-03-14



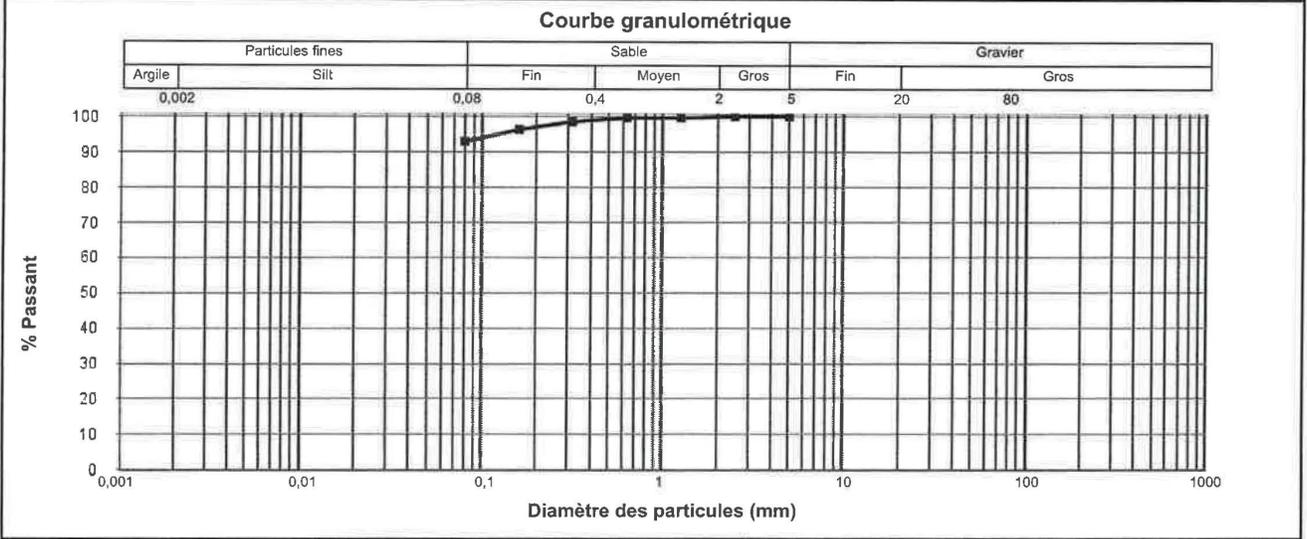
2555, rue Saint-Pierre
 Drummondville (QC) J2C 7Y2
 Téléphone: 819-477-3775
 www.exp.com

**ESSAIS SUR SOLS
 FORAGE ET SONDRAGE**

Certifié: ISO 9001:2008

Client :	Johnston-Vermette	Dossier n° :	PLUS-26280-045500
Projet :	Oléoduc Énergie Est	Échantillon n° :	DR-3614
		Réf. client :	

Sondage n° :	QEEP-064	Prélevé le :	2014-02-27 par EXP
Échantillon :	CF-4	Reçu le :	2014-03-06
Profondeur :	6,1 à 6,7 m	Localisation :	Rivière Jacques-Cartier



Analyse granulométrique LC 21-040		Description	Autres essais	
Tamis (mm)	Tamisat %passant mesuré		Teneur en eau	LC 21-201
112		D ₁₀ :		16,3%
80		D ₃₀ :		
56		D ₆₀ :		
40		Coefficient d'uniformité (Cu) :		
31,5		Coefficient de courbure (Cc) :		
20		Gravier:	0 %	
14		Sable:	7 %	
10		Silt et argile:	93 %	
5	100	Description :	Silt, traces de sable	
2,5	100			
1,25	100			
0,630	100			
0,315	99			
0,160	96			
0,080	93,1			

Remarques :

Vérifié par : Simon Tessier
 Technicien, coordonnateur

Approuvé par : Michelle Létourneau
 Michelle Létourneau, ing., M.Sc.A.

Date : 2014-03-10



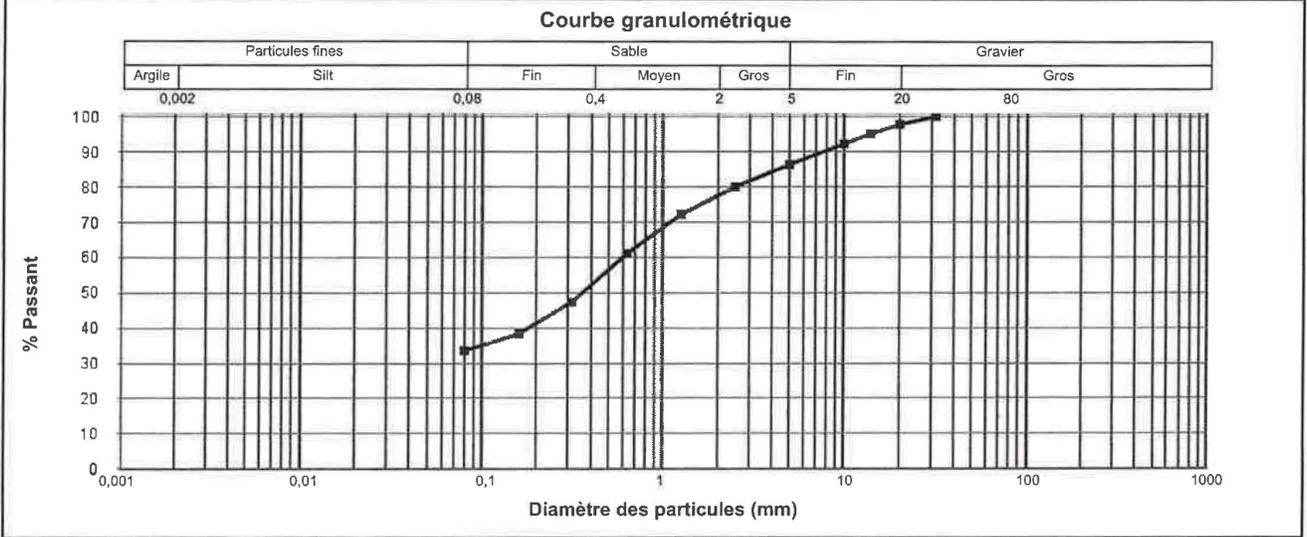
2555, rue Saint-Pierre
 Drummondville (QC) J2C 7Y2
 Téléphone: 819-477-3775
 www.exp.com

**ESSAIS SUR SOLS
 FORAGE ET SONDAGE**

Certifié: ISO 9001:2008

Client :	Johnston-Vermette	Dossier n° :	PLUS-26280-045500
Projet :	Oléoduc Énergie Est	Échantillon n° :	DR-3615
		Réf. client :	

Sondage n° :	QEEP-064	Prélevé le :	2014-02-27 par EXP
Échantillon :	CF-9	Reçu le :	2014-03-06
Profondeur :	13,7 à 14,3 m	Localisation :	Rivière Jacques-Cartier



Analyse granulométrique LC 21-040		Description	Autres essais	
Tamis (mm)	Tamisat %passant mesuré		Teneur en eau	LC 21-201 12,4%
112		D ₁₀ :		
80		D ₃₀ :		
56		D ₆₀ :	0,610 mm	
40		Coefficient d'uniformité (Cu) :		
31,5	100	Coefficient de courbure (Cc) :		
20	98	Gravier:	14 %	
14	95	Sable:	52 %	
10	92	Silt et argile:	34 %	
5	86	Description :	Sable silteux, un peu de gravier	
2,5	80	Classification unifiée :	SM	
1,25	72			
0,630	61			
0,315	47			
0,160	38			
0,080	33,6			

Remarques :

Vérifié par : Simon Tessier Technicien, coordonnateur
 Approuvé par : Michelle Létourneau, ing., M.Sc.A.
 Date : 2014-03-10

Annexe 4-45

Étude de faisabilité préliminaire par FDH – Tronçon du Québec – Fleuve Saint-Laurent



**TransCanada
Projet Oléoduc Énergie Est
Étude de faisabilité préliminaire de traverse
par FDH
Québec : Fleuve Saint-Laurent, Québec**

Préparé par :

ENGINEERING TECHNOLOGY INC.

#24, 12110 - 40 Street SE

Calgary, AB T2Z 4K6

Numéro de projet :

543

Date :

13 juin 2014



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 émis;
- doivent être lus comme un tout et les sections ne devraient pas être considérées 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 géographiquement ou en fonction du temps.

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

- comme convenu par le Consultant et le Client;
- comme l'exige la loi;
- pour l'usage des agences d'examen 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.



Liste de diffusion

Nombre de copies papier	PDF requis	Nom de la compagnie / association
	1	Johnston-Vermette

Journal de révision

Révision n°	Révisé par	Date	Description de la version / révision
0A	BS	21 octobre 2013	Émis pour commentaires du client
1	BS	8 novembre 2013	Révisé avec commentaires de JV - Émis pour usage
2	BS	28 janvier 2013	Emplacement/Profil de traverse révisés
3	DL	14 mars 2014	Calculs de contraintes révisés pour spécifications de tuyau et conditions d'exploitation
4	BS	30 avril 2014	Conditions d'exploitation révisées, format rapport
5	BS	13 mai 2014	Émis pour commentaires
6	BS	9 juin 2014	Émis pour commentaires
7	BS	13 juin 2014	Émis pour ingénierie de base

Signatures Entec Inc.

