

Annexe 4-46

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



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

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
D	BS	21 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 Beaurivage 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 3 km au sud-ouest de Le Petit-Saint-Jean, au Québec. La rivière mesure approximativement 30 m de largeur à cet emplacement, à l'intérieur d'une vallée fluviale qui est approximativement 10 m plus basse que le terrain environnant. Le point d'entrée (au nord) est situé en terrain principalement plat. Le point de sortie (sud) est en terrain boisé plat. Il y a une augmentation de l'élévation de 1 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

L'étude géotechnique menée à l'emplacement de cette traverse consistait en trois trous de forage. La stratigraphie est présentée dans les tableaux ci-dessous. Une information géotechnique plus détaillée est fournie à l'annexe D.

Tableau 1. Trou de forage QEEP-041

Mètres sous la surface du sol (msss)	Description du sous-sol
0	Aucun recouvrement
0,8	Sable limoneux, un peu de gravier présence de galets
2,3	Sable et limon, trace de gravier, présence de galets
11,6	Sous-sol rocheux, fracturé
14,0	Sous-sol rocheux, couches de schiste et de grès quartzeux, fracturé
36,6	

**Tableau 2. Trou de forage QEEP-042**

Mètres sous la surface du sol (msss)	Description du sous-sol
0	
	Aucun recouvrement
0,8	
	Remblai, sable, limon, trace de gravier
2,3	
	Sable limoneux, présence de matières organiques
5,2	
	Sable et limon
11,0	
	Limon argileux, un peu de sable
14,6	
	Sable graveleux, un peu de limon
15,2	
	Sous-sol rocheux, grès quartzo-feldspatique, plans de litage tordus, schiste, fractures
39,6	

Tableau 3. Trou de forage QEEP-043

Mètres sous la surface du sol (msss)	Description du sous-sol
0	
	Aucun recouvrement
0,8	
	Sable limoneux, trace de gravier présence de galets
4,3	
	Sable et limon, un peu de gravier, présence de galets
5,6	
	Galets et fragments de roche, roche hautement fracturée jusqu'à 9,4 msss
10,9	
	Sous-sol rocheux, alternance de couches de schiste et de schiste argileux, fracturé, siltite
18,5	
	Grès, veines de calcite et de quartz
26,4	
	Schiste argileux, contorsionné et écrasé
27,8	
	Grès, fissuré, couches de schiste
28,8	
	Sous-sol rocheux interstratifié, schiste argileux, siltite et grès
36,8	

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. La PME spécifique de ce site, déterminée



par la différence d'élévation entre la station de pompage en amont et le point le plus bas de la traverse, est moins élevée que cette pression. Les calculs de FDH pour cette traverse utilisent la PME de 8 450 kPa du projet puisqu'elle est plus conservatrice que la PME spécifique de l'emplacement. La canalisation sera soumise à des températures comprises entre 5 et 60 °C. Une pression d'essai de 10 563 kPa (1,25 x la pression d'exploitation) 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 (ÉPN)	20,2	mm
Grade/Limite élastique minimale spécifiée (LEMS)	550	MPa
Catégorie	II	S. O.
T1 (température de conception minimale)	5	°C
T2 (température d'exploitation maximale)	60	°C
Pression maximale d'exploitation (PME) du projet	8 450	kPa
Pression maximale d'exploitation (PME) spécifique du site	8 450	kPa
Pression d'essai (PE)	10 563	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 91,12 % de la contrainte de cisaillement admissible. Selon la norme CSA Z662-11, la contrainte de cisaillement admissible est égale à 50 % de la limite élastique minimale spécifiée (LEMS). Cette contrainte maximale serait observée à n'importe quel emplacement le long de la trajectoire de forage où le tuyau est assujéti au rayon minimal de 530 m. La canalisation choisie satisfait à toutes les exigences de la norme CSA Z662-11 sous les conditions spécifiées. La détermination finale des conditions d'exploitation de l'oléoduc et des matériaux des canalisations sera effectuée lors de la conception détaillée.

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



La géométrie de l'oléoduc devrait être calculée à l'aide de la méthode de courbure minimale, qui est une norme acceptée de l'industrie pour le forage dirigé horizontal. Les mesures d'inclinaison à la verticale du trou de forage et de la direction (azimut) sont généralement prises au minimum tous les 10 mètres et mises en moyenne avec les trois dernières mesures prises. Ceci procure une valeur de mesure de la courbe du trou de forage légèrement lissée; ceci est devenu une spécification généralement utilisée pour les forages dirigés horizontaux.

3.2 Géométrie

Selon les informations de spécifications de l'oléoduc, de la géométrie spécifique à l'emplacement et l'information géotechnique, un forage dirigé horizontal semble faisable à cet emplacement. La trajectoire de forage utilise le rayon de conception de 1 200 m qui a été déterminé à la section 3.1. Les angles d'entrée et de sortie ont été conçus à 10° pour équilibrer le besoin de minimiser la longueur totale de la traverse avec celui de maximiser l'épaisseur de recouvrement sous la rivière. La trajectoire de forage qui en résulte possède une longueur de 691 m, avec une épaisseur de recouvrement minimale de 22 m sous la rivière Beaurivage. La géométrie finale de la traverse sera déterminée pendant l'étape d'ingénierie 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. Le trou de forage QEEP-041 a mis à jour des traces de gravier et la présence de galets jusqu'à une profondeur de 11,6 mètres sous la surface de sol (msss). Une gaine de forage d'environ 72 m sera nécessaire pour atteindre le sous-sol rocheux. La taille minimale nécessaire de la gaine est de 1 676 mm (66 po) (dia. ext.) pour permettre le passage du trépan 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 293 492 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 1067 mm (42 po), un diamètre de trou de forage minimal de 1372 mm (54 po) est requis. Ultiment, l'entrepreneur en FDH sera responsable de l'évaluation des conditions de forage et de la condition du trou de forage pendant les opérations de forage, afin de déterminer si un format de trépan aléueur plus gros est nécessaire pour installer l'oléoduc de façon sécuritaire. Si des problèmes sont redoutés avec le trou de forage, il est recommandé de procéder, avant le tirage de l'oléoduc, au tirage d'une section de canalisation d'essai de 30 m de long, possédant les mêmes spécifications et le même revêtement que l'oléoduc à installer, et que celle-ci soit vérifiée pour y déceler d'éventuels dommages au revêtement et à la section de tuyau. Ceci peut aider à déterminer si un trépan aléueur plus gros ou un autre conditionnement du trou est nécessaire avant de tirer la section entière de la canalisation.

3.6 Soulèvement de la canalisation et rupture

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

3.7 Contrôle de la flottabilité

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

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

4.1 Perte de contrôle du guidage

Les formations de sol meuble ou des changements majeurs dans les propriétés des formations peuvent engendrer des problèmes de guidage. Ces problèmes surviennent lorsque la formation n'offre pas assez de résistance au trépan pour lui permettre d'effectuer un changement de direction. À l'intersection de formations plus dures, comme le sous-sol rocheux, une géologie plus dure, des laminations ou des inclusions peuvent empêcher le trépan de répondre aux commandes de direction à un angle d'incidence peu élevé ou le faire dévier hors limite à un angle d'incidence plus élevé. La roche fracturée à cet emplacement et l'interface entre le sous-sol rocheux et le terrain de couverture peuvent potentiellement causer des déviations de direction. Si des déviations dépassant les tolérances sont mesurées, une petite portion du trou de forage est habituellement forée à nouveau pour permettre d'effectuer des réglages à la trajectoire du trou de forage. Dans les cas extrêmes, il peut être nécessaire de forer à nouveau en élargissant le trou et, si nécessaire, de cimenter une partie du forage. Le déplacement de la foreuse à un autre endroit pour reprendre le forage, habituellement dans le même espace de travail, est aussi une possibilité. Réduire



le diamètre du trépan et utiliser un angle de cintrage plus élevé sur le moteur à boue peuvent aider à pénétrer des formations plus dures, mais cela peut aussi mener à des déviations importantes lors du forage d'une formation géologique inattendue. Il est possible que plusieurs tailles de trépan aléateur et plusieurs configurations d'angle de cintrage soient nécessaires pour compléter le trou pilote dans le respect des tolérances.

4.2 Perte de circulation et fuites de fluide

Le risque de perte de fluide est à son niveau le plus élevé lors du forage du trou pilote, alors que la petite taille du trou de forage entraîne une pression circulatoire plus élevée et que les déblais peuvent plus facilement boucher le trou. Le fluide peut se propager dans des failles du sous-sol rocheux, des matériaux meubles déplacés ou le vide entre les matériaux non consolidés. De la roche fracturée a été identifiée à l'emplacement de cette traverse. Un système de fluide de forage adéquatement entretenu et planifié par un technicien en fluides de forage expérimenté est essentiel. La perte de circulation peut affecter les coûts et les échéanciers en augmentant les additifs pour fluide de forage nécessaires, le temps requis pour mélanger le nouveau fluide de forage, la quantité d'eau nécessaire et la fréquence des va-et-vient et des nettoyages du trou pour réduire la pression annulaire. Dans certains cas, une perte de circulation incontrôlée requiert qu'une partie du trou de forage soit cimentée et forée à nouveau. Dans d'autres cas, la perte de circulation dans le trou de forage ne peut être prévenue et entraîne des fuites dans la surface du sol ou une masse d'eau. C'est ce qu'on appelle communément une perte par fracturation (frac-out). L'entrepreneur en FDH doit avoir de l'équipement de surveillance en place pour détecter toute fracturation ainsi que de l'équipement, des matériaux et des procédures prêts pour contenir et nettoyer les pertes de fluide par fracturation. Le risque de fracturation peut être réduit en gardant la pression du fluide de forage basse, en gardant le trou de forage propre, en utilisant un fluide de forage aux propriétés adéquates, en permettant un temps de circulation et un volume adéquats pour éliminer les déblais et en procédant à des va-et-vient pour nettoyer mécaniquement le trou de forage. Le contrôle vigilant du fluide de retour et une gestion active des formations avec des additifs pour fluide de forage sont essentiels au succès d'un FDH.

4.3 Instabilité du trou de forage

Pour diminuer les risques d'effondrement du trou de forage en sol faible ou non consolidé, la circulation d'équipements au-dessus de la trajectoire de forage devrait être limitée le plus possible. Ceci vaut surtout pour la région directement au-dessus de l'extrémité de toute gaine. Utiliser un fluide de forage aux propriétés adéquates réduit les chances d'effondrement du trou de forage. Une attention particulière doit être portée afin de ne pas enlever un excès de matériel à l'extrémité de la gaine de forage en évitant d'effectuer des va-et-vient trop fréquents et en limitant le plus possible la circulation à cet endroit. Les endroits pouvant contenir du sable, du gravier ou des galets peuvent aussi s'avérer problématiques. L'effondrement d'un trou de forage peut aussi coincer l'équipement et en causer la perte ainsi que l'abandon du trou.

4.4 Infiltration d'eau

En cas d'écoulement artésien important, l'apport d'eau peut être stoppé ou réduit à l'aide de coulis d'injection. Si l'écoulement ne peut être arrêté, des têtes de circulation peuvent être utilisées pour rediriger l'eau ainsi produite vers l'équipement de nettoyage et d'évacuation. Si la quantité d'eau est importante, le trou de forage et le FDH pourraient être cimentés et abandonnés. L'infiltration d'eau augmente l'instabilité du trou de forage et ses risques associés.

4.5 Dommages au revêtement ou à la canalisation

Pendant le tirage du tuyau, des déformations ou des objets comme des galets et des blocs, ou des morceaux du sous-sol rocheux fissuré, comme on en retrouve dans cet emplacement, peuvent causer des dommages au revêtement de la canalisation. Un travail soigné doit être accompli pour s'assurer que le trou de forage est bien nettoyé, ce qui est important pour minimiser les risques d'endommagement du revêtement. Des contrôles techniques comme un programme de contrôle de la flottabilité (discuté ci-dessus) et l'installation d'une gaine de forage aident à atténuer ces risques. Même si le trou de forage est bien nettoyé, des zones d'abrasion élevée



pourraient toujours être présentes dans le trou de forage. Il est recommandé que des mesures d'atténuation des dommages au revêtement, comme une protection cathodique, soient prises en considération.

4.6 Canalisation coincée

Des matériaux susceptibles au gonflement, comme l'argile et le schiste, n'ont pas été observés, selon l'information géotechnique disponible. Si présents, ces matériaux peuvent rétrécir le diamètre du trou de forage et mener à des problèmes de nettoyage du trou ainsi qu'au coincement de la canalisation lors du tirage. 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 contrôle du taux de pénétration pour permettre à un volume adéquat de fluide de forage d'être injecté pour transporter les déblais, combiné à une agitation régulière des déblais pour permettre leur retour en suspension dans le fluide en effectuant des aller-retour avec les trépan aléseurs jusqu'au point d'entrée pour le nettoyage, seront essentiels pour le maintien d'un trou de forage ouvert. Du sable, limon ou gravier vaseux sont aussi des causes de canalisation coincée. 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 quartz-grès et autres formes de sous-sol rocheux observés à l'emplacement de la traverse offriront probablement une bonne stabilité au trou de forage et permettront un nettoyage adéquat des déblais. Cependant, la dureté de ce sous-sol rocheux pourrait contribuer à l'usure de l'outillage de forage dans les zones plus dures, ce qui aura un impact sur les coûts et les échéanciers globaux, en raison du temps passé à effectuer des opérations de va-et-vient pour remplacer les trépan et aléseurs, en plus des taux de progression généralement bas pour la durée principale du forage. Un choix d'outillage judicieux et adapté à la géologie sera essentiel de la part de l'entrepreneur pour que l'ensemble du projet se fasse dans un échéancier minimal.



4.8 Risques environnementaux

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

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

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

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

Les opérations de forage dirigé horizontal se poursuivent habituellement 24 heures par jour pour les traverses de grande taille. Des moteurs au diesel, de l'équipement mobile et de l'équipement de martelage pneumatique de grande taille sont souvent utilisés. S'il n'est pas atténué adéquatement, le bruit qui en découle peut entraîner des plaintes de la part des résidents du voisinage. Les mesures d'atténuation peuvent comprendre des écrans acoustiques, de meilleurs silencieux ou des horaires restreints pour certains équipements.

4.9 Autres risques à considérer

L'échec de la méthode principale de traverse est toujours une possibilité. Une méthode de traverse alternative est nécessaire si la méthode principale est abandonnée. Selon les étapes menant à l'abandon de la première tentative de traverse, la première option pourrait être d'essayer à nouveau la méthode de traverse principale. Si cette option n'est pas disponible ou ne respecte pas les seuils de tolérance du projet, la méthode alternative doit être utilisée. Le dessin de conception préliminaire pour la méthode alternative de traverse en tranchée est inclus à l'annexe C.

5. Conclusion

Selon l'information dont Entec disposait au moment de la rédaction de ce rapport, la traverse par FDH proposée de la rivière Beaurivage est considérée techniquement faisable. Les contraintes auxquelles seront assujetties les canalisations ont été examinées par Entec et le rayon de conception de 1200 m a été confirmé. Les risques principaux comprennent des problèmes de guidage, 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.

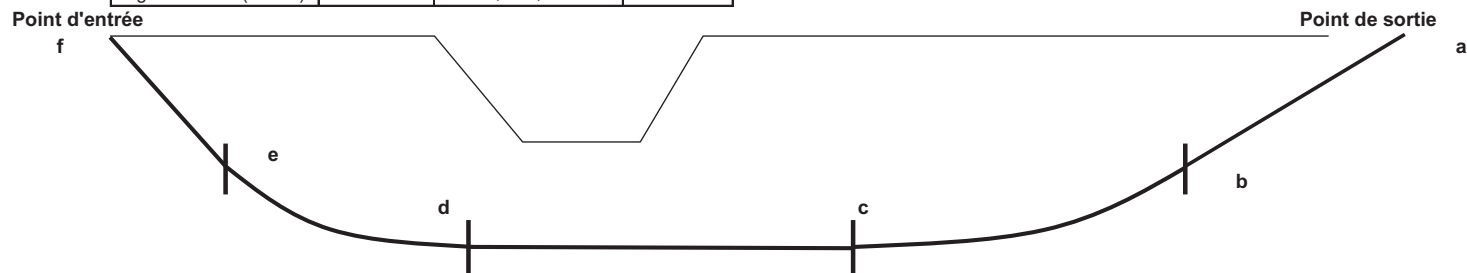


Annexe A

Sommaire des calculs

581-ENG-103
RIVIÈRE BEAURIVAGE

Données de conception		Données du tuyau		Données de procédé		Critères de contrainte			
Longueur forée (m)	691,0	Dia ext. Tuyau (mm)	1067,0	PME (kPa)*	8450	Contrainte de cisaillement admissible			
Longueur horizontale (m)	685,6	Épais. Nominale (mm)	20,2	Pr. essai (kPa)	10563	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)	10	Épaisseur d'essai (mm)	20,2	T1 (°C)	5				
Angle de sortie (° Haut)	10	Grade (MPa)	550						




Lieu	Construction					Contrainte d'essai (après tirage)			Post-assèchement pré-exploi. (PAPE)			Contrainte d'exploitation		
	Charge		Contra. Cisaillement tangentiel max			Contrainte cisaillement tangentiel max			Contrainte cisaillement tangentiel max			Contrainte cisaillement tangentiel max		
	(lb)	(N)	(psi)	(MPa)	(% SA)	(psi)	(MPa)	(% SA)	(psi)	(MPa)	(% SA)	(psi)	(MPa)	(% SA)
Point A	118 384	528 499	1150	7,93	2,88	29 272	201,8	66,72	15110	104,2	34,44	36 342	250,6	91,11
Point B	136 295	608 458	15819	109,07	39,66	29 225	201,5	66,61	15403	106,2	35,11	36 052	248,6	90,39
Point C	176 397	787 485	16057	110,71	40,26	29 182	201,2	66,51	15686	108,1	35,75	35 769	246,6	89,68
Point D	192 115	857 656	16133	111,23	40,45	29 182	201,2	66,51	15686	108,1	35,75	35 769	246,6	89,68
Point E	251 279	1 121 780	16377	112,92	41,06	29 225	201,5	66,61	15403	106,2	35,11	36 052	248,6	90,39
Point F	293 492	1 310 232	16538	114,02	41,46	29 270	201,8	66,71	15110	104,2	34,44	36 344	250,6	91,12

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


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

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

REV.	DATE	DESCRIPTION	SCEAU/ÉTAMPE
A	17-avr-14	Conception préliminaire	
B	07-mai-14	Émis pour commentaires	
C	21-mai-14	Émis pour commentaires	
0	30-mai-14	Émis pour ingénierie de base	



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



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

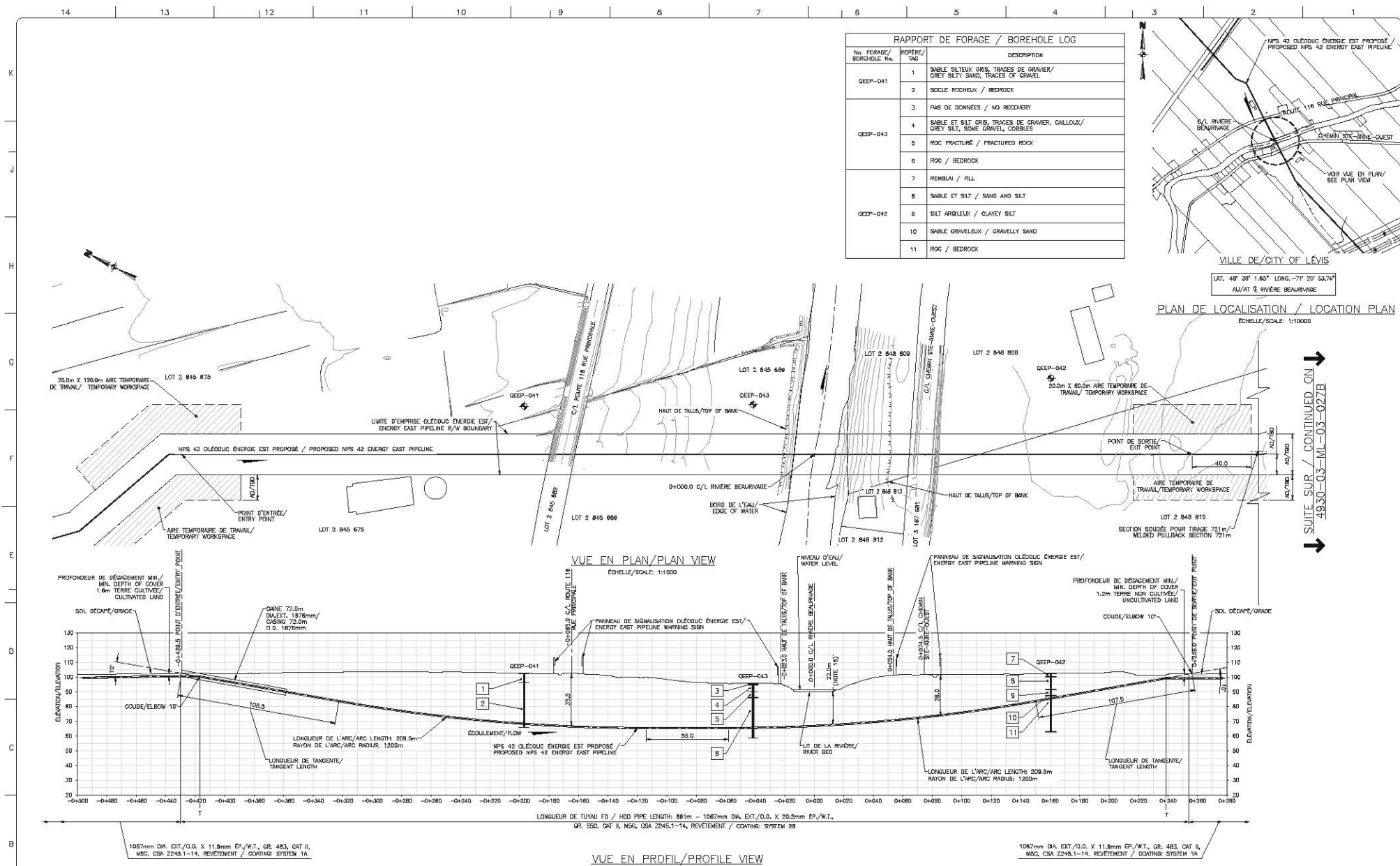
Permis d'ingénierie de l'APEGA No. P8649

Note: *La pression maximale d'exploitation (PME) du projet est de 8450 kPa, survenant aux sorties des stations de pompage. La PME spécifique du site, déterminée par la différence d'élévation entre la station en amont et le point le plus bas de la traverse, est inférieure à celle-ci. Les calculs de FDH pour cette traverse utilisent la PME de projet de 8450 kPa, puisqu'elle est plus conservatrice que la PME spécifique du site.

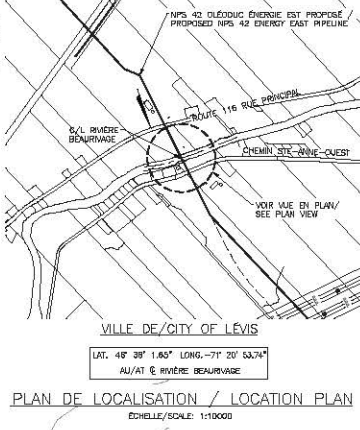


Annexe B

Dessin de conception



RAPPORT DE FORAGE / BOREHOLE LOG		
No. FORAGE / BOREHOLE No.	REPERE / TAG	DESCRIPTION
QEEP-041	1	SABLE SILTEUX GRIS, TRACES DE GRAVIER / GREY SILTY SAND, TRACES OF GRAVEL
	2	SCOLE ROCHEUX / BEDROCK
	3	PAS DE DONNEES / NO RECOVERY
QEEP-043	4	SABLE ET SILT GRIS, TRACES DE GRAVIER, CALLOUX / GREY SILT, SOME GRAVEL, COBBLES
	5	ROC FRACTURE / FRACTURED ROCK
	6	ROC / BEDROCK
	7	REMBLAI / FILL
QEEP-042	8	SABLE ET SILT / SAND AND SILT
	9	SILT ARGILEUX / CLAYEY SILT
	10	SABLE GRAVELLEUX / GRAVELLY SAND
	11	ROC / BEDROCK



DESSINS DE RÉFÉRENCE/REFERENCE DRAWINGS	
DESSIN/DRAWING No.	TITRE/TITLE
4930-03-14-03-02AF	PLANS DE CONSTRUCTION POUR BÉTON À HAUTE PRESSION/HA PRESSURE CONCRETE WALLS
4930-03-14-03-01TF	DÉTAIL TYPE DE TRAVERSÉE DE TUYAU/TUBULAR PIPE TRAVELER DETAIL
4930-03-14-03-01AF	DÉTAIL TYPE DE TRAVERSÉE DE CONDUIT/PIPELINES CROSSING DETAIL
4930-03-14-03-02TF	TRAVERSÉE PAR FORAGE DIRIGÉ/DIR. DRILLING
4930-03-14-03-02AF	TRAVERSÉE PAR FORAGE DIRIGÉ/DIR. DRILLING (ALTERNATIVE)

RÉVISION/REVISION		
No. / No.	DATE / DATE	DESCRIPTION / DESCRIPTION
A	2014-03-31	DES POUR RÉVISION INTERNE (A) / ISSUED FOR REVIEW (INTERNAL)
B	2014-04-04	DES POUR RÉVISION (REVISED) / ISSUED FOR REVIEW (INTERNAL)
D	2014-04-14	DES POUR RÉVISION (REVISED) / ISSUED FOR REVIEW (INTERNAL)
D	2014-06-14	DES POUR RÉVISION (REVISED) / ISSUED FOR REVIEW (INTERNAL)
E	2014-06-08	DES POUR RÉVISION (REVISED) / ISSUED FOR REVIEW (INTERNAL)

APPROBATION/APPROVAL					
DESIGNER	CHECKED	DATE	DESIGNER	CHECKED	DATE
J.M.	J.B.	M/05	J.M.	J.P.	M/05
J.M.	J.B.	M/05	J.M.	J.P.	M/05
J.M.	J.B.	M/05	J.M.	J.P.	M/05
J.M.	J.B.	M/05	J.M.	J.P.	M/05
J.M.	J.B.	M/05	J.M.	J.P.	M/05

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

DATE: _____

PROJET/PROJECT No: _____

Energy East Pipeline Ltd.

INFORMATION GÉNÉRALE Océoduc Énergie Est / ENERGY EAST GENERAL INFORMATION PIPELINE

PROJET/PROJECT No: 4930

TRAVERSÉE PAR FORAGE DIRIGÉ / HORIZONTAL DIRECTIONAL DRILLING CROSSING

PROJET/PROJECT No: 4930-03-ML-03-02TA

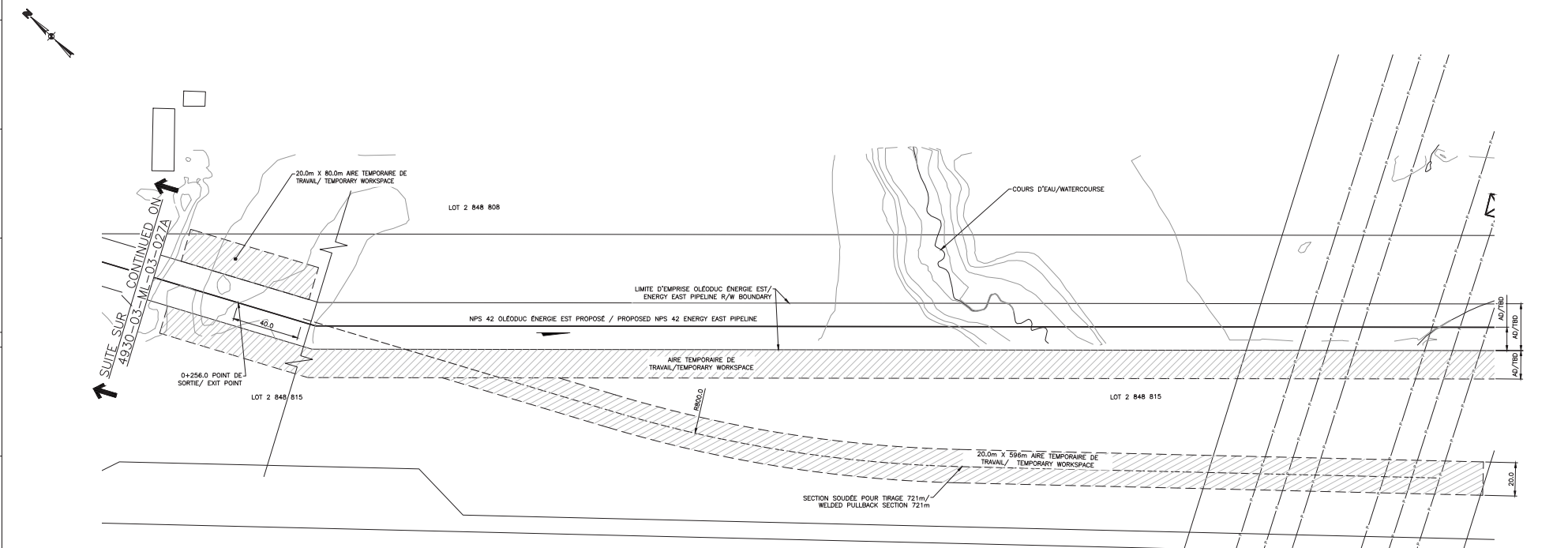
- NOTES:**
ARRENTAGE / SURVEYING:
- TOUTES LES MESURES SONT EN METRES SAUF INDICATION CONTRAIRE / ALL MEASUREMENTS ARE IN METERS UNLESS OTHERWISE SPECIFIED.
 - TOUTS LES CHANGEMENTS SONT HORIZONTALS SAUF INDICATION CONTRAIRE / ALL CHANGES ARE HORIZONTAL UNLESS OTHERWISE SPECIFIED.
- GÉNÉRAL / GENERAL:**
- LA TRAVERSE DEVRA ÊTRE CONSTRUITE ET EPROUVÉE 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 FERNIS 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 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 ADOQUATEMENT EN TOUT TEMPS LORS DE L'OPÉRATION DE TRAGÉ 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 XTEL-QUE-CONSTRUITS DOIVENT ÊTRE FOURNIS À OLÉODUC ÉNERGIE EST APRÈS L'ACHÈVEMENT DES TRAVAUX. / A FINAL «AS-BUILT» PLAN AND PROFILE SHALL BE PROVIDED TO ENERGY EAST PIPELINE AFTER THE COMPLETION OF THE WORK.
- L'ENTREPRENEUR EN PIPELINE FOURNIRA L'ASSISTANCE À LA PRÉPARATION DU SITE ET À SON ACCÈS, À LA MISE EN PLACE DE L'ÉQUIPEMENT DE FORAGE, À L'INSTALLATION DU TUYAU, AU RETRAIT DE L'ÉQUIPEMENT DE FORAGE, ET À LA REMISE EN ÉTAT DU SITE. / THE PIPELINE CONTRACTOR WILL PROVIDE ASSISTANCE IN PREPARING THE SITE, GRADING FOR SITE ACCESS, SETTING UP HDD EQUIPMENT, INSTALLATION OF THE PIPE, REMOVAL OF HDD EQUIPMENT, AND RESTORATION OF THE SITE.
- L'ENTREPRENEUR DOIT DISPOSER DES OUTILS DE SURVEILLANCE POUR UN 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'INGÉNIERIE DÉTAILLÉE. / DEPTH OF COVER WILL BE FINALIZED DURING THE DETAILED ENGINEERING PHASE.

SPÉCIFICATIONS DE L'OLÉODUC / PIPELINE SPECIFICATIONS

- CONDUITE / LINE PIPE: 1067mm DA EXT. / O.D. (NPS 42) x 11.9mm EP/W.T. OR 483, CAT II, MSC CSA Z245.1-14
- TUYAU À PAROI ÉPAISSE / HW PIPE: 1067mm DA EXT. / O.D. (NPS 42) x 20.2mm EP/W.T. OR 550, CAT II, MSC CSA Z245.1-14
- TEMPÉRATURE D'OPÉRATION MAX. / MAX. OPERATING TEMPERATURE: 90°C
- TEMPÉRATURE D'OPÉRATION MIN. / MIN. OPERATING TEMPERATURE: 5°C
- TYPE DE JOINT / TYPE OF JOINT: SOUDÉ / WELDED
- REVÊTEMENT CONDUITE / LINE PIPE COATING: SYSTÈME / SYSTEM 1A
- TUYAU FD / HDD PIPE: SYSTÈME / SYSTEM 2B
- MÉTHODE DE TRAVERSE / CROSSING METHOD: FORAGE DIRECTIONNEL / HDD
- MÉTHODE DE TRAVERSE ALTERNATIVE / ALTERNATE CROSSING METHOD: TRANCHEE / TRENCHED
- TEST DE PRESSION MIN. (SECTION DE TRAVERSE)/MIN. TEST PRESSURE (CROSSING SECTION): 10 563 kPa
- PRESSION D'OPÉRATION MAX. / MAX. OPERATING PRESSURE: 8 450 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



VUE EN PLAN/PLAN VIEW
 ECH. HOR./HOR. SCALE: 1:1000
 ECH. VERT./VERT. SCALE: 1:1000

DESSINS DE RÉFÉRENCE/REFERENCE DRAWINGS

DESSIN/DRAWING NO	TITRE/TITLE
4930-03-MI-03-024F	PLANCHI DE SENSIBILISATION POUR OLÉODUC À HAUTE PRESSION/HIGH PRESSURE OIL PIPELINE WARNING SIGN
4930-03-MI-03-0117F	SCHEM. TYPIQUE DE TRAVERSE DE TUYAU/PIPCAL PIPE TRANSITION DETAIL
4930-03-MI-03-014F	SCHEM. TYPIQUE DE COUDE 30/TYPICAL DRAWING 30 ELBOW DETAIL
4930-03-MI-03-027A	RIVIÈRE BEAURIVAGE - TRAVERSE PAR FORAGE DIRECTIONNEL / HDD CROSSING
4930-03-MI-03-028	RIVIÈRE BEAURIVAGE - TRAVERSE EN TRANCHEE / TRENCHED CROSSING (ALTERNATIVE)

RÉVISION/REVISION

REV/REV	DATE	DESCRIPTION
A	2014-03-31	EMIS POUR RÉVISION (INTERNE J)/ISSUED FOR REVIEW (INTERNAL J)
B	2014-04-04	EMIS POUR RÉVISION (INTERNE STATUTS)/ISSUED FOR REVIEW (INTERNAL STATUTS)
C	2014-04-14	EMIS POUR RÉVISION (CLIENT) / ISSUED FOR REVIEW (CLIENT)
D	2014-05-14	EMIS POUR INGÉNIERIE DE BASE / ISSUED FOR FEED
E	2014-06-09	RÉVISÉ POUR INGÉNIERIE DE BASE / REISSUED FOR FEED

APPROBATION/APPROVAL

CODE PROJET/PROJECT CODE	CONSTRUC/CONSTRUCTION	REVISEUR/REVISOR	DATE/DATE	DESIGNER/CONSTRUC	DATE/DATE	COMPAGNIE/COMPANY
2187445	JML	JB	NO/95	JM	GP	ENTEC
2187445	JML	JB	NO/95	JM	GP	ENTEC
2187445	JCS/CS	CS	NO/95	JM	GP	ENTEC
2226644	JML	CS	NO/95	JM	GP	ENTEC
2226644	JCS	CS	NO/95	AB	GP	ENTEC

INGÉNIEUR/RPT
 PROFESSIONAL ENGINEER/RPT

PERMIS/APP. SÉC.
 PERMIT/ENCL. APPROVAL

DATE

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

REV/REV DATE PERMS/PERMIT NO:

Energy East Pipeline Ltd.

