

Annexe 4-55

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



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

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	18 avril 2014	Émis pour commentaires du client
B	BS	30 avril 2014	Commentaires de Stantec/JV incorporés, émis pour commentaires du client
C	BS	5 mai 2014	Émis pour commentaires
D	BS	22 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 Madawaska au Québec pour le Projet Oléoduc Énergie Est. L'oléoduc projeté est en acier avec un diamètre extérieur de 1 067 mm (42 po). 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 10 km au sud-est de Dégelis, au Québec. À cet emplacement, la rivière mesure approximativement 80 mètres de largeur. La route Transcanadienne longe le côté est de la rivière. Le point d'entrée de la traverse, du côté sud-ouest, et le point de sortie, du côté nord-est, sont situés en zone boisée. Il y a une diminution de l'élévation d'environ 2 m entre l'entrée et la sortie. Reportez-vous au dessin de conception préliminaire de l'annexe B pour des renseignements topographiques supplémentaires.

2.2 Conditions souterraines

Aucune information géotechnique n'est disponible pour l'emplacement de cette traverse au moment de la rédaction de ce rapport. La détermination finale de la faisabilité de la traverse ainsi que la configuration finale seront basées sur les conclusions des études géotechniques prévues. Les études comprendront plusieurs trous de forage qui seront évalués par des ingénieurs géotechniques.

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 10 983 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 13 729 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 1. 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	10 983	kPa
Pression d'essai (PE)	13 729	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 avec 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 99,64 % 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 la canalisation et la géométrie spécifique à l'emplacement, 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 11° afin d'équilibrer la profondeur de recouvrement avec la longueur totale de la traverse et de minimiser le levage requis de la canalisation au point de sortie. Il en résulte une trajectoire de forage de 579 m de long et une épaisseur de couverture de 22 m sous la rivière Madawaska. Cette épaisseur de couverture ainsi que le besoin d'une gaine de forage seront raffinés pendant l'étape de conception détaillée. 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. 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). 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. 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 248 426 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 afin 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 aléseur 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 aléseur 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. 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 aléseur 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 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 peut être cimenté et le projet de FDH abandonné. 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 de la canalisation, 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 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 tirage de la canalisation aideront à réduire le risque d'obstruction du trou de forage par la chute de matériaux.

Les zones où la géométrie du trou de forage peut devenir inadéquate pour le tirage de la canalisation sont les zones de transition d'un matériau plus dur à un matériau meuble, comme 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'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 coincé 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.

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 trusses 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

En se fondant sur la géométrie de l'emplacement de la traverse et sur les conditions d'exploitation de l'oléoduc, la traverse par FDH proposée de la rivière Madawaska est jugée 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 les difficultés de guidage, le gonflement, l'effondrement du trou de forage, la perte de fluide et les pertes par fracturation. La conception et la faisabilité de la traverse seront réévaluées une fois l'étude géotechnique terminée. Un rapport de faisabilité final et un dessin de conception final seront émis dans la phase d'ingénierie détaillée.

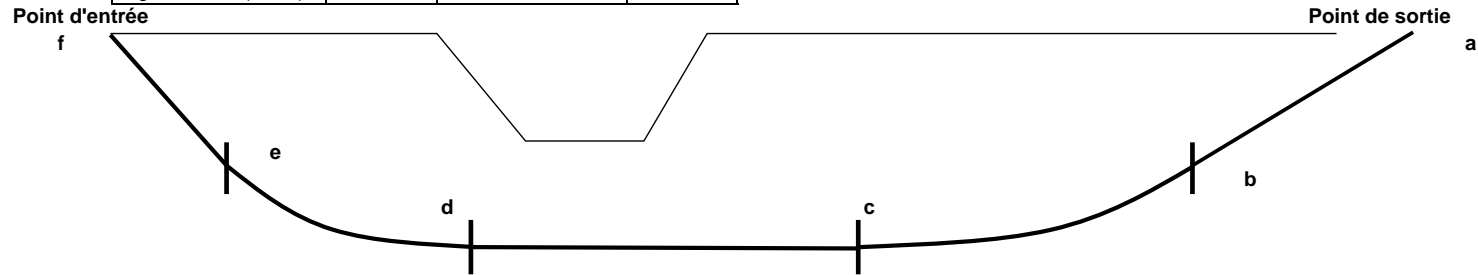


Annexe A

Sommaire des calculs

543-ENG-129
RIVIÈRE MADAWASKA

Données de conception		Données de tuyau		Données de procédé		Critères de contrainte			
Longueur forée (m)	578.5	Dia. ext. tuyau (mm)	1067.0	PME (kPa)	10983	Contrainte de cisaillement admissible			
Longueur horizontale (m)	573.5	Épais. nominale (mm)	20.2	Pr essai (kPa)	13729	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)	11	Épaisseur essai (mm)	20.2	T1 (°C)	5				
Angle de sortie (° haut)	11	Grade (MPa)	550						




Lieu	Construction					Contrainte d'essai (après tirage)			Post-assèchement pré exploi (PAPE)			Contrainte d'exploitation		
	Charge		Contr. cisaillement tangentiel max.			Contrainte cisaillement tangentiel max.			Contrainte cisaillement tangentiel max.			Contrainte cisaillement tangentiel max.		
	(lb)	(N)	(psi)	(MPa)	(% SA)	(psi)	(MPa)	(% SA)	(psi)	(MPa)	(% SA)	(psi)	(MPa)	(% SA)
Point A	99 107	442 444	963	6.64	2.41	33 516	231.1	76.39	15 110	104.2	34.44	39 709	273.8	99.56
Point B	107 423	479 566	15 687	108.16	39.33	33 462	230.7	76.27	15 300	105.5	34.87	39 551	272.7	99.16
Point C	153 131	683 623	15 961	110.05	40.02	33 409	230.4	76.15	15 642	107.8	35.65	39 209	270.3	98.30
Point D	153 132	683 624	15 961	110.05	40.02	33 409	230.4	76.15	15 642	107.8	35.65	39 209	270.3	98.30
Point E	222 861	994 914	16 247	112.02	40.74	33 462	230.7	76.27	15 300	105.5	34.87	39 551	272.7	99.16
Point F	248 426	1 109 043	16 343	112.68	40.97	33 490	230.9	76.33	15 110	104.2	34.44	39 740	274.0	99.64

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

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

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

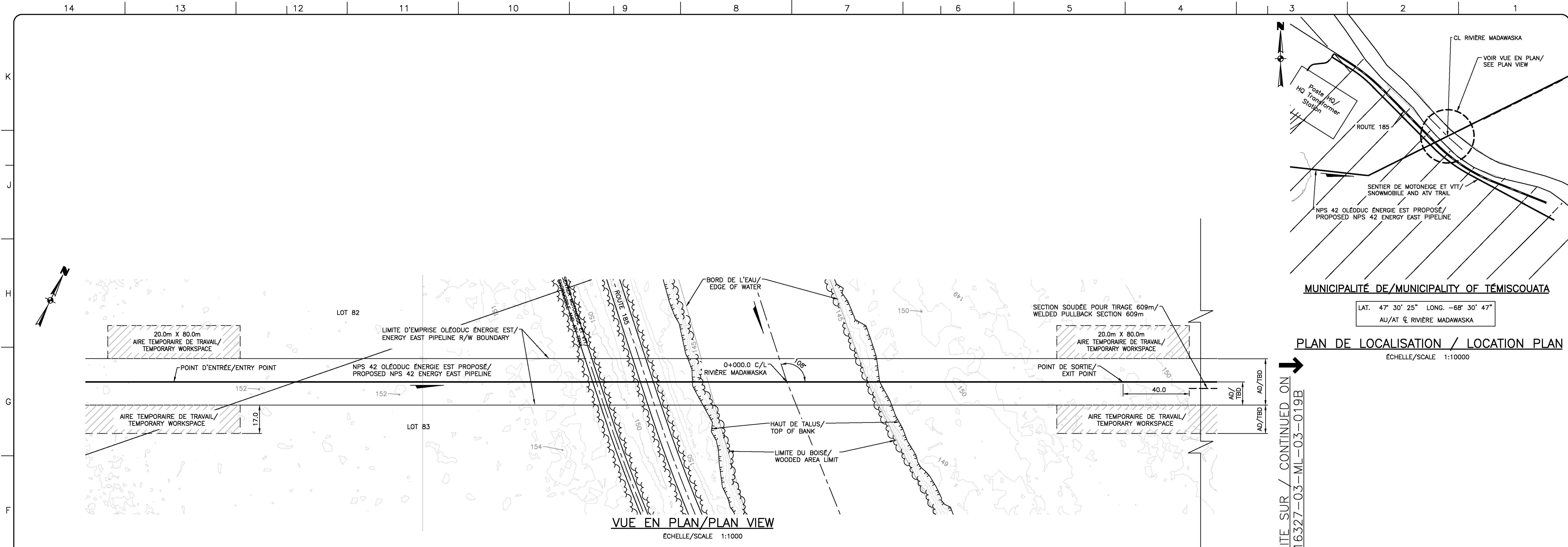
REV.	DATE	DESCRIPTION	SCEAU / ESTAMPE	
A	15 avr. 14	Conception préliminaire		 Engineering Technology Inc. Propriété d'Engineering Technology Inc. (ETI) 24, 12110 - 40 Street SE Ne pas copier, transmettre ou redistribuer Calgary, AB T2Z 4K6 sans le consentement par écrit d'ETI. T. : (403) 319-0443 Permis d'ingénierie de l'APEGA no P8649
B	7 mai 14	Émis pour commentaires		
0	3 juin 14	Émis pour ingénierie de base		

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 à cet emplacement, 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.



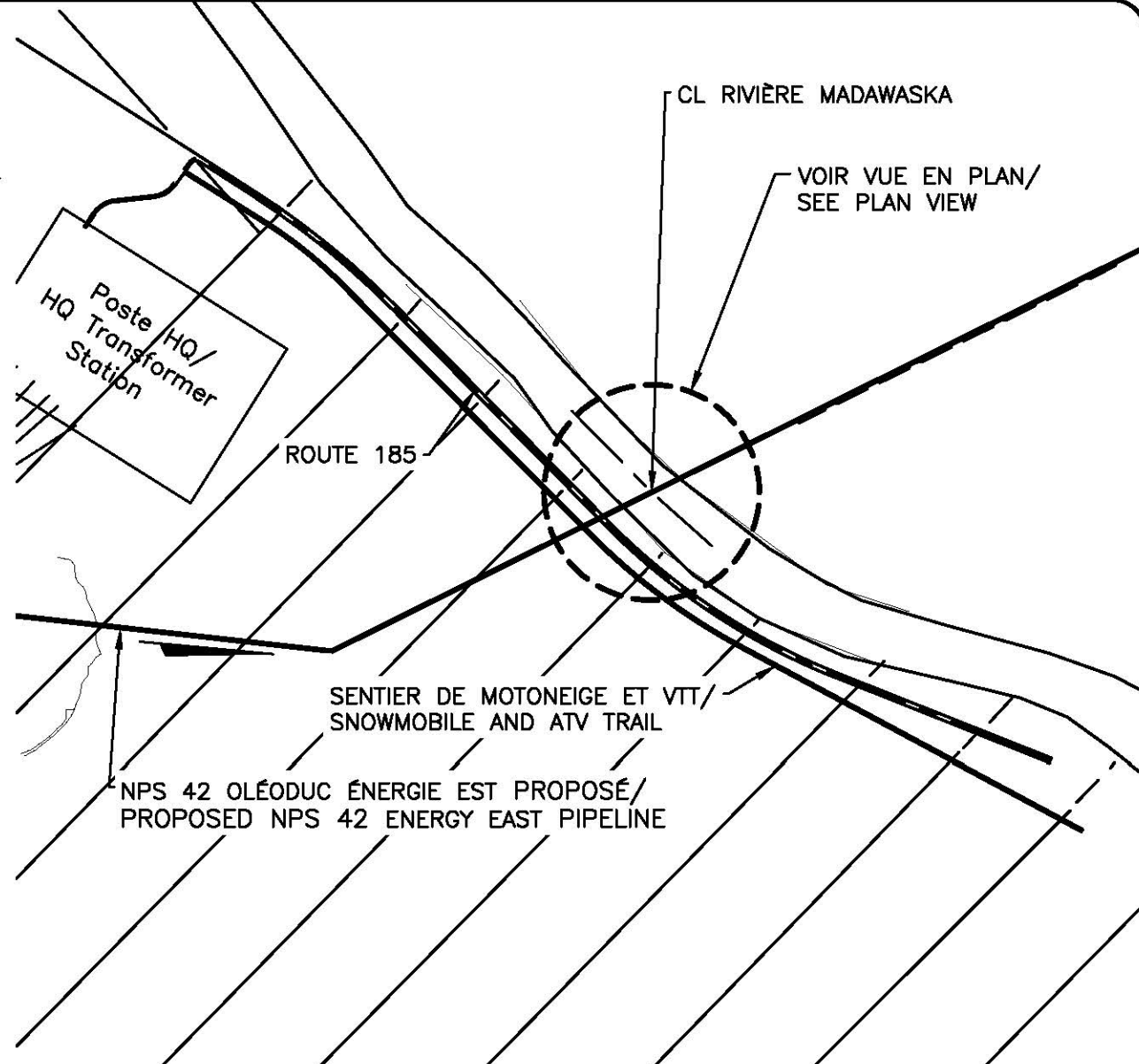
Annexe B

Dessin de conception



VUE EN PLAN / PLAN VIEW

ÉCHELLE / SCALE 1:1000



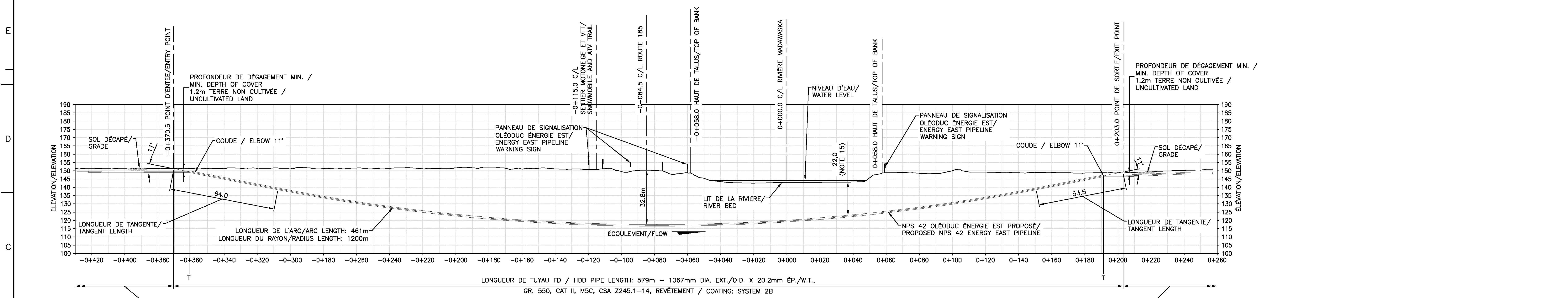
MUNICIPALITÉ DE / MUNICIPALITY OF TÉMISCOUATA

LAT. 47° 30' 25" LONG. -68° 30' 47"
AU/AT R. MADAWASKA

PLAN DE LOCALISATION / LOCATION PLAN

ÉCHELLE / SCALE 1:10000

SUITE SUR / CONTINUED ON
16327-03-ML-03-019B



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-SK-524F	PANNEAU DE SIGNALISATION POUR OLÉODUC À HAUTE PRESSION / HIGH PRESSURE OIL PIPELINE WARNING SIGN
4930-03-ML-SK-517F	DÉTAIL TYPIQUE DE TRANSITION DE TUYAU / TYPICAL PIPE TRANSITION DETAIL
4930-03-ML-SK-514F	DESSIN TYPIQUE DE COUDE 3D / TYPICAL DRAWING 3D ELBOW DETAIL
16327-03-ML-03-019B	RIVIÈRE MADAWASKA - TRAVERSE PAR FORAGE DIRECTIONNEL / HDD CROSSING
16327-03-ML-03-020	RIVIÈRE MADAWASKA - TRAVERSE EN TRANCHÉE / TRENCHED CROSSING

REVISION / REVISION		APPROBATION / APPROVAL	
REV / REV	DATE	DESCRIPTION	DESCRIPTION
A	2014-04-25	EMIS POUR RÉVISION (JOHNSTON-VERMETTE) / ISSUED FOR REVIEW (JOHNSTON-VERMETTE)	2223824 GD MT CT/BS AB SM ENTEC
B	2014-04-29	EMIS POUR RÉVISION (STANTEC) / ISSUED FOR REVIEW (STANTEC)	2223824 GD MT CT/BS AB SM ENTEC
C	2014-05-16	EMIS POUR RÉVISION (CLIENT) / ISSUED FOR REVIEW (CLIENT)	2.229206 GD MT CT/BS AB SM ENTEC
D	2014-06-09	EMIS POUR INGÉNIERIE DE BASE / ISSUED FOR FEED	2.229206 JCS CS NG/BS AB SM ENTEC

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

PRÉLIMINAIRE
NON POUR CONSTRUCTION /
PRELIMINARY ONLY
NOT FOR CONSTRUCTION

Energy East Pipeline Ltd.

INFORMATION GÉNÉRALE OLÉODUC ÉNERGIE EST / ENERGY EAST GENERAL INFORMATION PIPELINE

F/A 16327	CHAÎNAGE / CHAINAGE	DISCIPLINE / DISCIPLINE 03
-----------	---------------------	----------------------------

RIVIÈRE MADAWASKA
TRAVERSE PAR FORAGE DIRECTIONNEL / HDD CROSSING
QUÉBEC

ÉCH./SCALE T.Q.I./A.S.	DESSIN / DRAWING 16327-03-ML-03-019A	REV/REV D
------------------------	--------------------------------------	-----------

NOTES:

ARPENTAGE / SURVEYING:

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

GÉNÉRAL / GENERAL:

- LA TRAVERSE DEVRA ÊTRE CONSTRUITE ET ÉPROUVÉE EN RESPECTANT AU MINIMUM 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 Z662-11, 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 Z662-11 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 REQUISES 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 D'OLÉODUC ÉNERGIE EST. / UNDER NO CIRCUMSTANCES SHALL THE PIPELINE BE INSTALLED OUTSIDE OF THE ENERGY EAST R.O.W.
- LA CONDUITE DOIT ÊTRE MISE EN PLACE SUR LE SOL NATUREL NON-REMANIÉ AVEC LA PROTECTION APPROPRIÉE. LES PENTES LATÉRALES D'EXCAVATION TEMPORAIRE DEVONT RESPECTER LA SPÉCIFICATION DE CONSTRUCTION TES-PROJ-PCS DE TRANSCANADA. / PIPELINE SHALL BE PLACED ON NATURAL, UNDISTURBED SOIL WITH APPROPRIATE PROTECTION. TEMPORARY SIDE SLOPES SHALL MEET TRANSCANADA CONSTRUCTION SPECIFICATION TES-PROJ-PCS.

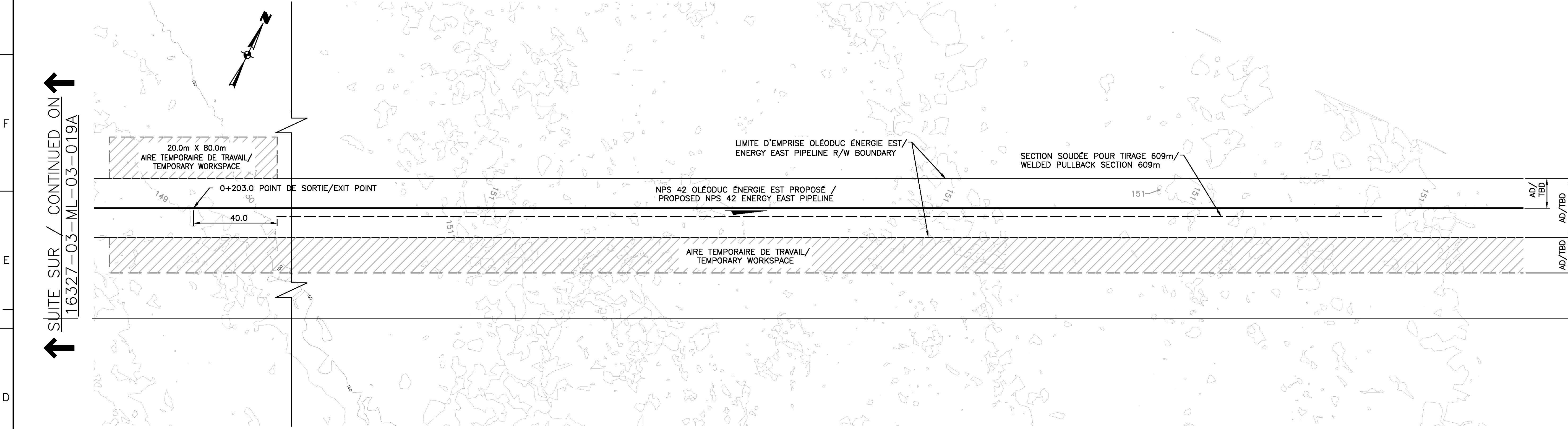
- L'ENTREPRENEUR DU FORAGE DIRECTIONNEL DOIT VÉRIFIER L'EMPLACEMENT DES POINTS D'ENTRÉE/SORTIE ET LE SENS DU FORAGE EN SE BASANT SUR LES CONDITIONS DU SITE RENCONTRÉES AU MOMENT DE LA CONSTRUCTION / THE HDD CONTRACTOR SHALL VERIFY APPROVED ENTRY/EXIT LOCATIONS AND DRILLING DIRECTION BASED ON THE SITE CONDITIONS DURING CONSTRUCTION.
- LA SECTION DU TUYAU SOUDÉE DOIT ÊTRE SUPPORTÉE ADEQUATEMENT EN TOUT TEMPS LORS DE L'OPÉRATION DE TIRAGE AFIN DE S'ASSURER QUE LE TUYAU NE SUBISSE PAS DE CONTRAINTES EXCESSIVES. / THE PIPE PULL SECTION SHALL BE ADEQUATELY SUPPORTED AT ALL TIMES DURING PULLBACK TO ENSURE THE PIPE IS NOT OVERSTRESSED.
- AFIN D'INSPECTER VISUELLEMENT TOUT DOMMAGE AU TUYAU OU À SON REVÊTEMENT, L'ENTREPRENEUR EST TENU DE TIRER AU MINIMUM L'ÉQUIVALENT D'UNE LONGUEUR DE TUYAU À L'EXTÉRIEUR DU TROU DE FORAGE SELON LES SPÉCIFICATIONS DU FORAGE TES-PROJ-HDD. / IN ORDER TO VISUALLY ASSESS ANY PIPE OR PIPE COATING DAMAGE, THE CONTRACTOR IS REQUIRED TO PULL AT LEAST ONE LENGTH OF PIPE JOINT COMPLETELY THROUGH THE BOREHOLE AS PER THE HDD SPECIFICATIONS TES-PROJ-HDD.
- UN PLAN ET UN PROFIL «TEL-QUE-CONSTRUIT» DOIVENT ÊTRE FOURNIS À OLÉODUC ÉNERGIE EST APRÈS L'ACHÈVEMENT DES TRAVAUX. / A FINAL «AS-BUILT» PLAN AND PROFILE SHALL BE PROVIDED TO ENERGY EAST PIPELINE AFTER THE COMPLETION OF THE WORK.

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

ENVIRONNEMENT / ENVIRONMENTAL:

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

SPÉCIFICATIONS DE L'OLÉODUC / PIPELINE SPECIFICATIONS	
1. CONDUITE / LINE PIPE:	1067mm DIA. EXT. / O.D. (NPS 42) x 15.9mm ÉP./W.T. GR. 483, CAT II, M5C CSA Z245.1-14
* TUYAU À PAROI ÉPAISSE / HW PIPE:	1067mm DIA. EXT. / O.D. (NPS 42) x 20.2mm ÉP./W.T. GR. 550, CAT II, M5C CSA Z245.1-14
2. TEMPÉRATURE D'OPÉRATION MAX. / MAX. OPERATING TEMPERATURE:	60°C
3. TEMPÉRATURE D'OPÉRATION MIN. / MIN. OPERATING TEMPERATURE:	5°C
4. TYPE DE JOINT / TYPE OF JOINT:	SOUDE / WELD
5. REVÊTEMENT CONDUITE / LINE PIPE COATING:	SYSTÈME / SYSTEM 1A
TUYAU FD / HDD PIPE:	SYSTÈME / SYSTEM 2B
6. MÉTHODE DE TRAVERSE / CROSSING METHOD:	FORAGE DIRECTIONNEL / HDD
MÉTHODE DE TRAVERSE ALTERNATIVE / ALTERNATE CROSSING METHOD:	TRANCHÉE / TRENCHED
7. TEST DE PRESSION MIN. (SECTION DE TRAVERSE)/MIN. TEST PRESSURE (CROSSING SECTION):	13 729 kPa
8. PRESSION D'OPÉRATION MAX. / MAX. OPERATING PRESSURE:	10 983 kPa
9. PROTECTION CATHODIQUE / CATHODIC PROTECTION:	COURANT IMPOSÉ / IMPRESSED CURRENT
10. VOLTAGE DE PROTECTION CATHODIQUE MAX. / MAX. CATHODIC PROTECTION VOLTAGE:	AD / TBD
11. PRODUIT TRANSPORTÉ / PRODUCT CARRIED:	PÉTROLE BRUT / CRUDE OIL



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

SUITE SUR / CONTINUED ON ↑
 16327-03-ML-03-019A

DESSINS DE RÉFÉRENCE/REFERENCE DRAWINGS	
DESSIN/DRAWING No	TITRE/TITLE
4930-03-ML-SK-524F	PANNEAU DE SIGNALISATION POUR OLÉODUC À HAUTE PRESSION/HIGH PRESSURE OIL PIPELINE WARNING SIGN
4930-03-ML-SK-517F	DÉTAIL TYPIQUE DE TRANSITION DE TUYAU/TYPICAL PIPE TRANSITION DETAIL
4930-03-ML-SK-514F	DESSIN TYPIQUE DE COUDE 3D/TYPICAL DRAWING 3D ELBOW DETAIL
16327-03-ML-03-019A	RIVIÈRE MADAWASKA - TRAVERSE PAR FORAGE DIRECTIONNEL / HDD CROSSING
16327-03-ML-03-020	RIVIÈRE MADAWASKA - TRAVERSE EN TRANCHÉE / TRENCHED CROSSING

REVISION/REVISION		APPROBATION/APPROVAL	
REV/REV	DATE	DESCRIPTION	DESCRIPTION
A	2014-04-25	ÉMIS POUR RÉVISION (JOHNSTON-VERMETTE) / ISSUED FOR REVIEW (JOHNSTON-VERMETTE)	2223824 GD MT CT/BS AB SM ENTEC
B	2014-04-29	ÉMIS POUR RÉVISION (STANTEC) / ISSUED FOR REVIEW (STANTEC)	2223824 GD MT CT/BS AB SM ENTEC
C	2014-05-16	ÉMIS POUR RÉVISION (CLIENT) / ISSUED FOR REVIEW (CLIENT)	2.229206 GD MT CT/BS AB SM ENTEC
D	2014-06-09	ÉMIS POUR INGÉNIEURIE DE BASE / ISSUED FOR FEED	2.229206 JCS CS NG/BS AB SM ENTEC

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

PRÉLIMINAIRE
NON POUR CONSTRUCTION/
PRELIMINARY ONLY
NOT FOR CONSTRUCTION

Energy East Pipeline Ltd.
 INFORMATION GÉNÉRALE OLÉODUC ÉNERGIE EST / ENERGY EAST GENERAL INFORMATION PIPELINE
 F/A 16327 CHAINAGE/CHAINAGE DISCIPLINE/DISCIPLINE 03
 RIVIÈRE MADAWASKA TRAVERSE PAR FORAGE DIRECTIONNEL / HDD CROSSING QUÉBEC
 ÉCH./SCALE T.Q./A.S. 16327-03-ML-03-019B
 REV/REV D