Rapport préparé par :

Bruce Skibsted, ing. jr
Directeur de projets, installations sans tranchée

Rapport révisé par :

Dale Larison, ing.
V.-P. Ingénierie



1. Introduction

Engineering Technology Inc. (Entec) a évalué la faisabilité d'une traverse par forage dirigé horizontal (FDH) du fleuve Saint-Laurent au Québec dans le cadre du projet Oléoduc Énergie Est. L'oléoduc proposé est en acier avec un diamètre extérieur de 1067 mm (42 po). La stratigraphie du sous-sol rocheux pour la traverse par tunnel du MTQ voisin a été fournie par TransCanada. En raison de la portée de cette traverse en termes de longueur et de diamètre combinés, cette traverse est considérée à haut risque. Les considérations de conception et de faisabilité sont discutées dans ce rapport.

2. Caractéristiques de l'emplacement

2.1 Topographie

La traverse proposée est située au sud-ouest de Québec, à environ 15 km en amont du pont Pierre-Laporte. À cet emplacement, le fleuve mesure approximativement 3400 mètres de largeur. Du côté nord (entrée) du fleuve, le terrain est une terre agricole plate. Du côté sud (sortie), il y a une falaise de 65 m de haut, suivie d'une terre agricole principalement plate. Il y a une augmentation de l'élévation de 60 m entre l'entrée et la sortie. Reportez-vous au dessin des plans préliminaires de l'annexe B pour des renseignements topographiques supplémentaires.

2.2 Conditions souterraines

Au moment de la rédaction de ce rapport, la stratigraphie de 11 trous de forage était disponible. Ces forages ont été effectués à l'emplacement d'un tunnel passant sous le Saint-Laurent, à environ 2,5 km en aval de la traverse proposée. La stratigraphie comprenait uniquement un sous-sol rocheux, rencontré à une profondeur ne dépassant pas 7 m sous la surface sur les deux rives, à une profondeur ne dépassant pas 45 m sous le lit de la rivière. De ces 11 trous de forage, 9 ont permis d'identifier un sous-sol rocheux constitué uniquement de schiste calcaireux. Les deux autres trous ont révélé du schiste calcaireux, du grès calcaireux et des schistes. À cet emplacement, 11 trous de forage supplémentaires sont planifiés. La détermination finale de la faisabilité et de la configuration de la traverse sera basée sur les résultats de trous de forage planifiés le long de l'alignement proposé et sur le rapport géotechnique final.

3. Considérations sur la conception des FDH

3.1 Contraintes exercées sur la canalisation

Les conditions d'exploitation de l'oléoduc ont été spécifiées par TransCanada. La pression maximale d'exploitation (PME) du projet sera de 8450 kPa aux sorties des stations de pompage. Les calculs de FDH pour cette traverse, toutefois, sont basés sur la PME spécifique de ce site, qui est de 9464 kPa et qui a été déterminée par la différence d'élévation entre la station de pompage en amont et le point le plus bas de la traverse. La canalisation sera soumise à des températures comprises entre 5 et 60°C. Une pression d'essai de 11 830 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 22,2 mm, avec l'utilisation d'un acier de grade 550 MPa. Un rayon de courbure minimum admissible pour l'installation de la canalisation a été déterminé sur la base de la contrainte maximale admissible combinant les effets de pression, de température et de cintrage.

**Tableau 1. Spécifications de l'oléoduc et conditions de procédé**

Propriété	Valeur	Unités
Diamètre extérieur	1067	mm
Tolérance d'épaisseur (TÉ)	0,0	% de l'ÉPN
Épaisseur de paroi nominale	20,2	mm
Grade/Limite élastique minimale spécifiée (LEMS)	550	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	8450	kPa
Pression maximale d'exploitation (PME) spécifique du site	9464	kPa
Pression d'essai (PE)	11 830	kPa
Rayon minimal	530	m
Rayon de conception	1200	m

Puisqu'un forage dirigé horizontal utilise une section de tuyau préassemblée tirée dans un trou de forage courbé, la technique FDH 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 FDH 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 mètres a été déterminé en fonction des déviations de guidage enregistrées lors de projets précédents de FDH à grand diamètre. Un rayon de conception de 1200 m a été choisi pour accommoder une géométrie de tracé de forage et des tolérances de guidage de FDH pratiques. La contrainte maximale attendue pendant l'opération correspond à environ 94,53 % de la limite élastique minimale spécifiée (LEMS). Selon la norme CSA Z662-11, la contrainte de cisaillement admissible est égale à 50 % de la LEMS. Cette contrainte maximale serait observée à n'importe quel emplacement le long du tracé de forage où le tuyau est assujéti au rayon minimal de 530 m. La canalisation choisie satisfait à 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 des canalisations sera effectuée lors de la conception détaillée.

La limite du rayon minimal spécifiée ne doit pas être dépassée, car les contraintes d'exploitation de la tuyauterie pourraient excéder les limites du matériau, provoquant la rupture de l'oléoduc. Toutes les déviations mesurées dans la géométrie du trou de forage pendant la construction et qui excèdent cette limite devraient être immédiatement corrigées.

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 le forage dirigé horizontal. Les mesures d'inclinaison à la verticale du trou de forage et de la direction (azimut) sont généralement prises au minimum tous les 10 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 dans les forages dirigés horizontaux.



3.2 Géométrie

Selon les informations de spécifications de la canalisation, de la géométrie spécifique à l'emplacement et l'information géotechnique, un forage dirigé horizontal semble faisable à cet emplacement. Le tracé de forage utilise le rayon de conception de 1200 m qui a été déterminé à la section 3.1, ainsi qu'un rayon de conception de 3000 m pour des raisons de commodité. Les angles d'entrée et de sortie ont été conçus à 10° et l'épaisseur de la couverture sous le fleuve est d'environ 60 m. La trajectoire de forage qui en résulte possède une longueur de 4386 m ainsi qu'une augmentation d'élévation de 60 m du nord au sud. Reportez-vous au dessin des plans préliminaires de l'annexe B pour une géométrie détaillée de la trajectoire de forage.

3.3 Gaine de forage

Pour atténuer les effets négatifs, les matériaux faibles ou non consolidés sont généralement isolés du trou de forage 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 sous-sol rocheux. On ignore la composition du terrain de couverture à l'emplacement de la traverse, mais si le fond rocheux est peu profond comme le suggèrent les trous de forage au site du tunnel (moins de 7 m sous la surface du sol), l'isolement avec une gaine de forage serait faisable, si nécessaire. Les gaines de forage devront être installées à l'aide d'un marteau pneumatique. Le diamètre minimum nécessaire pour permettre le passage du trépan aléueur final est de 1676 mm (66 po) (dia. ext.). S'il s'avère nécessaire d'installer une gaine de forage, il est improbable 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 sous-sol 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 fond rocheux. Pour des gaines mesurant jusqu'à 75 m, 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 complétée avec une gaine de 1676 mm (66 po) (dia. ext.) installée jusqu'au sous-sol rocheux.

3.4 Dimensions de la traverse

Quelques traverses de longueur similaire ont été exécutées dans le monde ainsi que plusieurs traverses de diamètre comparable ou plus grand. À la connaissance d'Entec, toutefois, il n'y a jamais eu une traverse combinant une telle longueur et ce diamètre. Une installation de 3962 m (13 000 pi) d'un tuyau de 219 mm (8 po) a été réalisée aux États-Unis. Puisqu'un trou pilote a été foré sur une longueur similaire, Entec est d'avis que le trou pilote pour cette traverse peut être complété à l'aide de la méthode d'intersection. Le forage s'exécute à partir des deux extrémités jusqu'à mi-parcours. Ceci facilite le retour des fluides et minimise la longueur du train de forage entre l'appareil de forage et le trépan aléueur. Entec sait qu'une traverse par FDH 914 mm (36 po) de diamètre et d'une longueur de 2042 m (6700 pi), et une autre de 1067 mm (42 po) de diamètre, longue de 1830 m (6000 pi), ont été complétées aux États-Unis. Une autre de 762 mm (30 po) de diamètre et longue de 3050 m (10 000 pi) a été réussie en Arabie Saoudite. À la lumière de ces réussites, Entec croit qu'une fois qu'un trou pilote aura été foré, celui-ci pourra être élargi pour accommoder une canalisation de 1067 mm (42 po), à l'aide de l'équipement actuellement disponible.

Des traverses longues comme celle-ci imposent des forces plus grandes sur le train de forage pendant l'alésage. Combinées avec la durée du projet pour compléter la traverse, le train de forage sera exposé à plusieurs cycles de fatigue. Il est recommandé d'utiliser un train de forage neuf pour cette traverse, conjointement avec un plan d'inspection et de mise à l'essai continu, dans le but d'atténuer les risques de bris de tuyauterie.

3.5 Dimensions de l'équipement et contrôle de la flottabilité

Un programme de contrôle des forces de flottabilité est normalement mis en place afin de réduire les forces de tirage et les contraintes d'installation requises pour installer des pipelines de grand diamètre, ainsi que pour réduire l'abrasion du pipeline ou du revêtement pendant l'installation. Pour ce projet, un programme de contrôle de la



flottabilité est à prévoir, ce qui pourrait impliquer le remplissage du pipeline avec de l'eau pendant l'étape de tirage afin de réduire les forces de flottabilité (poussée hydrostatique) sur la canalisation. Un programme de contrôle de la flottabilité diminuera aussi le risque de dommages par abrasion provoqués par la roche fracturée et les extrémités des gaines d'acier, en réduisant la poussée hydrostatique exercée sur ces irrégularités dans le trou de forage.