INFORMATION GÉNÉRALE OLÉODUC ÉNERGIE EST / ENERGY EAST GENERAL INFORMATION PIPELINE

PROJET/PROJECT: 4930

CHANGEMENT/CHANGE: DISCIPLINE/DISCIPLINE

RIVIÈRE BEAURIVAGE
 TRAVERSE PAR FORAGE DIRECTIONNEL
 HORIZONTAL DIRECTIONAL DRILLING CROSSING

REV/REV DATE PERMS/PERMIT NO: 4930-03-MI-03-027B



Annexe C

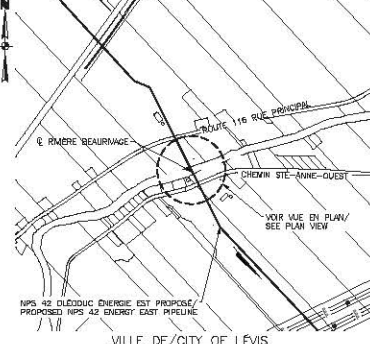
Dessin de traverse alternative

- NOTES / APPORTAGE / SURVEILLANCE:**
- TOUTES LES MESURES SONT EN MÈTRES SAUF INDICATION CONTRAIRE. / ALL MEASUREMENTS ARE IN METERS UNLESS OTHERWISE SPECIFIED.
 - TOUTES LES CHANGÈS SONT HORIZONTALS SAUF INDICATION CONTRAIRE. / ALL CHANGES ARE HORIZONTAL UNLESS OTHERWISE SPECIFIED.
- GÉNÉRAL / GENERAL:**
- LA TRAVÈRSE DEVAIT 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 2862-11, AUX SPÉCIFICATIONS DE CONSTRUCTION TES-PROJ-PCS ET AUX EXIGENCES DU PERMIS DE TRAVÈRSE. / PIPELINE CONSTRUCTION AND HYDROSTATIC TESTING PROGRAM SHALL COMPLY WITH CSA 2862-11 STANDARD AND TRANSCANADA CONSTRUCTION SPECIFICATIONS TES-PROJ-PCS AND MEET REQUIREMENTS IN THE CROSSING AGREEMENTS.
 - LA MÉTHODE DE TRAVÈRSE ET D'INSTALLATION DU PIPELINE SERA CONFIRMÉE À L'INGÉNIEUR DÉTAILLÉ. / METHOD FOR RIVER CROSSING AND PIPE INSTALLATION TO BE CONFIRMED DURING DETAILED ENGINEERING.
- INSTALLATION DE LA CONDUITE ET ALIGNEMENT / PIPE ALIGNMENT AND INSTALLATION:**
- L'ENTREPRENEUR PIPELINE DOIT VÉRIFIER LA PROFONDEUR ET L'EMPLACEMENT DES INSTALLATIONS SOUTERRAINES EXISTANTES AVANT LA CONSTRUCTION. / THE PIPELINE CONTRACTOR SHALL VERIFY THE LOCATION AND DEPTH OF EXISTING UNDERGROUND INSTALLATIONS PRIOR TO CONSTRUCTION.

- EN AUCUN CAS LA CONDUITE NE PEUT ÊTRE INSTALLÉE À L'INTÉRIEUR DE L'EMPREISE 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, INDICENT LES EXIGENCES MINIMALES REQUISES POUR L'OLÉODUC ÉNERGIE EST. L'ENTREPRENEUR PEUT À SA DISCRETION ET À SES PROPRES RISQUES PROPOSER UN PROFIL ALTERNATIF AU MOMENT DE LA SOUMISSION. LES PROPOSITIONS ALTERNATIVES DOIVENT ÊTRE APPROUVÉES PAR TRANSCANADA ET LES AUTORITÉS DE 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 PROFILES MUST BE APPROVED BY TRANSCANADA AND APPLICABLE REGULATORY AGENCIES.
- LA CONDUITE DOIT ÊTRE MISE EN PLACE SUR LE SOL NATUREL NON-RÉAMÉNIÉ AVEC LA PROTECTION APPROPRIÉE. LES PENTES LATÉRALES D'ÉCARTION TEMPORAIRE DEVONT RÉFLECTER LA SPÉCIFICATION DE CONSTRUCTION TES-PROJ-PCS DE TRANSCANADA. / PIPELINE SHALL BE PLACED ON NATURAL UNDISTURBED SOIL WITH APPROPRIATE PROTECTION. TEMPORARY SLOPE SLOPES SHALL MEET TRANSCANADA CONSTRUCTION SPECIFICATIONS 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 BEND ANGLE IS 1.0 DEGREE PER DIAMETER LENGTH.
- UN PLAN ET UN PROFIL 42L-QUE-CONSTRUIRE DEVONT ÊTRE FOURNIS À L'OLÉODUC ÉNERGIE EST APRÈS L'ACHÈVEMENT DES TRAVAUX. / A PLAN 42S-BUILD-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.

- DÉCISION DES DÉBRIS ET REMBLAIS TEMPORAIRES / SOIL PLACEMENT-TEMPORARY:**
- LES PENTES DU DÉBRIS D'ÉCARTION DOIVENT ÊTRE CONFORMES AUX NORMES SPÉCIFIQUES TES-PROJ-2323, TES-PROJ-EXC ET AUX NORMES LOCALES. / TEMPORARY SPOIL SLOPE FROM EXCAVATION SHALL CONFORM TO TRANSCANADA SPECIFICATIONS TES-PROJ-2323, TES-PROJ-EXC AND LOCAL REQUIREMENTS.
 - L'ARRÊT D'ENTREPRISE DES DÉBRIS DOIT ÊTRE RÉVÉLÉ POUR S'ASSURER QUE L'EAU NE S'ACCUMULE PAS À LA SURFACE ET QUE LES DÉBRIS MIS EN TAS N'EMPIÈCHENT PAS L'ÉCOULEMENT DE L'EAU. / SPOIL AREAS SHALL BE GRADED TO ENSURE THE WATER WILL NOT POOL ON THE SURFACE OR BE TRAPPED BY THE SPOIL PILES.
- DÉCISION DES DÉBRIS ET REMBLAIS PERMANENTS / SOIL PLACEMENT - PERMANENT:**
- LA TRANCHEE DE LA CONDUITE TRAVERSANT LE COURS D'EAU DOIT ÊTRE REMBLAYÉE AVEC LES MATÉRIAUX EN PLACE JUSQU'AU NIVEAU APPROXIMATIF DU TUB 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 DÉMONT COMPACTÉES. CES MATÉRIAUX DOIVENT ÊTRE EXEMPTS DE MATIÈRES ORGANIQUES ET DE DÉBRIS LIÉGÈUX. AVANT LE REMBLAYAGE SUR LA SURFACE EN PROXIMITÉ DE LA SURFACE, CELLE-DEVAIT ÊTRE SOIGNÉE 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 SLOPE SURFACES, THESE SURFACES MUST BE SCARPED TO MAXIMIZE ADHESION OF MATERIALS.

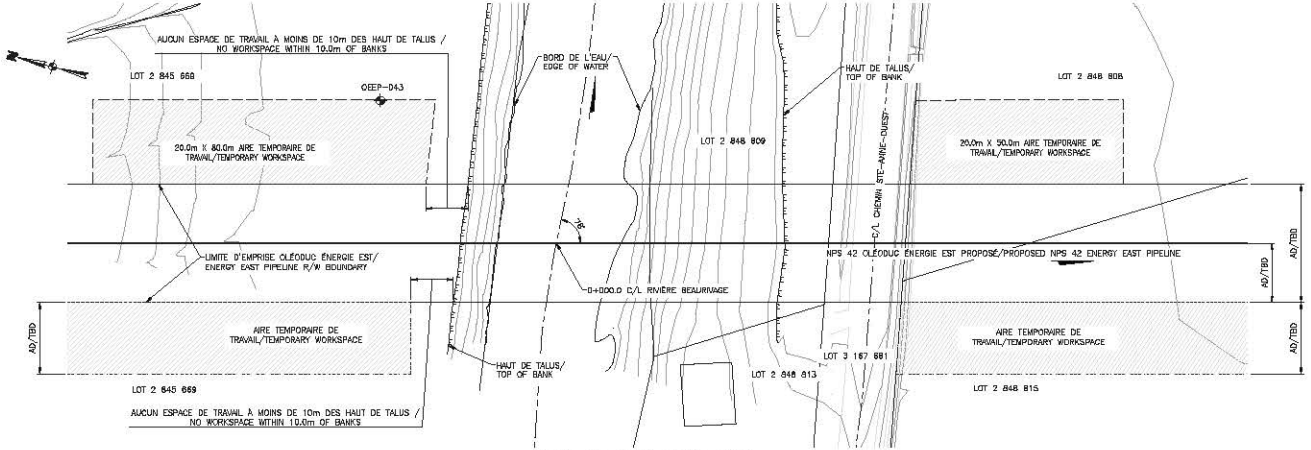
- SI REQUIS, LE REMBLAI SUR LE TALUS DOIT ÊTRE MIS EN PLACE AVEC UNE PENTE MAXIMALE DE 2H:1V POUR OPTIMISER LA STABILITÉ DU TALUS. / IF REQUIRED, THE SOILS IN THE SLOPE AND BANK AREA SHALL BE PLACED WITH A MAXIMUM SLOPE OF 2H:1V TO OPTIMIZE BANK STABILITY.
 - LOTS DE TRAVAIL: HYPERNAUX, DES TASSÈMENTS 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 DES TASSÈMENTS. LES BERGES DOIVENT ÊTRE PROFILÉES APRÈS QUE L'EAU NE S'ACCUMULE PAS EN HAUT DE TALUS. / FOR WINTER CONSTRUCTION, CONSIDERABLE SETTLEMENT OF THE BANK FILL MAY OCCUR THE FIRST SUMMER AFTER CONSTRUCTION AND THE BANK MAY REQUIRE FINAL GRADING TO THE SPECIFIED SLOPE. ADDITIONAL FILL MAY BE REQUIRED TO COMPENSATE FOR THE BACKFILL SETTLEMENT. BANKS SHALL BE GRADED SUCH THAT WATER DOES NOT POOL AT THE TOP OF THE BANK.
- CONTRÔLE DE LA FLOTABILITÉ / BUOYANCY CONTROL:**
- LE CONTRÔLE DE LA FLOTABILITÉ SERA DÉTERMINÉ À L'INGÉNIEURIE DÉTAILLÉE. / BUOYANCY CONTROL WILL BE DETERMINED IN DETAILED ENGINEERING.
- ENVIRONNEMENT / ENVIRONMENTAL:**
- VOIR LES CLAUSES ENVIRONNEMENTALES DÉTAILLÉES (À ÊTRE COMPLÉTÉES À L'INGÉNIEURIE DÉTAILLÉE). / SEE DETAILED ENVIRONMENTAL CONDITIONS (TO BE DEFINED IN DETAILED ENGINEERING).



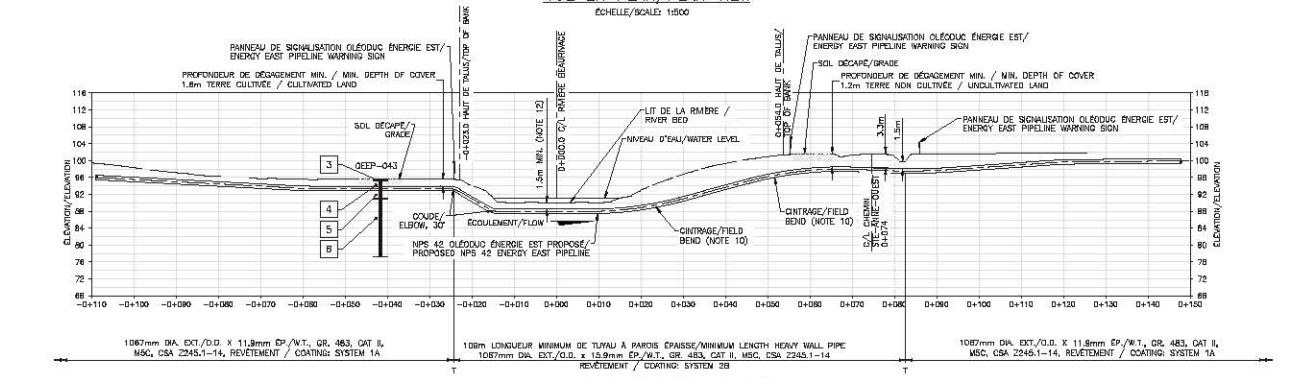
LOT: 48° 39' 1.65" LONG. -71° 20' 53.74" AU/AT: RIVIÈRE BEAUPORT
 VILLE DE/CITY OF LÉVIS
 ÉCHELLE/SCALE: 1:10000

SPÉCIFICATIONS DE L'OLÉODUC / PIPELINE SPECIFICATIONS

- CONDUITE / LINE PIPE: 1087mm DA. EXT. / O.D. (DPS 42) x 11.8mm EP/W.T. OR 483, 041 II, MSC CSA 2245.1-14
- TUVAU À PAROI ÉPAISSE / HI PIPE: 1087mm DA. EXT. / O.D. (DPS 42) x 15.6mm EP/W.T. OR 483, 041 II, MSC CSA 2245.1-14
- TEMPÉRATURE D'OPÉRATION MAX. / MAX. OPERATING TEMPERATURE: 80°C
- TEMPÉRATURE D'OPÉRATION MIN. / MIN. OPERATING TEMPERATURE: -50°C
- TYPE DE JOINT / TYPE OF JOINT: SOUDÉ / WELDED
- REVÊTEMENT CONDUITE / LINE PIPE COATING: SYSTÈME / SYSTEM 1A
- TUVAU À PAROI ÉPAISSE / HI PIPE: SYSTÈME / SYSTEM 2B
- MÉTHODE DE TRAVÈRSE / CROSSING METHOD: TRANCHEE / TRENCHED
- TEST DE PRESSION MAX. (SECTION DE TRANCHEE)/MAX. TEST PRESSURE (CROSSING SECTION): 10 563 kPa
- PRESSION D'OPÉRATION MAX. / MAX. OPERATING PRESSURE: 6 450 kPa
- PROTECTION CATHODIQUE / CATHODIC PROTECTION: COURANT IMPRÉ / IMPRESSED CURRENT
- VOLTAÏE DE PROTECTION CATHODIQUE MAX. / MAX. CATHODIC PROTECTION VOLTAGE: -1.0V / TB
- PRODUIT TRANSPORTÉ / PRODUCT CARRIED: PÉTROLE BRUT / CRUDE OIL



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



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

RAPPORT DE FORAGE / BOREHOLE LOG

No FORAGE / BOREHOLE No.	REPÈRE / TAG	DESCRIPTION
QEEP-043	3	PAS DE DONNÉES / NO RECOVERY
	4	SABLE ET SILT GRIS, TRACES DE CRAYON, GILLOU / GREY SILT, SOME GRAVEL, COBBLES
	5	ROC FRACTURÉ / FRACTURED ROCK
	6	ROC / BEDROCK

DESSINS DE RÉFÉRENCE / REFERENCE DRAWINGS

DESSIN / DRAWING No.	TITRE / TITLE
4930-03-14-03-02AF	PLAN DE CONSTRUCTION POUR BÉTON À HAUTE PRESSION/HA PRESSURE CONCRETE WARNING SIGN
4930-03-14-03-01BF	DÉTAIL TECHNIQUE DE TRANCHEE DE TUBAUFICATION RIVE TRONCHON DÉTAIL
4930-03-14-03-01BF	DÉTAIL TECHNIQUE DE CONDUITE 20"/TUBING CROSSING 20" ELBOW DETAIL
5103-03-14-03-02BF	REMBLAI TRANCHEE DE TRANCHEE, PROTECTION CONTRE L'ÉROSION / BEDROCK/UNDERCROSSING BANK EROSION PROTECTION
5103-03-14-03-103JF	PROFILAGE TEMPORAIRE À VUE BUEE / TEMPORARY FLUME GALLERY CROSSING
5103-03-14-03-111JF	TRAVÈRSE DE COURS D'EAU AVEC BUEE / FLUME WATERCOURSE CROSSING
5103-03-14-03-112JF	TRAVÈRSE DE COURS D'EAU PAR GARAGE ET PONNEAU / DAM AND FLUM WATERCOURSE CROSSING
4930-03-14-03-027A	TRANCHEE BEAUPORT - TRANCHEE PAR FORAGE ORIENTATIONL / H2O CROSSING
4930-03-14-03-027B	TRANCHEE BEAUPORT - TRANCHEE PAR FORAGE ORIENTATIONL / H2O CROSSING

RÉVISION / REVISION

NO. / NO.	DATE	DESCRIPTION
A	2014-03-31	DATE POUR RÉVISION (INTERVAL A) / ISSUED FOR REVISION (INTERVAL A)
B	2014-04-24	DATE POUR RÉVISION (INTERVAL B) / ISSUED FOR REVISION (INTERVAL B)
C	2014-04-24	DATE POUR RÉVISION (ÉLÉMENT) / ISSUED FOR REVISION (ELEMENT)
D	2014-06-14	DATE POUR NUMÉRIQUE DE BÂSE / ISSUED FOR FIELD
E	2014-06-08	ROBOTS POUR INGÉNIEURIE DE BÂSE / ISSUED FOR FIELD

APPROBATION / APPROVAL

CONTRACTOR	DESIGNER	ENGINEER	INSPECTOR	QUALITY CONTROL	CONSTRUCTION	OPERATION	MAINTENANCE
2187445	JL	JL	NO	JL	OP	2014-04-08	
2187445	JL	JL	NO	JL	OP	2014-04-08	
2187445	JL	JL	NO	JL	OP	2014-04-08	
2255444	JL	JL	NO	JL	OP	2014-04-08	
2255444	JL	JL	NO	JL	OP	2014-04-08	

PROJET / PROJECT

INGÉNIEUR / ENGINEER: [Signature]

PROFESSEUR / PROFESSOR: [Signature]

DATE: _____

PRELIMINAIRE / PRELIMINARY ONLY

NON POUR CONSTRUCTION / NOT FOR CONSTRUCTION

Energy East Pipeline Ltd.

INFORMATION GÉNÉRALE OLÉODUC ÉNERGIE EST / ENERGY EAST GENERAL INFORMATION PIPELINE

PROJET / PROJECT: 4930-03-14-03-02B

RIVIÈRE BEAUPORT / RIVER TRONCHON DÉTAIL

TRAVÈRSE EN TRANCHEE / TRENCHED CROSSING (ALTERNATIVE) QUÉBEC

PROJ./SCALE: 4930-03-14-03-02B



Annexe D











Information géotechnique

Annexe N – Rivière Beaurivage

N1. 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-041
Dossier : PLUS-00026280-045500

Projet : Oléoduc Énergie Est - Exploration géotechnique
Traverses de rivières majeures
Endroit : Rivière Beauvillage
Foreur : Forages S.L.
Date du forage : 2014-03-24

Compilé par : M. Létourneau
Technicien : J. Auger
Approuvé par : V. Boivin
Date du rapport : 2014-04-17

Coordonnées géographiques
Latitude : 46.6354°
Longitude : -71.3491°

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	
		102.26	Niveau actuel du sol																	
		0.00	Descente des tubages en destruction jusqu'à 0,8 mètre de profondeur.																	
		101.45	Sable silteux gris, un peu de gravier. Présence de cailloux.																	
	1	0.81					CF-1	75	24											
	5		Sable et silt gris, traces de gravier. Présence de cailloux par endroits.																	
	2						CF-2	63	35											
	10	99.92																		
	3	2.34					CF-3	57	R											
	15																			
	5						CF-4	71	25											
	20												AG							
	6						CF-5	83	42											
	25												k = 7,8 x 10-8 m/s							
	7						CF-6	76	73											
	30																			
	9						CF-7	57	R											
	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-041
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	
		90.68																		
		11.58																		
12			Socle rocheux : Roc fracturé. Alternance de lits de schiste argileux à graphiteux "luisant" et grès ou grauwacke quartzeux, dolomitique gris foncé. Roc altéré, traces d'oxydation. Litage oblique à approximativement 140° avec l'axe (50° de l'horizontale).				CR-8	67	0											
40								CR-9	92	58										
13			Shale et siltstone très plissés entre 12,80 et 13,00 mètres de profondeur suivi de schiste argileux "graphiteux" à litage à 50° de l'horizontale jusqu'à environ 14,0 mètres de profondeur alternant avec le siltstone.				CR-10	54	36											
45								CR-11	80	0										
14		88.26	Lit massif de grès quartzo-feldspathique gris foncé à grain moyen à grossier (type grauwacke).				CR-12	82	65											
15		14.00						CR-13	81	62										
50			2 minces interlits de schiste argileux (5 à 10 mm) à 14,65 mètres de profondeur.																	
16			Vers 14,95 m : Grès quartzeux massifs gris-brun à gris clair avec veines et masses cristallisées en quartz et dolomite.																	
55			Fracture mécanique le long de minces lamines argileuses et veines de dolomite. Le roc est très dur et abrasif avec texture mouchetée à marbrée.				CR-14	100	86											
17			Fracture sur larges cristaux de dolomite à 16,30 mètres de profondeur.																	
18			Veines et fissures partiellement ouvertes entre 17,50 et 18,00 mètres de profondeur causant une fracture mécanique.				CR-15	100	82											
60			Minces veines de dolomite (1-2 mm) distribuées aléatoirement dans les grès.																	
19			Joint cristallisé partiellement ouvert à 18,60 m, 18,80 m, 18,97 m, 19,34 m, 19,40 m, 19,47 m et 19,53 mètres de profondeur, série de joints cristallisés parallèles (70-75°) à 20,32 m, 20,36 m, 20,40 m, 20,84 m et 20,88 mètres de profondeur.				CR-16	100	83											
65			Le grès demeure massif avec veines et fissures à intervalles réguliers.																	
20							CR-17	100	90											
70																				
22			Fissure cristallisée partiellement ouvert à 21,85 mètres de profondeur.				CR-18	97	71											
75			À 22,42 m : Mince lit de schiste argileux (1 cm) suivi d'un lit de grès quartzo-feldspathique à grès moyen, gris foncé (40 cm d'épaisseur).																	
23			De 22,96 à 24,26 m : Grès quartzeux à grès fin gris clair. Présence de veines de carbonates et nombreuses fissures et placages graphiteux (fractures mécaniques).				CR-19	86	43											
80		77.86	De 24,20 à 24,40 m : Présence de placage de schistes et veines. Roc possiblement fracturé.																	
24		24.40						CR-20	100	79										
25			Grès quartzeux massif avec veines de carbonates et fissures partiellement ou complètement ouvertes																	



RAPPORT DE FORAGE

Forage N° : QEEP-042
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	
35																				
11		91.40 10.97	Silt argileux gris, un peu de sable.				CF-7	100	2											
12																				
40																				
13																				
45																				
14																				
15		87.74 14.63	Sable graveleux gris, un peu de silt.				CF-8	100	52											
50		87.13 15.24	Socle rocheux : Grès quartzo feldspathique gris, fracturé jusqu'à 16,22 mètres de profondeur. Présence de veines de calcite. Litage semble incliné.				CR-9	59	11											
16							CR-10	100	70											
55																				
17		85.45 16.92	Grès quarzo-feldspathique gris à grains fins à moyens au litage convoluté, avec minces interlits silteux et argileux sub-verticaux, gris foncé à noir. Proportion de grès domine les schistes argileux à environ 90-10%.				CR-11	96	71											
18							CR-12	100	65											
60							CR-13	100	50											
19							CR-14	100	67											
65			À 19,50 m : Joint cristallisé de calcite à 40° de l'axe de la carotte. Le grès est légèrement calcareux et traversé de nombreuses veines et veinules de calcite aléatoires. Présence de pyrite en grains très fins disséminés. Quelques veines de calcite à 40° avec l'axe de la carotte.				CR-15	100	77											
20																				
21			À 20,66 m : Fissure dans les schistes et présence de sédiments sur 5 cm.				CR-16	88	49											
70																				
22							CR-17	100	0											
			De 22,35 à 23,44 : La séquence est plus schisteuse ou argileuse et le roc est fracturé longitudinalement (fracture mécanique) parallèle																	



RAPPORT DE FORAGE

Forage N° : QEEP-042
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												
120			De 37,08 à 37,26 m : Présence de sédiments argileux gris dans des fissures parallèles au litage. Lit de grès massif de 37,75 m jusqu'à 39,62 m avec nombreuses veines de calcite aléatoires et fissure longitudinale de 37,75 à 38,30 mètres de profondeur.	-	-	-	CR-29	87	45	-	-	-			×																
37																															
38																															
125																															
39							CR-30	100	69																						
130		62.75 39.63	Fin du forage à 39,6 mètres de profondeur.												×																
40																															
41																															
135																															
42																															
140																															
43																															
145																															
44																															
150																															
45																															
155																															
46																															
47																															
155																															
48																															



RAPPORT DE FORAGE

Forage N° : QEEP-043
Dossier : PLUS-00026280-045500

Projet : Oléoduc Énergie Est - Exploration géotechnique
Traverses de rivières majeures
Endroit : Rivière Beauvillage
Foreur : Forages S.L.
Date du forage : 2014-03-31

Compilé par : M. Létourneau
Technicien : J. Auger
Approuvé par : V. Boivin
Date du rapport : 2014-04-17

Coordonnées géographiques
Latitude : 46.6343°
Longitude : -71.3481°

Niveau de référence
Géodésique

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

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

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

État de l'échantillon
 Remanié
 Intact
 Perdu
 Forage au diamant

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

Prof.		Coupe stratigraphique		Échantillons				Odeur		Essais		Graphique								
pi	m	Élév. Prof.	Description	Strat.	Eau	État	Type - No	Réc. %	N / RQD	FABLE	MOYENNE	FORTE	Essais	Cu Cur Nc	20	40	60	80	100	
		95.37	Niveau actuel du sol																	
		0.00	Descente des tubages en destruction jusqu'à 0,8 mètre de profondeur.																	
	1	94.61	Sable silteux brun, traces de gravier.				CF-1	100	3											
	5	0.76																		
	2		Présence de cailloux à partir de 2,4 mètres de profondeur.				CF-2	83	1											
	10																			
	3																			
	4																			
	15	91.10	Sable et silt gris, un peu de gravier. Présence de cailloux jusque vers 4,9 mètres de profondeur.																	
	5	4.27																		
	20	89.81	Fragments de roc avec blocs ou roc très fracturé jusqu'à 9,35 mètres de profondeur. Aucune évidence de litage constant avant 10,87 mètres de profondeur. Les fragments sont principalement composés de grès lithique, quartzo-feldspathique gris et de shale ou schiste argileux, gris foncé.				CF-3	35	R											
	6	5.56					CR-4	23	0											
	7						CR-5	39	0											
	25						CR-6	43	0											
	8						CR-7	37	0											
	9						CR-8	53	13											
	30						CR-9	61	0											
	10						CR-10	61	13											
	35	84.50																		

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-043
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	
			Alternance de shale ou de schiste argileux (type argillite) gris foncé et de siltstone et grès fin gris en lits de 0,5 à 5 cm. Litage à 40° avec l'horizontale. Fractures mécaniques et fissilité provoquée durant le forage.				CR-11	72	27											
12	40						CR-12	95	25					*						
			Entre 12,40 et 13,50 m : La séquence contient quelques lits massifs de siltstone et grès à grains fins à moyens de 15 à 45 cm d'épaisseur.				CR-13	70	28											
			Séquence plus argileuse avec minces lits de grès à grains fins entrecroisé et siltstone entre 13,50 et 14,60 mètres de profondeur.				CR-14	88	65											
							CR-15	100	22						0.00					
			Lit de siltstone gris de 30 cm d'épaisseur à 14,61 mètres de profondeur.				CR-16	90	33											
			Les lits de grès quartzo-feldspathique gris deviennent plus réguliers et plus épais et massifs de 15,50 m à environ 18,15 mètres de profondeur. Épaisseur des lits de grès de 35 cm à 1,40 m. Le plan de litage se situe entre 40° et 50° de l'horizontale.				CR-17	88	52											
							CR-18	100	60					*						
							CR-19	92	70											
			De 18,15 à 18,50 m : Les schistes argileux gris foncé à noir sont fissurés, fracturés, montrent des surfaces noires "luisantes" typiques de zones de plissement ou de failles d'écaillage. Litage irrégulier et foliation ondulée.				CR-20	96	60						0.00					
			Schistes d'apparence similaire de 19,35 à 19,80 m, de 20,10 à 20,15 m et de 21,75 à 21,95 mètres de profondeur.				CR-21	100	100											
			Lits de grès massifs de 50 cm à 1,0 mètre d'épaisseur avec interlits (5-15 cm) de schistes argileux noirs "luisants". Plan de litage à environ 50° avec l'horizontale. Veines de quartz et calcite aléatoires, souvent cristallines.				CR-22	100	78					*						
			Abondance de veines de calcite à gros cristaux entre 22,0 et 26,6 m causant des fractures mécaniques.				CR-23	97	34											
							CR-24	100	93											
							CR-25	100	52						0.02					
			De 24,27 à 24,47 m : Les schistes argileux sont broyés.				CR-26	96	39					*						
			De 24,60 à 25,30 m : Schistes argileux fracturés broyés. Litage à 65°-70° avec l'horizontale.																	



RAPPORT DE FORAGE

Forage N° : QEEP-043
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		De 25,30 à 26,38 m : Lit massif de grès à grains moyens, gris, avec quelques fissures et abondance de veines et quartz et calcite.				CR-27	100	100					0.02						
		69.01 26.36	Schiste argileux, broyé, fracturé, plissé. Zone de faille ou de plissement suspectée.				CR-28	75	41											
90	27						CR-29	0	0											
		67.57 27.80	Grès fin et siltstone gris fissuré. Quelques interlits minces (5-10 cm) de schistes argileux fracturés.				CR-30	100	0											
95	28						CR-31	63	14					0.02						
		66.57 28.80	Séquence litée de schistes argileux gris foncé à noir avec minces interlits de siltstone et grès fins à texture entrecroisée. Fracture mécanique durant le forage. Le roc semble généralement sain. Litage à environ 70° avec l'horizontale.				CR-32	50	28											
95	29						CR-33	100	65											
							CR-34	100	65											
100	30						CR-35	83	72											
							CR-36	100	54											
105	31						CR-37	100	66					0.05						
							CR-38	100	86											
110	32						CR-39	90	53											
							CR-40	87	0											
115	33																			
120	34																			
		59.07 36.30 58.82 36.55	À 36,30 m : Lit de 25 cm d'épaisseur de grès à grains fins gris, fissuré, avec abondantes veines de calcite. Fissure ouverte avec gros cristaux de calcite à 36,45 mètres de profondeur.																	
125	35		De 36,55 à 36,65 m : Schistes argileux noirs "luisants", plissés et fracturés.																	
		58.58 36.79	Fin du forage à 36,8 mètres de profondeur.																	
125	36																			
130	37																			
135	38																			
140	39																			

N2. Photographies des carottes de roc



Photographies des carottes de roc (sec) : Rivière Beaurivage - Forage QEEP-041



Photo 1. Forage QEEP-041: boîtes 1 à 3 / 6 (11,58 m à 24,20 m)



Photo 2. Forage QEEP-041: boîtes 4 à 6 / 6 (24,20 m à 36,58 m)

Photographies des carottes de roc (humide) : Rivière Beaurivage - Forage QEEP-041



Photo 1. Forage QEEP-041: boîtes 1 à 3 / 6 (11,58 m à 24,20 m)



Photo 2. Forage QEEP-041: boîtes 4 à 6 / 6 (24,20 m à 36,58 m)

Photographies des carottes de roc (sec) : Rivière Beaurivage - Forage QEEP-042



Photo 1. Forage QEEP-042: boîtes 1 à 3 / 6 (15,24 m à 28,47 m)



Photo 2. Forage QEEP-042: boîtes 4 à 6 / 6 (28,47 m à 39,62 m)

Photographies des carottes de roc (humide) : Rivière Beaurivage - Forage QEEP-042



Photo 1. Forage QEEP-042: boîtes 1 à 3 / 6 (15,24 m à 28,47 m)



Photo 2. Forage QEEP-042: boîtes 4 à 6 / 6 (28,47 m à 39,62 m)

Photographies des carottes de roc (sec) : Rivière Beaurivage - Forage QEEP-043



Photo 1. Forage QEEP-043: boîtes 1 à 4 / 7 (5,56 m à 24,00 m)



Photo 2. Forage QEEP-043: boîtes 5 à 7 / 7 (24,00 m à 36,83 m)

Photographies des carottes de roc (humide) : Rivière Beaurivage - Forage QEEP-043



Photo 1. Forage QEEP-043: boîtes 1 à 4 / 7 (5,56 m à 24,00 m)



Photo 2. Forage QEEP-043: boîtes 5 à 7 / 7 (24,00 m à 36,83 m)

N3. Résultats d'essais in situ



Tableau N3.1. Synthèse des résultats d'essais de perméabilité dans les sols (Rivière Beaurivage)

Forage	Profondeur de l'essai (m)	Élévation de l'essai (m)	Perméabilité (m/s)
QEEP-041	7,0	95,3	7,8E-8
QEEP-042	5,9	96,5	7,4E-6

Tableau N3.2. Synthèse des résultats d'essais d'eau sous pression en rocher (Rivière Beaurivage)

Forage	Profondeur de l'essai (m)		Élévation de l'essai (m)		RQD (%)	Absorption ¹	
	Haut	Bas	Haut	Bas		(l/min-m)	(Lugeon) ²
QEEP-041	13,2	17,7	89,1	84,6	0 à 86	1,73	22
	17,2	22,1	85,1	80,2	71 à 90	1,92	14
	22,1	26,7	80,2	75,6	43 à 90	2,54	12
	26,7	31,2	75,6	71,1	65 à 92	3,20	11
	30,5	35,0	71,8	67,3	65 à 100	3,60	11
QEEP-042	16,75	21,30	85,62	81,07	50 à 77	0,99	9
	21,30	25,90	81,07	76,47	0 à 59	0,07	0
	25,90	30,50	76,47	71,87	22 à 87	0,00	0
	30,05	35,05	72,32	67,32	81 à 100	0,92	3
	35,05	39,60	67,32	62,77	45 à 74	6,20	17
QEEP-043	12,2	16,7	83,2	78,7	22 à 65	0,00	0
	16,7	21,3	78,7	74,1	60 à 100	0,00	0
	21,3	25,9	74,1	69,5	34 à 100	0,00	0
	25,9	30,5	69,5	64,9	0 à 65	0,01	0
	30,5	35,1	64,9	60,3	54 à 86	0,02	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.

N4. Résultats d'essais en laboratoire





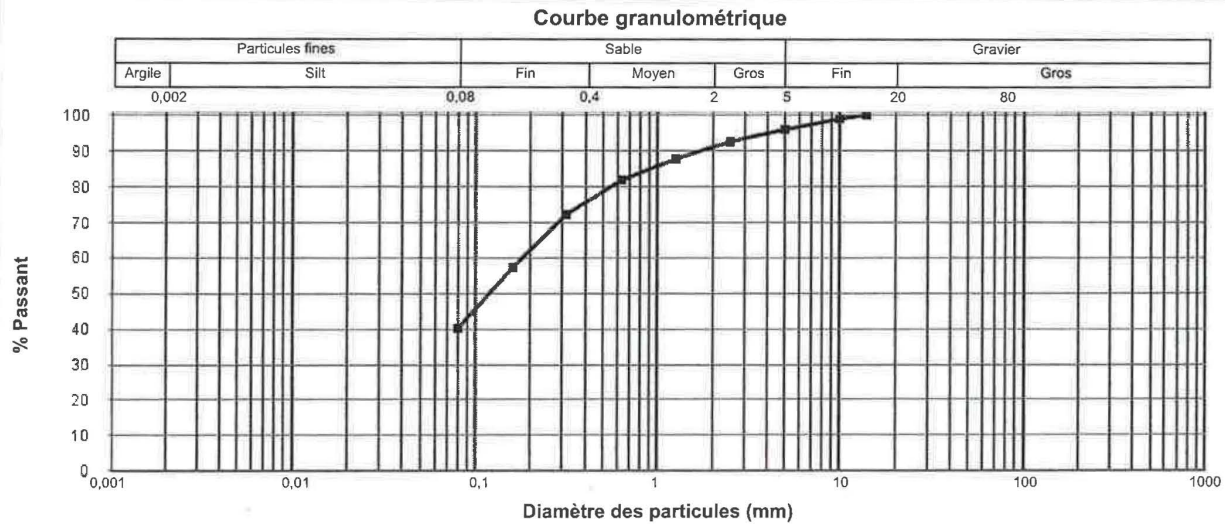
2555, rue Saint-Pierre
 Drummondville (QC) J2C 7Y2
 Téléphone: 819-477-3775
 www.exp.com

**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-3725
		Réf. client :	

Sondage n° :	QEEP-041	Prélevé le :	2014-03-24 par EXP
Échantillon :	CF-5	Reçu le :	2014-04-07
Profondeur :	6,0 à 6,6 m	Localisation :	Rivière Beauvage



Analyse granulométrique LC 21-040		Description	Autres essais	
Tamis (mm)	Tamisat %passant mesuré		Teneur en eau	LC 21-201 10,0%
112		D ₁₀ :		
80		D ₃₀ :		
56		D ₆₀ :	0,187 mm	
40		Coefficient d'uniformité (Cu) :		
31,5		Coefficient de courbure (Cc) :		
20				
14	100	Gravier:	4 %	
10	99	Sable:	56 %	
5	96	Silt et argile:	40 %	
2,5	93	Description :	Sable et silt, traces de gravier	
1,25	88	Classification unifiée :	SM	
0,630	82			
0,315	72			
0,160	57			
0,080	40,3			

Remarques :

Vérifié par : Simon Tessier
 Technicien, coordonnateur

Approuvé par : Michelle Létourneau Date : 2014-04-08
 Michelle Létourneau, ing., M.Sc.A.