Annexe C

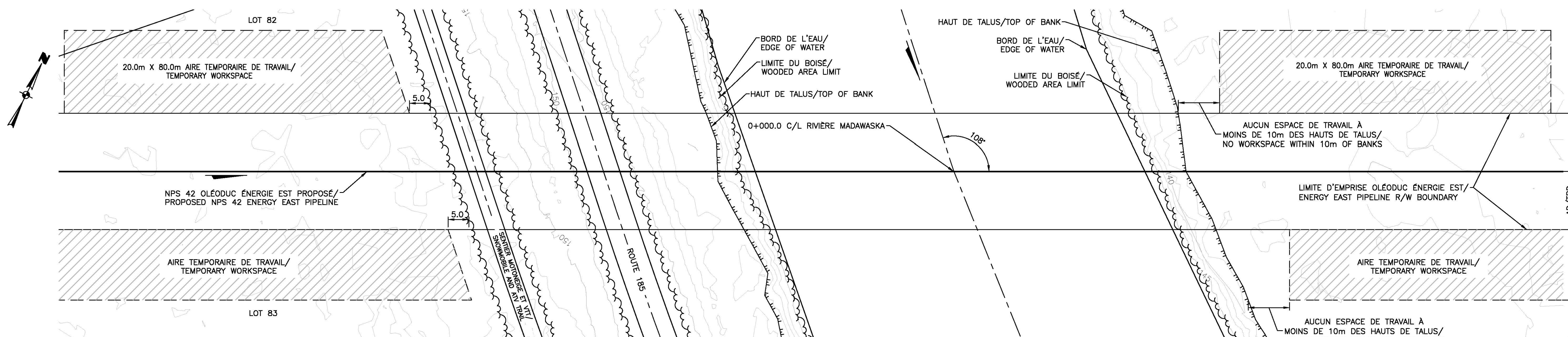
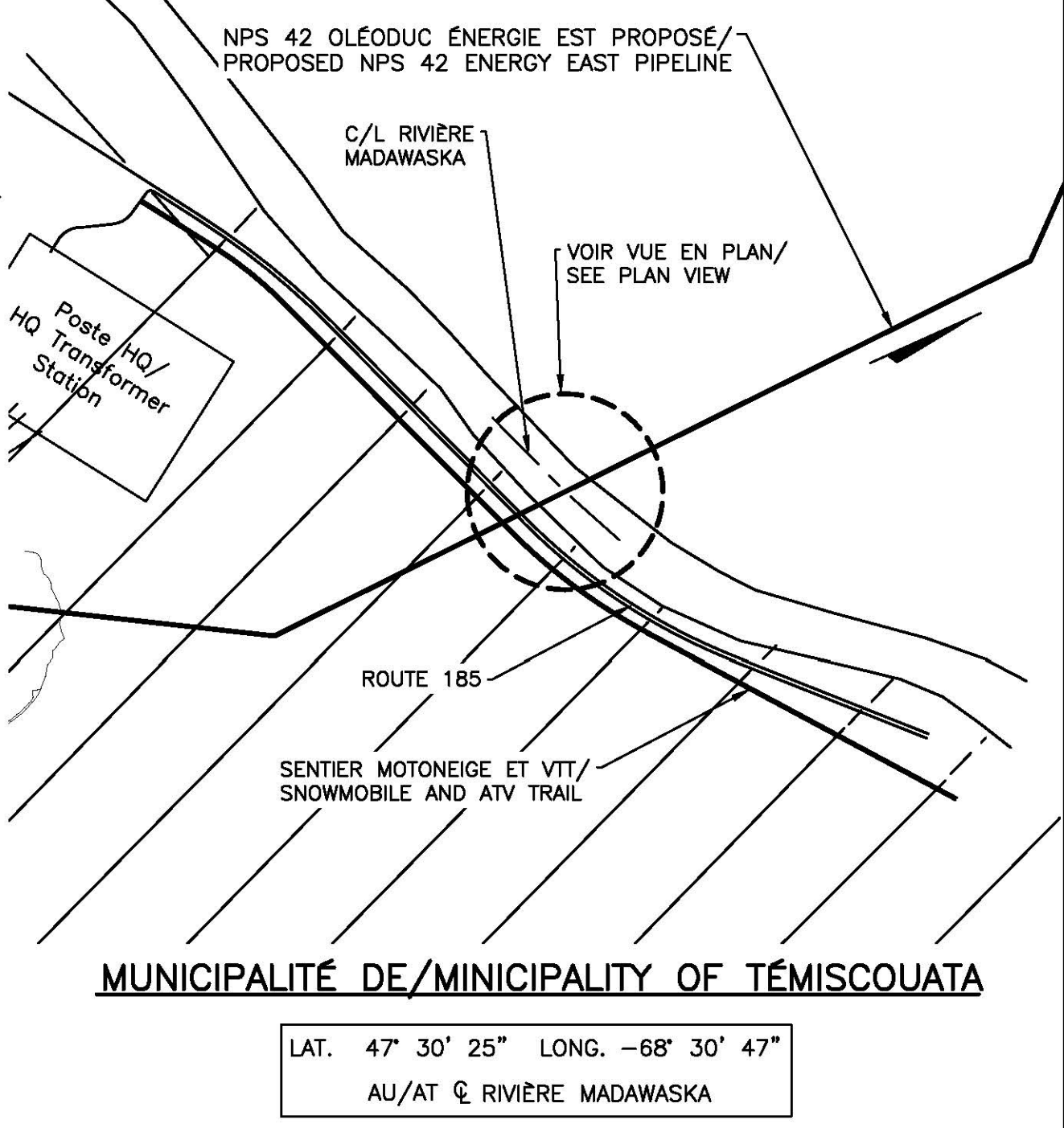
Dessin de traverse alternative

- NOTES:**
ARPENTAGE / SURVEYING:
- 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 TRAVERSE DEVRA ÊTRE CONSTRUITE ET ÉPROUVÉE EN RESPECTANT AU MINIMUM TOUS LES RÉGLEMENTS FÉDÉRAUX, PROVINCIAUX, MUNICIPAUX ET RÉGIONAUX APPLICABLES. / AS A MINIMUM, THE CROSSING SHALL BE CONSTRUCTED AND TESTED IN ACCORDANCE WITH ALL APPLICABLE FEDERAL, PROVINCIAL, MUNICIPAL AND REGIONAL REGULATIONS.
 - LA CONSTRUCTION DE LA CONDUITE ET LE PROGRAMME D'ESSAIS DE PRESSION HYDROSTATIQUE DOIVENT ÊTRE CONFORMES À LA NORME CSA Z662-11, AUX SPÉCIFICATIONS DE CONSTRUCTION TES-PROJ-PCS ET AUX EXIGENCES DU PERMIS DE TRAVERSE. / PIPELINE CONSTRUCTION AND HYDROSTATIC TESTING PROGRAM SHALL COMPLY WITH CSA Z662-11 STANDARD AND TRANSCANADA CONSTRUCTION SPECIFICATIONS TES-PROJ-PCS AND MEET REQUIREMENTS IN THE CROSSING AGREEMENTS.
 - LA MÉTHODE DE TRAVERSÉ ET D'INSTALLATION DU PIPELINE SERA CONFIRMÉE À L'INGÉNIEUR DÉTAILLÉE. / METHOD FOR RIVER CROSSING AND PIPE INSTALLATION TO BE CONFIRMED DURING DETAILED ENGINEERING.
- INSTALLATION DE LA CONDUITE ET ALIGNEMENT / PIPE ALIGNMENT AND INSTALLATION:**
- 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.

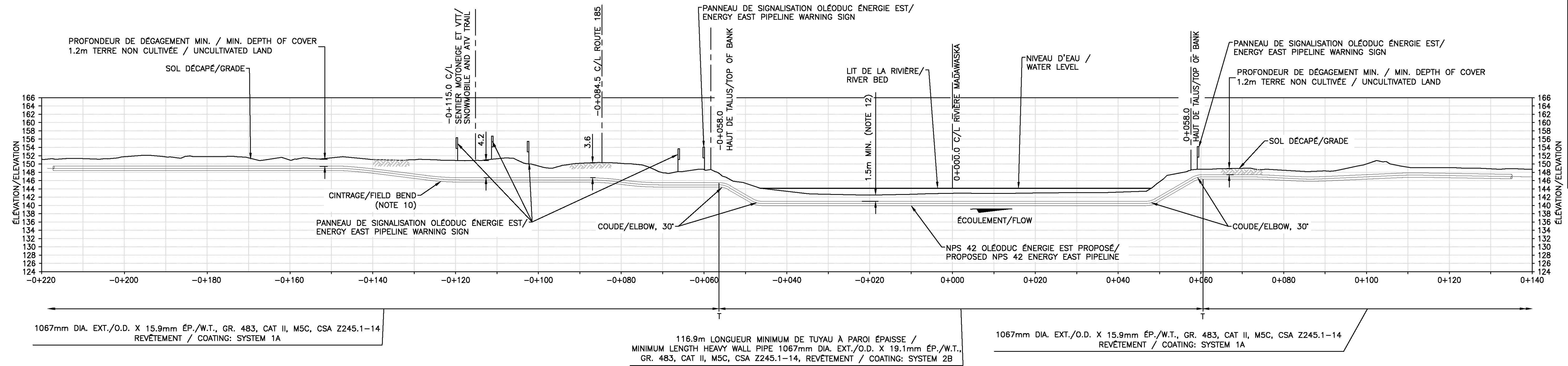
- EN AUCUN CAS LA CONDUITE NE PEUT ÊTRE INSTALLÉE À L'EXTÉRIEUR DE L'EMPRISE D'OLÉODUC ÉNERGIE EST. / UNDER NO CIRCUMSTANCES SHALL THE PIPELINE BE INSTALLED OUTSIDE OF THE ENERGY EAST R.O.W.
- LES ALIGNEMENTS DE LA CONDUITE, TELS QU'INDIQUÉS SUR LE PLAN ET PROFIL, INDIQUENT LES EXIGENCES MINIMALES REQUISES 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.
- LA CONDUITE DOIT ÊTRE MISE EN PLACE SUR LE SOL NATUREL NON-REMANIÉ AVEC LA PROTECTION APPROPRIÉE. LES PENTES LATÉRALES D'EXCAVATION TEMPORAIRE DEVONT 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'ANGLE DE COURBURE MAXIMALE DE LA CONDUITE SUR LE TERRAIN EST DE 1.0 DEGRÉ PAR DIAMÈTRE DE LONGUEUR. / THE MAXIMUM PIPE FIELD BEND ANGLE IS 1.0 DEGREE PER DIAMETER LENGTH.
- UN PLAN ET UN PROFIL «TEL-QUE-CONSTRUIT» DOIVENT ÊTRE FOURNIS À OLÉODUC ÉNERGIE EST APRÈS L'ACHÈVEMENT DES TRAVAUX. / A FINAL «AS-BUILT» PLAN AND PROFILE SHALL BE PROVIDED TO ENERGY EAST PIPELINE AFTER THE COMPLETION OF THE WORK.
- LA PROFONDEUR DE RECouvreMENT SERA DÉTERMINÉE À LA PHASE D'INGÉNIEURIE DE DÉTAIL. / DEPTH OF COVER WILL BE FINALIZED DURING THE DETAILED ENGINEERING PHASE.

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

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



VUE EN PLAN / PLAN VIEW
 ÉCH. HOR./HOR. SCALE 1:500



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

SPÉCIFICATIONS DE L'OLÉODUC / PIPELINE SPECIFICATIONS

- CONDUITE / LINE PIPE: 1067mm DIA. EXT. / O.D. (NPS 42) x 15.9mm ÉP./W.T., GR. 483, CAT II, MSC CSA Z245.1-14
- TEMPÉRATURE D'OPÉRATION MAX. / MAX. OPERATING TEMPERATURE: 60°C
- TEMPÉRATURE D'OPÉRATION MIN. / MIN. OPERATING TEMPERATURE: -5°C
- TYPE DE JOINT / TYPE OF JOINT: SOUDÉ / WELDED
- REVÊTEMENT CONDUITE / LINE PIPE COATING: SYSTÈME / SYSTEM 1A
- TUYAU À PAROI ÉPAISSE / HW PIPE: 1067mm DIA. EXT. / O.D. (NPS 42) x 19.1mm ÉP./W.T., GR. 483, CAT II, MSC CSA Z245.1-14
- MÉTHODE DE TRAVERSE / CROSSING METHOD: TRANCHÉE / TRENCHED
- TEST DE PRESSION MIN. (SECTION DE TRAVERSE)/MIN. TEST PRESSURE (CROSSING SECTION): 13 729 kPa
- PRESSION D'OPÉRATION MAX. / MAX. OPERATING PRESSURE: 10 983 kPa
- PROTECTION CATHODIQUE / CATHODIC PROTECTION: COURANT IMPOSÉ / IMPRESSED CURRENT
- VOLTAGE DE PROTECTION CATHODIQUE MAX. / MAX. CATHODIC PROTECTION VOLTAGE: AD/TBD
- PRODUIT TRANSPORTÉ / PRODUCT CARRIED: PÉTROLE BRUT / CRUDE OIL

DESSINS DE RÉFÉRENCE/REFERENCE DRAWINGS

DESSIN/DRAWING No	TITRE/TITLE
4930-03-ML-SK-524F	PANNEAU DE SIGNALISATION POUR OLÉODUC À HAUTE PRESSION/HIGH PRESSURE OIL PIPELINE WARNING SIGN
4930-03-ML-SK-517F	DÉTAIL TYPIQUE DE TRANSITION DE TUYAU/TYPICAL PIPE TRANSITION DETAIL
STDS-03-ML-05-608F	REMBLAI TRAVERSE DE RIVIÈRE, PROTECTION CONTRE L'ÉROSION/WATERCROSSING BANK EROSION PROTECTION
4930-03-ML-SK-514F	DESSIN TYPIQUE DE COUDE 30°/TYPICAL DRAWING 30° ELBOW DETAIL
STDS-03-ML-05-103_FR	PONCEAU TEMPORAIRE AVEC BUSE / TEMPORARY FLUME CULVERT CROSSING
STDS-03-ML-05-111_FR	TRAVERSE DE COURS D'EAU AVEC BUSE / FLUME WATERCOURSE CROSSING
STDS-03-ML-05-112_FR	TRAVERSES DE COURS D'EAU PAR BARRAGE ET POMPAGE / DAM AND PUMP WATERCOURSE CROSSINGS
16327-03-ML-03-019A	RIVIÈRE MADAWASKA - TRAVERSE PAR FORAGE DIRECTIONNEL / HDD CROSSING
16327-03-ML-03-019B	RIVIÈRE MADAWASKA - TRAVERSE PAR FORAGE DIRECTIONNEL / HDD CROSSING

RÉVISION/REVISION

REV/REV	DATE	DESCRIPTION
A	2014-04-25	ÉMIS POUR RÉVISION (JOHNSTON-VERMETTE) / ISSUED FOR REVIEW (JOHNSTON-VERMETTE)
B	2014-04-29	ÉMIS POUR RÉVISION (STANTEC) / ISSUED FOR REVIEW (STANTEC)
C	2014-05-16	ÉMIS POUR RÉVISION (CLIENT) / ISSUED FOR REVIEW (CLIENT)
D	2014-08-09	ÉMIS POUR INGÉNIEURIE DE BASE / ISSUED FOR FEED

APPROBATION/APPROVAL

CODE PROJET / PROJECT CODE	DESSINATEUR / DRAFTER	VÉRIFICATEUR / CHECKER	CONCEPTEUR / DESIGNER	VÉRIF. CONCEP. / DESIGN CHK.	CHARGE PROJET / PROJECT MGR.	COMPAGNIE / COMPANY
2.223824	GD	MT	CT	AB	SM	JOHNSTON-VERMETTE
2.223824	GD	MT	CT	AB	SM	JOHNSTON-VERMETTE
2.229206	GD	MT	CT	AB	SM	JOHNSTON-VERMETTE
2.229206	MT	CS	NG	AB	SM	JOHNSTON-VERMETTE

INGÉNIEUR/RPT PROFESSIONAL ENGINEER/RPT

PERMIS/APP. ING. PERMIT/ENG. APPROVAL

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

FIA 16327	CHAÎNAGE/CHAINAGE	DISCIPLINE/DISCIPLINE 03
-----------	-------------------	--------------------------

RIVIÈRE MADAWASKA TRAVERSE EN TRANCHÉE / TRENCHED CROSSING (ALTERNATIVE) QUÉBEC

ÉCH./SCALE T.Q.I./A.S. DESSIN/DRAWING 16327-03-ML-03-020 REV/REV D

Annexe 4-79

Étude de faisabilité préliminaire de traverse par FDH Rivière des Mille Îles



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

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	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 des Mille Îles 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 6 km à l'est de Terrebonne, au Québec, et 2 km en amont de la confluence avec la rivière des Prairies. La rivière mesure approximativement 240 m de largeur à cet emplacement et des zones résidentielles bordent les deux rives. Les points d'entrée et de sortie sont situés sur des terres agricoles généralement plates avec une différence d'élévation d'environ 1 m entre le point d'entrée, au sud, et le point de sortie plus bas, au nord. Reportez-vous au dessin de conception préliminaire de l'annexe B pour des renseignements topographiques supplémentaires.

2.2 Conditions souterraines

L'étude géotechnique menée à l'emplacement de cette traverse consistait en deux 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-051

Mètres sous la surface du sol (msss)	Description du sous-sol
0	
	Aucun recouvrement
1,4	
	Argile limoneuse , traces de sable
15,2	
	Limon et sable , présence de gravier
22,8	
	Sous-sol rocheux argileux , fracturé, limon et argile dans les fractures
40,9	



Tableau 2. Trou de forage QEEP-053

Mètres sous la surface du sol (msss)	Description du sous-sol
0	
	Limon argileux
2,1	
	Argile limoneuse , traces de sable
16,8	
	Limon et Sable , trace de gravier, présence de galets entre 17,4 et 18,0 msss
27,3	
	Sable et gravier , fragments de schiste et de grès
28,0	
	Roche , très fracturée, disloquée
28,8	
	Schiste , fines stratifications de grès, très faible, calcaireux
37,8	
	Sous-sol rocheux stratifié , schiste, grès et siltite en alternance
39,7	

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 9 248 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 11 560 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	9 248	kPa
Pression d'essai (PE)	11 560	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 93,80 % 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 18° pour minimiser la longueur de la gaine de forage et pour demeurer dans les limites de la plage de fonctionnement des foreuses communément utilisées en FDH. L'angle de sortie a été conçu à 12° pour équilibrer la longueur de la traverse avec le levage de canalisation nécessaire au point de sortie. Il en résulte une trajectoire de forage d'une longueur de 924 m et une profondeur de recouvrement de 58 m sous la rivière des Mille Îles. 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. Selon le trou de forage QEEP-053, environ 60 m de gaine de forage seront requis pour atteindre le sous-sous-sol rocheux et isoler l'argile et le limon meubles, ainsi que le sable, le gravier, les galets et les fragments de roches non consolidés. 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). 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. Si des gaines sont requises des deux côtés de la traverse, comme semble l'indiquer l'information géotechnique disponible, 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. La faisabilité de l'installation d'une gaine de forage au point de sortie sera déterminée par des études géotechniques à venir.

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 381 034 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. Les couches contenant de l'argile et du limon, observées à 15,2 et de 16,8 msss dans les deux trous de forage, sont très meubles : les valeurs SPT N notées sont de 5 ou moins. La trajectoire de forage devrait être isolée de cette couche du côté du point d'entrée grâce à la gaine de forage, mais elle y sera exposée du côté de la sortie. 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. Le sous-sol rocheux très faible, fracturé et stratifié, composé de schiste, de grès et de siltite, observé à cet emplacement pourrait causer ce genre de déviations. 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.

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. Le sous-sol rocheux fissuré et le terrain de couverture très meuble présentent un risque élevé de perte de fluide. 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 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'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 les transitions du sous-sol rocheux au terrain de couverture ou les zones où l'on trouve des obstacles solides, comme des galets et des fragments de pierre. 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.

Une autre considération majeure pour la faisabilité de ce projet est la durée du forage. Le sous-sol rocheux de grès et de schiste devrait fournir de bonnes propriétés pour la stabilité du trou de forage. Cependant, 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 projetée de la rivière des Mille Îles 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 principaux comprennent des problèmes de guidage, le gonflement, la perte de fluide et les pertes par fracturation. Un rapport de faisabilité final et un dessin de conception final seront émis dans la phase d'ingénierie détaillée.

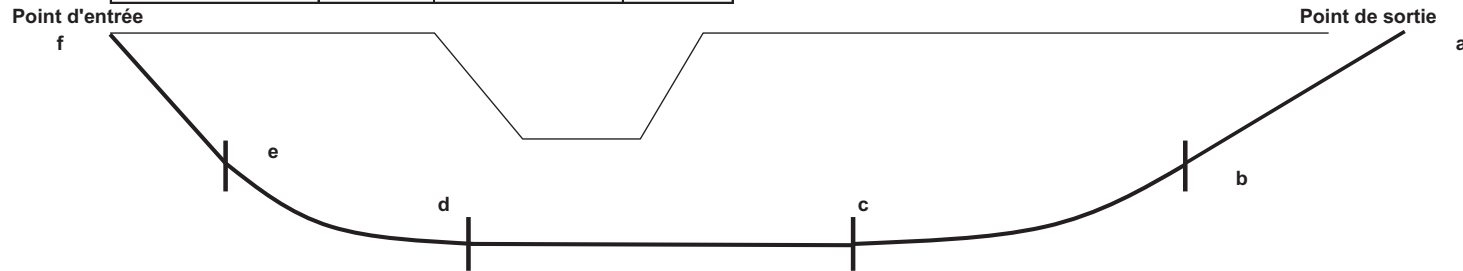


Annexe A

Sommaire des calculs

**543-ENG-115
RIVIÈRE DES MILLE ÎLES**

Données de conception		Données du tuyau		Données de procédé		Critères de contrainte			
Longueur forée (m)	922,3	Dia ext. Tuyau (mm)	1067,0	PME (kPa)*	9248	Contrainte de cisaillement admissible			
Longueur horizontale (m)	906,3	Épais. Nominale (mm)	20,2	Pr. essai (kPa)	11560	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)	18	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	158 019	705 441	1535	10,58	3,85	30 608	211,0	69,76	15110	104,2	34,44	37 393	257,8	93,75
Point B	191 818	856 329	16179	111,55	40,56	30 471	210,1	69,45	15893	109,6	36,22	36 632	252,6	91,84
Point C	234 290	1 045 936	16448	113,40	41,24	30 409	209,7	69,31	16300	112,4	37,15	36 225	249,8	90,82
Point D	234 290	1 045 937	16448	113,40	41,24	30 409	209,7	69,31	16300	112,4	37,15	36 225	249,8	90,82
Point E	353 295	1 577 208	16886	116,43	42,34	30 548	210,6	69,63	15389	106,1	35,07	37 136	256,0	93,11
Point F	380 516	1 698 733	16976	117,05	42,56	30 591	210,9	69,72	15110	104,2	34,44	37 414	258,0	93,80

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	08-mai-14	Émis pour commentaires	
0	09-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

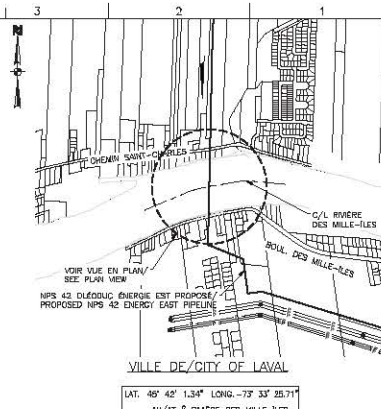
NNote: "La pression maximale d'exploitation (PME) du projet est de 8450 kPa, survenant aux sorties des stations de pompage. Les calculs de FDH pour cette traverse, toutefois, sont basés sur la PME spécifique du site, qui a été déterminée par la différence d'élévation entre la station de pompage en amont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



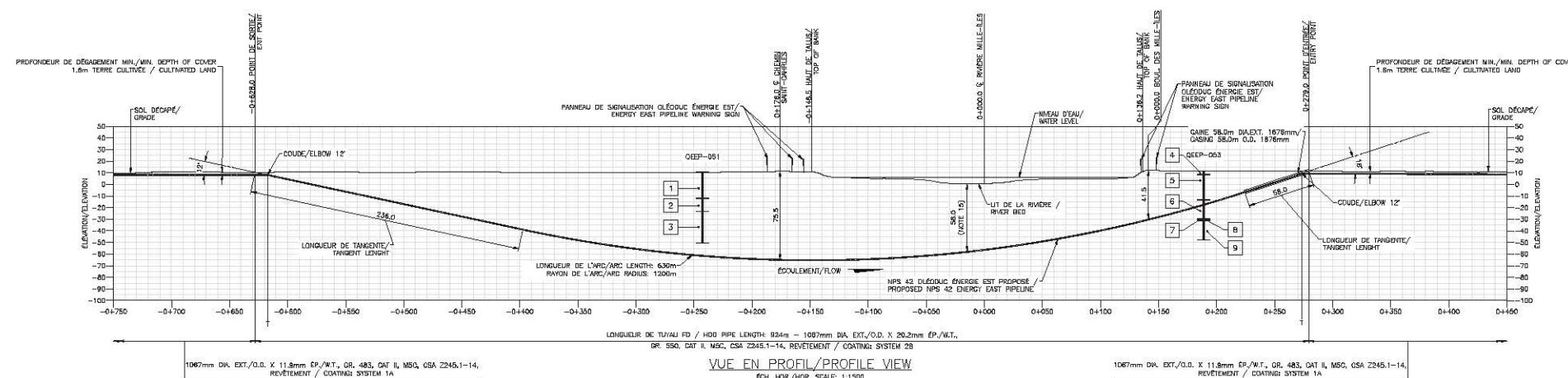
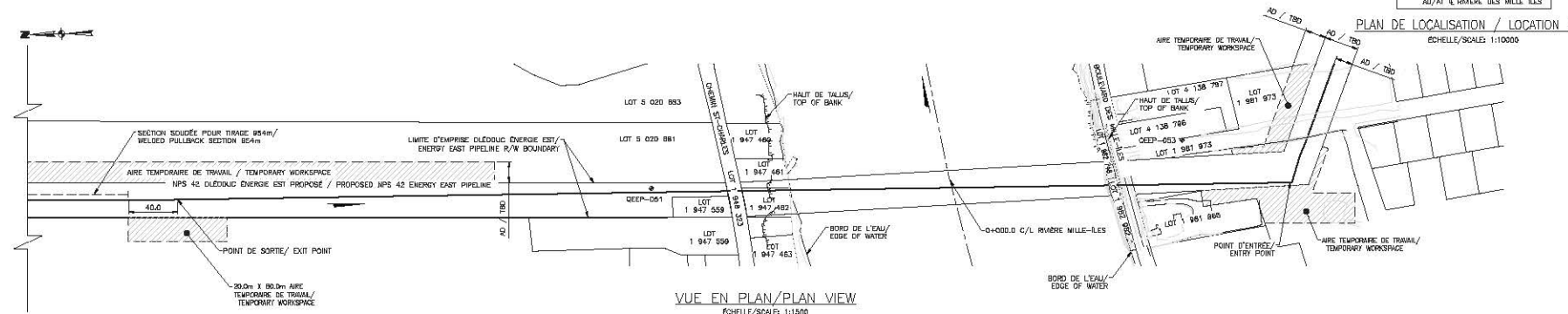
Annexe B

Dessin de conception

RAPPORT DE FORAGE / BOREHOLE LOG		
No. FORAGE / BOREHOLE No.	REPÈRE / TAG	DESCRIPTION
QEEP-051	1	ARGILE SILTEUX GRIS, TRACES DE SABLE / SILTY CLAY, GREY, TRACES OF SAND
	2	SABLE ET SILT GRIS, TRACES DE GRAVIER / SAND AND SILT, GREY, TRACES OF GRAVEL
	3	SOCLE ROCHER / BEDROCK
QEEP-063	4	SILT ARGILEUX GRIS-BRUN / GREY-BROWN CLAYEY SILT
	5	ARGILE SILTEUX GRIS, TRACES DE SABLE / SILTY CLAY, GREY, TRACES OF SAND
	6	SILT ET SABLE GRIS, TRACES DE GRAVIER / GREY SILT AND SAND, TRACES OF GRAVEL
	7	SABLE ET GRAVIER AVEC FRAGMENTS DE SHALE / SAND AND GRAVEL WITH SHALE FRAGMENTS
	8	ROC TRÈS FRACTURÉ / EXTREMELY FRACTURED ROCK
	9	SOCLE ROCHER / BEDROCK



SUITE SUR / CONTINUED ON
4930-03-ML-03-033B



DESSINS DE RÉFÉRENCE / REFERENCE DRAWINGS	
DESSIN / DRAWING NO	TITRE / TITLE
4930-03-ML-03-032F	PANNEAU DE SIGNALISATION POUR CLÉRIQUE À HAUTE PRESSION/HAUT PRESSURE OIL PIPELINE WARNING SIGN
4930-03-ML-03-031F	SIGNAL TIPIQUE DE TRANSITION DE TUYAU/TYPICAL PIPE TRANSITION SIGNAL
4930-03-ML-03-031F	SIGNAL TIPIQUE DE SOCLE SÉPARATION TRAVAIL DE SOCLE SIGNAL
4930-03-ML-03-030B	TRAVERSE DES MILLE ÎLES - TRAVERSE PAR FORAGE DIRIGÉ/ALTERNATIVE / HDD CROSSING
4930-03-ML-03-034	TRAVERSE DES MILLE ÎLES - TRAVERSE EN TRANCHEE / TRENCH CROSSING (ALTERNATIVE)

RÉVISION / REVISION	
REV / REV	DESCRIPTION
A	2014-03-31 DNS POUR RÉVISION (INTERIEUR A3) / ISSUED FOR REVISION (INTERNAL A3)
B	2014-04-04 DNS POUR RÉVISION (INTERIEUR SUPPLÉMENTÉ) / ISSUED FOR REVISION (INTERNAL SUPPLEMENTED)
C	2014-04-04 DNS POUR RÉVISION (CLÉRIQUE) / ISSUED FOR REVISION (CLERK)
D	2014-07-14 DNS POUR RÉVISION DE BASE / ISSUED FOR FEED
E	2014-08-09 RÉSERVÉ POUR RÉVISION DE BASE / RESERVED FOR FEED

APPROBATION / APPROVAL							
DATE / DATE	DESIGNÉ / DESIGNER	PROJECTIONNÉ / PROJECTED	REVISEUR / REVISOR	INGÉNIEUR / ENGINEER	INGÉNIEUR EN CHÈVE / CHIEF ENGINEER	CONTRACTANT / CONTRACTOR	DATE / DATE
21/07/14	JUL	JB	MG/RS	JM	GP	ENTEC	
21/07/14	JUL	CS	MG/RS	JM	GP	ENTEC	
22/08/14	AUG	CS	MG/RS	JM	GP	ENTEC	
22/08/14	AUG	CS	MG/RS	AB	GP	ENTEC	

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

REV/REV: _____ DATE: _____ PERMIS/PERMIT No: _____

Energy East Pipeline Ltd.