À l'aide des techniques de calcul traditionnelles, la force de tirage maximale estimée pour installer cet oléoduc en acier de 1067 mm (42 po) (dia. ext.) lorsqu'il est rempli d'eau est d'environ 1,9 M lb (voir l'annexe A). Cependant, en plus de la force de tirage, le couple de rotation devrait aussi être évalué. En raison du grand diamètre du trou de forage nécessaire pour ce pipeline, un gros appareil de forage possédant un couple de rotation suffisant est nécessaire. La capacité de couple de rotation minimale suggérée pour la machine de forage à utiliser pour ce projet est 100 000 pi-lb.

Selon son expérience en construction, Entec a constaté que les forces de tirage réelles sont beaucoup plus faibles que les forces de tirage maximales attendues, particulièrement dans les projets à grand diamètre dans le sous-sol rocheux. Dans un projet d'oléoduc de 1067 mm (42 po) qui a aussi été foré principalement dans le sous-sol rocheux, la force de tirage maximale réelle a été de 140 000 lb, pour une installation de 1100 m avec un contrôle de la flottabilité. À l'aide de ces résultats, une estimation pratique des forces de tirage qui se manifesteront pour l'installation de 4386 m sous le Saint-Laurent situe ces forces à environ 600 000 lb.

Les machines de forage de cette dimension sont considérées comme de grandes machines de forage pour FDH et sont régulièrement utilisées par les principaux entrepreneurs de forage. Il devrait y avoir de l'équipement suffisant et disponible au Canada et aux États-Unis pour compléter cette traverse. Pour parer aux forces de tirage plus hautes que prévu, un propulseur de tuyau du côté sortie pourrait être utilisé pour compléter la machine à forage par FDH pendant la phase de tirage. Des propulseurs de tuyau dotés d'une force de poussée de 1,5 M lb sont disponibles. Combiné avec la force de tirage de 1,4 M lb dont dispose l'appareil de forage qui devrait servir pour ce projet, un total de 2,9 M lb de propulsion serait disponible pour l'installation de l'oléoduc. Ceci est de beaucoup supérieur à la force de tirage attendue, sur la base des expériences passées avec des tuyaux de ce diamètre.

3.6 Diamètre du trou de forage

Le trou de forage pour un franchissement par FDH 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, en général, ceci n'est pas 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 de diamètre ou moins et 0,3 m de plus que le diamètre de la canalisation pour les tuyaux de plus de 0,61 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 1067 mm (42 po), un diamètre de trou de forage minimal de 1372 mm (54 po) est requis. Ultiment, l'entrepreneur en FDH sera responsable de l'évaluation des conditions de forage et des conditions du trou de forage pendant les opérations de forage, afin de déterminer si un format de trépan aléteur 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 aléteur plus gros ou un autre conditionnement du trou est nécessaire avant de tirer la section entière de la canalisation.



3.7 Soulèvement de la canalisation et rupture

Avant d'être tirée sous la rivière, la section de l'oléoduc sera habituellement étendue en une section continue. Une aire de travail d'une largeur approximative de 20 mètres serait requise pour une longueur équivalente à la longueur totale du forage (incluant une longueur additionnelle pour permettre 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 de forage. Pour cela, la section principale devra être soulevée sous forme de courbe. Ceci nécessitera l'utilisation de flèches latérales et de grues équipées avec des berceaux de levage de canalisation. Les points de levage devront être espacés de façon à limiter les contraintes sur le tuyau. Un plan de levage détaillé (charge de point de levage, hauteur et espacement) devra être développé pour cette traverse pendant la phase d'ingénierie détaillée.

La longueur de la section de tirage requise pour cette traverse nécessiterait deux traverses de route pour permettre la préparation en une longueur de la section à tirer. De telles traverses de route ont été accomplies dans le passé avec l'utilisation de ponceaux avec rouleaux à tuyau, afin de permettre la circulation ininterrompue des véhicules pendant la traverse.

3.8 Pression annulaire

La pression exercée par le fluide de forage retournant vers l'appareil de forage à l'intérieur du trou de forage après avoir quitté les outils de forage est appelée pression annulaire. Les mesures de pression annulaire peuvent servir d'indicateur de la condition du trou de forage. Des pressions annulaires élevées peuvent fracturer le sol et relâcher du fluide de forage dans la surface du sol ou dans une masse d'eau.

Ce rapport utilise des valeurs types de propriétés critiques de fluide de forage afin de calculer la pression annulaire attendue pendant la phase de forage du trou pilote. La pression de fluide de forage maximale attendue pour ce forage est d'environ 2110 kPa (306 psi) et devrait être atteinte au point le plus bas du chemin de forage. Le terrain de couverture en sous-sol rocheux que l'on retrouve au site de la traverse devrait être adéquat pour contenir ces pressions annulaires à la profondeur proposée de 60 m de couverture, si l'on assume qu'il ne contient pas de fractures significatives.

Le tableau sommaire des calculs de pression annulaire est fourni dans l'annexe C et les modèles de pression annulaire ont été développés avec les propriétés de fluide de forage assumées suivantes :

- Diamètre du trou de forage : 311 mm
- Diamètre du tuyau de forage : 168 mm
- Débit du fluide : 1,42 m³/min
- Densité du fluide de retour 1140 kg/m³
- Viscosité plastique : 20 cP
- Seuil d'écoulement 9,6 Pa

Il faut souligner que les pressions de fluide de forage varieront en fonction des différences entre les densités, les viscosités, les seuils d'écoulement, les débits de fluide de forage, les diamètres de trou pilote et les diamètres de tuyau de forage assumés et réels. Les pressions assumées devraient être ajustées pour se conformer au programme de forage de l'entrepreneur, de façon à donner un portrait réaliste des pressions attendues durant la construction.

Une fois le trou pilote complété, le processus d'élargissement du trou (alésage) débute. Pendant ce processus, le trou est élargi pour permettre l'installation du tuyau et la surface de débit pour le retour du fluide de forage jusqu'à l'appareil de forage augmente. Cette surface augmentée a pour résultat une pression annulaire inférieure à celle qui prévalait dans le trou pilote. Habituellement, si le trou pilote est complété sans fracture du fluide vers la surface, les activités d'élargissement du trou ne souffriront pas de pertes de fluide. C'est l'une des raisons principales pour lesquelles la pression annulaire n'est pas surveillée pendant l'élargissement du trou.



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

4.1 Perte de contrôle du guidage

Les formations de sol meuble ou des changements majeurs dans les propriétés des formations peuvent engendrer des problèmes de guidage. Ces problèmes surviennent lorsque la formation n'offre pas assez de résistance au trépan pour lui permettre d'effectuer un changement de direction. À l'intersection de formations plus dures, comme le sous-sol rocheux, 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. La qualité et l'homogénéité du sous-sol rocheux n'étaient pas disponibles au moment de la rédaction du rapport. Si des déviations dépassant les tolérances sont mesurées, une petite portion du trou de forage est habituellement forée à nouveau pour permettre d'effectuer des réglages à la trajectoire du trou de forage. Dans les cas extrêmes, il peut être 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 dans le respect des tolérances.

Le contrôle de l'opérateur sur la tête de forage diminue à mesure que la longueur de la traverse augmente. Plusieurs technologies de guidage pourraient s'avérer nécessaires pour cette traverse, comme une technologie de triangulation utilisant des lectures magnétiques fournies par des systèmes de guidage gyroscopiques que les entrepreneurs en FDH peuvent se procurer sur le marché.

4.2 Perte de circulation et fuites de fluide

Le risque de perte de fluide est à son plus haut lors du forage du trou pilote, alors que la petite taille du trou de forage entraîne une pression circulatoire plus élevée et que les déblais peuvent plus facilement boucher le trou. Le fluide peut se propager dans des failles du sous-sol rocheux, des matériaux meubles déplacés ou le vide entre les matériaux non consolidés. 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 de forage soit cimentée et forée à nouveau. Dans certains 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 perte par fracturation (frac-out). L'entrepreneur en FDH 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 pertes par 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 FDH.

4.3 Instabilité du trou de forage

Pour diminuer les risques d'effondrement du trou de forage en sol faible ou non consolidé, la circulation d'équipements au-dessus de la trajectoire de forage devrait être limitée le plus possible. Ceci vaut surtout pour la région directement au-dessus de l'extrémité de toute gaine. Utiliser un fluide de forage aux propriétés adéquates réduit les chances d'effondrement du trou de forage. 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. Les endroits pouvant contenir du sable, du gravier ou des galets peuvent aussi s'avérer problématiques. L'effondrement d'un trou de forage peut aussi coincer l'équipement et en causer la perte ainsi que l'abandon du trou. Asseoir complètement la gaine de forage dans le sous-sol rocheux ou cimenter la transition aidera à atténuer les risques d'une canalisation coincée pendant la procédure de tirage.

4.4 Infiltration d'eau

En cas d'écoulement artésien important, 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 et le FDH pourraient être cimentés et abandonnés. L'infiltration d'eau augmente l'instabilité du trou de forage et ses risques associés.

4.5 Dommage au revêtement ou à la canalisation

Pendant le tirage de la du tuyau, des déformations ou des objets comme des galets, des blocs ou des morceaux du sous-sol rocheux fracturé peuvent causer des dommages au revêtement de la canalisation. Un travail soigné doit être accompli pour s'assurer que le trou de forage 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 de gaines 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

Le gonflement de matériaux comme l'argile et le schiste, qui composaient le plus gros du sous-col rocheux à l'emplacement des forages, 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 de la procédure de tirage. Les problèmes de gonflement deviendront de plus en plus sévères au fur et à mesure que le trou de forage sera exposé au fluide de forage et que les matériaux y seront exposés. Puisque cette canalisation nécessitera un trou très large et plusieurs alésages, on peut s'attendre à ce que le gonflement potentiel de la géologie se réalise. Des additifs pour fluide de forage peuvent être utilisés pour contrôler le gonflement de l'argile, si celui-ci devient problématique. 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. 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. Du sable, du limon ou du gravier qui se détachent de la paroi sont aussi des causes de coincement de la canalisation. 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 déplacement de la canalisation aideront à réduire le risque d'obstruction du trou de forage par la chute de matériaux.