Annexe 4-47

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



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

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 assujettis 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 distribution

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

Journal de révision

Version	Révisée par	Date	Description de la version / révision
A	BS	17 avril 2014	Émis pour commentaires du client
B	BS	29 avril 2014	Commentaires Stantec/JV intégrés, émis pour commentaires du client
C	BS	2 mai 2014	Émis pour commentaires
D	BS	21 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 Chaudière au Québec pour le projet Oléoduc Énergie Est. L'oléoduc proposé est en acier avec un diamètre extérieur de 1 067 mm (42 po). Les informations géotechniques ont été obtenues à la traverse d'oléoduc adjacente qui a aussi été installée par FDH. 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 au sud-est de Les-Chutes-de-la-Chaudière-Ouest, au Québec. La rivière mesure approximativement 200 m de largeur à l'emplacement de la traverse projetée. L'autoroute Robert-Cliche est parallèle à la rivière, à environ 400 m au nord-est. Le terrain est généralement plat des deux côtés de la rivière. Le point d'entrée (à l'ouest) se trouve sur des terres agricoles, tandis que le point de sortie (à l'est) se situe dans une région densément boisée.

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. L'information géotechnique est fournie à l'annexe D.

Tableau 1. Trou de forage PSL-30

Mètres sous la surface du sol (msss)	Description du sous-sol
0	
	Couche arable
2,6	
	Till
4,8	
	Limon
6,4	
	Sous-sol rocheux
40,0	

Remarque : les profondeurs sont tirées des dessins et sont approximatives

**Tableau 2. Trou de forage F-CH-02**

Mètres sous la surface du sol (msss)	Description du sous-sol
0	
	Couche arable
0,6	
	Sable, limon
2,4	
	Till, dense, cailloux
14,4	
	Sous-sol rocheux
20,0	

Remarque : les profondeurs sont tirées des dessins et sont approximatives

Tableau 3. Trou de forage F-CH-01

Mètres sous la surface du sol (msss)	Description du sous-sol
0	
	Couche arable
0,2	
	Sable, limon
3,0	
	Till, dense, cailloux
4,5	
	Sous-sol rocheux
11,9	

Remarque : les profondeurs sont tirées des dessins et sont approximatives

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. La PME spécifique à ce site, 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, est moins élevée que la PME du projet. Les calculs de FDH pour cette traverse utilisent la PME de 8 450 kPa du projet puisqu'elle est plus conservatrice que la PME spécifique à l'emplacement. La canalisation sera soumise à des températures comprises entre 5 et 60 °C. Une pression d'essai de 10 563 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'utilisation 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

Diamètre extérieur	1067	mm
Tolérance d'épaisseur (TÉ)	0	% de l'ÉPN
Épaisseur de paroi nominale (ÉPN)	22,2	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)	8450	kPa
Pression maximale d'exploitation spécifique au site (PME)	8450	kPa
Pression d'essai (PE)	10563	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 dans 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 91,12 % de la contrainte de cisaillement admissible. Selon la norme CSA-Z662-11, la contrainte de cisaillement admissible est égale à 50 % de la LEMS. Cette contrainte maximale serait observée à n'importe quel emplacement le long du tracé de forage où le tuyau est assujéti au rayon minimal de 530 m. La canalisation choisie satisfait à toutes les exigences de la norme CSA-Z662-11 sous les conditions spécifiées. La détermination finale des conditions d'exploitation de l'oléoduc et des matériaux des canalisations sera effectuée lors de la conception détaillée.

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



3.2 Géométrie

Selon les informations de spécifications de la canalisation, de la géométrie spécifique à l'emplacement et l'information géotechnique, un forage dirigé horizontal semble faisable à cet emplacement. La trajectoire de forage utilise le rayon de conception de 1200 m qui a été déterminé à la Section 3.1. L'angle d'entrée a été conçu à 16° 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 la quantité de levage de canalisation requise au point de sortie. Il en résulte une trajectoire de forage d'une longueur de 874 m et une profondeur de recouvrement minimale de 23 m sous la rivière Chaudière. 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

Du till contenant du gravier a été observé dans les trois trous de forage sur le site de la traverse. 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 F-CH-02, près de 50 m de gaine de forage seront requis pour atteindre le sous-sol rocheux à une profondeur de 14,5 m sous la surface. La taille minimale nécessaire de la gaine est de 1 676 mm (66 po) (dia. ext.) pour permettre le passage du trépan alésur 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 du tubage 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 gaine 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, un forage d'intersection pourrait être nécessaire. Les forages d'intersection sont communs pour les grandes traverses et ont un taux de succès élevé, mais 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. Étant donné la friction et la traînée qui s'exerceront sur l'oléoduc, la force de tirage maximale pendant l'installation est estimée à 362 211 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 1067 mm (42 po), un diamètre de trou de forage minimal de 1372 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 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 entrer dans le sol avec un angle égal à celui du trou de forage. Pour cela, la section principale devra être soulevée sous forme de courbe à l'aide de 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.

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 tirages 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. La qualité et l'homogénéité du sous-sol rocheux n'étaient pas disponibles au moment de la rédaction du rapport. Si des déviations dépassant les tolérances sont mesurées, une petite portion du trou de forage est habituellement forée à nouveau pour permettre d'effectuer des réglages à la trajectoire du trou de forage. Dans les cas extrêmes, il peut être nécessaire de forer à nouveau en élargissant le trou et, si nécessaire, de cimenter une partie du forage. Le déplacement de la foreuse à un autre endroit, habituellement dans le même espace de travail, pour reprendre le forage est aussi une possibilité. Réduire le diamètre du trépan et utiliser un angle de cintrage plus élevé sur le moteur à boue peuvent aider à pénétrer des formations plus dures, mais cela peut aussi mener à des



déviations importantes lors du forage d'une formation géologique inattendue. Il est possible que plusieurs tailles de trépan aléateur et plusieurs configurations d'angle de cintrage soient nécessaires pour compléter le trou pilote dans le respect des tolérances.

4.2 Perte de circulation et fuites de fluide

Le risque de perte de fluide est à son niveau le plus élevé lors du forage du trou pilote, alors que la petite taille du trou de forage entraîne une pression circulatoire plus élevée et que les déblais peuvent plus facilement boucher le trou. Le fluide peut se propager dans des failles du sous-sol rocheux, des matériaux meubles déplacés ou le vide entre les matériaux non consolidés. Un système de fluide de forage adéquatement entretenu et planifié par un technicien en fluides de forage expérimenté est essentiel. La perte de circulation peut affecter les coûts et les échéanciers en augmentant les additifs pour fluide de forage nécessaires, le temps requis pour mélanger le nouveau fluide de forage, la quantité d'eau nécessaire et la fréquence des va-et-vient et des nettoyages du trou pour réduire la pression annulaire. Dans certains cas, une perte de circulation incontrôlée requiert qu'une partie du trou de forage soit cimentée et forée à nouveau. Dans certains cas, la perte de circulation dans le trou de forage ne peut être prévenue et entraîne des fuites dans la surface du sol ou une masse d'eau. C'est ce qu'on appelle communément une perte par fracturation (frac-out). L'entrepreneur en FDH doit avoir de l'équipement de surveillance en place pour détecter toute fracturation ainsi que de l'équipement, des matériaux et des procédures prêts pour contenir et nettoyer le fluide de forage en cas de 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 arrêté 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 avec l'équipement de nettoyage et d'évacuation. Si la quantité d'eau est importante, le trou de forage et le FDH pourraient être cimentés et abandonnés. L'infiltration d'eau augmente l'instabilité du trou de forage et ses risques associés.

4.5 Dommage au revêtement ou à la canalisation

Pendant le tirage du tuyau, des déformations ou des objets comme des galets, des blocs ou des morceaux du sous-sol rocheux fracturé peuvent causer des dommages au revêtement de la canalisation. Un travail soigné doit être accompli pour s'assurer que le trou de forage est bien nettoyé, ce qui est important pour minimiser les risques d'endommagement du revêtement. Des contrôles techniques comme un programme de contrôle de la flottabilité (discuté ci-dessus) et l'installation de tubage 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

Des matériaux susceptibles de gonfler, comme l'argile et le schiste, n'ont pas été observés, selon l'information géotechnique préliminaire disponible. Si présents, ces matériaux peuvent rétrécir le diamètre du trou de forage et mener à des problèmes de nettoyage du trou ainsi qu'au coincement de la canalisation lors du tirage. Les problèmes de gonflement deviendront de plus en plus sévères au fur et à mesure que le trou de forage sera exposé au fluide de forage et que les matériaux y seront exposés. Puisque cette canalisation nécessitera un trou très large et plusieurs alésages, on peut s'attendre à ce que le gonflement potentiel de la géologie se réalise. Des additifs pour fluide de forage peuvent être utilisés pour contrôler le gonflement de l'argile, si celui-ci devient problématique. Le taux de pénétration doit être contrôlé pour permettre à une quantité suffisante de fluide de forage d'être injectée pour transporter les déblais créés à l'avant. Une agitation régulière des déblais pour permettre leur retour en suspension dans le fluide de forage en effectuant des allers-retours avec les trépan aléseurs jusqu'au point d'entrée est essentielle pour le maintien d'un trou de forage ouvert. Du sable, du limon ou du gravier qui se détachent de la paroi sont aussi des causes de canalisation coincée. 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. La cause la plus commune de coincement de la canalisation est lorsque le trépan aléueur accroche l'extrémité du tubage de surface. Ce problème est souvent causé par une surexcavation à l'extrémité du tubage ou d'un trou non centré. Ce risque peut être atténué lors de la conception en choisissant un tubage plus grand. 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 aléueur se coince au tubage, l'entrepreneur peut tenter de faire tourner l'aléueur dans le tubage ou de retirer le tubage en conjonction avec le tirage de la canalisation. Exercer une force trop grande sur l'aléueur coincé peut mener au bris de la canalisation.

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. Il faut faire très attention 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 tige, 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 pressions sur le train de tige 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. Les sous-sols rocheux de grès et de schiste sont communs dans la région et offriront une bonne stabilité au trou de forage, permettant un nettoyage adéquat des déblais. Cependant, la dureté de ce sous-sol rocheux pourrait contribuer à l'usure de l'outillage de forage dans les zones plus dures, ce qui aura un impact sur les coûts et les échéanciers globaux, en raison du temps passé à effectuer des opérations de va-et-vient pour remplacer les trépan et aléseurs, en plus des taux de progression généralement bas pour la durée principale du forage. Un choix d'outillage judicieux et adapté à la géologie sera essentiel de la part de l'entrepreneur pour que l'ensemble du projet se fasse dans un échéancier minimal.



4.8 Risques environnementaux

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

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

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

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

Les opérations de forage dirigé horizontal se poursuivent habituellement 24 heures par jour pour les traverses de grande taille. Des moteurs au diesel, de l'équipement mobile et de l'équipement de martelage pneumatique de grande taille sont souvent utilisés. S'il n'est pas atténué adéquatement, le bruit qui en découle peut entraîner des plaintes de la part des résidents du voisinage. Les mesures d'atténuation peuvent comprendre des écrans acoustiques, de meilleurs silencieux ou des horaires restreints pour certains équipements.

4.9 Autres risques à considérer

L'échec de la méthode principale de traverse est toujours une possibilité. Une méthode de traverse alternative est nécessaire si la méthode principale est abandonnée. Selon les étapes menant à l'abandon de la première tentative de traverse, la première option pourrait être d'essayer à nouveau la méthode de traverse principale. Si cette option n'est pas disponible ou ne respecte pas les seuils de tolérance du projet, la méthode alternative doit être utilisée. Le dessin de conception préliminaire pour la méthode alternative de traverse en tranchée est inclus à l'annexe C.

Puisqu'une traverse d'oléoduc parallèle a été effectuée à cet emplacement par FDH, il est probable qu'une deuxième traverse utilisant la même méthode sera un succès.

5. Conclusion

Selon l'information dont Entec disposait au moment de la rédaction de ce rapport, la traverse par FDH proposée de la rivière Chaudière est considérée techniquement faisable. Les contraintes auxquelles seront assujetties les canalisations ont été examinées par Entec et le rayon de conception de 1 200 m a été confirmé. Les risques comprennent des problèmes de guidage, la perte de fluide et 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.

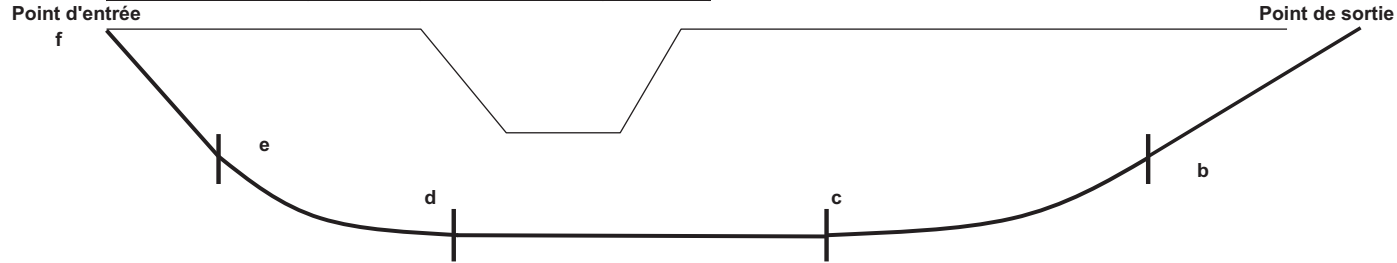


Annexe A

Sommaire des calculs

543-ENG-102
RIVIÈRE CHAUDIÈRE

Données de conception		Données du tuyau		Données de procédé		Critères de contrainte			
Longueur forée (m)	874,0	Dia ext. Tuyau (mm)	1067,0	PME (kPa)*	8450	Contrainte de cisaillement admissible			
Longueur horizontale (m)	860,8	Épais. Nominale (mm)	20,2	Pr. essai (kPa)	10563	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)	16	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	149 745	668 507	1454	10,03	3,65	29 272	201,8	66,72	15110	104,2	34,44	36 344	250,6	91,12
Point B	177 720	793 392	16053	110,68	40,25	29 192	201,3	66,54	15731	108,5	35,85	35 724	246,3	89,57
Point C	221 275	987 835	16327	112,57	40,93	29 130	200,8	66,39	16138	111,3	36,78	35 318	243,5	88,55
Point D	226 468	1 011 016	16352	112,74	41,00	29 130	200,8	66,39	16138	111,3	36,78	35 318	243,5	88,55
Point E	330 043	1 473 405	16745	115,45	41,98	29 240	201,6	66,65	15416	106,3	35,14	36 038	248,5	90,35
Point F	362 211	1 617 013	16855	116,21	42,26	29 286	201,9	66,75	15110	104,2	34,44	36 344	250,6	91,12

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	17-avr-14	Conception préliminaire	
B	07-mai-14	Émis pour commentaires	
C	21-mai-14	Émis pour commentaires	
0	30-mai-14	Émis pour ingénierie de base	

Engineering Technology Inc. Property of Engineering Technology Inc. (ETI)
 24, 12110-40 Street SE Not to be copied, transmitted or redistributed
 Calgary, AB T2Z 4K6 Without written consent of ETI.
 P: (403) 319-0443

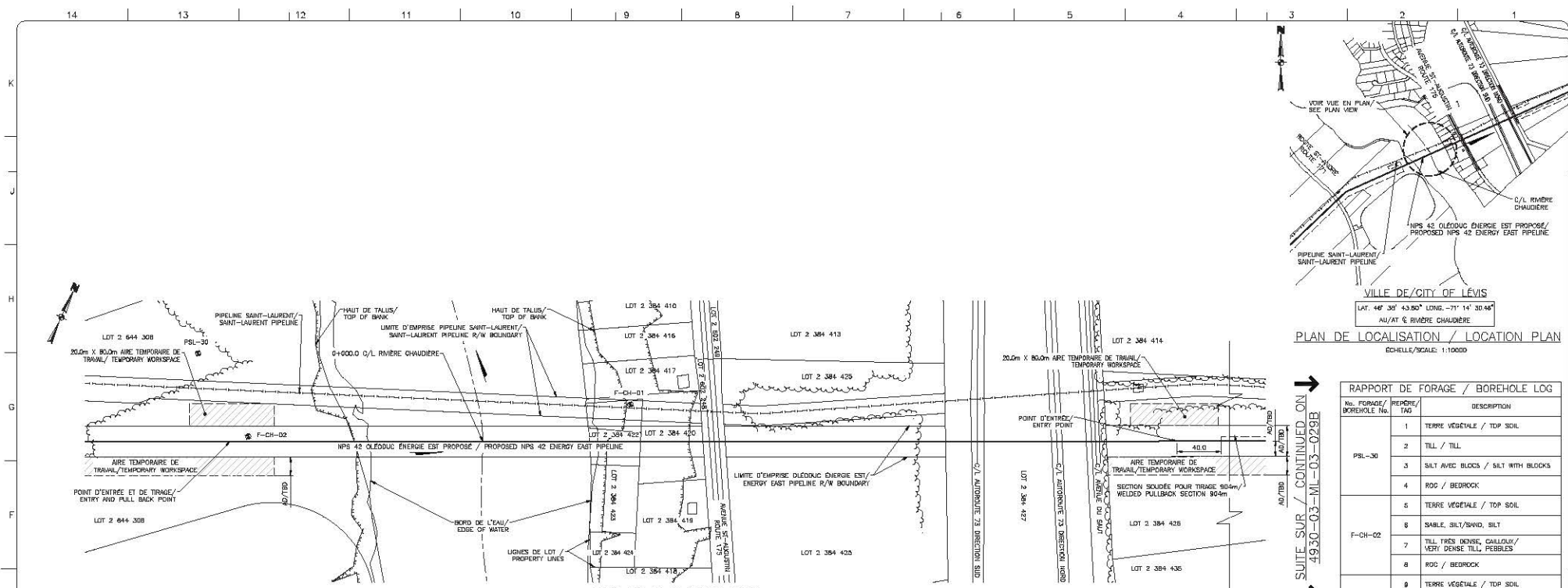
Permis d'ingénierie de l'APEGA No. P8649

Note:*La pression maximale d'exploitation (PME) est de 8450 kPa, survenant aux sorties des stations de pompage. La PME spécifique du site, déterminée par la différence d'élévation entre la station en amont et le point le plus bas de la traverse, est inférieure à celle-ci. Les calculs de FDH pour cette traverse utilisent la PME de projet de 8450 kPa, puisqu'elle est plus conservatrice que la PME spécifique du site.

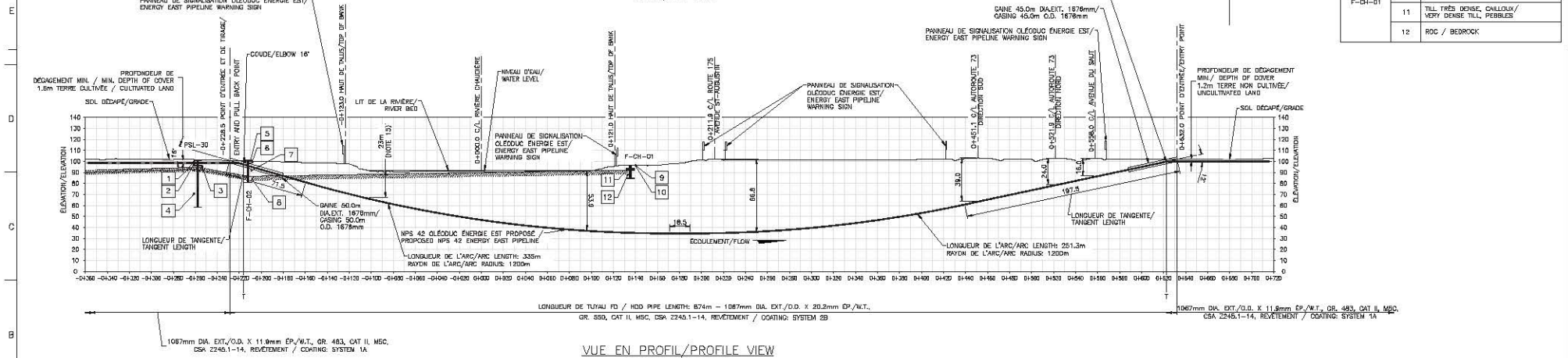


Annexe B

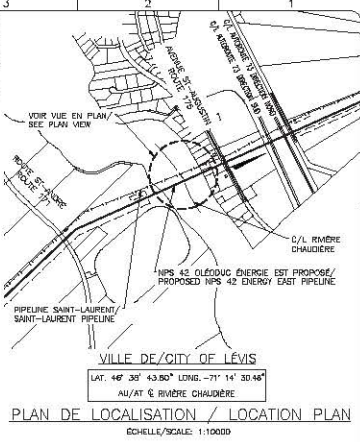
Dessin de conception



VUE EN PLAN / PLAN VIEW
Echelle/Scale: 1:1500



VUE EN PROFIL / PROFILE VIEW
Ech. HOR./HOR. SCALE: 1:1500
Ech. VERT./VERT. SCALE: 1:1500



PLAN DE LOCALISATION / LOCATION PLAN
Echelle/Scale: 1:10000

RAPPORT DE FORAGE / BOREHOLE LOG		
No. FORAGE / BOREHOLE No.	PREP. / TAG	DESCRIPTION
PSL-30	1	TERRE VEGETALE / TOP SOIL
	2	TILL / TILL
	3	SILT AVEC BLOCS / SILT WITH BLOCKS
	4	ROC / BEDROCK
F-CH-02	5	TERRE VEGETALE / TOP SOIL
	6	SABLE, SILT/SAND, SILT
	7	TILL TRÈS DENSE, CALLOUX / VERY DENSE TILL, PEBBLES
	8	ROC / BEDROCK
F-CH-01	9	TERRE VEGETALE / TOP SOIL
	10	SABLE, SILT/SAND, SILT
	11	TILL TRÈS DENSE, CALLOUX / VERY DENSE TILL, PEBBLES
	12	ROC / BEDROCK

SUITE SUR / CONTINUED ON
4930-03-ML-03-029B

DESSINS DE RÉFÉRENCE / REFERENCE DRAWINGS	
DESSIN / DRAWING NO	TITRE / TITLE
4930-03-ML-01-52F	PANNEAU DE SIGNALISATION POUR OLEODUC A HAUTE PRESSION/HAUTE PRESSION OIL PIPELINE WARNING SIGN
4930-03-ML-02-51F	SIGNAL TIPIQUE DE TRANSITION DE TUBAU/TYPICAL PIPE TRANSITION SIGNAL
4930-03-ML-03-01F	SECTION TYPIQUE DE SOLS NON CULTIVEE / TYPICAL SECTION OF NON-CULTIVATED SOIL
4930-03-ML-03-02B	TRANCHE CHAUDIERE - TRAVERSEE PAR FORME ORIENTATIONNEL / HDD CROSSING
4930-03-ML-03-03B	TRANCHE CHAUDIERE - TRAVERSEE EN TRANCHEE / TRENCHING CROSSING (ALTERNATIVE)

RÉVISION / REVISION		APPROBATION / APPROVAL	
REV / REV	DATE	DESIGNÉ / DESIGNED	APProuvé / APPROVED
A	2014-03-31	216744S	JUL AB M2/RS JM GP ENTEC
B	2014-04-04	216744S	JUL AB M2/RS JM GP ENTEC
C	2014-04-24	216744S	JUL AB/OS CS M2/RS JM GP ENTEC
D	2014-05-14	223844	JUL CS M2/RS JM GP ENTEC
E	2014-08-09	223844	JUL CS M2/RS JM GP ENTEC

PROFESSEUR / PROFESSIONAL DESIGNER / P.E.T.		INGÉNIEUR / ENGINEER / P.E.T.	
NOM / NAME	DATE	NOM / NAME	DATE

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

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

Energy East Pipeline Ltd.

RIVIERE CHAUDIERE
TRAVERSEE PAR FORAGE DIRECTIONNEL/HDD CROSSING
QUEBEC

PROJET / PROJECT: 4930-03-ML-03-029A

NOTES:
APPRENTI / SURVEYING:
 1. TOUTES LES MESURES SONT EN METRES SAUF INDICATION CONTRAIRE / ALL MEASUREMENTS ARE IN METERS UNLESS OTHERWISE SPECIFIED.
 2. TOUTS LES CHANGEMENTS SONT HORIZONTALS SAUF INDICATION CONTRAIRE / ALL CHANGES ARE HORIZONTAL UNLESS OTHERWISE SPECIFIED.
GENERAL / GENERAL:
 3. LA TRAVERSE DOIT ÊTRE CONSTRUITE ET ÉPROUVÉE EN RESPECTANT AU MINIMUM TOUTS LES RÈGLEMENTS FÉDÉRAUX, PROVINCIAUX, MUNICIPAUX ET RÉGIONAUX APPLICABLES. / AS A MINIMUM THE CROSSING SHALL BE CONSTRUCTED AND TESTED IN ACCORDANCE WITH ALL APPLICABLE FEDERAL, PROVINCIAL, MUNICIPAL AND REGIONAL REGULATIONS.
 4. LA CONSTRUCTION DE LA CONDUITE ET LE PROGRAMME D'ESSAIS DE PRESSION HYDROSTATIQUE DOIVENT ÊTRE CONFORMES À LA NORME CSA Z882-11, AUX SPÉCIFICATIONS DE CONSTRUCTION TES-PROJ-PCS ET TES-PROJ-HDD DE TRANSCANADA ET AUX EXIGENCES DU PERMIS DE TRAVERSE. / PIPELINE CONSTRUCTION AND HYDROSTATIC TESTING PROGRAM SHALL COMPLY WITH CSA Z882-11 STANDARD AND TRANSCANADA CONSTRUCTION SPECIFICATIONS.

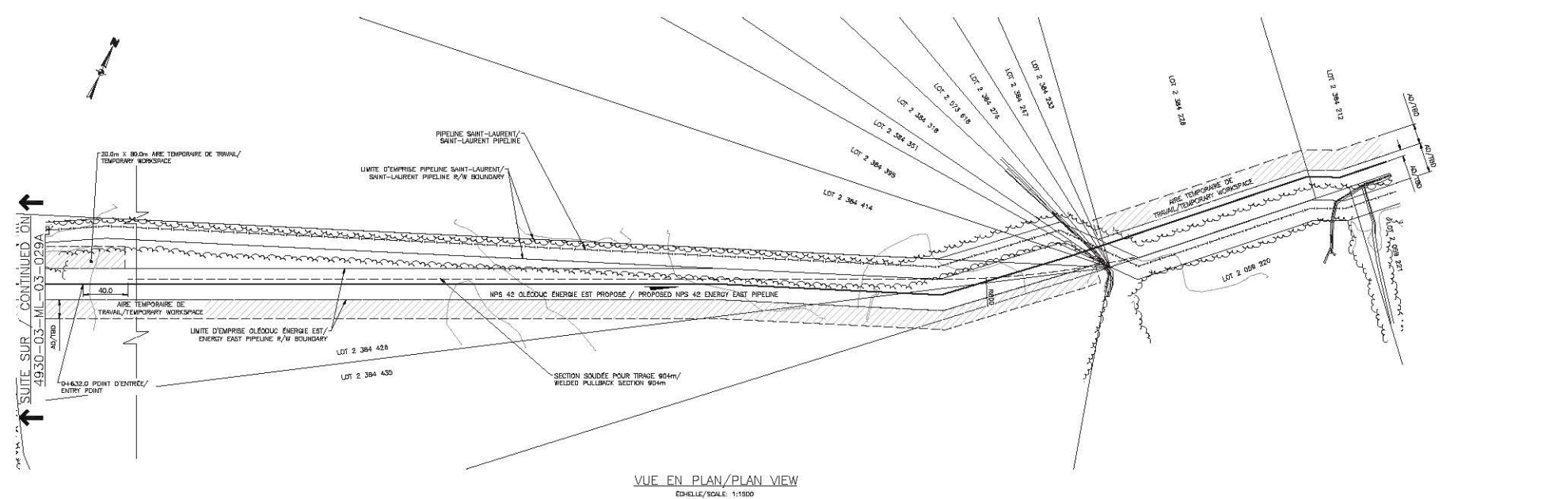
ALIGNEMENT DE LA CONDUITE ET INSTALLATION / PIPE ALIGNMENT AND INSTALLATION:
 5. L'ENTREPRENEUR DU FORAGE DIRIGÉ DOIT VÉRIFIER LA PROFONDEUR ET L'EMPLACEMENT DES INSTALLATIONS SOUTERRAINES EXISTANTES AVANT LA CONSTRUCTION. / THE HDD CONTRACTOR SHALL VERIFY APPROVED ENTRY/EXIT LOCATIONS AND DRILLING DIRECTION BASED ON THE SITE CONDITIONS DURING CONSTRUCTION.
 6. LES ALIGNEMENTS DE LA CONDUITE, TELS QU'INDIQUÉS SUR LE PLAN ET PROFIL, INDIQUENT LES EXIGENCES MINIMALES REQUISES POUR L'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.
 7. EN AUCUN CAS LA CONDUITE NE PEUT ÊTRE INSTALLÉE À L'EXTÉRIEUR DE L'EMPRISE OLÉODUC ÉNERGIE EST. / UNDER NO CIRCUMSTANCES SHALL THE PIPELINE BE INSTALLED OUTSIDE OF THE ENERGY EAST FOOTPRINT.
 8. LA CONDUITE DOIT ÊTRE MISE EN PLACE SUR LE SOL NATUREL NON-REMANIÉ AVEC LA PROTECTION APPROPRIÉE. LES PENTES LATÉRALES D'EXCAVATION TEMPORAIRE DOIVENT RESPECTER LA SPÉCIFICATION DE CONSTRUCTION TES-PROJ-PCS DE TRANSCANADA. / PIPELINE SHALL BE PLACED ON NATURAL UNDISTURBED SOIL WITH APPROPRIATE PROTECTION. TEMPORARY SIDE SLOPES SHALL MEET TRANSCANADA CONSTRUCTION SPECIFICATION TES-PROJ-PCS.

9. 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 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.
 10. LA SECTION DU TUYAU SOUDÉE DOIT ÊTRE SUPPORTÉE ADÉQUATEMENT EN TOUTS TEMPS LORS DE L'OPÉRATION DE TRAVAIL. / THE PIPE SECTION SHALL BE ADEQUATELY SUPPORTED AT ALL TIMES DURING PULLBACK TO ENSURE THE PIPE IS NOT OVERSTRESSED.
 11. AVANT D'INSPECTER VISUELLEMENT TOUT DOMMAGE AU TUYAU OU À SON REVÊTEMENT, L'ENTREPRENEUR EST TENU DE TIRER AU MINIMUM ÉGALÉMENT 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.
 12. UN PLAN ET UN PROFIL KÉL-QUE-CONSTRUITA 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.

13. L'ENTREPRENEUR EN PIPELINE FOURNIRA L'ASSISTANCE À LA PRÉPARATION DU SITE ET À SON ACCÈS, À LA MISE EN PLACE DE L'ÉQUIPEMENT DE FORAGE, À L'INSTALLATION DU TUYAU, AU RETRAIT DE L'ÉQUIPEMENT DE FORAGE, ET À LA REMISE EN ÉTAT DU SITE. / THE PIPELINE CONTRACTOR WILL PROVIDE ASSISTANCE IN PREPARING THE SITE, GRADING FOR SITE ACCESS, SETTING UP HDD EQUIPMENT, INSTALLATION OF THE PIPE, REMOVAL OF HDD EQUIPMENT, AND RESTORATION OF THE SITE.
 14. L'ENTREPRENEUR DOIT DISPOSER DES OUTILS DE SURVEILLANCE POUR UN SUIVI CONSTANT DE LA PRESSION ANNULAIRE ET DE LA TURBÉNCIE DU COLLECTEUR D'EAU AVANT D'ENTRER LE DÉVALÉMENT DE BOUCLE DE FORAGE DANS LE COLLECTEUR D'EAU. / THERE SHALL BE A CONSTANT MONITORING TOOL FOR ANNUAL PRESSURE AND WATERCOURSE TURBIDITY BY THE HDD CONTRACTOR TO ENSURE NO FLOOD-OUT OF DRILLING FLUID INTO THE WATERCOURSE.
 15. LA PROFONDEUR DE RECOURÈVEMENT SERA DÉTERMINÉE À LA PHASE D'INGÉNIERIE DÉTAILLÉE. / DEPTH OF COVER WILL BE FINALIZED DURING THE DETAILED ENGINEERING PHASE.
ENVIRONNEMENT / ENVIRONMENTAL:
 16. VOIR LES CLAUSES ENVIRONNEMENTALES DÉTAILLÉES (À ÊTRE COMPLÉTÉES À L'INGÉNIERIE DÉTAILLÉE) / SEE DETAILED ENVIRONMENTAL CONDITIONS (TO BE DEFINED IN DETAILED ENGINEERING)

SPECIFICATIONS DE L'OLÉODUC / PIPELINE SPECIFICATIONS

1. CONDUITE / LINE PIPE	1067mm ØA, EXT. / O.D. (NPS 42) x 11.9mm ÉP./WT.	GR. 483, CAT II, ISO CSA 2845.1-14
TUYAU À PAROI ÉPAISSE / HI PIPE	1067mm ØA, EXT. / O.D. (NPS 42) x 20.2mm ÉP./WT.	GR. 550, CAT II, ISO CSA 2845.1-14
2. TEMPÉRATURE D'OPÉRATION MAX. / MAX. OPERATING TEMPERATURE		90°C
3. TEMPÉRATURE D'OPÉRATION MIN. / MIN. OPERATING TEMPERATURE		5°C
4. TYPE DE JOINT / TYPE OF JOINT		SOUDÉ / WELDED
5. MÉTHODE DE TRAVERSE / CROSSING METHOD		Système / SYSTEM HA
6. MÉTHODE DE TRAVERSE ALTERNATIVE / ALTERNATIVE CROSSING METHOD		Système / SYSTEM 288
7. TEST DE PRESSION MIN. (SECTION DE TRAVERSÉE) / MIN. TEST PRESSURE (CROSSING SECTION)		10 563 kPa
8. PRESSION D'OPÉRATION MAX. / MAX. OPERATING PRESSURE		8 450 kPa
9. PROTECTION CATHODIQUE / CATHODIC PROTECTION		COURANT IMPRÉ / IMPRESSED CURRENT
10. VOLTAJE DE PROTECTION CATHODIQUE MAX. / MAX. CATHODIC PROTECTION VOLTAGE		Ab / TBD
11. PRODUIT TRANSPORTÉ / PRODUCT CARRIED		PÉTROLE BRUT / CRUDE OIL



VUE EN PLAN / PLAN VIEW
 ÉCHELLE / SCALE: 1:1500

DESSINS DE RÉFÉRENCE / REFERENCE DRAWINGS

DESSIN / DRAWING No.	TITRE / TITLE
4930-03-MI-03-02AF	PLANS DE DIMENSION POUR BÉTON À HAUTE PRESSION/HA PRESSURE CONCRETE WORKS PLAN
4930-03-MI-03-02BF	DÉTAIL TECHNIQUE DE TRAVERSE DE TUYAU/PIPELINE PIPE TRAVELER DETAIL
4930-03-MI-03-02CF	DÉTAIL TECHNIQUE DE TRAVERSE DE CONDUITE 20"/PIPELINE 20" PIPE TRAVELER DETAIL
4930-03-MI-03-02DA	TRAVERSE CHAUDIÈRE - TRAVERSE PAR FORAGE DIRIGÉ / HDD CROSSING
4930-03-MI-03-02DB	TRAVERSE CHAUDIÈRE - TRAVERSE EN TRAVERSE / TRENCHED CROSSING (ALTERNATIVE)

RÉVISION / REVISION

NO. / NO.	DATE	DESCRIPTION
A	2014-03-31	DES POUR RÉVISION (TITRE A/J) / ISSUED FOR REVISIONS (A)
B	2014-04-04	DES POUR RÉVISION (TITRE B/REVISED) / ISSUED FOR REVISIONS (B)
C	2014-04-24	DES POUR RÉVISION (ÉLÉVÉ) / ISSUED FOR REVISIONS (C)
D	2014-06-14	DES POUR RÉVISION DE BASE / ISSUED FOR FEED
E	2014-06-08	ROBOTS POUR RÉVISION DE BASE / ROBBOTS FOR FEED

APPROBATION / APPROVAL

DATE / DATE	PROJETÉ / PROJECTED	REVISEUR / REVISOR	APPR. / APPROV.	DATE / DATE	PROJETÉ / PROJECTED	REVISEUR / REVISOR	APPR. / APPROV.
21/07/14	JL	JL	ML/BS	JL	OP	ENTEC	
21/07/14	JL	JB	ML/BS	JL	OP	ENTEC	
21/07/14	JL	OS	ML/BS	JL	OP	ENTEC	
21/07/14	JL	OS	ML/BS	JL	OP	ENTEC	
21/07/14	JL	OS	ML/BS	JL	OP	ENTEC	
21/07/14	JL	OS	ML/BS	JL	OP	ENTEC	
21/07/14	JL	OS	ML/BS	JL	OP	ENTEC	
21/07/14	JL	OS	ML/BS	JL	OP	ENTEC	
21/07/14	JL	OS	ML/BS	JL	OP	ENTEC	
21/07/14	JL	OS	ML/BS	JL	OP	ENTEC	

PROJETÉ / PROJECTED
 PROFESSIONNEL / REGISTERED PROFESSIONAL ENGINEER/PROFESSIONNEL
 DATE: _____
APPR. / APPROV.
 PERMIS / PERMIT APPROVAL
 DATE: _____

PRÉLIMINAIRE NON POUR CONSTRUCTION / PRELIMINARY ONLY NOT FOR CONSTRUCTION

Energy East Pipeline Ltd.

