

Annexe 4-35

Étude de faisabilité préliminaire par FDH – Tronçon du Québec Rivière des Outaouais



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

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 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 | 28 avril 2014 | Commentaires de Stantec/JV incorporés, émis pour commentaires du client |
| C | BS | 5 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 des Outaouais 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 ». Selon l'information géotechnique fournie, Entec considère qu'une traverse par FDH de cette rivière à cet emplacement n'est pas faisable. La logique menant à cette conclusion est expliquée dans ce rapport.

2. Caractéristiques de l'emplacement

2.1 Topographie

La traverse proposée est située approximativement 2 km à l'est de Saint-André-Est, au Québec, et à 1 600 m en aval du barrage de Carillon d'Hydro-Québec. La rivière mesure approximativement 730 m de largeur à cet emplacement et est bordée par des terres agricoles généralement plates des deux côtés.

2.2 Conditions souterraines

Quatre trous de forage étaient planifiés à cet emplacement au total. Cependant, après avoir évalué deux trous de forage exécutés sur la rive (QEEP-001 et QEEP-004), Entec en est venue à la conclusion qu'une traverse par FDH n'est pas faisable à cet emplacement; par conséquent, les deux trous de forage supplémentaires sont devenus inutiles. L'information géotechnique des deux trous de forage effectués est présentée dans les tableaux ci-dessous. Des informations géotechniques plus détaillées sont fournies à l'annexe D. Deux trous de forage géotechniques supplémentaires sont prévus à cet emplacement pour évaluer des méthodes de traverse alternatives.



Tableau 1. Trou de forage QEEP-001

| Mètres sous la surface du sol (msss) | Description du sous-sol |
|--------------------------------------|--|
| 0 | |
| | Sable limoneux , un peu de gravier présence de matières organiques |
| 3,1 | |
| | Limon argileux / argile limoneux , traces de sable, raide à très raide |
| 14,2 | |
| | Limon sablonneux , présence de gravier (till), présence probable de galets et de blocs |
| 26,7 | |
| | Dolomie , très fracturée et fissurée, fracture mécanique sur de nombreuses surfaces, sections de roche fragmentée |
| 31,5 | |
| | Schiste dolomitique |
| 31,8 | |
| | Dolomie , massive, fracturée le long des surfaces de joints obliques |
| 32,6 | |
| | Schiste dolomitique |
| 32,8 | |
| | Dolomie , massive, fracturée le long des surfaces de joints obliques |
| 48,7 | |
| | Dolomie , fine |
| 50,8 | |
| | Grès , à grains fins, très oxydé |
| 51,6 | |
| | Dolomie , souvent avec fissures, partiellement argileuse |
| 54,6 | |



Tableau 2. Trou de forage QEEP-004

| Mètres sous la surface du sol (msss) | Description du sous-sol |
|--------------------------------------|---|
| 0 | |
| | Sable limoneux , traces de gravier, présence probable de blocs |
| 9,1 | |
| | Limon argileux , traces de sable, très raide à dur, présence de galets et de blocs entre 20,1 et 22,8 msss |
| 20,1 | |
| | Limon sablonneux , présence de gravier (till), présence de quartz-grès, gneiss, dolomie |
| 28,7 | |
| | Sable , fin, présence de limon, présence de gravier (till) |
| 31,7 | |
| | Sable graveleux , de présence de limon à limoneux (till) |
| 32,2 | |
| | Limon sablonneux / sable limoneux fin , présence de gravier (till), présence de galets et de blocs |
| 37,9 | |
| | Sable limoneux et graveleux (till) , présence de galets et de blocs |
| 40,0 | |
| | Gravier sablonneux et limoneux (till) , présence de galets et de blocs |
| 44,0 | |
| | Sable limoneux fin / limon sablonneux , stratifiés horizontalement |
| 47,1 | |
| | Limon |
| 48,6 | |
| | Limon graveleux et sablonneux et sable limoneux (till) , présence de galets et de blocs |
| 51,5 | |
| | Sable et gravier , d'un peu de limon à limoneux (till), galets en abondance et possibilité de blocs |
| 60,7 | |
| | Limon ou argile (boue) , non-calcaireux, sédiments très fins, présence de fissures obliques |
| 73,0 | |
| | Sable limoneux |
| 74,4 | |
| | Limon / sable limoneux , trace de gravier de quartz-grès |
| 77,6 | |
| | Quartz-grès , quelques fragments homogènes |
| 79,1 | |



3. Considérations sur la conception des FDH

3.1 Contraintes exercées sur la canalisation

La traverse par FDH étant jugée infaisable en raison des conditions géotechniques, cette section est sans objet. Les spécifications de l'oléoduc sont incluses ci-dessous afin de fournir les données de conception.

Tableau 3. Spécifications de l'oléoduc et conditions de procédé

| Propriété | Valeur | Unités |
|---|--------|------------|
| Diamètre extérieur | 1 067 | mm |
| Tolérance d'épaisseur (TÉ) | 0 | % de l'ÉPN |
| Épaisseur de paroi nominale (ÉPN) | 20,2 | mm |
| Grade/Limite élastique minimale spécifiée (LEMS) | 550 | MPa |
| Catégorie | II | S. O. |
| T1 (température de conception minimale) | 5 | °C |
| T2 (température d'exploitation maximale) | 60 | °C |
| Pression maximale d'exploitation (PME) du projet | 8 450 | kPa |
| Pression maximale d'exploitation (PME) spécifique du site | 9 504 | kPa |
| Pression d'essai (PE) | 11 880 | kPa |
| Rayon minimal | 530 | m |
| Rayon de conception | 1 200 | m |

3.2 Géométrie

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

3.3 Gaine de forage

Des matériaux granulaires incluant du sable, du gravier, des galets et des blocs ont été observés à l'emplacement 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. Les techniques d'installation habituelles, utilisant un marteau pneumatique et plusieurs tailles de gaine « télescopique », deviennent très dispendieuses et risquées à une longueur de plus de 100 m (environ 30 m de profondeur verticale à un angle d'entrée de 18 degrés). Cependant, en raison du matériel inadéquat retrouvé fréquemment jusqu'à une profondeur de 60,7 m sous la surface, comme l'indique le trou de forage QEEP-004, Entec considère que l'installation d'une gaine de forage n'est pas réalisable.

3.4 Dimensions de l'équipement

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



3.5 Diamètre du trou de forage

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

3.6 Soulèvement de la canalisation et rupture

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

3.7 Contrôle de la flottabilité

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

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

4.1 Perte de contrôle du guidage

Les formations de sol meuble ou des changements majeurs dans les propriétés des formations peuvent engendrer des problèmes de guidage. Ces problèmes surviennent lorsque la formation n'offre pas assez de résistance au trépan pour lui permettre d'effectuer un changement de direction. À l'intersection de formations plus dures, comme le sous-sol rocheux, une géologie plus dure, des laminations ou des inclusions peuvent empêcher le trépan de répondre aux commandes de direction à un angle d'incidence peu élevé ou le faire dévier hors limite à un angle d'incidence plus élevé. Le trou de forage QEEP-004 a permis de détecter une quantité significative de géologie hétérogène, dont du gravier, des galets, des blocs et des fragments de roches dans une matrice de sable et de limon. Diriger le forage à travers ce genre de géologie serait difficile. 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. On s'attend à ce que plusieurs sections doivent être forées à nouveau pour compléter le trou pilote à cet emplacement.

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; toutes ces caractéristiques ont été observées à l'emplacement de cette traverse. Une petite perte de fluide a été constatée lors du forage du trou QEEP-004 effectué à cet emplacement. Puisqu'il n'est pas possible d'atténuer les risques avec une gaine de forage, il y a une grande probabilité de perte de circulation le long d'un éventuel trou de forage. 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). Une quantité significative de matériaux fissurés ou non consolidés a été observée à cet emplacement. Puisqu'une perte de fluide de forage a été subie pendant l'étude géotechnique, on s'attend à ce qu'il soit difficile de maintenir la circulation lors d'une tentative de FDH à cet emplacement. L'emplacement de cette traverse représente un risque plus élevé de pertes par fracturation en raison du risque élevé de perte de fluide.



4.3 Instabilité du trou de forage

Les points suscitant de l'inquiétude comprennent les zones de sable, de gravier et de galets qui ont été observées fréquemment dans le terrain de couverture profond des trous de forage QEEP-001 et QEEP-004. Les zones de sous-sol rocheux hautement fissuré observées à cet emplacement pourraient agir similairement aux matériaux de terrain de couverture non consolidés et s'effondrer dans le trou de forage. L'effondrement d'un trou de forage peut coincer l'équipement et en causer la perte ainsi que l'abandon du trou. Puisque l'installation d'une gaine de forage est considérée impraticable à cet emplacement et qu'une quantité significative de matériaux non consolidés a été observée, le risque d'effondrement du trou de forage est élevé, ce qui pourrait entraîner l'échec du forage dirigé horizontal en raison du coincement de l'équipement ou de l'oléoduc.

4.4 Infiltration d'eau

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

4.5 Dommages au revêtement ou à la canalisation

Pendant le tirage du tuyau, des déformations ou des objets comme des galets, des blocs ou des morceaux du sous-sol rocheux fracturé peuvent causer des dommages au revêtement de la canalisation. Ce genre de matériaux a été fréquemment observé pendant l'étude géotechnique, augmentant les risques que soient endommagés le revêtement ou l'oléoduc pendant l'installation. Même si le trou de forage est bien nettoyé, des zones d'abrasion élevée seraient probablement toujours présentes dans le trou de forage à cet emplacement.

4.6 Canalisation coincée

Les matériaux non consolidés et les formations non homogènes peuvent causer un coincement de la canalisation en raison de l'effondrement du trou de forage ou d'une géométrie non constante du trou de forage. Du sable, du limon, du gravier, des galets et des blocs qui se détachent de la paroi sont aussi des causes de coincement de la canalisation.

Les zones où la géométrie du trou de forage peut devenir inadéquate pour le tirage de la canalisation sont les zones de transition d'un matériau plus dur à un matériau meuble, comme à la sortie de la gaine, les transitions du sous-sol rocheux au terrain de couverture ou les zones où l'on trouve des obstacles solides comme des galets et des fragments de pierres. La cause la plus commune de canalisation coincée est le contact entre l'aléteur et l'extrémité de la gaine de forage. Ce problème est souvent causé par une surexcavation à l'extrémité de la gaine de forage ou un trou non centré. Cette traverse présente des risques plus élevés pour ce genre de coincements, car il n'est pas possible d'installer une gaine de forage jusqu'au sous-sol rocheux à cet emplacement. Si le trépan aléteur se coincé à l'extrémité de la gaine de forage, l'entrepreneur peut tenter de faire tourner l'aléteur dans la gaine ou de retirer la gaine en conjonction avec le tirage de la canalisation. Exercer une force trop grande sur un trépan aléteur coincé peut mener au bris de la canalisation de forage.

En raison de la présence fréquente de galets et de blocs à cet emplacement, les risques de coincement de l'équipement ou de la canalisation sont plus élevés.

4.7 Usure et défaillance des outils de forage

Une autre considération majeure pour la faisabilité de ce projet est la durée du forage. Le sous-sol rocheux composé de dolomie et de quartz-grès observés à l'emplacement de la traverse offrirait une bonne stabilité au trou de forage et permettrait 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 aléteurs, en plus des taux de progression généralement bas pour la durée principale du forage.



Les galets et les blocs observés à cet emplacement posent aussi un risque plus élevé d'endommagement des outils et canalisations de forage en raison d'un couple de rotation élevé et des collisions contre des matériaux durs dans les formations de till.

4.8 Risques environnementaux

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

4.9 Autres risques à considérer

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

5. Conclusion

La traverse par FDH proposée de la rivière des Outaouais à cet emplacement est jugée techniquement infaisable, en raison de la présence fréquente de galets et de blocs et du sous-sol rocheux profond de piètre qualité. Les matériaux non consolidés présents à cet emplacement sont considérés trop profonds pour être isolés avec une gaine de forage. La traverse serait exposée à des risques de guidage difficile, d'effondrement du trou de forage, de coincement de la canalisation, d'endommagement du revêtement, de perte de fluide et de pertes par fracturation. Procéder à une traverse par FDH à cet emplacement entraînerait probablement des coûts supplémentaires, des retards et un impact environnemental accru, avec une probabilité d'échec élevée. La conception et la faisabilité de la traverse de la rivière des Outaouais à d'autres emplacements sont présentement à l'étude.



Annexe A

Sommaire des calculs

La traverse par FDH étant jugée infaisable en raison de considérations géotechniques, cette annexe est sans objet.



Annexe B

Dessin de conception

La traverse par FDH étant jugée infaisable en raison de considérations géotechniques, cette annexe est sans objet.



Annexe C

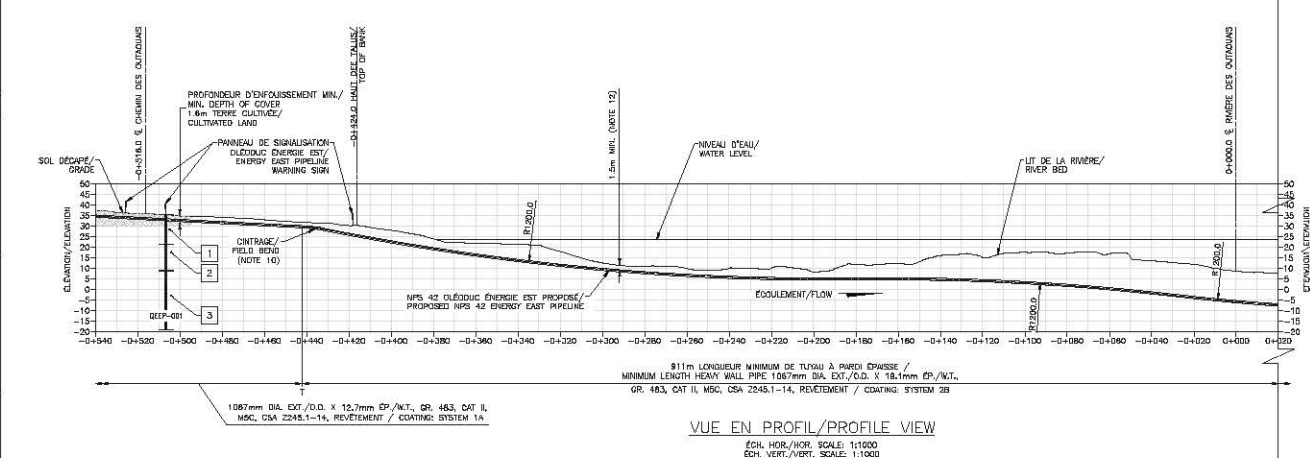
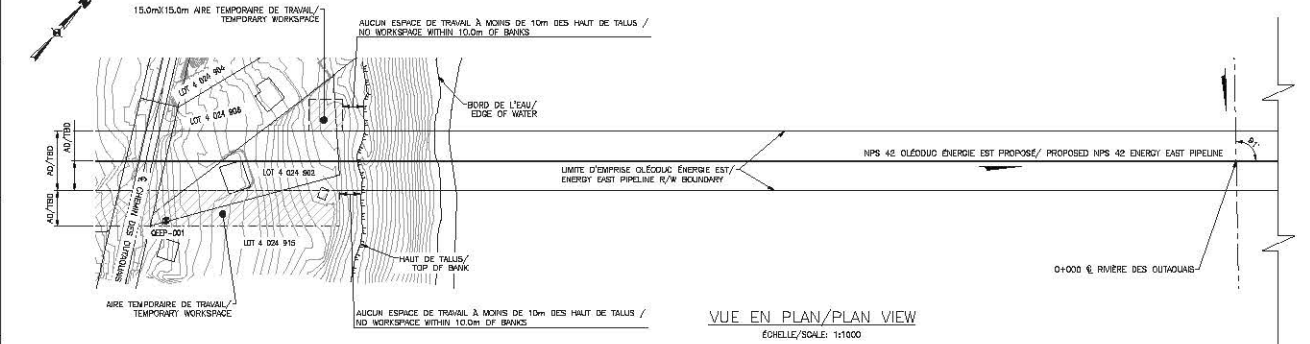
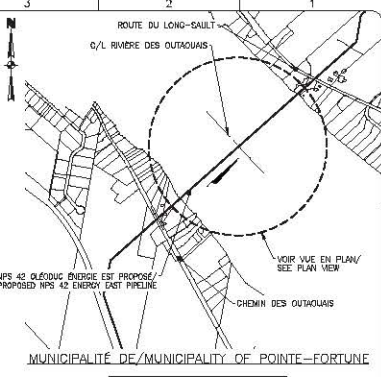
Dessin de traverse alternative

- NOTES:**
ABSTRACTS/RESUMÉ:
 1. TOUTES LES MESURES SONT EN MÈTRES SAUF INDICATION CONTRAIRE. / ALL MEASUREMENTS ARE IN METERS UNLESS OTHERWISE SPECIFIED.
 2. TOUTES LES CHANGEMENTS SONT HORIZONTALS SAUF INDICATION CONTRAIRE. / ALL CHANGES ARE HORIZONTAL UNLESS OTHERWISE SPECIFIED.
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 2462-11, AUX SPÉCIFICATIONS DE CONSTRUCTION TÉS-PROJ-POS ET AUX EXIGENCES DU PERMIS DE TRAVASSER. / PIPELINE CONSTRUCTION AND HYDROSTATIC TESTING PROGRAM SHALL COMPLY WITH CSA 2462-11 STANDARD AND TRANSCANADA CONSTRUCTION SPECIFICATIONS TÉS-PROJ-POS AND MEET REQUIREMENTS IN THE CROSSING AGREEMENTS.
 5. LA MÉTHODE DE TRANCHEE 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:
 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'EMBRASSE D'OLÉODUC ÉNERGIE EST. / UNDER NO CIRCUMSTANCES SHALL THE PIPELINE BE INSTALLED OUTSIDE OF THE ENERGY EAST R.P.W.M.
 8. LES ALIGNEMENTS DE LA CONDUITE, TELS QU'INDIQUÉS SUR LE PLAN ET PROFIL, REMPLISSANT LES EXIGENCES MINIMALES REQUIÈRES 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 RÉGULATION 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 SPÉCIFICATION DE CONSTRUCTION TÉS-PROJ-POS DE TRANSCANADA. / PIPELINE SHALL BE PLACED ON NATURAL UNDISTURBED SOIL WITH APPROPRIATE PROTECTION. TEMPORARY SIDE SLOPES SHALL MEET TRANSCANADA CONSTRUCTION SPECIFICATION TÉS-PROJ-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 «ET»-«QUE»-CONSTRUITS DOIVENT ÊTRE FOURNIS À OLÉODUC ÉNERGIE EST APRÈS L'ACHÈVEMENT DES TRAVAUX. / A FINAL «ET»-«QUE»-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 DÉBRIS D'EXCAVATION DOIVENT ÊTRE CONFORMES AUX NORMES TÉS-PROJ-3333 ET TÉS-PROJ-3303 DE TRANSCANADA ET AUX NORMES LOCALES. / TEMPORARY SPOIL SLOPE FROM EXCAVATION SHALL CONFORM TO TRANSCANADA SPECIFICATIONS TÉS-PROJ-3333, TÉS-PROJ-3303 AND LOCAL REQUIREMENTS.
 14. L'UNE D'ENTREPRISE DES DÉBRIS DOIT ÊTRE INCLINÉE POUR S'ASSURER QUE L'EAU NE S'ACCUMULE PAS À LA SURFACE ET QUE LES DÉBRIS NE S'EN DÉMÈCHENT 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 PILE.
GESTION DES DÉBRIS ET REMBLAIS PERMANENTS/SOIL PLACEMENT-PERMANENT:
 15. LA TRANCHEE DE LA CONDUITE TRANSCRIBANT LE COURS D'EAU DOIT ÊTRE REEMPLISSÉE 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 DOBMENT COMPACTÉES. CES MATÉRIAUX DOIVENT ÊTRE EXEMPTS DE MATIÈRES ORGANIQUES ET DE DÉBRIS LIÉGÈUX. AVANT LE REEMPLISSAGE SUR UNE SURFACE EN PENTE SÈCHE, LA SURFACE GÈLEUSE 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 WOODY DEBRIS. PRIOR TO FILLING 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 2H: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 2H:1V TO OPTIMIZE BANK STABILITY.
 18. LORS DE TRAVAUX HIVERNAUX, DES TASSEMENTS CONSIDÉRABLES PEUVENT SE PRODIGER DANS LES BERGES. LES TASSEMENTS DOIVENT ÊTRE CORRIGÉS PAR 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 GRADDED 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 DÉTAILLÉ. / BUOYANCY CONTROL WILL BE DETERMINED IN DETAILED ENGINEERING.
EMBIEMENT/ENVIRONMENTAL:
 20. VOIR LES CLAUSES ENVIRONNEMENTALES DÉTAILLÉES (À ÊTRE COMPLÉTÉES À L'INGÉNIEUR DÉTAILLÉ). / SEE DETAILED ENVIRONMENTAL CONDITIONS (TO BE DERIVED IN DETAILED ENGINEERING)



SUITE SUR / CONTINUED ON
 4930-03-ML-03-002B

SPÉCIFICATIONS DE L'OLÉODUC / PIPELINE SPECIFICATIONS

- CONDUITE / LINE PIPE: 1067mm DIA. EXT. / O.D. (NPS 42) X 12.7mm EP./W.T. OR 463, CAT II, MSC CSA 2245.1-14
- TRAVAIL À PAROI ÉPAISSE / HI PIPE: 1067mm DIA. EXT. / O.D. (NPS 42) X 19.1mm EP./W.T. OR 463, CAT II, MSC CSA 2245.1-14
- TEMPÉRATURE D'OPÉRATION MAX. / MAX. OPERATING TEMPERATURE: 80°C
- TYPE DE JOINT / JOINT TYPE: SOUDE / WELDED
- REVÊTEMENT COUVERTURE / LINE PIPE COATING: SYSTÈME / SYSTEM 1A
- TRAVAIL À PAROI ÉPAISSE / HI PIPE: SYSTÈME / SYSTEM 2B
- MÉTHODE DE TRANCHEE / CROSSING METHOD: TRANCHEE / TRENCH
- TEST DE PRESSION MIN. (SECTION DE TRANCHEE)/MIN. TEST PRESSURE (CROSSING SECTION): 11 850 kPa
- PRESSION D'OPÉRATION MAX. / MAX. OPERATING PRESSURE: 8 504 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

RAPPORT DE FORAGE / BOREHOLE LOG

| No. FORAGE / BOREHOLE No. | REPÈRE / TAG | DESCRIPTION |
|---------------------------|--------------|--|
| 1 | | SILT ARGILEUX / CLAYEY SILT |
| 2 | DEEP-001 | SILT SABLEUX (PRÉSENCE PROBABLE DE BLOCS ET DE CALCAIRE) / SANDY SILT (PROBABLE PRESENCE OF BOULDERS AND BOULDERS) |
| 3 | | ROC FRACTURÉ IDOLIME / FRACTURED ROCK DOLOSTONE |

DESSINS DE RÉFÉRENCE/REFERENCE DRAWINGS

| DESSIN/DRAWING NO | TITRE/TITLE |
|----------------------|---|
| 4930-03-ML-01-52F | PANNEAU DE SIGNALISATION POUR OLÉODUC À HAUTE PRESSION/HI PRESSURE OIL PIPELINE WARNING SIGN |
| 4930-03-ML-01-51F | SYSTÈME TYPIQUE DE TRANCHEE DE TALLUS/PIPE TRANSECTION DETAIL |
| 9705-03-ML-01-600F | MONTAGE TYPIQUE DE PROTECTION CATHODIQUE (COURANT IMPOSÉ) / TYPICAL CATHODIC PROTECTION ASSEMBLY (IMPRESSIONED CURRENT) |
| 9705-03-ML-01-600F | MONTAGE TYPIQUE DE PROTECTION CATHODIQUE (COURANT IMPOSÉ) / TYPICAL CATHODIC PROTECTION ASSEMBLY (IMPRESSIONED CURRENT) |
| 9705-03-ML-01-103LFR | PANNEAU TEMPORAIRE AVEC BARRIÈRE / TEMPORARY FLAG BARRIER CROSSING |
| 9705-03-ML-01-111LFR | TRANCHEE DE COURS D'EAU AVEC BARRIÈRE / PLUME WATERCOURSE CROSSING |
| 9705-03-ML-01-112LFR | TRANCHEE DE COURS D'EAU PAR BARRIÈRE ET POMPE / DAM AND PUMP WATERCOURSE CROSSING |
| 4930-03-ML-03-002B | TRANCHEE DES OUTAOUAIS - TRANCHEE EN TRANCHEE / TRENCH CROSSING |

RÉVISION/REVISION

| REV. / REV. | DATE | DESCRIPTION |
|-------------|------------|---|
| A | 2014-03-31 | ENVOI POUR RÉVISION (INTERNE A3) / ISSUED FOR REVIEW (INTERNAL A3) |
| B | 2014-04-04 | ENVOI POUR RÉVISION (INTERNE AUTRES) / ISSUED FOR REVIEW (INTERNAL SYSTEMS) |
| C | 2014-04-28 | ENVOI POUR RÉVISION (CLIENT) / ISSUED FOR REVIEW (CLIENT) |
| D | 2014-05-14 | ENVOI POUR RÉVISION DE BASE / ISSUED FOR FEED |
| E | 2014-08-09 | RÉVISION POUR INGÉNIEURIE DE BASE / REVISION FOR FEED |

APPROBATION/APPROVAL

| DESIGNER | CHECKED | APPROVED | DATE |
|----------|---------|----------|------|
| 216745 | JML | AS | MS |
| 216745 | JML | CS | MS |
| 216745 | JML | OS | MS |
| 216745 | JML | OS | MS |
| 223944 | JML | OS | MS |
| 223944 | JML | CS | MS |
| 223944 | JML | OS | MS |

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

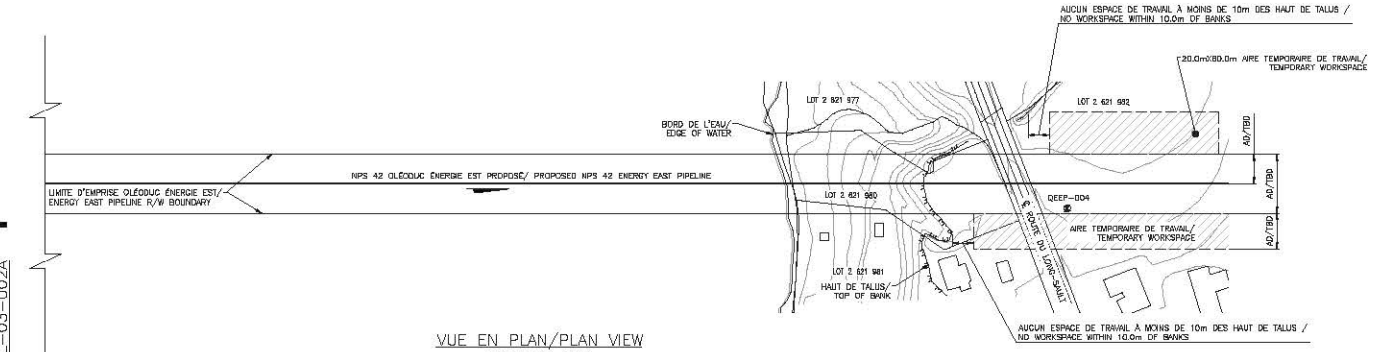
REV/REV DATE: / DATE
 PERMIS/PERMIT No. / NO.

Energy East Pipeline Ltd.
 INFORMATION GÉNÉRALE OLÉODUC ÉNERGIE EST / ENERGY EAST GENERAL INFORMATION PIPELINE
 FSA 4930
 CHEMIN/DRIVEWAY: / DESIGN/PLAN: 002B
RIVIÈRE DES OUTAOUAIS / TRENCHED CROSSING QUÉBEC
 REV/SCALE: / ÉCH. / ORIGINAL/DRIVING: 4930-03-ML-03-002A
 REV/REV: / DATE: / DATE

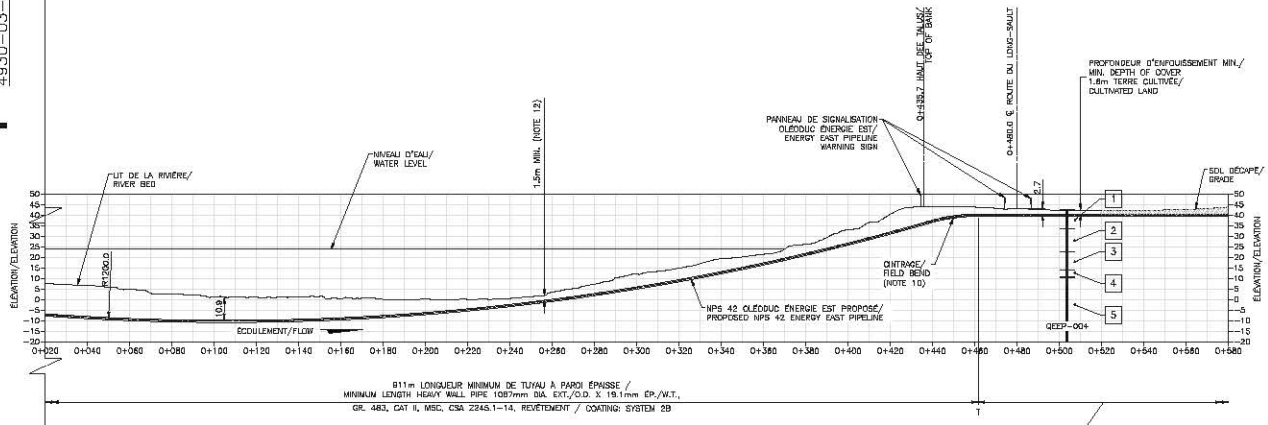
K
J
H
G
F
E
D
C
B



SUITE SUR / CONTINUED ON
4930-03-ML-03-002A



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



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

| RAPPORT DE FORAGE / BOREHOLE LOG | | |
|----------------------------------|--------------|--|
| No. FORAGE / BOREHOLE No. | REPÈRE / TAG | DESCRIPTION |
| QEEP-004 | 1 | SABLE SILTEUX GRIS TRACES DE GRAVER / SILTY GREY SAND TRACES OF GRAVEL |
| | 2 | SILT ARGILEUX GRIS TRACES DE SABLE / SILTY GREY CLAY TRACES OF SAND |
| | 3 | SABLE SILTEUX GRIS / GREY SILTY SAND |
| | 4 | SABLE FIN GRIS-BEIGE / FINE GREY-BEIGE SAND |
| | 5 | SABLE GRAVELEUX GRIS-BEIGE / GREY-BEIGE GRAVELLY SAND |

| DESSIN/DRAWING No | TITRE/TITLE |
|----------------------|--|
| 4930-03-ML-03-52F | PANNEAU DE SIGNALISATION POUR QUATAUJACS A HAUTE PRESSION/ HIGH PRESSURE OIL PIPELINE WARNING SIGN |
| 4930-03-ML-03-51F | SIGNAL TYPIQUE DE TRAVERSÉE DE TUNNEL TYPICAL PIPE TRANSMISSION DETAIL |
| 9706-03-ML-03-908F | SYMBOLA TRAVERSÉE DE TUNNEL PROTECTION CONTRE L'ÉCRASMENT / BATTERSCHIRM BUNKER PROTECTION |
| 9709-03-ML-03-103LFR | PORCEAU TEMPORAIRE AVEC BARRÉ / TEMPORARY FLUME DIVERGENT CROSSING |
| 9709-03-ML-03-111LFR | TRAVERSÉE DE COURS D'EAU AVEC BARRÉ / FLUME WATERCOURSE CROSSING |
| 9709-03-ML-03-112LFR | TRAVERSÉE DE COURS D'EAU PAR BARRETE ET POMPEUSE / DAM AND PUMP WATERCOURSE CROSSING |
| 4930-03-ML-03-009A | TRANCÉE DES QUATAUJACS - TRAVERSÉE EN TRANCÉE / TRENCHED CROSSING |

| RÉVISION/REVISION | | DESCRIPTION | |
|-------------------|------------|---|---|
| REV/REV | DATE | NOUS POUR RÉVISION (INTERNE A3) / ISSUED FOR REVISION (INTERNAL A3) | REVISÉ POUR RÉVISION (OPÉRATIONNEL) / ISSUED FOR REVISION (OPERATIONAL) |
| A | 2014-03-31 | ENIS POUR RÉVISION (INTERNE A3) / ISSUED FOR REVISION (INTERNAL A3) | |
| B | 2014-04-04 | ENIS POUR RÉVISION (OPÉRATIONNEL) / ISSUED FOR REVISION (OPERATIONAL) | |
| C | 2014-04-28 | ENIS POUR RÉVISION (OPÉRATIONNEL) / ISSUED FOR REVISION (OPERATIONAL) | |
| D | 2014-05-14 | ENIS POUR RÉVISION DE BASE / ISSUED FOR REVISION | |
| E | 2014-08-09 | RÉSERVÉ POUR RÉVISION DE BASE / RESERVED FOR REVISION | |

| APPROBATION/APPROVAL | | | | | | | | | | | |
|----------------------|------------|-------------|-------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| DESIGNER | CHECKED BY | DESIGNED BY | REVIEWED BY | DATE | DATE | DATE | DATE | DATE | DATE | DATE | DATE |
| 2167445 | JML | AS | MG | JN | GP | DATE | DATE | DATE | DATE | DATE | DATE |
| 2167445 | JML | AS | MG | JN | GP | DATE | DATE | DATE | DATE | DATE | DATE |
| 2167445 | JML | AS | MG | JN | GP | DATE | DATE | DATE | DATE | DATE | DATE |
| 2238444 | JML | AS | MG | JN | GP | DATE | DATE | DATE | DATE | DATE | DATE |
| 2238444 | JML | AS | MG | JN | GP | DATE | DATE | DATE | DATE | DATE | DATE |

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

REV/REV DATE PERMIS/PERMIT No:

Stantec

Energy East Pipeline Ltd.