Les outils de forage peuvent se coincer si une quantité trop grande de déblais ne peut pas être nettoyée du trou de forage. Ceci pourrait impliquer du travail supplémentaire pour libérer les outils coincés ou, dans certains cas, l'abandon de la tentative de traverse. Ce risque est amplifié en raison de la longueur totale de cette traverse.

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 les transitions à l'extérieur d'une gaine de forage ou du sous-sol rocheux au terrain de couverture. 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 d'un trou non centré. Ce risque peut être atténué lors de la conception en choisissant une gaine de forage plus grande. 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 aléueur coincé peut mener au bris du tuyau de forage.

4.7 Usure et défaillance des outils de forage

Les outils de FDH à diamètre important, tels que ceux requis pour ce projet, exercent des charges élevées sur le train de forage, qui peuvent s'accumuler et causer des défaillances d'usure. Une attention particulière doit être portée dans les trous de forage de grande taille et dans les formations meubles 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 de la formation tandis que l'appareil de forage ne fournit que la torsion de l'autre côté. Cette pratique diminue les contraintes exercées 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 si un bris survient d'un côté de la traverse, il peut être récupéré sans avoir recours à une opération de repêchage.

Une autre considération majeure pour la faisabilité de ce projet est la durée du forage. Le forage devrait se dérouler principalement dans du schiste calcaireux et du grès, ce qui devrait offrir une bonne stabilité au trou de forage et permettre un bon nettoyage des déblais. Cependant, la dureté de ce sous-sol rocheux pourrait contribuer à l'usure de l'outillage de forage dans les zones plus dures, ce qui aura un impact sur les coûts et les échéanciers globaux, en raison du temps passé à effectuer des opérations de va-et-vient pour remplacer les trépans et aléseurs, en plus des taux de progression généralement bas pour la durée principale du forage. Un choix d'outillage judicieux et adapté à la géologie sera essentiel de la part de l'entrepreneur pour que l'ensemble du projet se fasse dans un échéancier minimal.

Actuellement, le plus grand risque anticipé menaçant la réussite de la traverse est le bris du train de forage pendant le forage du trou pilote ou pendant l'alésage.

4.8 Risques environnementaux

Le risque environnemental principal d'un FDH 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 FDH doit être abandonné pour prévenir des dommages environnementaux plus importants.

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

Les machines de FDH 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 sur place à l'aide de troussees antidéversement disponibles. 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 des ruissellements de surface aide à atténuer et à contrôler ce risque.

Les opérations de forage dirigé horizontal 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 de traverse alternative proposée à cet emplacement est un tunnel. Le dessin de conception préliminaire pour la traverse en tunnel est inclus à l'annexe C.

5. Calendrier de forage dirigé horizontal

5.1 Estimation de calendrier

La traverse proposée serait l'un des plus gros projets de FDH réalisés à ce jour et nécessitera un calendrier prolongé. Le projet comporte plusieurs étapes : préparation du site, mobilisation, installation de la gaine de forage, forage et intersection du trou pilote, alésage, préparation de la section d'oléoduc, tirage de la section d'oléoduc, enlèvement de la gaine de forage, raccordements, mise à l'essai et restauration du site.

Les activités de préparation du site, de la préparation de la section d'oléoduc, de raccordement et de mise à l'essai devront être exécutées par l'entrepreneur et ne font pas l'objet de la discussion de calendrier actuelle.

Le tableau ci-dessous résume les échéanciers de construction attendus pour un projet de dimensions comparables. Veuillez noter qu'il est assumé que les travaux se poursuivent 24 heures par jour, à moins d'indication contraire. Chacun des points est discuté plus loin.



Tableau 2. Calendrier de construction de la traverse

Activité	Durée (Jours)
Mobilisation	7
Installation des gaines de forage	6
Forage du trou pilote*	34
Opérations d'intersection du trou pilote	4
Alésage (3 passes)	151
Nettoyage du trou de forage et tirage de la canalisation	17
Enlèvement de la gaine de forage	3
Démobilisation	3
Total	225

Notes : *Méthode d'intersection, 2 appareils de forage travaillant simultanément

- Les activités de mobilisation pour un emplacement de forage étendu prendront probablement 7 jours (quarts de travail de 12 heures), avant que ne débutent les travaux de construction ininterrompus.
- L'installation de la gaine de forage à l'entrée devrait prendre 6 jours environ, avec une combinaison d'excavation et de martelage. Il est présumé que les travaux de construction se poursuivront 24 heures par jour.
- Le forage du trou pilote devrait prendre environ 34 jours (quarts se relayant 24 h/j) avec une progression assumée de 66 m par jour pour chacune des machines de forage. Une autre période de 4 jours devrait être nécessaire pour compléter l'opération d'intersection du trou pilote.
- L'opération d'alésage est l'activité consommant le plus de temps et devrait prendre 151 jours (quarts se relayant 24 h/j) afin d'obtenir une dimension de trou de 1372 mm (54 po), en assumant une progression de 88 m par jour par passe d'alésage.
- L'exécution de la passe de nettoyage finale pour nettoyer le trou et compléter le tirage du tuyau devrait prendre 17 jours, en assumant une progression de 400 m/j pour la passe de nettoyage.
- L'enlèvement de la gaine de forage (par étape) devrait prendre 3 jours.
- Les activités de démobilisation de la machine de forage et de l'équipement devraient prendre 3 jours.

5.2 Résumé du calendrier

Une traverse du fleuve Saint-Laurent par FDH avec méthode d'intersection devrait prendre 225 jours, de la mobilisation à la démobilisation. Ceci comprend un certain temps pour les imprévus et retards auxquels il faut s'attendre sur les grands projets de FDH. Ce projet, cependant, en est un d'une distance presque record et de très grand diamètre. Il est presque deux fois plus grand que les projets utilisés pour l'estimation de ce calendrier. Il n'existe pas suffisamment d'informations sur les traverses de cette dimension qui permettraient calculer des impacts au calendrier différents de ceux des grands projets de FDH complétés.



6. Conclusion

Selon les informations de géométrie de l'emplacement de la traverse, des conditions d'exploitation de l'oléoduc et l'information géotechnique pour le trou de forage, une traverse par FDH du fleuve Saint-Laurent est une option de traverse sans tranchée considérée techniquement faisable, mais à haut risque. Les risques comprennent les difficultés de direction, d'usure de l'outillage, de coincement de la canalisation et de pertes de fluide. Ces risques sont amplifiés en raison de la longueur sans précédent de cette traverse. À la connaissance d'Entec, une traverse combinant cette longueur et ce diamètre n'a jamais été exécutée. Toutefois, puisqu'il est prouvé qu'un trou pilote de cette longueur peut être complété, il est plausible de croire que le diamètre du trou peut être augmenté jusqu'au diamètre requis. À la connaissance d'Entec, cette traverse constituerait le plus grand FDH tenté à ce jour. Même si Entec croit que les techniques de FDH actuelles sont suffisamment extensibles pour permettre la réalisation d'une traverse de cette dimension, la capacité de l'industrie n'a pas été démontrée. En raison de cette incertitude, la traverse est considérée à haut risque. Une évaluation plus poussée sera requise pendant la conception détaillée, après la réalisation des trous de forage planifiés et la réception du rapport géotechnique final. La durée de l'installation de l'oléoduc est estimée à 225 jours. L'équipement et l'expertise nécessaires pour la réalisation de ce projet devraient être disponibles en Amérique du Nord et ailleurs.

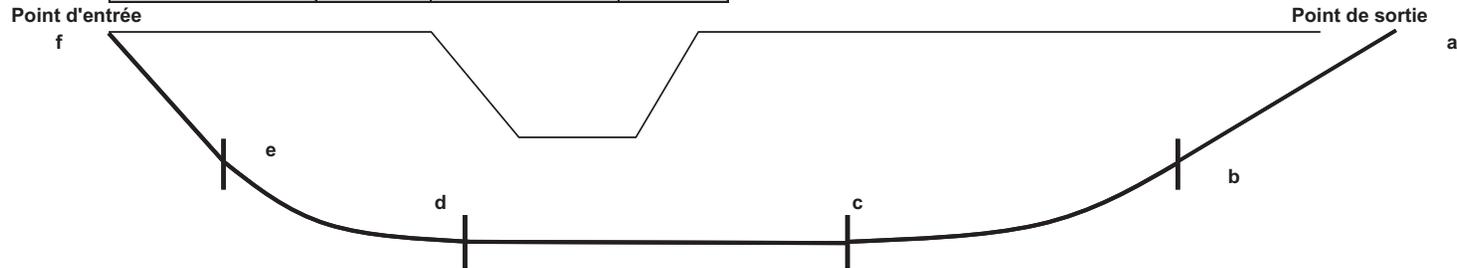


Annexe A

Sommaire des calculs

543-ENG-104
FLEUVE SAINT-LAURENT

Données de conception		Données du tuyau		Données de procédé		Critères de contrainte			
Longueur forée (m)	4386,2	Dia ext. Tuyau (mm)	1067,0	PME (kPa)*	9464	Contrainte de cisaillement admissible			
Longueur horizontale (m)	4369,4	Épais. Nominale (mm)	20,2	Pr. essai (kPa)	11830	Exigences du client		Exigences CSA	
Rayon minimum (m)	530	Tolér. Corrosion (mm)	0	Cat.	II	PE (MPa)	275,0	PE (MPa)	275,0
Rayon de conception (m)	3000	Tolér. Épaisseur (%)	0	T2 (°C)	60	Essai (MPa)	302,5	Essai (MPa)	302,5
Angle d'entrée (° Bas)	10	Épaisseur d'essai (mm)	20,2	T1 (°C)	5				
Angle de sortie (° Haut)	10	Grade (MPa)	550						