INFORMATION GÉNÉRALE CLÉRIQUE ÉNERGIE EST / ENERGY EAST GENERAL INFORMATION PIPELINE
FSA 4930 CHANGÉ/CHANGED DESCRIPTION/DESCRIPTION

RIVIÈRE DES MILLE ÎLES
TRAVERSE PAR FORAGE DIRIGÉ/ALTERNATIVE / HDD CROSSING QUÉBEC

REV/SCALE: 1:21/4.33 ORIGINAL/ORDRE: 4930-03-ML-03-033A REV/REV: E

- NOTES:**
APPENDAGE / SURVEYING:
- 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 / GENERAL:**
- LA TRAVERSE 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.
 - 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.

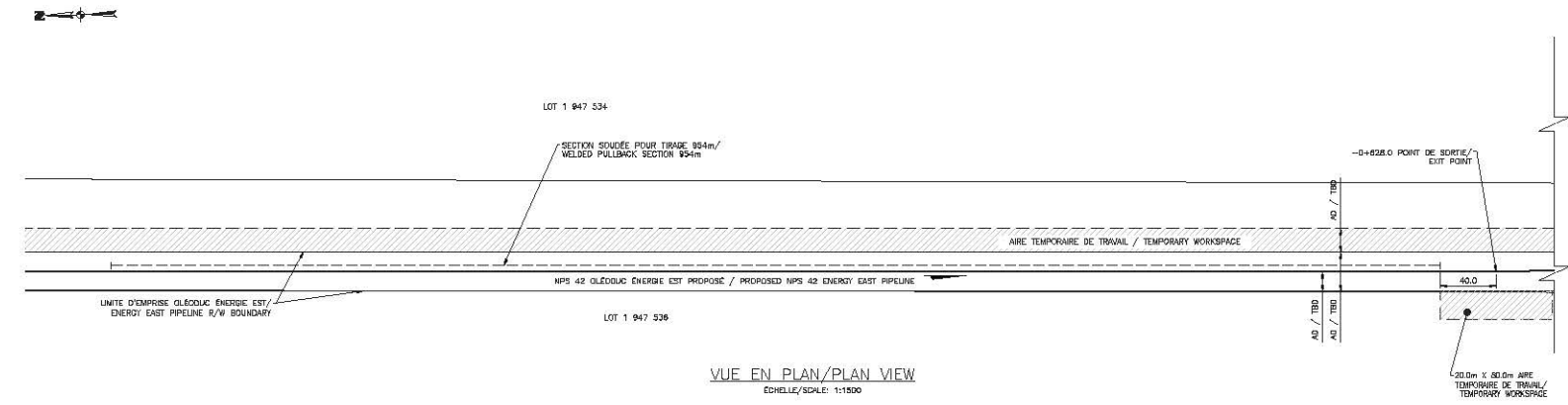
- ALIGNEMENT DE LA CONDUITE ET INSTALLATION / PIPE ALIGNMENT AND INSTALLATION:**
- L'ENTREPRENEUR DU FORAGE DIRIGÉ DOIT VÉRIFIER LA PROFONDEUR ET L'EMPLACEMENT DES INSTALLATIONS SOUTERRAINES EXISTANTES AVANT LA CONSTRUCTION. / THE HDD CONTRACTOR SHALL VERIFY APPROVED ENTRY/EXIT LOCATIONS AND DRILLING 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'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 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'OLÉODUC ÉNERGIE EST / UNDER NO CIRCUMSTANCES SHALL THE PIPELINE BE INSTALLED OUTSIDE OF THE ENERGY EAST R.O.W.
 - LA CONDUITE DOIT ÊTRE MISE EN PLACE SUR LE SOL NATUREL NON-REMUE 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.

- 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 ADEQUATEMENT EN TOUT TEMPS LORS DE L'OPÉRATION DE TRASSE AFIN DE S'ASSURER QUE LE TUYAU NE SUBISSE PAS DE CONTRAINTES EXCESSIVES. / THE PIPE PULL SECTION SHALL BE ADEQUATELY SUPPORTED AT ALL TIMES DURING PULLBACK TO ENSURE THE PIPE IS NOT OVERSTRESSED.
- AFIN D'INSPECTER VISUELLEMENT TOUT DOMMAGE AU TUYAU OU À SON REVÊTEMENT, L'ENTREPRENEUR EST TENU DE TIRER AU MINIMUM L'ÉQUIVALENT D'UNE LONGUEUR DE TUYAU À L'EXTÉRIEUR DU TROU DE FORAGE SELON LES SPÉCIFICATIONS DU FORAGE TES-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 DÉTAILLÉS—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, 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 COUURS D'EAU AFIN D'ÉVITER LE DÉVERSEMENT DE BOUE DE FORAGE DANS LE COURS D'ŒUVRE. / THERE SHALL BE A CONSTANT MONITORING TOOL FOR ANNUAL PRESSURE AND WATERCOURSE TURBIDITY BY THE HDD CONTRACTOR TO ENSURE NO FINE-CUT OF DRILLING FLUID INTO THE WATERCOURSE.
 - LA PROFONDEUR DE RECOURÈMENT SERA DÉTERMINÉE À LA PHASE D'INGÉNIÉRIE DÉTAILLÉE. / DEPTH OF COVER WILL BE FINALIZED DURING THE DETAILED ENGINEERING PHASE.
- ENVIRONNEMENTAL / ENVIRONMENTAL:**
- VOIR LES CLAUSES ENVIRONNEMENTALES DÉTAILLÉES (À ÊTRE COMPLÉTÉES À L'INGÉNIÉRIE DÉTAILLÉE) / SEE DETAILED ENVIRONMENTAL CONDITIONS (TO BE DEFINED IN DETAILED ENGINEERING)

SPÉCIFICATIONS DE L'OLÉODUC / PIPELINE SPECIFICATIONS

- CONDUITE / LINE PIPE: 1083mm DA EXT. / O.D. (NPS 42) x 11.0mm DP/WT. OR 483 DA INT. / I.D. (NPS 16) x 11.0mm DP/WT.
- TEMPÉRATURE D'OPÉRATION MAX. / MAX. OPERATING TEMPERATURE: 100 °C
- TEMPÉRATURE D'OPÉRATION MIN. / MIN. OPERATING TEMPERATURE: 30 °C
- TYPE DE JOINT / TYPE OF JOINT: Soudé / Welded
- REVÊTEMENT CONDUITE / LINE PIPE COATING: SYSTÈME / SYSTEM MA
- MÉTHODE DE TRAVASSE / CROSSING METHOD: FORAGE DIRIGÉ / HDD
- TEST DE PRESSION MIN. (SECTION DE TRAVASSE) / TEST PRESSURE (CROSSING SECTION): 11 500 kPa
- PRESSION D'OPÉRATION MAX. / MAX. OPERATING PRESSURE: 8 240 kPa
- PROTÉCTION CATHODIQUE / CATHODIC PROTECTION: COURANT IMPOSÉ / IMPRESSED CURRENT
- VOLTAGE DE PROTECTION CATHODIQUE MAX. / MAX. CATHODIC PROTECTION VOLTAGE: 40 / TEI
- PRODUIT TRANSPORTÉ / PRODUCT CARRIED: PÉTROLE BRUT / CRUDE OIL



↑ SUITE SUR / CONTINUED ON
 4930-03-ML-03-033A
 ↓

DESSINS DE RÉFÉRENCE / REFERENCE DRAWINGS

DESSIN / DRAWING NO.	TITRE / TITLE
4930-03-ML-01-524F	PROJET DE SOUDURE POUR OLÉODUC À HAUTE PRESSION/HAUTE PRESSION OLÉODUC WELDED SEW
4930-03-ML-01-517F	SCHEMA TYPIQUE DE TRAVASSE DE TUYAU/TYPICAL PIPE TRANSITION DETAIL
4930-03-ML-01-514F	SCHEMA TYPIQUE DE SOUDURE SOUS TENSION/TYPICAL WELDING TO SUBM DETAIL
4930-03-ML-01-030A	TRAVERSE DES WELLS LES - TRAVERSE PAR FORAGE DIRIGÉ / HDD CROSSING
4930-03-ML-01-034	TRAVERSE DES WELLS LES - TRAVERSE EN TRANCHEE / TRENCHED CROSSING ALTERNATIVE

RÉVISION / REVISION

REV / REV	DATE	DESCRIPTION
A	2014-03-31	ONS POUR RÉVISION (INTERNE A3) / ISSUED FOR REVIEW (INTERNAL A3)
B	2014-04-04	ONS POUR RÉVISION (INTERNE SOUVENTE) / ISSUED FOR REVIEW (INTERNAL SOUVENTE)
C	2014-04-04	ONS POUR RÉVISION (OLÉODUC) / ISSUED FOR REVIEW (OLÉODUC)
D	2014-07-14	ONS POUR RÉVISION DE BASE / ISSUED FOR FEED
E	2014-08-09	RÉVISÉ POUR RÉVISION DE BASE / REVISÉ FOR FEED

APPROBATION / APPROVAL

DATE / DATE	PROJET / PROJ.	PROJETÉ / PROJ.	PROJETÉ / PROJ.	PROJETÉ / PROJ.	PROJETÉ / PROJ.	PROJETÉ / PROJ.	PROJETÉ / PROJ.	PROJETÉ / PROJ.
21/07/14	JUL	JB	MS/RS	JM	GP	ENTEC		
21/07/14	JUL	JB	MS/RS	JM	GP	ENTEC		
21/07/14	JUL	JB	MS/RS	JM	GP	ENTEC		
22/08/14	JUL	JB	MS/RS	JM	GP	ENTEC		
22/08/14	JUL	JB	MS/RS	JM	GP	ENTEC		

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

REV/REV: DATE: PERMIS/PERMIT NO.:

Energy East Pipeline Ltd.

INSTRUMENTATION GÉNÉRALE OLÉODUC ÉNERGIE EST / ENERGY EAST GENERAL INSTRUMENTATION PIPELINE

PARVIERE DES MILLE ILES
 TRAVERSE PAR FORAGE DIRIGÉ/HAUTE PRESSION
 QUÉBEC

REV/SCALE: ORIGINAL/REVISED: 4930-03-ML-03-033A



Annexe C

Dessin de traverse alternative

NOTES / REMARQUES / SURVEILLANCE

1. TOUTES LES MESURES SONT EN METRES SAUF INDICATION CONTRAIRE / ALL MEASUREMENTS ARE IN METERS UNLESS OTHERWISE SPECIFIED.

2. TOUTES LES CHANGEMENTS SONT HORIZONTALS SAUF INDICATION CONTRAIRE / ALL CHANGES ARE HORIZONTAL UNLESS OTHERWISE SPECIFIED.

GENERAL / GENERAL

3. LA TRAVERSE DEVRA ETRE CONSTRUITE ET PROUVEE EN RESPECTANT AU MINIMUM TOUS LES REGLEMENTS FEDERALS, PROVINCIAUX, MUNICIPAUX ET REGIONAUX 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 ETRE CONFORMES A LA NORME CSA Z262-11, AUX SPECIFICATIONS DE CONSTRUCTION TES-PROJ-PCS ET AUX EXIGENCES DU PERMIS DE TRAVAILER / PIPELINE CONSTRUCTION AND HYDROSTATIC TESTING PROGRAM SHALL COMPLY WITH CSA Z262-11 STANDARD AND TRANSCANADA CONSTRUCTION SPECIFICATIONS TES-PROJ-PCS AND MEET REQUIREMENTS IN THE CROSSING AGREEMENTS.

5. LA METHODE DE TRANMISE ET D'INSTALLATION DU PIPELINE SERA CONFIRMEE A L'INGENIERIE DETAILLEE / METHOD FOR RISER CROSSING AND PIPE INSTALLATION TO BE CONFIRMED DURING DETAILED ENGINEERING.

INSTALLATION DE LA CONDUITE ET ALIGNEMENT / PIPE ALIGNMENT AND INSTALLATION

6. L'ENTREPRENEUR PIPELINE DOIT VÉRIFIER LA PROFONDEUR ET L'EMPLACEMENT DES INSTALLATIONS SOUTERRAINES EXISTANTES AVANT LA CONSTRUCTION / THE PIPELINE CONTRACTOR SHALL VERIFY THE LOCATION AND DEPTH OF EXISTING UNDERGROUND INSTALLATIONS PRIOR TO CONSTRUCTION.

7. EN AUCUN CAS LA CONDUITE NE PEUT ETRE INSTALLEE A L'EXTÉRIEUR DE L'EMPREINTE D'ÉNERGIE EST / UNDER NO CIRCUMSTANCES SHALL THE PIPELINE BE INSTALLED OUTSIDE OF THE ENERGY EAST ROW.

8. LES ALIGNEMENTS DE LA CONDUITE, TELS QU'INDIQUÉS SUR LE PLAN ET PROFIL, INDIQUENT LES EXIGENCES MINIMALES REQUISES POUR L'ÉNERGIE EST / THE 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.

9. LA CONDUITE DOIT ETRE MISE EN PLACE SUR LE SOL NATUREL NON-REMUNIÉ AVEC LA PROTECTION APPROPRIÉE. LES PENTES LATÉRALES D'ÉNERGIE EST TEMPORAIRE DOIVENT RESPECTER LA SPECIFICATION DE CONSTRUCTION TES-PROJ-PCS DE TRANSCANADA. / PIPELINE SHALL BE PLACED ON NATURAL, UNDISTURBED SOIL WITH APPROPRIATE PROTECTION. TEMPORARY SIDE SLOPES SHALL MEET TRANSCANADA CONSTRUCTION SPECIFICATION TES-PROJ-PCS.

10. L'ANGLE DE COUVERTURE MAXIMALE DE LA CONDUITE SUR LE TERRAIN EST DE 1,0 DEGRÉ PAR DIAMÈTRE DE LONGUEUR. / THE MAXIMUM PIPE FIELD BEDD ANGLE IS 1.0 DEGREE PER DIAMETER LENGTH.

11. UN PLAN ET UN PROFIL «LET-QUE-CONSTRUIT» DOIVENT ETRE FOURNIS A L'ÉNERGIE EST AVANT L'ACHÈVEMENT DES TRAVAUX. / A FINAL «AS-BUILT» PLAN AND PROFILE SHALL BE PROVIDED TO ENERGY EAST PIPELINE AFTER THE COMPLETION OF THE WORK.

12. LA PROFONDEUR DE RECOUVREMENT SERA DÉTERMINÉE À LA PHASE D'INGÉNIERIE DE DÉTAIL. / DEPTH OF COVER WILL BE FINALIZED DURING THE DETAILED ENGINEERING PHASE.

SECTION DES DÉBRIS ET REMBLAIS TEMPORAIRES / SOIL PLACEMENT-TEMPORARY

13. LES PENTES OU DÉBRIS D'ÉNERGIE EST DOIVENT ÊTRE CONFORMES AUX NORMES TES-D01-23AS ET TES-PROJ-EXC DE TRANSCANADA ET AUX NORMES LOCALES. / TEMPORARY SOIL SLOPE FROM EXCAVATION SHALL CONFORM TO TRANSCANADA SPECIFICATIONS TES-D01-23AS, TES-PROJ-EXC AND LOCAL REQUIREMENTS.

14. L'ARE D'ENTREPOSAGE DES DÉBRIS DOIT ETRE NIVELÉE POUR S'ASSURER QUE L'EAU NE S'ACCUMULE PAS À LA SURFACE ET QUE LES DÉBRIS MIS EN TAS MARCHENT DANS L'ÉCOULEMENT DE L'EAU. / SOIL AREAS SHALL BE GRADED TO ENSURE THE WATER WILL NOT POND ON THE SURFACE OR BE TRAPPED BY THE SOIL PILE.

SECTION DES DÉBRIS ET REMBLAIS PERMANENTS / SOIL PLACEMENT-PERMANENT

15. LA TRANCHE DE LA CONDUITE TRAVERSANT DOIT ETRE RECONSTRUITE AVEC LE MATÉRIEL EN PLACE AINSI QU'AU NIVEAU APPROXIMATIF DU LIT ORIGINAL DE LA RIVIÈRE. / PIPE OTCH APPROX. MAIN CHANNEL SHALL BE BACKFILLED WITH NATIVE MATERIAL TO APPROXIMATELY THE ORIGINAL GRADE.

16. LES MATÉRIELS DES BORDS DOIVENT ETRE REPLACÉS DE FAÇON PERMANENTE PAR COUCHES DE 300mm D'ÉPAISSEUR DÉMONT COMPACTÉES. CES MATÉRIELS DOIVENT ETRE EXEMPTS DE MATIÈRES ORGANIQUES ET DE DÉBRIS LIQUÈUX. AVANT LE REMBLAIEZ SUR UNE SURFACE EN PENTE GÉLÉE, LA SURFACE GÉLÉE DOIT ÊTRE SOUPLES POUR FAVORISER L'ADHÉSION ENTRE ELLES-ET LE REMBLAI. / BANK MATERIALS MUST BE PERMANENTLY REPLACED IN LAYERS OF 300mm MAXIMUM, AND PROPERLY COMPACTED. THESE MATERIALS MUST BE FREE OF ORGANIC MATTER AND WOODY DEBRIS. PRIOR TO PLACING FILL ON FROZEN SLOPED SURFACES, THESE SURFACES MUST BE SCARIFIED TO MAXIMIZE ADHESION OF MATERIALS.

17. SI REQUIS, LE REMBLAI DANS LE TALLUS DOIT ETRE MIS EN PLACE AVEC UNE PENTE NATURELLE DE 2H:1V POUR OPTIMISER LA STABILITE DU TALLUS. / IF REQUIRED, THE SOILS IN THE SOA BOND AND BANK AREA SHALL BE PLACED WITH A MAXIMUM SLOPE OF 2H:1V TO OPTIMIZE BANK STABILITY.

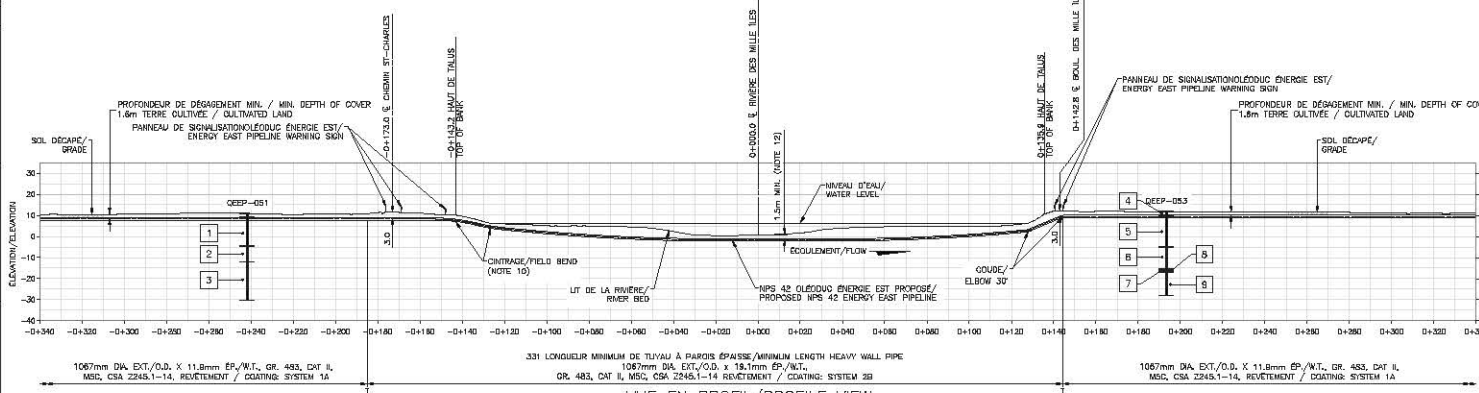
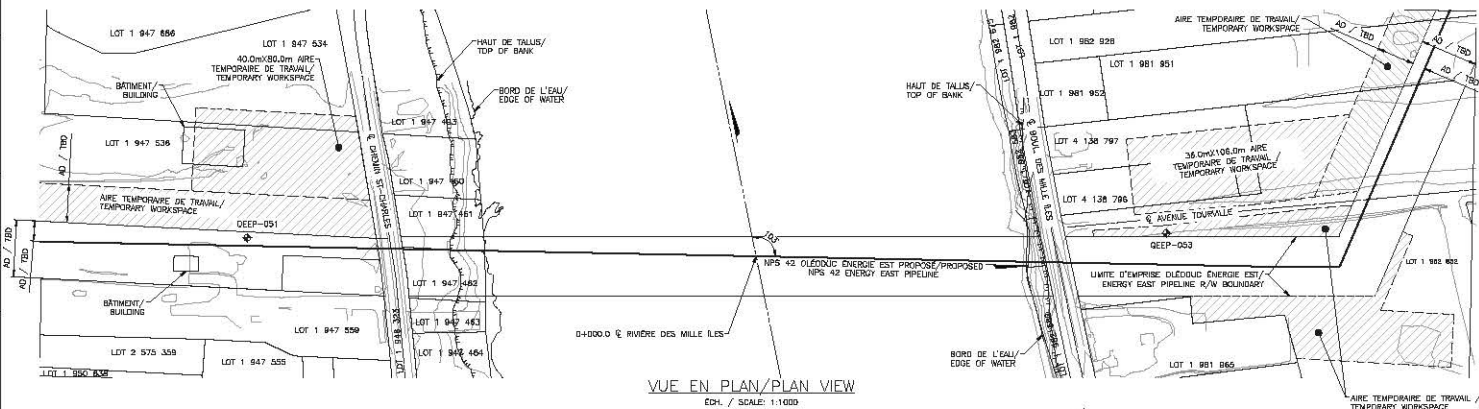
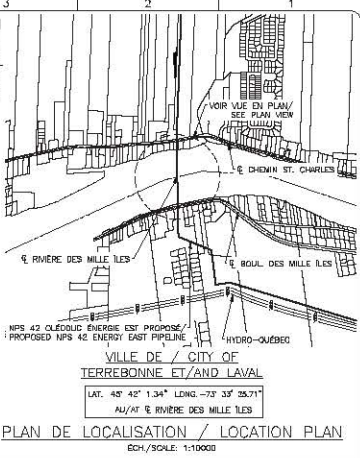
18. LORS DE TRAVAUX HIVERNAUX, DES TASSEMENTS CONSIDÉRABLES PEUVENT SE PRODUIRE DANS LES BERGES REMBLAIES L'ÉTÉ SUIVANT. LA CONSTRUCTION ET LES BERGES EQUIPEMENT NECESSAIRE UN REEMPLISSAGE FINAL SELON LA PENTE SPECIFIÉE. UNE QUANTITE DE REMBLAI SUPPLEMENTAIRE POURRAIT ETRE REQUISE POUR COMPENSER CES TASSEMENTS. LES BERGES DEVRAIENT ETRE PROFILÉES AFIN QUE L'EAU NE S'ACCUMULE PAS EN HAUT DE TALLUS. / 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.

CONTROLE DE LA FLOTTABILITE / BUOYANCY CONTROL

19. LE CONTROLE DE LA FLOTTABILITE SERA DÉTERMINÉE À L'INGENIERIE DETAILÉE. / BUOYANCY CONTROL WILL BE DETERMINED IN DETAILED ENGINEERING.

ENVIRONNEMENT / ENVIRONMENT

20. VOIR LES CLAUSES ENVIRONNEMENTALES DÉTAILLÉES (À ÊTRE COMPLÉTÉES À L'INGENIERIE DETAILÉE). / SEE DETAILED ENVIRONMENTAL CONDITIONS (TO BE DEFINED IN DETAILED ENGINEERING)



DESSINS DE RÉFÉRENCE / REFERENCE DRAWINGS

DESSIN / DRAWING NO	TITRE / TITLE
4830-03-ML-01-524F	PANEAU DE SIGNALISATION POUR QUÉBEC À HAUTE PRESSION/HAUTE PRESSION DE LA PIPELINE TRAVERSANT LE RIVER
4830-03-ML-02-517F	SÉRIAL TYPE DE TRANSMISSION DE TENDU/TENSION PIPE TRANSMISSION SERIAL
4830-03-ML-03-514F	DESIGN TYPE DE SOULEVEMENT TRAVAIL DE SOULEVEMENT
3705-03-ML-02-086F	PANEAU TRAVAIL DE SOULEVEMENT PROTECTION CONTRE L'ÉNERGIE WATERPROOFING SIGN EXISTING PROTECTION
3705-03-ML-02-103.FR	PANEAU TEMPORAIRE AVEC BARRE / TEMPORARY PLATE CABLED CROSSING
3705-03-ML-02-111.FR	TRAVASSE DE COUS D'EAU AVEC BARRE / PLANK WATERCOURSE CROSSING
3705-03-ML-02-112.FR	TRAVASSE DE COUS D'EAU PAR BARRE ET POMPE / DAM AND PUMP WATERCOURSE CROSSING
4830-03-ML-02-020A	PANEAU DES MILLE ÎLES - TRAVASSE PAR FORAGE DIRECTIONNEL / HDD CROSSING
4830-03-ML-03-033B	PANEAU DES MILLE ÎLES - TRAVASSE PAR FORAGE DIRECTIONNEL / HDD CROSSING

RÉVISION / REVISION

NO. / NO.	DATE	DESCRIPTION
A	2014-03-31	ONS POUR RÉVISION (INTERNE A3) / ISSUED FOR REVISION (INTERNAL A3)
B	2014-04-04	ONS POUR RÉVISION (INTERNE AUTRES) / ISSUED FOR REVISION (INTERNAL STATUSES)
C	2014-04-14	ONS POUR RÉVISION (CLIENT) / ISSUED FOR REVISION (CLIENT)
D	2014-05-14	ONS POUR RÉVISION DE BASE / ISSUED FOR FEED
E	2014-08-09	RÉVISION POUR RÉVISION / REVISION FOR FEED

APPROBATION / APPROVAL

DESIGNER	CHECKED	DESIGNED	APPROVED	DATE		
2167445	08/ACS	AB	MS	JN	GP	2014-08-09
2167445	JES	AB	MS	JN	GP	2014-08-09
2167445	JES	AB	MS	JN	GP	2014-08-09
2239444	JES	CS	MS	JN	GP	2014-08-09
2239444	AI	CS	MS	AB	GP	2014-08-09

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

REV/REV DATE: 2014/08/09

Energy East Pipeline Ltd.