INFORMATION GÉNÉRALE OLÉODUC ÉNERGIE EST / ENERGY EAST GENERAL INFORMATION PIPELINE
 PFA 4930 / CROSSING/TRAVERSE

RIVIÈRE CHAUDIÈRE
 TRAVERSE PAR FORAGE DIRIGÉ / HDD CROSSING
 QUÉBEC

DES/SCALE: 1:1500 / DRAWING/SCALE: 1:1500
 4930-03-MI-03-029B



Annexe C

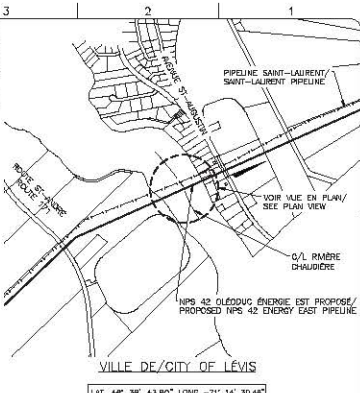
Dessin de traverse alternative

NOTES:
APPENDICES / SUPPLÉMENT:
 1. TOUTES LES MESURES SONT EN MÈTRES SAUF INDICATION CONTRAIRE. / ALL MEASUREMENTS ARE IN METERS UNLESS OTHERWISE SPECIFIED.
 2. TOUTS LES CHANGEMENTS SONT HORIZONTALS SAUF INDICATION CONTRAIRE. / ALL CHANGES ARE HORIZONTAL UNLESS OTHERWISE SPECIFIED.
GÉNÉRAL / GENERAL:
 3. LA TRANCHEE DEVAIT ÊTRE CONSTRUITE ET ÉPROUVÉE EN RESPECTANT AU MINIMUM TOUTS LES RÈGLEMENTS FÉDÉRAUX, PROVINCIAUX, MUNICIPAUX ET RÉGIONNAUX 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 HYDROSTATIQUES DOIVENT ÊTRE CONFORMES À LA NORME CSA 2882-11, AUX SPÉCIFICATIONS DE CONSTRUCTION TÈS-PROU-POS ET AUX EXIGENCES DU PERMIS DE TRANCHEE. / PIPELINE CONSTRUCTION AND HYDROSTATIC TESTING PROGRAM SHALL COMPLY WITH CSA 2882-11 STANDARD AND TRANSCANADA CONSTRUCTION SPECIFICATIONS TÈS-PROU-POS AND MEET REQUIREMENTS IN THE CROSSING AGREEMENTS.
 5. LA MÉTHODE DE TRANCHEE ET D'INSTALLATION DE LA PIPELINE SERA CONFIRMÉE À L'INGÉNIEUR DÉTAILLÉE. / METHOD FOR RIVER CROSSING AND PIPE INSTALLATION TO BE CONFIRMED DURING DETAILED ENGINEERING.
INSTALLATION DE LA CONDUITE ET ALIGNEMENT / PIPE ALIGNMENT AND INSTALLATION:
 6. L'ENTREPRENEUR PIPELINE DOIT VÉRIFIER LA PROFONDEUR ET L'EMPLACEMENT DES INSTALLATIONS SOUTERRAINES EXISTANTES AVANT LA CONSTRUCTION. / THE PIPELINE CONTRACTOR SHALL VERIFY THE LOCATION AND DEPTH OF EXISTING UNDERGROUND INSTALLATIONS PRIOR TO CONSTRUCTION.

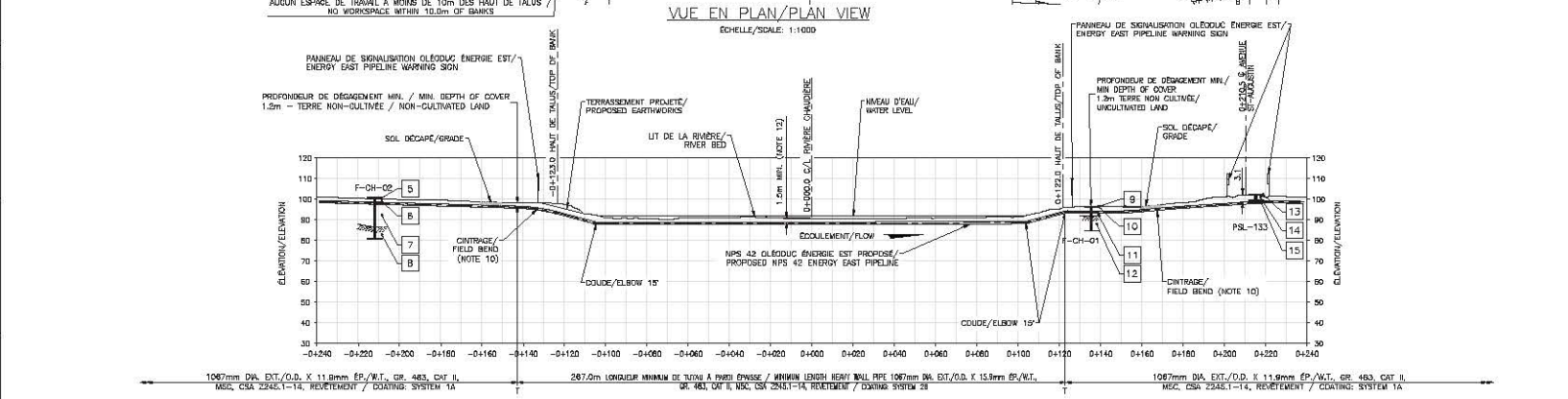
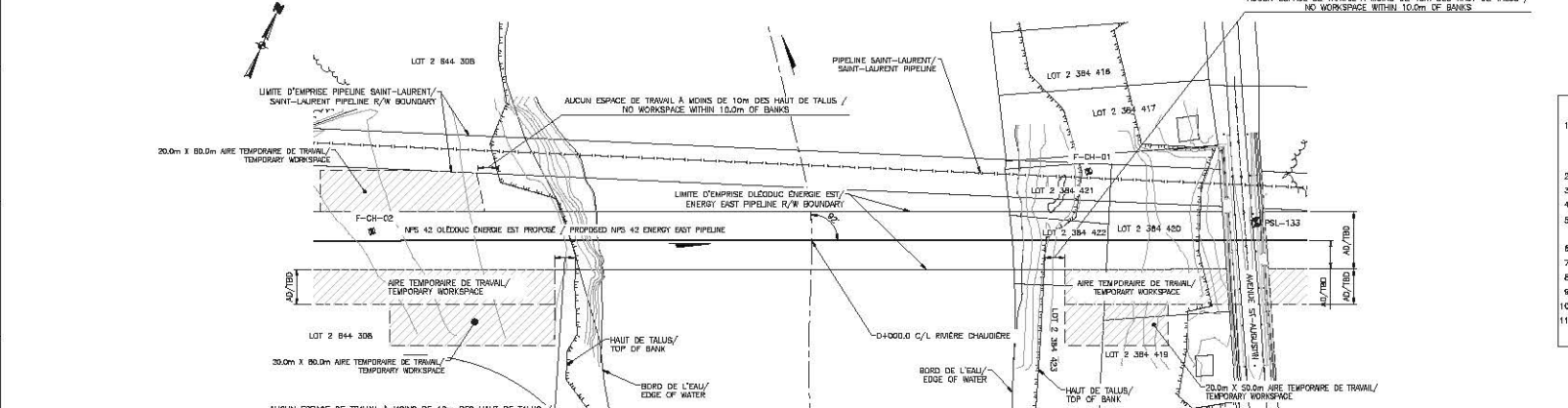
7. EN AUCUN CAS LA CONDUITE NE PEUT ÊTRE INSTALLÉE À L'EXTÉRIEUR DE L'EMPRINTE D'OLÉODUC ÉNERGIE EST. / UNDER NO CIRCUMSTANCES SHALL THE PIPELINE BE INSTALLED OUTSIDE OF THE ENERGY EAST R.O.W.
 8. LES ALIGNEMENTS DE LA CONDUITE, TELS QU'INDIQUÉS SUR LE PLAN ET PROFIL, INDICONT LES EXIGENCES MINIMALES REQUISES POUR L'OLÉODUC ÉNERGIE EST. L'ENTREPRENEUR PEUT À SA DISCRETION ET À SES PROPRES RISQUES, PROPOSER UN PROFIL ALTERNATIF AU MOMENT DE LA SOUMISSION. LES PROPOSITIONS ALTERNATIVES DOIVENT ÊTRE APPROUVÉES PAR TRANSCANADA ET LES AUTORITÉS DE RÉGLEMENTATION CONCERNÉES. / PIPELINE ALIGNMENTS, AS INDICATED ON THE PLAN AND PROFILE, REFLECT ENERGY EAST PIPELINE MINIMUM REQUIREMENTS. THE CONTRACTOR MAY, AT THEIR DISCRETION AND COST, PROPOSE AN ALTERNATIVE PROFILE AT THE TIME OF TENDER. ALTERNATIVE PROPOSALS MUST BE APPROVED BY TRANSCANADA AND APPLICABLE REGULATORY AGENCIES.
 9. LA CONDUITE DOIT ÊTRE MISE EN PLACE SUR LE SOL NATUREL NON-RÉAMÉNAGÉ AVEC LA PROTECTION APPROPRIÉE. LES PENTES LATÉRALES D'EXCAVATION TEMPORAIRE DOIVENT RESPECTER LA SÉRIÉTÉ DE CONSTRUCTION TÈS-PROU-POS DE TRANSCANADA. / PIPELINE SHALL BE PLACED ON NATURAL, UNDISTURBED SOIL WITH APPROPRIATE PROTECTION. TEMPORARY SIDE SLOPES SHALL MEET TRANSCANADA CONSTRUCTION SPECIFICATION TÈS-PROU-POS.
 10. L'ANGLE DE COURBURE MAXIMALE DE LA CONDUITE SUR LE TERRAIN EST DE 1,0 DEGRÉ PAR DIAMÈTRE DE LONGUEUR. / THE MAXIMUM PIPE FIELD BEND ANGLE IS 1.0 DEGREE PER DIAMETER LENGTH.
 11. UN PLAN ET UN PROFIL "ETI-QUE-CONSTRUIRE" DOIVENT ÊTRE FOURNIS À L'OLÉODUC 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'INGÉNIEURIE DE DÉTAIL. / DEPTH OF COVER WILL BE FINALIZED DURING THE DETAILED ENGINEERING PHASE.

GESTION DES DÉBRIS ET REMBLAIS TEMPORAIRES / SOIL PLACEMENT-TEMPORARY:
 13. LES PENTES DU DEHORS D'EXCAVATION DOIVENT ÊTRE CONFORMES AUX NORMES TÈS-PROU-3333 ET TÈS-PROU-ÉIC DE TRANSCANADA ET AUX NORMES LOCALES. / TEMPORARY SLOPE FROM EXCAVATION SHALL CONFORM TO TRANSCANADA SPECIFICATIONS TÈS-PROU-3333, TÈS-PROU-ÉIC AND LOCAL REQUIREMENTS.
 14. L'UNE D'ENTREPRISE DES DÉBRIS DOIT ÊTRE VÉRIFIÉE POUR S'ASSURER QUE LEAU NE S'ACCUMULE PAS À LA SURFACE ET QUE LES DÉBRIS N'EN SONT NÉCESSAIREMENT PAS L'ÉCOULEMENT DE L'EAU. / SPILL AREAS SHALL BE GRADED TO ENSURE THE WATER WILL NOT POOL ON THE SURFACE OR BE TRAPPED BY THE SPILL PILE.
GESTION DES DÉBRIS ET REMBLAIS PERMANENTS / SOIL PLACEMENT-PERMANENT:
 15. LA TRANCHEE DE LA CONDUITE TRANSPARENT LE COURS D'EAU DOIT ÊTRE REBLAYÉE AVEC LES MATÉRIAUX EN PLACE JUSQU'AU NIVEAU APPROXIMATIF DU LIT ORIGINAL DE LA RIVIÈRE. / PIPE DITCH ACROSS MAIN CHANNEL SHALL BE BACKFILLED WITH NATIVE MATERIAL TO APPROXIMATELY THE ORIGINAL GRADE.
 16. LES MATÉRIAUX DES BERGES DOIVENT ÊTRE REPLACÉS DE FAÇON PERMANENTE PAR COUCHES DE 300mm D'ÉPAISSEUR DOIVENT ÊTRE COMPACTÉES. CES MATÉRIAUX DOIVENT ÊTRE EXEMPTS DE MATIÈRES ORGANIQUES ET DE DÉBRIS LIÉGÉS. AVANT LE REBLAYAGE SUR UNE SURFACE EN PENTE DÉCLIVÉE, LA SURFACE DOIT ÊTRE SCARRIFIÉE 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 MOOY DEBRIS. PRIOR TO PLACING FILL ON SLOPED SURFACES, THESE SURFACES MUST BE SCARRIFIED TO MAXIMIZE ADHESION OF MATERIALS.

17. SI REQUIS, LE REMBLAI DANS LE TALLUS DOIT ÊTRE MIS EN PLACE AVEC UNE PENTE MAXIMALE DE 20:1V POUR OPTIMISER LA STABILITÉ DU TALLUS. / IF REQUIRED, THE SOILS IN THE SAG BEND AND BANK AREA SHALL BE PLACED WITH A MAXIMUM SLOPE OF 20:1V TO OPTIMIZE BANK STABILITY.
 18. LORS DE TRAVAUX HIVERNAUX, DES TASSEMENTS CONSIDÉRABLES PEUVENT SE PRODUIRE DANS LES BERGES REBLAYÉES 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 DES TASSEMENTS. LES BERGES DEVIENT ÊTRE 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 POOL AT THE TOP OF THE BANK.
CONTRÔLE DE LA FLOTABILITÉ / BUOYANCY CONTROL:
 19. LE CONTRÔLE DE LA FLOTABILITÉ SERA DÉTERMINÉE À L'INGÉNIEUR DÉTAILLÉE. / BUOYANCY CONTROL WILL BE DETERMINED IN DETAILED ENGINEERING.
EMBARDEMENT / ENVIRONMENTAL:
 20. VOIR LES CLAUSES ENVIRONNEMENTALES DÉTAILLÉES À ÊTRE COMPLÉTÉES À L'INGÉNIEUR DÉTAILLÉE. / SEE DETAILED ENVIRONMENTAL CONDITIONS (TO BE DERIVED IN DETAILED ENGINEERING)



PLAN DE LOCALISATION / LOCATION PLAN
 ÉCHELLE / SCALE: 1:10000
 LAT. 46° 38' 43.80" LONG. -71° 14' 30.46"
 AU/AT 6 RIVIÈRE CHAUDIÈRE



SPÉCIFICATIONS DE L'OLÉODUC / PIPELINE SPECIFICATIONS

- CONDUITE / LINE PIPE: 1067mm DIA. EXT. / O.D. (NPS 42) x 11,9mm EP./WT. GR. 483, CAT 1, MSC CSA 2342-1-14
- TEMPÉRATURE D'OPÉRATION MAX. / MAX. OPERATING TEMPERATURE: 1067mm DIA. EXT. / O.D. (NPS 42) x 11,9mm EP./WT. GR. 483, CAT 1, MSC CSA 2342-1-14
- TEMPÉRATURE D'OPÉRATION MIN. / MIN. OPERATING TEMPERATURE: -30°C
- TYPE DE JOINT / TYPE OF JOINT: SOUDE / WELDED
- ROUVREMENT CONDUITE / LINE PIPE COATING: SYSTEME / SYSTEM 1A
- MÉTHODE DE TRANCHEE / CROSSING METHOD: TRANCHEE / TRENCH
- TEST DE PRESSION MIN (SECTION DE TRANCHEE) / MIN. TEST PRESSURE (CROSSING SECTION): 10 563 kPa
- PRESSION D'OPÉRATION MAX. / MAX. OPERATING PRESSURE: 6 400 kPa
- PROTECTION CATHODIQUE / CATHODIC PROTECTION: COURANT IMPOSÉ / IMPRESSED CURRENT
- VOLTAGE DE PROTECTION CATHODIQUE MAX. / MAX. CATHODIC PROTECTION VOLTAGE: 40 / 100
- PRODUIT TRANSPORTÉ / PRODUCT CARRIED: PÉTROLE BRUT / CRUDE OIL

RAPPORT DE FORAGE / BOREHOLE LOG

No. FORAGE / BOREHOLE No.	REPERE / TAG	DESCRIPTION
F-CH-02	5	TERRE VÉGÉTALE / TOP SOIL
	8	SABLE, SILT/SAND, SILT
	7	TILL TRÈS DENSE, CAILLONS / VERY DENSE TILL, PEBBLES
F-CH-01	8	ROC / BEDROCK
	9	TERRE VÉGÉTALE / TOP SOIL
	11	TILL TRÈS DENSE, CAILLONS / VERY DENSE TILL, PEBBLES
PSL-133	12	ROC / BEDROCK
	14	SILT BRUN/BROWN SILT
	15	SABLE, SILT/SAND, SILT

DESSINS DE RÉFÉRENCE / REFERENCE DRAWINGS

DESSIN / DRAWING NO.	TITRE / TITLE
4830-03-ML-01-52F	PANNEAU DE SIGNALISATION POUR OLÉODUC À HAUTE PRESSION/HAUTE PRESSION DE LA PIPELINE WORKING SIGN
4830-03-ML-02-51F	SÉRIE DE TRANCHEE DE TRANCHEE DE TRANCHEE / TRENCHING SYSTEM
4830-03-ML-02-51F	SÉRIE TYPIQUE DE COULEE / TYPICAL CROSSING TO BE USED
5705-03-ML-02-08F	PANNEAU TENDU DE SÉRIE PROTECTION CONTRE L'ÉCRASÉMENT VERTICALEMENT EN CAS D'ÉCRASÉMENT
5705-03-ML-02-103-1F	PANNEAU TEMPORAIRE AVEC BARRE / TEMPORARY PLATE CARRYING CROSSING
5705-03-ML-02-111-1F	TRANCHEE DE COUSSIN D'EAU AVEC BARRE / PLATE WATERCOURSE CROSSING
5705-03-ML-02-112-1F	TRANCHEE DE COUSSIN D'EAU AVEC BARRE ET POMPE / DAM AND PUMP WATERCOURSE CROSSING
4830-03-ML-03-03A	RIVIÈRE CHAUDIÈRE (ALTERNATIVE 1) - TRANCHEE PAR FOSSE DIRIGÉE / HED CROSSING
4830-03-ML-03-03B	RIVIÈRE CHAUDIÈRE (ALTERNATIVE 1) - TRANCHEE PAR FOSSE DIRIGÉE / HED CROSSING

RÉVISION / REVISION

NO. / NO.	DATE	DESCRIPTION
A	2014-03-31	ENVOI POUR RÉVISION (INTERNE A3) / ISSUED FOR REVIEW (INTERNAL A3)
B	2014-04-04	ENVOI POUR RÉVISION (INTERNE SOUTIÈRE) / ISSUED FOR REVIEW (INTERNAL SOUTIÈRE)
C	2014-04-04	ENVOI POUR RÉVISION (GÉNÉRAL) / ISSUED FOR REVIEW (GENERAL)
D	2014-02-14	ENVOI POUR RÉVISION DE BASE / ISSUED FOR FEED
E	2014-08-09	RÉVISÉ POUR INGÉNIEUR DE BASE / REVISOR FOR FEED

APPROBATION / APPROVAL

DESIGNER	CHECKED	DESIGNED	APPROVED	DATE
2167445	JUL	AS	MS	JUN
2167445	JUL	AS	MS	JUN
2167445	JUL	AS	MS	JUN
2167445	JUL	AS	MS	JUN
2167445	JUL	AS	MS	JUN
2167445	JUL	AS	MS	JUN

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

REV/REV DATE: / /
 PERMITS/PERMITS No: / /

Energy East Pipeline Ltd.

INFORMATION GÉNÉRALE OLÉODUC ÉNERGIE EST / ENERGY EAST GENERAL INFORMATION PIPELINE
 4930-03-ML-03-03A / CHAUDIÈRE / CHAUDIÈRE
 4930-03-ML-03-03B / TRANCHEE / TRENCHING

**RIVIÈRE CHAUDIÈRE
 TRANCHEE EN TRANCHEE / TRENCHED CROSSING (ALTERNATIVE)
 QUÉBEC**

REV/REV DATE: / /



Annexe D

Information géotechnique

ROCHE / JOHNSTON-VERMETTE

**PROJET RABASKA
GAZODUC RELIANT LE RÉSEAU DE GAZODUC TQM
AU TERMINAL MÉTHANIER PROJETÉ À LÉVIS
TRAVERSÉE DES RIVIÈRES BEAURIVAGE / CHAUDIÈRE / ETCHEMIN
ET DU SITE DE PINTENDRE AUTO INC.**

RAPPORT D'ÉTUDE GÉOTECHNIQUE

TECHNISOL

ROCHE / JOHNSTON-VERMETTE

PROJET RABASKA
GAZODUC RELIANT LE RÉSEAU DE GAZODUC TQM
AU TERMINAL MÉTHANIER PROJETÉ À LÉVIS
TRAVERSÉE DES RIVIÈRES BEAURIVAGE / CHAUDIÈRE / ETCHEMIN
ET DU SITE DE PINTENDRE AUTO INC.

RAPPORT D'ÉTUDE GÉOTECHNIQUE

JANVIER 2005

N/DOSSIER : JO42299/321

TECHNISOL INC.
665, chemin du Lac
Boucherville (Québec) J4B 6W8
Tél. : (450) 641-1740 Téléc. : (450) 449-0235
E-mail : boucherville@groupetechnisol.com
www.groupetechnisol.com

TABLES DES MATIÈRES

	Page
1.0 INTRODUCTION.....	1
2.0 DESCRIPTION DU PROJET ET DU SITE.....	2
2.1 Description du projet.....	2
3.0 MÉTHODE DE RECONNAISSANCE.....	3
3.1 Généralités.....	3
3.2 Travaux sur le terrain.....	3
3.2.1 Méthode de forage.....	3
3.2.2 Forage, rivière Beaurivage.....	3
3.2.3 Forages, rivière Chaudière.....	3
3.2.4 Forages, rivière Etchemin.....	4
3.2.5 Forage, Pintendre Auto inc.....	4
3.2.6 Arpentage.....	4
3.3 Travaux en laboratoire.....	4
4.0 NATURE ET PROPRIÉTÉS DES MATÉRIAUX.....	5
4.1 Stratigraphie.....	5
4.2 Géologie.....	8
4.2.1 Géologie régionale.....	8
4.2.2 Géologie locale.....	9
4.3 Essais relatifs à la corrosivité.....	10
5.0 NIVEAU DE L'EAU SOUTERRAINE.....	11
6.0 COMMENTAIRES ET RECOMMANDATIONS.....	12
6.1 Description des travaux.....	12
6.2 Traversée de la rivière Beaurivage.....	12
6.3 Traversée de la rivière Chaudière.....	13
6.4 Traversée de la rivière Etchemin.....	13
6.5 Pintendre Auto inc.....	13
6.6 Puits d'accès sur les berges.....	14
6.7 Pentes d'excavation.....	14

LISTE D'ANNEXES

ANNEXE I	PORTÉE ET LIMITATIONS DE L'ÉTUDE GÉOTECHNIQUE
ANNEXE II	RAPPORTS DE FORAGE
ANNEXE III	RÉSULTATS DES ESSAIS DE LABORATOIRE
ANNEXE IV	RELEVÉ PHOTOGRAPHIQUE

DISTRIBUTION :

2 copies à : M. Guy Langlois, ing. / JOHNSTON-VERMETTE, GROUPE-CONSEIL INC.
 1 copie à : M. David Johnston / JOHNSTON-VERMETTE, GROUPE-CONSEIL INC.

1.0 INTRODUCTION

Le consortium *Roche / Johnston-Vermette* a retenu les services de *Technisol inc.*, consultants en géotechnique et en contrôle qualitatif des matériaux, pour effectuer une étude géotechnique dans le cadre du projet Rabaska devant relier le réseau actuel de transport de gaz naturel de *Gazoduc TQM* (station St-Nicolas) à un terminal méthanier projeté à Lévis. Notre étude a porté sur quatre (4) tronçons devant traverser les rivières Beurivage, Chaudière et Etchemin et du site commercial localisé à Pintendre. De plus, les détails relatifs à l'exécution du mandat ont été établis en collaboration avec messieurs Guy Langlois, ingénieur et Jean Mimeault de *Roche / Johnston-Vermette*.

Cette étude géotechnique avait pour buts de déterminer la nature et quelques propriétés des sols et du roc de part et d'autre de ces obstacles à franchir et de formuler des recommandations en ce qui a trait à l'installation du gazoduc à ces endroits.

Ce rapport contient une brève description du site et du projet, des explications sur les méthodes de reconnaissance utilisées sur le terrain et en laboratoire et des recommandations pertinentes à la mise en œuvre du gazoduc. Les annexes comprennent l'ensemble des résultats et documents pertinents au projet.

La portée et limitations du rapport sont précisées en annexe. Celles-ci s'avèrent importantes pour une bonne compréhension des informations contenues dans le rapport et doivent être considérées comme faisant partie intégrante de celui-ci.

2.0 DESCRIPTION DU PROJET ET DU SITE

2.1 Description du projet

Rabaska, un partenariat formé de *Gaz Métro*, *Gaz de France* et *Embridge*, projette la construction d'une nouvelle section de gazoduc devant relier la station St-Nicolas du réseau principal actuel de Gazoduc TQM localisée près de l'Autoroute 20 à un projet de port méthanier situé à Lévis.

Notre étude porte sur quatre (4) petits tronçons devant traverser les rivières Beaurivage, Chaudière, Etchemin et passer sous un site commercial. La conduite de gaz naturel aura un diamètre de 610 millimètres et sera installée par forages dirigés sur ces sites.

Le premier site étudié se situe sur la berge nord de la rivière Beaurivage, à l'ouest de St-Étienne-de-Lauzon; le second site se situe sur les berges est et ouest de la rivière Chaudière, au sud des chutes de Charny; le troisième site se situe sur les berges est et ouest de la rivière Etchemin, au nord de St-Henri-de-Lévis et le quatrième site étudié se situe en bordure est du terrain de *Pintendre Auto inc.*, à l'ouest de la Route 173 (Président-Kennedy). Ces traversées couvrent des distances unitaires inférieures à 500 mètres.

La topographie de ces portions de terrain est assez variable. En général, les deux (2) rives des rivières à traverser ne sont pas au même niveau et les rivières constituent les points les plus bas des secteurs étudiés. Le projet recouvre des milieux à vocations agricole et de villégiature. De plus, un réseau routier relativement bien développé permet l'accès aux sites de forage.

3.0 MÉTHODE DE RECONNAISSANCE

3.1 Généralités

La détermination de la nature et des propriétés des sols et du roc en place a été réalisée à partir de travaux sur le terrain et en laboratoire.

3.2 Travaux sur le terrain

Il est important de mentionner que le programme d'investigation a été établi à partir d'un tracé projeté et des ententes intervenues avec les propriétaires résidents. L'examen de ces documents a permis de déterminer la position et l'accès à certains sites positionnés de part et d'autre des obstacles devant être traversés. Six (6) forages ont été réalisés entre les 22 novembre et 10 décembre 2004.

3.2.1 Méthode de forage

Les forages ont été effectués au moyen d'une foreuse montée sur un chenillard. L'avancement dans le mort-terrain a été réalisé avec des tubages descendus par battage et lavage. Des échantillons remaniés de sol ont été prélevés régulièrement au moyen d'une cuillère fendue normalisée de 51 millimètres de diamètre, permettant ainsi de déterminer la stratigraphie et l'indice "N" de l'essai de pénétration standard, conformément à la norme NQ 2501-140. De plus, le socle rocheux a été échantillonné à l'aide d'un carottier à double paroi muni d'un foret de calibre NQ permettant de récupérer des échantillons de 47,7 mm de diamètre.

3.2.2 Forage, rivière Beurivage

Le forage, identifié F-BE-01, a été exécuté sur la rive nord de la rivière Beurivage, à environ 15,0 mètres à l'ouest du tracé projeté du gazoduc. Le forage a atteint une profondeur de 27,60 mètres. L'épaisseur du roc échantillonné est de 20,90 mètres.

3.2.3 Forages, rivière Chaudière

Les forages, identifiés F-CH-01 et F-CH-02, ont été exécutés sur les rives est et ouest de la rivière Chaudière, à environ 7,0 mètres au sud du gazoduc projeté du côté est de la rivière et à 20,0 mètres au sud du tracé étudié du côté ouest de la rivière. Les forages ont atteint respectivement des profondeurs de 11,90 mètres et de 20,15 mètres. Les épaisseurs du roc échantillonné sont de 7,40 mètres et de 5,60 mètres.

3.2.4 Forages, rivière Etchemin

Les forages, identifiés F-ET-01 et F-ET-02, ont été exécutés sur les rives est et ouest de la rivière Etchemin, à environ 10,0 mètres au nord du gazoduc projeté du côté est de la rivière et à 12,0 mètres au nord du tracé étudié du côté ouest de la rivière. Les forages ont atteint respectivement des profondeurs de 16,75 mètres et de 30,40 mètres. Les épaisseurs du roc échantillonné est de 3,70 mètres et de 6,40 mètres.

3.2.5 Forage, Pintendre Auto inc.

Le forage, identifié F-PI-01, a été exécuté sur le côté est de la propriété de *Pintendre Auto inc.*, à environ 25,0 mètres de la Route 173 (Président-Kennedy) et à 15,0 mètres au nord du tracé projeté du gazoduc. Le forage a atteint une profondeur de 15,20 mètres. L'épaisseur du roc échantillonné est de 9,75 mètres.

3.2.6 Arpentage

Le positionnement initial de ces forages a été fait en collaboration avec *Technisol* et *Johnston-Vermette*. Par ailleurs, les travaux d'arpentage subséquents ont été effectués par un sous-traitant du consortium *Roche / Johnston-Vermette*.

TABLEAU 3.1 – COORDONNÉES ET ÉLÉVATION

Localisation	Forage N°	Coordonnées (m)		Élévation (m)
Rivière Beaurivage	F-BE-01 (nord)	E 239792,6197	N 5166421,7788	95,76
Rivière Chaudière	F-CH-01 (est)	E 248137,9686	N 5167655,0122	96,53
	F-CH-02 (ouest)	E 247836,1871	N 5167480,6093	100,94
Rivière Etchemin	F-ET-01 (est)	E 256460,5836	N 5176320,5088	67,87
	F-ET-02 (ouest)	E 256353,1388	N 5176207,5970	79,90
Pintendre Auto inc.	F-PI-01 (est)	E 258624,3879	N 5177896,0644	87,27

3.3 Travaux en laboratoire

Les échantillons récupérés lors des forages ont été acheminés à notre laboratoire où ils ont été examinés visuellement par l'ingénieur chargé de l'étude assisté du technicien responsable du laboratoire. Subséquemment, quatre (4) analyses granulométriques par sédimentation, une (1) détermination des limites d'Atterberg, sept (7) analyses granulométriques par tamisage et deux (2) mesures de teneur en eau sont présentées en annexe. Tous les essais ont été réalisés conformément aux normes BNQ et/ou ASTM applicables.

Les échantillons de sol et de roc récupérés seront conservés durant une période de six (6) mois à compter de la date de parution de ce rapport. Ils seront par la suite détruits à moins de recevoir des directives spéciales à cet égard de la part du client.

4.0 NATURE ET PROPRIÉTÉS DES MATÉRIAUX

4.1 Stratigraphie

On devra se référer aux rapports de forage placés en annexe pour une description détaillée des matériaux rencontrés alors que le paragraphe et le tableau suivants présentent un résumé des conditions stratigraphiques. Par ailleurs, le terme "profondeur" utilisé ici fait référence à la surface du terrain au moment de nos travaux.

- **Rivière Beaurivage**

La stratigraphie des sols rencontrés sur la rive nord de la rivière Beaurivage peut être résumée de la façon suivante.

TABLEAU 4.1 – RÉSUMÉ DE LA STRATIGRAPHIE

Forage	F-BE-01
Élévation de la surface (m)	95,76
Description des matériaux	Profondeur (m)
Terre végétale, brun foncé.	0,00 – 0,60
Sable, un peu de silt à sable et silt, traces à un peu d'argile, traces à un peu de gravier, brun. Compacité lâche à très lâche.	0,60 – 2,80
Till : gravier et sable, traces à un peu de silt, brun. Compacité dense à très dense.	2,80 – 4,30
Till : sable, un peu de silt à silt sableux, un peu de gravier à graveleux, traces d'argile, gris. Compacité dense à très dense.	4,30 – 6,70
Roc : schiste ardoisier, très fracturé, gris à noir, litage à 65° A.C. Les interlits sont polis comme des miroirs. L'indice de qualité du roc (RQD) se qualifie de faible à très faible.	6,70 – 27,60

N.B. : A.C. signifie angle par rapport à l'axe de la carotte.

- **Rivière Chaudière**

La stratigraphie des sols rencontrés sur la rive nord de la rivière Chaudière peut être résumée de la façon suivante.

TABLEAU 4.2 – RÉSUMÉ DE LA STRATIGRAPHIE

Forage	F-CH-01	F-CH-02
Élévation de la surface (m)	96,53	100,94
Description des matériaux	Profondeur (m)	
Terre végétale, brun foncé.	0,00 – 0,20	0,00 – 0,60
Sable, un peu de silt à sable et silt, traces à un peu d'argile, traces à un peu de gravier, brun. Compacité lâche à très lâche.	0,20 – 0,60	0,60 – 1,20
Silt argileux à silt et argile, traces de sable, brun. Consistance très raide.	—	1,20 – 2,40
Till : gravier et sable, traces à un peu de silt, brun. Compacité dense à très dense.	0,60 – 3,05	—
Till : sable, un peu de silt à silt sableux, un peu de gravier à graveleux, traces d'argile, gris. Compacité dense à très dense.	3,05 – 4,50	2,40 – 14,55
Roc : alternance de lits de grès gris à noir (35 %), de schiste argileux gris (45 %) et de micro-grès argileux brun foncé (20 %). Litage de 80° à 90° A.C. L'indice de qualité du roc (RQD) se qualifie de très faible à bon à mesure que l'on gagne en profondeur.	4,50 – 11,90	—
Roc : schiste argileux séricitisé, gris à noir, litage ondulant de 45° à 60° A.C. L'indice de qualité du roc varie de faible à moyen à mesure que l'on gagne en profondeur.	—	14,55 – 20,15

N.B. : A.C. signifie angle par rapport à l'axe de la carotte.

Par ailleurs, deux (2) failles importantes sont rapportées sur les cartes géologiques régionales. Ces failles nommées "Faille de Beaumont" et "Faille du Foulon" sont localisées près de la municipalité de Pintendre lorsqu'elles s'approchent du projet de gazoduc Rabaska. Ces failles ne sont pas directement situées sur les sites visés par forages dirigés mais il serait bon de valider particulièrement la position de la Faille de Beaumont, près de la traversée du site de la Route 173 (Président-Kennedy) (Pintendre Auto inc.).

4.2.2 Géologie locale

➤ Traversée de la rivière Beaurivage

Le roc intersecté lors du forage F-BE-01 fait partie de la formation de Breakeyville, localement il est composé de shale gris foncé. Le litage est très ondulant et correspond à une zone où les formations rocheuses ont subi au moins deux (2) phases de plissement. L'orientation des lits peut varier de 45° à 80° et les pendages peuvent être dirigés autant vers le nord-ouest que vers le sud-est selon des angles variant de 25° à 50° par rapport à l'horizontale. L'indice de qualité du roc (RQD), qualifié de très faible à faible, ne semble pas s'améliorer à mesure que l'on pénètre profondément à l'intérieur du roc et plusieurs zones de roc broyé ont été notées lors du forage. De plus, la surface de contact entre les lits du schiste est extrêmement polie et ne favorise pas l'adhérence des couches rocheuses entre elles.

➤ Traversée de la rivière Chaudière

Le roc intersecté lors des forages F-CH-01 et F-CH-02 fait aussi partie de la formation de Breakeyville, les faciès rocheux rencontrés sont composés de shale gris foncé, de grès et de mudstone. Le litage est ici plus régulier et s'oriente selon des azimuts de 70° à 90° avec des pendages de 25° à 45° dirigés vers le sud. L'indice de qualité du roc (RQD) est qualifié de faible à bon et s'améliore à mesure que l'on pénètre profondément à l'intérieur du roc. Il est à noter que peu de zones fracturées ont été rapportées lors des forages près de la rivière Chaudière.

➤ Traversée de la rivière Etchemin

Le roc intersecté lors des forages F-ET-01 et F-ET-02 semble correspondre avec la formation de l'Olistotrome d'Etchemin, surtout composée de shale à blocs et de shale vert foncé à gris foncé. Le litage est assez régulier et s'oriente selon des azimuts de 75° à 90° avec des pendages de 30° à 55° dirigés vers le sud. L'indice de qualité du roc (RQD) est qualifié de moyen à bon et s'améliore à mesure que l'on pénètre profondément à l'intérieur du roc. Il est à noter que peu de zones fracturées ont été rapportées lors du forage F-ET-01 mais qu'une zone du forage F-ET-02, s'étendant de 24,00 à 28,18 mètres de profondeur, montre plusieurs petites sections de roc broyé.