RIVIÈRE DES QUATAUJACS
TRAVERSÉE EN TRANCÉE / TRENCHED CROSSING
QUÉBEC

REV/SCALE
T.1 / 1:5

ORIGINA/ORIGINAL
4930-03-ML-03-002B

REV/REV
E



Annexe D











Information géotechnique

Annexe C – Rivière des Outaouais

C1. 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 % | | |

Forage N° : QEEP-001
Dossier : PLUS-00026280-045500

Projet : Oléoduc Énergie Est - Exploration géotechnique
Traverses de rivières majeures
Endroit : Rivière des Outaouais
Foreur : Forages S.L.
Date du forage : 2014-02-05

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

Coordonnées géographiques
Latitude : 45.5545°
Longitude : -74.3724°

Niveau de référence
Géodésique

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)

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

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

| Prof. | | Coupe stratigraphique | | Échantillons | | | | | Odeur | Essais | | Graphique | | | | | | | | | | |
|-------|----|-----------------------|---|--------------|-----|------|-----------|--------|---------|--------|---------|-----------|---------|----|-----|----|----|----|----|----|-----|--|
| pi | m | Élév. Prof. | Description | Strat. | Eau | État | Type - No | Réc. % | N / RQD | FABILE | MOYENNE | FORTE | Essais | Cu | Cur | Nc | 20 | 40 | 60 | 80 | 100 | |
| | | 0.00 | Niveau actuel du sol Sable silteux, un peu de gravier. Présence de matières organiques. Compacité moyenne. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 10 | 32.40 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 3 | 3.12 | Silt argileux à argile silteuse gris, traces de sable. Consistance raide à très raide. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 15 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 6 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 7 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 25 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 8 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 9 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 30 | | | | | | | | | | | | AG, Sed | | | | | | | | | |
| | 10 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 35 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Remarques :

NOTE : CE RAPPORT DE FORAGE EST UNE REPRÉSENTATION DES CONDITIONS DE SOLS ET D'EAU SOUTERRAINE, INTERPRÉTÉE SELON LA PRATIQUE COURANTE, ET NE S'APPLIQUE QU'À L'EMPLACEMENT DE CE SONDAJE 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-001
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 | |
| | | 8.85 | | | | X | | | | | | | | | | | | | | |
| 27 | | 26.67 | Socle rocheux : Dolomie grise massive, fissurée. Surface très fracturée. | | | | CR-22 | 100 | 0 | | | | | | | | | | | |
| 90 | | | Présence de sable de 26,98 à 27,23 mètres de profondeur. Devenant très dure à litage horizontal, gris foncé. Fractures mécaniques le long de nombreux joints. Roc fracturé à 27,60 m sur 15 cm. | | | | CR-23 | 51 | 8 | | | | | | | | | | | |
| 28 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 95 | | | Légèrement argileux de 28,90 à 29,40 m, fracturée. Veines et fissures finement cristallines. | | | | CR-24 | 100 | 0 | | | | | | | | | | | |
| 29 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 30 | | | Roc fracturé mécaniquement le long des joints de 29,86 à 30,18 m. | | | | CR-25 | 80 | 18 | | | | | | | | | | | |
| 100 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 31 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 105 | | 4.02 | Shale dolomitique. | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 32 | | 31.50 | Dolomie massive grise fracturée le long des joints (mécaniques). | | | | CR-26 | 81 | 19 | | | | | | | | | | | |
| | | 3.77 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 33 | | 31.75 | Shale dolomitique. | | | | CR-27 | 100 | 55 | | | | | | | | | | | |
| | | 2.88 | Dolomie massive grise, fracturée le long de joints obliques jusqu'à 33,30 mètres de profondeur. De 33,45 à 33,65 m : Présence de pyrite disséminée et dépôts de sulfates le long du litage. | | | | CR-28 | 56 | 0 | | | | | | | | | | | |
| 34 | | 32.64 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 2.77 | | | | | CR-29 | 92 | 41 | | | | | | | | | | | |
| 35 | | 32.75 | Litage horizontal. Présence de lits de shale dolomitique à 35,40 m (5 cm) et à 35,70 m (15 cm). | | | | CR-30 | 88 | 0 | | | | | | | | | | | |
| 110 | | | Devient gréseuse à grains fins, massive, fracturée le long de joints subverticaux et obliques. | | | | CR-31 | 100 | 71 | | | | | | | | | | | |
| 36 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 115 | | | Lit de 7 cm de shale dolomitique et sulfates à 37,75 mètres de profondeur. À 37,90 m; séquence de lits massifs de grès dolomitique et/ou dolomie gréseuse. Présence de pores de dissolution et fissures subverticales. De 38,80 à 38,90 m : Lit de shale. | | | | CR-32 | 93 | 64 | | | | | | | | | | | |
| 37 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 120 | | | | | | | CR-33 | 96 | 24 | | | | | | | | | | | |
| 38 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 125 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 39 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 130 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 40 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 41 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

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



RAPPORT DE FORAGE

Forage N° : QEEP-001
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 | |
| | | | dolomitique (dolomie gréseuse) massif, fissuré verticalement avec quelques interlits de 5-10 cm de shale dolomitique. | | | | CR-34 | 89 | 57 | | | | | | ✗ | | | | | |
| 42 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 140 | | | Alternance de grès - dolomie jusqu'à 43,31 mètres de profondeur. Rare shale (1 lit de 5 cm à 42,54 m). | | | | CR-35 | 100 | 60 | | | | | | | | | | | |
| 43 | | | À 43,31 m : Shale noir dolomitique fissile. Présence de pyrite, oxydation et sulfatation sur 40 cm. | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 44 | | | À partir de 43,76 m : Dolomie cristalline très fine, gris clair, contenant de nombreuses veines et fissures oxydées. Pyrite en placages, zones de dissolution poreuses de 43,86 à 44,26 m, de 45,20 à 45,54 m et de 45,80 à 46,00 m. | | | | CR-36 | 93 | 46 | | | | | | | | | | | |
| 145 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 45 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 150 | | | À 45,75 m : Mince lit de grès dolomitique gris-beige (3 cm). | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 46 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 47 | | | La dolomie cristalline à grain fin change graduellement à un grès dolomitique massif brun à environ 46,90 mètres de profondeur. Présence de stylolites espacées. | | | | CR-37 | 100 | 77 | | | | | | | | | | | |
| 155 | | | Cavité oxydée à 47,35 mètres de profondeur (sur 7 cm). | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 48 | | | À 47,40 m : Fissure oxydée subverticale. | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 160 | | | Lits de shale dolomitique fissiles à 47,55 m (5 cm), 47,77 m (5 cm), 47,97 m (10 cm) et 48,54 m (15 cm). | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 49 | | -13.18 48.70 | Dolomie cristalline à grain fin gris clair, peu oxydée. | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 165 | | | À 49,76 m : Transition de 70 cm de la dolomie grise à un grès fin brun à brun foncé. | | | | CR-38 | 100 | 87 | | | | | | | | | | | |
| 50 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 51 | | -15.23 50.75 | Grès brun clair, très oxydé, peu consolidé. | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 170 | | | Dolomie grise fissurée, parfois argileuse. | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 52 | | -16.06 51.58 | | | | | CR-39 | 87 | 65 | | | | | | | | | | | |
| 175 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 53 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 54 | | -18.26 53.78 | Dolomie grise fissurée parfois argileuse. 8 cm de shale suivi de 35 cm de grès brun. Terminé par 40 cm de dolomie grise oxydée. | | | | CR-40 | 100 | 37 | | | | | | | | | | | |
| 180 | | | Fin du forage à 54,6 mètres de profondeur. | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 55 | | -19.12 54.64 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 56 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |



RAPPORT DE FORAGE

Forage N° : QEEP-004
Dossier : PLUS-00026280-045500

Projet : Oléoduc Énergie Est - Exploration géotechnique
Traverses de rivières majeures
Endroit : Rivière des Outaouais
Foreur : Forages S.L.
Date du forage : 2014-01-14

Compilé par : M. Létourneau
Technicien : L. Lhémy
Approuvé par : V. Boivin
Date du rapport : 2014-02-24

Coordonnées géographiques
Latitude : 45.5606°
Longitude : -74.3628°

Niveau de référence
Géodésique

Niveau d'eau

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

Type d'échantillon

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

État de l'échantillon

- Remanié
- Intact
- Perdu
- Forage au diamant

Graphique

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

| Prof. | | Coupe stratigraphique | | Échantillons | | | | Odeur | | Essais | | Graphique | | | | | | | | |
|-------|---|-----------------------|--|--------------|-----|------|-----------|--------|---------|--------|---------|-----------|----------------|-----------|----|----|----|----|-----|--|
| pi | m | Élév. Prof. | Description | Strat. | Eau | État | Type - No | Réc. % | N / RQD | FABILE | MOYENNE | FORTE | Essais | Cu Cur Nc | 20 | 40 | 60 | 80 | 100 | |
| | | 0.00 | Niveau actuel du sol | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 42.66 | Sable silteux brun, traces à un peu de gravier. Compacité généralement moyenne. | | | | CF-1 | 71 | 5 | | | | | | | | | | | |
| 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | CF-2 | 67 | 25 | | | | | | | | | | | |
| 10 | | | Deviend saturé vers 2,9 mètres de profondeur. | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | CF-3 | 71 | 50 | | | | | | | | | | | |
| 4 | | | Présence probable de blocs à 4,0 mètres de profondeur. | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 15 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | CF-4 | 42 | 12 | | | | | | | | | | | |
| 20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | | | | | | | CF-5 | 46 | 25 | | | | K = 4,4E-7 m/s | | | | | | | |
| 7 | | | Deviend gris vers 7,0 mètres de profondeur. | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 25 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | | | Présence probable de blocs entre 7,9 et 8,5 mètres de profondeur. | | | | CF-6 | 54 | 27 | | | | | | | | | | | |
| 30 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9 | | 33.52 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 9.14 | Silt argileux gris, traces de sable (till). Saturé. Consistance très raide à dure. | | | | CF-7 | 42 | 31 | | | | | | | | | | | |
| 10 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 35 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 11 | | | Perte partielle de l'eau de forage à 10,7 mètres de profondeur. | | | | CF-8 | 88 | 27 | | | | AG, Sed | | | | | | | |
| 12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 40 | | | | | | | CF-9 | 100 | 24 | | | | | | | | | | | |

Remarques :



RAPPORT DE FORAGE

Forage N° : QEEP-004
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 | |
| 45 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 14 | | | | | | | CF-10 | 100 | 27 | | | | | | | | | | | |
| 15 | | | | | | | CF-11 | 100 | 18 | | | | | | | | | | | |
| 50 | | | | | | | CF-12 | 100 | 32 | | | | | | | | | | | |
| 16 | | | | | | | CF-13 | 100 | 38 | | | | | | | | | | | |
| 55 | | | | | | | CF-14 | | R | | | | | | | | | | | |
| 17 | | | Présence de blocs et de cailloux entre 20,1 et 22,8 mètres de profondeur. Présence de blocs à partir de 22,8 mètres de profondeur. | | | | CR-15 | 45 | 0 | | | | | | | | | | | |
| 18 | | | | | | | CR-16 | 42 | 0 | | | | | | | | | | | |
| 60 | | | | | | | CF-17 | 58 | R | | | | | | | | | | | |
| 19 | | | | | | | CR-18 | 30 | 0 | | | | | | | | | | | |
| 65 | | | | | | | CR-19 | 100 | 0 | | | | | | | | | | | |
| 20 | | 22.54 20.12 | Silt sableux gris, un peu de gravier (till). Présence de blocs de grès quartzeux, gneiss, dolomie. | | | | CF-20 | 100 | 66 | | | | | | | | | | | |
| 21 | | | | | | | CF-21 | 100 | R | | | | | | | | | | | |
| 70 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 22 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 75 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 23 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 24 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 80 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 25 | | | Fragments de roc (dolomie grise, grès quartzeux, gneiss) entre 24,87 et 25,60 mètres de profondeur. | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 85 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 26 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 27 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 90 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 28 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 95 | | 14.01 28.65 | Sable fin gris-beige, un peu de silt, un peu de gravier (till). | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 29 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

K = 2,0E-6 m/s



RAPPORT DE FORAGE

Forage N° : QEEP-004
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 | |
| 30 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 100 | | | | | | | CF-22 | 29 | R | | | | | | | | | | | |
| 31 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 105 | | 10.96 31.70 | Sable graveleux gris-beige, un peu de silt à silteux (till). | | | | CF-23 | 100 | R | | | | | | | | | | | |
| 32 | | 10.50 32.16 | Silt sableux ou sable fin silteux gris à brun clair, un peu de graiver (till). | | | | CR-24 | 31 | | | | | | | | | | | | |
| 33 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 110 | | | Présence d'un bloc ou caillou de gneiss à 34,05 mètres de profondeur. | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 34 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 115 | | | | | | | CR-25 | 38 | | | | | | | | | | | | |
| 36 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 120 | | | Présence de cailloux de grès quartzeux et dolomie à 36,55 mètres de profondeur. | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 37 | | | Till devenant plus silteux et brun clair vers 36,95 mètres de profondeur. | | | | CR-26 | 73 | | | | | | | | | | | | |
| 125 | | 4.76 37.90 | Sable silteux, graveleux brun clair (till). Présence de cailloux et blocs de calcaire, dolomie, grès, etc. | | | | CR-27 | 92 | | | | | | | | | | | | |
| 39 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 130 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 40 | | 2.66 40.00 | Gravier sableux et silteux brun (till). Présence de cailloux et de blocs de grès et dolomie en majorité. | | | | CR-28 | 60 | | | | | | | | | | | | |
| 41 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 135 | | | | | | | CR-29 | 22 | | | | | | | | | | | | |
| 42 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 140 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 43 | | | | | | | CR-30 | 35 | | | | | | | | | | | | |
| 44 | | -1.34 44.00 | Sable fin silteux à silt sableux brun-beige, laminé horizontalement. | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 145 | | | | | | | CR-31 | 42 | | | | | | | | | | | | |
| 45 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 150 | | | | | | | CR-32 | 31 | | | | | | | | | | | | |
| 46 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |



RAPPORT DE FORAGE

Forage N° : QEEP-004
Dossier : PLUS-00026280-045500

| Prof. pi m | Coupe stratigraphique | | | Strat. | Échantillons | | | | | Odeur | | Essais | | Graphique | | | | |
|------------------|-----------------------|---|--|--------|--------------|-------|--------------|--------|------------|----------------------------|--------|-----------------|----|-----------|----|----|-----|--|
| | Élév. Prof. | Description | | | Eau | État | Type - No | Réc. % | N / RQD | FAIBLE MOYENNE FORTE | Essais | Cu Cur Nc | 20 | 40 | 60 | 80 | 100 | |
| 47 | -4.44 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 155 | 47.10 | Silt brun-beige, devenant silt sableux vers 47,5 mètres de profondeur. Devenant sable graveleux à sable et gravier silteux brun clair vers 47,65 mètres de profondeur. | | | | CR-33 | 73 | | | | | | | | | | | |
| 48 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 160 | 48.60 | Silt sableux et graveleux à sable silteux et graveleux brun clair (till). Présence de cailloux ou bloc de dolomie vers 49,30 mètres de profondeur. | | | | CR-34 | 81 | | | | | | | | | | | |
| 49 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 50 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 165 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 51 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 170 | 51.50 | Sable et gravier silteux à un peu de silt brun clair (till). Abondance de cailloux et possiblement de blocs de grès et dolomie. Till très caillouteux par endroits. | | | | CR-35 | 87 | | | | | | | | | | | |
| 52 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 53 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 175 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 54 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 180 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 55 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 56 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 185 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 57 | | Devient brun rougeâtre à 56,65 mètres de profondeur. | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 190 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 58 | | Oxydé entre 57,90 et 58,70 mètres de profondeur. | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 59 | | Présence de cailloux et blocs de grès quartzeux et dolomie sous 58,70 mètres de profondeur. | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 195 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 60 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 200 | 60.70 | Silt ou argile (boue) beige à brun foncé, avec nervures orange, rouge, blanches, non calcaireux. Présence de matière organique noire. Sédiments très fins, texture d'argile à silt et sable en alternance. Dépôt très hétérogène en couleur et texture. Présence de fissures obliques. Dépôts blanchâtres semblables à du talc. Présence d'ocre ferreux non consolidé. Textures fluides verticales aléatoires de couleurs variées. | | | | CR-36 | 75 | | | | | | | | | | | |
| 61 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 62 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 205 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 63 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |



RAPPORT DE FORAGE

Forage N° : QEEP-004
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 | |
| 210 | 64 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | CR-44 | 61 | | | | | | | | | | | | |
| | 65 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 215 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 66 | | | | | | CR-45 | 50 | | | | | | | | | | | | |
| | 67 | | Boue argileuse compacte hétérogène, devenant brun foncé et noir avec traces de sable et de gravier entre 66,50 et 67,00 mètres de profondeur. Boue argileuse très compacte de couleur beige à orange (aléatoire). Humide. | | | | CR-46 | 88 | | | | | | | | | | | | |
| 220 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 68 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 69 | | À 68,43 m : 7 cm de matière organique noire, suivie de boue très fine brun ocre à rouge à texture cirée et fragments non consolidés blancs. Plans de fissure à 45%. | | | | CR-47 | 100 | | | | | | | | | | | | |
| 225 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 70 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 71 | | Argile (boue) et silt de couleur brun-ocre. Abondance de dépôts blanc (non-calcareux) très fins entre 71,0 et 72,0 mètres de profondeur. | | | | CR-48 | 70 | | | | | | | | | | | | |
| 230 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 72 | | | | | | CR-49 | 89 | | | | | | | | | | | | |
| | 73 | -30.34 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 240 | | 73.00 | Sable silteux rouge vif. | | | | CR-50 | 26 | | | | | | | | | | | | |
| | 74 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 75 | -31.74 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 245 | | 74.40 | Silt à sable silteux brun-ocre, traces de gravier fin de grès quartzeux. | | | | CR-51 | 60 | | | | | | | | | | | | |
| | 76 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 77 | | | | | | CR-52 | 0 | | | | | | | | | | | | |
| 250 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 78 | | À 77,57 m, présence de quelques fragments homogènes de grès quartzeux gris clair (roc fracturé possible). | | | | CR-53 | 7 | | | | | | | | | | | | |
| 255 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 79 | -36.46 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 260 | | 79.12 | Fin du forage à 79,1 mètres de profondeur. | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 80 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |



RAPPORT DE FORAGE

Forage N° : QEEP-080
Dossier : PLUS-00026280-045500

| Prof. | | Coupe stratigraphique | | Échantillons | | | | | Odeur | | Essais | | Graphique | | | | | | | |
|-------|-------|-----------------------|---|--------------|-----|------|-----------|--------|---------|--------|---------|-------|-----------|-----------|------|----|----|----|-----|--|
| pi | m | Élév. Prof. | Description | Strat. | Eau | État | Type - No | Réc. % | N / RQD | FAIBLE | MOYENNE | FORTE | Essais | Cu Cur Nc | 20 | 40 | 60 | 80 | 100 | |
| 12 | 11.14 | 12.00 | Dolomie très fine à microcristalline, gris pâle blanchâtre à texture moutonnée avec matrice oxydée. | | | | CR-8 | 59 | 18 | | | | | | | | | | | |
| 13 | | | Fracture oxydée à 13,15 mètres de profondeur. Roc généralement sain jusqu'à 14,02 mètres de profondeur. | | | | CR-9 | 93 | 46 | | | | | | 1.88 | | | | | |
| 14 | | | À 14,02 m : Le roc devient fracturé et oxydé. Faible récupération à partir de 14,70 mètres de profondeur. | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 15 | | | | | | | CR-10 | 45 | 11 | | | | | | | | | | | |
| 16 | | | Traces de sédiments silteux à 15,45 mètres de profondeur. Roc oxydé et fracturé jusqu'à 16,41 mètres de profondeur. | | | | CR-11 | 69 | 0 | | | | | | | | | | | |
| 17 | 6.73 | 16.41 | Dolomie extrêmement altérée devenant "sol" oxydé à texture silteuse, couleur brun-jaune. | | | | CR-12 | 45 | 0 | | | | | | 4.70 | | | | | |
| 18 | | | Roc fracturé de 17,60 à 18,00 mètres de profondeur. | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 19 | | | Dolomie grise, fissurée et fracturée, partiellement désintégrée. Présence de nombreux "vides" de dissolution dans le roc jusqu'à 19,75 mètres de profondeur. Texture mouchetée gris bleuté. | | | | CR-13 | 83 | 55 | | | | | | | | | | | |
| 20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 21 | 2.71 | 20.43 | Dolomie microcristalline blanchâtre laminée, très oxydée et fracturée recommence vers 20,43 mètres de profondeur. | | | | CR-14 | 80 | 55 | | | | | | | | | | | |
| 22 | | | Vers 21,80 m : Dolomie devenant gris-bleu très fine. Fracture mécanique et oxydation intense jusqu'à environ 25,3 mètres de profondeur. Faible récupération du roc. | | | | CR-15 | 88 | 19 | | | | | | | | | | | |
| 23 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 24 | | | | | | | CR-16 | 34 | 0 | | | | | | | | | | | |
| 25 | | | À 24,66 m : Dolomie très fine, beige rosâtre fragmentée. | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 26 | -2.21 | 25.35 | Grès extrêmement altéré, verdâtre, oxydé, devenu sable compact. Présence de mica/vermiculite. | | | | CR-17 | 34 | 0 | | | | | | 1.01 | | | | | |
| 26 | | | Vers 25,95 m : Alternance de sable et silt altérés brun verdâtre avec oxydation. | | | | CR-18 | 100 | 0 | | | | | | | | | | | |



RAPPORT DE FORAGE

Forage N° : QEEP-080
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 | |
| | | -3.73 | | | | | CR-19 | 61 | 0 | | | | | | | | | | | |
| | 27 | 26.87 | Dolomie blanche "terreuse" très friable avec texture de "craie" devenant plus dure vers 26,95 mètres de profondeur. | | | | CR-20 | 85 | 31 | | | | | | 1.01 | | | | | |
| | 28 | | Dolomie très fine, blanc jaunâtre nervures et lamines oxydés rouge et fractures oxydées. Faible densité, consistance de "craie", facilement cassable à la main. Très fissurée et fracturée. | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 29 | | | | | | CR-21 | 26 | 6 | | | | | | | | | | | |
| | 30 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 31 | | Vides, porosité et fractures abondantes autour de 31,0 mètres de profondeur. | | | | CR-22 | 86 | 37 | | | | | | | | | | | |
| | 32 | | Minces dépôts jaune ocre parallèles au litage quasi-horizontale. | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 33 | | Roc fissuré et fracturé entre 31,78 et 32,44 mètres de profondeur et entre 33,60 et 34,84 mètres de profondeur (faible résistance à la cassure manuelle). | | | | CR-23 | 62 | 0 | | | | | | | | | | | |
| | 34 | | Oxydation moyenne à très élevée, consistance semblable à la "craie" jusqu'à environ 39,50 mètres de profondeur. | | | | CR-24 | 100 | 34 | | | | | | | | | | | |
| | 35 | | | | | | | | | | | | | | 2.73 | | | | | |
| | 36 | | | | | | CR-25 | 100 | 45 | | | | | | | | | | | |
| | 37 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 38 | | | | | | CR-26 | 76 | 0 | | | | | | | | | | | |
| | 39 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 40 | | De 39,50 à 40,25 m : La dolomie est plus dure et résistante quoique'elle soit très oxydée et contient de nombreux vides de dissolution. | | | | CR-27 | 80 | 19 | | | | | | | | | | | |
| | 41 | | De 40,25 à 41,45 m : Le roc est friable, de faible consistance. | | | | | | | | | | | | | | | | | |



RAPPORT DE FORAGE

Forage N° : QEEP-080
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 | |
| | | -18.46 41.60 | Roc plus dur de 41,45 à 41,60 mètres de profondeur. La dolomie devient très oxydée et altérée "sol" à texture de "craie" ou silt fortement oxydée de couleur variant de brun à ocre à jaune à "orange rouille". | | | | CR-28 | 73 | 16 | | | | | | | | | | | |
| 42 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 140 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 43 | | | Il s'agit d'un dépôt très ferreux, extrêmement altéré ou non-consolidé à grain très fin (silt). On reconnaît à l'occasion la texture laminée de la dolomie originale. | | | | CR-29 | 43 | 0 | | | | | | | | | | | |
| 44 | | | Aucun roc solide de 41,60 à 50,24 mètres de profondeur. | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 145 | | | Le dépôt oxydé (anciennement roc) est très continu, non-fracturé à certains endroits d'où le "RQD" non-négligeable. | | | | CR-30 | 49 | 18 | | | | | | | | | | | |
| 45 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 150 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 46 | | | | | | | CR-31 | 67 | 37 | | | | | | | | | | | |
| 47 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 155 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 48 | | | | | | | CR-32 | 92 | 53 | | | | | | | | | | | |
| 160 | | | Roc ou "sol" très oxydé, facilement cassable à la main. | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 49 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 50 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 165 | | -27.10 50.24 | Fin du forage à 50,2 mètres de profondeur. | | | | CR-33 | 74 | 49 | | | | | | | | | | | |
| 51 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 170 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 52 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 53 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 175 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 54 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 180 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 55 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 56 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

C2. Photographies des carottes de roc et de till



Photographies des carottes de roc (sec) : Rivière des Outaouais - Forage QEEP-001



Photo 1. Forage QEEP-001: boîtes 1 à 3 / 9 (16,28 m à 34,44 m)



Photo 2. Forage QEEP-001: boîtes 4 à 6 / 9 (34,44 m à 45,49 m)



Photo 3. Forage QEEP-001: boîtes 7 à 9 / 9 (45,49 m à 54,64 m)

Photographies des carottes de roc (humide) : Rivière des Outaouais - Forage QEEP-001



Photo 1. Forage QEEP-001: boîtes 1 à 3 / 9 (16,28 m à 34,44 m)



Photo 2. Forage QEEP-001: boîtes 4 à 6 / 9 (34,44 m à 45,49 m)



Photo 3. Forage QEEP-001: boîtes 7 à 9 / 9 (45,49 m à 54,64 m)

Photographies des carottes de till : Rivière des Outaouais - Forage QEEP-004



Photo 1. Forage QEEP-004: boîtes 1 à 4 / 8 (20,12 m à 55,55 m)



Photo 2. Forage QEEP-004: boîtes 5 à 8 / 8 (55,55 m à 79,10 m)

Photographies des carottes de roc (sec) : Rivière des Outaouais - Forage QEEP-080



Photo 1. Forage QEEP-080: boîtes 1 à 4 / 8 (8,23 m à 31,04 m)



Photo 2. Forage QEEP-080: boîtes 5 à 8 / 8 (31,04 m à 50,24 m)

Photographies des carottes de roc (humide) : Rivière des Outaouais - Forage QEEP-080



Photo 1. Forage QEEP-080: boîtes 1 à 4 / 8 (8,23 m à 31,04 m)



Photo 2. Forage QEEP-080: boîtes 5 à 8 / 8 (31,04 m à 50,24 m)

C3. Résultats d'essais in situ



Tableau C3.1. Synthèse des résultats d'essais de perméabilité dans les sols (rivière des Outaouais)

| Forage | Profondeur de l'essai (m) | Élévation de l'essai (m) | Perméabilité m/s |
|----------|---------------------------|--------------------------|------------------|
| QEEP-001 | 16,0 | 16,52 | 1,7E-07 |
| QEEP-004 | 6,1 | 36,6 | 4,4E-07 |
| QEEP-004 | 24,4 | 18,3 | 2,0E-06 |

Tableau C3.2. Synthèse des résultats d'essais d'eau sous pression en rocher (rivière des Outaouais)

| Forage | Profondeur de l'essai (m) | | Élévation de l'essai (m) | | RQD (%) | Absorption ¹ | |
|----------|---------------------------|------|--------------------------|-------|---------|-------------------------|-----------------------|
| | Haut | Bas | Haut | Bas | | (l/min-m) | (Lugeon) ² |
| QEEP-001 | 28,9 | 33,6 | 5,6 | 0,9 | 0 à 55 | 0,4 | 3 |
| | 32,2 | 36,9 | 2,4 | -2,4 | 0 à 71 | 2,7 | 13 |
| | 36,7 | 41,5 | -2,2 | -6,9 | 24 à 71 | 3,5 | 13 |
| | 41,3 | 46,0 | -6,8 | -11,5 | 46 à 77 | 2,9 | 8 |
| | 45,9 | 50,6 | -11,4 | -16,1 | 77 à 87 | 1,2 | 3 |
| | 50,5 | 54,7 | -15,9 | -20,2 | 37 à 87 | 2,8 | 6 |
| QEEP-080 | 9,8 | 14,5 | 13,4 | 8,7 | 0 à 46 | 0,1 | 1,9 |
| | 14,3 | 19,1 | 8,8 | 4,1 | 0 à 55 | 0,7 | 4,8 |
| | 18,9 | 23,6 | 4,2 | -0,5 | 0 à 55 | 2,2 | 10,6 |
| | 23,5 | 28,2 | -0,3 | -5,1 | 0 à 31 | 0,3 | 1,0 |
| | 28,1 | 32,8 | -4,9 | -9,6 | 0 à 37 | 2,1 | 6,2 |
| | 32,6 | 37,4 | -9,5 | -14,2 | 0 à 45 | 1,1 | 2,7 |

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.