INFORMATION GÉNÉRALE OLEUCID ÉNERGIE EST / ENERGY EAST GENERAL INFORMATION PIPELINE
FSA 49320 CHAMBER/CHAMBRÉ

RIVIÈRE DES MILLE ÎLES
TRAVASSE EN TRANCHEE / TRENCHED CROSSING (ALTERNATIVE)
QUÉBEC

REV/SCALE: 4930-03-ML-03-034



Annexe D











Information géotechnique

Annexe G – Rivière des Milles Îles

G1. 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-051
Dossier : PLUS-00026280-045500

Projet : Oléoduc Énergie Est - Exploration géotechnique
Traverses de rivières majeures
Endroit : Rivières des Mille Îles
Foreur : Forages S.L.
Date du forage : 2014-03-03

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

Coordonnées géographiques
Latitude : 45.7025°
Longitude : -73.5570°

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																					
		10.79	Descente des tubages en destruction dans glace et eau jusqu'à 1,4 mètre de profondeur.																					
		9.42	Argile silteuse grise, traces de sable.										Ip = 39,7% IL = 0,892											
5		1.37					CF-1	100	8															
2							CF-2	100	1															
10							CF-3	100	1															
4							CF-4	100	3															
15							CF-5	100	3															
5							TM-6																	
20																								
7																								
25																								
9																								
30																								
10																								
35																								
11							CF-7	100	2															

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-051
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	4											
13	45						CF-9	100	4											
14	50	-4.45 15.24	Silt et sable grise, un peu de gravier. Compact à dense.				CF-10	58	22											
15	55						CF-11	67	16			AG		10.1						
16	60						CF-12	63	35											
17	65						CF-13	75	29											
18	70						CF-14	79	51											
19	75	-11.99 22.78	Socle rocheux : Roc argileux fracturé, silt et argile dans les fractures. Longs intervalles de shale argileux gris foncé à noir avec laminations millimétriques de siltstone. Litage horizontal. Fracture naturelle à 165° de l'axe avec silt et argile à 23,72 mètres de profondeur. Nombreux joints et diaclases obliques entrecroisés provoquant une fracture mécanique. Joint à 70° à 24,66 mètres de profondeur. Joint à 20° à 24,70 mètres de profondeur. Joint à 145° à 25,26 mètres de profondeur. Joint à 150° à 25,40 mètres de profondeur.				CF-15	67	R											
20	80						CR-16	95	0											
21	85						CR-17	100	39											
22	85						CR-18	100	69					0.00						



RAPPORT DE FORAGE

Forage N° : QEEP-051
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		À 27,08 mètres de profondeur : Shale noir fracturé. Présence possible de silt et argile, ou matrice de roc broyé.																		
	28		À partir de 27,31 mètres de profondeur : Alternance de shale argileux et de shale silteux (moindre quantité) gris foncé à noir avec laminations millimétriques de siltstone gris-brun. Lithologie constante jusqu'à la fin du forage.												0.00						
	95	29					CR-19	100	72												
	30														0.00						
	100																				
	31																				
	105	32	Joint à 15° avec l'axe à 31,78 mètres de profondeur.																		
			Joint à 50° avec l'axe à 31,95 mètres de profondeur.				CR-20	100	100												
			Entre 32,46 et 32,56 mètres de profondeur : 3 joints successifs à 60° recoupés d'un joint à 20°.																		
	33		À 32,61 et 32,64 mètres de profondeur : Deux directions de joints entrecoupés à 160° et 35°.				CR-21	100	81												
			À 32,81 mètres de profondeur : Joint à 160°.																		
	110		À 32,90 mètres de profondeur : Lentille ou nodule aplatie de pyrite massive de 1 cm d'épaisseur.				CR-22	100	44												
			De 32,90 à 33,11 mètres de profondeur : Joint avec placage de calcite à 170°.												0.00						
			À 33,60 mètres de profondeur : Joint à 160°.				CR-23	100	79												
	115	35	À 34,55 mètres de profondeur : Joint à 135°.																		
			À 35,30 mètres de profondeur : Joint à 140°.				CR-24	100	92												
	36		De 35,65 à 35,78 mètres de profondeur : Joint à 170°.																		
	120		De 36,35 à 36,55 mètres de profondeur : Joint à 10°.																		
	37																				
			À 37,30 mètres de profondeur : Joint à 50°.																		
	125	38	Quelques horizons plus silteux de 37,40 à 39,90 mètres de profondeur.				CR-25	100	100												
															0.00						
	39		Lithologie de shale gris foncé noir argileux à silteux constante.																		
	130																				
	40		Séquence de shale argileux noir de 39,90 à 40,94 mètres de profondeur.				CR-26	100	93												
			Joint à 140° de l'axe à 40,50 mètres de profondeur.																		
	41	-30.15 40.94	Fin du forage à 40,9 mètre de profondeur.																		



RAPPORT DE FORAGE

Forage N° : QEEP-053
Dossier : PLUS-00026280-045500

Projet : Oléoduc Énergie Est - Exploration géotechnique
Traverses de rivières majeures
Endroit : Rivière des Mille Îles
Foreur : Forages S.L.
Date du forage : 2014-02-18

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

Coordonnées géographiques
Latitude : 45.6987°
Longitude : -73.5569°

Niveau de référence
Géodésique

Niveau d'eau
Prof.: m Date:
Prof.: m Date:

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)

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

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		
		11.76	Niveau actuel du sol																		
		0.00	Silt argileux gris-brun.																		
1							CF-1	75	5												
5																					
2		9.63	Argile silteuse grise, traces de sable.				CF-2	100	2												
10		2.13					CF-3	100	2												
4							CF-4														
15							TM-4	100													
5							CF-5	100	2												
20							CF-6	100	3				AG, Sed								
7							CF-7	100	5												
30																					
10																					
35																					

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-053
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																			
		-15.49	Sable et gravier avec fragments de shale et de grès gris (till).				CF-14	75	41											
90	27	27.25																		
		-16.28	Roc très fracturé, possiblement disloqué, mélangé au till.				CR-15	59	0											
28		28.04																		
		-17.02	Socle rocheux : Shale gris foncé à noir avec fines laminations de siltstone, très faiblement calcaireux. Quelques fractures naturelles dans les premières courses entre 28,78 et 29,80 m jusqu'à environ 31,50 mètres de profondeur.				CR-16	99	57											
95	29	28.78																		
29			Roc très fissile, se délite facilement au contact de l'eau. Fractures mécaniques fréquentes à la sortie du carottier.				CR-17	84	54											
30																				
100																				
31																				
105	32		Lits de siltstone entre 32,00 et 32,13 m, 32,92 à 32,95 m, 34,11 à 34,14 m, 34,22 à 34,36 m, 34,80 à 34,88 m, 35,50 à 35,55 m 35,85 à 36 mètres de profondeur, et autres intervalles réguliers.				CR-18	100	79											
33																				
110																				
34																				
115	35																			
35																				
120																				
36																				
125	37																			
37																				
125	38																			
38		-25.99	Lit de grès fin de 37,64 à 37,75 mètres de profondeur.				CR-19	100	92											
		37.75	Alternance de shale noir fissile avec minces laminations (0,1-3 mm) grès fin et siltstone.				CR-20	98	85											
125	39																			
39																				



RAPPORT DE FORAGE

Forage N° : QEEP-053
 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		
		39.65	Fin du forage à 39,7 mètres de profondeur.																		
40																					
41																					
135																					
42																					
140																					
43																					
44																					
145																					
45																					
150																					
46																					
47																					
155																					
48																					
160																					
49																					
50																					
165																					
51																					
170																					
52																					
53																					
175																					

G2. Photographies des carottes de roc



Photographies des carottes de roc (sec) : Rivière des Milles Îles - Forage QEEP-051



Photo 1. Forage QEEP-051: boîtes 1 à 3 / 5 (22,78 m à 35,50 m)



Photo 2. Forage QEEP-051: boîtes 4 à 5 / 5 (35,50 m à 40,94 m)

Photographies des carottes de roc (humide) : Rivière des Milles Îles - Forage QEEP-051



Photo 1. Forage QEEP-051: boîtes 1 à 3 / 5 (22,78 m à 35,50 m)



Photo 2. Forage QEEP-051: boîtes 4 à 5 / 5 (35,50 m à 40,94 m)

Photographies des carottes de roc (sec) : Rivière des Milles Îles - Forage QEEP-053



Photo 1. Forage QEEP-053: boîtes 1 à 3 / 3 (27,25 m à 39,65 m)

Photographies des carottes de roc (humide) : Rivière des Milles Îles - Forage QEEP-053



Photo 1. Forage QEEP-053: boîtes 1 à 3 / 3 (27,25 m à 39,65 m)

G3. Résultats d'essais in situ



Tableau G3.1. Synthèse des résultats d'essais de perméabilité dans les sols (Riv. des Milles Îles)

Forage	Profondeur de l'essai (m)	Élévation de l'essai (m)	Perméabilité (m/s)
QEEP-053	19,8	-8,0	5,5E-8

Tableau G3.2. Synthèse des résultats d'essais d'eau sous pression en rocher (riv. des Milles Îles)

Forage	Profondeur de l'essai (m)		Élévation de l'essai (m)		RQD (%)	Absorption ¹	
	Haut	Bas	Haut	Bas		(l/min-m)	(Lugeon) ²
QEEP-051	24,3	29,3	-13,5	-18,5	69 à 89	0,06	0
	27,3	32,4	-16,5	-21,6	72 à 100	0,00	0
	31,8	36,9	-21,0	-26,1	44 à 100	0,00	0
	36,4	40,9	-25,6	-30,1	93 à 100	0,00	0
QEEP-053	28,7	33,8	-16,9	-22,0	54 à 79	1,65	11
	33,1	38,1	-21,3	-26,3	79 à 92	0,01	0
	35,5	36,7	-23,7	-24,9	85 à 92	0,50	2

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.



G4. Résultats d'essais en laboratoire





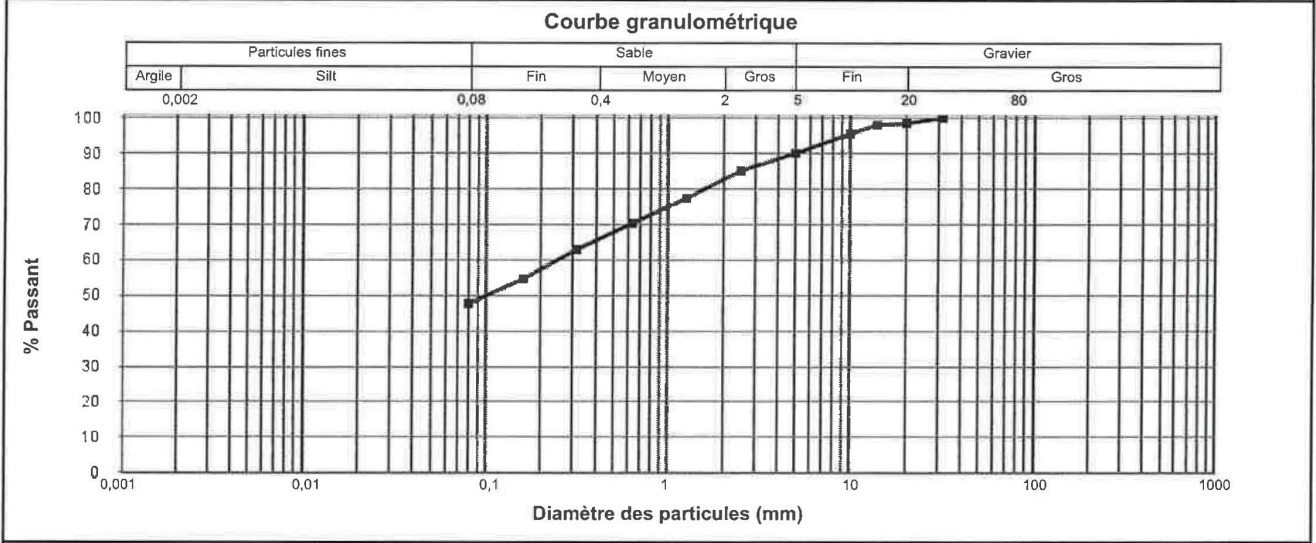
2555, rue Saint-Pierre
 Drummondville (QC) J2C 7Y2
 Téléphone: 819-477-3775
 www.exp.com

**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-3662
	Réf. client :

Sondage n° : QEEP-051	Prélevé le : 2014-03-04 par EXP
Échantillon : CF-11	Reçu le : 2014-03-24
Profondeur : 16,6 à 17,2 m	Localisation : Rivière des Mille-îles



Analyse granulométrique LC 21-040		Description	Autres essais	
Tamis (mm)	Tamisat %passant mesuré		Teneur en eau	LC 21-201
112		D ₁₀ :		10,1 %
80		D ₃₀ :		
56		D ₆₀ :	0,260 mm	
40		Coefficient d'uniformité (Cu) :		
31,5	100	Coefficient de courbure (Cc) :		
20	99	Gravier:	10 %	
14	98	Sable:	42 %	
10	96	Silt et argile:	48 %	
5	90	Description :	Silt et sable, un peu de gravier	
2,5	85	Classification unifiée :	SM	
1,25	78			
0,630	70			
0,315	63			
0,160	55			
0,080	47,6			

Remarques :

Vérifié par : Simon Tessier
 Technicien, coordonnateur

Approuvé par : Michelle Létourneau, ing., M.Sc.A. Date : 2014-03-26



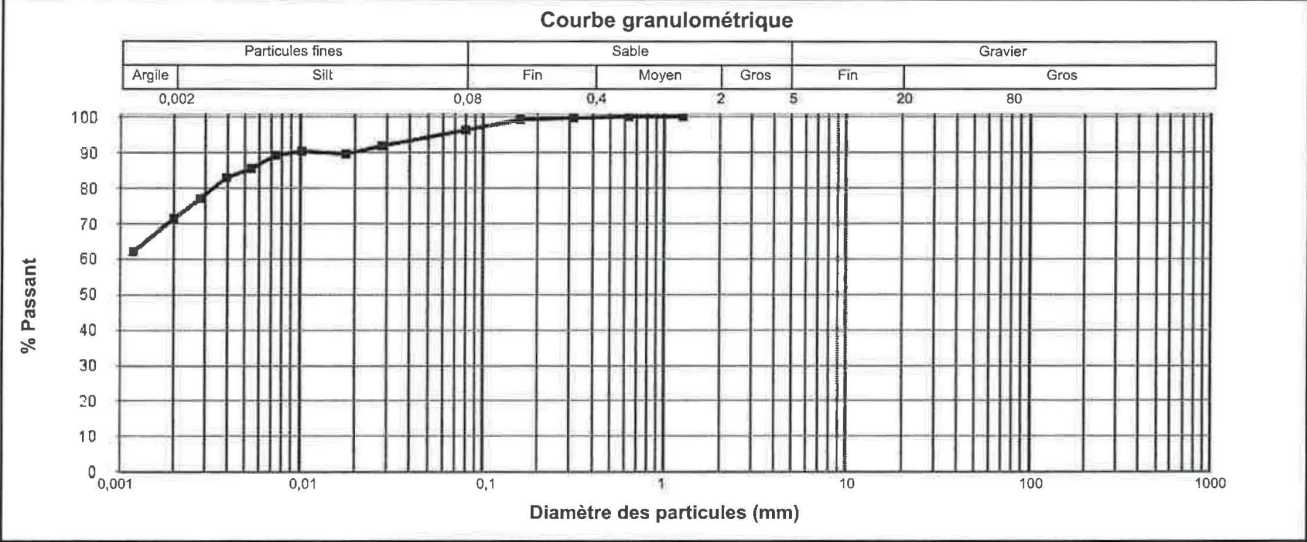
2555, rue Saint-Pierre
 Drummondville (QC) J2C 7Y2
 Téléphone: 819-477-3775
 www.exp.com

**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-3617
 Réf. client :

Sondage n° : QEEP-053 Prélevé le : 2014-02-18 par EXP
 Échantillon : CF-6 Reçu le : 2014-03-06
 Profondeur : 8,2 à 8,8 m Localisation : Rivière des Mille-Îles



Analyse granulométrique LC 21-040				Description
Tamis (mm)	Tamisat %passant mesuré	Tamis (mm)	Tamisat %passant mesuré	
112		0.0278	92,0	D ₁₀ :
80		0.0177	89,7	D ₃₀ :
56		0.0103	90,3	D ₆₀ :
40		0.0073	89,2	Coefficient d'uniformité (Cu) :
31,5		0.0054	85,5	Coefficient de courbure (Cc) :
20		0.0039	83,0	Gravier: 0 %
14		0.0028	77,1	Sable: 4 %
10		0.0020	71,3	Silt: 25 %
5		0.0012	62,0	Argile: 71 %
2,5				Description : Argile silteux, traces de sable
1,25				Classification unifiée :
0,630	100			
0,315	100			
0,160	99			
0,080	96,5			
				Teneur en eau LC 21-201 61,4%

Remarques :

Vérifié par : Simon Tessier
 Simon Tessier
 Technicien, coordonnateur

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

Date : 2014-03-11



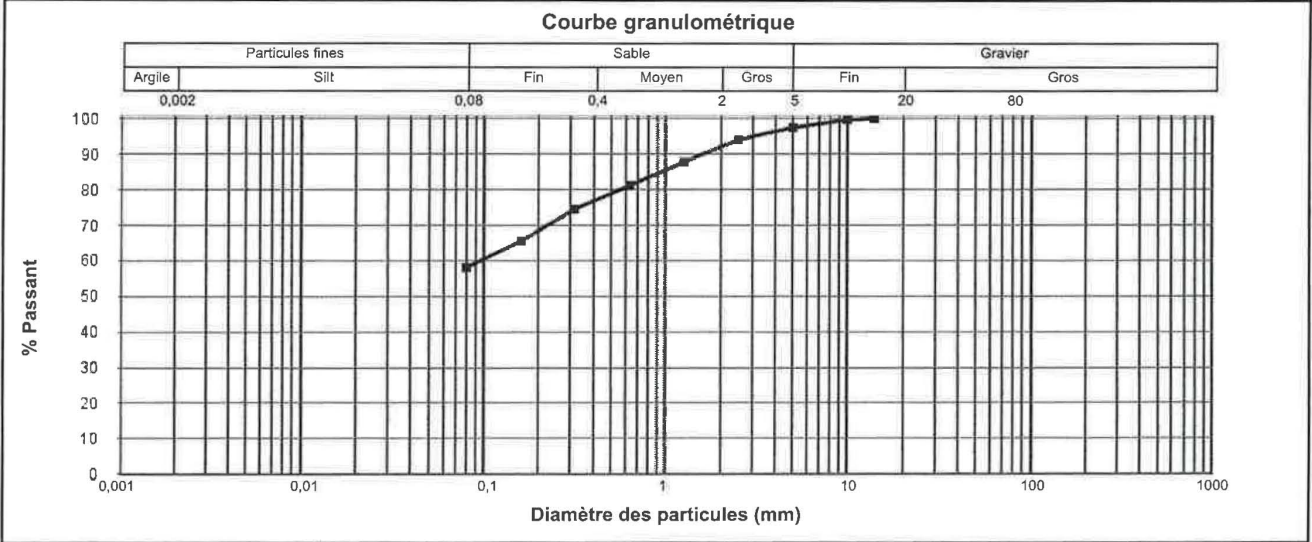
2555, rue Saint-Pierre
 Drummondville (QC) J2C 7Y2
 Téléphone: 819-477-3775
www.exp.com

**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-3618
	Réf. client :

Sondage n° : QEEP-053	Prélevé le : 2014-02-18 par EXP
Échantillon : CF-12	Reçu le : 2014-03-06
Profondeur : 19,7 à 20,3 m	Localisation : Rivière des Mille-Îles



Analyse granulométrique LC 21-040		Description	Autres essais	
Tamais (mm)	Tamisat %passant mesuré		Teneur en eau	LC 21-201 13,4%
112		D ₁₀ :		
80		D ₃₀ :		
56		D ₆₀ :		
40		Coefficient d'uniformité (Cu) :		
31,5		Coefficient de courbure (Cc) :		
20				
14	100	Gravier:	3 %	
10	100	Sable:	39 %	
5	97	Silt et argile:	58 %	
2,5	94	Description :	Silt et sable, traces de gravier	
1,25	88			
0,630	81			
0,315	74			
0,160	66			
0,080	58,0			

Remarques :

Vérifié par : Simon Tessier
 Technicien, coordonnateur

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

Annexe 4-80

Étude de faisabilité préliminaire de traverse par FDH Rivière des Prairies



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

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 des Prairies 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 située approximativement 7 km à l'est de Terrebonne, au Québec, juste en amont de la confluence avec la rivière des Mille Îles. La rivière en fourche mesure plus de 1100 m de largeur à cet emplacement. Le sol autour des points d'entrée et de sortie est un terrain agricole généralement plat avec une différence d'élévation très faible entre l'entrée (à l'est) et la sortie (à l'ouest). À environ 600 m derrière le point de sortie, il y a une propriété résidentielle au bord de la rivière des Mille Îles, qui est presque perpendiculaire à la traverse. Reportez-vous au dessin de conception préliminaire de l'annexe B pour des renseignements topographiques supplémentaires.

2.2 Conditions souterraines

La stratigraphie de trois 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 du rapport géotechnique final. Une information géotechnique plus détaillée est fournie à l'annexe D.

Tableau 1. Trou de forage QEEP-054

Mètres sous la surface du sol (msss)	Description du sous-sol
0	
	Limon et argile , traces de sable, haute plasticité
19,9	
	Sable et limon , graveleux
25,6	
	Schiste , fracturé
26,6	
	Argile-schiste , fracturé
45,8	

**Tableau 2. Trou de forage QEEP-055**

Mètres sous la surface du sol (msss)	Description du sous-sol
0	
	Aucun recouvrement
4,0	
	Limon et argile , traces de sable
18,0	
	Sable et limon , traces de gravier
21,4	
	Sable graveleux , traces de limon et till argileux, blocs
24,1	
	Schiste , stratification horizontale, fractures
31,2	
	Schiste , limoneux, fractures
50,5	

Tableau 3. Trou de forage QEEP-058

Mètres sous la surface du sol (msss)	Description du sous-sol
0	
	Aucun recouvrement
3,0	
	Couche arable
3,1	
	Limon et argile , traces de sable
16,3	
	Limon et sable
19,2	
	Schiste , fracturé
45,0	

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 à cet emplacement, qui est de 9 263 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 11 579 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 4. Spécifications de l'oléoduc et conditions de procédé**

Propriété	Valeur	Unités
Diamètre extérieur	1 067	mm
Tolérance d'épaisseur (TÉ)	0	% de l'ÉPN
Épaisseur de paroi nominale	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	9 263	kPa
Pression d'essai (PE)	11 579	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 93,85 % 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 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 18° pour minimiser la longueur de la gaine de forage. L'angle de sortie a été conçu à 12° pour équilibrer la longueur de la traverse avec le levage de canalisation nécessaire au point de sortie. Il en résulte une trajectoire de forage d'une longueur de 1 736 m avec une profondeur de recouvrement de 77 m sous la rivière des Prairies. Approximativement 600 m derrière le point de sortie, il y a une propriété résidentielle au bord de la rivière des Mille Îles, qui est presque perpendiculaire à la traverse. Il sera donc nécessaire de courber la canalisation pour procéder au tirage tout en demeurant dans les limites de l'aire disponible. 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-058, situé le plus près du point d'entrée, contient du limon, de l'argile et du sable très meubles, avec des valeurs SPT variant de 1 à 12. Près de 65 m de gaine de forage seront requis pour atteindre le sous-sol rocheux à une profondeur de 19,2 m. La taille minimale nécessaire de la gaine est de 1 676 mm (66 po) (dia. ext.) pour permettre le passage du trépan alésure final de 1 372 mm (54 po). 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, 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 les gaines de plus de 75 m, il est recommandé qu'une gaine initiale de 1 981 mm (78 po) (dia. ext.) soit installée jusqu'au refus et vidée à la tarière, qu'une gaine de 1 829 mm (72 po) (dia. ext.) soit installée jusqu'au refus et vidée à la tarière, et que le reste soit complété avec une gaine de 1 767 mm (66 po) (dia. ext.) installée jusqu'au sous-sol rocheux. Du **sable graveleux et du limon** ont été observés dans le trou de forage QEEP-054, situé le plus près du point de sortie, jusqu'à une profondeur de 25,6 m sous la surface, recouverts par du limon et de l'argile meubles. Ces matériaux meubles non consolidés sont de nature à favoriser l'effondrement du trou de forage, la perte de fluide et la fracturation. Malgré ces risques plus élevés, le forage à travers ces matériaux sans gaine est néanmoins considéré faisable. Isoler ces matériaux demanderait approximativement 85 m de gaine de forage à un angle d'entrée de 18°. En raison du risque plus élevé et des coûts liés à l'installation d'une gaine de cette taille, l'exécution d'un forage à intersection et celles d'un tirage à angle élevé dans la phase finale, il n'est pas recommandé d'utiliser une gaine de forage du côté de la sortie.

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 en Amérique du Nord. Considérant la friction et la traînée qui s'exerceront sur l'oléoduc, la force de tirage maximale pendant l'installation est estimée à 701 546 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 : 750 000 lb de force de tirage-poussée et 80 000 pi-lb de couple de rotation. Plusieurs entrepreneurs en FDH nord-américains 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 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. En raison de l'aire de travail limitée, on devra procéder au tirage de l'oléoduc en deux sections ou plus. Ceci signifie que le processus de tirage devrait être interrompu pour souder les sections ensemble. Cette situation n'est pas souhaitable, car elle augmente les chances que l'oléoduc se coince pendant le tirage. 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 doivent être espacés de manière à ce que la canalisation ne subisse pas de contraintes excessives. Un plan de levage détaillé (charge du point de levage, hauteur et espacement) devra être développé pour cette traverse pendant la phase de conception détaillée. Idéalement, toute courbe horizontale imposée au tuyau se fera après la courbe verticale requise pour le tirage en angle, et ce, une fois que le tuyau reposera complètement sur des rouleaux au sol.

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. L'argile et le limon étaient très meubles (valeur SPT inférieure à 5) jusqu'à environ 20 mss dans le trou de forage QEEP-054 et 18 mss dans le trou de forage QEEP-050. 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.

La longueur de ce FDH rendra plus difficiles les corrections de guidage en raison de la grande distance entre l'appareil de forage et le trépan. Un forage de cette longueur s'approche des limites de faisabilité pour les forages effectués d'un côté seulement. L'entrepreneur responsable du forage pourrait proposer un forage à intersection pour faciliter le guidage dans le cadre de cette traverse.

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. Des matériaux mobiles et non consolidés comme du limon, du sable et du gravier ont été observés dans les trois trous de forage, ainsi qu'un sous-sol rocheux fissuré. 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 du trou de forage peut aussi coincer l'équipement et en causer la perte, ainsi que l'abandon du trou. Cimenter la transition aidera à atténuer les chances d'effondrement du trou de forage.

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 ou des morceaux du sous-sol rocheux fissuré, comme on ne 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'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. Le trou de forage QEEP-055 a révélé du gravier et des blocs rocheux à une profondeur de 18 à 24 mss et le trou de forage QEEP-054 a révélé du sable graveleux et du limon entre 20 à 26 mss. Cette zone, située juste au-dessus du sous-sol rocheux du côté de la sortie, sera favorable à l'effondrement du trou de forage et au 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 du sous-sol rocheux au terrain de couverture, ou les zones où l'on trouve des obstacles solides comme des blocs rocheux. 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 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 sous-sol rocheux principalement composé de schiste que l'on s'attend à rencontrer dans certaines sections du forage fournira probablement une bonne stabilité au trou de forage et permettra un nettoyage efficace des déblais. Cependant, avec un forage d'une longueur de 1 736 m, 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.