Lieu	Construction					Contrainte d'essai (après tirage)			Post-assèchement pré-exploi. (PAPE)			Contrainte d'exploitation		
	Charge		Contra. 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	751 483	3 354 835	7298	50,32	18,30	30 970	213,5	70,59	15110	104,2	34,44	37 703	260,0	94,53
Point B	846 470	3 778 882	18521	127,70	46,44	31 670	218,4	72,18	15604	107,6	35,57	37 210	256,6	93,29
Point C	920 961	4 111 433	18991	130,94	47,61	31 562	217,6	71,94	16311	112,5	37,18	36 504	251,7	91,52
Point D	1 704 062	7 607 422	22793	157,15	57,15	31 562	217,6	71,94	16311	112,5	37,18	36 504	251,7	91,52
Point E	1 796 804	8 021 448	23201	159,96	58,17	31 605	217,9	72,04	16028	110,5	36,53	36 786	253,6	92,23
Point F	1 929 319	8 613 031	23704	163,43	59,43	31 745	218,9	72,35	15110	104,2	34,44	37 703	260,0	94,53

Lieu	Défor. Circumférentielle		Capacité de moment		
	Construction	PAPE	Construction	PAPE	Test
Point A					
Point B	OK	OK	OK	OK	OK
Point C	OK	OK			
Point D	OK	OK	OK	OK	OK
Point E	OK	OK			

Norme 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

Norme CSA Z662-11 (essai)	
4.7.1	OK
4.7.2.1	OK
11.8.4.4<11.8.4.5	OK

REV.	DATE	DESCRIPTION	SCEAU/ÉTAMPE
A	18-oct-13	Conception préliminaire	
1	31-oct-13	Trajectoire de forage révisée	
2	28-janv-14	Trajectoire de forage révisée	
3	14-mars-14	Spéc. tuyau et expl mises à jour	
4	01-avr-14	Force de tirage révisée	
5	15-avr-14	Températures, épais. révisées	
6	13-mai-14	Géométrie, températures révisées	
7	04-juin-14	Émis pour commentaires par JV	
8	13-juin-14	Émis pour ingénierie de base	



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

Property of Engineering Technology Inc. (ETI)
Not to be copied, transmitted or redistributed
Without written consent of ETI.

Permis d'ingénierie de l'APEGA No. P8649

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.



Annexe B

Dessin de conception

NOTES:

1. ALL DIMENSIONS ARE IN METERS UNLESS OTHERWISE SPECIFIED.
2. THE CONTRACTOR SHALL BE RESPONSIBLE FOR OBTAINING ALL NECESSARY PERMITS AND APPROVALS FROM THE LOCAL AUTHORITIES.
3. THE CONTRACTOR SHALL MAINTAIN ACCESS TO ALL ADJACENT PROPERTIES AND PUBLIC ROADS AT ALL TIMES.
4. THE CONTRACTOR SHALL PROTECT ALL EXISTING UTILITIES AND STRUCTURES.
5. THE CONTRACTOR SHALL MAINTAIN THE PROPOSED ROADWAY OPEN TO TRAFFIC AT ALL TIMES.
6. THE CONTRACTOR SHALL MAINTAIN THE PROPOSED ROADWAY OPEN TO TRAFFIC AT ALL TIMES.
7. THE CONTRACTOR SHALL MAINTAIN THE PROPOSED ROADWAY OPEN TO TRAFFIC AT ALL TIMES.
8. THE CONTRACTOR SHALL MAINTAIN THE PROPOSED ROADWAY OPEN TO TRAFFIC AT ALL TIMES.
9. THE CONTRACTOR SHALL MAINTAIN THE PROPOSED ROADWAY OPEN TO TRAFFIC AT ALL TIMES.
10. THE CONTRACTOR SHALL MAINTAIN THE PROPOSED ROADWAY OPEN TO TRAFFIC AT ALL TIMES.

PROPOSED ROADWAY / BRIDGE DATA

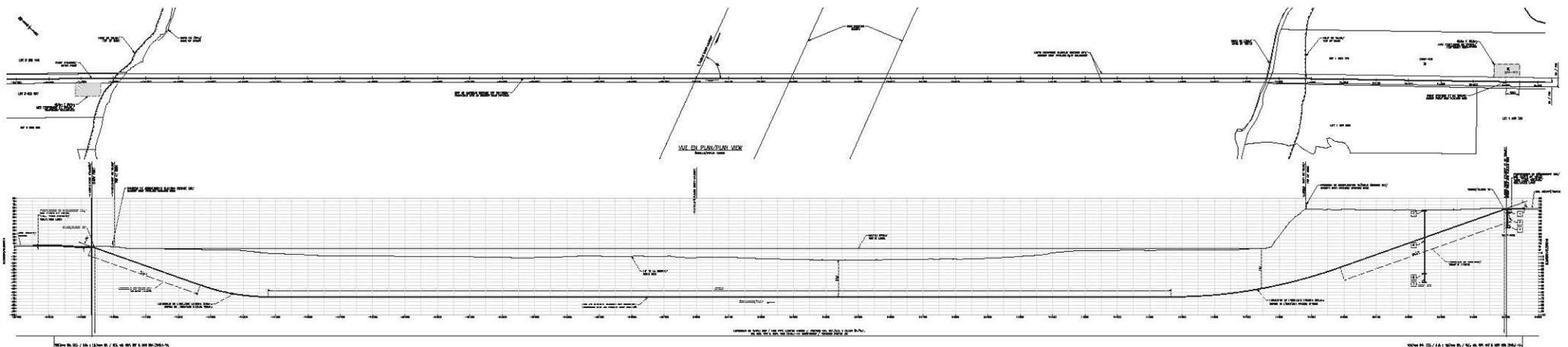
1. ROADWAY TYPE	2. ROADWAY WIDTH	3. ROADWAY GRADE
4. ROADWAY SURFACE	5. ROADWAY DRAINAGE	6. ROADWAY LIGHTING
7. ROADWAY SIGNAGE	8. ROADWAY SAFETY	9. ROADWAY UTILITIES
10. ROADWAY STRUCTURES	11. ROADWAY MATERIALS	12. ROADWAY CONSTRUCTION

GENERAL NOTES:

1. THE CONTRACTOR SHALL BE RESPONSIBLE FOR OBTAINING ALL NECESSARY PERMITS AND APPROVALS FROM THE LOCAL AUTHORITIES.
2. THE CONTRACTOR SHALL MAINTAIN ACCESS TO ALL ADJACENT PROPERTIES AND PUBLIC ROADS AT ALL TIMES.
3. THE CONTRACTOR SHALL PROTECT ALL EXISTING UTILITIES AND STRUCTURES.
4. THE CONTRACTOR SHALL MAINTAIN THE PROPOSED ROADWAY OPEN TO TRAFFIC AT ALL TIMES.

PROPOSED ROADWAY / BRIDGE DATA

1. ROADWAY TYPE	2. ROADWAY WIDTH	3. ROADWAY GRADE
4. ROADWAY SURFACE	5. ROADWAY DRAINAGE	6. ROADWAY LIGHTING
7. ROADWAY SIGNAGE	8. ROADWAY SAFETY	9. ROADWAY UTILITIES
10. ROADWAY STRUCTURES	11. ROADWAY MATERIALS	12. ROADWAY CONSTRUCTION



VIEW 11: PROPOSED ROADWAY

NO.	DESCRIPTION	QUANTITY	UNIT	PRICE	TOTAL
1	PROPOSED ROADWAY	100	M	100	100
2	PROPOSED BRIDGE	1	BRIDGE	1000	1000
3	PROPOSED STRUCTURES	10	STRUCTURE	100	1000
4	PROPOSED UTILITIES	100	M	100	100
5	PROPOSED SAFETY	100	M	100	100
6	PROPOSED SIGNAGE	100	M	100	100
7	PROPOSED MATERIALS	100	M	100	100
8	PROPOSED CONSTRUCTION	100	M	100	100

PRELIMINAIRE

PRELIMINARY ONLY

NOT FOR CONSTRUCTION

1. GENERAL NOTES: ALL DIMENSIONS ARE IN METERS UNLESS OTHERWISE SPECIFIED.
2. THE CONTRACTOR SHALL BE RESPONSIBLE FOR OBTAINING ALL NECESSARY PERMITS AND APPROVALS FROM THE LOCAL AUTHORITIES.
3. THE CONTRACTOR SHALL MAINTAIN ACCESS TO ALL ADJACENT PROPERTIES AND UTILITIES AT ALL TIMES.
4. THE CONTRACTOR SHALL BE RESPONSIBLE FOR THE PROTECTION OF ALL EXISTING UTILITIES AND STRUCTURES.
5. THE CONTRACTOR SHALL MAINTAIN THE EXISTING GRADE AND SURFACE WHEREVER POSSIBLE.
6. THE CONTRACTOR SHALL BE RESPONSIBLE FOR THE PROTECTION OF THE ENVIRONMENT AND NEIGHBORHOODS.
7. THE CONTRACTOR SHALL MAINTAIN THE EXISTING DRAINAGE PATTERNS AND SYSTEMS.
8. THE CONTRACTOR SHALL BE RESPONSIBLE FOR THE PROTECTION OF ALL ADJACENT PROPERTIES AND UTILITIES.
9. THE CONTRACTOR SHALL MAINTAIN ACCESS TO ALL ADJACENT PROPERTIES AND UTILITIES AT ALL TIMES.
10. THE CONTRACTOR SHALL BE RESPONSIBLE FOR OBTAINING ALL NECESSARY PERMITS AND APPROVALS FROM THE LOCAL AUTHORITIES.