➤ **Traversée du secteur de *Pintendre Auto inc.* et de la Route 173 (Président-Kennedy)**

Le roc intersecté lors du forage F-PI-01 semble aussi correspondre avec la formation de l'Olistotrome d'Etchemin, surtout composé de shale à blocs et de shale vert foncé. Le litage est assez régulier et s'oriente probablement selon des azimuts de 75° à 90° avec des pendages de 30° à 55° dirigés vers le sud. L'indice de qualité du roc (RQD) qualifié de très faible à moyen, semble s'améliorer à mesure que l'on pénètre profondément à l'intérieur du roc. Il est à noter que certaines zones fracturées ont été rapportées lors du forage.

4.3 Essais relatifs à la corrosivité

Trois (3) évaluations de la corrosivité ont été effectuées en laboratoire sur des échantillons de sols, conformément à la norme AWWA C105. Ces évaluations incluent la mesure de résistivité, du pH, du potentiel Redox ainsi que d'une appréciation du contenu en sulfure et de l'humidité des sols. Il ressort de ces analyses que les taux d'agressivité des sols ne présentent pas de caractère agressif pour la fonte (acier) puisqu'ils ont des valeurs inférieures à 10. L'usage de la fonte comme élément comparatif correspond au pire des cas pour représenter les produits de l'acier. Les résultats obtenus sont présentés au tableau suivant.

TABLEAU 4.5 – RÉSULTATS D'ANALYSES D'AGRESSIVITÉ DES SOLS

Localisation	Échantillon N°	Profondeur (m)	Résistivité (ohms/cm)	pH	Redox (mv)	Taux d'agressivité
F-BE-01, rive nord rivière Beaurivage	635	1,2 à 5,2	6000	6,65	214,5	2,0
F-CH-02, rive ouest rivière Chaudière	643	1,8 à 3,65	34 000	6,7	176,6	1,0
F-PI-01, côté est de la propriété de <i>Pintendre Auto inc.</i>	649	1,2 à 2,4	2 700	8,41	67,10	7,5

5.0 NIVEAU DE L'EAU SOUTERRAINE

Aucune lecture du niveau de l'eau souterraine n'a été effectuée à la suite des forages compte tenu que les forages ont été complétés en ajoutant de l'eau sous pression, ce qui déstabilise le niveau local de la nappe phréatique. De plus, aucun tube d'observation n'a été installé car ces forages ont été cimentés afin d'éviter toute interférence avec les forages dirigés prévus.

6.0 COMMENTAIRES ET RECOMMANDATIONS

Les commentaires et recommandations présentés dans les paragraphes suivants sont basés sur les résultats des travaux sur le terrain et en laboratoire de même que sur les informations transmises par monsieur Jean Mimeault de la firme *Johnston-Vermette, Groupe-Conseil inc.* Nos recommandations concernent uniquement les tronçons étudiés.

6.1 Description des travaux

Sur les bases des informations qui nous ont été transmises, la mise en œuvre du gazoduc sous les sites étudiés sera exécutée par forages dirigés. Ainsi, une surface de travail devra être érigée sur une des berges de chacun des sites à traverser.

6.3 Traversée de la rivière Chaudière

Sur les bases de nos forages (F-CH-01 et F-CH-02) effectués sur les rives est et ouest, la traversée de la rivière Chaudière devrait s'avérer moins problématique que celle de la rivière Beaurivage. Comme la rivière Chaudière coule directement sur le roc et que ce roc est de qualité relativement bonne, nous vous présentons les recommandations et commentaires suivants :

1. Le forage dirigé visant à passer sous la rivière devra être réalisé dans la masse rocheuse;
2. Le forage dirigé devra débiter sur la rive est de la rivière Chaudière afin d'utiliser au maximum le peu de terrain disponible de ce côté de la rivière et de bénéficier d'une cible plus importante du côté ouest de cette rivière.

6.4 ~~Traversée de la rivière Etehem~~

6.6 Puits d'accès sur les berges

Selon les informations qui nous ont été transmises relativement à l'aménagement des puits d'accès aux forages dirigés, les excavations nécessaires à l'aménagement des puits d'accès atteindront 2,0 à 3,0 mètres de profondeur. Les exigences de la CSST devront être respectées dans l'exécution des excavations.

6.7 Pentes d'excavation

Compte tenu que la méthode de travail de l'entrepreneur nous est inconnue et qu'il s'agit de pentes temporaires, l'entrepreneur est responsable de leur stabilité et de celle du fond d'excavation ainsi que de la sécurité des travailleurs et de l'ouvrage à construire quand cette sécurité dépend des pentes temporaires.

Les pentes recommandées ci-dessous s'adressent uniquement au concepteur à ses fins d'études techniques et économiques. Selon les résultats des forages, les excavations des aires d'entrée du tuyau (puits d'accès aux forages dirigés) seront réalisées dans des sols de consistance relativement raide ou à compacité relativement ferme. À titre indicatif, lorsque les conditions sont favorables, nous recommandons des pentes temporaires d'excavation de 1,0 horizontale pour 1,0 verticale. Par contre, cette recommandation ne s'applique pas dans le cas de la traversée de la rivière Beurivage car la nature des sols présents sur la rive sud de la rivière n'a pas été caractérisée.

Nous entendons par conditions favorables d'excavation, la présence de matériaux de consistance ferme à raide et/ou de compacité moyenne, des conditions d'infiltration d'eau contrôlées par une méthode adéquate d'assèchement et adaptée aux travaux à exécuter, des travaux réalisés avec diligence et des ouvertures de puits limitées à des dimensions raisonnables. Ces pentes devront être ajustées sur place en fonction des conditions

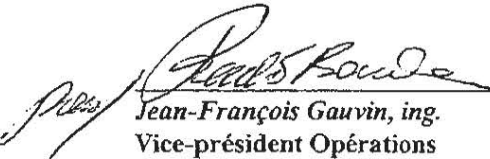

effectivement observées au moment des travaux et aussi en fonction des méthodes de travail de l'entrepreneur. Il est entendu qu'en présence d'instabilités, les pentes devront être adoucies. Si les volumes d'excavation sont trop importants, l'espace de travail restreint ou les conditions le nécessitant, un soutènement approprié aux conditions de sous-sol ainsi qu'à celles de l'eau souterraine devra être utilisé par l'entrepreneur.

Nous espérons ce rapport à votre entière satisfaction et vous prions de communiquer avec les soussignés pour toute information additionnelle qui pourrait vous être utile.

TECHNISOL INC.



Jean-Léo Guimond, ing. géol.
Chargé de projets, géotechnique



Jean-François Gauvin, ing.
Vice-président Opérations

/jlg/db

Rap229932102r

1 - PORTÉE ET LIMITATIONS DE L'ÉTUDE GÉOTECHNIQUE

PORTÉE ET LIMITATIONS DE L'ÉTUDE GÉOTECHNIQUE

1.0 *Caractéristiques des sols et du roc*

Les caractéristiques des sols et du roc décrites dans ce rapport proviennent de forages et/ou de sondages effectués à une période donnée et correspondent à la nature du terrain aux seuls endroits où ces mêmes forages et sondages ont été effectués. Les limites entre les différentes formations présentées sur les rapports sont souvent approximatives puisque les formations de sol et de roc présentent une variabilité naturelle. Elles doivent donc être considérées comme des transitions entre les formations plutôt que comme des frontières fixes. La précision de ces limites dépend du type et du nombre de sondages, de la méthode de sondage, de la fréquence et de la méthode d'échantillonnage. Les caractéristiques de sols et du roc proviennent d'une interprétation et de corrélations effectuées entre les forages et sondages. Ces caractéristiques peuvent varier de façon importante entre les points de forage et de sondage.

Les descriptions des échantillons prélevés ont été faites selon les méthodes d'identification et de classification reconnues utilisées par les firmes spécialisées en géotechnique; elles peuvent impliquer le recours au jugement et à l'interprétation du personnel ayant réalisé l'examen des matériaux. Celles-ci peuvent être présumées juste et correctes suivant la pratique courante dans le domaine de la géotechnique.

Les propriétés des sols et du roc peuvent être modifiées de façon importante à la suite d'activités de construction telles que l'excavation, le dynamitage, le battage de pieux ou le drainage effectués sur le site ou sur un site adjacent. Elles peuvent également être modifiées indirectement par l'exposition des sols ou du roc au gel, ou aux intempéries.

2.0 *Eau souterraine*

Les conditions d'eau souterraine présentées dans ce rapport s'appliquent uniquement au site étudié. La précision et la représentation de ces conditions doivent être interprétées en fonction du type d'instrumentation mis en place et de la période, de la durée et du nombre d'observations effectuées. Ces conditions peuvent varier selon les précipitations, les saisons et éventuellement les marées. Elles peuvent également varier à la suite d'activités de construction ou de modifications d'éléments physiques sur le site ou dans le voisinage.

3.0 *Suivi du projet*

L'interprétation des résultats de chantier et de laboratoire et les recommandations présentées dans ce rapport s'appliquent uniquement au site étudié et aux informations disponibles sur le projet au moment de la rédaction du rapport. Toute modification de la conception, de la position et de l'élévation des ouvrages devra être communiquée rapidement à Technisol de façon à ce que la validité des recommandations présentées puisse être vérifiée. Des travaux complémentaires de terrain ou de laboratoire pourraient éventuellement s'avérer nécessaires.

Les informations disponibles sur les conditions de terrain et sur l'eau souterraine augmentent au fur et à mesure de l'avancement des travaux de construction. Les conditions de terrain ayant été interprétées et corrélées entre les points de forage et de sondage, Technisol devrait avoir la possibilité de vérifier ces conditions de terrain par des visites de chantier effectuées au fur et à mesure de l'avancement des travaux, afin de confirmer les informations obtenues des forages et sondages. À défaut de visites régulières, Technisol devrait être informée rapidement de toute différence entre les conditions de terrain effectivement rencontrées et les conditions anticipées de façon à vérifier les recommandations présentées. L'identification de tels changements requiert de l'expérience et devrait être effectuée par un ingénieur géotechnicien expérimenté.

4.0 *Utilisation du rapport*

Les commentaires et recommandations donnés dans ce rapport s'adressent principalement à l'équipe de conception du projet. Pour déterminer toutes les conditions souterraines pouvant affecter les coûts et techniques de construction, le choix des équipements ainsi que la planification des opérations, le nombre de forages ou de sondages nécessaires pourrait être supérieur au nombre de forages ou sondages effectués pour les besoins de la conception. Les entrepreneurs présentant une soumission ou effectuant les travaux devront effectuer leurs propres interprétations des résultats des forages et des sondages et au besoin leurs propres investigations pour déterminer comment les conditions en place peuvent influencer leurs travaux ou leur méthode de travail.

Le rapport ne doit pas être reproduit, sinon entier, sans l'autorisation du laboratoire.

5.0 *Environnement*

Les informations contenues dans ce rapport ne couvrent pas les aspects environnementaux des conditions de terrain, ces aspects ne faisant pas partie du mandat d'étude.

NOTES EXPLICATIVES SUR LES RAPPORTS DE SONDAGE

Les rapports de sondage rassemblent les données de chantier et de laboratoire ayant trait aux caractéristiques du sol, du rocher et de l'eau souterraine, recueillies à chacun des sondages durant la période de reconnaissance géotechnique.

ELEVATION

Dans cette colonne sont inscrites les élévations à chaque changement de couche. Les élévations sont calculées d'après le niveau du terrain à l'endroit du sondage au moment de sa réalisation.

PROFONDEUR

Nous inscrivons dans cette colonne, les distances mesurées à partir de la surface du terrain.

DESCRIPTION

Chaque formation est identifiée et décrite après l'examen et l'analyse des échantillons.

DEPÔTS MEUBLES : les dépôts meubles sont classifiés suivant le diamètre équivalent des particules et la charte de plasticité. La proportion des divers éléments est donnée d'après la terminologie d'usage.

La compacité des sols pulvérulents est définie suivant les indices de pénétration standard (SPT). La consistance des sols cohérents est définie d'après les indices de pénétration standard et la résistance au cisaillement. La plasticité des sols est définie d'après les mesures de la limite de liquidité et de l'indice de plasticité.

DIMENSIONS DES PARTICULES

Bloc	> 300 mm
Caillou	80 mm à 300 mm
Gravier	5 mm à 80 mm
Sable	0,08 mm à 5 mm
Silt	0,002 mm à 0,08 mm
Argile	< 0,002 mm

TERMINOLOGIE

TERMINOLOGIE	PROPORTION
Traces	< 10 %
Un peu	10 % à 20 %
Adjectif (e.g. : sableux, silteux)	20 % à 35 %
Nom (e.g. : sable, gravier)	> 35 %

COMPACITÉ

COMPACITÉ	INDICE « N » (SPT) (COUPS / 300 mm)
Très lâche	< 4
Lâche	4 à 10
Moyenne ou compacte	10 à 30
Dense	30 à 50
Très dense	> 50

CONSISTANCE

CONSISTANCE	INDICE « N » (COUPS / 300 mm)	RÉSISTANCE AU CISAILLEMENT (Cu - kPa)
Très molle	< 2	< 12
Molle	2 à 4	12 à 25
Moyenne ou ferme	4 à 8	25 à 50
Raide	8 à 15	50 à 100
Très raide	15 à 30	100 à 200
Dure	> 30	> 200

PLASTICITÉ

PLASTICITÉ	INDICE DE PLASTICITÉ	LIMITE DE LIQUIDITÉ
Faible	< 10 %	< 30 %
Moyenne	10 % à 25 %	30 % à 50 %

ROCHER : les roches sont classifiées en trois groupes principaux, selon leur origine géologique. Par la suite, on décrit chaque spécimen selon ses caractéristiques et propriétés particulières.

CLASSIFICATION

Ignée (e.g. : granite, diorite)

Sédimentaire

- Terrigène (e.g. : mudstone, shale, grès, conglomérat)
- Chimique (e.g. : calcaire, dolomie, quartzite)

Métamorphique (e.g. : gneiss, schiste)













ÉVALUATION DE LA QUALITÉ

INCIDE DE QUALITÉ (R.Q.D.)

Très faible	0 % à 25 %
Faible	25 % à 50 %
Moyenne	50 % à 75 %
Bonne	75 % à 90 %
Très bonne	90 % à 100 %

STRATIGRAPHIE

Les principaux types de sol et de roc sont désignés par une combinaison des symboles de base suivants :

	Terre végétale		Roche ignée
	Cailloux et/ou blocs		Mudstone, shale
	Gravier		Grès
	Sable		Conglomérat
	Silt		Calcaire
	Argile		Roche métamorphique

ÉCHANTILLONS

ÉTAT ET TYPE : les symboles utilisés concernant l'état et le type de chacun des échantillons réfèrent à la légende énumérée à l'en-tête des feuilles de rapport de sondage.

RÉCUPÉRATION : la récupération des échantillons de sol et de roc est donnée en pourcentage de la course effectuée pour recueillir l'échantillon.

ESSAIS

On indique dans cette colonne, aux profondeurs correspondantes, les essais exécutés sur le chantier et au laboratoire, au moyen des symboles qui réfèrent à la légende à l'en-tête de chaque feuille de sondage.

N.B. : le niveau de la nappe phréatique observé est également indiqué dans cette colonne.

COLONNE QUADRILLÉE

Cette colonne contient les observations pertinentes notées durant le sondage et les essais en laboratoire. On y trace

TECHNISOL

RAPPORT DE FORAGE

DOSSIER: JO42299.321
 PROJET: RABASKA
 ENDROIT: À L'OUEST DE LA RIVIÈRE CHAUDIÈRE

NO. DE FORAGE: F-CH-02
 DATE: 20-11-2004
 PAGE: 1 DE: 3

TYPE D'ÉCHANTILLONNAGE

CF : CUILLERÈ FENDUE CALIBRE **B**
 TM : TUBE A PARI MINCE
 PS : ÉCHANTILLONNEUR A PISTON
 LA : LAVAGE
 TA : TARIÈRE
 CR : TUBE CAROTTIER CALIBRE **NQ**

ÉTAT DE L'ÉCHANTILLON

INTACT REMANIÉ PERDU CAROTTE

ESSAIS AU CHANTIER

N : INDICE DE PENÉTRATION STANDARD ■
 Cu : RÉSISTANCE AU CISAILEMENT SUR SOL NON REMANIÉ △
 Cur : RÉSISTANCE AU CISAILEMENT SUR SOL REMANIÉ ▲
 K : COEFFICIENT DE PERMÉABILITÉ
 Pl : PRESSION LIMITE AU PRESSIÈMÈTRE
 E : MODULE PRESSIÈMÈTRIQUE
 NP : NAPPE PHRÉATIQUE ∑
 N : NIVEAU D'EAU AVEC IRISATION ∑
 N : NIVEAU D'HYDROCARBURES ∑

ESSAIS AU LABORATOIRE

AG : ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE
 W_L : LIMITE LIQUIDE (%) —
 W_P : LIMITE PLASTIQUE (%) —
 W : TENEUR EN EAU (%) ○
 δ : POIDS VOLUMIQUE
 O : COMPRESSION SIMPLE
 T : TRIAXIAL
 St : SENSIBILITÉ AU REMANIEMENT
 C : CONSOLIDATION
 SED : SEDIMENTATION

ANALYSES CHIMIQUES

a : HYDRO. PÉT. C₁₀-C₅₀
 b : BTEX
 c : HAP
 d : MÉTAUX
 z : AUTRE (S)

PRÉSENCE D'HYDROCARBURES (SOL)

I : INEXISTANT
 D : DISSÉMINÉ } VISUEL
 IM : IMBIBÉ

VAPEURS D'HYDROCARBURES

GASTECHTOR PHOTOVAC

ÉLÉV.(m)	PROF.(m)	DESCRIPTION	ÉCHANTILLONS			ESSAIS ET ANALYSES	OBS.ORGANO. VISUEL			VAPEURS HYDROC.	ESSAI SCISSOMÉTRIQUE		
			ÉTAT	TYPE-NO.	REC. (%)		I	D	IM		Cu	Cur	(kPa)
100,94	0,00	DEBUT DU FORAGE											
100,34	0,60	Terre végétale, brune.	X	CF-1	42	N: 3							
	1,00	Silt, un peu de sable à sableux, présence d'un peu de gravier, traces d'argile, brun, compacité lâche.	X	CF-2	5	N: 15							
99,74	1,20	Silt argileux à silt et argile, traces de sable, brun, consistance très raide.	X	CF-3	100	N: 26							
	2,00		X	CF-4	100	N: 37							
98,54	2,40	Till: sable, traces de silt à sable et silt à sable, traces de gravier à graveleux, traces d'argile, brun, compacité très dense. Présence de cailloux.	X	CF-5	100	N: 79							
	3,00		X	CF-6	67	N: 81							
	4,00		X	CF-7	50	N: 83							
	4,30		X	CF-8	75	Refus 97/25 cm							
	5,00												
	6,00		X	CF-9	75	N: 58							
	7,00												
	8,00		X	CF-10	75	N: 75							
	9,00		X	CF-11	63	Refus 104/25 cm							

III - RÉSULTATS DES ESSAIS DE LABORATOIRE

TECHNISOL Inc.

5, Chemin du Lac,
 Cherville. (Quebec), J4B 6W8
 Tel: 641-1740 Fax: (450) 449-0235

SOLS ET GRANULATS

Client	Rang-Lot-P.K.	Projet
Station-Vermette	F-CB-01, CP-2 et CF-3 (0.60 @ 1.80 m.)	JO42299 321 000
Échantillon	Usage proposé	Numéro d'échantillon
Autres remarques		644
Site: c. Carrière	Endroit	Référence
Matériau en place	Prélevé par	Numéro du contrat
Municipalité, Comté	Carlos Pelaez, tech.	2004/11/30
Adresse	Soumis par	
Lieu d'échantillonnage	Client	2004/12/14
Élevé à la source		

GRANULOMETRIE

% passant

ESSAIS DIVERS

Tamis	Séparé	Combiné	Exigences	Proctor	Marteau		Masse Volumique	Kg/m ³
112 mm					Essai		Humidité optimale	%
80 mm					Préparation		Remarque:	
56 mm					Méthode			
40 mm				Passant 5 mm		47.0 %	Coef. d'écoulement > 2mm	
31.5 mm		100		Passant 80 um		7.6 %	Coef. d'écoulement < 2mm	
20 mm		82		Silt 80 um > % > 5 um			Essai à la soude (colorimétrie)	
14 mm		73		Argile < 5 um			Valeur au bleu ()	cm ³ /g
10 mm		62		Module de finesse (MF)			PH()	
7.5 mm		47		Coefficient d'uniformité (Cu)		63.8	Matières organiques ()	%
2.5 mm		34		Coefficient de courbure (Cc)		2.9	Masse volumique tassé	Kg/m ³
1.25 mm		25		Classification unifiée		GW-GM	Masse volumique non-tassé	Kg/m ³
630 um		19		Densité brute > 5 mm ()			Préparation par concassage	
315 um		14		Absorption > 5 mm			Humidité naturelle (w%)	%
160 um		11		Densité brute < 5 mm ()			Limite de liquidité ()	%
80 um		7.6		Absorption < 5 mm			Limite de plasticité	%
				Coefficient Micro deval ()			Indice de liquidité	%
				Coefficient de friabilité < 5 mm			Indice de plasticité	%
				Durabilité > 5 mm ()			Densité relative	
				Durabilité < 5 mm ()			Rés. au cisaillement (CUc)	kPa
				Coefficient Los-Angeles ()			Rés. cisaillement rem. (CUcr)	kPa
				Fragmentation			Sensibilité au cone (ST)	
				Particules allongées			Coefficient de perméabilité	cm/s
				Particules plates			Constituants Pétrographiques	
				Nombre pétrographique ()				

Remarques :

Description:
 Gravier et sable, traces de silt, brun.

Préparé par : Stephane Raymond, tech.

Approuvé par : Jean-Leo Guimond, ing.

Date : 2004/12/17

Ce rapport ne doit pas être reproduit, sinon en entier,
 sans l'autorisation écrite du laboratoire.

TECHNISOL Inc.

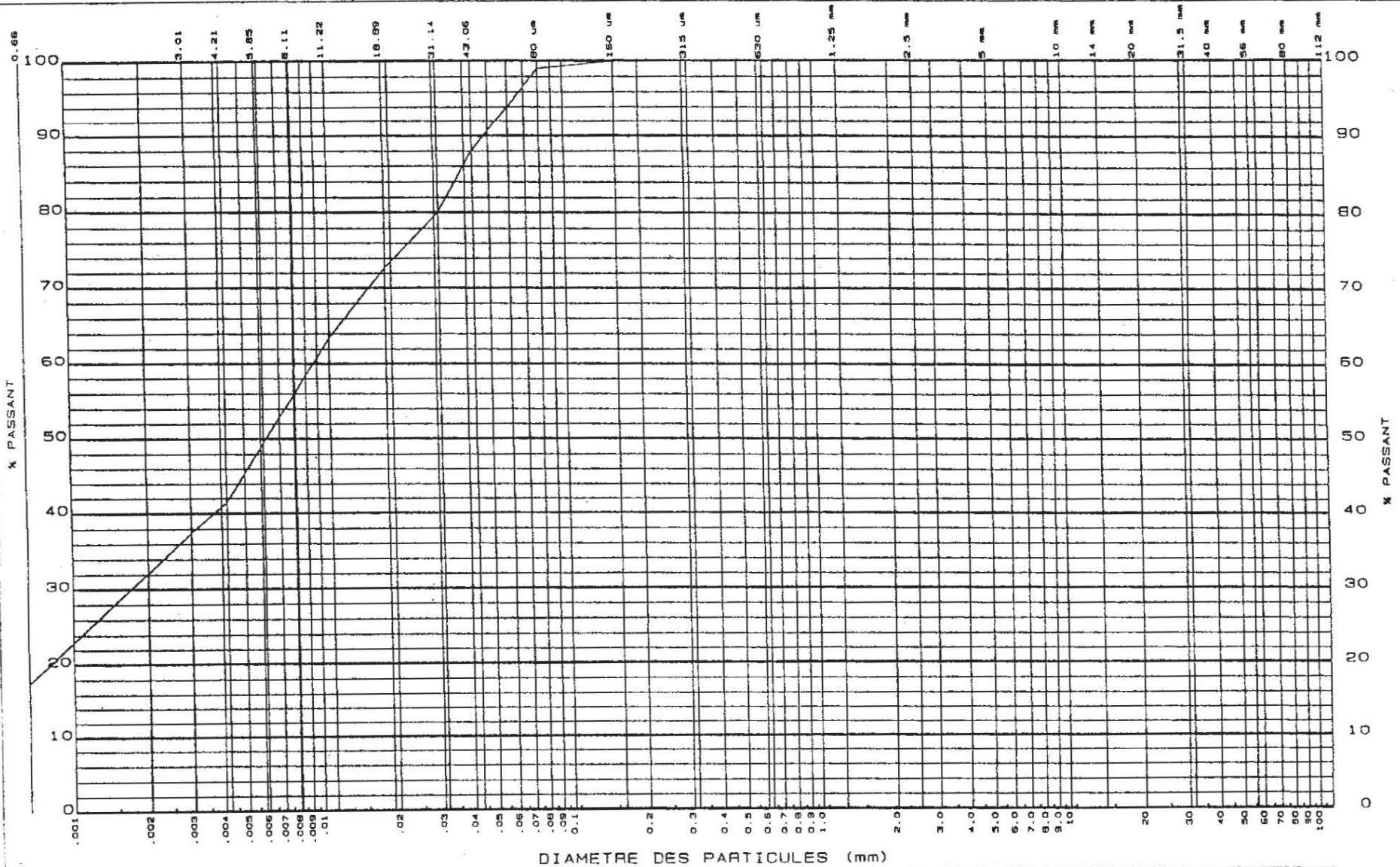
COURBES GRANULOMETRIQUES

Echantillon
541

Tamie
R20 98

No Gobelet
J042299 321 000

Exigence



DIAMETRE DES PARTICULES (mm)

ARGILE	SILT	FIN	SABLE MOYEN	GROS	GRAVIER
--------	------	-----	-------------	------	---------

ECHNISOL Inc.

15, Chemin du Lac,
 Richer, (Quebec), J4B 6W8
 Tél: 641-1740 Fax:(450) 449-0235

SOLS ET GRANULATS

Client	Rang-Loi-P.K.	Projet
Ston-Vermette	F-CH-02, CF-9 et CF-10 (5.45 @ 7.60 m.)	J042299 321 000
Échantillon	Usage proposé	Numéro d'échantillon
voir remarques		642
Site, Carrière	Endroit	Référence
Matériau en place	Prélevé par	Numéro du contrat
Municipalité, Comté	Carlos Pelaez, tech.	2004/11/26
Site	Soumis par	
Méthode d'échantillonnage	Client	2004/12/14
Prelevé à la source		

GRANULOMETRIE
 % passant

ESSAIS DIVERS

Tamis	Séparé	Combiné	Exigences	Proctor	Marteau	Masse Volumique	Kg/m ³
112 mm					Essai	Humidité optimale	%
80 mm					Préparation	Remarque:	
56 mm					Méthode		
40 mm				Passant 5 mm	92.0 %	Coef. d'écoulement > 2mm	
31.5 mm	100			Passant 80 um	33.0 %	Coef. d'écoulement < 2mm	
20 mm	97			Silt 80 um > % > 5 um		Essai à la soude (colorimétrie)	
14 mm	96			Argile < 5 um		Valeur au bleu ()	cm ³ /g
10 mm	94			Module de finesse (MF)		PH()	
5 mm	92			Coefficient d'uniformité (Cu)		Matières organiques ()	%
2.5 mm	90			Coefficient de courbure (Cc)		Masse volumique tassé	Kg/m ³
1.25 mm	87			Classification unifiée	SM	Masse volumique non-tassé	Kg/m ³
630 um	84			Densité brute > 5 mm ()		Préparation par concassage	
315 um	75			Absorption > 5 mm		Humidité naturelle (w%)	%
160 um	55			Densité brute < 5 mm ()		Limite de liquidité ()	%
80 um	33.0			Absorption < 5 mm		Limite de plasticité	%
				Coefficient Micro deval ()		Indice de liquidité	%
				Coefficient de friabilité < 5 mm		Indice de plasticité	%
				Durabilité > 5 mm ()		Densité relative	
				Durabilité < 5 mm ()		Rés. au cisaillement (CUc)	kPa
				Coefficient Los-Angeles ()		Rés. cisaillement rem. (CUcr)	kPa
				Fragmentation		Sensibilité au cone (ST)	
				Particules allongées		Coefficient de perméabilité	cm/s
				Particules plates			
				Nombre pétrographique ()		Constituants Pétrographiques	

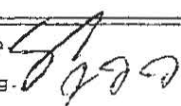
Remarques :
 Description:
 sable silteux, traces de gravier, gris.

Ce rapport ne doit pas être reproduit, sinon en entier, sans l'autorisation écrite du laboratoire.

Préparé par : Stephane Raymond, tech

Approuvé par : Jean-Léo Guimond, ing.

Date : 2004/12/17

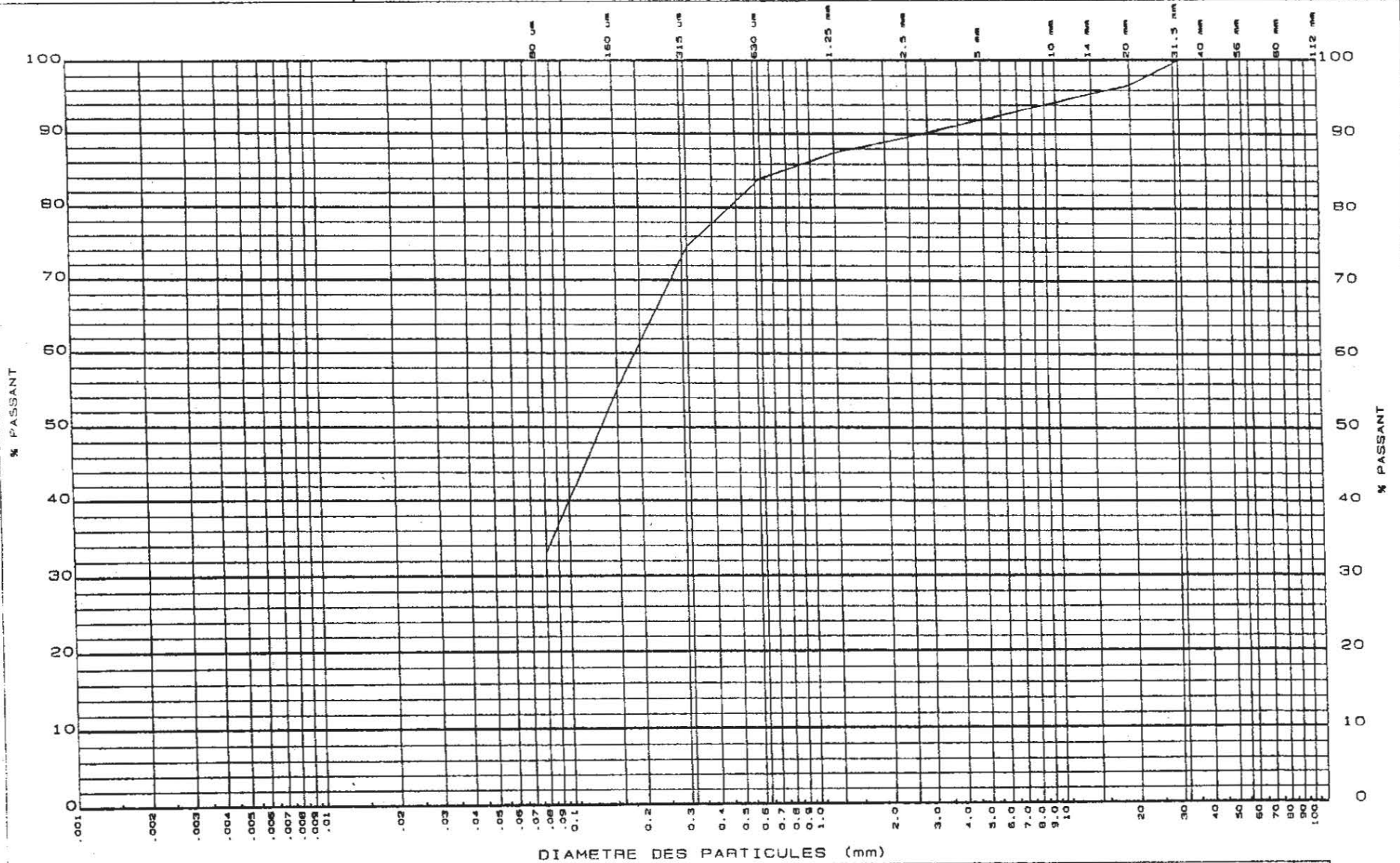


TECHNISOL Inc.

COURBES GRANULOMETRIQUES

Echantillon
642
No dossier
J042299 321 000

Tamie
R20 98
Exigence



ARILLE	SILT	FIN	SABLE MOYEN	GROS	GRAVIER
--------	------	-----	-------------	------	---------

TECHNISOL		PROPRIÉTÉS DES SOLS										PROJET					
												JO42299					
PROJET : <u>Quozduc Rabaska</u>		ENDROIT : <u>Sud de Lévis (Québec)</u>				PAGE <u>1</u>		DE <u>1</u>		S-P	MOD.						
										321							
FORAGE N°	ÉCHANT N°	PROF. (m)	DESCRIPTION	CONSTITUANT (%)					W%	W _L	W _p	I _p	I _L	p _s	C _u	C _{cr}	St
				GRAVIER	SABLE	SILT	ARGILE	FINS									
F-BE-01	CF-2	1,20 - 1,80	Sable et silt, traces à un peu d'argile, brun.	---	49,7	---	---	50,3									
F-BE-01	CF-9-10	6,10 - 6,70	Sable, un peu de silt à silteux, un peu de gravier, traces d'argile, gris.	18,6	58,4	---	---	23,0									
F-CH-01	CF-2-3	0,60 - 1,80	Gravier et sable, traces de silt, brun.	53,0	39,4	---	---	7,60						63,8			
F-C1-02	CF-3	1,20 - 1,80	Silt et argile, traces de sable, brun.	---	1,0	54,0	45,0	---									
F-CH-02	CF-9-10	5,45 - 7,60	Sable silteux, traces de gravier, gris.	8,0	59,0	---	---	33,0									
F-ET-01	CF-2B-3	1,00 - 1,80	Sable et gravier, un peu de silt, brun.	38,0	46,0	---	---	16,0									
F-ET-01	CF-8-9-10	4,25 - 6,40	Sable silteux, un peu de gravier, traces d'argile, gris.	19,5	44,3	---	---	36,2									
F-ET-02	CF-3	1,20 - 1,80	Argile et silt, traces de sable, brun.	---	5,3	45,76	49,0	---	18,5								
F-ET-02	CF-12	9,95 - 10,55	Silt et argile, traces de sable, gris.	---	2,1	51,12	46,8	---	24,5	17,8	30,3	12,5	0,5				
F-ET-02	CF-15-16	16,1 - 19,5	Sable silteux et graveleux, traces d'argile, rougeâtre.	23,8	40,3	---	---	35,9									
F-P1-01	CF-5	2,4 - 3,05	Silt argileux, un peu de sable, gris.	---	14,8	59,78	25,4	---									

ab229932101



RESU
résultats

CPI Corrosion
1200, boul. Saint-Martin Ouest, bureau 300
Laval (Québec) Canada H7S 2E4
Téléphone : (514) 342-2828
Télécopieur : (450) 668-5532
Courriel : info@cpicorrosion.com
Site Web : www.cpicorrosion.com

Le 4 janvier 2005

Technisol Inc.

665, Chemin du Lac
Boucherville, Québec, J4B 6W8

À l'attention de : M. Stéphane Raymond

Tél. : 450-641-1740

Fax : 450-449-0235

Objet :

Résultats d'Analyses

Essais de Corrosivité et de Sulfates

Projet : 312201-500

Bon de commande : 5583

Référence : J042299/321

Échantillons : Éch. #643 = F-CH-02, CF-4 @ CF-6
Éch. #649 = F-PI-01, CF-3 et CF-4

Monsieur,

Ce rapport fait suite à votre demande d'analyse de deux (2) échantillons afin d'en déterminer la corrosivité ainsi que la teneur en sulfates.

Les feuilles de données, jointes à ce présent rapport, indiquent que les échantillons #643 et #649 ne présentent pas un caractère agressif pour la fonte.

Les résultats relatifs à la teneur en sulfates sont présentés au tableau suivant :

Paramètres	Unités	Éch. #643	Éch. #649	LD
Sulfates (SO ₄ ⁻)	mg/Kg (%)	7.9 (0.00079)	38 (0.0038)	1

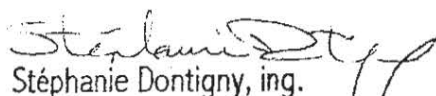
ND = Non Détecté

LD = Limite de détection

QC = Étalon QC

Pour toutes questions ou informations supplémentaires, n'hésitez pas à nous contacter, il nous fera un plaisir de vous répondre.