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 dans 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 des Prairies 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



pourraient comprendre l'installation d'une gaine de forage très profonde, des difficultés de guidage, l'effondrement du trou de forage, la perte de fluide et la 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.

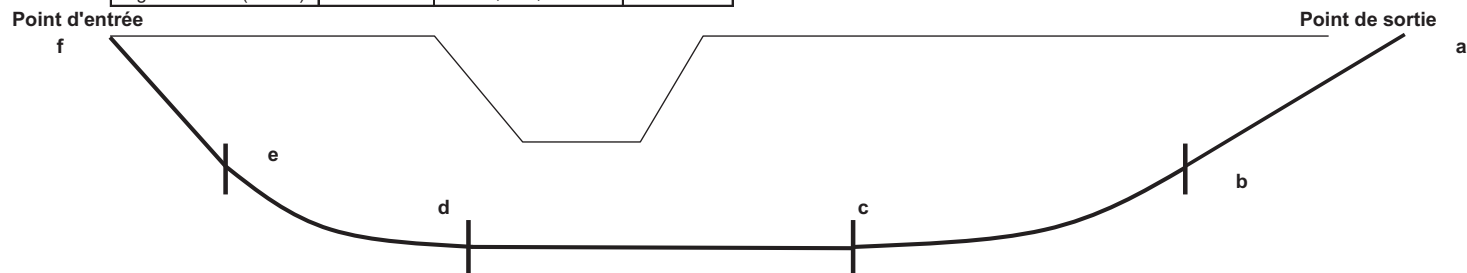


Annexe A

Sommaire des calculs

543-ENG-114
RIVIÈRE DES PRAIRIES

Données de conception		Données du tuyau		Données de procédé		Critères de contrainte			
Longueur forée (m)	1736,0	Dia ext. Tuyau (mm)	1067,0	PME (kPa)*	9263	Contrainte de cisaillement admissible			
Longueur horizontale (m)	1716,6	Épais. Nominale (mm)	20,2	Pr. essai (kPa)	11579	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)	18	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	297 428	1 327 802	2889	19,92	7,24	30 634	211,2	69,82	15110	104,2	34,44	37 416	258,0	93,81
Point B	340 278	1 519 098	16928	116,72	42,44	30 469	210,1	69,45	16094	111,0	36,68	36 451	251,3	91,39
Point C	371 629	1 659 056	17143	118,19	42,98	30 407	209,6	69,30	16501	113,8	37,61	36 045	248,5	90,37
Point D	570 519	2 546 962	18108	124,85	45,40	30 407	209,6	69,30	16501	113,8	37,61	36 045	248,5	90,37
Point E	654 659	2 922 583	18378	126,71	46,08	30 545	210,6	69,62	15589	107,5	35,53	36 955	254,8	92,65
Point F	701 546	3 131 900	18533	127,78	46,46	30 619	211,1	69,79	15110	104,2	34,44	37 434	258,1	93,85

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	29-avr-14	Géométrie révisée	
C	08-mai-14	Émis pour commentaire	
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

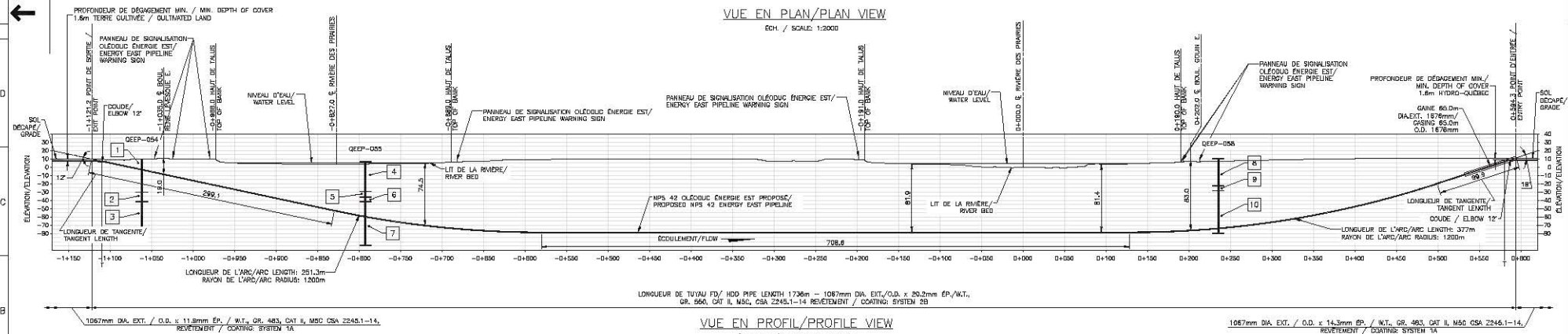
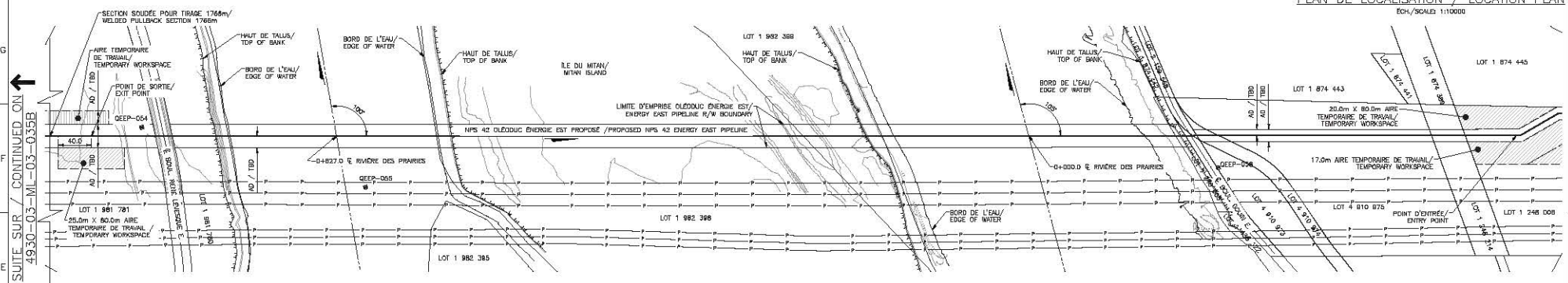
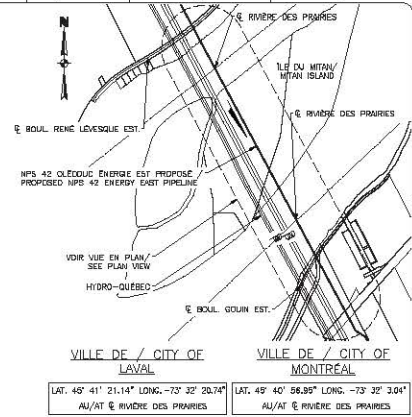
Note:*La pression maximale d'exploitation (PME) du projet est de 8450 kPa, survenant aux sorties des stations de pompage. Les calculs de FDH pour cette traverse, toutefois, sont basés sur la PME spécifique du site, déterminée par la différence d'élévation entre la station de pompage en amont et le point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



Annexe B

Dessin de conception

RAPPORT DE FORAGE / BOREHOLE LOG		
No. FORAGE / BOREHOLE No.	REPERE / TAG	DESCRIPTION
DEEP-054	1	SILT ET ARGILE GRIS, TRACES DE SABLE / GREY SILT AND CLAY, TRACES OF SAND
	2	SABLE ET SILT GRIS, GRAVELEUX / GREY SAND AND SILT, GRAVELLY
	3	SOCLE ROCHEUX / BEDROCK
DEEP-055	4	SILT ET ARGILE GRIS, TRACES DE SABLE / GREY SILT AND CLAY, TRACES OF SAND
	5	SABLE ET SILT GRIS, TRACES DE GRAVIER / GREY SAND AND SILT, TRACES OF GRAVEL
	6	SABLE GRAVELEUX GRIS, TRACES DE SILT ET ARGILE / GREY GRAVELLY SAND, TRACES OF SILT AND CLAY
DEEP-056	7	SOCLE ROCHEUX / BEDROCK
	8	SILT ET ARGILE GRIS, TRACES DE SABLE / GREY SILT AND CLAY, TRACES OF SAND
	9	SILT ET SABLE GRIS / GREY SILT AND SAND
	10	SOCLE ROCHEUX / BEDROCK



DESSINS DE RÉFÉRENCE / REFERENCE DRAWINGS	
DESSIN / DRAWING NO	TITRE / TITLE
4930-03-MI-03-52F	PANNEAU DE SIGNALISATION POUR OcéODUC À HAUTE PRESION/WHI PRESSURE HD PIPELINE WARNING SIGN
4930-03-MI-03-51F	SIGNAL TIPOLOGIE DE TRAVAIL / TYPICAL PIPE TRANSITION DETAIL
4930-03-MI-03-51F	SIGNAL TIPOLOGIE DE SOULEVEMENT TIPOLOGIE DE SOULEVEMENT DETAIL
4930-03-MI-03-03B	TRAVERSE DES PRAIRIES - TRAVERSE PAR FORAGE DIRECTIONNEL / HDD CROSSING
4930-03-MI-03-03B	TRAVERSE DES PRAIRIES - TRAVERSE EN TRAVÉRIE / TRENCHING CROSSING (ALTERNATIVE)

RÉVISION / REVISION		
NO. / NO.	DATE	DESCRIPTION
A	2014-03-31	ONS POUR RÉVISION (INTERIEUR A) / ISSUED FOR REVISION (INTERNAL A)
B	2014-04-04	ONS POUR RÉVISION (INTERIEUR B) / ISSUED FOR REVISION (INTERNAL B)
C	2014-04-14	ONS POUR RÉVISION (CLAVIER) / ISSUED FOR REVISION (KEYBOARD)
D	2014-05-14	ONS POUR RÉVISION DE BASE / ISSUED FOR FEED
E	2014-08-09	RÉVISION POUR RÉVISION DE BASE / REVISION FOR FEED

APPROBATION / APPROVAL	
DESIGNER	DATE
2167445	08/03/14
2167445	08/03/14
2167445	08/03/14
2229444	08/03/14
2229444	08/03/14

PROFESSEUR / PROFESSIONAL DESIGNER / P.E.T.

DATE

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

REV/REV DATE: 4930-03-MI-03-035A

Stantec

Energy East
Pipeline Ltd.

INFORMATION GÉNÉRALE OcéODUC ÉNERGIE EST / ENERGY EAST GENERAL INFORMATION PIPELINE

TRaverse par forage directionnel / HDD CROSSING QUEBEC

4930-03-MI-03-035A

- NOTES:**
APPENDICE / SURVEILLANCE:
- TOUTES LES MESURES SONT EN METRES SAUF INDICATION CONTRAIRE / ALL MEASUREMENTS ARE IN METERS UNLESS OTHERWISE SPECIFIED.
 - TOUTES LES CHANGEMENTS SONT HORIZONTALS SAUF INDICATION CONTRAIRE / ALL CHANGES ARE HORIZONTAL UNLESS OTHERWISE SPECIFIED.
- GENERAL:**
- LA TRAVERSEE DOIT ÊTRE CONSTRUITE ET CROUPEE EN RESPECTANT AU MINIMUM TOUS LES REGLEMENTS FEDERAUX, PROVINCIAUX, MUNICIPAUX ET REGIONAUX 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 SPECIFICATIONS DE CONSTRUCTION TES-PROU-POS ET TES-PROU-HDD DE TRANSCANADA ET AUX EXIGENCES DU PERMIS DE TRAVERSEE. / PIPELINE CONSTRUCTION AND HYDROSTATIC TESTING PROGRAM SHALL COMPLY WITH CSA 2852-11 STANDARD AND TRANSCANADA CONSTRUCTION SPECIFICATIONS TES-PROU-POS AND TES-PROU-HDD AND MEET REQUIREMENTS IN THE CROSSING AGREEMENTS.

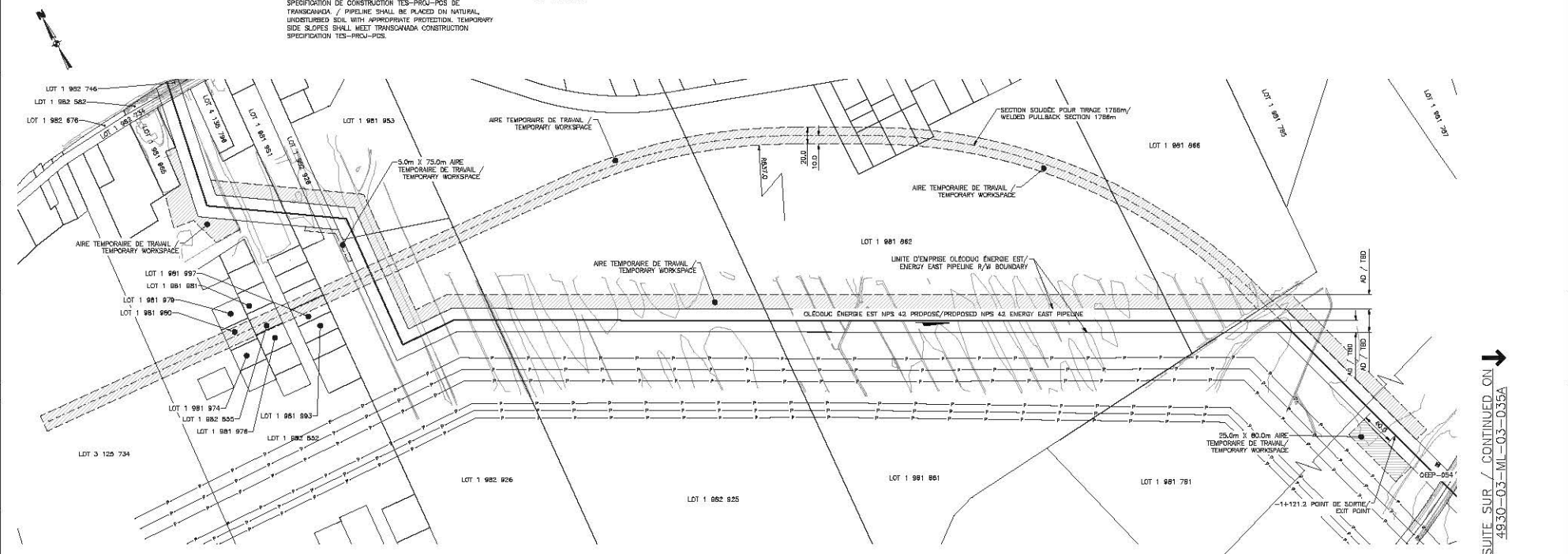
- ALIGNEMENT DE LA CONDUITE ET INSTALLATION / PIPE ALIGNMENT AND INSTALLATION:**
- L'ENTREPRENEUR DU FORAGE DIRIGÉ DOIT VÉRIFIER LA PROFONDEUR ET L'EMPLACEMENT DES INSTALLATIONS SOUTERRAINES EXISTANTES AVANT LA CONSTRUCTION. / THE HDD CONTRACTOR SHALL VERIFY THE LOCATION AND DEPTH OF EXISTING UNDERGROUND INSTALLATIONS PRIOR TO CONSTRUCTION.
 - LES ALIGNEMENTS DE LA CONDUITE, TELS QU'INDIQUÉS SUR LE PLAN ET PROFIL, DOIVENT LES EXIGENCES MINIMALES REQUISES POUR L'OLÉODUC ÉNERGIE EST. L'ENTREPRENEUR PEUT À SA DISCRETION ET À SES FINAIS, PROPOSER UN PROFIL ALTERNATIF AU MOMENT DE LA SOUMISSION DES 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'EMPREISE OLÉODUC ÉNERGIE EST / UNDER NO CIRCUMSTANCES SHALL THE PIPELINE BE INSTALLED OUTSIDE OF THE ENERGY EAST R.O.W.
 - LA CONDUITE DOIT ÊTRE MISE EN PLACE SUR LE SOL NATUREL NON-BÉANÉ AVANT LA PROTECTION APPROPRIÉE. LES PENTES LATÉRALES D'EXCAVATION TEMPORAIRE DEVONT RESPECTER LA SPECIFICATION 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 DIRIGÉ 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'OPERATION 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'ÉVITER VISIBLEMENT 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 SPECIFICATIONS 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 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, 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 D'ENTRER 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 FLUID INTO THE WATERCOURSE.
 - 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:**
- VOIR LES CLAUSES ENVIRONNEMENTALES DÉTAILLÉES (À ÊTRE COMPLÉTÉES À L'INGÉNIERIE DÉTAILLÉE) / SEE DETAILED ENVIRONMENTAL CONDITIONS (TO BE DETAILED IN DETAILED ENGINEERING)

SPECIFICATIONS DE L'OLÉODUC / PIPELINE SPECIFICATIONS

- CONDUITE / LINE NPS NOMI/NOMINAL: 1083mm DA EXT. / O.D. (NPS 42) x 11.9mm (1/2") WT. NALY/DIAMETER: 1083mm DA EXT. / O.D. (NPS 42) x 14.3mm (1/2") OR. (NPS 42 I, MSC CSA 2245-14)
- TUYAU À PAROI ÉPAISSE / HW PIPE: 1083mm DA EXT. / O.D. (NPS 42) x 20.2mm (3/4") WT. OR. 550, 601 I, MSC CSA 2245-14
- TEMPÉRATURE D'OPÉRATION MAX. / MAX. OPERATING TEMPERATURE: 50°C
- TEMPÉRATURE D'OPÉRATION MIN. / MIN. OPERATING TEMPERATURE: 50°C
- TYPE DE JOINT / TYPE OF JOINT: Soudé / Welded
- MÉTHODE DE TRAVERSEE / CROSSING METHOD: Système / System MA
- TUYAU FD / HDD PIPE: Système / System 2B
- MÉTHODE DE TRAVERSEE ALTERNATIVE / ALTERNATE CROSSING METHOD: Forage Directionnel / HDD
- TEST DE PRESSION NAL (SECTION DE TRAVERSEE)/NAL TEST PRESSURE (CROSSING SECTION): 11 079 kPa
- PRESSION CATHODIQUE MAX. / MAX. OPERATING PRESSURE: 8 263 kPa
- PROTECTION CATHODIQUE / CATHODIC PROTECTION: Courant Imposé / Impressed Current
- VOLTAJE DE PROTECTION CATHODIQUE MAX. / MAX. CATHODIC PROTECTION VOLTAGE: AD / TBD
- PRODUIT TRANSPORTÉ / PRODUCT CARRIED: Pétrole Brut / Crude Oil



VUE EN PLAN / PLAN VIEW
 Ech. / SCALE: 1:2000

↑ SUITE SUR / CONTINUED ON
 49-30-03-ML-03-035A
 ↓

DESSINS DE RÉFÉRENCE / REFERENCE DRAWINGS

DESSIN / DRAWING NO	TITRE / TITLE
49-30-03-ML-03-024F	PROJET DE SOUDAGE POUR OLÉODUC À HAUTE PRESSION/HA PRESSURE OIL PIPELINE WELDING JOB
49-30-03-ML-03-017F	SÉRIAL TRACÉ DE TRAVERSEE DE TUYAU/TYPICAL PIPE TRAVERSATION DETAIL
49-30-03-ML-03-014F	SÉRIAL TRACÉ DE SOULEE TEMPORAIRE DE SOULEE DÉTAIL
49-30-03-ML-03-004A	BAHNE DES PRAIRIES - TRAVERSEE PAR FORAGE DIRIGÉ/DIRIGED CROSSING
49-30-03-ML-03-038	BAHNE DES PRAIRIES - TRAVERSEE EN TRANCHEE / TRENCH CROSSING (ALTERNATIVE)

RÉVISION / REVISION

REV / REV	DATE	DESCRIPTION
A	2014-03-31	ENVIS POUR RÉVISION (INTERIEUR A3) / ISSUED FOR REVISION (INTERNAL A3)
B	2014-04-04	ENVIS POUR RÉVISION (INTERIEUR SOUS-PROJÉ) / ISSUED FOR REVISION (INTERNAL STARTED)
C	2014-04-14	ENVIS POUR RÉVISION (CLÉF) / ISSUED FOR REVISION (KEY)
D	2014-05-14	ENVIS POUR RÉVISION DE BASE / ISSUED FOR FEED
E	2014-08-09	RÉVISÉ POUR RÉVISION DE BASE / REVISION FOR FEED

APPROBATION / APPROVAL

DESIGNER	CHECKED	APPROVED	DATE	DESIGNER	CHECKED	APPROVED	DATE
2167445	08/ACS	JB	06/08	JM	GP	ENTEC	
2167445	JCS	CS	06/08	JM	GP	ENTEC	
2167445	JCS	CS	06/08	JM	GP	ENTEC	
2239444	JCS	CS	06/08	JM	GP	ENTEC	
2239444	JN	CS	06/08	AB	GP	ENTEC	

PRÉLIMINAIRE / PRELIMINARY ONLY
NON POUR CONSTRUCTION / NOT FOR CONSTRUCTION

REV/REV: DATE: PERMIS/PERMIT NO:

Energy East Pipeline Ltd.

INFORMATION GÉNÉRALE OLÉODUC ÉNERGIE EST / ENERGY EAST GENERAL INFORMATION PIPELINE
 FAX: 4930 CHAÎNAGE/DRAINAGE: DÉSOLÉ/DESOLATION

RIVIÈRE DES PRAIRIES / TRAVERSEE PAR FORAGE DIRIGÉ/DIRIGED CROSSING QUÉBEC

REV/SOULE: ORIGINAL/REVISION: 4930-03-ML-03-035B REV/REV: E



Annexe C

Dessin de traverse alternative

NOTES / REMARQUES / SURVEILLANCE

1. TOUTES LES MESURES SONT EN METRES SAUF INDICATION CONTRAIRE. / ALL MEASUREMENTS ARE IN METERS UNLESS OTHERWISE SPECIFIED.

2. TOUTES LES CHANGEMENTS SONT HORIZONTALS SAUF INDICATION CONTRAIRE. / ALL CHANGES ARE HORIZONTAL UNLESS OTHERWISE SPECIFIED.

GENERAL

3. LA TRAVERSE DOIT ETRE CONSTRUITE ET EPROUVEE EN RESPECTANT AU MINIMUM TOUS LES REGLEMENTS FEDERAUX, PROVINCIAUX, MUNICIPAUX ET REGIONAUX 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 ETRE CONFORMES A LA NORME CSA Z262-11. AUX SPECIFICATIONS DE CONSTRUCTION TES-PROJ-PCS ET AUX EXIGENCES DU PERMIS DE TRAVERSEE. / PIPELINE CONSTRUCTION AND HYDROSTATIC TESTING PROGRAM SHALL COMPLY WITH CSA Z262-11 STANDARD AND TRANSCANADA CONSTRUCTION SPECIFICATIONS TES-PROJ-PCS AND MEET REQUIREMENTS IN THE CROSSING AGREEMENTS.

5. LA METHODE DE TRAVERSEE ET D'INSTALLATION DU PIPELINE SERA CONFIRMEE A L'INGENIERIE DETAILLEE. / METHOD FOR RIVER CROSSING AND PIPE INSTALLATION TO BE CONFIRMED DURING DETAILED ENGINEERING.

6. L'ENTREPRENEUR PIPELINE DOIT VERIFIER LA PROFONDEUR ET L'EMPLACEMENT DES INSTALLATIONS SOUTERRAINES EXISTANTES AVANT LA CONSTRUCTION. / THE PIPELINE CONTRACTOR SHALL VERIFY THE LOCATION AND DEPTH OF EXISTING UNDERGROUND INSTALLATIONS PRIOR TO CONSTRUCTION.

7. EN AUCUN CAS LA CONDUITE NE PEUT ETRE INSTALLEE A L'EXTERIEUR DE L'EMPIRE OLEODUC ENERGIE EST. / UNDER NO CIRCUMSTANCES SHALL THE PIPELINE BE INSTALLED OUTSIDE OF THE ENERGY EAST F.O.M.

8. LES ALIGNEMENTS DE LA CONDUITE, TELS QU'INDIQUES SUR LE PLAN ET PROFIL, INDIQUENT LES EXIGENCES MINIMALES REQUISES POUR L'OLEODUC ENERGIE EST; L'ENTREPRENEUR PEUT A SA DISCRETION ET A SES FRAIS, PROPOSER UN PROFIL ALTERNATIF AU MOMENT DE LA SOUBMISSION. LES PROPOSITIONS ALTERNATIVES DOIVENT ETRE APPROUVEES PAR TRANSCANADA ET LES AUTORITES DE REGLEMENTATION CONCERNES. / 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.

9. LA CONDUITE DOIT ETRE MISE EN PLACE SUR LE SOL NATUREL NON-REMUEE AVEC LA PROTECTION APPROPRIEE. LES PENTES LATERALES D'EXCAVATION TEMPORAIRE DOIVENT RESPECTER LA SPECIFICATION DE CONSTRUCTION TES-PROJ-PCS DE TRANSCANADA. / PIPELINE SHALL BE PLACED ON NATURAL UNDISTURBED SOIL WITH APPROPRIATE PROTECTION. TEMPORARY SIDE SLOPES SHALL MEET TRANSCANADA CONSTRUCTION SPECIFICATION TES-PROJ-PCS.

10. L'ANGLE DE COUVERTURE MAXIMALE DE LA CONDUITE SUR LE TERRAIN EST DE 1.0 DEGREE PAR DIAMETRE DE LONGUEUR. / THE MAXIMUM PIPE FIELD BEDD ANGLE IS 1.0 DEGREE PER DIAMETER LENGTH.

11. UN PLAN ET UN PROFIL «TEL-QUE-CONSTRUIT» DOIVENT ETRE FOURNIS A OLEODUC ENERGIE EST APRES L'ACHEVEMENT DES TRAVAUX. / A FINAL «AS-BUILT» PLAN AND PROFILE SHALL BE PROVIDED TO ENERGY EAST PIPELINE AFTER THE COMPLETION OF THE WORK.

12. LA PROFONDEUR DE REDOUBLEMENT SERA DETERMINEE A LA PHASE D'INGENIERIE DE DETAIL. / DEPTH OF COVER WILL BE FINALIZED DURING THE DETAILED ENGINEERING PHASE.

SECTION DES DEBRAS ET REMBLAIS TEMPORAIRES / SOIL PLACEMENT - TEMPORARY

13. LES PENTES OU DEBRAS D'EXCAVATION DOIVENT ETRE CONFORMES AUX NORMES TES-D01-23AS ET TES-PROJ-EXC DE TRANSCANADA ET AUX NORMES LOCALES. / TEMPORARY SOIL SLOPE FROM EXCAVATION SHALL CONFORM TO TRANSCANADA SPECIFICATIONS TES-D01-23AS, TES-PROJ-EXC AND LOCAL REQUIREMENTS.

14. L'AREE D'ENTRORAGE DES DEBRAS DOIT ETRE NIVELEE POUR S'ASSURER QUE L'EAU NE S'ACCUMULE PAS A LA SURFACE ET QUE LES DEBRAS MIS EN TAS NE MARCHESENT PAS L'ECOLEULEMENT DE L'EAU. / SOIL AREAS SHALL BE GRADED TO ENSURE THE WATER WILL NOT POND ON THE SURFACE OR BE TRAPPED BY THE SOIL PILE.

SECTION DES DEBRAS ET REMBLAIS PERMANENTS / SOIL PLACEMENT - PERMANENT

15. LA TRAVERSEE DE LA CONDUITE TRAVERSANT LE COURS D'EAU DOIT ETRE REMBLAYEE AVEC LES MATERIAUX EN PLACE JUSQU'AU NIVEAU APPROXIMATIF DU LIT ORIGINAL DE LA RIVIERE. / PIPE SPOON ACROSS MAIN CHANNEL SHALL BE BACKFILLED WITH NATIVE MATERIAL TO APPROXIMATELY THE ORIGINAL GRADE.

16. LES MATERIAUX DES BRIDES DOIVENT ETRE REPLACES DE FACON PERMANENTE PAR COUCHES DE 300mm D'EPaisseur DONT COMPACTES. CES MATERIAUX DOIVENT ETRE EXEMPTS DE MATIERES ORGANIQUES ET DE DEBRIS LIQUEUS. AVANT LE REMBLAYAGE SUR UNE SURFACE EN PENTE GEELE, LA SURFACE GEELE DOIT ETRE SOUPRISE POUR FAVORISER L'ADHESION ENTRE ELLES-EL ET LE REMBLAI. / BANK MATERIALS MUST BE PERMANENTLY REPLACED IN LAYERS OF 300mm MAXIMUM, AND PROPERLY COMPACTED. THESE MATERIALS MUST BE FREE OF ORGANIC MATTER AND WOODY DEBRIS. PRIOR TO PLACING FILL ON FROZEN SLOPED SURFACES, THESE SURFACES MUST BE SCARIFIED TO MAXIMIZE ADHESION OF MATERIALS.