PROFILES IN METERS / PROFILE ELEVATIONS

1. PROFILE 1: ...

2. PROFILE 2: ...

3. PROFILE 3: ...

4. PROFILE 4: ...

5. PROFILE 5: ...

6. PROFILE 6: ...

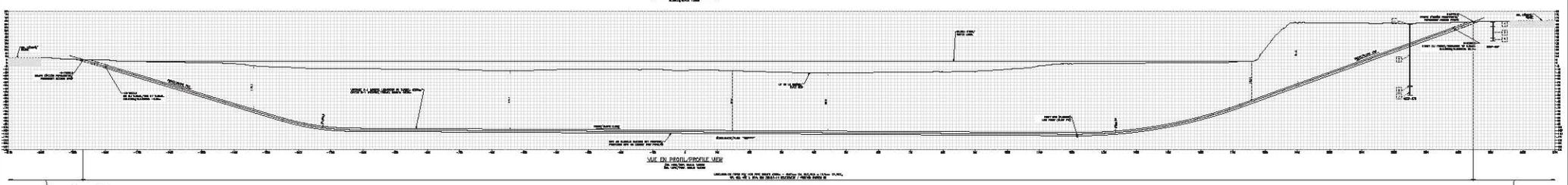
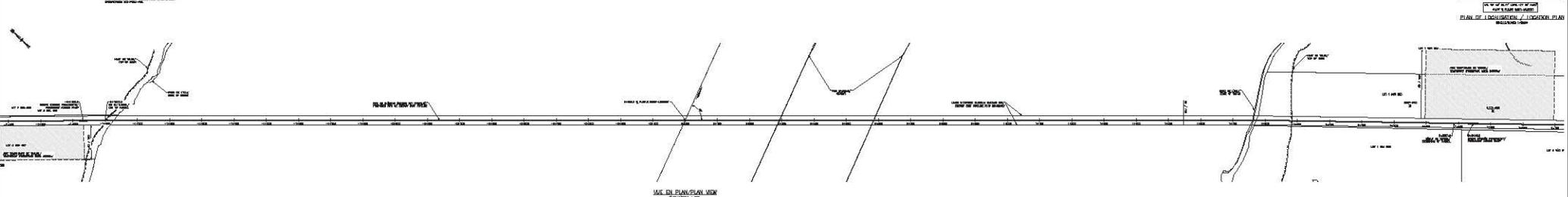
7. PROFILE 7: ...

8. PROFILE 8: ...

9. PROFILE 9: ...

10. PROFILE 10: ...

NO.	DESCRIPTION	QUANTITY	UNIT
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10



NO.	DESCRIPTION	QUANTITY	UNIT
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10

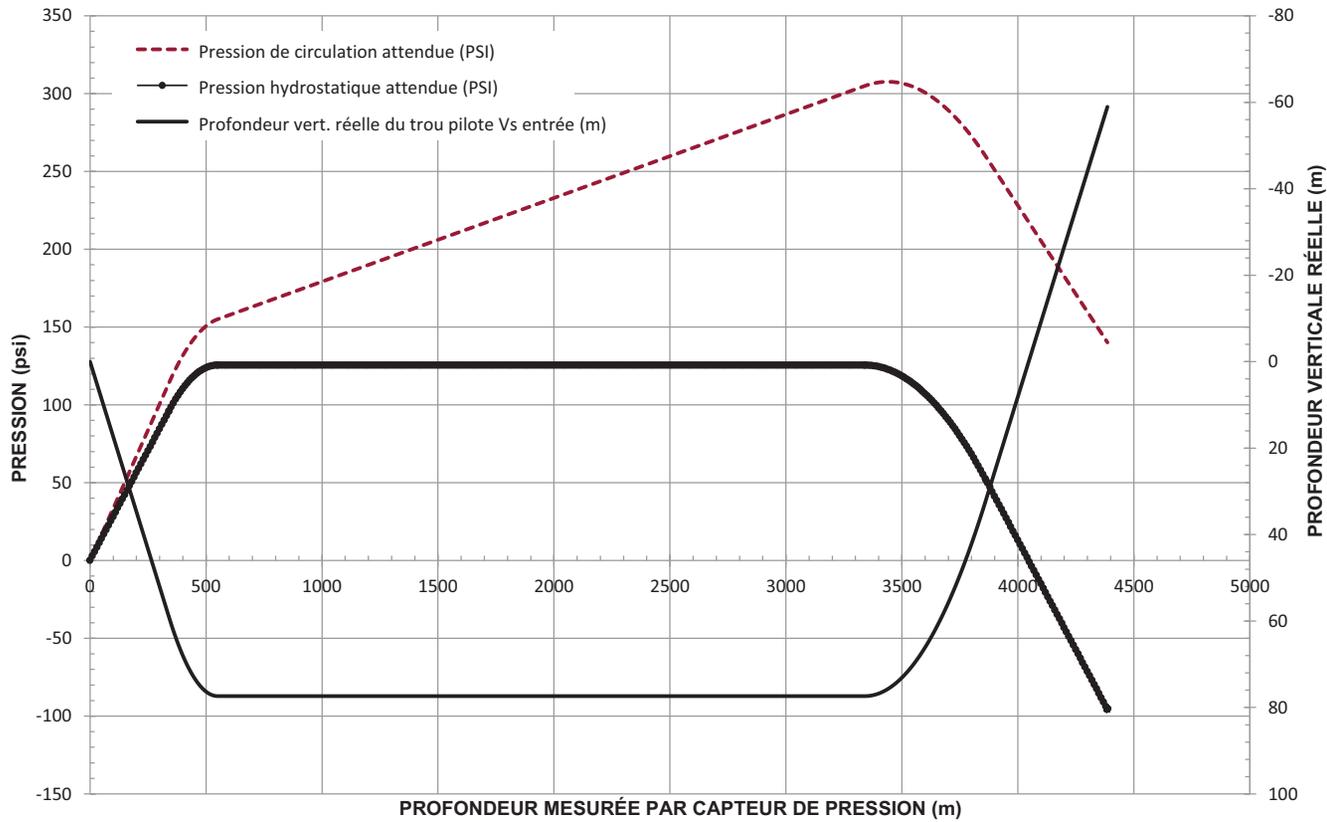
PRELIMINAIRE
 PRELIMINARY ONLY
 NOT FOR CONSTRUCTION



Annexe C

Diagramme de la pression annulaire

Pression annulaire attendue et P. V. R. en fonction de la longueur forée du trou pilote pour le FDH Saint-Laurent pendant le forage du TROU PILOTE



Engineering Technology Inc.
 24, 12110 40 Street SE Calgary,
 AB T2Z 4K6
 P: (403) 319-0443
 F: (403) 640-0504
 www.entecinc.com

IMPORTANT:

Ce graphique et les renseignements qu'il contient sont strictement confidentiels et ne doivent pas être distribués ou reproduits sans le consentement écrit d'Engineering Technology Inc.

Permis d'ingénierie de l'APEGGA no P8649

Version	DATE	DESCRIPTION	Dessin :
0A-1	21 oct 13	IFR	BS
1	31 oct 13	IFR	BS
2	28 jan 14	IFR	BS
3	13 juin 14	IFF	BS

Seuil d'écoulement du fluide de forage : 20 lb/100pi²
 Viscosité plastique du fluide de forage : 20 cP
 Débit du fluide de forage : 1,420 m³/min.
 Diamètre du trou de forage : 12,25 po
 Diamètre du tuyau de forage : 6,63 po
 Densité du fluide de retour : 1140 kg/m³

NOTES



Annexe D

Information géotechnique

Annexe I – Fleuve Saint-Laurent

I1. 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>	
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.			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.	
<u>Classification et dimension des particules (ASTM D2487)</u>				
<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 %			
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.			<u>STRATIGRAPHIE</u>	
<u>Sols pulvérulents</u>			Les symboles suivants sont utilisés, seuls ou associés, pour illustrer la stratigraphie; un X indique qu'il s'agit de matériaux de remblai.	
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.				Argile
				Silt
				Sable
				Roche ignée
				Grès
				Gravier
				Sols organiques
				Calcaire ou dolomie
				Shale ou ardoise
				Roche métamorphique
<u>Compacité</u>			<u>ESSAIS</u>	
Très lâche			N : Essai de pénétration standard	
Lâche			C _u : Résistance au cisaillement	
Compact ou moyenne			C _{ur} : Résistance au cisaillement (remanié)	
Dense			S _t : Sensibilité au remaniement	
Très dense			RQD : Indice de qualité du roc en laboratoire	
			Inj : Injection d'eau sous pression	
			w : Teneur en eau naturelle	
			w _i / 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 µm	
			Oed : Consolidation oedométrique	
			Sed : Sédimentométrie	
<u>Sols cohérents</u>			<u>COLONNE QUADRILLÉE</u>	
Pour les sols cohérents (silt argileux à argile), la consistance du sol est évaluée à partir des essais de résistance au cisaillement (C _u) ou, à défaut, de l'indice « N ». La sensibilité au remaniement (S _t) est définie par le rapport de la résistance au cisaillement du matériau intact (C _u) sur celle du matériau remanié (C _{ur}).			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.	
<u>Consistance</u>	<u>Résistance (C_u, 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 (S_t)</u>		<u>C_u / C_{ur}</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 (w_l)</u>	<u>Indice de plasticité (I_p)</u>		
Faible	< 30	< 10 %		
Moyenne	30 à 50	10 % à 25 %		
Élevée	> 50	> 25 %		