C4. Résultats d'essais en laboratoire





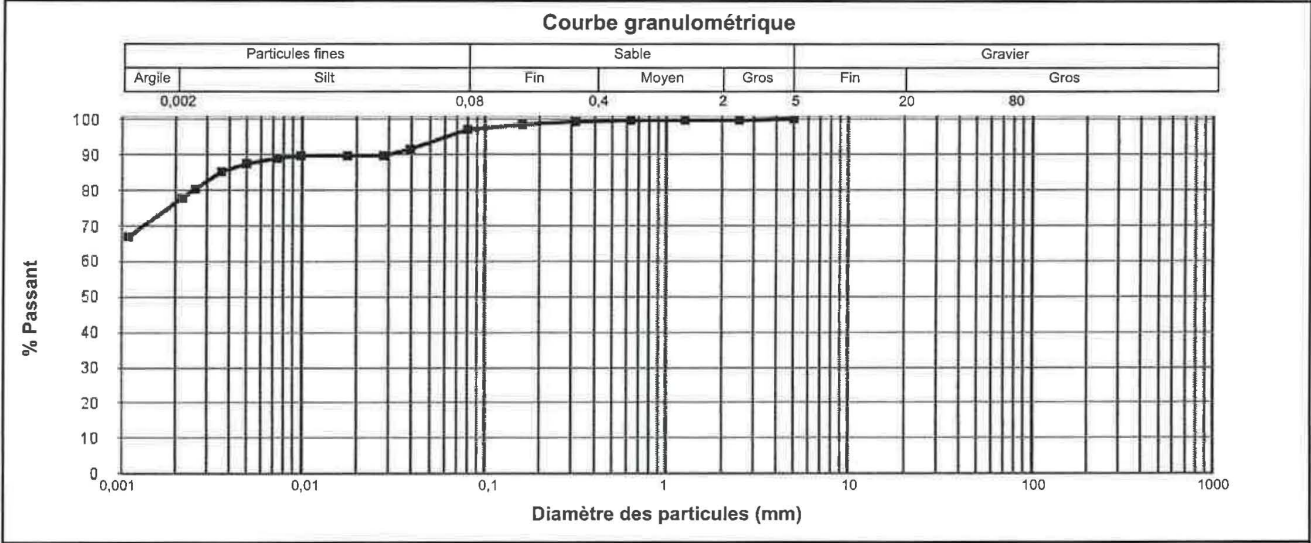
2555, rue Saint-Pierre
 Drummondville (QC) J2C 7Y2
 Téléphone: 819-477-3775
 www.exp.com

**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-3501 |
| | | Réf. client : | |

| | | | |
|---------------|------------------|----------------|-----------------------|
| Sondage n° : | QEEP-001 | Prélevé le : | 2014-02-14 par EXP |
| Échantillon : | CF-6 | Reçu le : | 2014-02-24 |
| Profondeur : | 8,3 à 8,9 mètres | Localisation : | Rivière des Outaouais |



| Analyse granulométrique LC 21-040 | | | | Description |
|-----------------------------------|---------------------------|------------|---------------------------|---|
| Tamis (mm) | Tamisé %passant mesuré | Tamis (mm) | Tamisé %passant mesuré | |
| 112 | | 0.0392 | 91,6 | D ₁₀ : |
| 80 | | 0.0279 | 89,8 | D ₃₀ : |
| 56 | | 0.0177 | 89,7 | D ₆₀ : |
| 40 | | 0.0099 | 89,7 | Coefficient d'uniformité (Cu) : |
| 31,5 | | 0.0073 | 88,9 | Coefficient de courbure (Cc) : |
| 20 | | 0.0050 | 87,5 | Gravier: 0 % |
| 14 | | 0.0036 | 85,0 | Sable: 3 % |
| 10 | | 0.0026 | 80,4 | Silt: 21 % |
| 5 | 100 | 0.0022 | 77,9 | Argile: 76 % |
| 2,5 | 100 | 0.0011 | 67,1 | Description : Argile silteux, traces de sable |
| 1,25 | 100 | | | Classification unifiée : |
| 0,630 | 100 | | | |
| 0,315 | 99 | | | |
| 0,160 | 98 | | | |
| 0,080 | 97,2 | | | |

Remarques :

Vérifié par : Geneviève Boisclair
 Auxiliaire technique

Approuvé par : Michelle Létourneau Date : 2014-03-04
 Michelle Létourneau, ing., M.Sc.A.



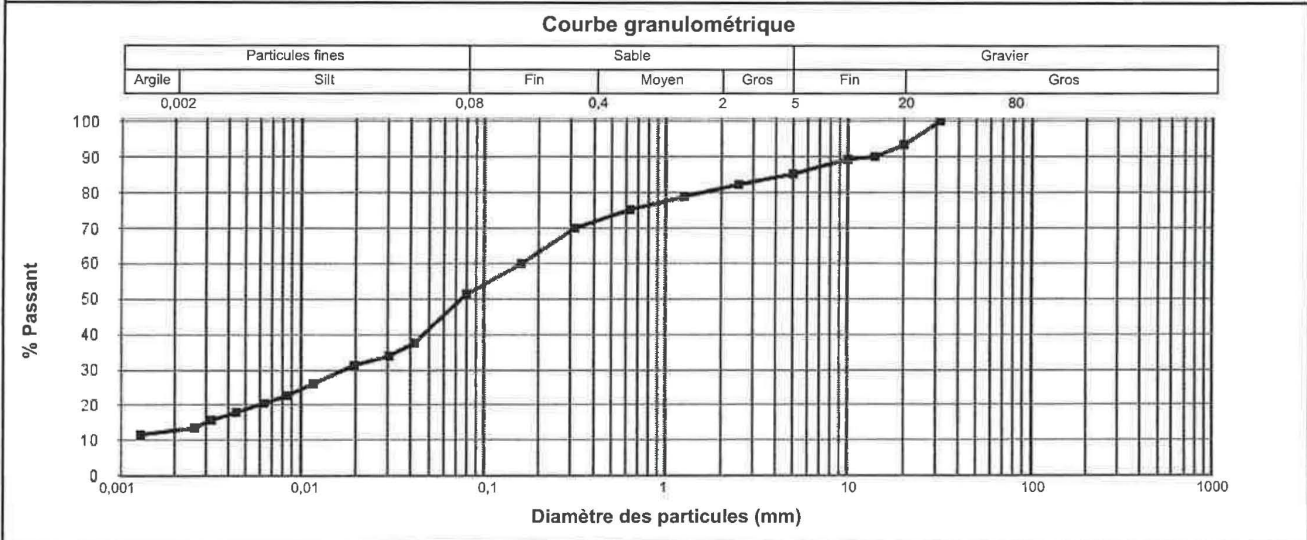
2555, rue Saint-Pierre
 Drummondville (QC) J2C 7Y2
 Téléphone: 819-477-3775
 www.exp.com

**ESSAIS SUR SOLS
 FORAGE ET SONDAGE**

Certifié ISO 9001:2008

Client : Johnston-Vermette Dossier n° : PLUS-26280-045500
 Projet : Oléoduc Énergie Est Échantillon n° : DR-3502
 Réf. client :

Sondage n° : QEEP-001 Prélevé le : 2014-02-14 par EXP
 Échantillon : CF-9 Reçu le : 2014-02-24
 Profondeur : 14,6 à 15,2 mètres Localisation : Rivière des Outaouais



| Analyse granulométrique LC 21-040 | | | | Description | |
|-----------------------------------|-------------------------|------------|-------------------------|---------------------------------|--|
| Tamis (mm) | Tamisat %passant mesuré | Tamis (mm) | Tamisat %passant mesuré | | |
| 112 | | 0.042 | 37,6 | D ₁₀ : | |
| 80 | | 0.0304 | 34,0 | D ₃₀ : | 0,018 mm |
| 56 | | 0.0196 | 31,2 | D ₆₀ : | 0,160 mm |
| 40 | | 0.0117 | 25,9 | Coefficient d'uniformité (Cu) : | |
| 31,5 | 100 | 0.0085 | 22,8 | Coefficient de courbure (Cc) : | |
| 20 | 93 | 0.0063 | 20,6 | Gravier: | 15 % |
| 14 | 90 | 0.0044 | 17,8 | Sable: | 34 % |
| 10 | 89 | 0.0032 | 15,6 | Silt: | 39 % |
| 5 | 85 | 0.0026 | 13,5 | Argile: | 13 % |
| 2,5 | 82 | 0.0013 | 11,5 | Description : | Silt sableux, un peu de gravier, un peu d'argile |
| 1,25 | 79 | | | Classification unifiée : | |
| 0,630 | 75 | | | | |
| 0,315 | 70 | | | | |
| 0,160 | 60 | | | | |
| 0,080 | 51,2 | | | | |

Remarques :

Vérifié par : Genevieve Boisclair
 Auxiliaire technique

Approuvé par : Michelle Létourneau Date : 2014-03-04
 Michelle Létourneau, ing., M.Sc.A.



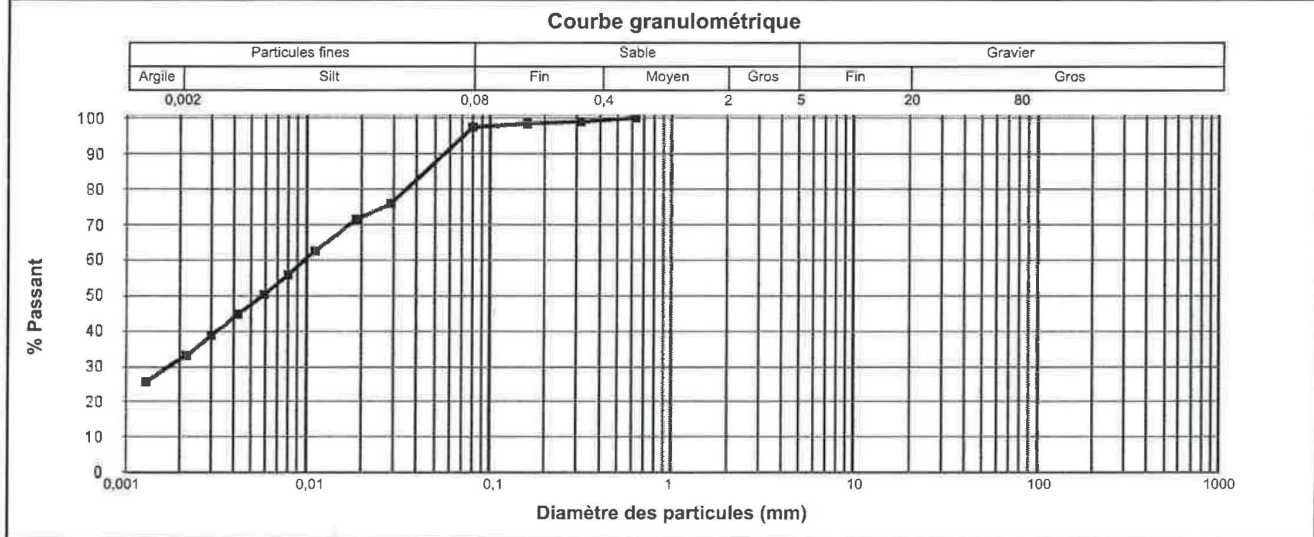
2555, rue Saint-Pierre
 Drummondville (QC) J2C 7Y2
 Téléphone: 819-477-3775
 www.exp.com

**ESSAIS SUR SOLS
 FORAGE ET SONDAGE**

Certifié ISO 9001:2008

Client : Johnston-Vermette Dossier n° : PLUS-26280-045500
 Projet : Oléoduc Énergie Est Échantillon n° : DR-3439
 Réf. client :

Sondage n° : QEEP-004 Prélevé le : 2014-01-14 par EXP
 Échantillon : CF-8 Reçu le : 2014-01-28
 Profondeur : 10,7 à 11,3 m Localisation : Rivière des Outaouais



| Analyse granulométrique LC 21-040 | | | | Description |
|-----------------------------------|-------------------------|------------|-------------------------|--|
| Tamis (mm) | Tamisat %passant mesuré | Tamis (mm) | Tamisat %passant mesuré | |
| 112 | | 0.029 | 75,7 | D ₁₀ : |
| 80 | | 0.0186 | 71,3 | D ₃₀ : |
| 56 | | 0.0111 | 62,5 | D ₆₀ : |
| 40 | | 0.0080 | 55,8 | Coefficient d'uniformité (Cu) : |
| 31,5 | | 0.0059 | 50,4 | Coefficient de courbure (Cc) : |
| 20 | | 0.0042 | 44,7 | Gravier: 0 % |
| 14 | | 0.0030 | 38,9 | Sable: 3 % |
| 10 | | 0.0022 | 33,2 | Silt: 66 % |
| 5 | | 0.0013 | 25,9 | Argile: 32 % |
| 2,5 | | | | Description : Silt argileux, traces de sable |
| 1,25 | | | | Classification unifiée : |
| 0,630 | 100 | | | Teneur en eau LC 21-201 31,4 % |
| 0,315 | 99 | | | |
| 0,160 | 99 | | | |
| 0,080 | 97,3 | | | |

Remarques :

Vérfié par : Simon Tessier
 Technicien, coordonnateur

Approuvé par : Michelle Létourneau Date : 2014-01-31
 Michelle Létourneau, ing., M.Sc.A.

Annexe 4-36

Étude de faisabilité préliminaire par FDH – Tronçon du Québec – Rivière l'Assomption



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

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 |
|-------------|------------|---------------|---|
| 0A | BS | 16 avril 2014 | Émis pour commentaires du client |
| 0B | DL | 16 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 L'Assomption 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 « Eexp. 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 juste au sud de L'Assomption, au Québec, parallèlement à la montée de L'Épiphanie. À cet emplacement, la rivière mesure approximativement 110 mètres de largeur. Le point d'entrée de la traverse, du côté nord-ouest, et le point de sortie, du côté sud-est, sont situés en un terrain agricole plat. Il y a une différence d'élévation de moins de 1 m entre les points d'entrée et de 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 deux trous de forage. La stratigraphie est présentée dans les tableaux ci-dessous. Le rapport géotechnique final est fourni à l'annexe D.

Tableau 1. Trou de forage QEEP-010

| Mètres sous la surface du sol (msss) | Description du sous-sol |
|--------------------------------------|--|
| 0,0 | |
| 2,4 | Aucun recouvrement |
| 34,2 | Argile limoneuse |
| 36,6 | Limon et sable graveleux, présence de blocs rocheux, de 35,0 à 36,5 msss |



Tableau 2. Trou de forage QEEP-011

| Mètres sous la surface du sol (msss) | Description du sous-sol |
|--------------------------------------|---|
| 0,0 | |
| | Aucun recouvrement |
| 3,6 | |
| | Sable limoneux, devenant graveleux à 4,5 msss |
| 5,9 | |
| | Argile limoneuse |
| 36,1 | |
| | Limon et sable graveleux |
| 38,3 | |

3. Considérations sur la conception des FDH

3.1 Contraintes exercées sur la canalisation

Les conditions d'exploitation de l'oléoduc ont été spécifiées par TransCanada. La pression maximale d'exploitation (PME) du projet est de 8 450 kPa, aux sorties des stations de pompage. Les calculs de FDH pour cette traverse sont cependant basés sur la PME spécifique de cet emplacement, qui est de 8 876 kPa et qui a été déterminée par la différence d'élévation entre la station de pompage en amont de la traverse et le point le plus bas de la traverse. La canalisation sera soumise à des températures comprises entre 5 et 60°C. Une pression d'essai de 11 095 kPa (1,25 x la PME) a aussi été spécifiée pour la canalisation. L'épaisseur de paroi minimale requise pour cette installation, sur la base des conditions d'exploitation fournies, a été déterminée par Entec à 20,2 mm, avec l'utilisation d'un acier de grade 550 MPa. Un rayon de courbure minimum admissible pour l'installation de la canalisation a été déterminé sur la base de la contrainte maximale admissible combinant les effets de pression, de température et de cintrage.

**Tableau 3. Spécifications de l'oléoduc et conditions de procédé**

| Propriété | Valeur | Unités |
|---|--------|------------|
| Diamètre extérieur | 1 067 | mm |
| Tolérance d'épaisseur (TÉ) | 0 | % de l'ÉPN |
| Épaisseur de paroi nominale | 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 | 8 876 | kPa |
| Pression d'essai (PE) | 11 095 | kPa |
| Rayon minimal | 530 | m |
| Rayon de conception | 1 200 | m |

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

Un rayon minimal de 530 mètres a été déterminé en fonction des déviations de guidage enregistrées lors de projets précédents de FDH à grand diamètre. Un rayon de conception de 1 200 m a été choisi pour accommoder une géométrie de tracé de forage et des tolérances de guidage de FDH pratiques. La contrainte maximale attendue pendant l'exploitation correspond à environ 92,55 % de la contrainte de cisaillement admissible. Selon la norme CSA Z662-11, la contrainte de cisaillement admissible est égale à 50 % de la limite élastique minimale spécifiée (LEMS). Cette contrainte maximale serait observée à n'importe quel emplacement le long du tracé de forage où le tuyau est assujéti au rayon minimal de 530 m. La canalisation choisie satisfait à toutes les exigences de la norme CSA Z662-11 sous les conditions spécifiées. La détermination finale des conditions d'exploitation de l'oléoduc et des matériaux des canalisations sera effectuée lors de la conception détaillée.

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

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



3.2 Géométrie

Selon les informations de spécifications de la canalisation, de la géométrie 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. La trajectoire de forage a été conçue pour demeurer au-dessus des couches graveleuses rencontrées à 34 m sous la surface du sol (msss) dans le trou de forage QEEP-010 et à 36 msss dans le trou de forage QEEP-011. Les angles d'entrée et de sortie ont été conçus à 12° afin d'équilibrer la profondeur de recouvrement avec la longueur de la gaine de forage et de minimiser la quantité de levage de canalisation requise au point de sortie. Il en résulte une trajectoire de forage d'une longueur de 639 m avec une profondeur de recouvrement de 20 m sous la rivière L'Assomption. Cette profondeur de recouvrement ainsi que les spécifications nécessaires pour la gaine de forage seront raffinées lors de la conception détaillée. Reportez-vous au dessin de conception préliminaire de l'annexe B pour la géométrie détaillée de la trajectoire de forage.

3.3 Gaine de forage

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

3.4 Dimensions de l'équipement

Les traverses de ce diamètre et d'une telle distance sont considérées de gros projets de FDH. Plusieurs traverses par FDH de diamètre et de longueur similaires ont été réalisées au Canada. Considérant la friction et la traînée qui s'exerceront sur l'oléoduc, la force de tirage maximale pendant l'installation est estimée à 270 389 lb. En raison du diamètre du trou de forage nécessaire pour cet oléoduc, un appareil de forage possédant un couple de rotation suffisant pour faire tourner l'outillage de forage est nécessaire. La capacité minimale suggérée pour l'appareil de forage qui sera utilisé pour ce projet est : 625 000 lb de force de traction-poussée et 80 000 pi-lb de couple de rotation. Plusieurs entrepreneurs en FDH canadiens possèdent l'équipement et l'expertise nécessaires pour installer de façon sécuritaire des traverses d'oléoduc de cette taille.

3.5 Diamètre du trou de forage

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

Pour cette canalisation de 1067 mm (42 po), un diamètre de trou de forage minimal de 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 aléuseur 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 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. De l'argile limoneuse très meuble a été mise à jour par les deux trous de forage effectués à cet emplacement. Une sélection judicieuse des outils sera importante pour maintenir le contrôle du guidage. Si des déviations dépassant les tolérances sont mesurées, une petite portion du trou de forage est habituellement forée à nouveau pour permettre d'effectuer des réglages à la trajectoire du trou de forage. Dans 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.

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



4.2 Perte de circulation et fuites de fluide

Le risque de perte de fluide est à son niveau le plus élevé lors du forage du trou pilote, alors que la petite taille du trou de forage entraîne une pression circulatoire plus élevée et que les déblais peuvent plus facilement boucher le trou. 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.

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

4.3 Instabilité du trou de forage

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

4.4 Infiltration d'eau

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

4.5 Dommages au revêtement ou à la canalisation

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



recommandé que des mesures d'atténuation des dommages au revêtement, comme une protection cathodique, soient prises en considération.

4.6 Canalisation coincée

Le gonflement de matériaux comme l'argile, qui est présente en grande quantité à l'emplacement de cette traverse, peut rétrécir le diamètre du trou de forage et mener à des problèmes de nettoyage du trou ainsi qu'au coincement de la canalisation durant la procédure de tirage. Les problèmes de gonflement deviendront de plus en plus sévères au fur et à mesure que le trou de forage sera exposé au fluide de forage et que les matériaux y seront exposés. Puisque cette canalisation nécessitera un trou très large et plusieurs alésages, on peut s'attendre à ce que le gonflement potentiel de la géologie devienne réalité. Des additifs pour fluide de forage peuvent être utilisés pour contrôler le gonflement de l'argile, si celui-ci devient problématique. Le taux de pénétration doit être contrôlé pour permettre à une quantité suffisante de fluide de forage d'être injectée pour transporter les déblais créés à l'avant. Une agitation régulière des déblais pour permettre leur retour en suspension dans le fluide de forage en effectuant des allers-retours avec les trépan aléseurs jusqu'au point d'entrée est essentielle pour le maintien d'un trou de forage ouvert. Du sable, du limon ou du gravier qui se détachent de la paroi sont aussi des causes de coincement de la canalisation. Utiliser un fluide de forage aux propriétés adéquates au maintien d'un trou de forage ouvert et effectuer des passes de nettoyage adéquates avant le déplacement de la canalisation aideront à réduire le risque d'obstruction du trou de forage par la chute de matériaux.

Les zones où la géométrie du trou de forage peut devenir inadéquate pour le tirage de la canalisation sont les zones de transition d'un matériau plus dur à un matériau meuble, comme les transitions à l'extérieur de la gaine de forage ou du sous-sol rocheux au terrain de couverture. La cause la plus commune de canalisation coincée est le contact entre l'aléseeur 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 aléseeur se coince à l'extrémité de la gaine de forage, l'entrepreneur peut tenter de faire tourner l'aléseeur dans la gaine ou de retirer la gaine en conjonction avec le tirage de la canalisation. Exercer une force trop grande sur un trépan aléseeur coincé peut mener au bris de la canalisation de forage.

4.7 Usure et défaillance des outils de forage

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

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

4.8 Risques environnementaux

Le risque environnemental principal d'un FDH est la fuite du fluide de forage dans le sol ou dans une masse d'eau (voir la section 4.2). Ceci entraîne habituellement l'adoption de mesures de confinement pendant le forage et de



correction après l'installation de la canalisation. Dans les cas graves, le FDH doit être abandonné pour prévenir des dommages environnementaux plus importants.

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

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

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

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

4.9 Autres risques à considérer

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

5. Conclusion

Selon la géométrie de l'emplacement de la traverse et les conditions d'exploitation de l'oléoduc, la traverse par FDH projetée de la rivière L'Assomption 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 les difficultés de guidage, le gonflement de l'argile, l'effondrement du trou de forage, la perte de fluide et les pertes par fracturation. Un rapport de faisabilité final et un dessin de conception final seront émis dans la phase d'ingénierie détaillée.

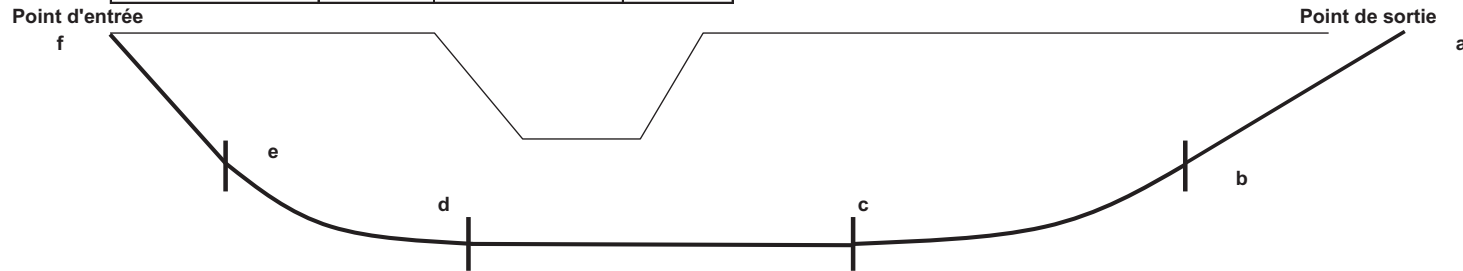


Annexe A

Sommaire des calculs

543-ENG-113
RIVIÈRE L'ASSOMPTION

| Données de conception | | Données du tuyau | | Données de procédé | | Critères de contrainte | | | |
|--------------------------|-------|------------------------|--------|--------------------|-------|---------------------------------------|-------|---------------|-------|
| Longueur forée (m) | 639,3 | Dia ext. Tuyau (mm) | 1067,0 | PME (kPa)* | 8876 | Contrainte de cisaillement admissible | | | |
| Longueur horizontale (m) | 633,7 | Épais. Nominale (mm) | 20,2 | Pr. essai (kPa) | 11095 | 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 | 109 522 | 488 937 | 1064 | 7,33 | 2,67 | 29 985 | 206,7 | 68,34 | 15110 | 104,2 | 34,44 | 36 915 | 254,5 | 92,55 |
| Point B | 115 801 | 516 969 | 15673 | 108,06 | 39,29 | 29 985 | 206,7 | 68,34 | 15239 | 105,1 | 34,73 | 36 787 | 253,6 | 92,23 |
| Point C | 164 187 | 732 976 | 15970 | 110,11 | 40,04 | 29 923 | 206,3 | 68,20 | 15645 | 107,9 | 35,66 | 36 381 | 250,8 | 91,21 |
| Point D | 178 221 | 795 628 | 16038 | 110,58 | 40,21 | 29 923 | 206,3 | 68,20 | 15645 | 107,9 | 35,66 | 36 381 | 250,8 | 91,21 |
| Point E | 254 122 | 1 134 472 | 16344 | 112,69 | 40,98 | 29 985 | 206,7 | 68,34 | 15239 | 105,1 | 34,73 | 36 787 | 253,6 | 92,23 |
| Point F | 270 389 | 1 207 092 | 16404 | 113,10 | 41,13 | 30 005 | 206,9 | 68,39 | 15110 | 104,2 | 34,44 | 36 915 | 254,5 | 92,55 |

| 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 |

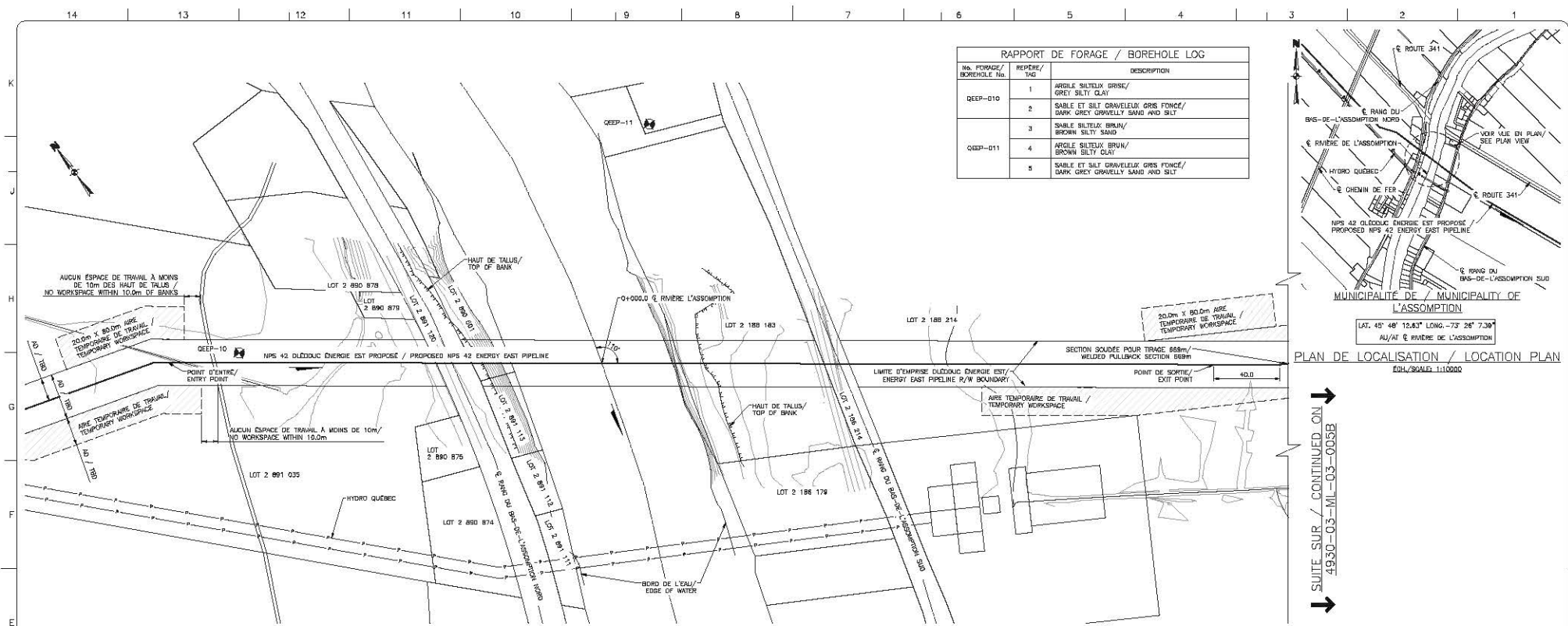
| REV. | DATE | DESCRIPTION | SEAL/STAMP | |
|------|-----------|------------------------------|------------|---|
| A | 11-avr-14 | Conception préliminaire | |  <p>Engineering Technology Inc. 24, 12110 - 40 Street SE Calgary, AB T2Z 4K6 P: (403) 319-0443</p> <p>Property of Engineering Technology Inc. (ETI) Not to be copied, transmitted or redistributed Without written consent of ETI.</p> <p>Permis d'ingénierie de l'APEGA No. P8649</p> |
| B | 07-mai-14 | Émis pour commentaires | | |
| 0 | 30-mai-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 du site, déterminée par la différence d'élévation entre la station de pompage en amont et le point le plus bas de la traverse.