Bien à vous,


Stéphanie Dontigny, ing.

RÉSULTATS D'ANALYSE

RÉFÉRENCES

Client: <u>Technisol</u>	# Projet: <u>312201-500</u>
Adresse: <u>665, Chemin du Lac</u>	Date: <u>21/12/2004</u>
<u>Boucherville - Québec</u>	Échantillon: <u>N/Dossier: J042299/321</u>
<u>J4B 6W8</u>	<u>#643 = F-CH-02, CF-4 @ CF-6</u>

RÉSULTATS

		Résultats	Pointage
Résistivité	ohms-cm	34000	0
pH		6,70	0
Rédox	mV	176,60	0,0
Sulfures	Positif		0,0
	Trace		
	Négatif	X	
Humidité	Élevée		1
	Moyenne	X	
	Pauvre		
Total des Points			1,0
Ajustement*			0,00
Taux d'Agressivité du Sol**			1,0

*Ajustement:

En présence de sulfures, advenant le cas d'un potentiel d'oxydoréduction faible ou négatif combiné à un pH compris entre 6,5 et 7,5, il est nécessaire d'ajouter 3 points au total calculé.

** Taux d'Agressivité du Sol:

Taux d'Agressivité du Sol > 10 Indique un caractère corrosif du Sol pour les structures de Fonte

CONSTAT

Cet échantillon de sol ne présente pas un caractère agressif pour la fonte

Approuvé par:

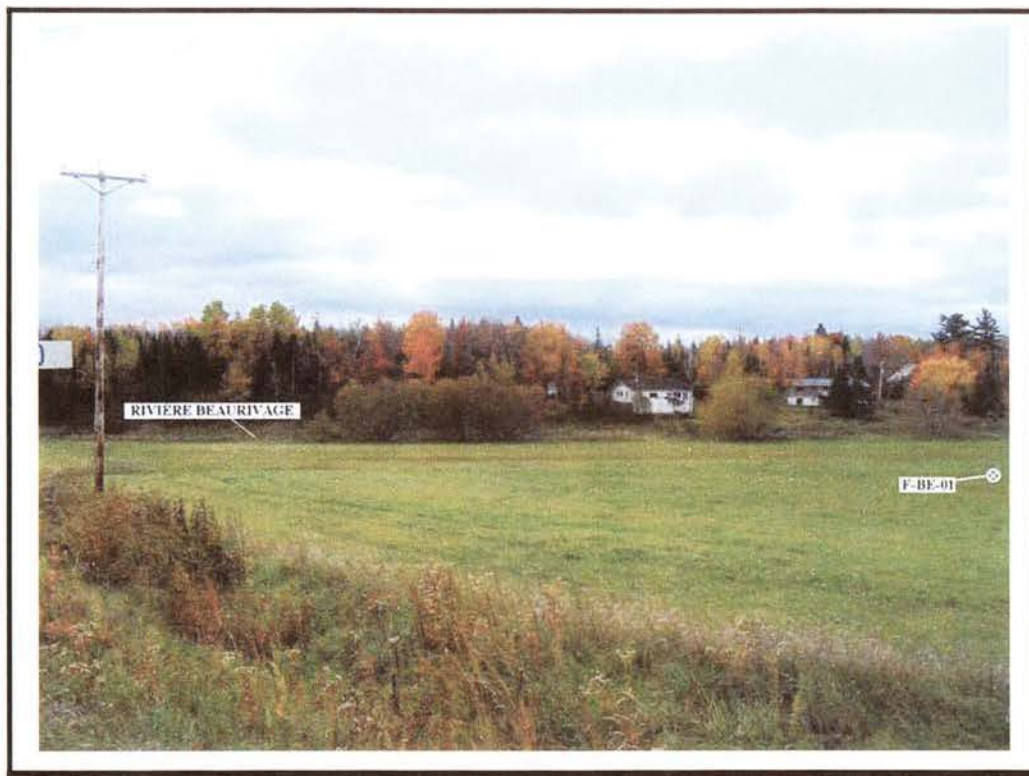
Stéphanie Dontigny ing.



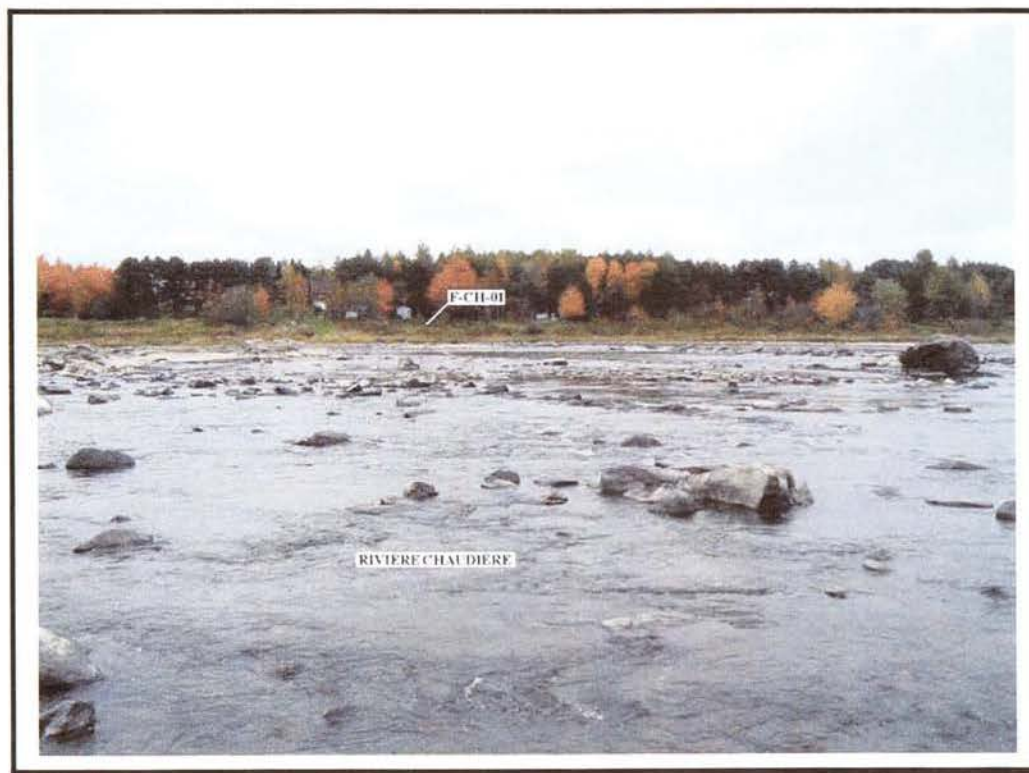
Date:

21/12/04

IV - RELEVÉ PHOTOGRAPHIQUE



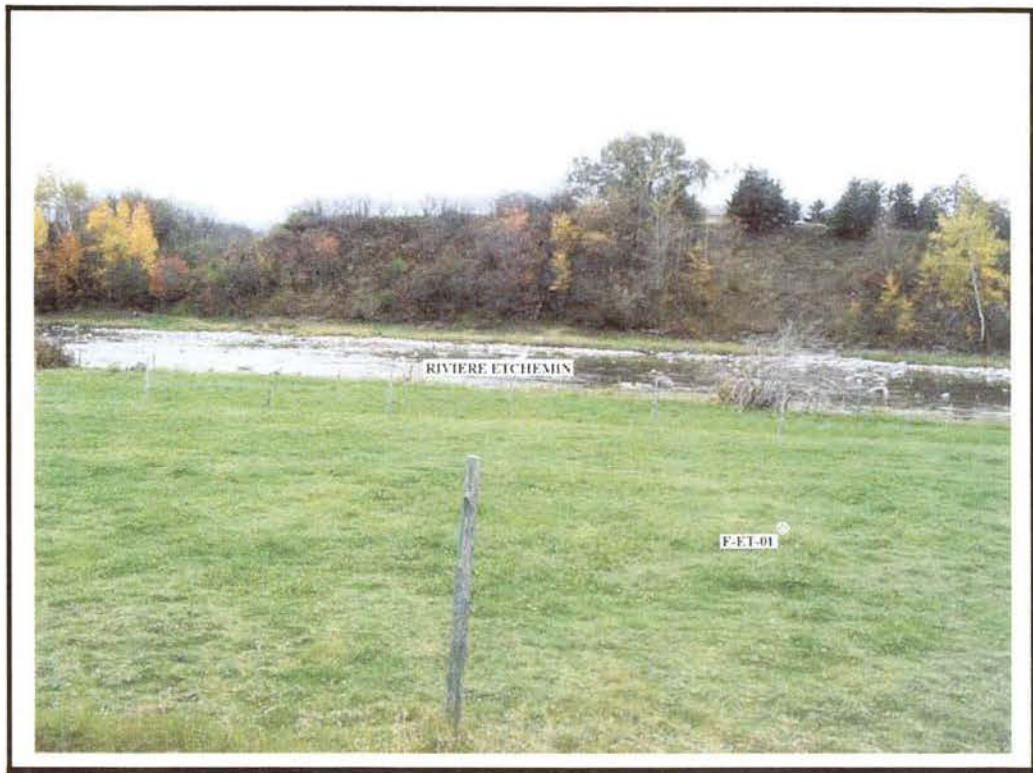
*PHOTO # 1 : ENVIRONNEMENT ET POSITIONNEMENT DU FORAGE F-BE-01,
RIVIÈRE BEURIVAGE NORD*



*PHOTO # 2 : ENVIRONNEMENT ET POSITIONNEMENT DU FORAGE F-CH-01,
RIVIÈRE CHAUDIÈRE VERS L'EST*



*PHOTO # 3 : ENVIRONNEMENT ET POSITIONNEMENT DU FORAGE F-CH-02,
RIVIÈRE CHAUDIÈRE OUEST*



*PHOTO # 4 : ENVIRONNEMENT ET POSITIONNEMENT DU FORAGE F-ET-01,
RIVIÈRE ETHEMIN EST*

ROCHE / JOHNSTON-VERMETTE
PROJET RABASKA (QUÉBEC)
N/DOSSIER : JO42299/321

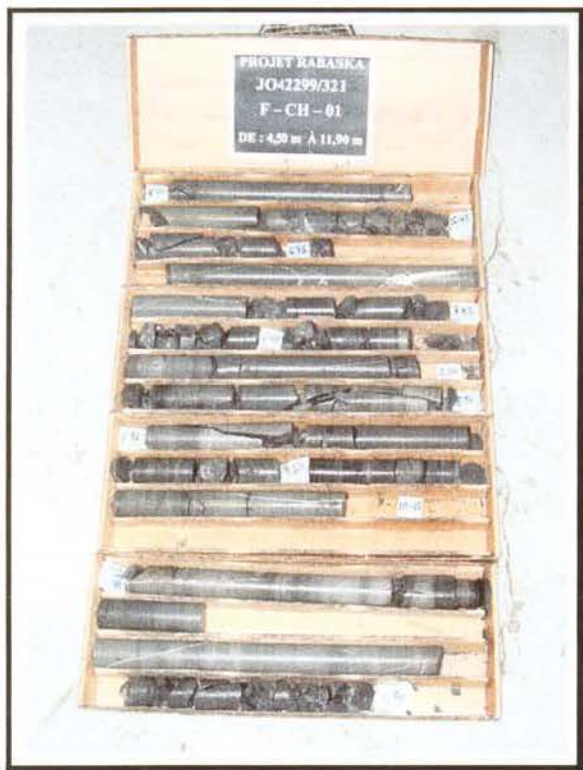


PHOTO # 9 : FORAGE F-CH-01, ROC MOUILLÉ



PHOTO # 10 : FORAGE F-CH-01, ROC SEC

FORAGE À L'EST DE LA RIVIÈRE CHAUDIÈRE

ROCHE / JOHNSTON-VERMETTE
PROJET RABASKA (QUEBEC)
N/DOSSIER : JO42299/321



PHOTO # 11 : FORAGE F-CH-02, ROC MOUILLÉ



PHOTO # 12 : FORAGE F-CH-02, ROC SEC

FORAGE À L'OUEST DE LA RIVIÈRE CHAUDIÈRE

Annexe 4-48

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



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

Préparé par :

ENGINEERING TECHNOLOGY INC.

#24, 12110 - 40 Street SE

Calgary, AB T2Z 4K6

Numéro de projet :

543

Date :

9 juin 2014



Déclaration des limites et qualifications

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

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

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

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

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

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

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

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

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



Liste de diffusion

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

Journal de révision

Révision n°	Révisé par	Date	Description de la version / révision
A	BS	16 avril 2014	Émis pour commentaires du client
B	DL	30 avril 2014	Commentaires de Stantec/JV incorporés, émis pour commentaires du client
1	BS	2 mai 2014	Émis pour usage
2	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 au Québec pour le Projet Oléoduc Énergie Est. L'oléoduc proposé 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 6 km au nord-ouest de Saint-Henri, au Québec. À cet emplacement, la rivière mesure approximativement 60 mètres de largeur. Le point d'entrée situé sur le côté nord-est de la traverse et le point de sortie situé au sud-ouest de la traverse sont sur des terres agricoles généralement plates, et le terrain à l'ouest de la rivière est environ 10 m plus haut que le terrain à l'est. 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 seront basées sur les conclusions des études géotechniques prévues. Les études comprendront deux 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 à cet emplacement, qui est de 8686 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 10 858 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 pipeline et conditions de processus**

Propriété	Valeur	Unités
Diamètre extérieur	1 067	mm
Tolérance d'épaisseur (TÉ)	0	% de l'ÉPN
Épaisseur de paroi nominale (EPN)	20,2	mm
Grade/Limite élastique minimale spécifiée (LEMS)	550	MPa
Catégorie	II	S. O.
T1 (température de conception minimale)	5	°C
T2 (température d'exploitation maximale)	60	°C
Pression maximale d'exploitation (PME) du projet	8 450	kPa
Pression maximale d'exploitation (PME) spécifique du site	8 686	kPa
Pression d'essai (PE)	10 858	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 91,91% 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 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 1200 m qui a été déterminé à la section 3.1. Les angles d'entrée et de sortie ont été conçus à 12° afin d'équilibrer la profondeur de recouvrement avec la longueur de la gaine de forage (si nécessaire) et de minimiser le levage de la canalisation au point de sortie. Il en résulte une trajectoire de forage d'une longueur de 669 m et une profondeur de recouvrement de 29,7 m sous la rivière Etchemin. 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 1829 mm (72 po) (dia. ext.) soit installée jusqu'au refus, qu'elle soit vidée à la tarière et complétée avec une gaine de 1676 mm (66 po) (dia. ext.) installée jusqu'au sous-sol rocheux. Si des gaines de forage sont requises des deux côtés de la traverse, un forage d'intersection pourrait être nécessaire. Les forages d'intersection sont communs pour les grandes traverses et ont un taux de succès 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 293 668 lb. En raison du diamètre du trou de forage nécessaire pour cet oléoduc, un appareil de forage possédant un couple de rotation suffisant pour faire tourner l'outillage de forage est nécessaire. La capacité minimale suggérée pour l'appareil de forage qui sera utilisé pour ce projet est : 625 000 lb de force de traction-poussée et 80 000 pi-lb de couple de rotation. Plusieurs entrepreneurs en FDH canadiens possèdent l'équipement et l'expertise nécessaires pour installer de façon sécuritaire des traverses d'oléoduc de cette taille.

3.5 Diamètre du trou de forage

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

Pour cette canalisation de 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 aléateur 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 aléateur plus gros ou un autre conditionnement du trou est nécessaire avant de tirer la section entière de la canalisation.

3.6 Soulèvement de la canalisation et rupture

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

3.7 Contrôle de la flottabilité

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

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

4.1 Perte de contrôle du guidage

Les formations de sol meuble ou des changements majeurs dans les propriétés des formations peuvent engendrer des problèmes de guidage. Ces problèmes surviennent lorsque la formation n'offre pas assez de résistance au trépan pour lui permettre d'effectuer un changement de direction. À l'intersection de formations plus dures, comme le sous-sol rocheux, une géologie plus dure, des laminations ou des inclusions peuvent empêcher le trépan de répondre aux commandes de direction à un angle d'incidence peu élevé ou le faire dévier hors limite à un angle d'incidence plus élevé. Si des déviations dépassant les tolérances sont mesurées, une petite portion du trou de forage est habituellement forée à nouveau pour permettre d'effectuer des réglages à la trajectoire du trou de forage. Dans 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. Réduire le diamètre du trépan et utiliser un angle de cintrage plus élevé sur le moteur à boue peuvent aider à pénétrer des formations plus dures, mais cela peut aussi mener à des déviations importantes lors du forage d'une formation géologique inattendue. Il est possible que plusieurs tailles de trépan aléateur et plusieurs configurations d'angle de cintrage soient nécessaires pour compléter le trou pilote dans le respect des tolérances.

4.2 Perte de circulation et fuites de fluide

Le risque de perte de fluide est à son niveau le plus élevé lors du forage du trou pilote, alors que la petite taille du trou de forage entraîne une pression circulatoire plus élevée et que les déblais peuvent plus facilement boucher le trou. Le fluide peut se propager dans des failles du sous-sol rocheux, des matériaux meubles déplacés ou le vide



entre les matériaux non consolidés. Un 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 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 à l'extérieur d'une gaine de forage ou du sous-sol rocheux au terrain de couverture. La cause la plus commune de canalisation coincée est le contact entre l'aléseur et l'extrémité de la gaine de forage. Ce problème est souvent causé par une surexcavation à l'extrémité de la gaine de forage ou un trou non centré. Ce risque peut être atténué lors de la conception en choisissant une gaine de forage plus grande. Un entrepreneur expérimenté est capable de choisir les bons outils de forage et de suivre les procédures adéquates pour minimiser la surexcavation des zones critiques. Si le trépan aléseur se coince à l'extrémité de la gaine de forage, l'entrepreneur peut tenter de faire tourner l'aléseur dans la gaine ou de retirer la gaine en conjonction avec le tirage de la canalisation. Exercer une force trop grande sur un trépan aléseur coincé peut mener au bris de la canalisation de forage.

4.7 Usure et défaillance des outils de forage

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

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

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 la géométrie de l'emplacement de la traverse et les conditions d'exploitation de l'oléoduc, la traverse par FDH proposée de la rivière Etchemin 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 attendus comprennent des problèmes de guidage, le gonflement, 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 l'étude géotechnique terminée. Un rapport de faisabilité final et un dessin de conception final seront émis dans la phase d'ingénierie détaillée.

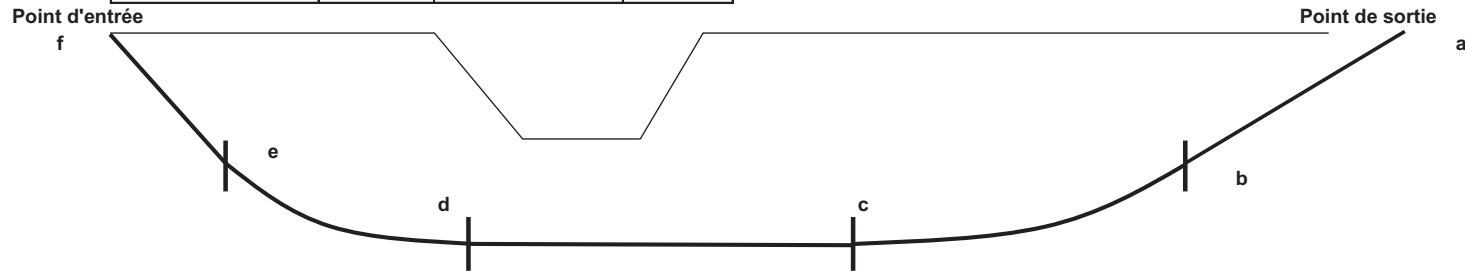


Annexe A

Sommaire des calculs

543-ENG-101
RIVIÈRE ETCHEMIN

Données de conception		Données du tuyau		Données de procédé		Critères de contrainte			
Longueur forée (m)	669,7	Dia ext. Tuyau (mm)	1067,0	PME (kPa)*	8686	Contrainte de cisaillement admissible			
Longueur horizontale (m)	662,3	Épais. Nominale (mm)	20,2	Pr. essai (kPa)	10858	Exigences du client		Exigences CSA	
Rayon minimum (m)	530	Tolér. Corrosion (mm)	0	Cat.	II	PE (MPa)	275,0	PE (MPa)	275,0
Rayon de conception (m)	1200	Tolér. Épaisseur (%)	0	T2 (°C)	60	Essai (MPa)	302,5	Essai (MPa)	302,5
Angle d'entrée (° Bas)	12	Épaisseur d'essai (mm)	20,2	T1 (°C)	5				
Angle de sortie (° Haut)	12	Grade (MPa)	550						




Lieu	Construction					Contrainte d'essai (après tirage)			Post-assèchement pré-exploi. (PAPE)			Contrainte d'exploitation		
	Charge		Contra. Cisaillement tangentiel max			Contrainte cisaillement tangentiel max			Contrainte cisaillement tangentiel max			Contrainte cisaillement tangentiel max		
	(lb)	(N)	(psi)	(MPa)	(% SA)	(psi)	(MPa)	(% SA)	(psi)	(MPa)	(% SA)	(psi)	(MPa)	(% SA)
Point A	114 730	512 189	1114	7,68	2,79	29 667	204,5	67,62	15110	104,2	34,44	36 459	251,4	91,41
Point B	122 206	545 564	15932	109,84	39,94	29 440	203,0	67,10	15481	106,7	35,28	36 290	250,2	90,99
Point C	170 096	759 356	16226	111,88	40,68	29 378	202,6	66,96	15888	109,5	36,21	35 884	247,4	89,97
Point D	170 096	759 358	16226	111,88	40,68	29 378	202,6	66,96	15888	109,5	36,21	35 884	247,4	89,97
Point E	246 629	1 101 024	16536	114,01	41,46	29 440	203,0	67,10	15481	106,7	35,28	36 290	250,2	90,99
Point F	293 668	1 311 017	16708	115,20	41,89	29 496	203,4	67,23	15110	104,2	34,44	36 660	252,8	91,91

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


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

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

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

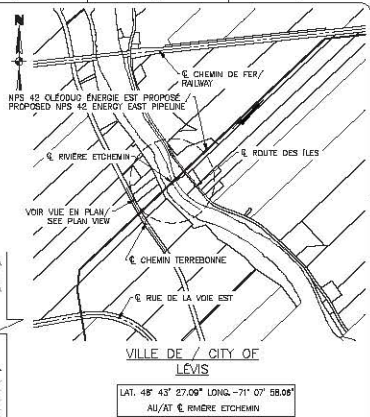
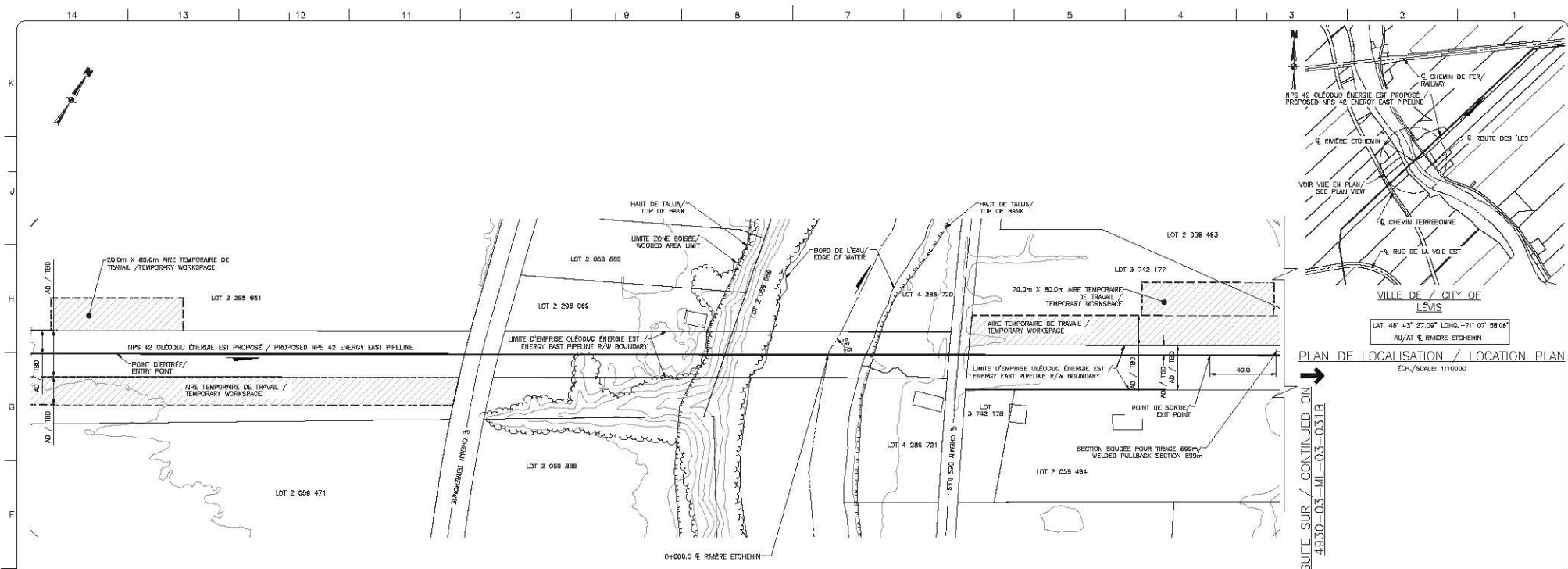
Permis d'ingénierie de l'APEGA No. P8649

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.



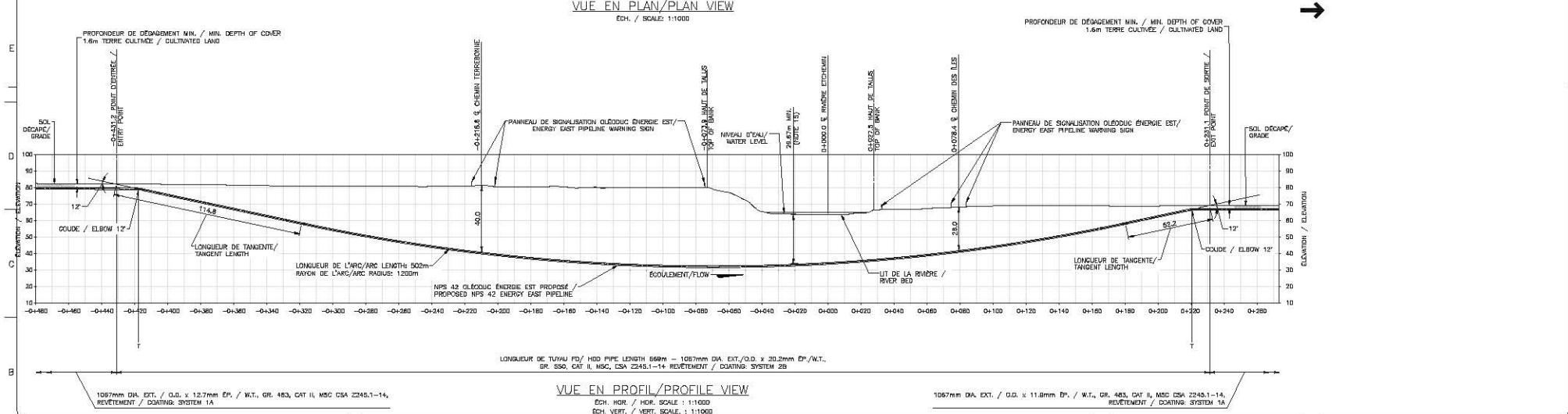
Annexe B

Dessin de conception



PLAN DE LOCALISATION / LOCATION PLAN
Ech./Scale: 1:10000

SUITE SUR / CONTINUED ON
4930-03-ML-03-031B



DESSINS DE RÉFÉRENCE / REFERENCE DRAWINGS

DESSIN / DRAWING NO	TITRE / TITLE
4930-03-ML-03-52F	PLAN DE SIGNALISATION POUR OLEODUC A HAUT PRESION/NOI PRESURE OIL PIPELINE WARNING SIGN
4930-03-ML-03-51F	SIGNAUX TYPES DE TRAVERSE DE TUNNEL/TYPICAL PIPE TRAVERSION SIGNAL
4930-03-ML-03-51F	SIGNAUX TYPES DE SOULEE 30\"/>

RÉVISION / REVISION

REV / REV	DATE	DESCRIPTION
A	2014-03-31	DES POUR RÉVISION (INTERIEUR A) / ISSUED FOR REVISION (INTERNAL A)
B	2014-04-04	DES POUR RÉVISION (INTERIEUR SOUSCRIPTION) / ISSUED FOR REVISION (INTERNAL SIGNATURE)
C	2014-04-14	DES POUR RÉVISION (OUEUR) / ISSUED FOR REVISION (DRAWER)
D	2014-05-14	DES POUR RÉVISION DE BASE / ISSUED FOR FEED
E	2014-08-09	RÉSERVÉ POUR RÉVISION DE BASE / RESERVED FOR FEED

APPROBATION / APPROVAL

DESIGNER	CHECKED	DESIGNED BY	DESIGNED	DESIGNED	DESIGNED	DESIGNED	DESIGNED	DESIGNED	DESIGNED
2167445	06/ACS	JB	MG/RS	JM	GP	ENTEC			
2167445	JOS	CS	MG/RS	JM	GP	ENTEC			
2167445	JOS	CS	MG/RS	JM	GP	ENTEC			
2239444	JOS	CS	MG/RS	JM	GP	ENTEC			
2239444	JN	CS	MG/RS	AB	GP	ENTEC			

PROFESSEUR / PROFESSIONAL DESIGNER/PERT
DATE

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

REV/REV DATE PERMIS/PERMIT NO.

Energy East Pipeline Ltd.

INFORMATION GÉNÉRALE OLEODUC ÉNERGIE EST / ENERGY EAST GENERAL INFORMATION PIPELINE
RUE ETCHEMIN / CROSSING/DRAINAGE
DIRECTIONNEL / DIRECTIONAL

RIVIÈRE ETCHEMIN / HDD CROSSING
QUÉBEC

REV/SCALE: T4J/4.5
ORISAL/DRAMA: 4930-03-ML-03-031A
REV/REV: E

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

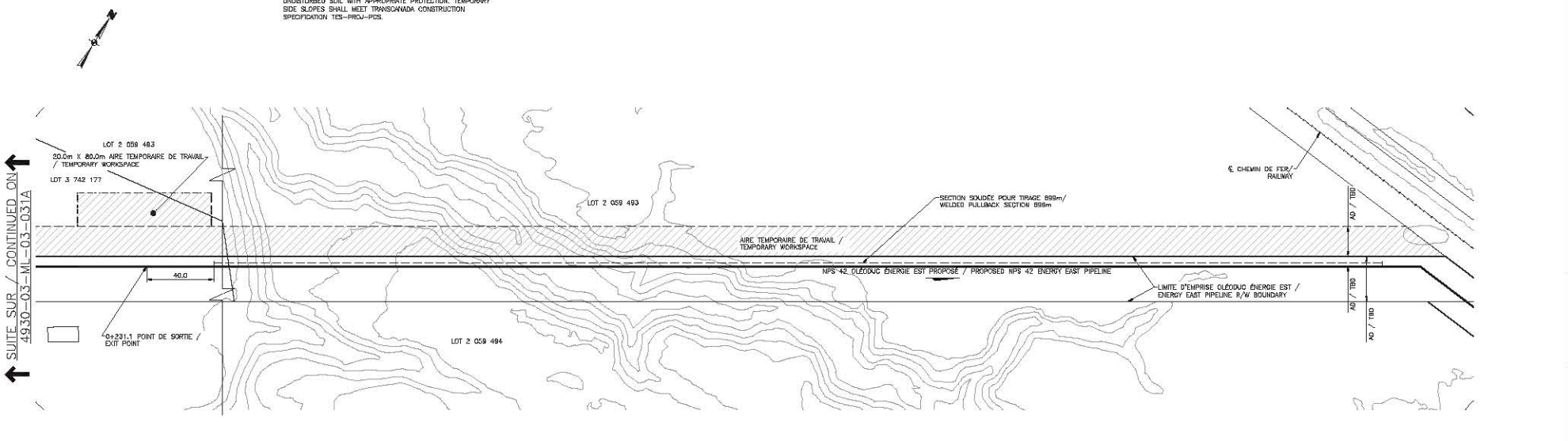
- ALIGNEMENT, INSTALLATION ET INSTALLATION / PIPE ALIGNMENT AND INSTALLATION:**
- L'ENTREPRENEUR DU FORAGE DIRIGÉ DOIT VÉRIFIER LA PROFONDEUR ET L'EMPLACEMENT DES INSTALLATIONS SOUTERRAINES EXISTANTES AVANT LA CONSTRUCTION. / THE HDD CONTRACTOR SHALL VERIFY THE LOCATION AND DEPTH OF EXISTING UNDERGROUND INSTALLATIONS PRIOR TO CONSTRUCTION.
 - LES ALIGNEMENTS DE LA CONDUITE, TELS QU'INDIQUÉS SUR LE PLAN ET PROFIL, INDIQUENT LES ESSENCES 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 SPECIFICATION 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 SOUTERRAINEMENT ADOQUÉE EN TOUT TEMPS LORS DE L'OPÉRATION DE TRACÉ AFIN DE S'ASSURER QUE LE TUYAU NE SUBISSE PAS DE CONTRAINTES EXCESSIVES. / THE PIPE PULL SECTION SHALL BE ADEQUATELY SUPPORTED AT ALL TIMES DURING PULLBACK TO ENSURE THE PIPE IS NOT OVERSTRESSED.
- AFIN D'INSPECTER VISUELLEMENT TOUT DOMMAGE AU TUYAU OU À SON REVÊTEMENT, L'ENTREPRENEUR EST TENU DE TIRER AU MINIMUM L'ÉQUIVALENT 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, AND RESTORATION 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 COEUR D'EAU AFIN D'ÉVITER LE DÉVERSEMENT DE BOUE DE FORAGE DANS LE COURS D'ŒUVRE. / 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 COMPLETED IN DETAILED ENGINEERING)

SPECIFICATIONS DE L'OLÉODUC / PIPELINE SPECIFICATIONS

- CONDUITE / LINE PIPS ANNEE/WPESTRUM: 1087mm DA. EXT. / O.D. (NPS 42) x 11.9mm EP/WT. ANNU/DONMSTRUM: 1087mm DA. EXT. / O.D. (NPS 42) x 11.7mm EP/WT. OR. 483, DT 1, MSC CSA 2245-1-14
- TUYAU À PAROI ÉPaisse / HW PIPE: 1087mm DA. EXT. / O.D. (NPS 42) x 20.2mm EP/WT. GR. 550, DT 1, MSC CSA 2245-1-14
- 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 TRAVAIL / CROSSING METHOD: SYSTÈME / SYSTEM M
- TUYAU FD / HDD PIPE: SYSTÈME / SYSTEM 2B
- MÉTHODE DE TRAVAIL ALTERNATIVE / ALTERNATE CROSSING METHOD: TRANCHEE / TRENCH
- TEST DE PRESSION MAX. (SECTION DE TRAVERSE)/MAX TEST PRESSURE (CROSSING SECTION): 10 656 kPa
- PRESSION D'OPÉRATION MAX. / MAX. OPERATING PRESSURE: 8 686 kPa
- PROTECTION CATHODIQUE / CATHODIC PROTECTION: COURANT IMPOSÉ / IMPRESSED CURRENT
- VOLTAGE DE PROTECTION CATHODIQUE MAX. / MAX. CATHODIC PROTECTION VOLTAGE: 10 V / 100
- PRODUIT TRANSPORTÉ / PRODUCT CARRIED: PÉTROLE BRUT / CRUDE OIL



VUE EN PLAN/PLAN VIEW
 E04 / SCALE: 1:1000

DESSINS DE RÉFÉRENCE/REFERENCE DRAWINGS

DESSIN/DRAWING NO	TITRE/TITLE
4830-03-ML-01-52F	PERMIS DE SOUDAGE POUR OLÉODUC À HAUTE PRESSION/HA PRESSURE OIL PIPELINE WELDING PERM
4830-03-ML-01-51F	SCHEMA TYPIQUE DE TRAVERSE DE TUYAU/TYPICAL PIPE TRANSITION DETAIL
4830-03-ML-01-51AF	SCHEMA TYPIQUE DE SOLLE 30"/TYPICAL TRUNKING 30" SUBMIT DETAIL
4830-03-ML-03-031A	TRAVERSE EN TRANCHEE - TRAVERSE PAR FORAGE DIRECTIONNEL / HDD CROSSING
4830-03-ML-03-032	TRAVERSE EN TRANCHEE - TRENCH CROSSING (ALTERNATIVE)

RÉVISION/REVISION

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

APPROBATION/APPROVAL

DESIGNER	CHECKED	DESIGNED BY	DESIGNED	DESIGNED	DESIGNED	DESIGNED	DESIGNED	DESIGNED	DESIGNED
2167445	08/03	JB	MS/RS	JM	GP	ENTEC			
2167445	JOS	CS	MS/RS	JM	GP	ENTEC			
2167445	JOS	CS	MS/RS	JM	GP	ENTEC			
2238444	JOS	CS	MS/RS	JM	GP	ENTEC			
2238444	JN	CS	MS/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 OLÉODUC ÉNERGIE EST / ENERGY EAST GENERAL INFORMATION PIPELINE
 FAX: 483-03-0324 / CHAÎNAGE/DRAWING: 4830-03-ML-03-031A / DÉTAILS/DETAILS: 03

RMÈRE ETCHENNEL
 TRAVERSE PAR FORAGE DIRECTIONNEL / HDD CROSSING
 QUÉBEC

REV/SCALE: 1:1000 / ORIGINAL/ORIGINAL: 4830-03-ML-03-031B / REV/REV: E



Annexe C

Dessin de traverse alternative



Annexe D

Information géotechnique

Puisqu'aucune information géotechnique n'était disponible au moment de la rédaction de ce rapport, cette annexe est sans objet.