RAPPORT DE FORAGE

Forage N° : QEEP-063
 Dossier : PLUS-00026280-045500

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			
			Deviend extrêmement dense vers 11,13 mètres de profondeur.				CF-8																	
	12																							
	40								CR-9	40														
	13																							
	45																							
	14								CR-10	2														
	15																							
	50								CR-11	100														
	16								CR-12	100														
	55																							
	17								CR-13	25														
	18																							
	60								CR-14	40														
	19																							
	65																							
	20																							
	21								CR-15	0														
	70								CR-16	79														
	22								CR-17	58														
	75																							
	23						CR-18	90																
	24																							
	80																							
	25						CR-19	100																

k = 2,5 x 10-8 m/s



RAPPORT DE FORAGE

Forage N° : QEEP-063
Dossier : PLUS-00026280-045500

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	
85	26	9.36 25.90	Socle rocheux : Shale argileux fracturé. Présence de sédiments.				CR-20	100	0											
27	90	8.64 26.62	Shale argileux gris, très friable et très mou avec interlits de siltstone et grès fin gris. Shale à shale ardoisier domine la séquence. Litage incliné à 125-130° avec l'axe de la carotte (35-40° avec l'horizon). Se délite facilement et est très friable au contact de l'eau.				CR-21	72	0											
28	95		Zone de plissement ou de cisaillement résultant en un roc très fracturé et une foliation subverticale et à 155-160°. Roc en général de très mauvaise qualité.				CR-22	100	0											
29	95						CR-23	100	0											
30	100	5.36 29.90	Fin du forage à 29,9 mètres de profondeur.																	
31	105																			
32	110																			
33	115																			
34	120																			
35	125																			
36	125																			
37	125																			
38	125																			
39	125																			



RAPPORT DE FORAGE

Forage N° : QEEP-070
Dossier : PLUS-00026280-045500

Projet : Oléoduc Énergie Est - Exploration géotechnique
Traverses de rivières majeures
Endroit : Fleuve St-Laurent
Foreur : Forages S.L.
Date du forage : 2014-03-12

Compilé par : M. Létourneau
Technicien : D. Lamontagne
Approuvé par : V. Boivin
Date du rapport : 2014-04-16

Coordonnées géographiques
Latitude : 46.6939°
Longitude : -71.4661°

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	FABILE	MOYENNE	FORTE	Essais	Cu Cur Nc	20	40	60	80	100			
		32.30	Niveau actuel du sol																			
		0.00	Descente des tubages en destruction jusqu'à 1,1 mètre de profondeur.																			
1		31.23	Sable silteux gris.																			
5		1.07					CF-1	100	24													
		30.62	Socle rocheux : Shale ardoisier gris, à litage incliné, souvent plissé, avec mince interlits (1-2 mm) de shale ardoisier noir et siltstone ou grès gris pâle calcaireux ou dolomitique. Les lits se séparent facilement le long de plans argileux. Litage à 60-70° de l'horizontale. Quelques joints calcifiés ou montrant un glissement ou décrochement sont notés à 3,21 m (10° avec l'axe), à 4,46 m (40° avec l'axe) et à 7,0 m (140° avec l'axe). Roc très fracturé entre 4,30 et 6,55 mètres de profondeur. Joint à 45° à 8,20 m et à 8,36 mètres de profondeur.																			
2		1.68					CR-2	60	20													
10																						
15								CR-3	52	9												
20																						
25																						
30																						
35																						
10																						
11																						
			De 11,27 à 12,85 m : Le litage devient obscur, les																			

Remarques :

NOTE : CE RAPPORT DE FORAGE EST UNE REPRÉSENTATION DES CONDITIONS DE SOLS ET D'EAU SOUTERRAINE, INTERPRÉTÉE SELON LA PRATIQUE COURANTE, ET NE S'APPLIQUE QU'À L'EMPLACEMENT DE CE SONDAGE ET AU MOMENT DE SON EXÉCUTION. CE RAPPORT DOIT ÊTRE LU AVEC LE TEXTE QUI L'ACCOMPAGNE. CE RAPPORT NE DOIT PAS ÊTRE REPRODUIT, SINON EN ENTIER, SANS L'AUTORISATION ÉCRITE DU LABORATOIRE.



RAPPORT DE FORAGE

Forage N° : QEEP-070
Dossier : PLUS-00026280-045500

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	
12	40		lits sont plissés, convolutés et décrochés. Présence de plusieurs veines minces aléatoires de calcite (séquence flyschoidé).				CR-6	100	92											
13			À 12,85 m : Reprise de la séquence de shale ardoisier au litage incliné (environ 50° avec l'horizontale) avec interlits de shale silteux, siltstone gris (1-5 cm).																	
14	45						CR-7	100	86											
15	50						CR-8	77	40											
16			De 15,55 à 15,85 m : Intervalle de séquence flyschoidé au litage convoluté.																	
17	55		À 15,85 m : Reprise des lits inclinés à 40° avec l'horizontale.																	
18	60		De 16,30 à 22,0 m : Séquence flyschoidé de shale ardoisier, shale silteux et grès dolomitique. Litage irrégulier, plissé, microfissures, veines de calcite, roc fracturé, quelques fissures aléatoires ouvertes et fractures mécaniques le long de plans de litage sub-verticaux.				CR-9	100	61											
19			Présence de lits gréseux ou blocs dans le flysch entre 17,50 et 17,70 m et entre 19,45 et 20,40 mètres de profondeur.																	
20	65						CR-10	72	20											
21							CR-11	100	85											
22	70						CR-12	86	59											
23			À 21,70 m : Le litage est subvertical avec microfissures calcifiées montrant un déplacement. Le mélange de flysch (zone régionale de failles de chevauchement) se poursuit en profondeur. Zone fissurée subverticalement de 22,60 à 26,30 mètres de profondeur.																	
24	75						CR-13	83	45											
25	80		Dépôts de 5 cm de sédiments à 23,90 et à 24,85 mètres de profondeur.																	
26	85						CR-14	100	49											
			Lits très convolutés entre 25 et 30 mètres de profondeur.																	
							CR-15	100	39											



RAPPORT DE FORAGE

Forage N° : QEEP-070
Dossier : PLUS-00026280-045500

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	
			siltstone / grès en lits minces. Litage à environ 10° de l'horizontale.				CR-26	100	82											
	42		Reprise du mélange de flysch à 41,80 mètres de profondeur. Microfissures et veines de calcite.																	
	140		À 42,30 m : Joint net à 120° de l'axe dans les lits convolutés.											0.38						
	43																			
	44		De 43,30 à 44,65 m : Litage incliné dans les shales silteux, siltstones et grès. Présence de minces veines de calcite et micro-déplacement (fissures calcifiées).																	
	145																			
	45		Roc plus sain dans les séquences silteuses. De 44,66 à 46,50 m, la séquence est plus argileuse et le litage devient vertical dans le mélange de flysch.				CR-27	100	89											
	150																			
	46													0.51						
	47		Lithologie de shale silteux entre 46,50 et 48,75 mètres de profondeur.																	
	155		De 47,10 à 48,40 m : Le roc se fracture facilement le long des surfaces de litage argileuses subverticales.				CR-28	100	74											
	48																			
	160																			
	49																			
	50																			
	165						CR-29	100	85					0.00						
	51		Quelques veines de 3-5 cm d'épaisseur de quartz et calcite à 51,10 et 52,85 mètres de profondeur.																	
	170																			
	52																			
	53						CR-30	100	90											
	175		Litage très variable dans le mélange convoluté de flysch. Le shale est plus silteux avec présence de minces lits de siltstone rendant le roc plus résistant entre 53 et 55 mètres de profondeur où le litage présente un pendage très abrupte.																	
	54		Joint dans veine de calcite à 120° de l'axe à 54,92 mètres de profondeur.											0.00						
	180																			
	55						CR-31	100	86											
	56																			



RAPPORT DE FORAGE

Forage N° : QEEP-070
Dossier : PLUS-00026280-045500

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	
			La séquence de flysch présente des lits très convolutés entre 56,24 et 57,56 mètres de profondeur.												0.00					
57																				
190		58	De 57,56 à 58,76 m : Prédominance des shales ardoisiers et shale argileux gris foncé. Litage obscure, possiblement sub-vertical.				CR-32	100	79											
59			Les shales deviennent plus silteux de 58,76 à 63,38 mètres de profondeur.												0.00					
195																				
60																				
200		61					CR-33	100	94											
62																				
205																				
63			À 62,91 m : Lit hohorizontal de 2-3 cm de silt gris homogène (ou bentonite?).																	
210		64	De 63,38 à 64,67 m : Séquence de grès lithique très dur (type grauwacke) à litage subvertical. Veines minéralisées, minces fissures partiellement ouvertes.				CR-34	100	65						0.00					
65			De 64,12 à 64,78 m : Roc fracturé. Présence de shale ardoisier et lits de boue silteuse grise.																	
215			De 64,78 à 65,50 m : Séquence de shale argileux ou ardoisier devenant plus silto-gréseux à litage convoluté ou 70-80° de l'horizontale. Veinules de calcite abondantes.																	
66							CR-35	100	96											
220		67																		
68																				
225							CR-36	100	79						0.00					
69																				
230		70	À 69,74 m : Lit ou bloc de 12 cm de grès, lithique à grain grossier, gris verdâtre, possiblement chloriteux avec minéralisation disséminée ou en petites masses (rouge) aussi présente dans les shales environnants.																	
71			Entre 69,75 et 79,96 m : Les lits de shale				CR-37	100	88						0.00					