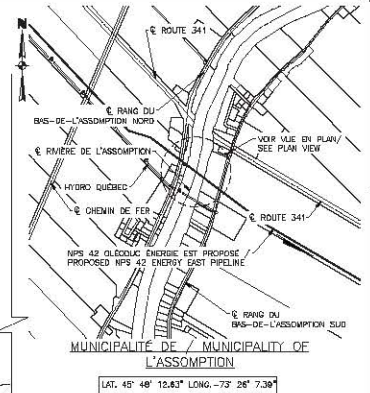


Annexe B

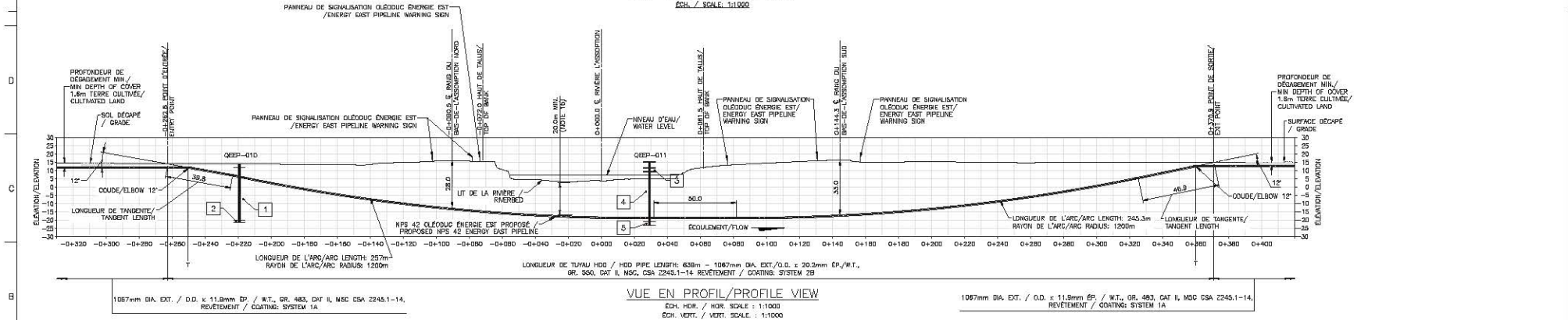
Dessin de conception



| RAPPORT DE FORAGE / BOREHOLE LOG | | |
|----------------------------------|--------------|---|
| NO. FORAGE / BOREHOLE No. | REPÈRE / TAG | DESCRIPTION |
| DEEP-010 | 1 | ARGILE SILTEUX BRUN / GREY SILTY CLAY |
| | 2 | SABLE ET SILT GRAVELEUX GRIS FONCÉ / DARK GREY GRAVELLY SAND AND SILT |
| DEEP-011 | 3 | SABLE SILTEUX BRUN / BROWN SILTY SAND |
| | 4 | ARGILE SILTEUX BRUN / BROWN SILTY CLAY |
| | 5 | SABLE ET SILT GRAVELEUX GRIS FONCÉ / DARK GREY GRAVELLY SAND AND SILT |



VUE EN PLAN / PLAN VIEW
ÉCH. / SCALE: 1:1000



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

SUITE SUR / CONTINUED ON
4930-03-MI-03-005B

| DESSINS DE RÉFÉRENCE / REFERENCE DRAWINGS | |
|---|--|
| DESSIN / DRAWING NO. | TITRE / TITLE |
| 4930-03-MI-03-024F | PANNEAU DE SIGNALISATION POUR COUDE À HAUTE PRESION/HIGH PRESSURE ELBOW WORKING SIGN |
| 4930-03-MI-03-017F | SIGNAUX TYPIQUES DE TRAVAIL DE TUNNEL/TYPICAL PIPE TUNNELING SIGNAL |
| 4930-03-MI-03-014F | SIGNAUX TYPIQUES DE COUDE 30°/TYPICAL SIGNALING 30 DEGREE SIGNAL |
| 4930-03-MI-03-005B | BAÛNE L'ASSOMPTION - TRAVERSEE PAR FORAGE DIRIGÉ/ALTERNATIVE / HDD CROSSING |
| 4930-03-MI-03-008 | BAÛNE L'ASSOMPTION - TRAVERSEE EN TRANCHEE / TRENCHED CROSSING (ALTERNATIVE) |

| RÉVISION / REVISION | | |
|---------------------|------------|---|
| NO. / NO. | DATE | DESCRIPTION |
| A | 2014-03-31 | BON POUR RÉVISION (INTERNE A3) / ISSUED FOR REVIEW (INTERNAL A3) |
| B | 2014-04-04 | BON POUR RÉVISION (INTERNE AUTORISÉ) / ISSUED FOR REVIEW (INTERNAL STARTED) |
| C | 2014-04-14 | BON POUR RÉVISION (CLIENT) / ISSUED FOR REVIEW (CLIENT) |
| D | 2014-02-14 | BON POUR RÉVISION DE BASE / ISSUED FOR FEED |
| E | 2014-03-09 | RÉSERVÉ POUR INGÉNIEUR DE BASE / RESERVED FOR FEED |

| APPROBATION / APPROVAL | | | | | |
|------------------------|---------|------|----------|---------|------|
| DESIGNER | CHECKED | DATE | DESIGNER | CHECKED | DATE |
| 2187445 | 08/03 | 08 | 162/88 | 08 | 08 |
| 2187445 | JOS | 08 | 162/88 | JM | 08 |
| 2187445 | JOS | 08 | 162/88 | JM | 08 |
| 2238444 | JOS | 08 | 162/88 | JM | 08 |
| 2238444 | JOS | 08 | 162/88 | AB | 08 |

**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
FA 4930 CHAÎNAGE/CHAINAGE DESIGN/DESIGN

RIVIÈRE L'ASSOMPTION
TRAVERSEE PAR FORAGE DIRIGÉ/ HDD CROSSING
QUÉBEC

ÉCH. GÉNÉRAL / GENERAL SCALE: 4930-03-MI-03-005A

NOTES

APPREMIAGE / SURVEYING:

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

GENÉRAL / GENERAL:

- LA TRAVERSE DOIT ÊTRE CONSTRUITE ET GROUPEE EN RESPECTANT AU MINIMUM TOUTS LES RÈGLEMENTS FÉDÉRAUX, PROVINCIAUX, MUNICIPAUX ET RÉGIONAUX APPLICABLES. / AS A MINIMUM, THE CROSSING SHALL BE CONSTRUCTED AND TESTED IN ACCORDANCE WITH ALL APPLICABLE FEDERAL, PROVINCIAL, MUNICIPAL AND REGIONAL REGULATIONS.
- LA CONSTRUCTION DE LA CONDUITE ET LE PROGRAMME D'ESSAIS DE PRESSION HYDROSTATIQUE DOIVENT ÊTRE CONFORMES À LA NORME CSA 2852-11. AUX SPÉCIFICATIONS DE CONSTRUCTION TES-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 2852-11 STANDARD AND TRANSCANADA CONSTRUCTION SPECIFICATIONS TES-PROJ-PCS/PCS AND 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 FINAIS, PROPOSER UN PROFIL ALTERNATIF AU MOMENT DE LA SOUMISSION. LES PROPOSITIONS ALTERNATIVES DOIVENT ÊTRE APPROUVÉES PAR TRANSCANADA ET LES AUTORITÉS DE RÈGLEMENTATION CONCERNÉES. / PIPELINE ALIGNMENTS, AS INDICATED ON THE PLAN AND PROFILE, REFLECT ENERGY EAST PIPELINE MINIMUM REQUIREMENTS. THE CONTRACTOR MAY, AT THEIR DISCRETION AND COST, PROPOSE AN ALTERNATIVE PROFILE AT THE TIME OF TENDER. ALTERNATIVE PROPOSALS MUST BE APPROVED BY TRANSCANADA AND APPLICABLE REGULATORY AGENCIES.
- EN AUCUN CAS LA CONDUITE NE PEUT ÊTRE INSTALLÉE À L'EXTÉRIEUR DE L'EMPREISE OLÉODUC ÉNERGIE EST / UNDER NO CIRCUMSTANCES SHALL THE PIPELINE BE INSTALLED OUTSIDE OF THE ENERGY EAST R/W.
- LA CONDUITE DOIT ÊTRE MISE EN PLACE SUR LE SOL NATUREL NON-BÉANÉ AVEC LA PROTECTION APPROPRIÉE. LES PENTES LATÉRALES D'EXCAVATION TEMPORAIRE DEVONT RESPECTER LA SPÉCIFICATION DE CONSTRUCTION TES-PROJ-PCS DE TRANSCANADA. / PIPELINE SHALL BE PLACED ON NATURAL UNDISTURBED SOIL WITH APPROPRIATE PROTECTION. TEMPORARY SIDE SLOPES SHALL MEET TRANSCANADA CONSTRUCTION SPECIFICATION TES-PROJ-PCS.

- L'ENTREPRENEUR DU FORAGE 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 ADOQUATÉMENT EN TOUT TEMPS LORS DE L'OPÉRATION DE TRACÉ AFIN DE S'ASSURER QUE LE TUYAU NE SUBISSE PAS DE CONTRAINTES EXCESSIVES. / THE PIPE PULL SECTION SHALL BE ADEQUATELY SUPPORTED AT ALL TIMES DURING PULLBACK TO ENSURE THE PIPE IS NOT OVERSTRESSED.
- AFIN D'INSPECTER VISUELLEMENT TOUT DOMMAGE AU TUYAU OU À SON REVÊTEMENT, L'ENTREPRENEUR EST TENU DE TIRER AU MINIMUM L'ÉQUIPEMENT D'UNE LONGUEUR DE TUYAU À L'EXTÉRIEUR DU TROU DE FORAGE SELON LES SPÉCIFICATIONS DU FORAGE TES-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 DÉTAILLÉS DOIVENT ÊTRE FOURNIS À OLÉODUC ÉNERGIE EST APRÈS L'ACHÈVEMENT DES TRAVAUX. / A FINAL AS-BUILT PLAN AND PROFILE SHALL BE PROVIDED TO ENERGY EAST PIPELINE AFTER THE COMPLETION OF THE WORK.

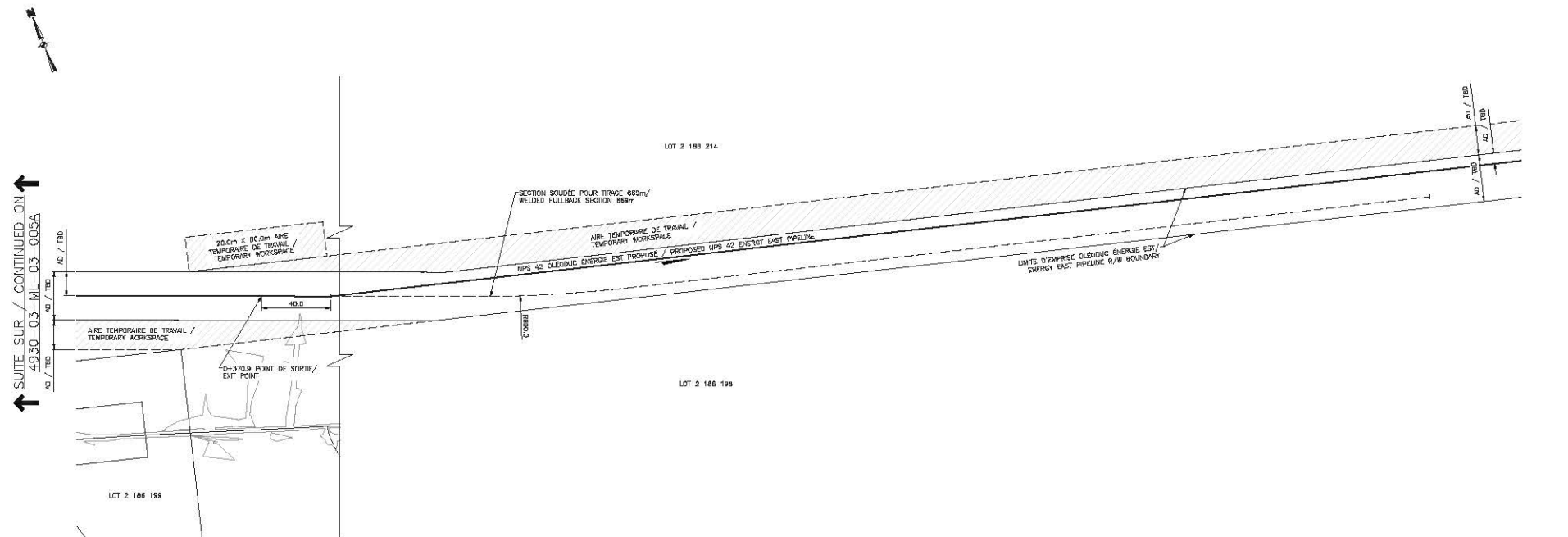
- L'ENTREPRENEUR EN PIPELINE FOURNIRA L'ASSISTANCE À LA PRÉPARATION DU SITE ET À SON ACCÈS. À LA MISE EN PLACE DE L'ÉQUIPEMENT DE FORAGE, À L'INSTALLATION DU TUYAU, AU RETRAIT DE L'ÉQUIPEMENT DE FORAGE, ET À LA REMISE EN ÉTAT DU SITE. / THE PIPELINE CONTRACTOR WILL PROVIDE ASSISTANCE IN PREPARING THE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

ENVIRONNEMENT / ENVIRONMENTAL:

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

SPÉCIFICATIONS DE L'OLÉODUC / PIPELINE SPECIFICATIONS

- CONDUITE / LINE PIPE: 1083mm DA EXT. / O.D. (NPS 42) x 11.6mm DP/WT. OR 483, DAT 1, NSC CSA 2245.1-14
- TEMPÉRATURE D'OPÉRATION MAX. / MAX. OPERATING TEMPERATURE: 90°C
- TEMPÉRATURE D'OPÉRATION MIN. / MIN. OPERATING TEMPERATURE: 30°C
- TYPE DE JOINT / TYPE OF JOINT: Soudé / Welded
- REVENDEMENT CONDUITE / LINE PIPE COATING: SYSTÈME / SYSTEM MA
- MÉTHODE DE TRAVERSE / CROSSING METHOD: FORAGE DIRIGÉ/ON / HDD
- MÉTHODE DE TRAVERSE ALTERNATIVE / ALTERNATE CROSSING METHOD: TRANCHEE / TRENCH
- TEST DE PRESSION MIN. (SECTION DE TRAVERSE/MIN. TEST PRESSURE (CROSSING SECTION): 11 095 kPa
- PRESSION D'OPÉRATION MAX. / MAX. OPERATING PRESSURE: 8 876 kPa
- PROTECTION CATHODIQUE / CATHODIC PROTECTION: COURANT IMPRÉ / 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. / SCALE: 1:1 000

DESSINS DE RÉFÉRENCE/REFERENCE DRAWINGS

| DESSIN/DRAWING NO | TITRE/TITLE |
|--------------------|---|
| 4830-03-ML-01-52F | PROJET DE SOUDAGE POUR OLÉODUC À HAUTE PRESSION/WHI PRESSURE OIL PIPELINE WELDING JOB |
| 4830-03-ML-02-51F | SCHEMA TYPE DE TRAVERSE DE TUYAU/TYPICAL PIPE TRAVEL CROSSING DETAIL |
| 4830-03-ML-02-51AF | SCHEMA TYPE DE SOULEE 30/75/90mm TO SOULEE DETAIL |
| 4830-03-ML-02-03A | BAVAGE L'ASSOMPTION - TRAVERSE PAR FORAGE DIRIGÉ/ON / HDD CROSSING |
| 4830-03-ML-03-03B | BAVAGE L'ASSOMPTION - TRAVERSE EN TRANCHEE / TRENCHED CROSSING (ALTERNATIVE) |

RÉVISION/REVISION

| REV/REV | DATE | DESCRIPTION |
|---------|------------|---|
| A | 2014-03-31 | ONS POUR RÉVISION (INTERNE A3) / ISSUED FOR REVISION (INTERNAL A3) |
| B | 2014-04-04 | ONS POUR RÉVISION (INTERNE SOUSCRIPTION) / ISSUED FOR REVISION (INTERNAL STARTED) |
| C | 2014-04-14 | ONS POUR RÉVISION (CLÉ/UT) / ISSUED FOR REVISION (KEY/UT) |
| D | 2014-05-14 | ONS POUR RÉVISION DE BASE / ISSUED FOR FEED |
| E | 2014-08-09 | RÉVISION POUR INGÉNIEUR DE BASE / REVISION FOR FEED |

APPROBATION/APPROVAL

| DESIGNER | CHECKED | APPROVED | DATE |
|----------|---------|----------|-------|
| 2167445 | 08/ACS | JB | 16/08 |
| 2167445 | JCS | CS | 16/08 |
| 2167445 | JCS | CS | 16/08 |
| 2238444 | JCS | CS | 16/08 |
| 2238444 | JCS | CS | 16/08 |

INSTRUMENTÉ/WT PROFESSIONNEL/REGISTERED PROFESSIONAL
DATE

INSTRUMENTÉ/WT PROFESSIONNEL/REGISTERED PROFESSIONAL
DATE

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

REV/REV DATE PERMIS/PERMIT NO.

Energy East Pipeline Ltd.

INFORMATION GÉNÉRALE OLÉODUC ÉNERGIE EST / ENERGY EAST GENERAL INFORMATION PIPELINE
FA 4830 CHANGEMENT/DRAWING DESIGN/PLAN/SECTION

RIVIÈRE L'ASSOMPTION / HDD CROSSING QUEBEC

REV/SCALE: T41/4.5 ORIGINAL/ORIGINAL: 4830-03-ML-03-03SB REV/REV: E



Annexe C

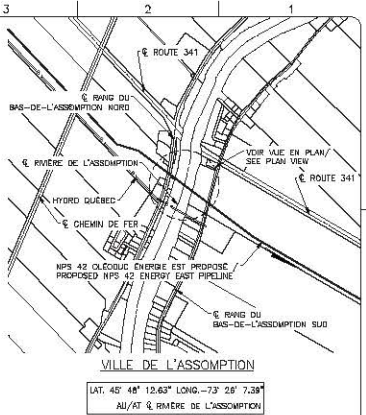
Dessin de traverse alternative

- NOTES:**
APPREIJE/SURVEILLANCE:
- TOUTES LES MESURES SONT EN METRES SAUF INDICATION CONTRAIRE. / ALL MEASUREMENTS ARE IN METERS UNLESS OTHERWISE SPECIFIED.
 - TOUTES LES CHANGEMENTS SONT HORIZONTAUX SAUF INDICATION CONTRAIRE. / ALL CHANGES ARE HORIZONTAL UNLESS OTHERWISE SPECIFIED.
- GENERAL/CHANGERS:**
- LA TRAVERSE DEVAIT ETRE CONSTRUITE ET PROUVEE 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 ETRE CONFORMES A LA NORME CSA 2862-11, AUX SPECIFICATIONS DE CONSTRUCTION TES-PROJ-PCS ET AUX EXIGENCES DU PERMIS DE TRAVAIL. / PIPELINE CONSTRUCTION AND HYDROSTATIC TESTING PROGRAM SHALL COMPLY WITH CSA 2862-11 STANDARD AND TRANSCANADA CONSTRUCTION SPECIFICATIONS TES-PROJ-PCS AND MEET REQUIREMENTS IN THE CROSSING AGREEMENTS.
 - LA METHODE DE TRAVERSER ET D'INSTALLATION DU PIPELINE SERA CONFIRMEE A L'INGENIERIE DETAILLEE. / 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 ETRE INSTALLEE A L'EXTERIEUR DE L'EMPRISE D'OLEODUC ENERGIE EST. / UNDER NO CIRCUMSTANCES SHALL THE PIPELINE BE INSTALLED OUTSIDE OF THE ENERGY EAST ROW.
- LES ALIGNEMENTS DE LA CONDUITE, TELS QU'INDIQUES SUR LE PLAN ET PROFIL, IMPLIQUENT LES EXIGENCES MINIMALES REQUISES POUR L'OLEODUC ENERGIE EST. L'ENTREPRENEUR PEUT A SA DISCRETION ET A SES FRAIS, PROPOSER UN PROFIL ALTERNATIF AU MOMENT DE LA SOUMISSION. LES PROPOSITIONS ALTERNATIVES DOIVENT ETRE APPROUVEES PAR TRANSCANADA ET LES AUTORITES DE REGLEMENTATION CONCERNES. / PIPELINE ALIGNMENTS, AS INDICATED ON THE PLAN AND PROFILE, REFLECT ENERGY EAST PIPELINE MINIMUM REQUIREMENTS. THE CONTRACTOR MAY, AT THEIR DISCRETION AND COST, PROPOSE AN ALTERNATIVE PROFILE AT THE TIME OF TENDER. ALTERNATIVE PROPOSALS MUST BE APPROVED BY TRANSCANADA AND APPLICABLE REGULATORY AGENCIES.
- LA CONDUITE DOIT ETRE MISE EN PLACE SUR LE SOL NATUREL NON-REVÊTE AVEC LA PROTECTION APPROPRIÉE. LES PENTES LATÉRALES D'EXCAVATION TEMPORAIRE DOIVENT RESPECTER LA SPÉCIFICATION DE CONSTRUCTION TES-PROJ-PCS DE TRANSCANADA. / PIPELINE SHALL BE PLACED ON NATURAL, UNDISTURBED SOIL WITH APPROPRIATE PROTECTION. TEMPORARY SIDE SLOPES SHALL MEET TRANSCANADA CONSTRUCTION SPECIFICATION TES-PROJ-PCS.
- L'ANGLE DE COUVERTURE MAXIMALE DE LA CONDUITE SUR LE TERRAIN EST DE 1.0 DEGRÉ PAR DIAMÈTRE DE LONGUEUR. / THE MAXIMUM PIPE FIELD BEDD ANGLE IS 1.0 DEGREE PER DIAMETER LENGTH.
- UN PLAN ET UN PROFIL «TEL-QUE-CONSTRUITS» DOIVENT ETRE FOURNIS A L'OLEODUC ENERGIE EST APRES 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'INGÉNIÉRIE DE DÉTAIL. / DEPTH OF COVER WILL BE FINALIZED DURING THE DETAILED ENGINEERING PHASE.

- SECTION DES DÉBRAS ET REMBLAIS TEMPORAIRES/ SOIL PLACEMENT-TEMPORARY:**
- LES PENTES DU DÉBRAS D'EXCAVATION DOIVENT ETRE CONFORMES AUX NORMES TES-D31-2333 ET TES-PROJ-EXC DE TRANSCANADA ET AUX NORMES LOCALES. / TEMPORARY SOIL SLOPE FROM EXCAVATION SHALL CONFORM TO TRANSCANADA SPECIFICATIONS TES-D31-2333, TES-PROJ-EXC AND LOCAL REQUIREMENTS.
 - L'ARE D'ENTREPOTAGE DES DÉBRAS DOIT ETRE NIVELÉE POUR S'ASSURER QUE L'EAU NE S'ACCUMULE PAS À LA SURFACE ET QUE LES DÉBRAS MIS EN TAS NE PONDENT PAS L'ACCUMULEMENT D'EAU. / SOIL AREAS SHALL BE GRADED TO ENSURE THE WATER WILL NOT POND ON THE SURFACE OR BE TRAPPED BY THE SOIL PILE.
- SECTION DES DÉBRAS ET REMBLAIS PERMANENTS/ SOIL PLACEMENT-PERMANENT:**
- LA TRANCHEE DE LA CONDUITE TRAVERSANT LE COURSE D'EAU DOIT ETRE REMBLAIEE AVEC LES MATERIAUX EN PLACE JUSQU'AUX NIVEAUX APPROXIMATIF DU LIT ORIGINAL DE LA RIVIERE. / PIPE DITCH ACROSS MAIN CHANNEL SHALL BE BACKFILLED WITH NATIVE MATERIAL TO APPROXIMATELY THE ORIGINAL GRADE.
 - LES MATERIAUX DES BORDS DOIVENT ETRE REPLACES DE FACON PERMANENTE PAR COUCHES DE 300mm D'EPaisseur. / 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.

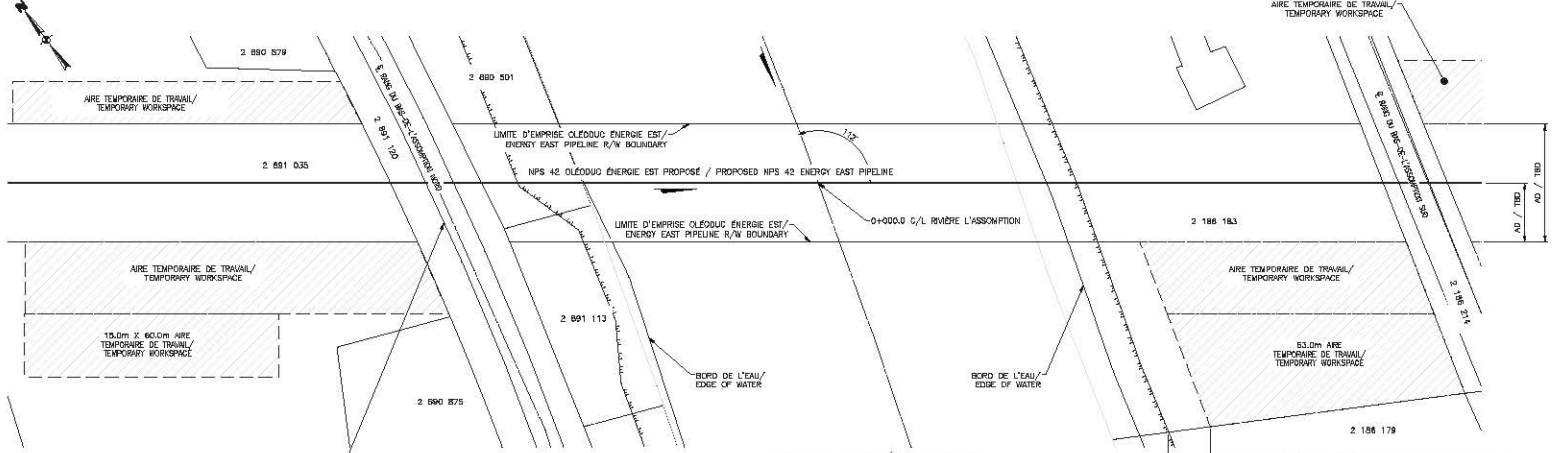
- SI REQUIS, LE REMBLAI DANS LE TALLIS DOIT ETRE MIS EN PLACE AVEC UNE PENTE MAXIMALE DE 2H:1V POUR OPTIMISER LA STABILITE DU TALLIS. / IF REQUIRED, THE SOIL IN THE SOA BOND AND BANK AREA SHALL BE PLACED WITH A MAXIMUM SLOPE OF 2H:1V TO OPTIMIZE BANK STABILITY.
 - LORS DE TRAVAUX HIVERNAUX, DES TASSEMENTS CONSIDERABLES PEUVENT SE PRODUIRE DANS LES BERGES REMBLAIEES L'ETE SUIVANT. LA CONSTRUCTION ET LES BERGES EQUIPEMENT NECESSAIRE UN REEMPLISSAGE FIMA SELON LA PENTE SPECIFIEE. UNE QUANTITE DE REMBLAI SUPPLEMENTAIRE POURRAIT ETRE REQUISE POUR COMPRENDRE CES TASSEMENTS. LES BERGES DOIVENT ETRE PROBLEES AFIN QUE L'EAU NE S'ACCUMULE PAS EN HAUT DE TALLIS. / FOR WINTER CONSTRUCTION, CONSIDERABLE SETTLEMENT OF THE BANK FILL MAY OCCUR THE FIRST SUMMER AFTER CONSTRUCTION, AND THE BANK MAY REQUIRE FINAL GRADING TO THE SPECIFIED SLOPE. ADDITIONAL FILL MAY BE REQUIRED TO COMPENSATE FOR THE BACKFILL SETTLEMENT. BANKS SHALL BE GRADED SUCH THAT WATER DOES NOT POND AT THE TOP OF THE BANK.
- CONTROLE DE LA FLOTTABILITE/ BUOYANCY CONTROL:**
- LE CONTROLE DE LA FLOTTABILITE SERA DETERMINEE A L'INGENIERIE DETAILLEE. / BUOYANCY CONTROL WILL BE DETERMINED IN DETAILED ENGINEERING.
- ENVIRONNEMENT/ ENVIRONMENTAL:**
- VOIR LES CLAUSES ENVIRONNEMENTALES DETAILLEES (A ETRE COMPLETES A L'INGENIERIE DETAILLEE). / SEE DETAILED ENVIRONMENTAL CONDITIONS (TO BE DEFINED IN DETAILED ENGINEERING)



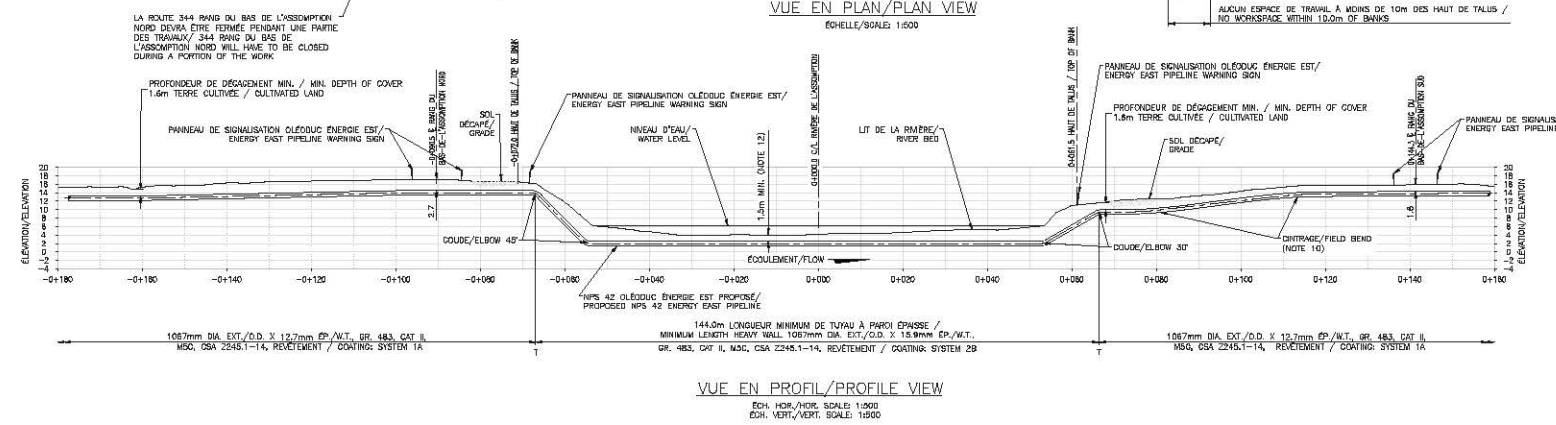
PLAN DE LOCALISATION / LOCATION PLAN
 ÉCHELLE/SCALE: 1:10000

SPECIFICATIONS DE L'OLEODUC / PIPELINE SPECIFICATIONS

- CONDUITE / LINE PIPE: 1067mm ØA EXT. / O.D. (NPS 42) x 12.7mm EP/W.T. OR 483.0CF II, MSC CSA 2245-14
- TOUVAU À PAROI ÉPAISSE / HW PIPE: 1067mm ØA EXT. / O.D. (NPS 42) x 15.8mm EP/W.T. OR 483.0CF II, MSC CSA 2245-14
- TEMPÉRATURE D'OPÉRATION MAX. / MAX. OPERATING TEMPERATURE: -30°C
- TYPE DE JOINT / TYPE OF JOINT: SOUDE / WELDED
- MÉTIERE DE CONDUITE / LINE PIPE COATING: SYSTÈME / SYSTEM 1A
- TOUVAU À PAROI ÉPAISSE / HW PIPE: SYSTÈME / SYSTEM 2B
- MÉTIERE DE TRAVERSER / CROSSING METHOD: TRANCHEE / TRENCHED
- TEST DE PRESSION MIN. (SECTION DE TRAVERSER)/MIN. TEST PRESSURE (CROSSING SECTION): 11 095 kPa
- PRESSION D'OPÉRATION MAX. / MAX. OPERATING PRESSURE: 8 076 kPa
- PROTECTION CATHODIQUE / CATHODIC PROTECTION: COURANT IMPOSE / IMPRESSED CURRENT
- VOLTAJE DE PROTECTION CATHODIQUE MAX. / MAX. CATHODIC PROTECTION VOLTAGE: AD / TBD
- PRODUIT TRANSPORTE / 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

DESSINS DE RÉFÉRENCE/REFERENCE DRAWINGS

| DESSIN/DRAWING NO | TITRE/TITLE |
|----------------------|--|
| 483-03-ML-03-52F | Panneau de signalisation pour OLEODUC A HAUTE PRESSION/HAUT PRESSURE OIL PIPELINE WARNING SIGN |
| 483-03-ML-03-51F | SIGNAL TRAVERSER DE BERGES, PRESSION HAUTE / SIGNAL TRAVERSER BANK DITCH HIGH PRESSURE |
| 483-03-ML-03-46F | RELEVÉ TRAVERSER DE BERGES, PRESSION HAUTE / RELEVÉ TRAVERSER BANK DITCH HIGH PRESSURE |
| 483-03-ML-03-31F | DESSIN TYPE DE COUDE 30/75°/45° / DRAWING 30/75°/45° BEND |
| 3709-03-ML-02-103.FR | FORCÉES TEMPORAIRE AVEC BARRIÈRE / TEMPORARY FILLING CURB CROSSINGS |
| 3705-03-ML-02-111.FR | TRAVERSER DE COURS D'EAU AVEC BARRIÈRE / FILLING WATER COURSE CROSSINGS |
| 3708-03-ML-02-111.FR | TRAVERSER DE COURS D'EAU PAR BARRIÈRE ET POMPAGE / DITCH AND PUMP WATER COURSE CROSSINGS |
| 483-03-ML-03-05SA | RIVIÈRE L'ASSOMPTION - TRANCHEE PAR FORAGE DIRECTIONNEL / HDD CROSSING |
| 483-03-ML-03-03 | RIVIÈRE L'ASSOMPTION - TRANCHEE PAR FORAGE DIRECTIONNEL / HDD CROSSING |

RÉVISION/REVISION

| NOUVEAU / NEW | DATE | DESCRIPTION |
|---------------|------------|--|
| A | 2014-03-31 | ENVOI POUR REVISION (INTERIEUR A3) / ISSUED FOR REVISION (INTERNAL A3) |
| B | 2014-04-04 | ENVOI POUR REVISION (INTERIEUR DIVERSE) / ISSUED FOR REVISION (INTERNAL DIVERSE) |
| C | 2014-04-14 | ENVOI POUR REVISION (OLEODUC) / ISSUED FOR REVISION (OLEODUC) |
| D | 2014-05-14 | ENVOI POUR REVISION DE BASE / ISSUED FOR FEED |
| E | 2014-08-09 | REVISION POUR REVISION DE BASE / REVISION FOR FEED |

APPROBATION/APPROVAL

| DESIGNER | CHECKED | APPROVED | DATE | |
|----------|---------|----------|------|------------|
| JUL | AB | RG | GP | 2014-04-04 |
| JUL | AB | RG | GP | 2014-04-04 |
| JUL | AB | RG | GP | 2014-04-04 |
| JUL | AB | RG | GP | 2014-04-04 |
| JUL | AB | RG | GP | 2014-04-04 |
| JUL | AB | RG | GP | 2014-04-04 |
| JUL | AB | RG | GP | 2014-04-04 |

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

REV/REV DATE: /REVISION/PERMIT NO:

Energy East Pipeline Ltd.