Annexe 4-49

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



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

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 soumis;
- 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	29 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 du Sud 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 projetée est située approximativement à 500 m au sud d'Arthurville, au Québec, et longe des lignes de transmission, du côté nord de celles-ci. La rivière mesure environ 50 m de largeur à l'emplacement de la traverse projetée. Du côté du point d'entrée (est), le terrain est principalement plat. Du côté de la sortie (ouest), il y a une augmentation de l'élévation de 10 m, derrière le point de sortie proposé. Il y a une différence d'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, toutefois, sont basés sur la PME spécifique de ce site, qui est de 9 156 kPa et qui a été déterminée par la différence d'élévation entre la station de pompage en amont et le point le plus bas de la traverse. La canalisation sera soumise à des températures comprises entre 5 et 60°C. Une pression d'essai de 11 445 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	9 156	kPa
Pression d'essai (PE)	11 445	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 93,49 % 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 12° afin d'équilibrer la profondeur de recouvrement avec la longueur totale de la traverse et aussi pour minimiser le levage de canalisation requis au point de sortie. Il en résulte une trajectoire de forage d'une longueur de 600 m et une profondeur de recouvrement de 27 m sous la rivière du Sud. 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 forage 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 253 359 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 aléueur plus gros est nécessaire pour installer l'oléoduc de façon sécuritaire. Si des problèmes sont redoutés avec le trou de forage, il est recommandé de procéder, avant le tirage de l'oléoduc, au tirage d'une section de canalisation d'essai de 30 m de long, possédant les mêmes spécifications et le même revêtement que l'oléoduc à installer, et que celle-ci soit vérifiée pour y déceler d'éventuels dommages au revêtement et à la section de tuyau. Ceci peut aider à déterminer si un trépan aléueur plus gros ou un autre conditionnement du trou est nécessaire avant de tirer la section entière de la canalisation.

3.6 Soulèvement de la canalisation et rupture

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

3.7 Contrôle de la flottabilité

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

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

4.1 Perte de contrôle du guidage

Les formations de sol meuble ou des changements majeurs dans les propriétés des formations peuvent engendrer des problèmes de guidage. Ces problèmes surviennent lorsque la formation n'offre pas assez de résistance au trépan pour lui permettre d'effectuer un changement de direction. À l'intersection de formations plus dures, comme le sous-sol rocheux, une géologie plus dure, des laminations ou des inclusions peuvent empêcher le trépan de répondre aux commandes de direction à un angle d'incidence peu élevé ou le faire dévier hors limite à un angle d'incidence plus élevé. 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. 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 du tuyau, des déformations ou des objets comme des galets, des blocs ou des morceaux du sous-sol rocheux fracturé peuvent causer des dommages au revêtement de la canalisation. Un travail soigné doit être accompli pour s'assurer que le trou de forage est bien nettoyé, ce qui est important pour minimiser les risques d'endommagement du revêtement. Des contrôles techniques comme un programme de contrôle de la flottabilité (discuté ci-dessus) et l'installation d'une gaine de forage aident à atténuer ces risques. Même si le trou de forage est bien nettoyé, des zones d'abrasion élevée pourraient toujours être présentes dans le trou de forage. Il est recommandé que des mesures d'atténuation des dommages au revêtement, comme une protection cathodique, soient prises en considération.

4.6 Canalisation coincée

Le gonflement de matériaux comme l'argile et le schiste peut rétrécir le diamètre du trou de forage et mener à des problèmes de nettoyage du trou ainsi qu'au coincement de la canalisation lors de la procédure de tirage. Les problèmes de gonflement deviendront de plus en plus sévères au fur et à mesure que le trou de forage sera exposé au fluide de forage et que les matériaux y seront exposés. Puisque cette canalisation nécessitera un trou très large et plusieurs alésages, on peut s'attendre à ce que le gonflement potentiel de la géologie devienne réalité. Des additifs pour fluide de forage peuvent être utilisés pour contrôler le gonflement de l'argile, si celui-ci devient



problématique. Le taux de pénétration doit être contrôlé pour permettre à une quantité suffisante de fluide de forage d'être injectée pour transporter les déblais créés à l'avant. Une agitation régulière des déblais pour permettre leur retour en suspension dans le fluide de forage en effectuant des allers-retours avec les trépan aléseurs jusqu'au point d'entrée est essentielle pour le maintien d'un trou de forage ouvert. Du sable, du limon ou du gravier qui se détachent de la paroi sont aussi des causes de coincement de la canalisation. Utiliser un fluide de forage aux propriétés adéquates au maintien d'un trou de forage ouvert et effectuer des passes de nettoyage adéquates avant le 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 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 coince à l'extrémité de la gaine de forage, l'entrepreneur peut tenter de faire tourner l'aléseur dans la gaine ou de retirer la gaine en conjonction avec le tirage de la canalisation. Exercer une force trop grande sur un trépan aléseur coincé peut mener au bris de la canalisation de forage.

4.7 Usure et défaillance des outils de forage

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

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 résidants 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 la géométrie de l'emplacement de la traverse et les conditions d'exploitation de l'oléoduc, le projet de traverse par FDH de la rivière du Sud est jugé 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 des problèmes de guidage, la perte de fluide et les pertes par fracturation. La conception et la faisabilité de ce projet de traverse seront réévaluées lorsque l'étude géotechnique sera terminée. Un rapport de faisabilité final et un dessin de conception final seront émis dans la phase d'ingénierie détaillée.

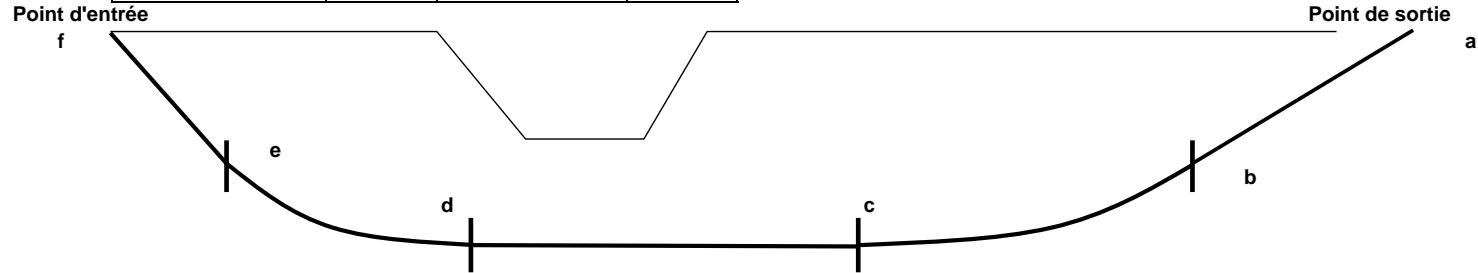


Annexe A

Sommaire des calculs

543-ENG-122
RIVIÈRE DU SUD

Données de conception		Données de tuyau		Données de procédé		Critères de contrainte			
Longueur forée (m)	600.0	Dia. ext. tuyau (mm)	1067.0	PME (kPa)	9156	Contrainte de cisaillement admissible			
Longueur horizontale (m)	594.2	Épais. nominale (mm)	20.2	Pr essai (kPa)	11445	Exigences du client		Exigences CSA	
Rayon minimum (m)	530	Tolér. corrosion (mm)	0	Cat.	II	PE (MPa)	275.0	PE (MPa)	275.0
Rayon de conception (m)	1200	Tolér. épaisseur (%)	0	T2 (°C)	60	Essai (MPa)	302.5	Essai (MPa)	302.5
Angle d'entrée (° bas)	12	Épaisseur 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		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	102 789	458 879	998	6.88	2.50	30 454	210.0	69.41	15 110	104.2	34.44	37 290	257.1	93.49
Point B	109 900	490 626	15 628	107.75	39.18	30 470	210.1	69.45	15 246	105.1	34.75	37 155	256.2	93.15
Point C	158 753	708 719	15 928	109.82	39.93	30 408	209.7	69.31	15 653	107.9	35.68	36 749	253.4	92.14
Point D	158 753	708 720	15 928	109.82	39.93	30 408	209.7	69.31	15 653	107.9	35.68	36 749	253.4	92.14
Point E	236 150	1 054 241	16 242	111.98	40.72	30 470	210.1	69.45	15 246	105.1	34.75	37 155	256.2	93.15
Point F	253 359	1 131 068	16 304	112.41	40.88	30 491	210.2	69.50	15 110	104.2	34.44	37 290	257.1	93.49

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

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

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

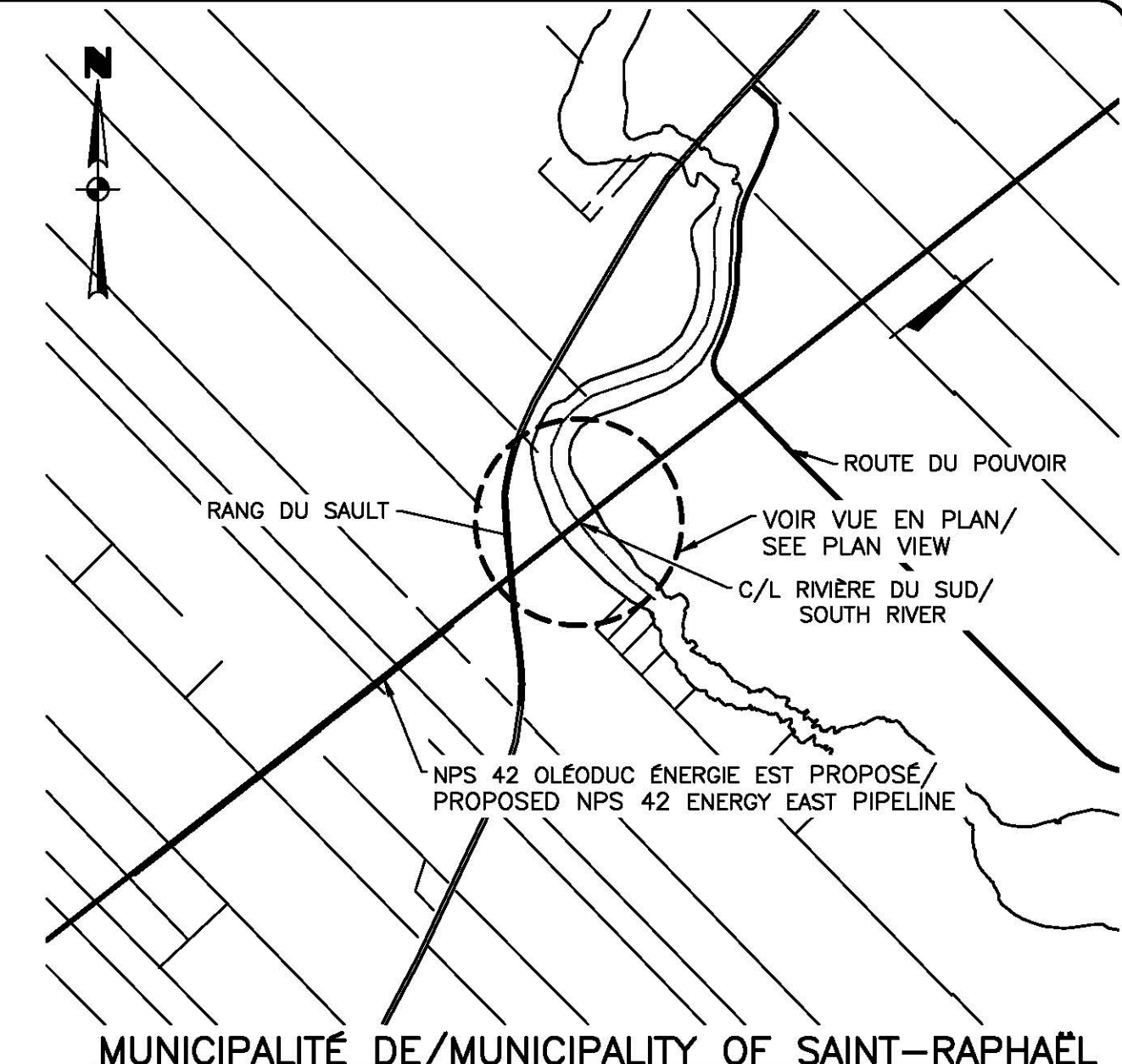
REV.	DATE	DESCRIPTION	SCEAU / ESTAMPE	
A	15 avr. 14	Conception préliminaire		 Engineering Technology Inc. Propriété d'Engineering Technology Inc. (ETI) 24, 12110 - 40 Street SE Ne pas copier, transmettre ou redistribuer Calgary, AB T2Z 4K6 sans le consentement par écrit d'ETI. T. : (403) 319-0443 Permis d'ingénierie de l'APEGA no P8649
B	7 mai 14	Émis pour commentaires		
0	9 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.



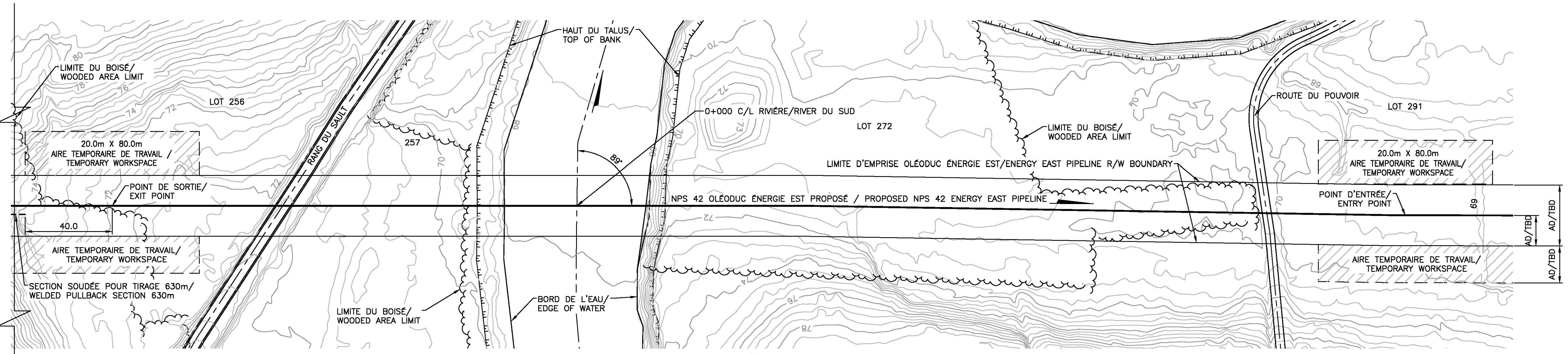
Annexe B

Dessin de conception

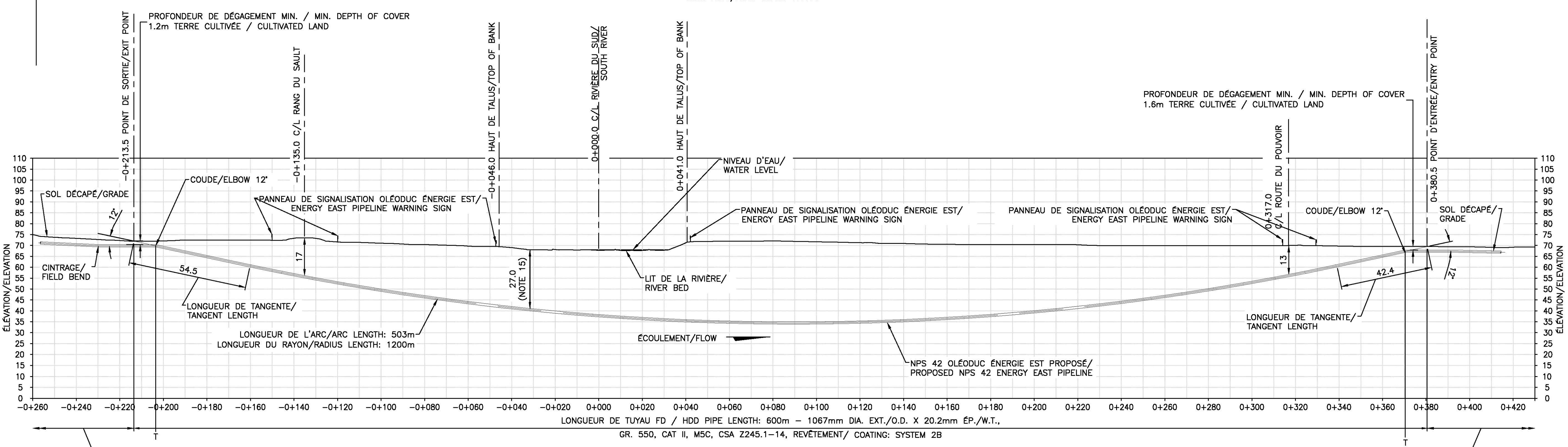


MUNICIPALITÉ DE/MUNICIPALITY OF SAINT-RAPHAËL
 LAT. 46° 49' 17" LONG. -70° 45' 28"
 AU/AT @ RIVIÈRE DU SUD
PLAN DE LOCALISATION / LOCATION PLAN
 ECHELLE/SCALE 1:10000

SUITE SUR / CONTINUED ON
 16327-03-ML-03-003B



VUE EN PLAN/PLAN VIEW
 ECH. HOR./HOR. SCALE 1:1000



VUE EN PROFIL/PROFILE VIEW
 ECH. HOR./HOR. SCALE 1:1000
 ECH. 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-03-003B	RIVIÈRE DU SUD - TRAVERSE PAR FORAGE DIRECTIONNEL / HDD CROSSING
16327-03-ML-03-004	RIVIÈRE DU SUD - TRAVERSE EN TRANCHEE / TRENCHED CROSSING

REVISION/REVISION			APPROBATION/APPROVAL						
REV/REV	DATE	DESCRIPTION	CODE PROJET/PROJECT CODE	DESSINATEUR/DRAWER	VÉRIFICATEUR/CHECKER	CONCEPTEUR/DESIGNER	VÉRIF. CONCEPTEUR/DESIGN CHK.	CHARGE PROJET/PROJECT MGR	COMPAGNIE/COMPANY
A	2014-03-07	ÉMIS POUR RÉVISION INTERNE / ISSUED FOR INTERNAL REVIEW	2223824	GD	MT	CT/BS	AB	SM	ENTEC
B	2014-04-25	ÉMIS POUR RÉVISION (CLIENT) / ISSUED FOR REVIEW (CLIENT)	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 DU SUD
 TRAVERSE PAR FORAGE DIRECTIONNEL/HDD CROSSING
 QUÉBEC

ECH./SCALE T.Q.I./A.S. 16327-03-ML-03-003A 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 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 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:

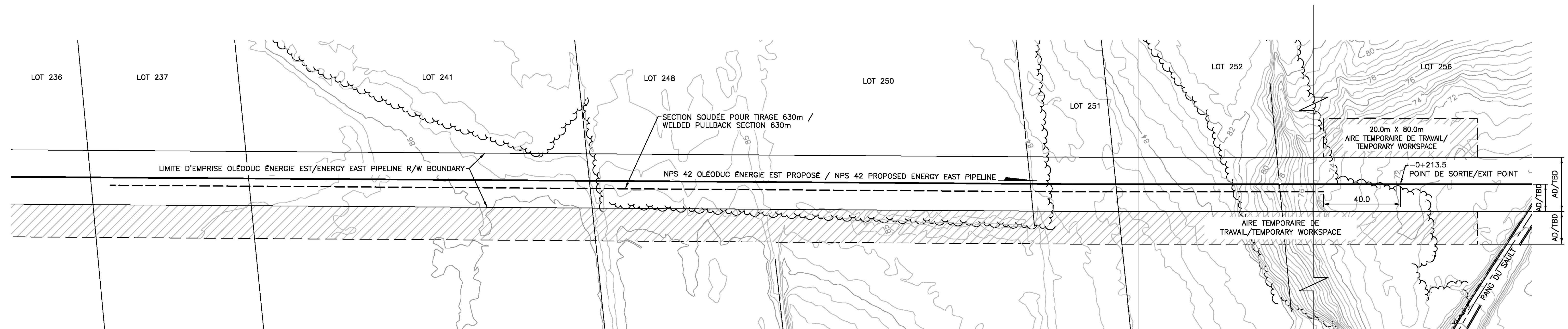
- L'ENTREPRENEUR DU FORAGE DIRIGÉ DOIT VÉRIFIER LA PROFONDEUR ET L'EMPLACEMENT DES INSTALLATIONS SOUTERRAINES EXISTANTES AVANT LA CONSTRUCTION. / THE HDD CONTRACTOR SHALL VERIFY THE LOCATION AND DEPTH OF EXISTING UNDERGROUND INSTALLATIONS PRIOR TO CONSTRUCTION.
- LES ALIGNEMENTS DE LA CONDUITE, TELS 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 DEVRONT RESPECTER LA SPÉCIFICATION DE CONSTRUCTION TES-PROJ-PCS DE TRANSCANADA. / PIPELINE SHALL BE PLACED ON NATURAL, UNDISTURBED SOIL WITH APPROPRIATE PROTECTION. TEMPORARY SIDE SLOPES SHALL MEET TRANSCANADA CONSTRUCTION SPECIFICATION TES-PROJ-PCS.

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

- L'ENTREPRENEUR EN PIPELINE FOURNIRA L'ASSISTANCE À LA PRÉPARATION DU SITE ET À SON ACCÈS, À LA MISE EN PLACE DE L'ÉQUIPEMENT DE FORAGE, À L'INSTALLATION DU TUYAU, AU RETRAIT DE L'ÉQUIPEMENT DE FORAGE, ET À LA REMISE EN ÉTAT DU SITE. / THE PIPELINE CONTRACTOR WILL PROVIDE ASSISTANCE IN PREPARING THE SITE, GRADING FOR SITE ACCESS, SETTING UP HDD EQUIPMENT, INSTALLATION OF THE PIPE, REMOVAL OF HDD EQUIPMENT, AND RESTORATION OF THE SITE.
 - L'ENTREPRENEUR DOIT DISPOSER DES OUTILS DE SURVEILLANCE POUR UN SUIVI CONSTANT DE LA PRESSION ANNULAIRE ET DE LA TURBIDITÉ DU COURS D'EAU AFIN D'ÉVITER LE DEVERSEMENT 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

- CONDUITE / LINE PIPE: AMONT/UPSTREAM 1067mm DIA. EXT. / O.D. (NPS 42) x 11.9mm EP./W.T. AVAL/DOWNSTREAM 1067mm DIA. EXT. / O.D. (NPS 42) x 12.7mm EP./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 EP./W.T. GR. 550, CAT II, M5C CSA Z245.1-14
- TEMPÉRATURE D'OPÉRATION MAX. / MAX. OPERATING TEMPERATURE: 60°C
- TEMPÉRATURE D'OPÉRATION MIN. / MIN. OPERATING TEMPERATURE: 5°C
- TYPE DE JOINT / TYPE OF JOINT: SOUDÉ / WELDED
- REVÊTEMENT CONDUITE / LINE PIPE COATING: SYSTÈME / SYSTEM 1A TUYAU FD / HDD PIPE: SYSTÈME / SYSTEM 2B
- MÉTHODE DE TRAVERSE / CROSSING METHOD: FORAGE DIRECTIONNEL / HDD MÉTHODE DE TRAVERSE ALTERNATIVE / ALTERNATE CROSSING METHOD: TRANCHÉE / TRENCHED
- TEST DE PRESSION MIN. (SECTION DE TRAVERSE)/MIN. TEST PRESSURE (CROSSING SECTION): 11 445 kPa
- PRESSION D'OPÉRATION MAX. / MAX. OPERATING PRESSURE: 9 156 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



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

SUITE SUR / CONTINUED ON
 16327-03-ML-03-003A

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-03-003A	RIVIÈRE DU SUD - TRAVERSE PAR FORAGE DIRECTIONNEL / HDD CROSSING
16327-03-ML-03-004	RIVIÈRE DU SUD - TRAVERSE EN TRANCHÉE / TRENCHED CROSSING

REVISION/REVISION		APPROBATION/APPROVAL	
REV/REV	DATE	DESCRIPTION	DESCRIPTION
A	2014-03-07	ÉMIS POUR RÉVISION INTERNE / ISSUED FOR INTERNAL REVIEW	2223824 GD MT CT/BS AB SM ENTEC
B	2014-04-25	ÉMIS POUR RÉVISION (CLIENT) / ISSUED FOR REVIEW (CLIENT)	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 DU SUD
 TRAVERSE PAR FORAGE DIRECTIONNEL/HDD CROSSING QUÉBEC
 ÉCH./SCALE T.Q.I./A.S. 16327-03-ML-03-003B REV/REV D



Annexe C

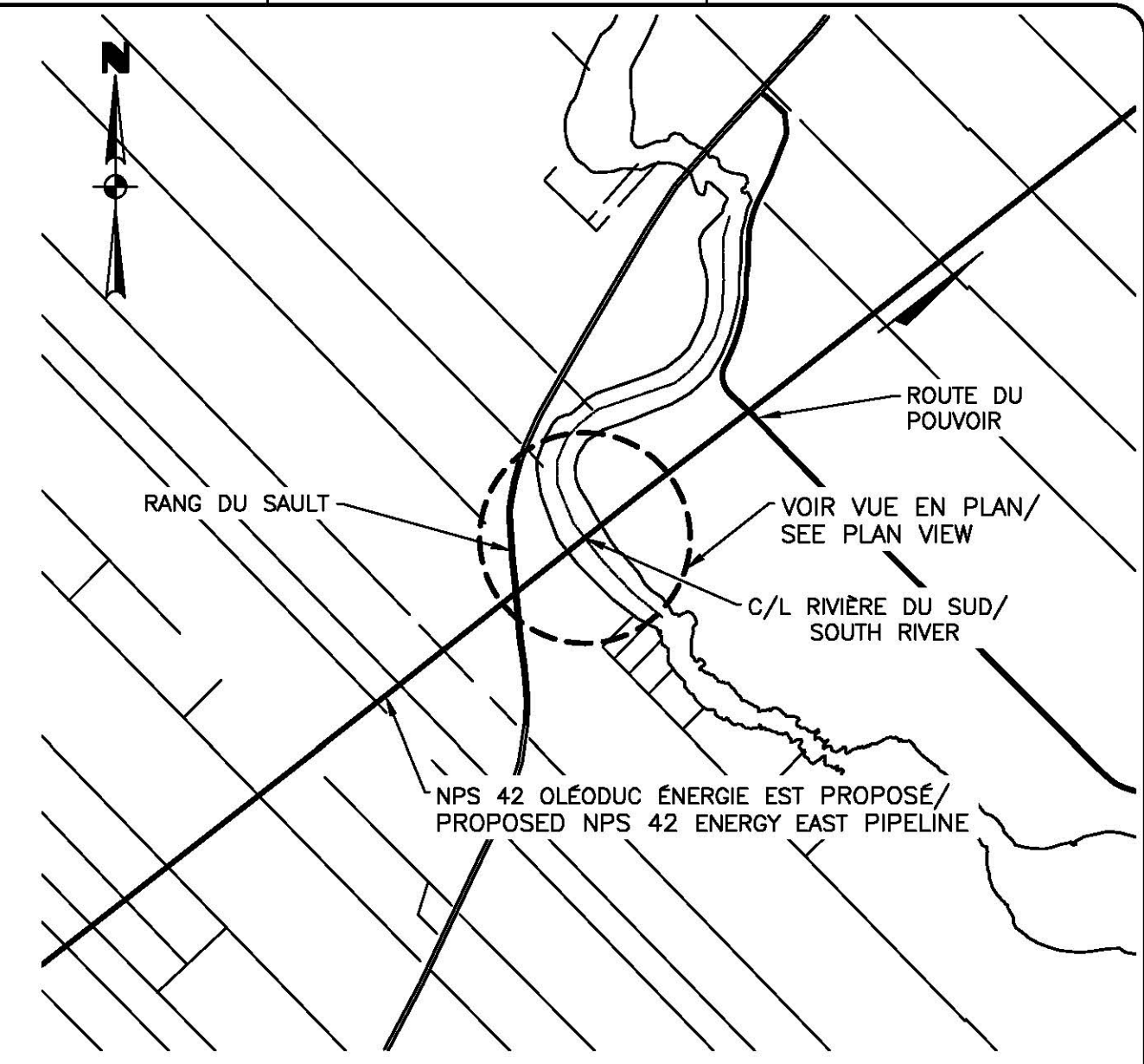
Dessin de traverse alternative

- NOTES:**
ARPENTAGE / SURVEYING:
- TOUTES LES MESURES SONT EN MÈTRES SAUF INDICATION CONTRAIRE. / ALL MEASUREMENTS ARE IN METERS UNLESS OTHERWISE SPECIFIED.
 - TOUS 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'INGÉNIERIE 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'INGÉNIERIE 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 DÉBLAIS 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'AIRE D'ENTREPOSAGE DES DÉBRIS DOIT ÊTRE NIVELÉE 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 REEMPLIÉE 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 DEVONT ÊTRE PROFILÉES APRES LA CONSTRUCTION, CONSIDÉRABLE 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'INGÉNIERIE DÉTAILLÉE. / BUOYANCY CONTROL WILL BE DETERMINED IN DETAILED ENGINEERING.
- ENVIRONNEMENT/ ENVIRONMENTAL:**
- VOIR LES CLAUSES ENVIRONNEMENTALES DÉTAILLÉES (À ÊTRE COMPLÉTÉES À L'INGÉNIERIE DÉTAILLÉE). / SEE DETAILED ENVIRONMENTAL CONDITIONS (TO BE DEFINED IN DETAILED ENGINEERING)



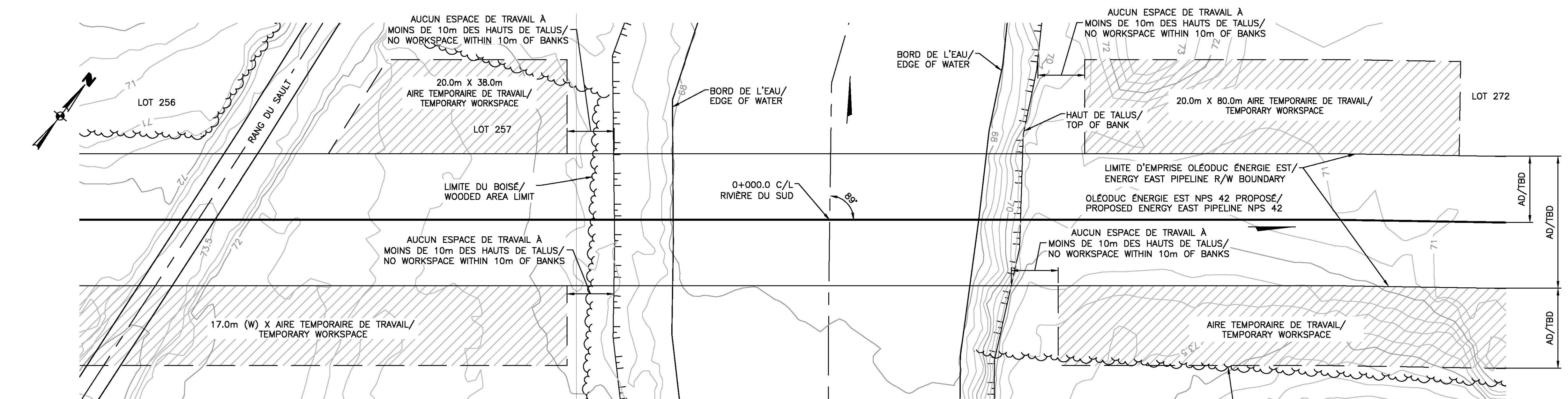
MUNICIPALITÉ DE/MUNICIPALITY OF SAINT-RAPHAËL

LAT. 46° 49' 17" LONG. -70° 45' 28"

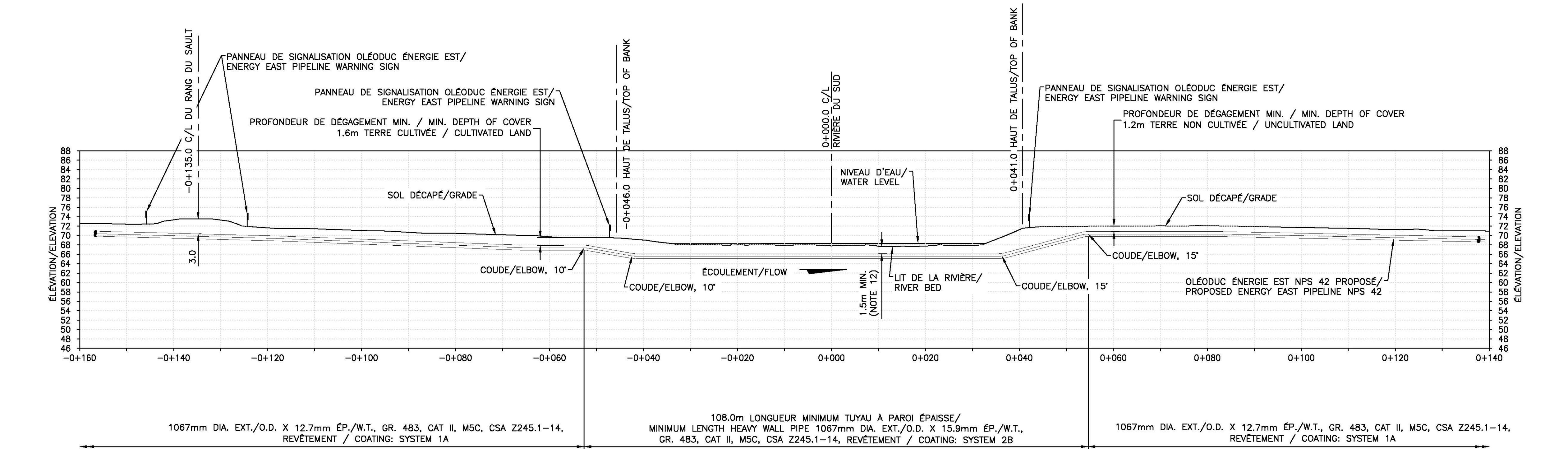
AU/AT @ RIVIÈRE DU SUD

PLAN DE LOCALISATION / LOCATION PLAN

ECHELLE/SCALE 1:10000



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



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

SPÉCIFICATIONS DE L'OLÉODUC / PIPELINE SPECIFICATIONS

- CONDUITE / LINE PIPE: 1067mm DIA. EXT. / O.D. (NPS 42) x 12.7mm 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: SYSTÈME / SYSTEM 2B
- MÉTHODE DE TRAVERSE / CROSSING METHOD: TRANCHÉE / TRENCHED
- TEST DE PRESSION MIN. (SECTION DE TRAVERSE)/MIN. TEST PRESSURE (CROSSING SECTION): 11 445 kPa
- PRESSION D'OPÉRATION MAX. / MAX. OPERATING PRESSURE: 9 156 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 3D/TYPICAL DRAWING 3D 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-03-003A	RIVIÈRE DU SUD - TRAVERSE PAR FORAGE DIRECTIONNEL / HDD CROSSING
16327-03-ML-03-003B	RIVIÈRE DU SUD - TRAVERSE PAR FORAGE DIRECTIONNEL / HDD CROSSING

REVISION/REVISION

REV/REV	DATE	DESCRIPTION
A	2014-03-07	ÉMIS POUR RÉVISION INTERNE / ISSUED FOR INTERNAL REVIEW
B	2014-04-25	ÉMIS POUR RÉVISION (CLIENT) / ISSUED FOR REVIEW (CLIENT)
C	2014-05-16	ÉMIS POUR RÉVISION (CLIENT) / ISSUED FOR REVIEW (CLIENT)
D	2014-08-09	ÉMIS POUR INGÉNIERIE DE BASE / ISSUED FOR FEED

APPROBATION/APPROVAL

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

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 DU SUD TRAVERSE EN TRANCHÉE / TRENCHED CROSSING (ALTERNATIVE) QUÉBEC

ECH./SCALE: 1:10000 DESSIN/DRAWING: 16327-03-ML-03-004

Annexe 4-50

Étude de faisabilité préliminaire par FDH – Tronçon du Québec – Rivière Bras-Saint-Nicolas



**TransCanada
Projet Oléoduc Énergie Est
Étude de faisabilité préliminaire de
traverse par FDH
Québec : Rivière Bras Saint-Nicolas**

Préparé par :

ENGINEERING TECHNOLOGY INC.