17. SI REQUIS, LE REMBLAI DANS LE TALLIS DOIT ETRE MIS EN PLACE AVEC UNE PENTE NATURELLE DE 2H:1V POUR OPTIMISER LA STABILITE DU TALLIS. / IF REQUIRED, THE SOIL IN THE SOIL BANK AND BANK AREA SHALL BE PLACED WITH A MAXIMUM SLOPE OF 2H:1V TO OPTIMIZE BANK STABILITY.

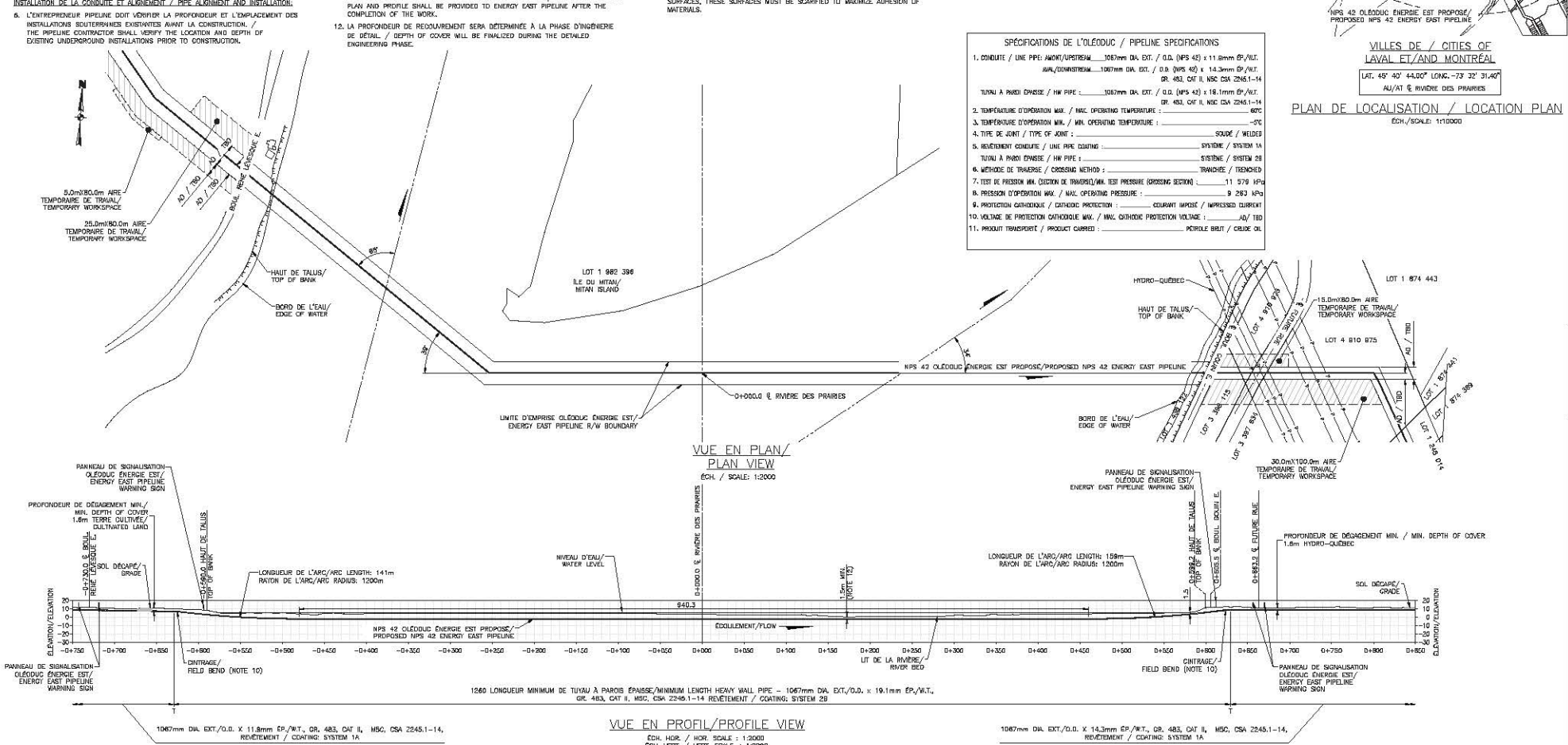
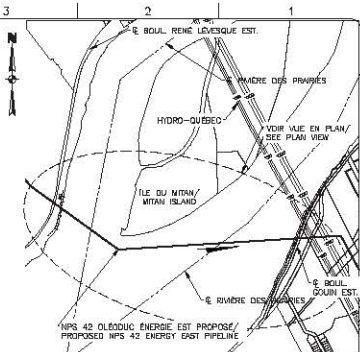
18. LORS DE TRAVAUX HYVERNAUX, DES TASSEMENTS CONSOLIDABLES PEUVENT SE PRODUIRE DANS LES BERGES REMBLAYES L'ETE SUIVANT LA CONSTRUCTION ET LES BERGES POURRAIENT NECESSITER UN REEMPLISSAGE FURTIF SELON LA PENTE SPECIFIEE. UNE QUANTITE DE REMBLAI SUPPLEMENTAIRE POURRAIT ETRE REQUISE POUR COMPENSER CES TASSEMENTS. LES BERGES DOIVENT ETRE PROTEGEEES AFIN QUE L'EAU NE S'ACCUMULE PAS EN HAUT DE TALLIS. / FOR WINTER CONSTRUCTION, CONSIDERABLE SETTLEMENT OF THE BANK FILL MAY OCCUR THE FIRST SUMMER AFTER CONSTRUCTION, AND THE BANK MAY REQUIRE FURTHER GRADING TO THE BACKFILL SETTLEMENT. BANKS SHALL BE GRADED SUCH THAT WATER DOES NOT POND AT THE TOP OF THE BANK.

CONTROLE DE LA FLUOTABILITE / BUOYANCY CONTROL

19. LE CONTROLE DE LA FLUOTABILITE SERA DETERMINE A L'INGENIERIE DETAILLEE. / BUOYANCY CONTROL WILL BE DETERMINED IN DETAILED ENGINEERING.

ENVIRONNEMENT / ENVIRONMENTAL

20. VOIR LES CLAUSES ENVIRONNEMENTALES DETAILLEES A ETRE COMPLETEES A L'INGENIERIE DETAILLEE. / SEE DETAILED ENVIRONMENTAL CONDITIONS (TO BE DEFINED IN DETAILED ENGINEERING)



SPECIFICATIONS DE L'OLEODUC / PIPELINE SPECIFICATIONS

- CONDUITE / UNE PIPE ACOÛL/STEELWALL 1067mm DA. EXT. / O.D. (NPS 42) x 11,3mm EP./WT. REV./COATING: 1067mm DA. EXT. / O.D. (NPS 42) x 14,3mm EP./WT. OR, 483, CAT II, MSC, CSA Z245-1-14
- TEMPERATURE D'OPERATION MAX. / MAX. OPERATING TEMPERATURE: -60°C
- TEMPERATURE D'OPERATION MIN. / MIN. OPERATING TEMPERATURE: -30°C
- TRE DE CANT / TYPE OF JOINT: SOUDE / WELDED
- RELEVEMENT CANONIQUE / UNE PIPE DROITE: SYSTEME / SYSTEM 1A
- TUYAU A PAROI EPaisse / HW PIPE: 1067mm DA. EXT. / O.D. (NPS 42) x 19,1mm EP./WT. OR, 483, CAT II, MSC, CSA Z245-1-14
- METHODE DE TRAVERSEE / CROSSING METHOD: TRANCHEE / TRENCHED
- TEST DE PRESSION EN SECTION DE TRAVERSEE/MIN. TEST PRESSURE (CROSSING SECTION): 11 579 kPa
- PRESSION D'OPERATION MAX. / MAX. OPERATING PRESSURE: 9 293 kPa
- PROTECTION CATHODIQUE / CATHODIC PROTECTION: COURANT IMPRIME / IMPRESSED CURRENT
- VOLTAJE DE PROTECTION CATHODIQUE MAX. / MAX. CATHODIC PROTECTION VOLTAGE: +100 / TBD
- PRODUIT TRANSPORTE / PRODUCT CARRIED: PÉTROLE BRUT / CRUDE OIL

VILLES DE / CITIES OF LAVAL ET/AND MONTRÉAL
LAT. 45° 40' 44,00" LONG. -73° 32' 31,00"
AU/AT LA RIVIERE DES PRAIRIES
ECH./SCALE: 1:10000

PLAN DE LOCALISATION / LOCATION PLAN

DESSINS/DRAWING NO

DESSIN/ DRAWING NO	TITRE/TITLE
4930-03-ML-01-524F	PANNEAU DE SIGNALISATION OLEODUC ENERGIE EST / ENERGY EAST PIPELINE WARNING SIGN
4930-03-ML-02-517F	SIGNAL TYPESET DE TRAVERSEE DE TUYAU/TYPICAL PIPE TRENCHING SIGNAL
4930-03-ML-02-518F	SIGNAL TYPESET DE SOULEVEMENT/RAVINE TO TALLIS SIGNAL
5105-03-ML-02-008F	PANNEAU TRANCHEE DE TRANCHEE PROTECTION CONTRE L'ENTREE D'HYDROCARBURES DANS EXISANT PROTECTION
5109-03-ML-02-103LR	PANNEAU TEMPORAIRE AVEC BARRE / TEMPORARY FLAGLANT CROSSING
5105-03-ML-02-111LR	TRAVERSEE DE COURS D'EAU AVEC BUSE / PUMP WATERCROSSING CROSSING
5105-03-ML-02-112LR	TRAVERSEE DE COURS D'EAU PAR BARRE ET POMPE / DAM AND PUMP WATERCROSSING CROSSING
4930-03-ML-03-035A	TRANCHEE DES PRAIRIES - TRAVERSEE PAR FORME DIRECTIONNELLE / HDD CROSSING
4930-03-ML-03-035B	TRANCHEE DES PRAIRIES - TRAVERSEE PAR FORME DIRECTIONNELLE / HDD CROSSING

REVISION/REVISION

REV	DATE	DESCRIPTION
A	2014-03-31	ONS POUR REVISION (INTERIEUR A3) / ISSUED FOR REVIEW (INTERNAL A3)
B	2014-04-04	ONS POUR REVISION (INTERIEUR SOUTENIR) / ISSUED FOR REVIEW (INTERNAL SUPPORT)
C	2014-04-14	ONS POUR REVISION (CLIENT) / ISSUED FOR REVIEW (CLIENT)
D	2014-04-04	ONS POUR REVISION DE BASE / ISSUED FOR FEED

APPROBATION/APPROVAL

DESIGNER/CONTRACTOR	CHECKER/OWNER	DESIGNER/ENGINEER	CHECKER/ENGINEER	DESIGNER/ENGINEER	CHECKER/ENGINEER	DESIGNER/ENGINEER	CHECKER/ENGINEER	DATE
216746	08/03	JR	JR	JR	JR	JR	JR	
216748		JR	JR	JR	JR	JR	JR	
216844		JR	JR	JR	JR	JR	JR	
216844		JR	JR	JR	JR	JR	JR	

PROFESSEUR/ENGINEER
PROFESSEUR/ENGINEER
PROFESSEUR/ENGINEER
PROFESSEUR/ENGINEER
PROFESSEUR/ENGINEER
PROFESSEUR/ENGINEER

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

REV/REV DATE PERMIS/PERMIT No:

Energy East Pipeline Ltd.

INFORMATION GÉNÉRALE OLEODUC ENERGIE EST / ENERGY EAST GENERAL INFORMATION PIPELINE
FA 4930 CHAÎNAGE/CHAMERGE DESIGNEUR/DESIGNER

RIVIERE DES PRAIRIES
TRAVERSEE EN TRANCHEE / TRENCHED CROSSING (ALTERNATIVE)
QUEBEC

REV/SCALE: 4930-03-ML-03-036
REV/REV: D



Annexe D











Information géotechnique

Annexe H – Rivière des Prairies

H1. 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-054
Dossier : PLUS-00026280-045500

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

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

Coordonnées géographiques
Latitude : 45.6912°
Longitude : -73.5403°

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

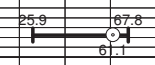
- Remanié
- Intact
- Perdu
- Forage au diamant

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	
		9.66	Niveau actuel du sol																	
		0.00	Silt et argile gris, traces de sable. Plasticité élevée.																	
1																				
5																				
2																				
10																				
3																				
4																				
15																				
5																				
20																				
6																				
7																				
25																				
8																				
9																				
30																				
10																				
35																				
11																				

Ip = 41,9%
IL = 0,84



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.

C:\GÉOTEC\S\y\TransCanada\Log_broge_exp_TCP_L_v3.sly



RAPPORT DE FORAGE

Forage N° : QEEP-054
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	
			Horizon brun de 12,3 à 12,7 mètres de profondeur.				CF-8	100	3											
13																				
45							CF-9	100	4											
14																				
15																				
50							TM-10													
16																				
55																				
17							CF-11	100	5				AG, Sed							32.8
18																				
60							CF-12	100	4											
19																				
65																				
20		-10.25 19.91	Devient sableuse vers 19,7 mètres de profondeur. Sable et silt gris, graveleux.				CF-13	88	48											
21																				
70							CF-14	63	37				AG							
22																				
75																				
23							CF-15	58	47											
24																				
80																				
25																				
85		-15.97 25.63	Socle rocheux : Shale noir fracturé (fissile). Litage horizontal jusqu'à 26,57 mètres de profondeur.				CF-16	86	R				K = 5,7 x 10-8 m/s							
26							CR-17	67	0											
27		-16.91 26.57	Shale argileux, peu ou non calcaireux, brun foncé à noir, fissile. Litage horizontal avec rares laminations silteuses très fines (0,1 à 1 mm). Très peu résistant au contact de l'eau (se délite ou se				CR-18	89	62											0.00

C:\GÉOTEC\S\y\TransCanada\Log_brigge_exp_TCP_L_v3.sly

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			désintègre facilement). Séquence un peu plus silteuse et brune de 27,45 à 28,70 mètres de profondeur.																	
95	29		Lithologie de shale argileux constante jusqu'à la fin du forage.				CR-19	100	86											
30															0.00					
100																				
31																				
105	32		Présence de nodules aplatis de pyrite (1 à 7 mm) aux profondeurs suivantes : 27,10 m, 32,55 m, 39,65 m, 41,74 m et 44,49 m entre autres.				CR-20	100	94											
33																				
110			Joint à 10° de l'axe avec mince veine de calcite de 33,70 à 34,05 mètres de profondeur. Joint à 140° de l'axe à 34,10 mètres de profondeur.												0.00					
34																				
115	35		Joint à 140° de l'axe à 35,25 mètres de profondeur.				CR-21	100	94											
36																				
120			Shale argileux brun foncé à noir, très fissile, avec fines laminations millimétriques de silstone. Les zones silteuses augmentent sous 38,00 mètres de profondeur, rendant le roc un peu plus résistant à l'eau.				CR-22	100	98											
37																				
125	38														0.00					
39																				
130																				
40							CR-23	100	95											
41																				
135	41		À 40,95 mètres de profondeur : 2 mm d'argile (ou boue de forage).																	
42															0.00					
140																				
43							CR-24	100	92											



RAPPORT DE FORAGE

Forage N° : QEEP-054
 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	
			Joint à 165° à 43,43 mètres de profondeur.																	
	44		À 43,76 mètres de profondeur : 3 cm de sédiment gris (roc broyé ou bentonite).																	
	145		Joint à 140° de l'axe à 43,86 mètres de profondeur.																	
	45		À 43,94 mètres de profondeur : 1 cm de sédiment gris ou roc broyé (mécanique?).				CR-25	100	97											
	150																			
	46	-36.19 45.85	Fin du forage à 45,9 mètres de profondeur.																	
	155																			
	47																			
	155																			
	48																			
	160																			
	49																			
	160																			
	50																			
	165																			
	51																			
	170																			
	52																			
	170																			
	53																			
	175																			
	54																			
	180																			
	55																			
	180																			
	56																			
	185																			
	57																			
	190																			
	58																			



RAPPORT DE FORAGE

Forage N° : QEEP-055
Dossier : PLUS-00026280-045500

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

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

Coordonnées géographiques
Latitude : 45.6893°
Longitude : -73.5389°

Niveau de référence
Géodésique

Niveau d'eau
Prof.: m Date:
Prof.: m Date:

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)

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

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	
		6.73	Niveau actuel du sol																	
		0.00	Descente des tubages en destruction jusqu'à 3,96 mètres de profondeur. 1,1 mètre d'épaisseur de galce en surface du forage.																	
		2.77	Silt et argile grise, traces de sable. Présence de matières organiques en surface.																	
		3.96																		
							CF-1	100	1											
							CF-2	100	2											
							TM-3	75												

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-055
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																					
	13																					
	45																					
	14																					
	15																					
	50																					
	16																					
	55																					
	17																					
	18	-11.25	Sable et silt gris, traces de gravier. Présence d'un bloc de 18,3 à 18,6 mètres de profondeur.																			
	60	17.98																				
	19																					
	65																					
	20																					
	21																					
	70	-14.63	Sable graveleux gris, traces de silt, traces d'argile (till). Présence de blocs, de shale silteux et de shale argileux.																			
	22	21.36																				
	75																					
	23																					
	24																					
	80	-17.35	Socle rocheux : Shale argileux et shale silteux noir fracturé montrant un litage horizontal.																			
	25	24.08																				

C:\GÉOTECH\S\sw\TransCanada\Log_broge_exp_TCPL_v3.ly

9.9



RAPPORT DE FORAGE

Forage N° : QEEP-055
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		Séquence très homogène de shale argileux à shale silteux brun foncé à noir avec laminations millimétriques régulières de siltstone. litage horizontal.				CR-10	100	98											
90	27		Joint à 45° avec l'axe à 27,67 mètres de profondeur. Petites masses, laminations et grains disséminés de pyrite distribués aléatoirement le long de tout le forage.				CR-11	100	91											
95	28							CR-12	100	99										
100	29		Lits de siltstone/grès à grains fins (1-3 cm d'épaisseur) à 29,00 m, 29,35 m, 29,97 m, 30,02 m et 30,12 m de profondeur.				CR-13	100	100											
105	30		Roc généralement sain. Shale argileux à silteux noir. Roc généralement sain, fractures mécaniques causées par impact ou carottage au contact d'un lit plus silteux ou gréseux ou au contact d'un nodule ou lit pyriteux.				CR-14	100	88											
110	31							CR-15	100	98										
115	32		Lits de siltstone/grès à grains fins (1-3 cm d'épaisseur) à 32,53 m, 32,63 m, 34,08 m et 34,34 m de profondeur.				CR-16	100	82											
120	33							CR-17	100	92										
125	34		Lithologie de shale noir très constante. Odeur d'hydrocarbures en cassure fraîche du roc tout au long du forage.				CR-18	100	88											
129	35							CR-19	100	89										
	36																			
	37																			
	38																			
	39																			



RAPPORT DE FORAGE

Forage N° : QEEP-055
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																				
	41		Deux joints parallèles à 70° avec l'axe à 40,60 mètres de profondeur.				CR-20	100	95						0.00						
	135		À 40,95 mètres de profondeur : Joint fissuré, altéré. Présence d'une veine blanche très mince et roc broyé sur 5 cm.																		
	42		Minces lits de siltstone à 41,04 m, 41,10 m, 41,18 m et 42,94 m de profondeur.				CR-21	100	100												
	140																				
	43		À 43,19 mètres de profondeur : Lit de 3 mm de sédiments gris clair.				CR-22	100	100						0.23						
	44		À 43,52 mètres de profondeur : Joint (fine veine blanche) à 35° avec l'axe.																		
	145		À 44,12 mètres de profondeur : Joint à 115° avec l'axe.				CR-23	100	97												
	45																				
	150						CR-24	100	100												
	46		Shale argileux à silteux noir jusqu'à la fin du forage.				CR-25	100	86												
	47																				
	155																				
	48		Minces lits de siltstone à 48,03 mètres de profondeur.				CR-26	100	100						0.16						
	160																				
	49																				
	50						CR-27	100	100												
	165																				
	51	-43.80 50.53	Fin du forage à 50,5 mètres de profondeur.																		
	170																				
	52																				
	53																				
	175																				



RAPPORT DE FORAGE

Forage N° : QEEP-058
Dossier : PLUS-00026280-045500

Projet : Oléoduc Énergie Est - Exploration géotechnique
Traverses de rivières majeures
Endroit : Rivière des Prairies
Foreur : Forages S.L.
Date du forage : 2014-03-14

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

Coordonnées géographiques
Latitude : 45.6804°
Longitude : -73.5330°

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	
		10.10	Niveau actuel du sol																	
		0.00	Descente des tubages en destruction jusqu'à 2,95 mètres de profondeur.																	
	1																			
	5																			
	2																			
	10	7.15	Sols organiques.																	
		2.95																		
		7.05	Silt et argile grise, traces de sable.				CF-1	100	1											
		3.05																		
	4																			
	15																			
	5																			
	20																			
	6																			
	7																			
	25																			
	8																			
	9																			
	30																			
	10																			
	35																			

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.

C:\GÉOTEC\Syrie\TransCanada\Log_Bridge_exp_TCP_L_v3.sly

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																			
13	45																			
14	50																			
15	55		Deviend sableux vers 15,2 mètres de profondeur.				CF-5	100	3											
16	55	-6.21 16.31	Silt et sable gris.				CF-6	100	11											
17	55						CF-7	88	12			AG								9.5
18	60																			
19	65	-9.13 19.23	Socle rocheux : Shale argileux fracturé. Présence de sédiments argileux et silteux dans des fractures naturelles et de surface. Roc plus sain, lité horizontalement vers 20,03 mètres de profondeur.				CF-8	100	R				K = 1,3 x 10-7 m/s							
20	65																			
21	70		Alternance de shale argileux et de shale plus silteux gris foncé à noir, très fissile. Joints obliques fréquents pouvant provoquer une fracture mécanique au carottage. Quelques minces lits (1 à 4 cm d'épaisseur) de grès fin gris à texture entrecroisée à travers la séquence parfois altéré (15 cm à 20,96 m). Quelques horizons de 4 à 20 cm de siltstone gris laminé.																	
22	70						CR-9	93	41											
23	75		Présence de pyrite disséminée ou nodulaire dans les shales jusqu'à 3 cm de diamètre. Odeur d'hydrocarbures en cassure fraîche dans le shale.																	
24	75		À 20,90 mètres de profondeur : Lit de siltstone gris (10 cm d'épaisseur) suivi de shale silteux et fissuré (à 30°).																	
25	80		Shale argileux noir fissuré (fissures cristallisées blanches - calcite ou sulfates) de 21,40 à 21,70 m et de 21,80 à 22,20 mètres de profondeur. Les shales sont altérés, possiblement sulfatés de				CR-10	100	60											0.08
25	80						CR-11	100	55											
25	80						CR-12	100	66											



RAPPORT DE FORAGE

Forage N° : QEEP-058
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	
			22,10 à 23,60 mètres de profondeur. Fissure subverticale avec veines blanches de 22,66 à 23,12 mètres de profondeur.																
85	26		Shale fracturé mécaniquement sur joint à 20° entre 23,33 et 23,64 m et 23,69 à 23,80 mètres de profondeur.											0.08					
			Roc fracturé mécaniquement de 24,20 à 24,43 mètres de profondeur.											0.14					
		27	Joint à 140° de 24,60 à 24,70 mètres de profondeur.				CR-13	100	90										
		90	Joint à 30° à 25,15 mètres de profondeur.																
		28	Joint à 30° à 27,68 mètres de profondeur.																
			De 28,0 à 28,1 mètres de profondeur : Zone de shale altéré, sulfaté.																
		95	De 28,10 à 28,15 mètres de profondeur : Abondance de pyrite finement disséminées et en petites masses à 28,17 mètres de profondeur.				CR-14	100	92					1.82					
		30																	
		100																	
		31	Lit de 4 cm de grès fin gris entrecroisé à 30,92 mètres de profondeur.																
			Joint à 30° à 31,15 mètres de profondeur.				CR-15	100	87										
		105																	
		32	Alternance de shale argileux et shale silteux gris foncé à noir, généralement très sain de 32 à 42 mètres de profondeur. Rares joints ou fissures.																
		33																	
		110																	
		34	Lit de pyrite massive de 2 cm d'épaisseur à 34,12 mètres de profondeur.																
							CR-16	100	100										
		115																	
		35	Petites masses cristallines ou nodules de pyrite à 35,56 m, 41,47 m, 43,85 m et 44,53 mètres de profondeur.																
			Long joint à 10° entre 35,96 et 36,50 mètres de profondeur.																
		120																	
		37																	
							CR-17	100	100					0.00					
		125																	
		39																	



RAPPORT DE FORAGE

Forage N° : QEEP-058
 Dossier : PLUS-00026280-045500

Prof.		Coupe stratigraphique			Échantillons					Odeur	Essais		Graphique									
pi	m	Élev. Prof.	Description	Strat.	Eau	État	Type - No	Réc. %	N / RQD	FAIBLE	MOYENNE	FORTE	Essais	Cu	Cur	Nc	20	40	60	80	100	
-40														*								
							CR-18	100	100					*	0.00							
41														*								
135																						
42																						
140																						
43															0.00							
44																						
145							CR-19	100	100													
45		-34.92 45.02	Fin du forage à 45,0 mètres de profondeur.											*								
150																						
46																						
47																						
155																						
48																						
160																						
49																						
50																						
165																						
51																						
170																						
52																						
53																						
175																						

H2. Photographies des carottes de roc



Photographies des carottes de roc (sec) : Rivière des Prairies - Forage QEEP-054



Photo 1. Forage QEEP-054: boîtes 1 à 3 / 5 (25,63 m à 38,94 m)



Photo 2. Forage QEEP-054: boîtes 4 à 5 / 5 (38,94 m à 45,85 m)

Photographies des carottes de roc (humide) : Rivière des Prairies - Forage QEEP-054



Photo 1. Forage QEEP-054: boîtes 1 à 3 / 5 (25,63 m à 38,94 m)



Photo 2. Forage QEEP-054: boîtes 4 à 5 / 5 (38,94 m à 45,85 m)

Photographies des carottes de roc (sec) : Rivière des Prairies - Forage QEEP-055



Photo 1. Forage QEEP-055: boîtes 1 à 4 / 7 (21,36 m à 38,96 m)



Photo 2. Forage QEEP-055: boîtes 5 à 7 / 7 (38,96 m à 50,53 m)

Photographies des carottes de roc (humide) : Rivière des Prairies - Forage QEEP-055



Photo 1. Forage QEEP-055: boîtes 1 à 4 / 7 (21,36 m à 38,96 m)



Photo 2. Forage QEEP-055: boîtes 5 à 7 / 7 (38,96 m à 50,53 m)

Photographies des carottes de roc (sec) : Rivière des Prairies - Forage QEEP-058



Photo 1. Forage QEEP-058: boîtes 1 à 3 / 6 (19,23 m à 32,20 m)



Photo 2. Forage QEEP-058: boîtes 4 à 6 / 6 (32,20 m à 45,02 m)

Photographies des carottes de roc (humide) : Rivière des Prairies - Forage QEEP-058



Photo 1. Forage QEEP-058: boîtes 1 à 3 / 6 (19,23 m à 32,20 m)



Photo 2. Forage QEEP-058: boîtes 4 à 6 / 6 (32,20 m à 45,02 m)

H3. Résultats d'essais in situ



Tableau H3.1. Synthèse des résultats d'essais de perméabilité dans les sols (Riv. des Prairies)

Forage	Profondeur de l'essai (m)	Élévation de l'essai (m)	Perméabilité (m/s)
QEEP-054	25,4	-15,7	5,7E-8
QEEP-058	18,9	-8,8	1,3E-7

Tableau H3.2. Synthèse des résultats d'essais d'eau sous pression en rocher (riv. des Prairies)

Forage	Profondeur de l'essai (m)		Élévation de l'essai (m)		RQD (%)	Absorption ¹	
	Haut	Bas	Haut	Bas		(l/min-m)	(Lugeon) ²
QEEP-054	27,1	32,2	-17,4	-22,5	62 à 94	0,00	0
	31,5	36,6	-21,8	-26,9	94	0,00	0
	36,1	41,1	-26,4	-31,4	95 à 98	0,00	0
	40,7	45,9	-31,0	-36,2	92 à 97	0,00	0
QEEP-055	25,9	30,6	-19,2	-23,9	91 à 99	0,36	2
	28,7	33,4	-22,0	-26,7	88 à 100	0,15	1
	33,2	37,9	-26,5	-31,2	82 à 98	0,04	0
	37,8	42,5	-31,1	-35,8	88 à 100	0,00	0
	41,2	45,9	-34,5	-39,2	97 à 100	0,09	0
	45,7	50,0	-39,0	-43,3	86 à 100	0,07	0
QEEP-058	20,5	25,6	-10,4	-15,5	41 à 66	0,01	0
	22,1	27,2	-12,0	-17,1	55 à 90	0,02	0
	26,7	31,8	-16,6	-21,7	87 à 92	0,38	2
	31,3	36,3	-21,2	-26,2	87 à 100	2,40	9
	35,8	40,9	-25,7	-30,8	100	0,00	0
	40,4	45,4	-30,3	-35,3	100	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.