INFORMATION GÉNÉRALE OLEODUC ENERGIE EST / ENERGY EAST GENERAL INFORMATION PIPELINE
 FAX: 493-03-03 / CHANGIERS/DRAWING: 493-03-ML-03-006 / DESCRIPTION/DESCRIPTION: RIVIÈRE L'ASSOMPTION TRANCHEE EN TRANCHEE / TRENCHED CROSSING (ALTERNATIVE) QUÉBEC

REV/REV DATE: /REVISION/PERMIT NO: 493-03-ML-03-006



Annexe D











Information géotechnique

Annexe P – Rivière L'Assomption

P1. 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-010
Dossier : PLUS-00026280-045500

Projet : Oléoduc Énergie Est - Exploration géotechnique
Traverses de rivières majeures
Endroit : Rivière l'Assomption
Foreur : Forages S.L.
Date du forage : 2014-04-15

Compilé par : M. Létourneau
Technicien : J. Auger
Approuvé par : V. Boivin
Date du rapport : 2014-04-28

Coordonnées géographiques
Latitude : 45.7292°
Longitude : -72.4319°

Niveau de référence
Géodésique

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

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

Type d'échantillon

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

État de l'échantillon

- Remanié
- Intact
- Perdu
- Forage au diamant

Graphique

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

| Prof. | | Coupe stratigraphique | | Échantillons | | Odeur | | Essais | | Graphique | | | | | | | | | | | |
|-------|---|-----------------------|---|--------------|-----|-------|-----------|--------|---------|-----------|---------|-------|----------|-----------|----|----|----|----|-----|------|--|
| pi | m | Élév. Prof. | Description | Strat. | Eau | État | Type - No | Réc. % | N / RQD | FAIBLE | MOYENNE | FORTE | Essais | Cu Cur Nc | 20 | 40 | 60 | 80 | 100 | | |
| | | 14.21 | Niveau actuel du sol | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 0.00 | Descente des tubages en destruction jusqu'à 2,4 mètres de profondeur. Présence probable de remblai en surface jusque vers 1,5 mètre de profondeur. | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 11.77 | Argile silteuse grise. | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 2.44 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | CF-1 | 100 | 1 | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | CF-2 | 100 | 1 | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | CF-3 | 100 | 3 | | | | AG, Séd. | | | | | | | 63.6 | |

Remarques :



RAPPORT DE FORAGE

Forage N° : QEEP-010
 Dossier : PLUS-00026280-045500

| Prof. | | Coupe stratigraphique | | | Échantillons | | | | Odeur | | Essais | | Graphique | | | | | | | | | |
|-------|----|-----------------------|-------------|--------|--------------|------|-----------|--------|---------|--------|---------|-------|-----------|----|-----|----|----|----|----|----|-----|--|
| pi | m | Élév. Prof. | Description | Strat. | Eau | État | Type - No | Réc. % | N / RQD | FAIBLE | MOYENNE | FORTE | Essais | Cu | Cur | Nc | 20 | 40 | 60 | 80 | 100 | |
| | 12 | | | | | X | CF-4 | 100 | 1 | | | | | | | | | | | | | |
| | 40 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 13 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 45 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 14 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 15 | | | | | X | CF-5 | 100 | 1 | | | | | | | | | | | | | |
| | 50 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 16 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 55 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 17 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 18 | | | | | X | CF-6 | 100 | 1 | | | | | | | | | | | | | |
| | 60 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 19 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 65 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 21 | | | | | X | CF-7 | 100 | 1 | | | | | | | | | | | | | |
| | 70 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 22 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 75 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 23 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 24 | | | | | X | CF-8 | 100 | 1 | | | | | | | | | | | | | |
| | 80 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 25 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 85 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 26 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |



RAPPORT DE FORAGE

Forage N° : QEEP-010
Dossier : PLUS-00026280-045500

| Prof. | | Coupe stratigraphique | | Échantillons | | | | | Odeur | | Essais | | Graphique | | | | | | | | | |
|-------|---|-----------------------|--|--------------|-----|------|-----------|--------|---------|--------|---------|-------|-----------|----|-----|----|----|----|----|----|-----|--|
| pi | m | Élév. Prof. | Description | Strat. | Eau | État | Type - No | Réc. % | N / RQD | FAIBLE | MOYENNE | FORTE | Essais | Cu | Cur | Nc | 20 | 40 | 60 | 80 | 100 | |
| 27 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 90 | | | | | | | CF-9 | 100 | 1 | | | | | | | | | | | | | |
| 28 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 95 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 29 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 30 | | | | | | | CF-10 | 100 | 1 | | | | | | | | | | | | | |
| 100 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 31 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 105 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 32 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 33 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 110 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 34 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 34 | | -19.94 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 34.15 | Sable et silt graveleux gris foncé. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 115 | | | | | | | CF-11 | 100 | R | | | | | | | | | | | | | |
| 35 | | | Présence de blocs de 35,0 à 36,5 mètres de profondeur. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 36 | | | | | | | CR-12 | 50 | | | | | | | | | | | | | | |
| 120 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 37 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 37 | | -22.38 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 36.59 | Fin du forage à 36,6 mètres de profondeur. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 125 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 38 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 39 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 130 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 40 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 41 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 135 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |



RAPPORT DE FORAGE

Forage N° : QEEP-011
Dossier : PLUS-00026280-045500

| Prof. | | Coupe stratigraphique | | | Échantillons | | | | Odeur | | Essais | | Graphique | | | | | | | | | |
|-------|----|-----------------------|-------------|--------|--------------|------|-----------|--------|---------|--------|---------|-------|-----------|----|-----|----|----|----|----|----|-----|--|
| pi | m | Élév. Prof. | Description | Strat. | Eau | État | Type - No | Réc. % | N / RQD | FAIBLE | MOYENNE | FORTE | Essais | Cu | Cur | Nc | 20 | 40 | 60 | 80 | 100 | |
| | 12 | | | | | X | CF-4 | 100 | 1 | | | | | | | | | | | | | |
| | 40 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 13 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 45 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 14 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 15 | | | | | | TM-5 | 100 | | | | | | | | | | | | | | |
| | 50 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 16 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 55 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 17 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 18 | | | | | X | CF-6 | 100 | 1 | | | | | | | | | | | | | |
| | 60 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 19 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 65 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 21 | | | | | X | CF-7 | 100 | 1 | | | | | | | | | | | | | |
| | 70 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 22 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 75 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 23 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 24 | | | | | X | CF-8 | 100 | 1 | | | | | | | | | | | | | |
| | 80 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 25 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 85 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 26 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |



RAPPORT DE FORAGE

Forage N° : QEEP-011
Dossier : PLUS-00026280-045500

| Prof. | | Coupe stratigraphique | | Échantillons | | | | | Odeur | | Essais | | Graphique | | | | | | | |
|-------|---|-----------------------|--|--------------|-----|------|-----------|--------|---------|--------|---------|-------|-----------|-----------|----|----|----|----|-----|--|
| pi | m | Élév. Prof. | Description | Strat. | Eau | État | Type - No | Réc. % | N / RQD | FAIBLE | MOYENNE | FORTE | Essais | Cu Cur Nc | 20 | 40 | 60 | 80 | 100 | |
| 27 | | | | | | X | CF-9 | 100 | 1 | | | | | | | | | | | |
| 90 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 28 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 95 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 29 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 30 | | | | | | X | CF-10 | 100 | 1 | | | | | | | | | | | |
| 100 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 31 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 105 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 32 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 33 | | | | | | X | CF-11 | 100 | 1 | | | | | | | | | | | |
| 110 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 34 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 115 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 35 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 36 | | -20.88 36.10 | Sable et silt graveleux gris foncé. | | | X | CF-12 | 58 | 27 | | | | | | | | | | | |
| 120 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 37 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 125 | | -23.09 38.31 | Fin du forage à 38,3 mètres de profondeur. | | | X | CF-13 | 54 | 101 | | | | | | | | | | | |
| 38 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 39 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 130 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 40 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 41 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 135 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

P2. Résultats d'essais en laboratoire





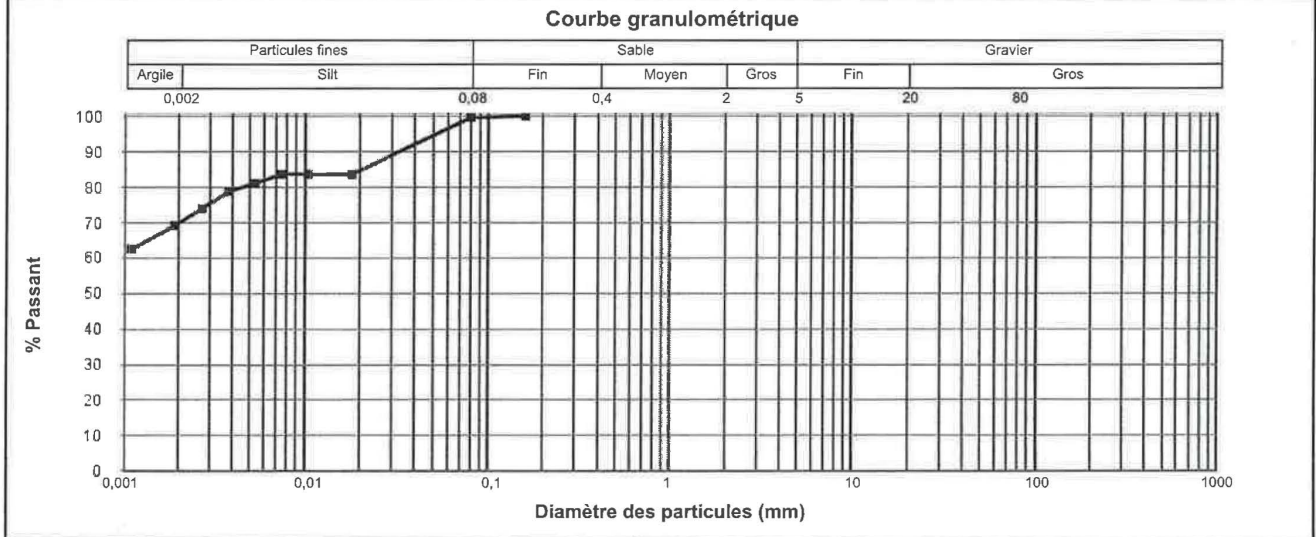
2555, rue Saint-Pierre
 Drummondville (QC) J2C 7Y2
 Téléphone: 819-477-3775
 www.exp.com

**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-3771 |
| | Réf. client : |

| | |
|--------------------------|-------------------------------------|
| Sondage n° : QEEP-010 | Prélevé le : 2014-04-16 par EXP |
| Échantillon : CF-3 | Reçu le : 2014-04-25 |
| Profondeur : 8,5 à 9.1 m | Localisation : Rivière L'Assomption |



| Analyse granulométrique LC 21-040 | | | | Description |
|-----------------------------------|-------------------------|------------|-------------------------|---------------------------------|
| Tamis (mm) | Tamisat %passant mesuré | Tamis (mm) | Tamisat %passant mesuré | |
| 112 | | 0.018 | 83,7 | D ₁₀ : |
| 80 | | 0.0104 | 83,7 | D ₃₀ : |
| 56 | | 0.0074 | 83,6 | D ₆₀ : |
| 40 | | 0.0053 | 81,1 | Coefficient d'uniformité (Cu) : |
| 31,5 | | 0.0038 | 78,7 | Coefficient de courbure (Cc) : |
| 20 | | 0.0027 | 74,1 | Gravier: 0 % |
| 14 | | 0.0019 | 69,4 | Sable: 0 % |
| 10 | | 0.0011 | 62,4 | Silt: 29 % |
| 5 | | | | Argile: 70 % |
| 2,5 | | | | Description : Argile silteux |
| 1,25 | | | | Classification unifiée : |
| 0,630 | | | | Teneur en eau LC 21-201 63,6% |
| 0,315 | | | | |
| 0,160 | 100 | | | |
| 0,080 | 99,5 | | | |

Remarques :

Vérifié par : Simon Tessier
 Technicien, coordonnateur

Approuvé par : Michelle Létourneau Date : 2014-04-27
 Michelle Létourneau, ing., M.Sc.A.

Annexe 4-37

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



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

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 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 | 22 avril 2014 | Information géotechnique ajoutée, émis pour commentaires du client |
| C | DL | 28 avril 2014 | Commentaires de Stantec/JV incorporés, émis pour commentaires du client |
| D | BS | 2 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 Bayonne 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 juste à l'ouest de l'autoroute Félix-Leclerc, près de Berthierville au Québec. La rivière mesure approximativement 25 m de largeur à cet emplacement. Le point d'entrée, du côté sud de la traverse, est situé sur un terrain plat où la végétation est dense. Le point de sortie, du côté nord de la traverse, est situé sur un terrain agricole plat; la différence d'élévation entre les points d'entrée et de sortie est de moins de 1 m. 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. Le rapport géotechnique final est fourni à l'annexe D.

Tableau 1. Trou de forage QEEP-013

| Mètres sous la surface du sol (msss) | Description du sous-sol |
|--------------------------------------|--|
| 0,0 | |
| | Aucun recouvrement |
| 1,0 | |
| | Sable limoneux |
| 2,6 | |
| | Limon argileux, traces de sable |
| 30,6 | |



Tableau 2. Trou de forage QEEP-014

| Mètres sous la surface du sol (msss) | Description du sous-sol |
|--------------------------------------|-----------------------------------|
| 0,0 | |
| | Aucun recouvrement |
| 1,1 | |
| | Sable limoneux |
| 5,7 | |
| | Sable limoneux, présence d'argile |
| 8,8 | |
| | Limon argileux, traces de sable |
| 40,0 | |

Tableau 3. Trou de forage QEEP-015

| Mètres sous la surface du sol (msss) | Description du sous-sol |
|--------------------------------------|-----------------------------------|
| 0,0 | |
| | Aucun recouvrement |
| 1,1 | |
| | Sable limoneux |
| 2,7 | |
| | Sable limoneux, présence d'argile |
| 11,8 | |
| | Limon argileux, traces de sable |
| 30,7 | |

3. Considérations sur la conception des FDH

3.1 Contraintes exercées sur la canalisation

Les conditions d'exploitation de l'oléoduc ont été spécifiées par TransCanada. La pression maximale d'exploitation (PME) du projet sera de 8450 kPa, survenant 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 8887 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 11 109 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**

| Propriété | Valeur | Unités |
|---|--------|------------|
| Diamètre extérieur | 1067 | mm |
| Tolérance d'épaisseur (TÉ) | 0 | % de l'ÉPN |
| Épaisseur de paroi nominale | 20,2 | mm |
| Grade/Limite élastique minimale spécifiée (LEMS) | 550 | MPa |
| Catégorie | II | S. O. |
| T1 (température de conception minimale) | 5 | °C |
| T2 (température d'exploitation maximale) | 60 | °C |
| Pression maximale d'exploitation (PME) du projet | 8450 | kPa |
| Pression maximale d'exploitation (PME) spécifique du site | 8 887 | kPa |
| Pression d'essai (PE) | 11 109 | kPa |
| Rayon minimal | 530 | m |
| Rayon de conception | 1200 | m |

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

Un rayon minimal de 530 mètres a été déterminé en fonction des déviations de guidage enregistrées lors de projets précédents de FDH à grand diamètre. Un rayon de conception de 1200 m a été choisi pour accommoder une géométrie de tracé de forage et des tolérances de guidage de FDH pratiques. La contrainte maximale attendue pendant l'opération correspond à environ 92,59 % de la limite élastique minimale spécifiée (LEMS). Selon la norme CSA Z662-11, la contrainte de cisaillement admissible est égale à 50 % de la LEMS. Cette contrainte maximale serait observée à n'importe quel emplacement le long du tracé de forage où le tuyau est assujéti au rayon minimal de 530 m. La canalisation choisie satisfait à toutes les exigences de la norme CSA Z662-11 sous les conditions spécifiées. La détermination finale des conditions d'exploitation de l'oléoduc et des matériaux des canalisations sera effectuée lors de la conception détaillée.

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

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



3.2 Géométrie

Selon les informations de spécifications de la canalisation, de la géométrie spécifique à l'emplacement et l'information géotechnique, un forage dirigé horizontal semble faisable à cet emplacement. 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 et de minimiser la quantité de levage de canalisation requise au point de sortie. Il en résulte une trajectoire de forage d'une longueur de 606 m avec une profondeur de recouvrement de 27 m sous la rivière Bayonne. Cette profondeur de recouvrement ainsi que les spécifications nécessaires pour la gaine de forage seront raffinées lors de la conception détaillée. Pour la géométrie détaillée de la trajectoire de forage, reportez-vous au dessin de conception préliminaire de l'annexe B.

3.3 Gaine de forage

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

3.4 Dimensions de l'équipement

Les traverses de ce diamètre et d'une telle distance sont considérées de gros projets de FDH. Plusieurs traverses par FDH de diamètre et de longueur similaires ont été réalisées au Canada. Étant donné la friction et la traînée qui s'exerceront sur la section d'oléoduc, la force de tirage maximale pendant l'installation est estimée à 258 872 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 : force de tirage-poussée de 625 000 lb 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. Le trou de forage plus grand permet aussi de corriger plus facilement quelques petites déviations dans la géométrie du trou de forage, même si ceci n'est pas, en général, explicitement calculé ou prévu pendant la conception. La norme de l'industrie prévoit l'utilisation d'un trou de forage d'au moins 1,5 fois le diamètre de la canalisation pour les tuyaux de 0,61 m ou moins ou, pour les tuyaux plus grands que 0,61 m, le diamètre du tuyau plus 0,3 m. Dans plusieurs cas, il est nécessaire d'augmenter le diamètre du trou de forage au-delà de ces minimums pour contrebalancer les conditions de trou défavorables, comme la présence de pierres, de roches ou de roches fracturées, ou pour permettre plus d'espace pour les déviations attendues dans le trou de forage.

Pour cette canalisation de 1067 mm (42 po), un diamètre de trou de forage minimal de 1372 mm (54 po) est requis. Ultiment, l'entrepreneur en FDH sera responsable de l'évaluation des conditions de forage et des conditions du trou de forage pendant les opérations de forage, afin de déterminer si un format de trépan aléueur plus gros est nécessaire pour installer l'oléoduc de façon sécuritaire. Si des problèmes sont redoutés avec le trou de forage, il est recommandé de procéder, avant le tirage de l'oléoduc, au tirage d'une section de canalisation d'essai de 30 m de long, possédant les mêmes spécifications et le même revêtement que l'oléoduc à installer, et que celle-ci soit



vérifiée pour y déceler d'éventuels dommages au revêtement et à la section de tuyau. Ceci peut aider à déterminer si un trépan aléueur plus gros ou un autre conditionnement du trou est nécessaire avant de tirer la section entière de la canalisation.

3.6 Soulèvement de la canalisation et rupture

Avant d'être tirée sous la rivière, la section d'oléoduc sera habituellement étendue en une section continue. Une aire de travail d'une largeur approximative de 20 mètres sera requise pour la longueur totale du forage (incluant un espace additionnel pour le déplacement 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 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. De l'argile et du limon très meubles ont été observés dans les trois trous de forage sur le site de la traverse. Une sélection judicieuse des outils sera importante pour maintenir le contrôle du guidage. Si des déviations dépassant les tolérances sont mesurées, une petite portion du trou de forage est habituellement forée à nouveau pour permettre d'effectuer des réglages à la trajectoire du trou de forage. Dans certains cas, il peut être nécessaire de forer à nouveau en élargissant le trou et, si nécessaire, de cimenter une partie du forage. Le déplacement de la foreuse à un autre endroit pour reprendre le forage est aussi une possibilité. Réduire le diamètre du trépan et utiliser un angle de cintrage plus élevé sur le moteur à boue peuvent aider à pénétrer des formations plus dures, mais cela peut aussi mener à des déviations importantes lors du forage d'une formation géologique inattendue. Il est possible que plusieurs tailles de trépan aléueur et plusieurs configurations d'angle de cintrage soient nécessaires pour compléter le trou pilote dans le respect des tolérances.

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



4.2 Perte de circulation et fuites de fluide

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

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

4.3 Instabilité du trou de forage

Pour diminuer les risques d'effondrement du trou de forage en sol faible ou non consolidé, la circulation d'équipements au-dessus de la trajectoire de forage devrait être limitée le plus possible. Ceci vaut surtout pour la région directement au-dessus de l'extrémité de toute gaine. Utiliser un fluide de forage aux propriétés adéquates réduit les chances d'effondrement du trou de forage. Une attention particulière doit être portée afin de ne pas enlever un excès de matériel à l'extrémité de la gaine de forage en évitant d'effectuer des va-et-vient trop fréquents et en limitant le plus possible la circulation à cet endroit. Les autres zones soulevant des inquiétudes sont les zones où la présence de sable, de roches et de pierres est soupçonnée. 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 au tuyau

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



recommandé que des mesures d'atténuation des dommages au revêtement, comme une protection cathodique, soient prises en considération.

4.6 Canalisation coincée

Le gonflement de matériaux comme l'argile peut rétrécir le diamètre du trou de forage et mener à des problèmes de nettoyage du trou ainsi qu'au coincement de la canalisation lors de la procédure de tirage. Les problèmes de gonflement deviendront de plus en plus sévères au fur et à mesure que le trou de forage sera exposé au fluide de forage et que les matériaux y seront exposés. Puisque cette canalisation nécessitera un trou très large et plusieurs alésages, on peut s'attendre à ce que le gonflement potentiel de la géologie se réalise. Des additifs pour fluide de forage peuvent être utilisés pour contrôler le gonflement de l'argile, si celui-ci devient problématique. Le taux de pénétration doit être contrôlé pour permettre à une quantité suffisante de fluide de forage d'être injectée pour transporter les déblais créés à l'avant. Une agitation régulière des déblais pour permettre leur retour en suspension dans le fluide de forage en effectuant des allers-retours avec les trépan aléseurs jusqu'au point d'entrée est essentielle pour le maintien d'un trou de forage ouvert. Du sable, du limon ou du gravier qui se détachent de la paroi sont aussi des causes de coincement de la canalisation. Utiliser un fluide de forage aux propriétés adéquates au maintien d'un trou de forage ouvert et effectuer des passes de nettoyage adéquates avant le déplacement de la canalisation aideront à réduire le risque d'obstruction du trou de forage par la chute de matériaux.

Les zones où la géométrie du trou de forage peut devenir inadéquate pour le tirage de la canalisation sont les zones de transition d'un matériau plus dur à un matériau meuble, comme la transition à la sortie de la gaine de forage. La cause la plus commune de coincement de la canalisation est lorsque le trépan aléteur accroche 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 plus grande. Un entrepreneur expérimenté est capable de choisir les bons outils de forage et de suivre les procédures adéquates pour minimiser la surexcavation des zones critiques. Si le trépan aléteur se coince à l'extrémité de la gaine de forage, l'entrepreneur peut tenter de faire tourner l'aléteur dans la gaine ou de retirer la gaine en conjonction avec le tirage de la canalisation. Exercer une force trop grande sur le trépan aléteur coincé peut mener au bris du tuyau de forage.

4.7 Usure et défaillance des outils de forage

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

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

4.8 Risques environnementaux

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



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

Les machines de FDH sont généralement alimentées par des moteurs au diesel et des systèmes hydrauliques. Tous deux présentent le risque de déversements d'hydrocarbures. Ces déversements sont habituellement contenus et nettoyés par le personnel sur place à l'aide de 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.

5. Conclusion

Selon l'information dont Entec disposait au moment de la rédaction de ce rapport, la traverse par FDH proposée de la rivière Bayonne est considérée techniquement faisable. Les contraintes auxquelles seront assujetties les canalisations ont été examinées par Entec et le rayon de conception de 1200 m a été confirmé. Les risques comprennent les difficultés de guidage, le gonflement de l'argile, l'instabilité du trou de forage, la perte de fluide et la fracturation. Un rapport de faisabilité final et un dessin de conception final seront émis dans la phase d'ingénierie détaillée.

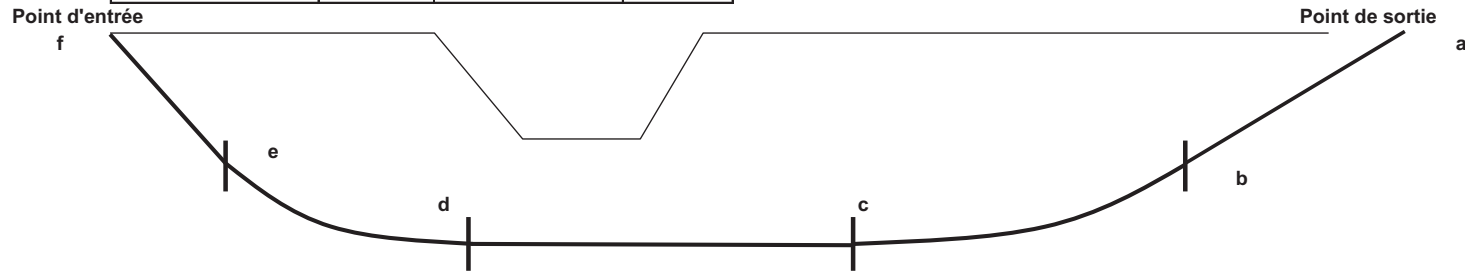


Annexe A

Sommaire des calculs

543-ENG-112
RIVIÈRE BAYONNE

| Données de conception | | Données du tuyau | | Données de procédé | | Critères de contrainte | | | |
|--------------------------|-------|------------------------|--------|--------------------|-------|---------------------------------------|-------|---------------|-------|
| Longueur forée (m) | 606,2 | Dia ext. Tuyau (mm) | 1067,0 | PME (kPa)* | 8887 | Contrainte de cisaillement admissible | | | |
| Longueur horizontale (m) | 600,2 | Épais. Nominale (mm) | 20,2 | Pr. essai (kPa) | 11109 | 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 | | | |
| | (lbs) | (N) | (psi) | (MPa) | (% SA) | (psi) | (MPa) | (% SA) | (psi) | (MPa) | (% SA) | (psi) | (MPa) | (% SA) |
| Point A | 103 851 | 463 621 | 1009 | 6,95 | 2,53 | 30 004 | 206,9 | 68,39 | 15110 | 104,2 | 34,44 | 36 922 | 254,6 | 92,57 |
| Point B | 111 084 | 495 909 | 15683 | 108,13 | 39,32 | 29 971 | 206,6 | 68,31 | 15281 | 105,4 | 34,83 | 36 759 | 253,4 | 92,16 |
| Point C | 159 842 | 713 582 | 15982 | 110,19 | 40,07 | 29 909 | 206,2 | 68,17 | 15688 | 108,2 | 35,76 | 36 352 | 250,6 | 91,14 |
| Point D | 159 843 | 713 584 | 15982 | 110,19 | 40,07 | 29 909 | 206,2 | 68,17 | 15688 | 108,2 | 35,76 | 36 352 | 250,6 | 91,14 |
| Point E | 237 155 | 1 058 730 | 16295 | 112,35 | 40,85 | 29 971 | 206,6 | 68,31 | 15281 | 105,4 | 34,83 | 36 759 | 253,4 | 92,16 |
| Point F | 258 872 | 1 155 678 | 16374 | 112,90 | 41,05 | 29 997 | 206,8 | 68,37 | 15110 | 104,2 | 34,44 | 36 930 | 254,6 | 92,59 |

| 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 | 11-avr-14 | Conception préliminaire | |
| B | 07-mai-14 | Émis pour commentaire | |
| 0 | 30-mai-14 | Émis pour ingénierie de base | |



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



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

Permis d'ingénierie de l'APEGA No. P8649

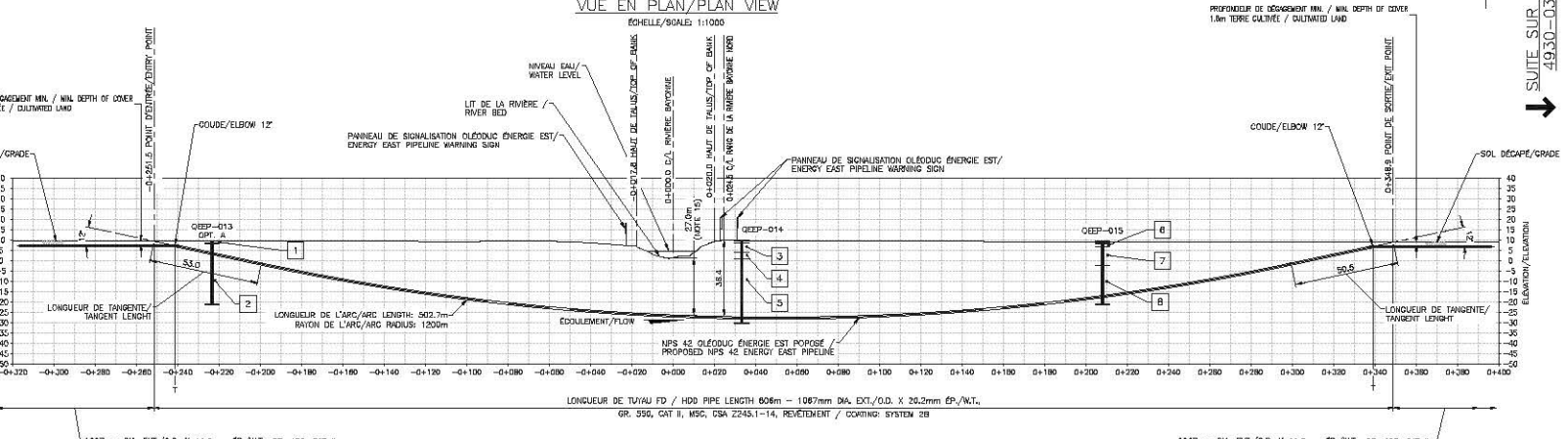
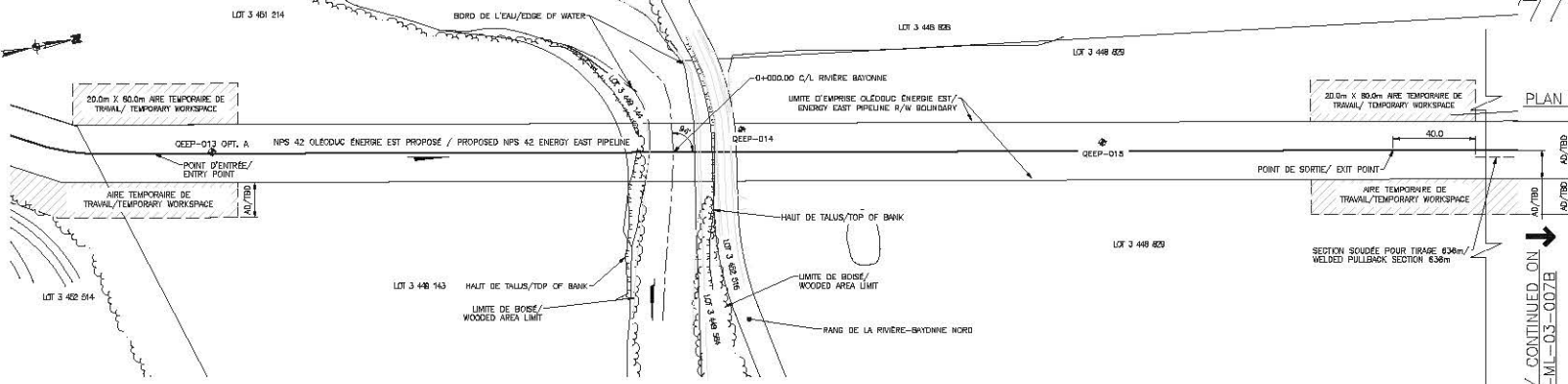
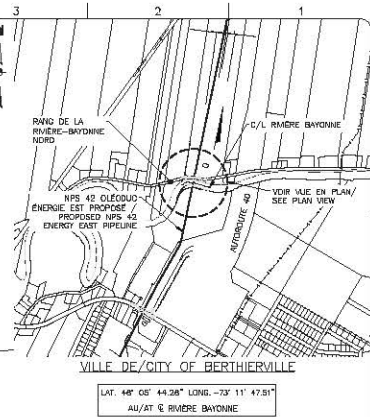
Note:*La pression maximale d'exploitation (PME) du projet est de 8450 kPa, survenant aux sorties des stations de pompage. Les calculs de FDH pour cette traverse, toutefois, sont basés sur la PME spécifique du site, déterminée par la différence d'élévation entre la station de pompage en amont et le point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