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

Numéro de projet :

543

Date :

11 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 soumis;
- 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	29 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	11 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 Bras Saint-Nicolas au Québec pour le Projet Oléoduc Énergie Est. L'oléoduc projeté est en acier avec un diamètre extérieur de 1 067 mm (42 po). Les considérations de conception et de faisabilité sont discutées dans ce rapport.

2. Caractéristiques de l'emplacement

2.1 Topographie

La traverse est située approximativement à 3,5 km au sud-est de Lamartine, au Québec. La rivière mesure approximativement 35 m de largeur à l'emplacement de la traverse projetée. Le terrain est très plat, avec une différence d'élévation de quelques mètres d'un côté à l'autre de la traverse. Le point d'entrée est situé du côté sud-ouest de la traverse et le point de sortie est situé du côté nord-est. 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, toutefois, sont basés sur la PME spécifique de ce site, qui est de 8 746 kPa et qui a été déterminée par la différence d'élévation entre la station de pompage en amont et le point le plus bas de la traverse. La canalisation sera soumise à des températures comprises entre 5 et 60°C. Une pression d'essai de 10 933 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	8 746	kPa
Pression d'essai (PE)	10 933	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 92,12 % 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 l'épaisseur 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 576 m de long et une épaisseur de recouvrement de 24 m sous la rivière. 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 forage 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 234 890 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 aléueur plus gros est nécessaire pour installer l'oléoduc de façon sécuritaire. Si des problèmes sont redoutés avec le trou de forage, il est recommandé de procéder, avant le tirage de l'oléoduc, au tirage d'une section de canalisation d'essai de 30 m de long, possédant les mêmes spécifications et le même revêtement que l'oléoduc à installer, et que celle-ci soit vérifiée pour y déceler d'éventuels dommages au revêtement et à la section de tuyau. Ceci peut aider à déterminer si un trépan aléueur plus gros ou un autre conditionnement du trou est nécessaire avant de tirer la section entière de la canalisation.

3.6 Soulèvement de la canalisation et rupture

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

3.7 Contrôle de la flottabilité

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

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

4.1 Perte de contrôle du guidage

Les formations de sol meuble ou des changements majeurs dans les propriétés des formations peuvent engendrer des problèmes de guidage. Ces problèmes surviennent lorsque la formation n'offre pas assez de résistance au trépan pour lui permettre d'effectuer un changement de direction. À l'intersection de formations plus dures, comme le sous-sol rocheux, une géologie plus dure, des laminations ou des inclusions peuvent empêcher le trépan de répondre aux commandes de direction à un angle d'incidence peu élevé ou le faire dévier hors limite à un angle d'incidence plus élevé. 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. 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 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, le schiste ou le mudstone peut rétrécir le diamètre du trou de forage et mener à des problèmes de nettoyage du trou ainsi qu'au coincement de la canalisation lors de la procédure de tirage. Les problèmes de gonflement deviendront de plus en plus sévères au fur et à mesure que le trou de forage sera exposé au fluide de forage et que les matériaux y seront exposés. Puisque cette canalisation nécessitera un trou très large et plusieurs alésages, on peut s'attendre à ce que le gonflement potentiel de la géologie devienne réalité. Des additifs pour fluide de forage peuvent être utilisés pour contrôler le gonflement de l'argile, si celui-ci



devient problématique. Le taux de pénétration doit être contrôlé pour permettre à une quantité suffisante de fluide de forage d'être injectée pour transporter les déblais créés à l'avant. Une agitation régulière des déblais pour permettre leur retour en suspension dans le fluide de forage en effectuant des allers-retours avec les trépan aléseurs jusqu'au point d'entrée est essentielle pour le maintien d'un trou de forage ouvert. Du sable, du limon ou du gravier qui se détachent de la paroi sont aussi des causes de coincement de la canalisation. Utiliser un fluide de forage aux propriétés adéquates au maintien d'un trou de forage ouvert et effectuer des passes de nettoyage adéquates avant le 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'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.

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 la géométrie de l'emplacement de la traverse et les conditions d'exploitation de l'oléoduc, le projet de traverse par FDH de la rivière Bras Saint-Nicolas est jugé 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 le gonflement, l'effondrement du trou de forage, la perte de fluide et les pertes par fracturation. La conception et la faisabilité de ce projet de traverse seront réévaluées lorsque l'étude géotechnique sera terminée. Un rapport de faisabilité final et un dessin de conception final seront émis dans la phase d'ingénierie détaillée.

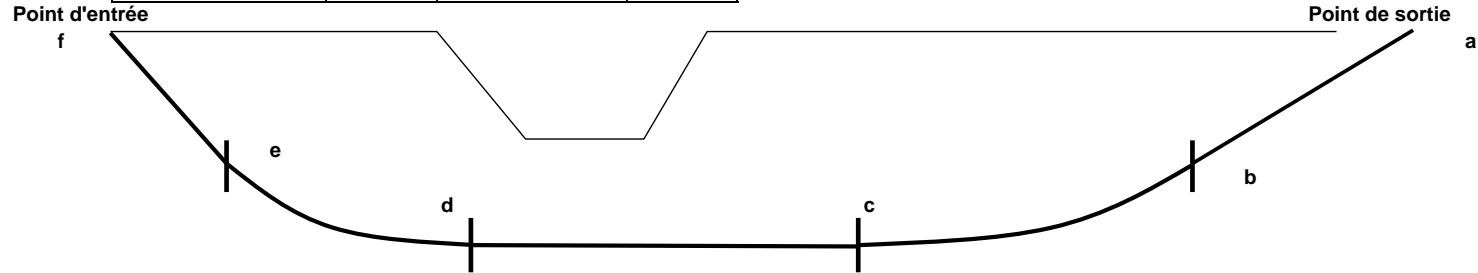


Annexe A

Sommaire des calculs

**543-ENG-123
RIVIÈRE BRAS SAINT-NICOLAS**

Données de conception		Données de tuyau		Données de procédé		Critères de contrainte			
Longueur forée (m)	576.4	Dia. ext. tuyau (mm)	1067.0	PME (kPa)	8746	Contrainte de cisaillement admissible			
Longueur horizontale (m)	571.4	Épais. nominale (mm)	20.2	Pr essai (kPa)	10933	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	98 748	440 838	959	6.61	2.40	29 768	205.2	67.85	15 110	104.2	34.44	36 741	253.3	92.12
Point B	108 486	484 314	15 627	107.74	39.18	29 778	205.3	67.87	15 262	105.2	34.79	36 590	252.3	91.74
Point C	154 118	688 027	15 901	109.63	39.87	29 726	205.0	67.75	15 604	107.6	35.57	36 248	249.9	90.88
Point D	154 118	688 028	15 901	109.63	39.87	29 726	205.0	67.75	15 604	107.6	35.57	36 248	249.9	90.88
Point E	223 777	999 007	16 187	111.60	40.58	29 778	205.3	67.87	15 262	105.2	34.79	36 590	252.3	91.74
Point F	244 189	1 090 131	16 263	112.13	40.77	29 801	205.5	67.93	15 110	104.2	34.44	36 741	253.3	92.12

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

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

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

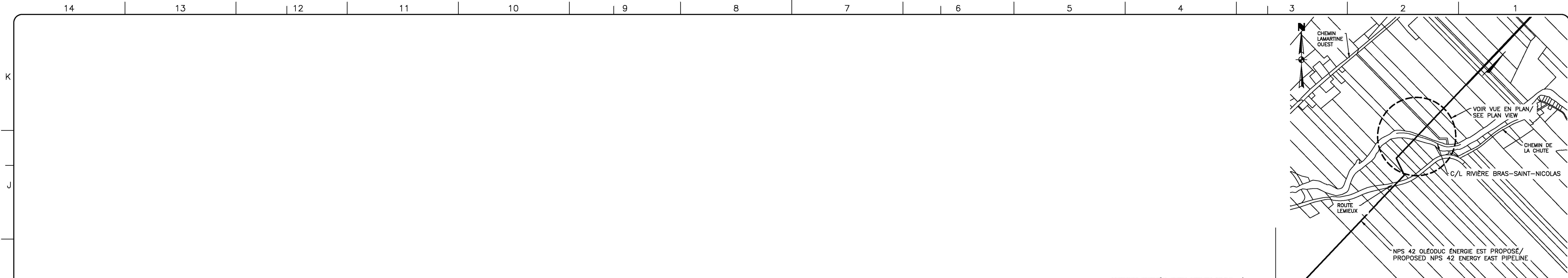
REV.	DATE	DESCRIPTION	SCEAU / ESTAMPE	
A	15 avr. 14	Conception préliminaire		 Engineering Technology Inc. Propriété d'Engineering Technology Inc. (ETI) 24, 12110 - 40 Street SE Ne pas copier, transmettre ou redistribuer Calgary, AB T2Z 4K6 sans le consentement par écrit d'ETI. T. : (403) 319-0443 Permis d'ingénierie de l'APEGA no P8649
B	7 mai 14	Émis pour commentaires		
0	11 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.



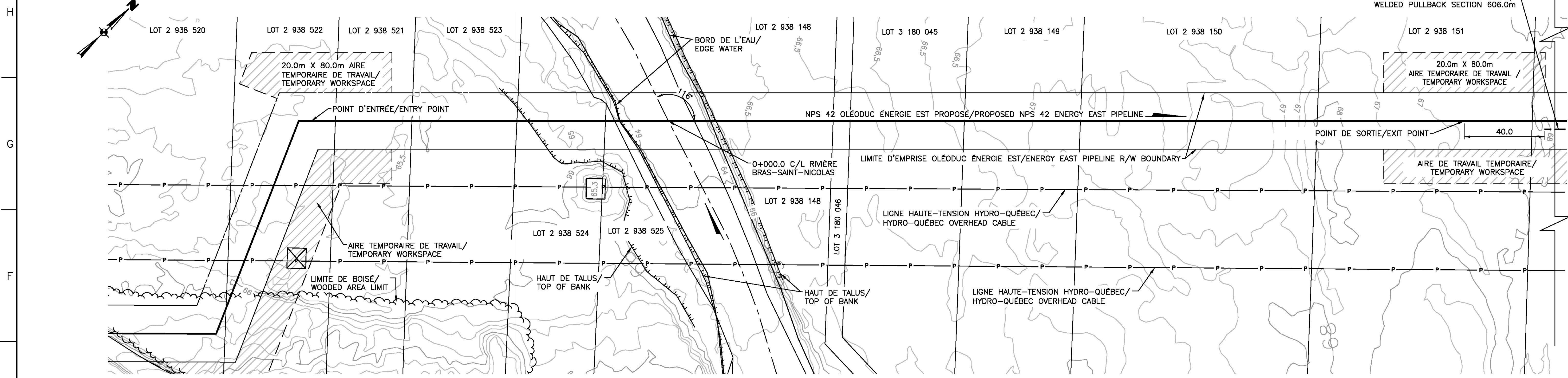
Annexe B

Dessin de conception

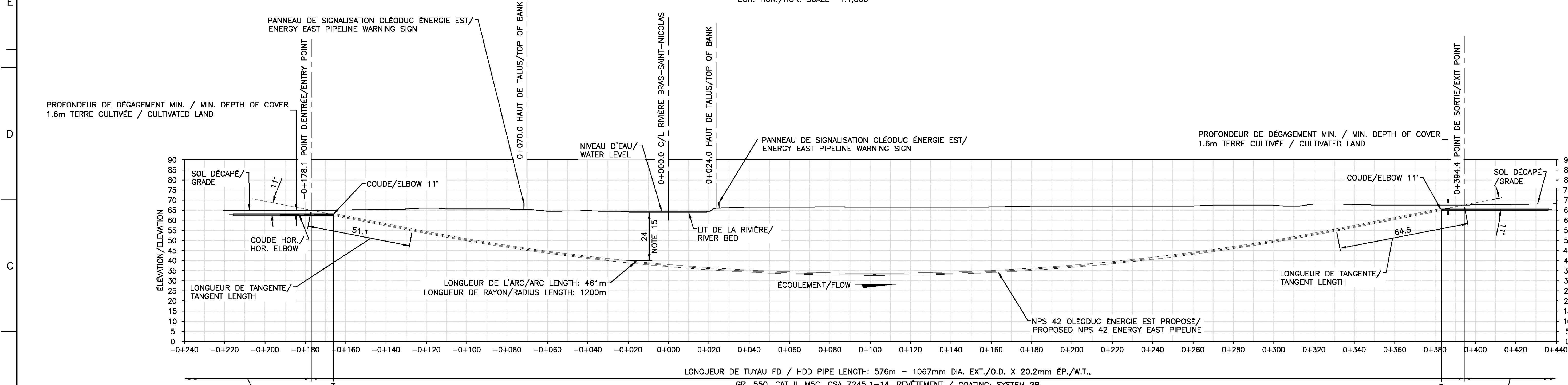


MUNICIPALITÉ DE/MUNICIPALITY OF L'ISLET
 LAT. 47° 03' 39" LONG. -70° 21' 32"
 AU/AT R. RIVIERE BRAS SAINT-NICOLAS
PLAN DE LOCALISATION / LOCATION PLAN
 ÉCHELLE/SCALE 1:10,000

SUITE SUR / CONTINUED ON
 16327-03-ML-03-005B



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



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

DESSINS DE RÉFÉRENCE/REFERENCE DRAWINGS	
DESSIN/DRAWING No	TITRE/TITLE
4930-03-ML-SK-524F	PANNEAU DE SIGNALISATION POUR OLEODUC 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-03-005B	RIVIÈRE BRAS-SAINTE-NICOLAS - TRAVERSE PAR FORAGE DIRECTIONNEL / HDD CROSSING
16327-03-ML-03-006	RIVIÈRE BRAS-SAINTE-NICOLAS - TRAVERSE EN TRANCHEE / TRENCHED CROSSING

REVISION/REVISION			APPROBATION/APPROVAL						
REV/REV	DATE	DESCRIPTION	CODE PROJET/PROJECT CODE	DESSINATEUR/DRAWER	VÉRIFICATEUR/CHECKER	CONCEPTEUR/DESIGNER	VÉRIF. CONCEPTEUR/DESIGN CHK.	CHARGE PROJET/PROJECT MGR	COMPAGNIE/COMPANY
A	2014-03-07	ÉMIS POUR RÉVISION INTERNE / ISSUED FOR INTERNAL REVIEW	2223824	GD	MT	CT/BS	AB	SM	ENTEC
B	2014-04-25	ÉMIS POUR RÉVISION (CLIENT) / ISSUED FOR REVIEW (CLIENT)	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 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 OLEODUC ÉNERGIE EST / ENERGY EAST GENERAL INFORMATION PIPELINE
 F/A 16327 CHAINAGE/CHAINAGE DISCIPLINE/DISCIPLINE 03
 RIVIÈRE BRAS-SAINTE-NICOLAS
 TRAVERSE PAR FORAGE DIRECTIONNEL/HDD CROSSING QUÉBEC
 ÉCH./SCALE T.O.I./A.S. DESSIN/DRAWING 16327-03-ML-03-005A 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 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 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.

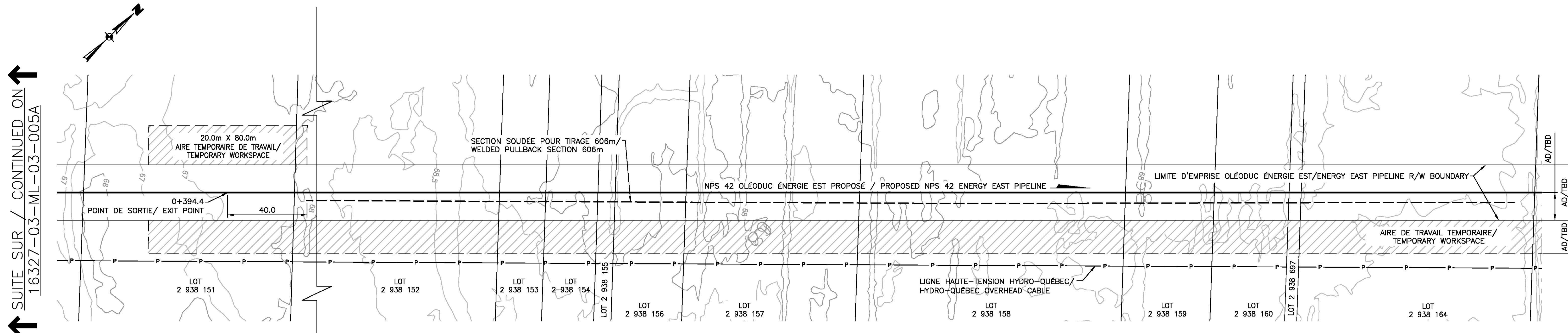
ALIGNEMENT DE LA CONDUITE ET INSTALLATION / PIPE ALIGNMENT AND INSTALLATION:

- 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 DISCRÉTION ET À SES FRAIS, PROPOSER UN PROFIL ALTERNATIF AU MOMENT DE LA SOUMISSION. LES PROPOSITIONS ALTERNATIVES DOIVENT ÊTRE APPROUVÉES PAR TRANSCANADA ET LES AUTORITÉS DE RÉGLEMENTATION CONCERNÉES. / PIPELINE ALIGNMENTS, AS INDICATED ON THE PLAN AND PROFILE, REFLECT ENERGY EAST PIPELINE MINIMUM REQUIREMENTS. THE CONTRACTOR MAY, AT THEIR DISCRETION AND COST, PROPOSE AN ALTERNATIVE PROFILE AT THE TIME OF TENDER, ALTERNATIVE PROPOSALS MUST BE APPROVED BY TRANSCANADA AND APPLICABLE REGULATORY AGENCIES.
- EN AUCUN CAS LA CONDUITE NE PEUT ÊTRE INSTALLÉE À L'EXTÉRIEUR DE L'EMPRISE D'OLÉODUC ÉNERGIE EST. / UNDER NO CIRCUMSTANCES SHALL THE PIPELINE BE INSTALLED OUTSIDE OF THE ENERGY EAST R.O.W.
- LA CONDUITE DOIT ÊTRE MISE EN PLACE SUR LE SOL NATUREL NON-RÉMANIÉ AVEC LA PROTECTION APPROPRIÉE. LES PENTES LATÉRALES D'EXCAVATION TEMPORAIRE DEVRONT RESPECTER LA SPÉCIFICATION DE CONSTRUCTION TES-PROJ-PCS DE TRANSCANADA. / PIPELINE SHALL BE PLACED ON NATURAL, UNDISTURBED SOIL WITH APPROPRIATE PROTECTION. TEMPORARY SIDE SLOPES SHALL MEET TRANSCANADA CONSTRUCTION SPECIFICATION TES-PROJ-PCS.

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

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

SPÉCIFICATIONS DE L'OLÉODUC / PIPELINE SPECIFICATIONS	
1. CONDUITE / LINE PIPE:	1067mm DIA. EXT. / O.D. (NPS 42) x 11.9mm 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 / WELDED
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):	10 933 kPa
8. PRESSION D'OPÉRATION MAX. / MAX. OPERATING PRESSURE:	8 746 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
ÉCH. HOR./HOR. SCALE 1:1,000

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

REVISION/REVISION		APPROBATION/APPROVAL	
REV/REV	DATE	DESCRIPTION	DESCRIPTION
A	2014-03-07	ÉMIS POUR RÉVISION INTERNE / ISSUED FOR INTERNAL REVIEW	2223824 GD MT CT/BS AB SM ENTEC
B	2014-04-25	ÉMIS POUR RÉVISION (CLIENT) / ISSUED FOR REVIEW (CLIENT)	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 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**

Stantec
entec
JOHNSTON-VERMETTE

Energy East Pipeline Ltd.

INFORMATION GÉNÉRALE OLÉODUC ÉNERGIE EST / ENERGY EAST GENERAL INFORMATION PIPELINE

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

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

ÉCH./SCALE T.Q.I./A.S.	DESSIN/DRAWING 16327-03-ML-03-005B	REV/REV D
------------------------	------------------------------------	-----------



Annexe C

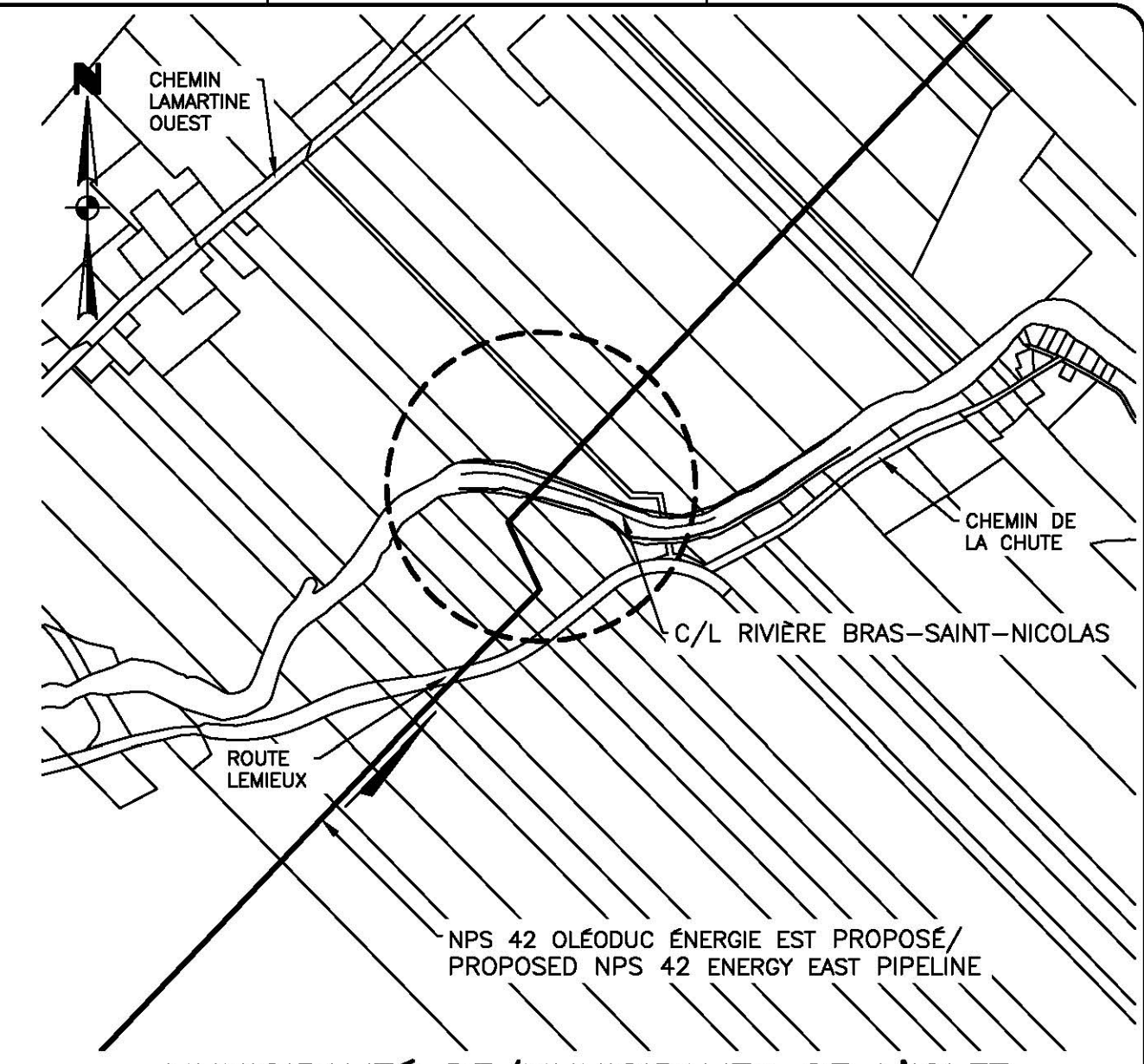
Dessin de traverse alternative

- NOTES:**
ARPENTAGE / SURVEYING:
- TOUTES LES MESURES SONT EN MÈTRES SAUF INDICATION CONTRAIRE. / ALL MEASUREMENTS ARE IN METERS UNLESS OTHERWISE SPECIFIED.
 - TOUTS LES CHAINAGES SONT HORIZONTAUX SAUF INDICATION CONTRAIRE. / ALL CHAINAGES ARE HORIZONTAL UNLESS OTHERWISE SPECIFIED.
- GÉNÉRAL / GENERAL:**
- LA TRAVERSE DEVRA ÊTRE CONSTRUITE ET ÉPROUVÉE EN RESPECTANT AU MINIMUM TOUS LES RÈGLEMENTS FÉDÉRAUX, PROVINCIAUX, MUNICIPAUX ET RÉGIONAUX APPLICABLES. / AS A MINIMUM, THE CROSSING SHALL BE CONSTRUCTED AND TESTED IN ACCORDANCE WITH ALL APPLICABLE FEDERAL, PROVINCIAL, MUNICIPAL AND REGIONAL REGULATIONS.
 - LA CONSTRUCTION DE LA CONDUITE ET LE PROGRAMME D'ESSAIS DE PRESSION HYDROSTATIQUE DOIVENT ÊTRE CONFORMES À LA NORME CSA Z662-11, AUX SPÉCIFICATIONS DE CONSTRUCTION TES-PROJ-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'INGÉNIERIE 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.

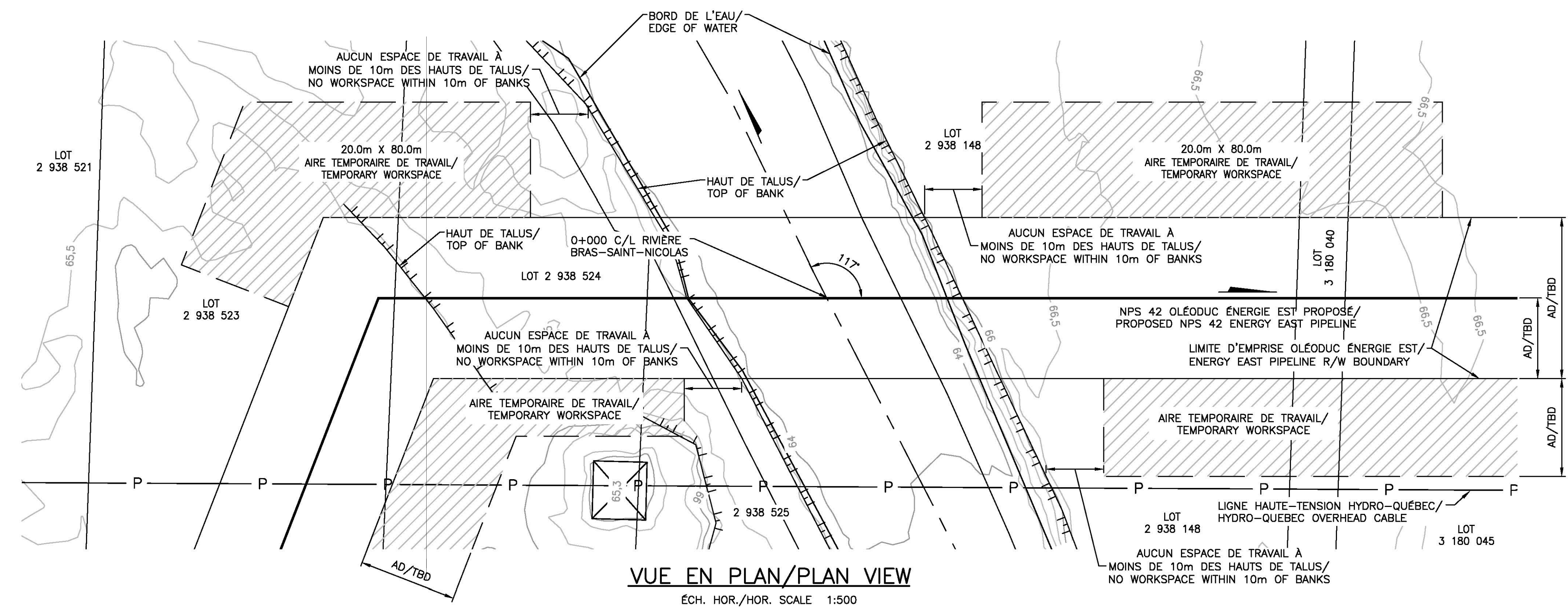
- EN AUCUN CAS LA CONDUITE NE PEUT ÊTRE INSTALLÉE À L'EXTÉRIEUR DE L'EMPRISE D'OLÉODUC ÉNERGIE EST. / UNDER NO CIRCUMSTANCES SHALL THE PIPELINE BE INSTALLED OUTSIDE OF THE ENERGY EAST R.O.W.
- LES ALIGNEMENTS DE LA CONDUITE, TELS QU'INDIQUÉS SUR LE PLAN ET PROFIL, INDIQUENT LES EXIGENCES MINIMALES REQUISES 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'INGÉNIERIE DE DÉTAIL. / DEPTH OF COVER WILL BE FINALIZED DURING THE DETAILED ENGINEERING PHASE.

- GESTION DES DÉBLAIS ET REMBLAIS TEMPORAIRES / SOIL PLACEMENT-TEMPORARY:**
- LES PENTES DU DÉBLAIS 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'AIRe D'ENTREPOSAGE DES DÉBLAIS DOIT ÊTRE NIVÉLÉE POUR S'ASSURER QUE L'EAU NE S'ACCUMULE PAS À LA SURFACE ET QUE LES DÉBLAIS MIS EN TAS N'EMPECHENT PAS L'ÉCOULEMENT DE L'EAU. / SPOIL AREAS SHALL BE GRADED TO ENSURE THE WATER WILL NOT POND ON THE SURFACE OR BE TRAPPED BY THE SPOIL PILE.
- GESTION DES DÉBLAIS ET REMBLAIS PERMANENTS / SOIL PLACEMENT-PERMANENT:**
- 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 GÉLÉE, LA SURFACE GÉLÉE DEVRA ÊTRE SCARIFIÉE POUR FAVORISER L'ADHÉSION ENTRE CELLE-CI ET LE REMBLAI. / BANK MATERIALS MUST BE PERMANENTLY REPLACED IN LAYERS OF 300mm MAXIMUM, AND PROPERLY COMPACTED. THESE MATERIALS MUST BE FREE OF ORGANIC MATTER AND WOODY DEBRIS. PRIOR TO PLACING FILL ON FROZEN SLOPED SURFACES, THESE SURFACES MUST BE SCARIFIED TO MAXIMIZE ADHESION OF MATERIALS.

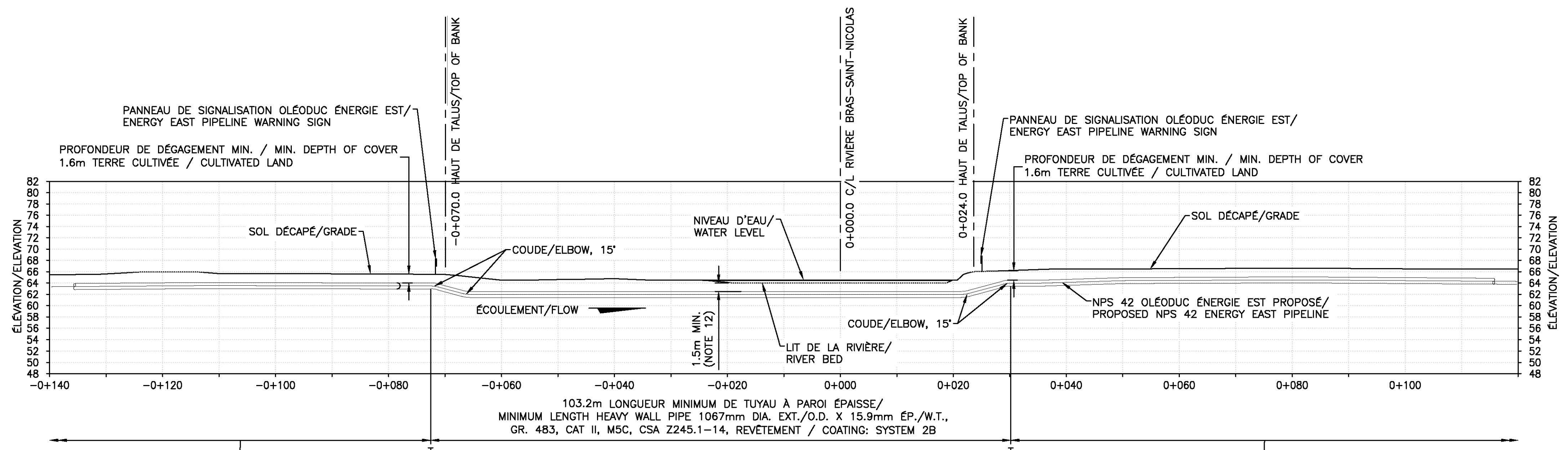
- SI REQUIS, LE REMBLAI DANS LE TALUS DOIT ÊTRE MIS EN PLACE AVEC UNE PENTE MAXIMALE DE 2H:1V POUR OPTIMISER LA STABILITÉ DU TALUS. / IF REQUIRED, THE SOILS IN THE SAG BEND AND BANK AREA SHALL BE PLACED WITH A MAXIMUM SLOPE OF 2H:1V TO OPTIMIZE BANK STABILITY.
 - LORS DE TRAVAUX HIVERNAUX, DES TASSEMENTS 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'INGÉNIERIE DÉTAILLÉE. / BUOYANCY CONTROL WILL BE DETERMINED IN DETAILED ENGINEERING.
- ENVIRONNEMENT / ENVIRONMENTAL:**
- VOIR LES CLAUSES ENVIRONNEMENTALES DÉTAILLÉES (À ÊTRE COMPLÉTÉES À L'INGÉNIERIE DÉTAILLÉE). / SEE DETAILED ENVIRONMENTAL CONDITIONS (TO BE DEFINED IN DETAILED ENGINEERING)



MUNICIPALITÉ DE/MUNICIPALITY OF L'ISLET
 LAT. 47° 03' 39" LONG. -70° 21' 32"
 AU/AT C. RIVIÈRE BRAS SAINT-NICOLAS
PLAN DE LOCALISATION / LOCATION PLAN
 ÉCHELLE/SCALE 1:10,000



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 11.9mm ÉP./W.T. GR. 483, CAT II, M5C, CSA Z245.1-14
- TEMPÉRATURE D'OPÉRATION MAX. / MAX. OPERATING TEMPERATURE: 60°C
- TEMPÉRATURE D'OPÉRATION MIN. / MIN. OPERATING TEMPERATURE: -5°C
- TYPE DE JOINT / TYPE OF JOINT: SOUDÉ / WELDED
- REVÊTEMENT CONDUITE / LINE PIPE COATING: SYSTÈME / SYSTEM 1A
- TUYAU À PAROI ÉPAISSE / HW PIPE: 1067mm DIA. EXT. / O.D. (NPS 42) x 15.9mm ÉP./W.T. GR. 483, CAT II, M5C, CSA Z245.1-14
- MÉTHODE DE TRAVERSE / CROSSING METHOD: TRANCHÉE / TRENCHED
- TEST DE PRESSION MIN. (SECTION DE TRAVERSE)/MIN. TEST PRESSURE (CROSSING SECTION): 10 933 kPa
- PRESSION D'OPÉRATION MAX. / MAX. OPERATING PRESSURE: 8 746 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 3D/TYPICAL DRAWING 3D 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-03-005A	RIVIÈRE BRAS-SAINT-NICOLAS - TRAVERSE PAR FORAGE DIRECTIONNEL / HDD CROSSING
16327-03-ML-03-005B	RIVIÈRE BRAS-SAINT-NICOLAS - TRAVERSE PAR FORAGE DIRECTIONNEL / HDD CROSSING

REVISION/REVISION

REV/REV	DATE	DESCRIPTION
A	2014-03-07	ÉMIS POUR RÉVISION INTERNE / ISSUED FOR INTERNAL REVIEW
B	2014-04-25	ÉMIS POUR RÉVISION (CLIENT) / ISSUED FOR REVIEW (CLIENT)
C	2014-05-16	ÉMIS POUR RÉVISION (CLIENT) / ISSUED FOR REVIEW (CLIENT)
D	2014-08-09	ÉMIS POUR INGÉNIERIE DE BASE / ISSUED FOR FEED

APPROBATION/APPROVAL

CODE PROJET/PROJECT CODE	DESSINATEUR/DRAWER	VÉRIFICATEUR/CHECKER	CONCEPTEUR/DESIGNER	VÉRIF. CONCEPTEUR/DESIGN CHK.	CHARGE PROJET/PROJECT MGR.	COMPAGNIE/COMPANY
2223824	GD	MT	CT	AB	SM	JOHNSTON-VERMETTE
2223824	GD	MT	CT	AB	SM	JOHNSTON-VERMETTE
2229206	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 BRAS-SAINT-NICOLAS
 TRAVERSE EN TRANCHÉE / TRENCHED CROSSING (ALTERNATIVE)
 QUÉBEC

ÉCH./SCALE 1:10,000 DESSIN/DRAWING 16327-03-ML-03-006 REV/REV D