H4. Résultats d'essais en laboratoire



**Tableau H4.1. Synthèse des résultats d'essais de compression sur carottes de roc
(rivière des Prairies)**

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-054	27,47	27,59	-17,81	-17,93	2 584	37,2
QEEP-058	35,25	35,35	-25,15	-25,25	2 855	25,2



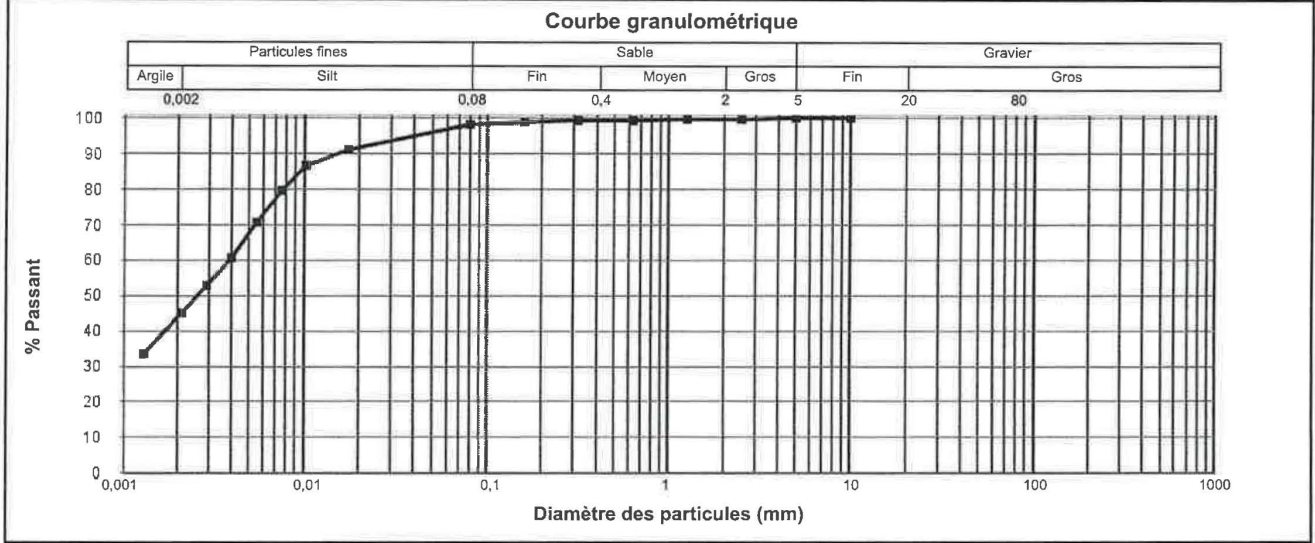
2555, rue Saint-Pierre
 Drummondville (QC) J2C 7Y2
 Téléphone: 819-477-3775
 www.exp.com

**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-3637
	Réf. client :

Sondage n° : QEEP-054	Prélevé le : 2014-02-27 par EXP
Échantillon : CF-11	Reçu le : 2014-03-13
Profondeur : 16,6 à 17,2 m	Localisation : Rivière des Prairies



Analyse granulométrique LC 21-040				Description
Tamis (mm)	Tamisat %passant mesuré	Tamis (mm)	Tamisat %passant mesuré	
112		0.0175	91,1	D ₁₀ :
80		0.0103	86,6	D ₃₀ :
56		0.0075	79,8	D ₆₀ : 0,004 mm
40		0.0055	70,8	Coefficient d'uniformité (Cu) :
31,5		0.0040	60,7	Coefficient de courbure (Cc) :
20		0.0029	52,8	Gravier: 0 %
14		0.0021	45,1	Sable: 2 %
10	100	0.0013	33,7	Silt: 55 %
5	100			Argile: 44 %
2,5	100			Description : Silt et argile, traces de sable
1,25	100			Classification unifiée :
0,630	99			
0,315	99			
0,160	99			
0,080	98,3			
				Teneur en eau LC 21-201 32,8%

Remarques :

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



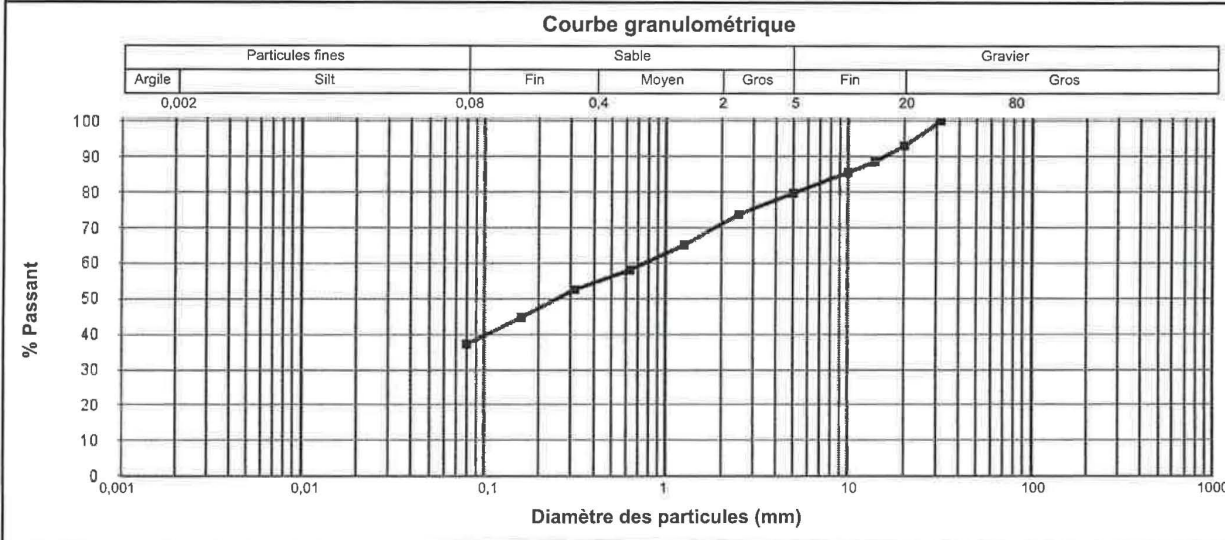
2555, rue Saint-Pierre
 Drummondville (QC) J2C 7Y2
 Téléphone: 819-477-3775
 www.exp.com

**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-3638
		Réf. client :	

Sondage n° :	QEEP-054	Prélevé le :	2014-02-27 par EXP
Échantillon :	CF-14	Reçu le :	2014-03-13
Profondeur :	21,2 à 21,8 m	Localisation :	Rivière des Prairies



Analyse granulométrique LC 21-040		Description	Autres essais	
Tamis (mm)	Tamisat %passant mesuré		Teneur en eau	LC 21-201
112		D ₁₀ :		9,0%
80		D ₃₀ :		
56		D ₆₀ :	0,787 mm	
40		Coefficient d'uniformité (Cu) :		
31,5	100	Coefficient de courbure (Cc) :		
20	93	Gravier:	20 %	
14	88	Sable:	43 %	
10	86	Silt et argile:	37 %	
5	80	Description :	Sable et silt graveleux	
2,5	74	Classification unifiée :	SM	
1,25	65			
0,630	58			
0,315	53			
0,160	45			
0,080	37,4			

Remarques :

Vérifié par : Simon Tessier
 Technicien, coordonnateur

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



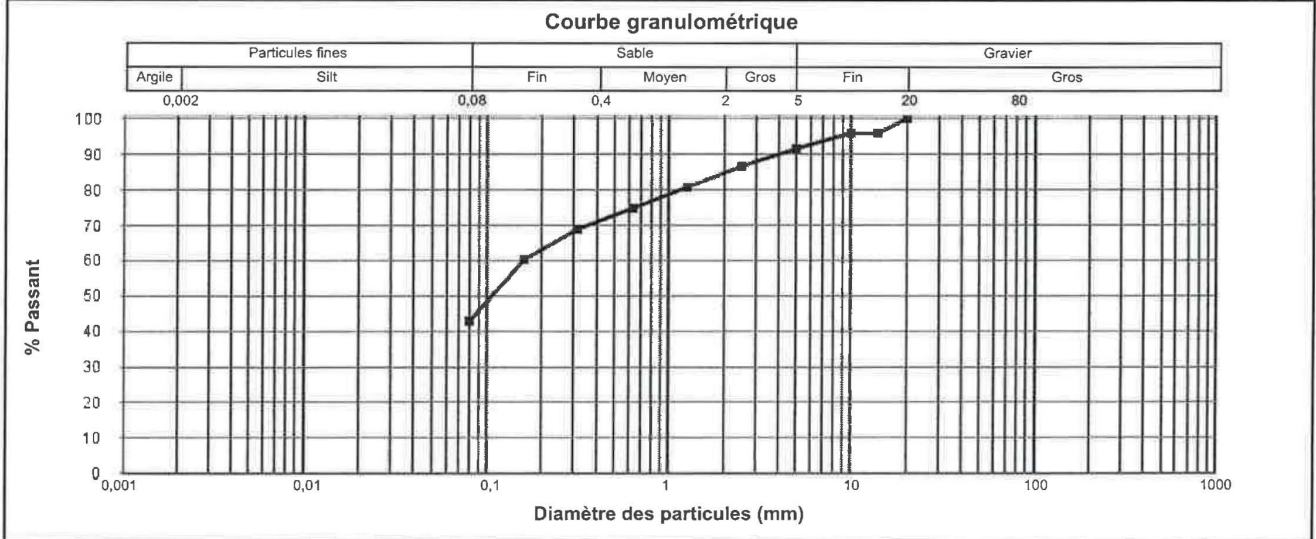
2555, rue Saint-Pierre
 Drummondville (QC) J2C 7Y2
 Téléphone: 819-477-3775
 www.exp.com

**ESSAIS SUR SOLS
 FORAGE ET SONDAGE**

Certifié: ISO 9001:2008

Client : Johnston-Vermette	Dossier n° : PLUS-26280-045500
Projet : Oléoduc Énergie Est	Échantillon n° : DR-3661
	Réf. client :

Sondage n° : QEEP-055	Prélevé le : 2014-03-06 par EXP
Échantillon : CF-6	Reçu le : 2014-03-24
Profondeur : 19,2 à 19,5 m	Localisation : Rivière des Prairies



Analyse granulométrique LC 21-040		Description	Autres essais	
Tamais (mm)	Tamisat %passant mesuré		Teneur en eau	LC 21-201 9,9%
112		D ₁₀ :		
80		D ₃₀ :		
56		D ₆₀ :		
40		Coefficient d'uniformité (Cu) :		
31,5		Coefficient de courbure (Cc) :		
20	100			
14	96	Gravier:	9 %	
10	96	Sable:	48 %	
5	91	Silt et argile:	43 %	
2,5	87	Description :	Sable et silt, traces de gravier	
1,25	81	Classification unifiée :	SM	
0,630	75			
0,315	69			
0,160	60			
0,080	42,8			

Remarques :

Vérifié par :
Simon Tessier
 Technicien, coordonnateur

Approuvé par :
Michelle Létourneau, ing., M.Sc.A. Date : 2014-03-26



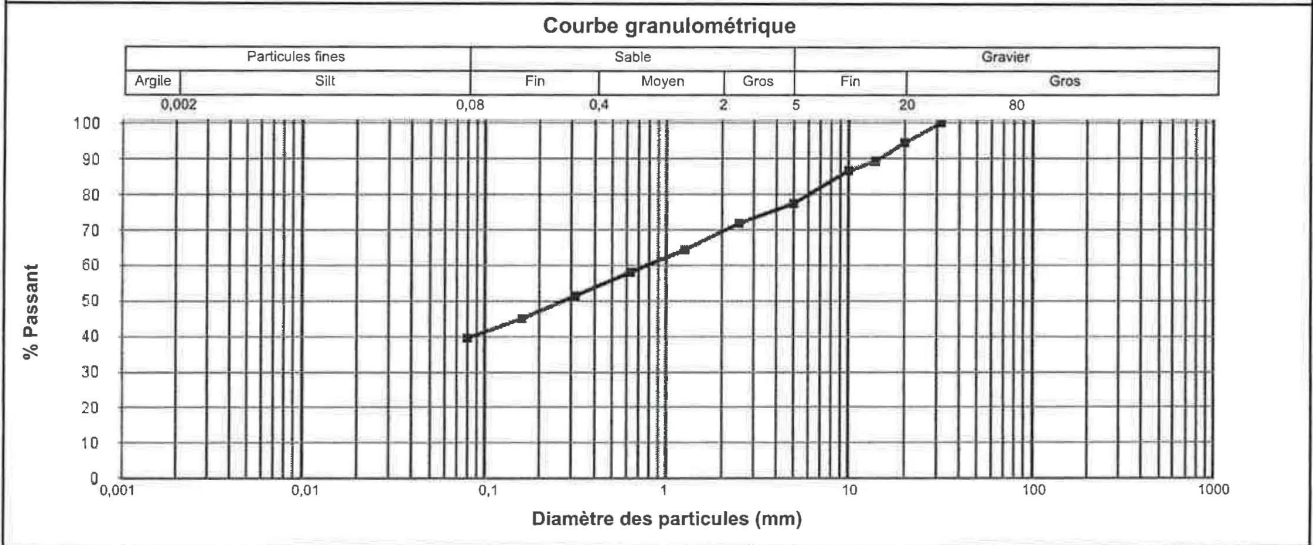
2555, rue Saint-Pierre
 Drummondville (QC) J2C 7Y2
 Téléphone: 819-477-3775
www.exp.com

**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-3663
		Réf. client :	

Sondage n° :	QEEP-058	Prélevé le :	2014-03-14 par EXP
Échantillon :	CF-7	Reçu le :	2014-03-24
Profondeur :	16,7 à 17,3 m	Localisation :	Rivière des Prairies



Analyse granulométrique LC 21-040		Description	Autres essais	
Tamis (mm)	Tamisat %passant mesuré		Teneur en eau	LC 21-201
112		D ₁₀ :		9,5%
80		D ₃₀ :		
56		D ₆₀ :	0,816 mm	
40		Coefficient d'uniformité (Cu) :		
31,5	100	Coefficient de courbure (Cc) :		
20	95	Gravier:	23 %	
14	89	Sable:	37 %	
10	87	Silt et argile:	40 %	
5	77	Description :	Silt et sable graveleux	
2,5	72	Classification unifiée :	SM	
1,25	64			
0,630	58			
0,315	52			
0,160	45			
0,080	39,7			

Remarques :

Vérifié par : Simon Tessier
 Technicien, coordonnateur

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

Date : 2014-03-26

Annexe 4-82

Étude de faisabilité préliminaire de traverse par FDH Rivière Etchemin Valero



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

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	23 mai 2014	Émis pour commentaires du client
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 Etchemin (Valero) au Québec pour le Projet Oléoduc Énergie Est. L'oléoduc projeté est en acier avec un diamètre extérieur de 1 067 mm (42 po). Selon la géométrie et l'expérience d'Entec avec la géologie près de cet emplacement, Entec ne considère pas une traverse par FDH de cette rivière faisable à l'emplacement projeté. La logique menant à cette conclusion est expliquée dans ce rapport.

2. Caractéristiques de l'emplacement

2.1 Topographie

La traverse projetée est située approximativement 1,8 km au nord-est de Les Chutes-de-la-Chaudière-Est, au Québec, et est parallèle à la route Transcanadienne, qui est au nord de la traverse. La rivière mesure approximativement 20 m de largeur à l'emplacement de la traverse et est entourée par un terrain densément boisé. Au nord, le terrain s'élève approximativement de 50 m sur la distance de 370 m séparant la rivière et l'autoroute. Au sud, le terrain s'élève approximativement de 25 m avant une inflexion dans l'emprise.

2.2 Conditions souterraines

Aucune information géotechnique n'était disponible pour l'emplacement de cette traverse au moment de la rédaction de ce rapport. Cependant, Entec a déjà étudié la faisabilité d'une traverse à moins de 1 km de cet emplacement. Le sous-sol rocheux observé dans les environs était peu profond et très fracturé. Deux trous de forage sont prévus à cet emplacement.

3. Considérations sur la conception des FDH

3.1 Contraintes exercées sur la canalisation

Aux fins de ce rapport, les spécifications préliminaires de la canalisation pour le forage par FDH ont été utilisées pour aider à évaluer la faisabilité géométrique de la traverse. 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 9 123 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 11 404 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 1. 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	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	9 123	kPa
Pression d'essai (PE)	11 404	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'exploitation correspond à environ 93,38 % 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.

Les calculs ci-dessus des contraintes exercées sur la canalisation sont inclus pour montrer le rayon de conception calculé selon les données de conception. Ce rayon est nécessaire à l'évaluation de la faisabilité, car il affecte la géométrie de la trajectoire de forage et limite le positionnement de la traverse.

3.2 Géométrie

Un forage dirigé horizontal n'est pas considéré faisable à cet emplacement en raison de la géométrie particulière de l'emplacement et des expériences précédentes à cet emplacement. La proximité de la route et les inflexions dans l'emprise limitent la longueur globale de la traverse à moins de 700 m. En raison de la présence de l'autoroute, la canalisation devra être étendue au sud pour le tirage. En se servant du rayon de conception de 1 200 m déterminé à la section 3.1, il en résulte une profondeur de recouvrement minimale approximative sous la rivière de 15 m. Le forage serait probablement effectué du côté sud de la traverse en forant vers le nord. Cette situation entraînerait un fort retour de fluide à l'appareil de forage en raison de la différence d'élévation. L'appareil de forage devrait ensuite être déplacé du côté nord pour le tirage de la canalisation. Effectuer le forage à partir du sud donne une différence



d'élévation de 25 m du point d'entrée jusqu'au fond de la vallée de la rivière. Typiquement, la profondeur de recouvrement nécessaire pour accommoder la pression du fluide de forage résultant d'une différence d'élévation est au moins la moitié de la profondeur de la trajectoire de forage à partir du point d'entrée. Ainsi, la profondeur de recouvrement nécessaire serait d'au moins 25 m sous la rivière, alors que seulement 15 m sont disponibles à cause des contraintes géométriques.

3.3 Gaine de forage

La traverse par FDH étant jugée infaisable, cette section est sans objet.

3.4 Dimensions de l'équipement

La traverse par FDH étant jugée infaisable, cette section est sans objet.

3.5 Diamètre du trou de forage

La traverse par FDH étant jugée infaisable, cette section est sans objet.

3.6 Soulèvement de la canalisation et rupture

La traverse par FDH étant jugée infaisable, cette section est sans objet.

3.7 Contrôle de la flottabilité

La traverse par FDH étant jugée infaisable, cette section est sans objet.

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. En se basant sur des études précédentes, Entec croit qu'une partie importante du sous-sol rocheux sera fissuré à l'emplacement de cette traverse. De plus, la trajectoire de forage traversera probablement l'interface entre le terrain de couverture et le sous-sol rocheux à plusieurs reprises. Diriger le forage à travers ce genre de géologie sera difficile et il pourrait s'avérer impossible de respecter les tolérances de guidage. 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 certains cas, 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.

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. Entec croit qu'il y a une forte probabilité de perte de circulation tout au long du trou de forage en raison du sous-sol rocheux fracturé. 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). Puisque l'atteinte d'une profondeur de recouvrement adéquate n'est pas possible à cet emplacement en raison de la géométrie, le risque de fracturation sera plus élevé à cet emplacement.

4.3 Instabilité du trou de forage

Les endroits pouvant contenir du sable, du gravier et des galets peuvent s'avérer problématiques. Les zones de sous-sol rocheux fracturé qu'Entec s'attend à rencontrer tout au long de cette traverse pourraient agir comme des matériaux de terrain de couverture non consolidé et provoquer l'effondrement du trou de forage. L'effondrement d'un trou de forage peut aussi coincer l'équipement et en causer la perte ainsi que l'abandon du trou. Il y a un risque augmenté d'effondrement du trou de forage, qui pourrait mener à l'échec du forage dirigé horizontal en raison du coincement de l'équipement ou de l'oléoduc.

4.4 Infiltration d'eau

La traverse par FDH étant jugée infaisable, cette section est sans objet.

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. Même si le trou de forage est bien nettoyé, Entec s'attend à ce que des zones d'abrasion élevée soient toujours présentes dans le trou de forage à cet emplacement.

4.6 Canalisation coincée

Les matériaux non consolidés et les formations non homogènes peuvent causer un coincement de la canalisation en raison de l'effondrement du trou de forage ou d'une géométrie non constante du trou de forage. Du roc fracturé, du sable vaseux, du limon, du gravier, des galets et des blocs peuvent causer le coincement de la canalisation

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, les transitions du sous-sol rocheux au terrain de couverture ou les zones où l'on trouve des obstacles solides comme des galets et des fragments de pierres. Si le trépan aléseur se coincé, l'entrepreneur peut tenter de faire tourner l'aléseur au-delà de l'obstruction. 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

Une autre considération majeure pour la faisabilité de ce projet est la durée du forage. La géologie irrégulière et fracturée à laquelle s'attend Entec pourrait contribuer à l'usure de l'outillage de forage, ce qui aurait 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.



4.8 Risques environnementaux

Les risques environnementaux seront gérés conformément au plan de protection environnementale. La traverse par FDH étant jugée infaisable, cette section est sans objet.

4.9 Autres risques à considérer

La traverse par FDH étant jugée infaisable, cette section est sans objet.

5. Conclusion

La traverse par FDH projetée de la rivière Etchemin n'est pas considérée techniquement faisable en raison de l'incapacité d'atteindre une profondeur de recouvrement adéquate et du sous-sol rocheux fracturé qu'Entec s'attend à rencontrer à cet emplacement. Effectuer une traverse par FDH à cet emplacement est susceptible d'avoir pour résultat des pertes de fluide, des pertes par fracturation, l'effondrement du trou de forage, le coincement de la canalisation, des dommages au revêtement et un grand risque d'échec du projet de traverse. Des techniques alternatives sont présentement à l'étude en tant que méthode de traverse principale pour cet emplacement.

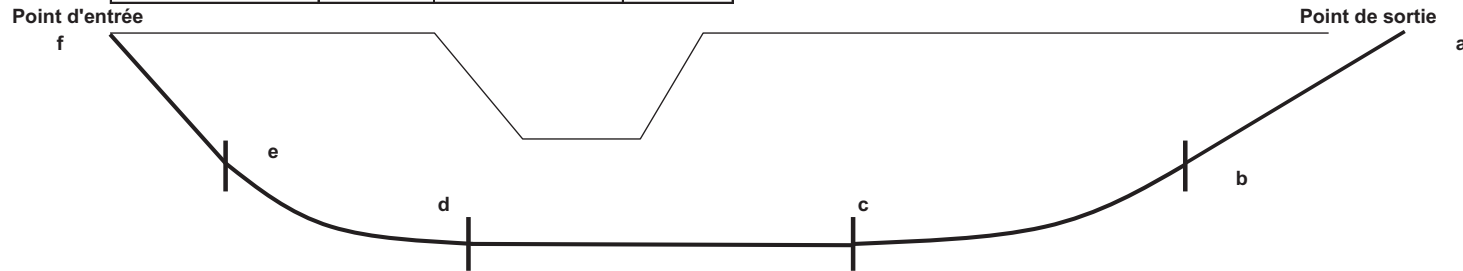


Annexe A

Sommaire des calculs

543-ENG-137
RIVIÈRE ETCHEMIN VALERO

Données de conception		Données du tuyau		Données de procédé		Critères de contrainte			
Longueur forée (m)	0,0	Dia ext. Tuyau (mm)	1067,0	PME (kPa)*	9123	Contrainte de cisaillement admissible			
Longueur horizontale (m)	0,0	Épais. Nominale (mm)	20,2	Pr. essai (kPa)	11404	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)	0	Épaisseur d'essai (mm)	20,2	T1 (°C)	5				
Angle de sortie (° Haut)	0	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	0	1	0	0,00	0,00	30 399	209,6	69,29	15110	104,2	34,44	37 246	256,8	93,38
Point B	0	1	15110	104,18	37,88	30 399	209,6	69,29	15110	104,2	34,44	37 246	256,8	93,38
Point C	0	0	15110	104,18	37,88	30 399	209,6	69,29	15110	104,2	34,44	37 246	256,8	93,38
Point D	0	2	15110	104,18	37,88	30 399	209,6	69,29	15110	104,2	34,44	37 246	256,8	93,38
Point E	0	2	15110	104,18	37,88	30 399	209,6	69,29	15110	104,2	34,44	37 246	256,8	93,38
Point F	0	2	15110	104,18	37,88	30 399	209,6	69,29	15110	104,2	34,44	37 246	256,8	93,38

Lieu	Défor. Circconférentielle		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	22-mai-14	Conception préliminaire	
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

La traverse par FDH étant jugée infaisable, cette annexe est sans objet.



Annexe C

Dessin de traverse alternative

NOTES / REMARQUES / SURVEYING

- 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 TRAVERSÉ DOIT ÊTRE CONSTRUITE ET ÉPROUVÉE EN RESPECTANT AU MINIMUM TOUS LES RÈGLEMENTS FÉDÉRAUX, PROVINCIAUX, MUNICIPAUX ET RÉGIONAUX APPLICABLES. / AS A MINIMUM, THE CROSSING SHALL BE CONSTRUCTED AND TESTED IN ACCORDANCE WITH ALL APPLICABLE FEDERAL, PROVINCIAL, MUNICIPAL AND REGIONAL REGULATIONS.
- LA CONSTRUCTION DE LA CONDUITE ET LE PROGRAMME D'ESSAIS DE PRESSION HYDROSTATIQUE DOIVENT ÊTRE CONFORMES À LA NORME CSA 2852-11. AUX SPÉCIFICATIONS DE CONSTRUCTION TES-PROJ-PCS DE TRANSCANADA ET AUX EXIGENCES DU PERMIS DE TRAVERSÉ. / PIPELINE CONSTRUCTION AND HYDROSTATIC TESTING PROGRAM SHALL COMPLY WITH CSA 2852-11 STANDARD, TRANSCANADA CONSTRUCTION SPECIFICATION TES-PROJ-PCS AND MEET REQUIREMENTS IN THE CROSSING AGREEMENTS.