Annexe B

Dessin de conception

| RAPPORT DE FORAGE / BOREHOLE LOG | | |
|----------------------------------|--------------|--|
| NO. FORAGE / BOREHOLE NO. | REPÈRE / TAG | DESCRIPTION |
| CEEP-013 OPT. A | 1 | SABLE SILTEUX BEIGE / BEIGE SILTY SAND |
| | 2 | SILT ARGILEUX GRIS, TRACES DE SABLE / GREY SILTY CLAY, TRACES OF SAND |
| | 3 | SABLE SILTEUX BRUN / SILTY SAND, BROWN |
| CEEP-014 | 4 | ARGILE SILTEUX GRIS, TRACES DE SABLE / SILTY GREY CLAY, TRACES OF SAND |
| | 5 | SILT ARGILEUX GRIS, TRACES DE SABLE / GREY SILTY CLAY, TRACES OF SAND |
| CEEP-015 | 6 | SABLE SILTEUX BEIGE / BEIGE SILTY SAND |
| | 7 | SABLE SILTEUX GRIS, TRACES D'ARGILE / GREY SILTY SAND, TRACES OF CLAY |
| | 8 | SILT ARGILEUX GRIS, TRACES DE SABLE / GREY SILTY CLAY, TRACES OF SAND |



| DESSINS DE RÉFÉRENCE / REFERENCE DRAWINGS | |
|---|---|
| DESSIN / DRAWING NO | TITRE / TITLE |
| 4930-03-ML-01-524F | PANNEAU DE SIGNALISATION POUR OLÉODUC À HAUTE PRESION/HAUTE PRESSION DE HAUTE TENSION |
| 4930-03-ML-01-524F | SECTEUR TYPIQUE DE TRAVERSE DE TRONÇON / TYPICAL PIPE TRAVERSION DETAIL |
| 4930-03-ML-01-524F | SECTEUR TYPIQUE DE SOLÉE / TYPICAL TRENCH SOLE DETAIL |
| 4930-03-ML-03-0076 | TRAVÈRE DE TRANCHE - TRANCHE PAR TRANCHE DIRECTIONNEL / HDD CROSSING |
| 4930-03-ML-03-008 | TRANCHE DE TRANCHE - TRANCHE EN TRANCHE / TRENCH CROSSING (ALTERNATIVE) |

| RÉVISION / REVISION | | |
|---------------------|------------|---|
| REV / REV | DATE | DESCRIPTION |
| A | 2014-03-31 | ENIS POUR RÉVISION (INTERIEUR) / ISSUED FOR REVISION (INTERNAL) |
| B | 2014-04-04 | ENIS POUR RÉVISION (INTERIEUR) / ISSUED FOR REVISION (INTERNAL) |
| C | 2014-04-14 | ENIS POUR RÉVISION (CLIENT) / ISSUED FOR REVISION (CLIENT) |
| D | 2014-05-14 | ENIS POUR RÉVISION DE BASE / ISSUED FOR FEED |
| E | 2014-08-09 | RÉVISÉ POUR RÉVISION DE BASE / REVISÉ FOR FEED |

| APPROBATION / APPROVAL | | | | | |
|------------------------|------------------|--------------------|--------------------|---------------------|-------------------------|
| DATE / DATE | PROJET / PROJECT | DESIGNÉ / DESIGNED | REVISEUR / REVISOR | APProuvé / APPROVED | COMPÉTENCE / COMPETENCE |
| 21/07/15 | JUL | JB | MS/RS | JM | GP |
| 21/07/15 | JUL | OS | MS/RS | JM | GP |
| 21/07/15 | JUL | OS | MS/RS | JM | GP |
| 22/08/14 | JUL | OS | MS/RS | JM | GP |
| 22/08/14 | JUL | OS | MS/RS | JM | GP |

PROFESSEUR / PROFESSIONAL DESIGNER / P.E.T.

INGÉNIEUR / ENGINEER / P.E.T.

**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

TRAVÈRE PAR FORAGE DIRECTIONNEL/HDD CROSSING QUÉBEC

PROJET / PROJECT: 4930-03-ML-03-007A

- NOTES:**
APPENDAGE / SURMETING:
- TOUTES LES MESURES SONT EN METRES SAUF INDICATION CONTRAIRE / ALL MEASUREMENTS ARE IN METERS UNLESS OTHERWISE SPECIFIED.
 - TOUTS LES CHANGEMENTS SONT HORIZONTALS SAUF INDICATION CONTRAIRE / ALL CHANGES ARE HORIZONTAL UNLESS OTHERWISE SPECIFIED.
- GÉNÉRAL / GENERAL:**
- LA TRAVERSE DOIT ÊTRE CONSTRUITE ET CROUÉE EN RESPECTANT AU MINIMUM TOUS LES RÈGLEMENTS FÉDÉRAUX, PROVINCIAUX, MUNICIPAUX ET RÉGIONAUX APPLICABLES. / AS A MINIMUM, THE CROSSING SHALL BE CONSTRUCTED AND TESTED IN ACCORDANCE WITH ALL APPLICABLE FEDERAL, PROVINCIAL, MUNICIPAL AND REGIONAL REGULATIONS.
 - LA CONSTRUCTION DE LA CONDUITE ET LE PROGRAMME D'ESSAIS DE PRESSION HYDROSTATIQUE DOIVENT ÊTRE CONFORMES À LA NORME CSA 2852-11. AUX SPÉCIFICATIONS DE CONSTRUCTION TES-PROU-POS ET TES-PROU-HOD 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 AND TRANSCANADA CONSTRUCTION SPECIFICATIONS TES-PROU-POS AND TES-PROU-HOD AND MEET REQUIREMENTS IN THE CROSSING AGREEMENTS.

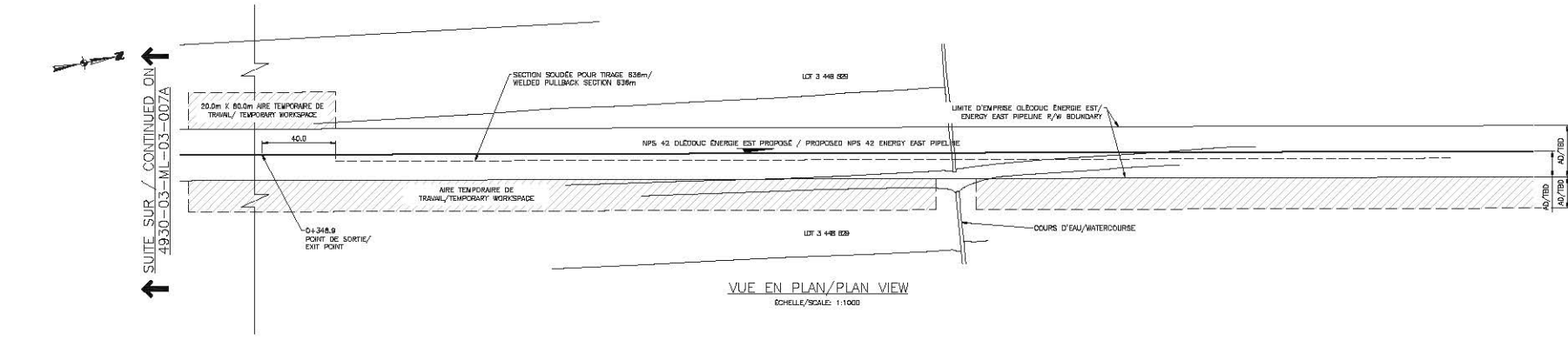
- ALIGNEMENT DE LA CONDUITE ET INSTALLATION / PIPE ALIGNMENT AND INSTALLATION:**
- L'ENTREPRENEUR DU FORAGE DIRIGÉ DOIT VÉRIFIER LA PROFONDEUR ET L'EMPLACEMENT DES INSTALLATIONS SOUTERRAINES EXISTANTES AVANT LA CONSTRUCTION. / THE HDD CONTRACTOR SHALL VERIFY APPROVED ENTRY/EXIT LOCATIONS AND DRILLING DIRECTION BASED ON THE SITE CONDITIONS DURING CONSTRUCTION.
 - LES ALIGNEMENTS DE LA CONDUITE, TELS QU'INDIQUÉS SUR LE PLAN ET PROFIL, INDIQUENT LES EXIGENCES MINIMALES REQUISES POUR L'OLÉODUC ÉNERGIE EST. L'ENTREPRENEUR PEUT À SA DISCRETION ET À SES FRAIS, PROPOSER UN PROFIL ALTERNATIF AU MOMENT DE LA SOUMISSION. LES PROPOSITIONS ALTERNATIVES DOIVENT ÊTRE APPROUVÉES PAR TRANSCANADA ET LES AUTORITÉS DE RÈGLEMENTATION CONCERNÉES. / PIPELINE ALIGNMENTS, AS INDICATED ON THE PLAN AND PROFILE, REFLECT ENERGY EAST PIPELINE MINIMUM REQUIREMENTS. THE CONTRACTOR MAY, AT THEIR DISCRETION AND COST, PROPOSE AN ALTERNATIVE PROFILE AT THE TIME OF TENDER. ALTERNATIVE PROPOSALS MUST BE APPROVED BY TRANSCANADA AND APPLICABLE REGULATORY AGENCIES.
 - EN AUCUN CAS LA CONDUITE NE PEUT ÊTRE INSTALLÉE À L'EXTÉRIEUR DE L'EMBRASSE D'OLÉODUC ÉNERGIE EST / UNDER NO CIRCUMSTANCES SHALL THE PIPELINE BE INSTALLED OUTSIDE OF THE ENERGY EAST R.O.W.
 - LA CONDUITE DOIT ÊTRE MISE EN PLACE SUR LE SOL NATUREL NON-REMUE AVEC LA PROTECTION APPROPRIÉE. LES PENTES LATÉRALES D'EXCAVATION TEMPORAIRE DEVONT RESPECTER LA SPÉCIFICATION DE CONSTRUCTION TES-PROU-POS DE TRANSCANADA / PIPELINE SHALL BE PLACED ON NATURAL, UNDISTURBED SOIL WITH APPROPRIATE PROTECTION. TEMPORARY SIDE SLOPES SHALL MEET TRANSCANADA CONSTRUCTION SPECIFICATION TES-PROU-POS.

- L'ENTREPRENEUR DU FORAGE DIRECTIONNEL DOIT VÉRIFIER L'EMPLACEMENT DES POINTS D'ENTRÉE/SORTIE ET LE SENS DU FORAGE EN SE BASANT SUR LES CONDITIONS DU SITE. / THE HDD CONTRACTOR SHALL VERIFY APPROVED ENTRY/EXIT LOCATIONS AND DRILLING DIRECTION BASED ON THE SITE CONDITIONS DURING CONSTRUCTION.
- LA SECTION DU TUYAU SOUDÉE DOIT ÊTRE SOUTIENUE ADOQUATEMENT EN TOUT TEMPS LORS DE L'OPÉRATION DE TRACÉ AFIN DE S'ASSURER QUE LE TUYAU NE SUBISSE PAS DE CONTRAINTES EXCESSIVES. / THE PIPE PULL SECTION SHALL BE ADEQUATELY SUPPORTED AT ALL TIMES DURING PULLBACK TO ENSURE THE PIPE IS NOT OVERSTRESSED.
- AFIN D'ÉVITER VISUELLEMENT TOUT DOMMAGE AU TUYAU OU À SON REVÊTEMENT, L'ENTREPRENEUR EST TENU DE TIRER AU MINIMUM L'ÉQUIPEMENT D'UNE LONGUEUR DE TUYAU À L'EXTÉRIEUR DU TROU DE FORAGE SELON LES SPÉCIFICATIONS DU FORAGE TES-PROU-HOD. / 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-HOD.
- UN PLAN ET UN PROFIL DÉTAILLÉS—CONSTRUITS DOIVENT ÊTRE FOURNIS À OLÉODUC ÉNERGIE EST APRÈS L'ACHÈVEMENT DES TRAVAUX. / A FINAL #AS-BUILT PLAN AND PROFILE SHALL BE PROVIDED TO ENERGY EAST PIPELINE AFTER THE COMPLETION OF THE WORK.

- L'ENTREPRENEUR EN PIPELINE FOURNIRA L'ASSISTANCE À LA PRÉPARATION DU SITE ET À SON ACCÈS, À LA MISE EN PLACE DE L'ÉQUIPEMENT DE FORAGE, À L'INSTALLATION DU TUYAU, AU RETRAIT DE L'ÉQUIPEMENT DE FORAGE, ET À LA REMISE EN ÉTAT DU SITE. / THE PIPELINE CONTRACTOR WILL PROVIDE ASSISTANCE IN PREPARING THE SITE, DRIVING FOR SITE ACCESS, SETTING UP HDD EQUIPMENT, INSTALLATION OF THE PIPE, REMOVAL OF HDD EQUIPMENT, AND RESTORATION OF THE SITE.
 - L'ENTREPRENEUR DOIT DISPOSER D'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 ANNUAL PRESSURE AND WATERCOURSE TURBIDITY BY THE HDD CONTRACTOR TO ENSURE NO FINE-CUT OF DRILLING FLUID INTO THE WATERCOURSE.
 - LA PROFONDEUR DE RECOURÈMENT SERA DÉTERMINÉE À LA PHASE D'INGÉNÉRIE DÉTAILLÉE. / DEPTH OF COVER WILL BE FINALIZED DURING THE DETAILED ENGINEERING PHASE.
- ENVIRONNEMENT / ENVIRONMENTAL:**
- VOIR LES CLAUSES ENVIRONNEMENTALES DÉTAILLÉES (À ÊTRE COMPLÉTÉES À L'INGÉNÉRIE DÉTAILLÉE) / SEE DETAILED ENVIRONMENTAL CONDITIONS (TO BE DEFINED IN DETAILED ENGINEERING)

SPÉCIFICATIONS DE L'OLÉODUC / PIPELINE SPECIFICATIONS

- CONDUITE / LINE PIPE: 1083mm DA EXT. / O.D. (NPS 42) x 11.6mm DP/WT. OR 483, DAT 1, HDG CSA 2245.1-14
- TEMPÉRATURE D'OPÉRATION MAX. / MAX. OPERATING TEMPERATURE: 100°C
- TEMPÉRATURE DE CONSTRUCTION MAX. / MAX. OPERATING TEMPERATURE: 100°C
- TYPE DE JOINT / TYPE OF JOINT: SYSTEM / SYSTEM 28
- REVENDEMENT CONDUITE / LINE PIPE COATING: SYSTÈME / SYSTEM 28
- MÉTHODE DE TRAVAIL / CROSSING METHOD: FORAGE DIRECTIONNEL / HDD
- MÉTHODE DE TRAVAIL ALTERNATIVE / ALTERNATE CROSSING METHOD: TRANCHEE / TRENCHED
- TEST DE PRESSION MIN. (SECTION DE TRAVAIL/MIN. TEST PRESSURE (CROSSING SECTION)): 11 109 kPa
- PRESSION D'OPÉRATION MAX. / MAX. OPERATING PRESSURE: 8 657 kPa
- PROTECTION CATHODIQUE / CATHODIC PROTECTION: COURANT IMPRÉ / IMPRESSED CURRENT
- VOLTAGE DE PROTECTION CATHODIQUE MAX. / MAX. CATHODIC PROTECTION VOLTAGE: -40 / TED
- PRODUIT TRANSPORTE / PRODUCT CARRIED: PÉTROLE BRUT / CRUDE OIL



DESSINS DE RÉFÉRENCE / REFERENCE DRAWINGS

| DESSIN / DRAWING NO. | TITRE / TITLE |
|----------------------|---|
| 4930-03-ML-01-52F | PROJET DE SOUS-TRAVAIL POUR OLÉODUC À HAUTE PRESSION/PROJ. DE TRAVAIL EN PROFONDÉUR DE LA PIPELINE HAUTE PRESSION |
| 4930-03-ML-01-51F | SÉRIE TYPE DE TRAVAIL DE TUYAU/PIPE WORK TYPICAL DETAIL |
| 4930-03-ML-01-51F | SÉRIE TYPE DE SOUS-TRAVAIL TRANCHEE EN TRENCH DETAIL |
| 4930-03-ML-01-007A | TRANCHEE ALTERNATIVE - TRAVERSE PAR TRANCHEE ALTERNATIVE / HDD CROSSING ALTERNATIVE |
| 4930-03-ML-03-030 | TRANCHEE ALTERNATIVE - TRAVERSE EN TRANCHEE / TRENCHED CROSSING (ALTERNATIVE) |

RÉVISION / REVISION

| REV. / REV. | DATE | DESCRIPTION |
|-------------|------------|--|
| A | 2014-03-31 | ENVOI POUR RÉVISION (INTERIEUR #1) / ISSUED FOR REVISION (INTERNAL #1) |
| B | 2014-04-04 | ENVOI POUR RÉVISION (INTERIEUR SOUTIEN) / ISSUED FOR REVISION (INTERNAL SUPPORT) |
| C | 2014-04-14 | ENVOI POUR RÉVISION (CLIQUE) / ISSUED FOR REVISION (CLICK) |
| D | 2014-02-14 | ENVOI POUR RÉVISION DE BASE / ISSUED FOR FEED |
| E | 2014-03-09 | RÉVISION POUR RÉVISION DE BASE / REVISION FOR FEED |

APPROBATION / APPROVAL

| DATE / DATE | PROJETÉ / PROJECTED | REVISEUR / REVISOR | DATE / DATE | PROJETÉ / PROJECTED | REVISEUR / REVISOR |
|-------------|---------------------|--------------------|-------------|---------------------|--------------------|
| 216745 | JML | JB | 16/05 | JM | GP |
| 216745 | JML | JB | 16/05 | JM | GP |
| 216745 | JML | JB | 16/05 | JM | GP |
| 223944 | JML | CB | 16/05 | JM | GP |
| 223944 | JM | CB | 16/05 | JB | GP |

PROJETÉ / PROJECTED
PROFESSIONNEL / OCCUPATION / RPT

REVISEUR / REVISOR
PERMIS / PERMIT / APPR.

DATE

PROJETÉ / PROJECTED
PROFESSIONNEL / OCCUPATION / RPT

REVISEUR / REVISOR
PERMIS / PERMIT / APPR.

DATE

PROJETÉ / PROJECTED
PROFESSIONNEL / OCCUPATION / RPT

REVISEUR / REVISOR
PERMIS / PERMIT / APPR.

DATE

PROJETÉ / PROJECTED
PROFESSIONNEL / OCCUPATION / RPT

REVISEUR / REVISOR
PERMIS / PERMIT / APPR.

DATE

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

Energy East Pipeline Ltd.

INFORMATION GÉNÉRALE OLÉODUC ÉNERGIE EST / ENERGY EAST GENERAL INFORMATION PIPELINE

PROJETÉ / PROJECTED: JML
REVISEUR / REVISOR: JB
DATE: 16/05

RIVIÈRE BAYONNE
TRAVERSE PAR FORAGE DIRECTIONNEL/HDD CROSSING QUÉBEC

PROJETÉ / PROJECTED: JML
REVISEUR / REVISOR: JB
DATE: 16/05

PROJETÉ / PROJECTED: JML
REVISEUR / REVISOR: JB
DATE: 16/05



Annexe C

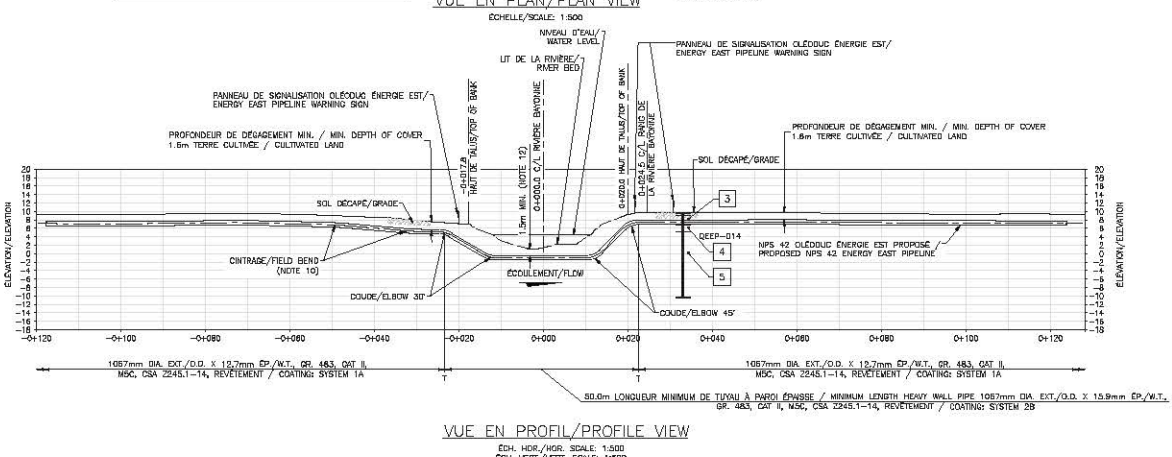
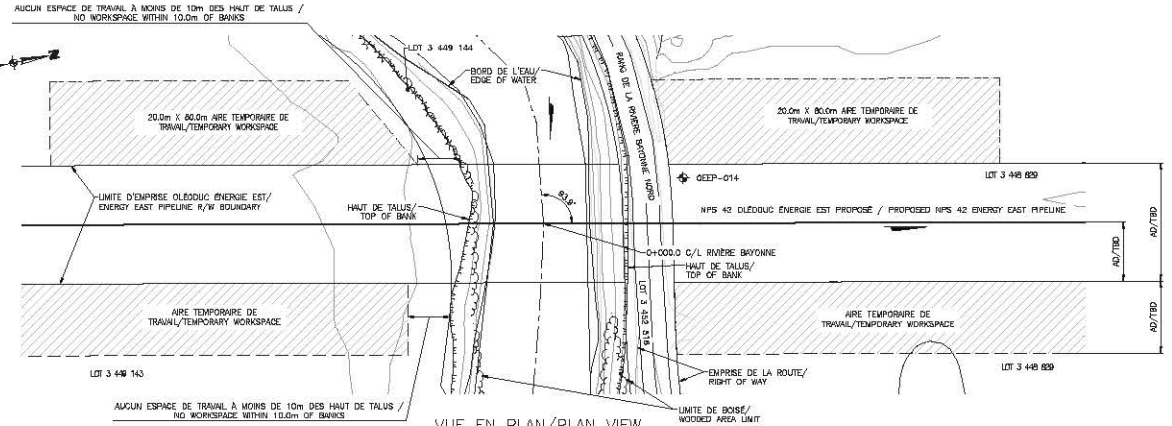
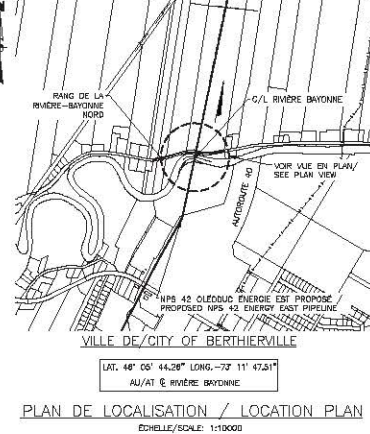
Dessin de traverse alternative

- NOTES / APPORTAGE / SURVEILLANCE:**
- TOUTES LES MESURES SONT EN MÈTRES SAUF INDICATION CONTRAIRE. / ALL MEASUREMENTS ARE IN METERS UNLESS OTHERWISE SPECIFIED.
 - TOUTS LES CHANGEMENTS SONT HORIZONTALS SAUF INDICATION CONTRAIRE. / ALL CHANGES ARE HORIZONTAL UNLESS OTHERWISE SPECIFIED.
- GENERAL / GENERAL:**
- LA TRAVERSEE DEVAIT ÊTRE CONSTRUITE ET ÉPILAVÉE 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 2862-11, AUX SPÉCIFICATIONS DE CONSTRUCTION TES-PROJ-PCS ET AUX EXIGENCES DU PERMIS DE TRAVERSEE. / 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 TRAVERSEE 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'INTÉRIEUR DE L'EMPREINTE 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 PROPOSALS MUST BE APPROVED BY TRANSCANADA AND APPLICABLE REGULATORY AGENCIES.
- LA CONDUITE DOIT ÊTRE MISE EN PLACE SUR LE SOL NATUREL NON-REMUNIÉ AVEC LA PROTECTION APPROPRIÉE. LES PENTES LATÉRALES D'ÉCOULEMENT 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 BEND ANGLE IS 1.0 DEGREE PER DIAMETER LENGTH.
- UN PLAN ET UN PROFIL 4%L-0%R-CONSTRUCTION DOIVENT ÊTRE FOURNIS À OLÉODUC ÉNERGIE EST AVANT L'ACHÈVEMENT DES TRAVAUX. / A FINAL 4%L-0%R-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 DÉTAILLÉE. / DEPTH OF COVER WILL BE FINIALIZED DURING THE DETAILED ENGINEERING PHASE.

- DÉCLASSEMENT DES DÉBRIS ET REMBLAIS TEMPORAIRES / SPOIL PLACEMENT-TEMPORARY:**
- LES PENTES DU DÉBRIS D'ÉCOULEMENT DOIVENT ÊTRE CONFORMES AUX NORMES TES-0031-2333 ET TES-PROJ-EXC DE TRANSCANADA ET AUX NORMES LOCALES. / TEMPORARY SPOIL SLOPE FROM EXCAVATION SHALL CONFORM TO TRANSCANADA SPECIFICATIONS TES-0031-2333, TES-PROJ-EXC AND LOCAL REQUIREMENTS.
 - L'AZIÈRE D'ENTRETIEN DES DÉBRIS DOIT ÊTRE MISE EN PLACE POUR S'ASSURER QUE L'EAU NE STAGNE PAS À LA SURFACE ET QUE LES DÉBRIS MIEUX 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.
- DÉCLASSEMENT 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 UT 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 REEMPLACEMENT SUR UNE SURFACE EN PENTE, LA SURFACE DOIT ÊTRE SOIGNÉMENT 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 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 SLOPE AND BANK AREA SHALL BE PLACED WITH A MAXIMUM SLOPE OF 2H:1V TO OPTIMIZE BANK STABILITY.
 - LES LOTS DE TRAVAIL HIÉRNAL, DES TROUSSEMENTS CONSIDÉRABLES PEUVENT SE PRODUIRE DANS LES BERGES REMBLAYÉES L'ÉTÉ SUIVANT LA CONSTRUCTION ET LES BERGES POURRAIENT INDÉTERMINER UN REPROFILAGE FINAL SELON LA PENTE SPÉCIFIÉE. UNE QUANTITÉ DE REMBLAI SUPPLÉMENTAIRE POURRAIT ÊTRE REQUISE POUR COMPENSER CES TROUSSEMENTS. LES BERGES DOIVENT ÊTRE PROFILÉES APRÈS QUE L'EAU NE STAGNE PAS EN HAUT DE TALUS. / FOR WINTER CONSTRUCTION, CONSIDERABLE SETTLEMENT OF THE BANK FILL MAY OCCUR THE FIRST SUMMER AFTER CONSTRUCTION AND THE BANK MAY REQUIRE FINAL GRADING TO THE SPECIFIED SLOPE. ADDITIONAL FILL MAY BE REQUIRED TO COMPENSATE FOR THE BACKFILL SETTLEMENT. BANKS SHALL BE GRADED SUCH THAT WATER DOES NOT POND AT THE TOP OF THE BANK.
- CONTRÔLE DE LA FLOTABILITÉ / BUOYANCY CONTROL:**
- LE CONTRÔLE DE LA FLOTABILITÉ SERA DÉTERMINÉ À L'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 DETERMINED IN DETAILED ENGINEERING.



SPÉCIFICATIONS DE L'OLÉODUC / PIPELINE SPECIFICATIONS

- CONDUITE / LINE PIPE : 1067mm DA EXT. / O.D. (NPS 42) x 12.7mm EP/W.T. OR 483, 041 II, NRC CSA 2245.1-14
- TRAVAU À PARCH BENSSE / HI PIPE : 1067mm DA EXT. / O.D. (NPS 42) x 15.6mm EP/W.T. OR 483, 041 II, NRC CSA 2245.1-14
- TEMPÉRATURE D'OPÉRATION MAX. / MAX. OPERATING TEMPERATURE : -30°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
- TRAVAU À PARCH BENSSE / HI PIPE : SYSTÈME / SYSTEM 2B
- MÉTHODE DE TRAVERSEE / CROSSING METHOD : TRANCHEE / TRENCH
- TEST DE PRESSION MIN. (SECTION DE TRAVERSÉ)/MIN. TEST PRESSURE (CROSSING SECTION) : 11 109 kPa
- PRESSION D'OPÉRATION MAX. / MAX. OPERATING PRESSURE : 6 867 kPa
- PROTECTION CATHODIQUE / CATHODIC PROTECTION : COURANT IMPRÉ / IMPRESSED CURRENT
- VOLÉME DE PROTECTION CATHODIQUE MAX. / MAX. CATHODIC PROTECTION VOLUME : A/J / TB
- PRODUIT TRANSPORTÉ / PRODUCT CARRIED : PÉTROLE BRUT / CRUDE OIL

RAPPORT DE FORAGE / BOREHOLE LOG

| No. FORAGE / BOREHOLE No. | REPÈRE / TAG | DESCRIPTION |
|---------------------------|--------------|--|
| DEEP-014 | 3 | SABLE SILTEUX, BRUN / SILTY SAND, BROWN |
| | 4 | ARGILE SILTEUSE GRIS, TRACES DE SABLE / SILTY CLAY, GREY, TRACES OF SAND |
| | 5 | SILT ARGILEUX GRIS, TRACES DE SABLE / GREY SILTY CLAY, TRACES OF SAND |

DESSINS DE RÉFÉRENCE / REFERENCE DRAWINGS

| DESSIN / DRAWING No. | TITRE / TITLE |
|----------------------|--|
| 4930-03-14-05-02-01 | PANNEAU DE SIGNALISATION POUR DÉBRIS À HAUTE PRESSION/HAZARD PRESSURE DEBRIS WARNING SIGN |
| 4930-03-14-05-01-01 | DÉTAIL TECHNIQUE DE TRAVERSÉE DE TONNÉAU/TECHNICAL DETAIL FOR RIVER CROSSING |
| 4930-03-14-05-01-02 | DÉTAIL TECHNIQUE DE COUDE 30°/TECHNICAL DETAIL FOR 30° ELBOW |
| 4930-03-14-05-01-03 | REMBLAI TEMPORAIRE DE BERGE, PROTECTION CONTRE L'ÉROSION/TEMPORARY BANK EROSION PROTECTION |
| 4930-03-14-05-103-01 | PROFIL TEMPORAIRE À HAUTE PRESSION/HAZARD PRESSURE TEMPORARY PROFILE |
| 4930-03-14-05-111-01 | TRAVERSÉE DE COURS D'EAU AVEC BUSE / RIVER WATERCOURSE CROSSING |
| 4930-03-14-05-111-02 | TRAVERSÉE DE COURS D'EAU PAR GARAGE ET PONTAGE / DAM AND PUMP WATERCOURSE CROSSING |
| 4930-03-14-03-002-01 | TRANCHEE - TRAVERSEE PAR FORAGE ORTHOGONAL / HED CROSSING |
| 4930-03-14-03-002-02 | TRANCHEE - TRAVERSEE PAR FORAGE ORTHOGONAL / HED CROSSING |

RÉVISION / REVISION

| NO. / NO. | DATE | DESCRIPTION |
|-----------|------------|--|
| A | 2014-03-31 | DATE POUR RÉVISION (INTERVAL 30) / ISSUED FOR REVISION (INTERVAL 30) |
| B | 2014-04-04 | DATE POUR RÉVISION (INTERVAL 30) / ISSUED FOR REVISION (INTERVAL 30) |
| C | 2014-04-24 | DATE POUR RÉVISION (ÉLÉVÉ) / ISSUED FOR REVISION (ELEVATED) |
| D | 2014-06-14 | DATE POUR RÉVISION DE BUSE / ISSUED FOR BOND |
| E | 2014-06-08 | BOUÉE POUR INSÉRIER DE BUSE / ISSUED FOR FIT |

APPROBATION / APPROVAL

| DATE / DATE | DESIGNÉ / DESIGNED | PROJÉCTÉ / PROJECTED | REVISEUR / REVISOR | DATE / DATE | DESIGNÉ / DESIGNED | PROJÉCTÉ / PROJECTED | REVISEUR / REVISOR |
|-------------|--------------------|----------------------|--------------------|-------------|--------------------|----------------------|--------------------|
| 20140405 | CS/CS | JR | NR | JM | OP | 20140405 | |
| 20140405 | CS/CS | JR | NR | JM | OP | 20140405 | |
| 20140405 | CS/CS | JR | NR | JM | OP | 20140405 | |
| 20140405 | CS/CS | JR | NR | JM | OP | 20140405 | |
| 20140405 | CS/CS | JR | NR | JM | OP | 20140405 | |

PROJET / PROJECT

PROJET / PROJECT: 4930-03-14-03-002-01

DATE / DATE: 2014-03-31

PROJET / PROJECT: 4930-03-14-03-002-01

DATE / DATE: 2014-03-31

Energy East Pipeline Ltd.