RAPPORT DE FORAGE

Forage N° : QEEP-070
Dossier : PLUS-00026280-045500

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	
335	102						CR-53	97	87					*						
340	103													0.00						
345	104																			
345	105						CR-54	98	87					*						
350	106													*						
350	107		De 106,60 à 109,80 m : Le grès fin gris et siltstone sont prédominants. À 107,12 m : Mince lit de silt gris (ou bentonite) de 3 cm.											0.00						
355	108		Litage toujours régulier à environ 40-45° de l'horizontale.				CR-55	100	86											
360	109																			
360	110		Vers 109,80 m : Veine de calcite parallèle au litage suivi d'une séquence de roc fracturé mécaniquement. Le litage devient variable. Évidence de plissement ou failles et nombreuses fissures et joints obliques de 40 à 130° avec l'axe.				CR-56	85	27					*						
365	111	-79.05 111.35	Fin du forage à 111,4 mètres de profondeur.																	
370	112																			
375	113																			
380	114																			
380	115																			
380	116																			

I2. Photographies des carottes de roc



Photographies des carottes de roc (sec) : Fleuve Saint-Laurent - Forage QEEP-063



Photo 1. Forage QEEP-03: boîtes 1 à 4 / 4 (11,61 m à 29,90 m)

Photographies des carottes de roc (humide) : Fleuve Saint-Laurent - Forage QEEP-063



Photo 1. Forage QEEP-03: boîtes 1 à 4 / 4 (11,61 m à 29,90 m)

Photographies des carottes de roc (sec) : Fleuve Saint-Laurent - Forage QEEP-070



Photo 1. Forage QEEP-070: boîtes 1 à 4 / 25 (1,68 m à 22,72 m)



Photo 2. Forage QEEP-070: boîtes 5 à 8 / 25 (22,72 m à 40,83 m)



Photo 3. Forage QEEP-070: boîtes 9 à 12 / 25 (40,83 m à 57,56 m)



Photo 4. Forage QEEP-070: boîtes 13 à 16 / 25 (57,56 m à 73,85 m)



Photo 5. Forage QEEP-070: boîtes 17 à 19 / 25 (73,85 m à 86,44 m)



Photo 6. Forage QEEP-070: boîtes 20 à 22 / 25 (86,44 m à 99,85 m)



Photo 7. Forage QEEP-070: boîtes 23 à 25 / 25 (99,85 m à 111,35 m)

Photographies des carottes de roc (sec) : Fleuve Saint-Laurent - Forage QEEP-070



Photo 1. Forage QEEP-070: boîtes 1 à 4 / 25 (1,68 m à 22,72 m)



Photo 2. Forage QEEP-070: boîtes 5 à 8 / 25 (22,72 m à 40,83 m)



Photo 3. Forage QEEP-070: boîtes 9 à 12 / 25 (40,83 m à 57,56 m)



Photo 4. Forage QEEP-070: boîtes 13 à 16 / 25 (57,56 m à 73,85 m)



Photo 5. Forage QEEP-070: boîtes 17 à 19 / 25 (73,85 m à 86,44 m)



Photo 6. Forage QEEP-070: boîtes 20 à 22 / 25 (86,44 m à 99,85 m)



Photo 7. Forage QEEP-070: boîtes 23 à 25 / 25 (99,85 m à 111,35 m)

I3. Résultats d'essais in situ



Tableau I3.1. Synthèse des résultats d'essais de perméabilité dans les sols (Fleuve Saint-Laurent)

Forage	Profondeur de l'essai (m)	Élévation de l'essai (m)	Perméabilité (m/s)
QEEP-063	10,2	25,1	6,3E-8
	20,1	15,2	2,5E-8

Tableau I3.2. Synthèse des résultats d'essais d'eau sous pression en rocher (Fleuve Saint-Laurent)

Forage	Profondeur de l'essai (m)		Élévation de l'essai (m)		RQD (%)	Absorption ¹	
	Haut	Bas	Haut	Bas		(l/min-m)	(Lugeon) ²
QEEP-070	30,5	35,1	1,8	-2,8	80 à 92	0.15	0
	34,9	39,5	-2,6	-7,2	26 à 100	0.09	0
	39,3	43,9	-7,0	-11,6	66 à 82	0.22	0
	43,8	48,3	-11,5	-16,0	74 à 89	0.33	1
	48,2	52,7	-15,9	-20,4	74 à 90	0.00	0
	52,6	57,2	-20,3	-24,9	79 à 90	0.00	0
	57,0	61,6	-24,7	-29,3	79 à 94	0.00	0
	61,4	66,0	-29,1	-33,7	65 à 96	0.00	0
	65,9	70,4	-33,6	-38,1	79 à 96	0.00	0
	70,3	74,9	-38,0	-42,6	84 à 88	0.00	0
	74,7	79,3	-42,4	-47,0	52 à 91	0.00	0
	79,1	83,7	-46,8	-51,4	52 à 90	0.25	0
	83,5	88,1	-51,2	-55,8	88 à 90	0.07	0
	87,8	92,4	-55,5	-60,1	39 à 88	0.25	0
	92,4	96,9	-60,1	-64,6	73 à 84	0.00	0
	96,6	101,2	-64,3	-68,9	0 à 82	1.92	1
101,2	105,8	-68,9	-73,5	87	0.00	0	
105,2	109,7	-72,9	-77,4	86 à 87	0.00	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.

I4. Résultats d'essais en laboratoire





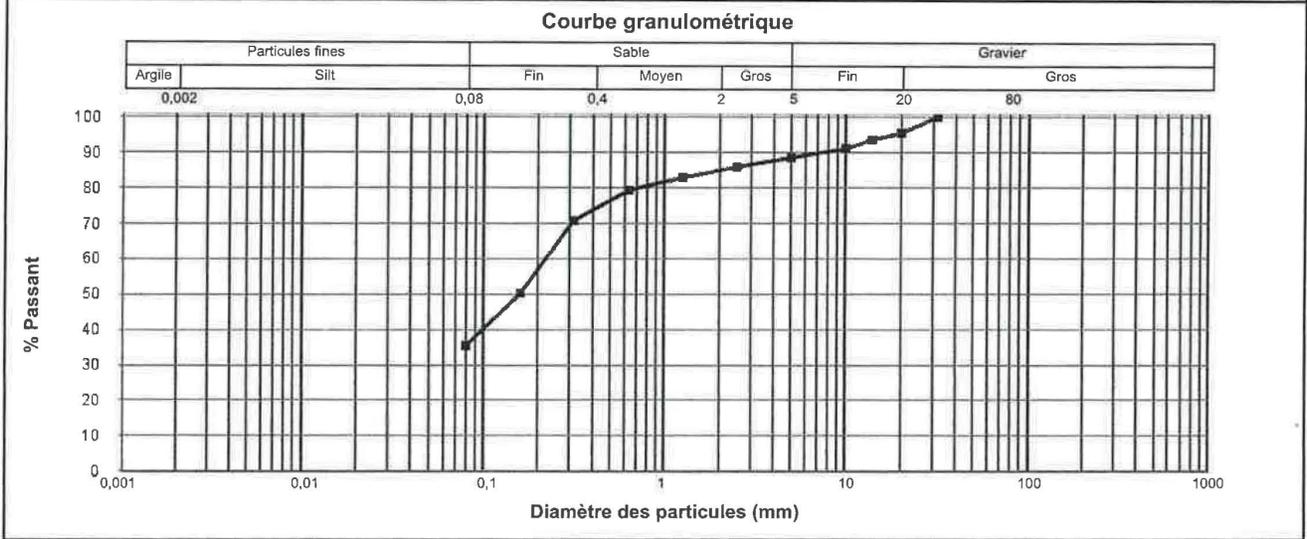
2555, rue Saint-Pierre
 Drummondville (QC) J2C 7Y2
 Téléphone: 819-477-3775
www.exp.com

**ESSAIS SUR SOLS
 FORAGE ET SONDAGE**

Certifié: ISO 9001:2008

Client : Johnston-Vermette	Dossier n° : PLUS-26280-045500
Projet : Oléoduc Énergie Est	Échantillon n° : DR-3695
	Réf. client :

Sondage n° : QEEP-063	Prélevé le : 2014-03-12 par EXP
Échantillon : CF-6	Reçu le : 2014-03-22
Profondeur : 8,8 à 9,4 m	Localisation : Fleuve St-Laurent



Analyse granulométrique LC 21-040		Description	Autres essais	
Tamais (mm)	Tamisat %passant mesuré		Teneur en eau	LC 21-201 8,6%
112		D ₁₀ :		
80		D ₃₀ :		
56		D ₆₀ :		
40		Coefficient d'uniformité (Cu) :		
31,5	100	Coefficient de courbure (Cc) :		
20	96			
14	94	Gravier: 12 %		
10	91	Sable: 53 %		
5	88	Silt et argile: 35 %		
2,5	86	Description : Sable et silt, un peu de gravier		
1,25	83	Classification unifiée : SM		
0,630	79			
0,315	71			
0,160	50			
0,080	35,3			

Remarques :

Vérifié par : Simon Tessier
 Simon Tessier
 Technicien, coordonnateur

Approuvé par : Michelle Létourneau
 Michelle Létourneau, ing., M.Sc.A. Date : 2014-03-31