ALIGNEMENT DE LA CONDUITE ET INSTALLATION / PIPE ALIGNMENT AND INSTALLATION

- L'ENTREPRENEUR DU FORAGE HORIZONTAL DOIT VÉRIFIER LA PROFONDEUR ET L'EMPLACEMENT DES INSTALLATIONS SOUTERRAINES EXISTANTES AVANT LA CONSTRUCTION. / THE HOB CONTRACTOR SHALL VERIFY THE LOCATION AND DEPTH OF EXISTING UNDERGROUND INSTALLATIONS PRIOR TO CONSTRUCTION.
- LES ALIGNEMENTS DE LA CONDUITE, TELS QU'INDIQUÉS SUR LE PLAN ET PROFIL, INDIQUENT LES EXIGENCES MINIMALES REQUISES POUR L'OLÉODUC ÉNERGIE EST. L'ENTREPRENEUR PEUT À SA 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'EMBRASSE OLEODUC ÉNERGIE EST. / UNDER NO CIRCUMSTANCES SHALL THE PIPELINE BE INSTALLED OUTSIDE THE CROSSING AREA.
- 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-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 HORIZONTAL DOIT VÉRIFIER L'EMPLACEMENT DES POINTS D'ENTRÉE/SORTIE ET LE SENS DU FORAGE EN SE BASANT SUR LES COORDONNÉES DU SITE DONNÉES AU MOMENT DE LA CONSTRUCTION. / THE HOB CONTRACTOR SHALL VERIFY APPROVED ENTRY/EXIT LOCATIONS AND DRILLING DIRECTION BASED ON THE SITE CONDITIONS DURING CONSTRUCTION.
- L'ANGLE DE COURBURE MAXIMALE DE LA CONDUITE SUR LE TERRAIN EST DE 1,0 DEGRÉ PAR DIAMÈTRE DE LONGUEUR. / THE MAXIMUM PIPE BEND ANGLE IS 1.0 DEGREE PER DIAMETER LENGTH.
- UN PLAN ET UN PROFIL ATEL-QUE-CONSTRUIT DOIVENT ÊTRE FOURNIS À L'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.

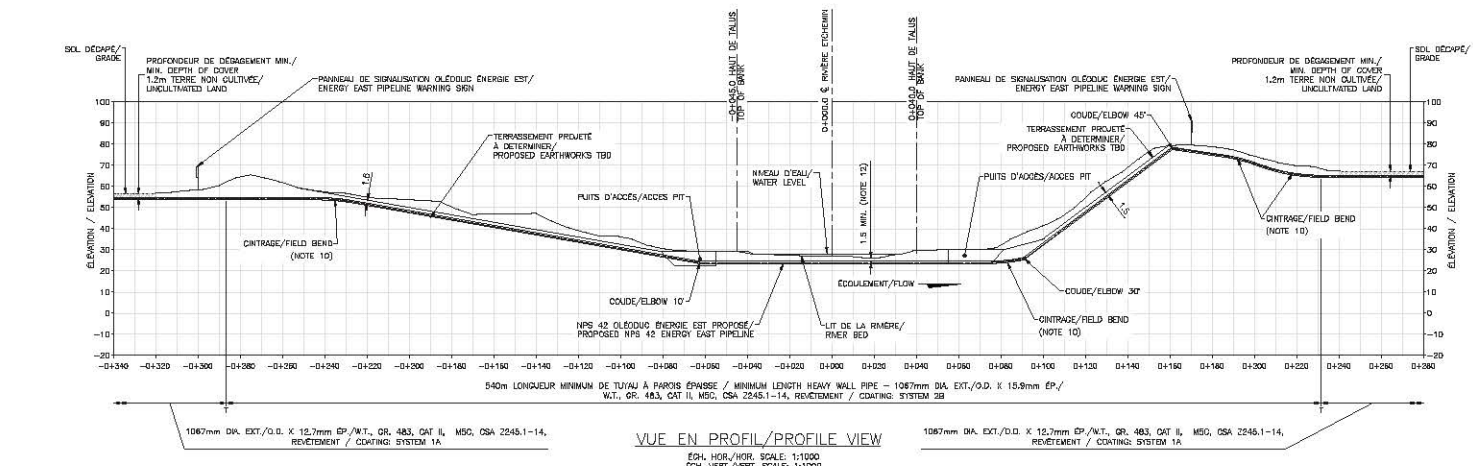
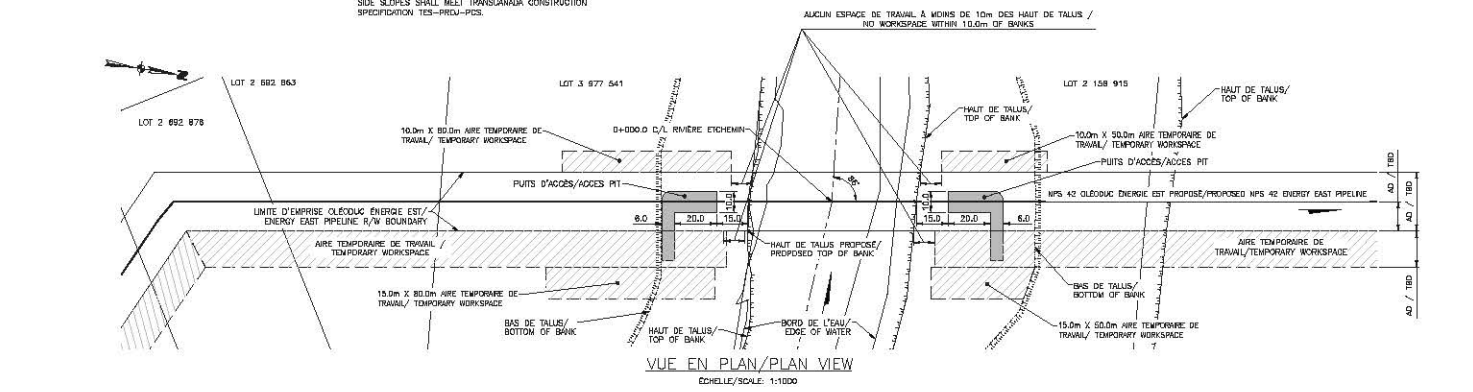
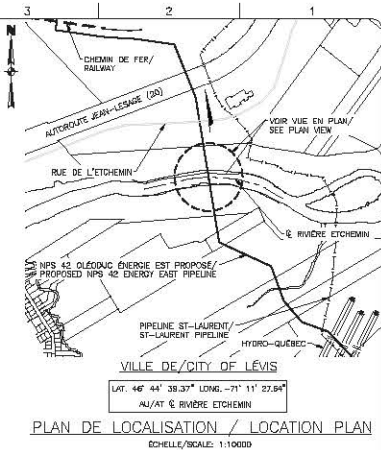
- L'ENTREPRENEUR DU FORAGE HORIZONTAL FOURNIRA L'ASSISTANCE À LA PRÉPARATION DU SITE ET À SON ACCÈS, À L'INSTALLATION DU TUYAU, AU RETRAIT DE L'ÉQUIPEMENT DE FORAGE, ET À LA REMISE EN ÉTAT DU SITE. / THE HOB CONTRACTOR WILL PROVIDE ASSISTANCE IN PREPARING THE SITE, GRADING FOR SITE ACCESS, SETTING UP HOB EQUIPMENT, INSTALLATION OF THE PIPE, REMOVAL OF HOB EQUIPMENT, AND RESTORATION OF THE SITE.
- LA PROFONDEUR DE RÉCOUVREMENT SERA DÉTERMINÉE À LA PHASE D'INGÉNIERIE DÉTAILLÉE. / DEPTH OF COVER WILL BE FINALIZED DURING THE DETAILED ENGINEERING PHASE.

GESTION DES DÉBRAS ET DES REMBLAIS TEMPORAIRES / SOIL PLACEMENT/TEMPORARIES

- LES POINTS OU DÉBRAS D'EXCAVATION DOIVENT ÊTRE CONFORMES À LES NORMES TES-DV31-2333 ET TES-PROJ-EXC DE TRANSCANADA ET AUX NORMES LOCALES. / TEMPORARY SPOIL SLOPE FROM EXCAVATION SHALL CONFORM TO TRANSCANADA SPECIFICATIONS TES-DV31-2333, TES-PROJ-EXC AND LOCAL REQUIREMENTS.
- L'EAU D'ENTRAPPAGE DES DÉBRAS DOIT ÊTRE NIVELÉE POUR S'ASSURER QUE L'EAU NE S'ACCUMULE PAS À LA SURFACE ET QUE LES DÉBRAS MISE EN TAS N'ENFONCENT PAS L'ÉCOULEMENT DE L'EAU. / SPOIL AREAS SHALL BE GRADDED TO ENSURE THE WATER WILL NOT POOL ON THE SURFACE OR BE TRAPPED BY THE SPOIL PILE.

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: 1087mm DIA. EXT. / O.D. (NPS 42) x 12.7mm EP./WT. / 42.375\"/>
- TEMPÉRATURE D'OPÉRATION MAX. / MAX. OPERATING TEMPERATURE: 80°C / 176°F
- TEMPÉRATURE D'OPÉRATION MIN. / MIN. OPERATING TEMPERATURE: -9°C / 15°F
- TYPE DE JOINT / TYPE OF JOINT: SOUDE / WELDED
- RÉVÊTEMENT CONDUITE / LINE PIPE COATING: SYSTEM 1A
- TUYAU À PRIX CHÈVE / HW PIPE: SYSTEM 2B
- MÉTHODE DE TRAVERSÉ / CROSSING METHOD: FORAGE HORIZONTAL / HOB
- MÉTHODE DE TRAVERSÉ ALTERNATIVE / ALTERNATE CROSSING METHOD: TRANCHEE / TRENCH
- TEST DE PRESSION MIN. (SECTION DE TRAVERSÉ)/MIN. TEST PRESSURE (CROSSING SECTION): 9.123 MPa
- PRESSION D'OPÉRATION MAX. / MAX. OPERATING PRESSURE: 9.123 MPa
- PROTECTION CATHODIQUE / CATHODIC PROTECTION: COURANT IMPOSÉ / IMPRESSED CURRENT
- VOLTAJE DE PROTECTION CATHODIQUE MIN. / MIN. CATHODIC PROTECTION VOLTAGE: AS / TBD
- PRODUIT TRANSPORTÉ / PRODUCT CARRIED: PÉTROLE BRUT / CRUDE OIL

DESSINS DE RÉFÉRENCE / REFERENCE DRAWINGS

DESSIN / DRAWING NO.	TITRE / TITLE
4830-03-ML-01-02-01	PANNÉAU DE SIGNALISATION POUR OLÉODUC À HAUTE PRESSION/HIGH PRESSURE OIL PIPELINE WARNING SIGN
4830-03-ML-01-02-02	SCHEMA TYPESEL DE TRAVERSÉ DE TRONÇON/TYPICAL PIPE TRIBUTION SCHEM
4830-03-ML-01-02-03	SCHEMA TYPESEL DE COUDES 30/30/TYPICAL 30/30 BEND SCHEM
4830-03-ML-01-02-04	SCHEMA TYPESEL DE TRANCHEE DE TRANCHEE/SCHEM OF TRENCH/TRENCH
4830-03-ML-01-02-05	SCHEMA TYPESEL DE TRANCHEE DE TRANCHEE/SCHEM OF TRENCH/TRENCH
4830-03-ML-01-02-06	SCHEMA TYPESEL DE TRANCHEE DE TRANCHEE/SCHEM OF TRENCH/TRENCH
4830-03-ML-01-02-07	SCHEMA TYPESEL DE TRANCHEE DE TRANCHEE/SCHEM OF TRENCH/TRENCH
4830-03-ML-01-02-08	SCHEMA TYPESEL DE TRANCHEE DE TRANCHEE/SCHEM OF TRENCH/TRENCH

RÉVISION/REVISION

NO. / NO.	DATE	DESCRIPTION
A	2014-04-21	ÉMISSION POUR RÉVISION (INTERNE A3) / ISSUED FOR REVISION (INTERNAL A3)
B	2014-05-14	ÉMISSION POUR RÉVISION (INTERNE STATUTÉ) / ISSUED FOR REVISION (INTERNAL STATUTÉ)
C	2014-09-08	ÉMISSION POUR MODIFICATION DE BASE / ISSUED FOR FEED

APPROBATION/APPROVAL

DESIGNER	CHECKED	DESIGNED	VERIFIED	APPROVED	DATE	DATE	DATE	DATE	DATE
JHL	JHL	JHL	JHL	JHL	05/08/14	05/08/14	05/08/14	05/08/14	05/08/14
JHL	JHL	JHL	JHL	JHL	05/08/14	05/08/14	05/08/14	05/08/14	05/08/14
JHL	JHL	JHL	JHL	JHL	05/08/14	05/08/14	05/08/14	05/08/14	05/08/14

PRÉLIMINAIRE / PRELIMINARY ONLY
NON POUR CONSTRUCTION / NOT FOR CONSTRUCTION

REV/REV: DATE: REVISION/REVISION NO.:

Energy East Pipeline Ltd.

INFORMATION GÉNÉRALE OLÉODUC ÉNERGIE EST / ENERGY EAST GENERAL INFORMATION PIPELINE
 PIA 4830 CH/ANAL/CH/ANAL JDS/PLAN/DES/PLAN

RIVIÈRE ÉTCHEMIN
 TRAVERSÉ PAR FORAGE HORIZONTAL / HOB CROSSING
 QUÉBEC

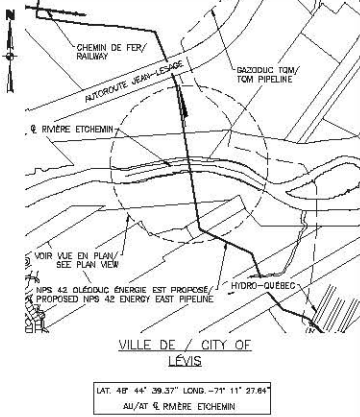
REV/SCALE: 4830-03-ML-03-03B
 DATE: 4930-03-ML-03-03B

- NOTES:**
APPREIAGE / 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.
- GENERAL / GENERAL:**
- LA TRAVERSEE DOIT ETRE CONSTRUITE ET POURSUIVIE EN RESPECTANT AU MINIMUM TOUS LES REGLEMENTS FEDERAUX, PROVINCIAUX, MUNICIPAUX ET REGIONAUX 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 ETRE CONFORMES A LA NORME CSA 2852-11. AUX SPECIFICATIONS DE CONSTRUCTION TES-PROJ-PCS 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-PROJ-PCS AND MEET REQUIREMENTS IN THE CROSSING AGREEMENTS.
 - LA METHODE DE TRAVERSE ET D'INSTALLATION DU PIPELINE SERA CONFIRMEE A L'INGENIERIE DETAILLEE. / METHOD FOR RISER 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 ETRE INSTALLEE A L'EXTÉRIEUR DE L'EMPREINTE D'OLEODUC ENERGIE EST. / UNDER NO CIRCUMSTANCES SHALL THE PIPELINE BE INSTALLED OUTSIDE OF THE ENERGY EAST ROW.
- LES ALIGNEMENTS DE LA CONDUITE, TELS QU'INDIQUÉS SUR LE PLAN ET PROFIL, INDIQUENT LES EXIGENCES MINIMALES REQUISES POUR L'OLEODUC ENERGIE EST. L'ENTREPRENEUR PEUT A SA DISCRETION ET A SES FRAIS, PROPOSER UN PROFIL ALTERNATIF AU MOMENT DE LA SOUMISSION. LES PROPOSITIONS ALTERNATIVES DOIVENT ETRE APPROUVEES PAR TRANSCANADA ET LES AUTORITES DE REGLEMENTATION 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 ETRE MISE EN PLACE SUR LE SOL NATUREL NON-REMUEE AVEC LA PROTECTION APPROPRIÉE. LES PENTES LATÉRALES D'EXCAVATION TEMPORAIRE DOIVENT RESPECTER LA SPECIFICATION DE CONSTRUCTION TES-PROJ-PCS DE TRANSCANADA. / PIPELINE SHALL BE PLACED ON NATURAL, UNDISTURBED SOIL WITH APPROPRIATE PROTECTION. TEMPORARY SOIL SLOPES SHALL MEET TRANSCANADA CONSTRUCTION SPECIFICATION TES-PROJ-PCS.
- L'ANGLE DE COUVERTURE MAXIMALE DE LA CONDUITE SUR LE TERRAIN EST DE 1,0 DEGRÉ PAR DIAMÈTRE DE LONGUEUR. / THE MAXIMUM PIPE FIELD BEND ANGLE IS 1.0 DEGREE PER DIAMETER LENGTH.
- UN PLAN ET UN PROFIL «LET-QUE-CONSTRUIT» DOIVENT ETRE FOURNIS A L'OLEODUC ENERGIE EST APRES L'ACHEVEMENT DES TRAVAUX. / A FINAL «AS-BUILT» PLAN AND PROFILE SHALL BE PROVIDED TO ENERGY EAST PIPELINE AFTER THE COMPLETION OF THE WORK.
- LA PROFONDEUR DE RECOUVREMENT SERA DETERMINEE A LA PHASE D'INGENIERIE DE DETAIL. / DEPTH OF COVER WILL BE FINALIZED DURING THE DETAILED ENGINEERING PHASE.

- SECTION DES DEBRAS ET REMBLAIS TEMPORAIRES/ SOIL PLACEMENT-TEMPORARY:**
- LES PENTES DU DEBRAS D'EXCAVATION DOIVENT ETRE CONFORMES AUX NORMES TES-D01-23AS ET TES-PROJ-EXC DE TRANSCANADA ET AUX NORMES LOCALE. / TEMPORARY SOIL SLOPE FROM EXCAVATION SHALL CONFORM TO TRANSCANADA SPECIFICATIONS TES-D01-23AS, TES-PROJ-EXC AND LOCAL REQUIREMENTS.
 - L'ARE D'ENTREPOSAGE DES DEBRAS DOIT ETRE NIVELEE POUR S'ASSURER QUE L'EAU NE S'ACCUMULE PAS A LA SURFACE ET QUE LES DEBRAS MIS EN TAS NE MARCHENT PAS L'ACCUMULEMENT D'EAU. / SOIL AREAS SHALL BE GRADED TO ENSURE THE WATER WILL NOT POND ON THE SURFACE OR BE TRAPPED BY THE SOIL PILE.
- SECTION DES DEBRAS ET REMBLAIS PERMANENTS/ SOIL PLACEMENT-PERMANENT:**
- LA TRAVERSEE DE LA CONDUITE TRAVERSANT LE COURS D'EAU DOIT ETRE REMBLAIEE AVEC LES MATERIAUX EN PLACE AUSAUTANT NIVEAU APPROXIMATIF DU LIT ORIGINAL DE LA RIVIERE. / PIPE BENCH ACROSS MAIN CHANNEL SHALL BE BACKFILLED WITH NATIVE MATERIAL TO APPROXIMATELY THE ORIGINAL GRADE.
 - LES MATERIAUX DES BÉTONS DOIVENT ETRE REPLACES DE FACON PERMANENTE PAR COUCHES DE 300mm D'ÉPAISSEUR DOIVENT ÊTRE COMPACTÉES. CES MATERIAUX DOIVENT ETRE EXEMPTS DE MATIERES ORGANIQUES ET DE DEBRIS LIQUIDES. AVEC LE REMBLAIE SUR UNE SURFACE EN PENTE GÉLÉE, LA SURFACE GÉLÉE DOIT ÊTRE SOUPLES POUR FAVORISER L'ADHESION ENTRE ELLE-DE ET LE REMBLAI. / BANK MATERIALS MUST BE PERMANENTLY REPLACED IN LAYERS OF 300mm MAXIMUM, AND PROPERLY COMPACTED. THESE MATERIALS MUST BE FREE OF ORGANIC MATTER AND WOODY DEBRIS. PRIOR TO PLACING FILL ON FROZEN SLOPED SURFACES, THESE SURFACES MUST BE SCARIFIED TO MAXIMIZE ADHESION OF MATERIALS.

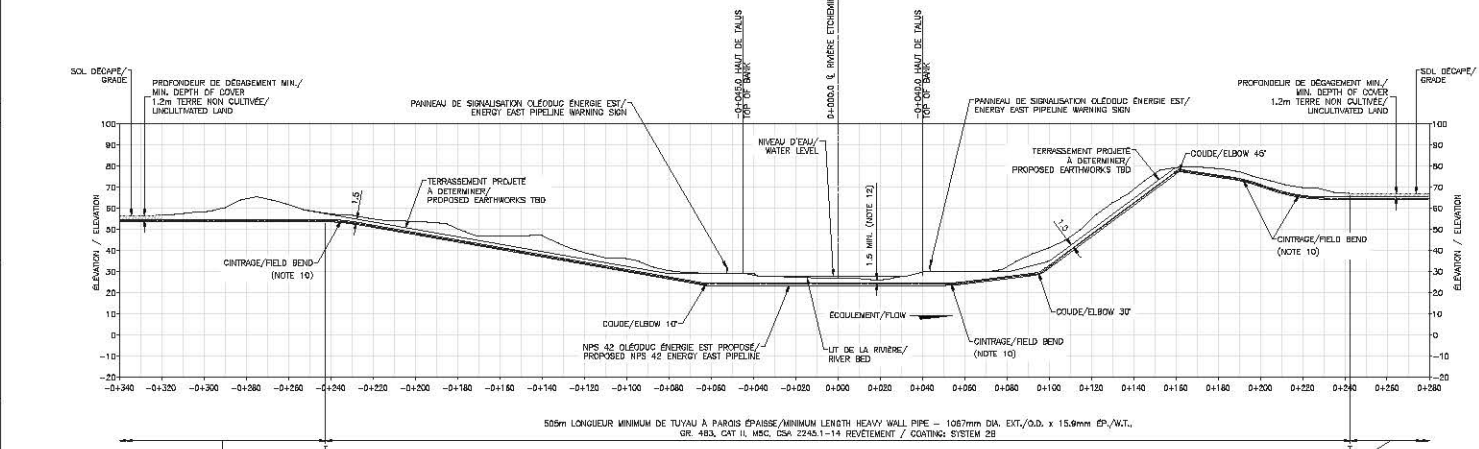
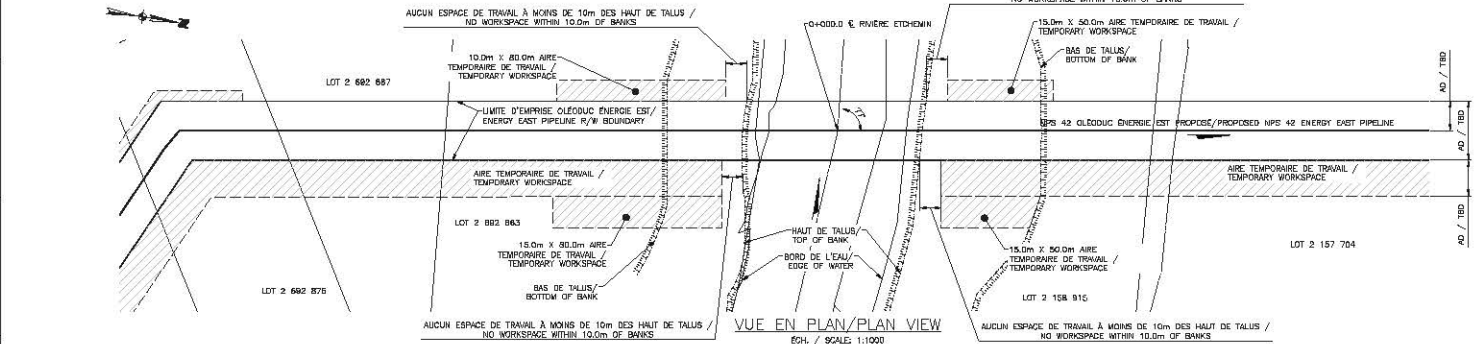
- SI REQUIS, LE REMBLAI DANS LE TALLUS DOIT ETRE MIS EN PLACE AVEC UNE PENTE NATURELLE DE 2H:1V POUR OPTIMISER LA STABILITE DU TALLUS. / IF REQUIRED, THE SOIL IN THE SOIL BEND AND BANK AREA SHALL BE PLACED WITH A MAXIMUM SLOPE OF 2H:1V TO OPTIMIZE BANK STABILITY.
 - LORS DE TRAVAUX HIVERNAUX, DES TASSEMENTS CONSIDERABLES PEUVENT SE PRODUIRE DANS LES BERGES REMBLAIEES L'ETE SUIVANT. LA CONSTRUCTION ET LES BERGES FOURNIRONT NECESSAIRE UN REEMPLISSAGE FIMA SELON LA PENTE SPECIFIEE. UNE QUANTITE DE REMBLAI SUPPLEMENTAIRE POURRAIT ETRE REQUISE POUR COMPENSER CES TASSEMENTS. LES BERGES DOIVENT ETRE PROTEGEES AFIN QUE L'EAU NE S'ACCUMULE PAS EN HAUT DE TALLUS. / 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.
- CONTROLE DE LA FLOTTABILITE/ BUOYANCY CONTROL:**
- LE CONTROLE DE LA FLOTTABILITE SERA DETERMINE A L'INGENIERIE DETAILLEE. / BUOYANCY CONTROL WILL BE DETERMINED IN DETAILED ENGINEERING.
- ENVIRONNEMENT/ ENVIRONMENTAL:**
- VOIR LES CLAUSES ENVIRONNEMENTALES DETAILLEES (A ETRE COMPLETEES A L'INGENIERIE DETAILLEE). / SEE DETAILED ENVIRONMENTAL CONDITIONS (TO BE DEFINED IN DETAILED ENGINEERING)



PLAN DE LOCALISATION / LOCATION PLAN
 ÉCH. / SCALE: 1:10,000

SPECIFICATIONS DE LA CONDUITE / PIPELINE SPECIFICATIONS

- CONDUITE / UNE PIPE: 1067mm DIA. EXT. / O.D. (NPS 42) x 12,7mm ÉP./W.T. GR. 483, CAT II, MSC. CSA 2245.1-14. REVÊTEMENT / COATING: SYSTEM 1A.
- TEMPÉRATURE D'OPÉRATION MAX. / MAX. OPERATING TEMPERATURE: -50C.
- TYPE DE JOINT / TYPE OF JOINT: SOUDEE / WELDED.
- METHODE DE TRAVERSE / CROSSING METHOD: TRANCHEE / TRENCHED.
- TEST DE PRESSION MIN. (SECTEN DE TROUSSEMENT/ MIN. TEST PRESSURE (CREASING TESTING): 11 404 kPa.
- PRESSION D'OPÉRATION MAX. / MAX. OPERATING PRESSURE: 9 123 kPa.
- PROTECTION CATHODIQUE / CATHODIC PROTECTION: COURANT IMPRÉ / IMPRESSED CURRENT.
- PRODUIT PROTECTEUR / PROTECTANT: PERLE BRUT / GRADE OIL.



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
4830-03-ML-01-524F	PANNEAU DE SIGNALISATION POUR OLEODUC A HAUTE PRESSION/HAUTE PRESSION DE LA PIPELINE VERTICALE
4830-03-ML-02-017F	SIGNALISER LA TRAVERSEE DE TUNAU/TRAVERSEE DE LA PIPELINE
4830-03-ML-02-018F	SIGNALISER LA TRAVERSEE DE TUNAU/TRAVERSEE DE LA PIPELINE
5105-03-ML-02-008F	PANNEAU TRAVAIL EN TRANCHEE / TRANCHEE WORKING SIGN EXCAVATION PROTECTION
5105-03-ML-02-003LFR	PANNEAU TEMPORAIRE AVEC BARRE / TEMPORARY FLAG BARRE CROSSING
5105-03-ML-02-111LFR	TRAVERSEE DE COURS D'EAU AVEC BARRE / FLAG WATERCOURSE CROSSING
5105-03-ML-02-112LFR	TRAVERSEE DE COURS D'EAU PAR BARRE ET POMPE / BAR AND PUMP WATERCOURSE CROSSING
4830-03-ML-03-008	TRANCHEE ETACHEMONT - TRAVERSEE PAR FOSSE HORIZONTALE / HOG CROSSING

RÉVISION / REVISION

NO. / NO.	DATE	DESCRIPTION
A	2014-03-31	ENVOI POUR REVISION (INTERNE A3) / ISSUED FOR REVIEW (INTERNAL A3)
B	2014-03-14	ENVOI POUR REVISION (DEFINITION STATUT) / ISSUED FOR REVIEW (DEFINITION STATUT)
C	2014-03-04	ENVOI POUR REVISION DE BASE / ISSUED FOR REVISION

APPROBATION / APPROVAL

DESIGNER	CHECKED	DESIGNED	APPROVED	DATE		
2167445	08/ACS	AS	MS	JN	GP	2014-03-04
2259844	JGR	AS	MS	JN	GP	2014-03-04
2259844	JL	CS	MS	JN	GP	2014-03-04

PRÉLIMINAIRE / PRELIMINARY ONLY
 NOT FOR CONSTRUCTION

REV/REV DATE: 2014/03/04

Energy East Pipeline Ltd.

TRANCHEE EN TRANCHEE / TRENCHED CROSSING (ALTERNATIVE) QUEBEC

PROJET / PROJECT: 4930-03-ML-03-039



Annexe D

Information géotechnique

Aucune information géotechnique n'était disponible pour cette traverse.