INFORMATION GÉNÉRALE OLÉODUC ÉNERGIE EST / ENERGY EAST GENERAL INFORMATION PIPELINE

PROJET / PROJECT: 4930-03-14-03-002-01

TRANCHEE EN TRANCHEE / TRENCH CROSSING (ALTERNATIVE) QUÉBEC

PROJÉCTÉ / PROJECTED: 4930-03-14-03-002-01

REVISEUR / REVISOR: JR



Annexe D











Information géotechnique

Annexe O – Rivière Bayonne

O1. 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-013
Dossier : PLUS-00026280-045500

Projet : Oléoduc Énergie Est - Exploration géotechnique
Traverses de rivières majeures
Endroit : Rivière Bayonne
Foreur : Forages S.L.
Date du forage : 2014-04-01

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

Coordonnées géographiques
Latitude : 46.0909°
Longitude : -73.1997°

Niveau de référence
Géodésique

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

Tubage : NW
Carottier :
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 | |
| | | 9.43 | Niveau actuel du sol | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 0.00 | Descente des tubages en destruction jusqu'à 1,0 mètre de profondeur. | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 1 | 8.41 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 1.02 | Sable silteux beige. | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 5 | 8.06 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 1.37 | Silt argileux gris, traces de sable. | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 10 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 15 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 6 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 7 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 25 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 8 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 30 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 9 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 10 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 35 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Remarques :

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



RAPPORT DE FORAGE

Forage N° : QEEP-013
Dossier : PLUS-00026280-045500

| Prof. | | Coupe stratigraphique | | | Échantillons | | | | Odeur | | Essais | | Graphique | | | | | | | | | |
|-------|----|-----------------------|-------------|--------|--------------|------|-----------|--------|---------|--------|---------|-------|-----------|----|-----|----|----|----|----|----|-----|------|
| pi | m | Élév. Prof. | Description | Strat. | Eau | État | Type - No | Réc. % | N / RQD | FAIBLE | MOYENNE | FORTE | Essais | Cu | Cur | Nc | 20 | 40 | 60 | 80 | 100 | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 40 | | | | | | CF-5 | 100 | 1 | | | | AG, Sed | | | | | | | | | 39.9 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 13 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 45 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 14 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 15 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 50 | | | | | | CF-6 | 100 | 1 | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 16 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 55 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 17 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 18 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 60 | | | | | | TM-7 | 100 | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 19 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 65 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 21 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 70 | | | | | | CF-8 | 100 | 1 | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 22 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 75 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 23 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 24 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 80 | | | | | | CF-9 | 100 | 1 | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 25 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |



RAPPORT DE FORAGE

Forage N° : QEEP-014
Dossier : PLUS-00026280-045500

Projet : Oléoduc Énergie Est - Exploration géotechnique
Traverses de rivières majeures
Endroit : Rivière Bayonne
Foreur : Forages S.L.
Date du forage : 2014-04-02

Compilé par : M. Létourneau
Technicien : M. Boisvert
Approuvé par : V. Boivin
Date du rapport : 2014-04-11

Coordonnées géographiques
Latitude : 46.0961°
Longitude : -73.1962°

Niveau de référence
Géodésique

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

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

Type d'échantillon

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

État de l'échantillon

- Remanié
- Intact
- Perdu
- Forage au diamant

Graphique

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

| Prof. | | Coupe stratigraphique | | Échantillons | | Odeur | | Essais | | Graphique | | | | | | | | | | |
|-------|------|-----------------------|--|--------------|-----|-------|-----------|--------|---------|-----------|---------|-------|--------|-----------|----|----|----|----|-----|--|
| pi | m | Élév. Prof. | Description | Strat. | Eau | État | Type - No | Réc. % | N / RQD | FAIBLE | MOYENNE | FORTE | Essais | Cu Cur Nc | 20 | 40 | 60 | 80 | 100 | |
| | | 9.65 | Niveau actuel du sol | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 0.00 | Descente des tubages en destruction jusqu'à 1,1 mètre de profondeur. | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 8.51 | 1.14 | Sable silteux brun. | | | | CF-1 | 58 | 10 | | | | | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | | | | | | | CF-2 | 58 | 4 | | | | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 15 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 20 | 3.93 | 5.72 | Silt sableux gris, un peu d'argile. | | | | CF-3 | 100 | 1 | | | | | | | | | | | |
| 6 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 25 | | | | | | | CF-4 | 75 | 1 | | | | | | | | | | | |
| 8 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 30 | 0.89 | 8.76 | Silt argileux gris, traces de sable. | | | | CF-5 | 63 | 1 | | | | | | | | | | | |
| 9 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | | | | | | | CF-6 | 100 | 1 | | | | | | | | | | | |
| 35 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 11 | | | | | | | CF-7 | 29 | 1 | | | | | | | | | | | |

Remarques :



RAPPORT DE FORAGE

Forage N° : QEEP-014
Dossier : PLUS-00026280-045500

| Prof. | | Coupe stratigraphique | | | Échantillons | | | | | Odeur | | Essais | | Graphique | | | | | | |
|-------|----|-----------------------|-------------|--------|--------------|------|-----------|--------|---------|--------|---------|--------|--------|-----------|----|----|----|----|-----|--|
| pi | m | Élév. Prof. | Description | Strat. | Eau | État | Type - No | Réc. % | N / RQD | FAIBLE | MOYENNE | FORTE | Essais | Cu Cur Nc | 20 | 40 | 60 | 80 | 100 | |
| | 12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 40 | | | | | | CF-8 | 100 | 1 | | | | | | | | | | | |
| | 13 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 45 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 14 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 15 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 50 | | | | | | CF-9 | 38 | 1 | | | | | | | | | | | |
| | 16 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 55 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 17 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 18 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 60 | | | | | | CF-10 | 75 | 1 | | | | | | | | | | | |
| | 19 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 65 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 21 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 70 | | | | | | CF-11 | 29 | 1 | | | | | | | | | | | |
| | 22 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 75 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 23 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 24 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 80 | | | | | | CF-12 | 100 | 1 | | | | | | | | | | | |
| | 25 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 85 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 26 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |



RAPPORT DE FORAGE

Forage N° : QEEP-014
Dossier : PLUS-00026280-045500

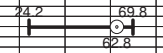
| Prof. | | Coupe stratigraphique | | Échantillons | | | | | Odeur | | Essais | | Graphique | | | | | | | | | |
|-------|-----|-----------------------|--|--------------|-----|------|-----------|--------|---------|--------|---------|-------|-----------|----|-----|----|----|----|----|----|-----|--|
| pi | m | Élév. Prof. | Description | Strat. | Eau | État | Type - No | Réc. % | N / RQD | FAIBLE | MOYENNE | FORTE | Essais | Cu | Cur | Nc | 20 | 40 | 60 | 80 | 100 | |
| | 27 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 90 | | | | | | CF-13 | 17 | 1 | | | | | | | | | | | | | |
| | 28 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 95 | 29 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 30 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 100 | | | | | | CF-14 | 100 | 1 | | | | | | | | | | | | | |
| | 31 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 105 | 32 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 33 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 110 | | | | | | CF-15 | 33 | 1 | | | | | | | | | | | | | |
| | 34 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 115 | 35 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 36 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 120 | | | | | | CF-16 | 100 | 1 | | | | | | | | | | | | | |
| | 37 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 125 | 38 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 39 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 130 | | | | | | CF-17 | 21 | 1 | | | | | | | | | | | | | |
| | 40 | -30.31 39.96 | Fin du forage à 40,0 mètres de profondeur. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 41 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 135 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |



RAPPORT DE FORAGE

Forage N° : QEEP-015
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 | | | |
| | | -2.40 | Silt argileux gris, traces de sable. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 12 | 11.81 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 40 | | | | | | | | | CF-5 | 100 | 1 | | | | | | | | | | | |
| 13 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 45 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 14 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 15 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 50 | | | | | | | | | CF-6 | 21 | 1 | | | | | | | | | | | |
| 16 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 55 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 17 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 18 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 60 | | | | | | | | | CF-7 | 100 | 1 | | | | | | | | | | | |
| 19 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 65 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 21 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 70 | | | | | | | | | CF-8 | 13 | 1 | | | | | | | | | | | |
| 22 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 75 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 23 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 24 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 80 | | | | | | | | | CF-9 | 83 | 1 | | | | Ip = 45,6% IL = 0,846 | | | | | | | |
| 25 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 85 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 26 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |



O2. Résultats d'essais en laboratoire





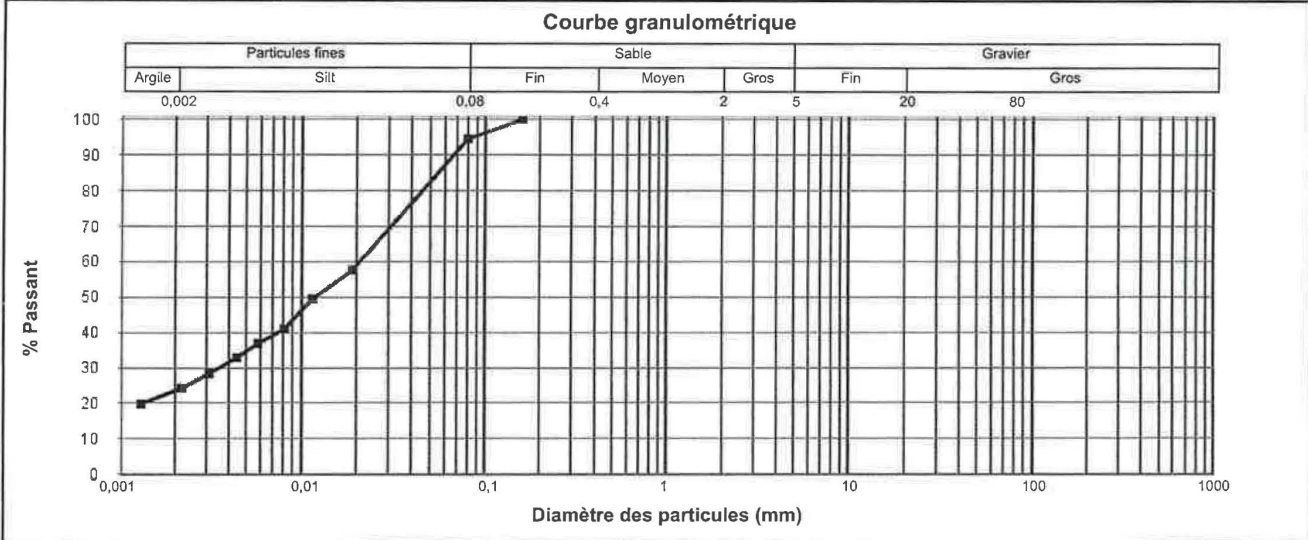
2555, rue Saint-Pierre
 Drummondville (QC) J2C 7Y2
 Téléphone: 819-477-3775
 www.exp.com

**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-3724
 Réf. client :

Sondage n° : QEEP-013 Prélevé le : 2014-04-01 par EXP
 Échantillon : CF-5 Reçu le : 2014-04-07
 Profondeur : 11,7 à 12,3 m Localisation : Rivière Bayonne



| Analyse granulométrique LC 21-040 | | | | Description | |
|-----------------------------------|-------------------------|------------|-------------------------|--|-----------------|
| Tamis (mm) | Tamisat %passant mesuré | Tamis (mm) | Tamisat %passant mesuré | | |
| 112 | | 0.0191 | 57,7 | D ₁₀ : | 0,004 mm |
| 80 | | 0.0114 | 49,4 | D ₃₀ : | 0,023 mm |
| 56 | | 0.0081 | 41,0 | Coefficient d'uniformité (Cu) : | |
| 40 | | 0.0058 | 36,7 | Coefficient de courbure (Cc) : | |
| 31,5 | | 0.0044 | 32,6 | | |
| 20 | | 0.0031 | 28,4 | Gravier: | 0 % |
| 14 | | 0.0022 | 24,2 | Sable: | 5 % |
| 10 | | 0.0013 | 19,9 | Silt: | 71 % |
| 5 | | | | Argile: | 23 % |
| 2,5 | | | | Description : Silt argileux, traces de sable | |
| 1,25 | | | | Classification unifiée : | |
| 0,630 | | | | | |
| 0,315 | | | | | |
| 0,160 | 100 | | | Teneur en eau | LC 21-201 39,9% |
| 0,080 | 94,6 | | | | |

Remarques :

Vérifié par : Simon Tessier
 Technicien, coordonnateur

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

Date : 2014-04-10

Annexe 4-38

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



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

Préparé par :

ENGINEERING TECHNOLOGY INC.

#24, 12110 - 40 Street SE

Calgary, AB T2Z 4K6

Numéro de projet :

543

Date :

9 juin 2014



Déclaration des limitations et qualifications

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

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

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

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

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

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

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

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

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



Liste de diffusion

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

Journal de révision

| Révision n° | Révisé par | Date | Description de la version / révision |
|-------------|------------|---------------|---|
| A | BS | 16 avril 2014 | Émis pour commentaires du client |
| B | DL | 22 avril 2014 | Information géotechnique ajoutée, émis pour commentaires du client |
| C | DL | 28 avril 2014 | Commentaires de Stantec/JV incorporés, émis pour commentaires du client |
| D | BS | 2 mai 2014 | Émis pour commentaires |
| 0 | BS | 9 juin 2014 | Émis pour ingénierie de base |

Signatures Entec Inc.

Rapport préparé par :

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

Rapport révisé par :

Dale Larison, ing.
V.-P. Ingénierie



1. Introduction

Engineering Technology Inc. (Entec) a évalué un projet de traverse par forage dirigé horizontal (FDH) de la rivière Chicot 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 le long d'un chemin de fer au nord de Berthierville, au Québec. La rivière mesure approximativement 15 m de largeur à cet emplacement et des routes sont présentes au sommet des deux rives. Le point d'entrée du côté nord-est et le point de sortie du côté sud-ouest sont situés en terrain agricole plat. Il n'y a pas de différence d'élévation entre les points d'entrée et de 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. Le rapport géotechnique final est fourni à l'annexe D.

Tableau 1. Trou de forage QEEP-016

| Mètres sous la surface du sol (msss) | Description du sous-sol |
|--------------------------------------|-----------------------------------|
| 0,0 | |
| | Aucun recouvrement |
| 1,0 | |
| | Sable limoneux et couche arable |
| 1,1 | |
| | Argile limoneuse, traces de sable |
| 30,6 | |

Tableau 2. Trou de forage QEEP-017

| Mètres sous la surface du sol (msss) | Description du sous-sol |
|--------------------------------------|-----------------------------------|
| 0,0 | |
| | Aucun recouvrement |
| 1,1 | |
| | Sable limoneux et couche arable |
| 1,3 | |
| | Argile limoneuse, traces de sable |
| 35,2 | |

**Tableau 3. Trou de forage QEEP-018**

| Mètres sous la surface du sol (msss) | Description du sous-sol |
|--------------------------------------|-----------------------------------|
| 0,0 | |
| | Aucun recouvrement |
| 0,8 | |
| | Argile limoneuse, traces de sable |
| 30,3 | |

3. Considérations sur la conception des FDH

3.1 Contraintes exercées sur la canalisation

Les conditions d'exploitation de l'oléoduc ont été spécifiées par TransCanada. La pression maximale d'exploitation (PME) du projet sera de 8450 kPa, survenant 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 8877 kPa et qui a été déterminée par la différence d'élévation entre la station de pompage en amont de la traverse et le point le plus bas de la traverse. La canalisation sera soumise à des températures comprises entre 5 et 60°C. Une pression d'essai de 11 097 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

| Propriété | Valeur | Unités |
|---|--------|------------|
| Diamètre extérieur | 1067 | mm |
| Tolérance d'épaisseur (TÉ) | 0 | % de l'ÉPN |
| Épaisseur de paroi nominale | 20,2 | mm |
| Grade/Limite élastique minimale spécifiée (LEMS) | 550 | MPa |
| Catégorie | II | S. O. |
| T1 (température de conception minimale) | 5 | °C |
| T2 (température d'exploitation maximale) | 60 | °C |
| Pression maximale d'exploitation (PME) du projet | 8450 | kPa |
| Pression maximale d'exploitation (PME) spécifique du site | 8 877 | kPa |
| Pression d'essai (PE) | 11 097 | 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 92,56 % 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 dans les forages dirigés horizontaux.

3.2 Géométrie

Selon les informations de spécifications de la canalisation, de la géométrie spécifique à l'emplacement et l'information géotechnique, un forage dirigé horizontal semble faisable à cet emplacement. 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 606 m avec une profondeur de recouvrement de 29,5 m sous la rivière Chicot. Cette profondeur de recouvrement ainsi que les spécifications nécessaires pour la gaine de forage seront raffinées lors de la conception détaillée. Reportez-vous au dessin de conception préliminaire de l'annexe B pour la géométrie détaillée de la trajectoire de forage.

3.3 Gaine de forage

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

3.4 Dimensions de l'équipement

Les traverses de ce diamètre et d'une telle distance sont considérées de gros projets de FDH. Plusieurs traverses par FDH de diamètre et de longueur similaires ont été réalisées au Canada. Considérant la friction et la traînée qui s'exerceront sur l'oléoduc, la force de tirage maximale pendant l'installation est estimée à 258 306 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 : force de traction-poussée de 625 000 lb et couple de rotation de 80 000 pi-lb. 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. Le trou de forage plus grand permet aussi de corriger plus facilement quelques petites déviations dans la géométrie du trou de forage, même si ceci n'est pas, en général, explicitement calculé ou prévu pendant la conception. La norme de l'industrie prévoit l'utilisation d'un trou de forage d'au moins 1,5 fois le diamètre de la canalisation pour les tuyaux de 0,61 m ou moins ou, pour les tuyaux plus grands que 0,61 m, le diamètre du tuyau plus 0,3 m. Dans plusieurs cas, il est nécessaire d'augmenter le diamètre du trou de forage au-delà de ces minimums pour contrebalancer les conditions de trou défavorables, comme la présence de pierres, de roches ou de roches fracturées, ou pour permettre plus d'espace pour les déviations attendues dans le trou de forage.

Pour cette canalisation de 1067 mm (42 po), un diamètre de trou de forage minimal de 1372 mm (54 po) est requis. Ultiment, l'entrepreneur en FDH sera responsable de l'évaluation des conditions de forage et des conditions du trou de forage pendant les opérations de forage, afin de déterminer si un format de trépan aléueur plus gros est nécessaire pour installer l'oléoduc de façon sécuritaire. Si des problèmes sont redoutés avec le trou de forage, il est recommandé de procéder, avant le tirage de l'oléoduc, au tirage d'une section de canalisation d'essai de 30 m de long, possédant les mêmes spécifications et le même revêtement que l'oléoduc à installer, et que celle-ci soit vérifiée pour y déceler d'éventuels dommages au revêtement et à la section de tuyau. Ceci peut aider à déterminer si un trépan aléueur plus gros ou un autre conditionnement du trou est nécessaire avant de tirer la section entière de la canalisation.

3.6 Soulèvement de la canalisation et rupture

Avant d'être tirée sous la rivière, la section d'oléoduc sera habituellement étendue en une section continue. Une aire de travail d'une largeur approximative de 20 mètres sera requise pour une longueur équivalente à la longueur totale du forage (incluant un espace additionnel pour les mouvements de l'équipement), à partir du bord de l'aire de travail du point de sortie. Pour réduire la friction et éviter les dommages à la canalisation, celle-ci devra 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 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 aléueur et plusieurs configurations d'angle de cintrage soient nécessaires pour compléter le trou pilote dans le respect des tolérances.

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

4.2 Perte de circulation et fuites de fluide

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

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



4.3 Instabilité du trou de forage

Pour diminuer les risques d'effondrement du trou de forage en sol faible ou non consolidé, la circulation d'équipements au-dessus de la trajectoire de forage devrait être limitée le plus possible. Ceci vaut surtout pour la région directement au-dessus de l'extrémité de toute gaine. Utiliser un fluide de forage aux propriétés adéquates réduit les chances d'effondrement du trou de forage. Une attention particulière doit être portée afin de ne pas enlever un excès de matériel à l'extrémité de la gaine de forage en évitant d'effectuer des va-et-vient trop fréquents et en limitant le plus possible la circulation à cet endroit. Les autres zones soulevant des inquiétudes sont les zones où la présence de sable, de roches et de pierres est soupçonnée. 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. De grandes quantités d'eau peuvent provoquer la cimentation du trou de forage et l'abandon du FDH. L'infiltration d'eau augmente l'instabilité du trou de forage et ses risques associés.

4.5 Dommages au revêtement ou à la canalisation

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

4.6 Canalisation coincée

Le gonflement de matériaux comme l'argile peut rétrécir le diamètre du trou de forage et mener à des problèmes de nettoyage du trou ainsi qu'au coincement de la canalisation lors de la procédure de tirage. Les problèmes de gonflement deviendront de plus en plus sévères au fur et à mesure que le trou de forage sera exposé au fluide de forage et que les matériaux y seront exposés. Puisque cette canalisation nécessitera un trou très large et plusieurs alésages, on peut s'attendre à ce que le gonflement potentiel de la géologie se réalise. Des additifs pour fluide de forage peuvent être utilisés pour contrôler le gonflement de l'argile, si celui-ci devient problématique. Le taux de pénétration doit être contrôlé pour permettre à une quantité suffisante de fluide de forage d'être injectée pour transporter les déblais créés à l'avant. Une agitation régulière des déblais pour permettre leur retour en suspension dans le fluide de forage en effectuant des allers-retours avec les trépan aléseurs jusqu'au point d'entrée est essentielle pour le maintien d'un trou de forage ouvert. Du sable, du limon ou du gravier qui se détachent de la paroi sont aussi des causes de coincement de la canalisation. Utiliser un fluide de forage aux propriétés adéquates au maintien d'un trou de forage ouvert et effectuer des passes de nettoyage adéquates avant le déplacement de la canalisation aideront à réduire le risque d'obstruction du trou de forage par la chute de matériaux.

Les zones où la géométrie du trou de forage peut devenir inadéquate pour le tirage de la canalisation sont les zones de transition d'un matériau plus dur à un matériau meuble, comme la transition à la sortie de la gaine de forage. La cause la plus commune de coincement de la canalisation est lorsque le trépan aléseur accroche 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 le trépan 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. Une attention particulière doit être portée dans les trous de forage de grande taille et dans les formations meubles pour ne pas exercer une compression axiale trop forte sur le train de forage, car celui-ci est alors courbé et poussé hors de la ligne, causant une défaillance par flexion ou flexion répétée. Le moyen le plus commun d'atténuer ce risque est de réduire les contraintes sur le train de forage en exerçant une tension du côté de la sortie de la traverse afin de fournir la force nécessaire au forage de la formation tandis que l'appareil de forage ne fournit que la torsion de l'autre côté. Cette pratique diminue la pression exercée par la flexion cyclique du train de forage. Il est aussi essentiel d'avoir recours à un train de forage continu du point de pénétration jusqu'au point de sortie, car si un bris survient d'un côté de la traverse, il peut être récupéré sans avoir recours à une opération de repêchage.

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

4.8 Risques environnementaux

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

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

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

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

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

4.9 Autres risques à considérer

L'échec de la méthode principale de traverse est toujours une possibilité. Une méthode de traverse alternative est nécessaire si la méthode principale est abandonnée. Selon les étapes menant à l'abandon de la première tentative de traverse, la première option pourrait être d'essayer à nouveau la méthode de traverse principale. Si cette option n'est pas disponible ou ne respecte pas les seuils de tolérance du projet, la méthode alternative doit être utilisée. 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 Chicot est considérée techniquement faisable. Les contraintes auxquelles seront assujetties les canalisations ont été examinées par Entec et le rayon de conception de 1200 m a été confirmé. Les risques comprennent les difficultés de guidage, le gonflement de l'argile, l'instabilité du trou de forage, la perte de fluide et la fracturation. Un rapport de faisabilité final et un dessin de conception final seront émis dans la phase d'ingénierie détaillée.

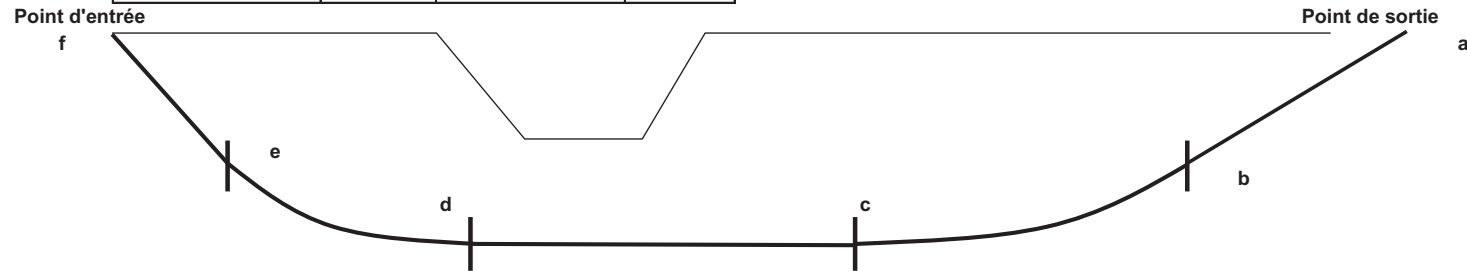


Annexe A

Sommaire des calculs

543-ENG-111
RIVIÈRE CHICOT

| Données de conception | | Données du tuyau | | Données de procédé | | Critères de contrainte | | | |
|--------------------------|-------|------------------------|--------|--------------------|-------|---------------------------------------|-------|---------------|-------|
| Longueur forée (m) | 605,7 | Dia ext. Tuyau (mm) | 1067,0 | PME (kPa)* | 8877 | Contrainte de cisaillement admissible | | | |
| Longueur horizontale (m) | 599,7 | Épais. Nominale (mm) | 20,2 | Pr. essai (kPa) | 11097 | 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 | | Contrainte cisaillement tangentiel max | | | |
| | (lb) | (N) | (psi) | (MPa) | (% SA) | (psi) | (MPa) | (% SA) | (psi) | (MPa) | (% SA) | (psi) | (MPa) | (% SA) |
| Point A | 103 765 | 463 239 | 1008 | 6,95 | 2,53 | 29 988 | 206,8 | 68,35 | 15110 | 104,2 | 34,44 | 36 916 | 254,5 | 92,56 |
| Point B | 111 141 | 496 166 | 15676 | 108,08 | 39,30 | 29 962 | 206,6 | 68,29 | 15277 | 105,3 | 34,82 | 36 750 | 253,4 | 92,14 |
| Point C | 159 895 | 713 819 | 15974 | 110,14 | 40,05 | 29 900 | 206,2 | 68,15 | 15683 | 108,1 | 35,75 | 36 344 | 250,6 | 91,12 |
| Point D | 159 896 | 713 820 | 15974 | 110,14 | 40,05 | 29 900 | 206,2 | 68,15 | 15683 | 108,1 | 35,75 | 36 344 | 250,6 | 91,12 |
| Point E | 237 204 | 1 058 948 | 16288 | 112,30 | 40,84 | 29 962 | 206,6 | 68,29 | 15277 | 105,3 | 34,82 | 36 750 | 253,4 | 92,14 |
| Point F | 258 306 | 1 153 152 | 16365 | 112,83 | 41,03 | 29 988 | 206,8 | 68,35 | 15110 | 104,2 | 34,44 | 36 916 | 254,5 | 92,56 |

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

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

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

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



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

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

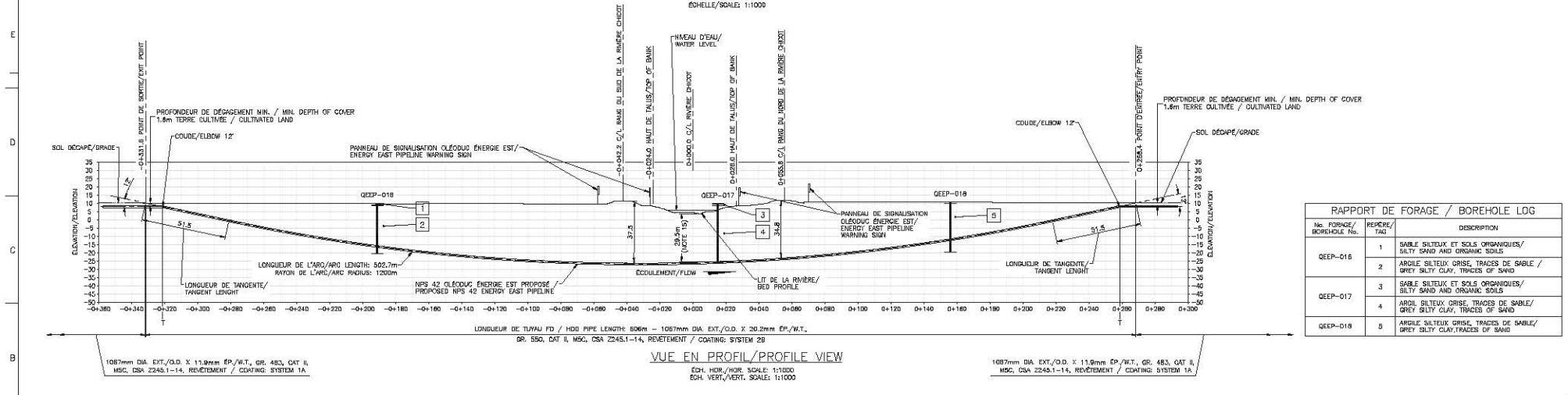
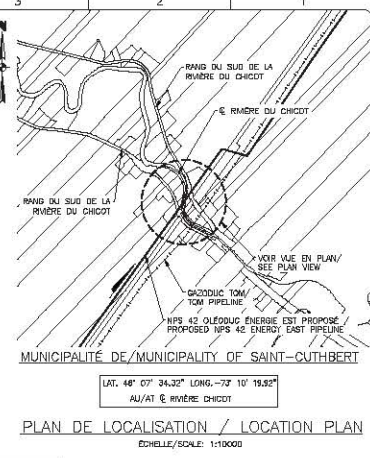
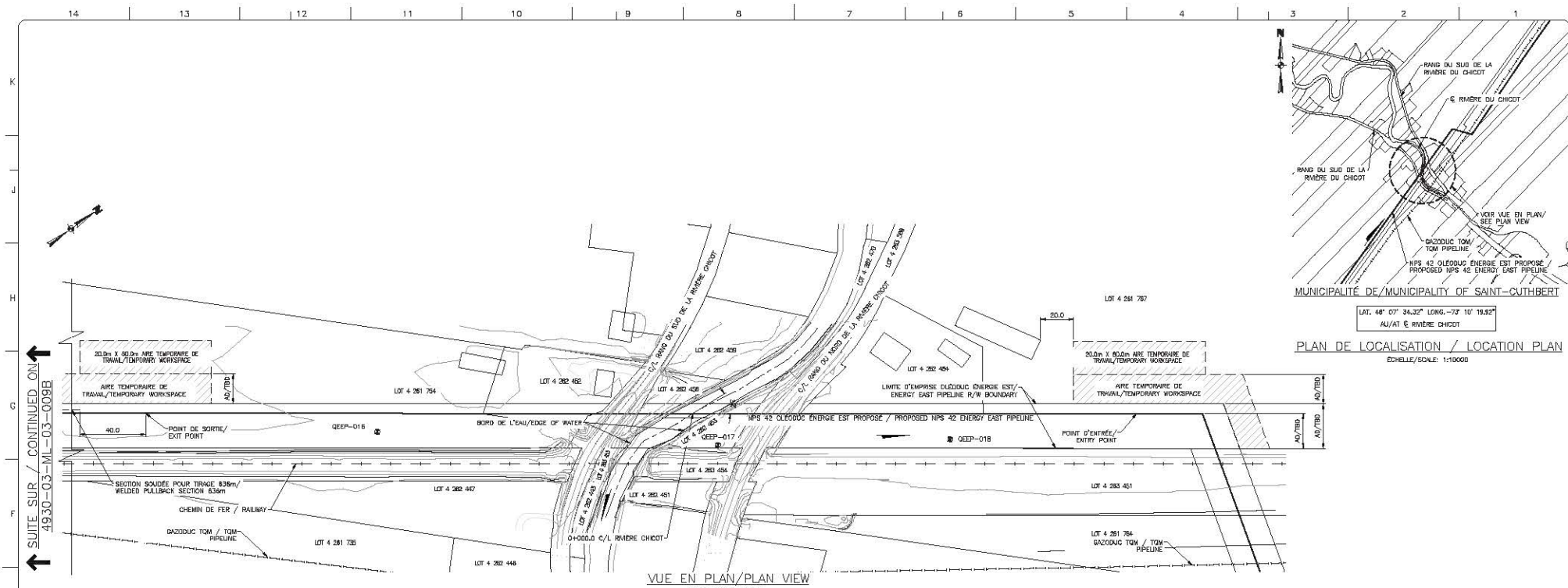
Permis d'ingénierie de l'APEGA No. P8649

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



Annexe B

Dessin de conception



| RAPPORT DE FORAGE / BOREHOLE LOG | | |
|----------------------------------|--------------|--|
| No. FORAGE / BOREHOLE No. | REPÈRE / TAG | DESCRIPTION |
| QEEP-016 | 1 | SABLE SILTEUX ET SOLS ORGANIQUES / SILTY SAND AND ORGANIC SOILS |
| | 2 | ARGILE SILTEUX GRIS, TRACES DE SABLE / GREY SILTY CLAY, TRACES OF SAND |
| QEEP-017 | 3 | SABLE SILTEUX ET SOLS ORGANIQUES / SILTY SAND AND ORGANIC SOILS |
| | 4 | ARGIL SILTEUX GRIS, TRACES DE SABLE / GREY SILTY CLAY, TRACES OF SAND |
| QEEP-018 | 5 | ARGILE SILTEUX GRIS, TRACES DE SABLE / GREY SILTY CLAY, TRACES OF SAND |

| DESSINS DE RÉFÉRENCE/REFERENCE DRAWINGS | |
|---|--|
| DESSIN/DRAWING No. | TITRE/TITLE |
| 4930-03-14-03-02-01 | PANNEAU DE SIGNALISATION POUR SÉCURITÉ À HAUTE PRESION/HA PRESSURE HAZARD WARNING SIGN |
| 4930-03-14-03-01-01 | DETAIL TRONÇON DE TRAVERSÉE DE TUNNEL/TUNNEL PIPE TRONCHON DETAIL |
| 4930-03-14-03-01-01 | DÉTAIL TYPIQUE DE COUDE 30°/TYPICAL DRAWING 30° ELBOW DETAIL |
| 4930-03-14-03-00-08 | TRAVÈSE CHICOT - TRAVÈSE PAR FORAGE DIRECTIONNEL / HDD CROSSING |
| 4930-03-14-03-01-10 | TRAVÈSE CHICOT - TRAVÈSE EN TRANCHEE / TRENCH CROSSING (ALTERNATIVE) |

| RÉVISION/REVISION | | APPROBATION/APPROVAL | |
|-------------------|------------|---|------|
| NO. / NO. | DATE | DESIGNÉ / DESIGNED | DATE |
| A | 2014-03-31 | ÉMIS POUR RÉVISION (INTERVAL 30) / ISSUED FOR REVISION (INTERVAL 30) | |
| B | 2014-04-04 | ÉMIS POUR RÉVISION (REVISE FINISHED) / ISSUED FOR REVISION (REVISED FINISHED) | |
| C | 2014-04-14 | ÉMIS POUR RÉVISION (ÉLEVÉ) / ISSUED FOR REVISION (ELEVATED) | |
| D | 2014-06-14 | ÉMIS POUR NUMÉRIQUE DE BANC / ISSUED FOR FEED | |
| E | 2014-08-08 | BOISSON POUR NUMÉRIQUE DE BANC / BOISSON FOR FEED | |

| PROFESSEUR/PROF. | | PRÉSIDENT/CHAIRMAN | |
|------------------|------|--------------------|------|
| NO. / NO. | DATE | NO. / NO. | DATE |
| | | | |

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

Energy East Pipeline Ltd.

RIVIÈRE CHICOT
TRAVERSE PAR FORAGE DIRECTIONNEL/HDD CROSSING
QUÉBEC

4930-03-ML-03-009A

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

- ALIGNEMENT DE LA CONDUITE ET INSTALLATION / PIPE ALIGNMENT AND INSTALLATION:**
- L'ENTREPRENEUR DU FORAGE DIRIGÉ DOIT VÉRIFIER LA PROFONDEUR ET L'EMPLACEMENT DES INSTALLATIONS SOUTERRAINES EXISTANTES AVANT LA CONSTRUCTION. / THE HDD CONTRACTOR SHALL VERIFY THE LOCATION AND DEPTH OF EXISTING UNDERGROUND INSTALLATIONS PRIOR TO CONSTRUCTION.
 - LES ALIGNEMENTS DE LA CONDUITE, TELS QU'INDIQUÉS SUR LE PLAN ET PROFIL, INDIQUENT LES EXIGENCES MINIMALES REQUÉSES POUR L'OLÉODUC ÉNERGIE EST; L'ENTREPRENEUR PEUT À SA DISCRETION ET À SES FRAIS, PROPOSER UN PROFIL ALTERNATIF AU MOMENT DE LA SOUMISSION. LES PROPOSITIONS ALTERNATIVES DOIVENT ÊTRE APPROUVÉES PAR TRANSCANADA ET LES AUTORITÉS DE RÉGLEMENTATION CONCERNÉES. / PIPELINE ALIGNMENTS, AS INDICATED ON THE PLAN AND PROFILE, REFLECT ENERGY EAST PIPELINE MINIMUM REQUIREMENTS. THE CONTRACTOR MAY, AT THEIR DISCRETION AND COST, PROPOSE AN ALTERNATIVE PROFILE AT THE TIME OF TENDER. ALTERNATIVE PROPOSALS MUST BE APPROVED BY TRANSCANADA AND APPLICABLE REGULATORY AGENCIES.
 - EN AUCUN CAS LA CONDUITE NE PEUT ÊTRE INSTALLÉE À L'EXTÉRIEUR DE L'EMPRISE OLÉODUC ÉNERGIE EST. / UNDER NO CIRCUMSTANCES SHALL THE PIPELINE BE INSTALLED OUTSIDE OF THE ENERGY EAST RIGHT-OF-WAY.
 - LA CONDUITE DOIT ÊTRE MISE EN PLACE SUR LE SOL NATUREL NON-REMUNIÉ AVEC LA PROTECTION APPROPRIÉE. LES PENTES LATÉRALES D'EXCAVATION TEMPORAIRE DOIVENT RESPECTER LA SPÉCIFICATION DE CONSTRUCTION TES-PROJ-PCS DE TRANSCANADA. / PIPELINE SHALL BE PLACED ON NATURAL UNDISTURBED SOIL WITH APPROPRIATE PROTECTION. TEMPORARY SIDE SLOPES SHALL MEET TRANSCANADA CONSTRUCTION SPECIFICATION TES-PROJ-PCS.

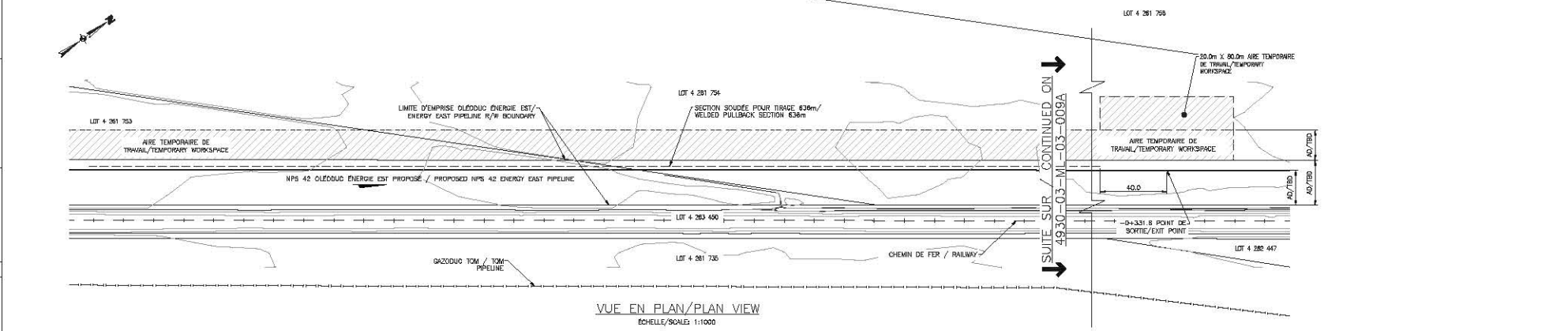
- L'ENTREPRENEUR DU FORAGE DIRECTIONNEL DOIT VÉRIFIER L'EMPLACEMENT DES POINTS D'ENTRÉE/SORTIE ET LE SENS DU FORAGE EN SE BASANT SUR LES CONDITIONS DU SITE RECONTRÔLÉES AU MOMENT DE LA CONSTRUCTION. / THE HDD CONTRACTOR SHALL VERIFY APPROXIMATED ENTRY/EXIT LOCATIONS AND DRILLING DIRECTION BASED ON THE SITE CONDITIONS DURING CONSTRUCTION.
- LA SECTION DU TUYAU SOUDÉE DOIT ÊTRE SUFFISAMMENT AGÈMENT 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.
- 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.
- UN PLAN ET UN PROFIL VERTICALE-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 COLON D'EAU AFIN D'ÉVITER LE COLMÈMENT DE BOUC DE FORAGE DANS LE COLON D'EAU. / THERE SHALL BE A CONSTANT MONITORING TOOL FOR ANNULAR PRESSURE AND WATERCOURSE TURBIDITY BY THE HDD CONTRACTOR TO ENSURE NO FRAUD-OUT OF DRILLING FLUID INTO THE WATERCOURSE.
- LA PROFONDEUR DE RECOURÈVEMENT SERA DÉTERMINÉE À LA PHASE D'INGÉNIERIE DÉTAILLÉE. / DEPTH OF COVER WILL BE FINALIZED DURING THE DETAILED ENGINEERING PHASE.
- VOIR LES CLAUSES ENVIRONNEMENTALES DÉTAILLÉES (À ÊTRE COMPLÉTÉES À L'INGÉNIERIE DÉTAILLÉE) / SEE DETAILED ENVIRONMENTAL CONDITIONS (TO BE DEFINED 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)

SPÉCIFICATIONS DE L'OLÉODUC / PIPELINE SPECIFICATIONS

- CONDUITE / LINE PIPE : 1007mm DA, EXT. / O.D. (NPS 42) x 11.9mm ÉP./WT. OR 483, 001 II, ISO CSA Z245.1-14
- TUYAU À PAROI ÉPAISSE / HI PIPE : 1007mm DA, EXT. / O.D. (NPS 42) x 20.2mm ÉP./WT. OR 550, 041 II, ISO CSA Z245.1-14
- TEMPÉRATURE D'OPÉRATION MAX. / MAX. OPERATING TEMPERATURE : 40°C OR 104°F
- TEMPÉRATURE D'OPÉRATION MIN. / MIN. OPERATING TEMPERATURE : 0°C OR 32°F
- TYPÉ DE JOINT / TYPE OF JOINT : SOUSÉ / WELDED
- MÉTAL DE COUVERTURE / LINÉ PIPE COATING : SYSTÈME / SYSTEM 1A
- TUYAU FD / HDD PIPE : SYSTÈME / SYSTEM 2B
- MÉTHODE DE TRAVERSE / CROSSING METHOD : FORAGE DIRECTIONNEL / HDD
- MÉTHODE DE TRAVERSE ALTERNATIVE / ALTERNATIVE CROSSING METHOD : TRANCHEE / TRENCH
- TEST DE PRESSION MIN. (SECTION DE TRAVERSE)/MIN. TEST PRESSURE (CROSSING SECTION) : 11 037 kPa
- PRESSION D'OPÉRATION MAX. / MAX. OPERATING PRESSURE : 8 037 kPa
- PROTECTION CATHODIQUE / CATHODIC PROTECTION : COURANT IMPOSÉ / IMPRESSED CURRENT
- VOLTAJE DE PROTECTION CATHODIQUE MAX. / MAX. CATHODIC PROTECTION VOLTAGE : AB / TBD
- PRODUIT TRANSPORTÉ / PRODUCT CARRIED : PÉTROLE BRUT / CRUDE OIL



DESSINS DE RÉFÉRENCE/REFERENCE DRAWINGS

| DESSIN/DRAWING No | TITRE/TITLE |
|--------------------|--|
| 4930-03-MI-03-02AF | PERMIS DE CONSTRUCTION POUR SECTION À HAUTE PRESSION/HA PRESSURE OIL PIPELINE WORKS PERM |
| 4930-03-MI-03-01TF | DETAIL TYPELINE DE TRAVERSE DE TUNNEL/PIECE DE TRAVERSE DETAIL |
| 4930-03-MI-03-01HF | DESSIN TYPELINE DE CONDUITE 20"/TYPELINE DRAWING 20" PIPELINE |
| 4930-03-MI-03-009A | TRAVERSE CHICOUT - TRAVERSE PAR FORAGE DIRECTIONNEL / HDD CROSSING |
| 4930-03-MI-03-010 | TRAVERSE CHICOUT - TRAVERSE EN TRANCHEE / TRENCHING CROSSING (ALTERNATIVE) |

RÉVISION/REVISION

| NO / NO | DATE | DESCRIPTION |
|---------|------------|--|
| A | 2014-03-31 | DATE POUR RÉVISION (INTERNE AV) / ISSUED FOR REVIEW (INTERNAL AV) |
| B | 2014-04-04 | DATE POUR RÉVISION (TYPELINE FINI) / ISSUED FOR REVIEW (INTERNAL FINISHED) |
| C | 2014-04-14 | DATE POUR RÉVISION (ÉLÉVÉ) / ISSUED FOR REVIEW (ELEVATED) |
| D | 2014-06-14 | DATE POUR RÉVISION DE BASE / ISSUED FOR FEED |
| E | 2014-06-08 | BOISSÉ POUR INGÉNIEUR DE BASE / BOSSISSÉ FOR FEED |

APPROBATION/APPROVAL

| DATE / DATE | PROJETÉ / PROJECTED | REVISEUR / REVISOR | DATE / DATE | PROJETÉ / PROJECTED | REVISEUR / REVISOR | DATE / DATE | PROJETÉ / PROJECTED | REVISEUR / REVISOR |
|-------------|---------------------|--------------------|-------------|---------------------|--------------------|-------------|---------------------|--------------------|
| 21/07/14 | J.M. | J.B. | 04/08/14 | J.M. | O.P. | ENTÉE | | |
| 21/07/14 | J.M. | J.B. | 04/08/14 | J.M. | O.P. | ENTÉE | | |
| 21/07/14 | J.C.B. | O.S. | 04/08/14 | J.M. | O.P. | ENTÉE | | |
| 22/06/14 | J.M. | O.S. | 04/08/14 | J.M. | O.P. | ENTÉE | | |
| 22/09/14 | T.M. | O.S. | 04/08/14 | A.R. | O.P. | ENTÉE | | |

PROJETÉ/APP. PROFESSIONNEL/ENGINEER/PROF. / PERMIS/ENG. APPROVAL

DATE: _____

PRÉLIMINAIRE / PRELIMINARY ONLY / NOT FOR CONSTRUCTION

DATE: _____

Energy East Pipeline Ltd.

INFORMATION GÉNÉRALE OLÉODUC ÉNERGIE EST / ENERGY EAST GENERAL INFORMATION PIPELINE

PROJ. 4930 / DRAWING/CROSSING 4930-03-MI-03-009A

RIVIÈRE CHICOUT / TRAVERSE PAR FORAGE DIRECTIONNEL/HDD CROSSING QUÉBEC

PROJ./SCALE 4930-03-MI-03-009B



Annexe C

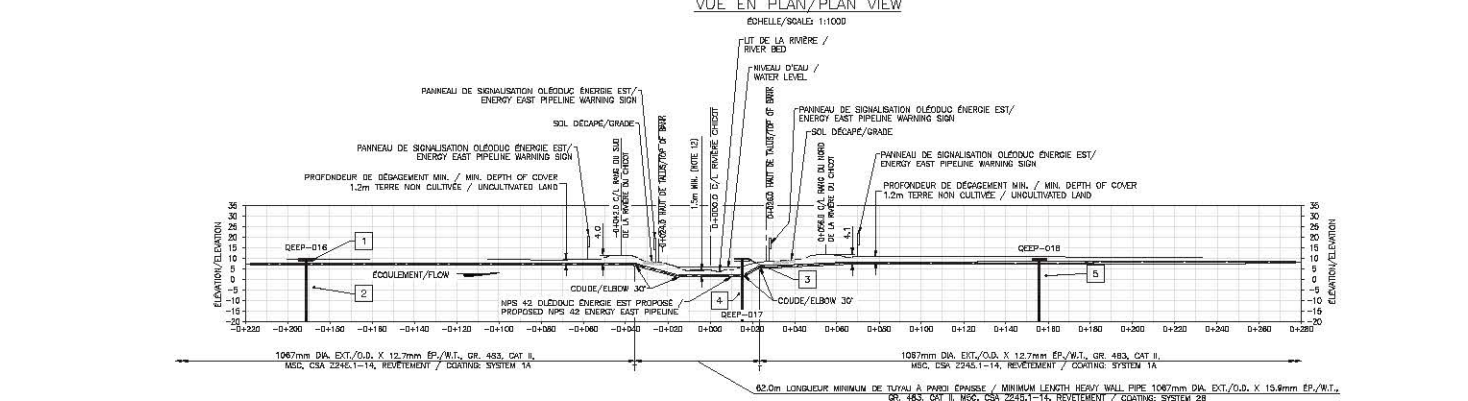
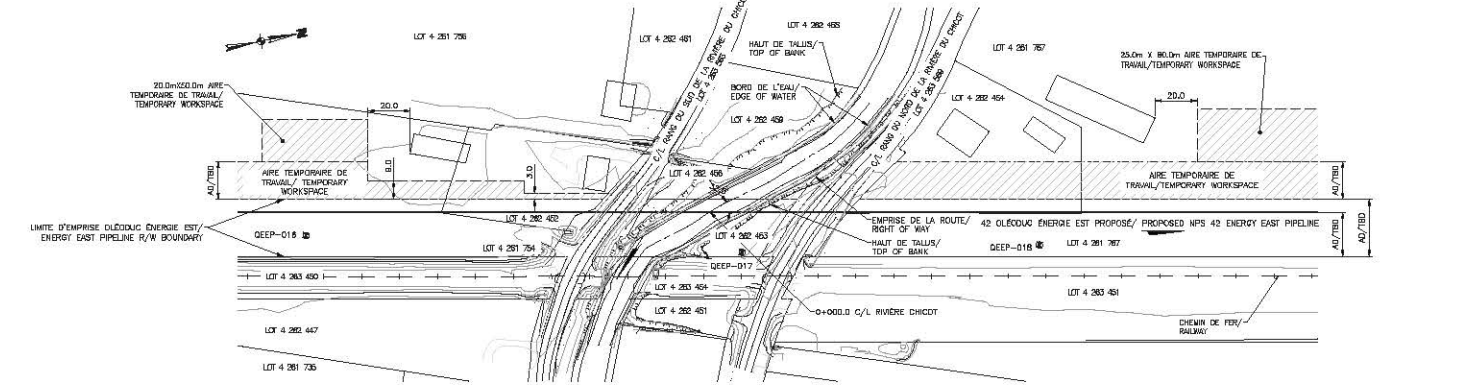
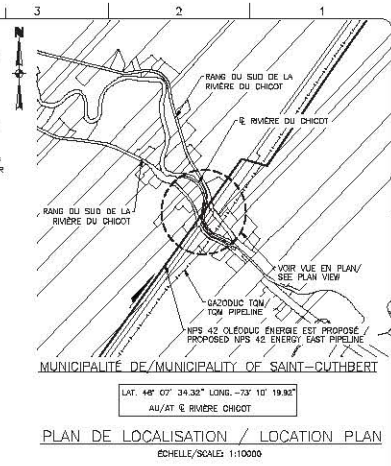
Dessin de traverse alternative

- NOTES:**
REMARKS/SUBJECTS:
- TOUTES LES MESURES SONT EN MÈTRES SAUF INDICATION CONTRAIRE. / ALL MEASUREMENTS ARE IN METERS UNLESS OTHERWISE SPECIFIED.
 - TOUTES LES CHANGÉES SONT HORIZONTALS SAUF INDICATION CONTRAIRE. / ALL CHANGES ARE HORIZONTAL UNLESS OTHERWISE SPECIFIED.
 - LA TRAVERSEE DEVRA 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.
 - 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 TES-PROU-POS ET AUX EXIGENCES DU PERMIS DE TRAVERSEE. / PIPELINE CONSTRUCTION AND HYDROSTATIC TESTING PROGRAM SHALL COMPLY WITH CSA 2882-11 STANDARD AND TRANSCANADA CONSTRUCTION SPECIFICATIONS TES-PROU-POS AND MEET REQUIREMENTS IN THE CROSSING AGREEMENTS.
 - LA MÉTHODE DE TRAVERSEE ET D'INSTALLATION DU PIPELINE SERA CONFIRMÉE À L'INGÉNIEUR DÉTAILLÉ. / METHOD FOR RIVER CROSSING AND PIPE INSTALLATION TO BE CONFIRMED DURING DETAILED ENGINEERING.
 - 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 OLEODUC ÉNERGIE EST. / UNDER NO CIRCUMSTANCES SHALL THE PIPELINE BE INSTALLED OUTSIDE OF THE ENERGY EAST P.D.W.
- LES ALIGNEMENTS DE LA CONDUITE, TELS QU'INDIQUÉS SUR LE PLAN ET PROFIL, INDIQUENT LES EXIGENCES MINIMALES POUR L'OLEODUC ÉNERGIE EST. L'ENTREPRENEUR PEUT À SA DISCRETION ET À SES PROPRES RISQUES, PROPOSER UN PROFIL ALTERNATIF AU MOMENT DE LA SOUMISSION. LES PROPOSITIONS ALTERNATIVES DOIVENT ÊTRE APPROUVÉES PAR TRANSCANADA ET LES AUTORITÉS DE RÉGULATION CONCERNÉES. / PIPELINE ALIGNMENTS AS INDICATED ON THE PLAN AND PROFILE, REFLECT ENERGY EAST PIPELINE MINIMUM REQUIREMENTS. THE CONTRACTOR MAY, AT THEIR DISCRETION AND RISK, 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-RÉAMÉLIORÉ AVEC LA PROTECTION APPROPRIÉE. LES PENTES LATÉRALES D'EXCAVATION TEMPORAIRE DEVONT RESPECTER LA SPÉCIFICATION DE CONSTRUCTION TES-PROU-POS DE TRANSCANADA. / PIPELINE SHALL BE PLACED ON NATURAL UNDISTURBED SOIL WITH APPROPRIATE PROTECTION. TEMPORARY SIDE SLOPES SHALL MEET TRANSCANADA CONSTRUCTION SPECIFICATION TES-PROU-POS.
- L'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 "ETI-QUE-CONSTRUIRE" DOIVENT ÊTRE FOURNIS À OLEODUC ÉNERGIE EST APRÈS L'ACHÈVEMENT DES TRAVAUX. / A FINAL "AS-BUILT" PLAN AND PROFILE SHALL BE PROVIDED TO ENERGY EAST PIPELINE AFTER THE COMPLETION OF THE WORK.
- LA PROFONDEUR DE RECouvreMENT SERA DÉTERMINÉE À LA PHASE D'INGÉNIEURIE DE DÉTAIL. / DEPTH OF COVER WILL BE FINALIZED DURING THE DETAILED ENGINEERING PHASE.

- GESTION DES DÉBRIS ET REMBLAIS TEMPORAIRES / SOIL PLACEMENT-TEMPORARY :**
- LES PENTES DU DEBARS D'EXCAVATION DOIVENT ÊTRE CONFORMES AUX NORMES TES-PROU-3333 ET TES-PROU-3300 DE TRANSCANADA ET AUX NORMES LOCALES. / TEMPORARY SPOIL SLOPE FROM EXCAVATION SHALL CONFORM TO TRANSCANADA SPECIFICATIONS TES-PROU-3333, TES-PROU-3300 AND LOCAL REQUIREMENTS.
 - LORS D'ENTRETIEN DES DEBARS DOIT ÊTRE FAIT POUR S'ASSURER QUE LEAU NE S'ACCUMULE PAS À LA SURFACE ET QUE LES DEBARS SONT EN PERMANENT 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 PILE.
- GESTION DES DÉBRIS ET REMBLAIS PERMANENTS / SOIL PLACEMENT-PERMANENT :**
- LA TRAVERSEE DE LA CONDUITE TRANSPORTANT LE COURS D'EAU DOIT ÊTRE REAMÉLIORÉ AVEC LES MATÉRIELS EN PLACE JUSQU'AU NIVEAU APPROXIMATIF DU LIT ORIGINAL DE LA RIVIÈRE. / PIPE DITCH ACROSS MAIN CHANNEL SHALL BE BACKFILLED WITH NATIVE MATERIAL TO SURFACE TO REPRODUCE THE ORIGINAL GRADE.
 - LES MATÉRIELS DES BÈRES DOIVENT ÊTRE REPLACÉS DE FAÇON PERMANENTE PAR COUCHES DE 300mm D'ÉPAISSEUR DOIVENT ÊTRE COMPACTÉES. CES MATÉRIELS DOIVENT ÊTRE EXEMPTS DE MATIÈRES ORGANIQUES ET DE DÉBRIS LIÉGÈUX. AVANT LE REAMÉLIORÉ SUR UNE SURFACE EN PENTE SÈCLE, LA SURFACE DOIT ÊTRE SOIGNÉMENT 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 WOODY DEBRIS. PRIOR TO FINISHING FILL ON SLOPED SURFACES, THESE SURFACES MUST BE SCARRIFIED TO MAXIMIZE ADHESION OF MATERIALS.

- 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 SLOPE AND BANK AREA SHALL BE PLACED WITH A MAXIMUM SLOPE OF 20:1V TO OPTIMIZE BANK STABILITY.
 - LORS DE TRAVAUX HIVERNAUX, DES TASSEMENTS CONSIDÉRABLES PEUVENT SE PRODUIRE DANS LES BÈRES REAMÉLIORÉES L'ÉTÉ SUIVANT LA CONSTRUCTION ET LES BÈRES PROFONDES NECESSITENT UN REPROFILAGE FINAL SELON LA PENTE SPÉCIFIÉE. UNE QUANTITÉ DE REMBLAI SUPPLÉMENTAIRE POURRAIT ÊTRE REQUISE POUR COMPENSER DES TASSEMENTS. LES BÈRES DEVRAIENT 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 FLUTABILITÉ / BUOYANCY CONTROL :**
- LE CONTRÔLE DE LA FLUTABILITÉ SERA DÉTERMINÉE À L'INGÉNIEUR DÉTAILLÉ. / BUOYANCY CONTROL WILL BE DETERMINED IN DETAILED ENGINEERING.
- EMBIEMENT / ENVIRONMENTAL :**
- VOIR LES CLAUSES ENVIRONNEMENTALES DÉTAILLÉES (À ÊTRE COMPLÉTÉES À L'INGÉNIEUR DÉTAILLÉ). / SEE DETAILED ENVIRONMENTAL CONDITIONS (TO BE DERIVED IN DETAILED ENGINEERING)



SPÉCIFICATIONS DE L'OLEODUC / PIPELINE SPECIFICATIONS

- CONDUITE / LINE PIPE: 1067mm DIA. EXT. / O.D. (NPS 42) X 12.7mm EP./W.T. GR. 483, CAT II, MSC 650 2245.1-14
- TRAVAIL À PAROI ÉPAISSE / HI PIPE: 1067mm DIA. EXT. / O.D. (NPS 42) X 15.9mm EP./W.T. GR. 483, CAT II, MSC 650 2245.1-14
- TEMPÉRATURE D'OPÉRATION MAX. / MAX. OPERATING TEMPERATURE: 80°C
- TYPE DE JOINT / JOINT TYPE: SOUDE / WELDED
- MÉTIER/TYPE DE COUVERTURE / LINE PIPE COATING: SYSTÈME / SYSTEM IA
- MÉTIER/TYPE DE COUVERTURE / HI PIPE: SYSTÈME / SYSTEM 2B
- MÉTIER/TYPE DE COUVERTURE / MÉTHODE: TRANCHEE / TRENCH
- TEST DE PRESSION MAX. (SECTION DE TRANCHEE)/MAX TEST PRESSURE (SECTION): 11 097 kPa
- PRESSION D'OPÉRATION MAX. / MAX. OPERATING PRESSURE: 8 877 kPa
- PROTECTION CATHODIQUE / CATHODIC PROTECTION: COURANT IMPRIMÉ / IMPRESSED CURRENT
- VOLTAGE DE PROTECTION CATHODIQUE MAX. / MAX. CATHODIC PROTECTION VOLTAGE: AD / TRD
- PRODUIT TRANSPORTÉ / PRODUCT CARRIED: PÉTROLE BRUT / CRUDE OIL

RAPPORT DE FORAGE / BOREHOLE LOG

| No. FORAGE / BOREHOLE No. | REPÈRE / TAG | DESCRIPTION |
|---------------------------|--------------|--|
| DEEP-018 | 1 | SABLE SILTEUX ET SOLS ORGANIQUES / SILTY SAND AND ORGANIC SOILS |
| | 2 | ARGILE SILTEUX CRISSE, TRACES DE SABLE / GREY SILTY CLAY, TRACES OF SAND |
| DEEP-017 | 3 | SABLE SILTEUX ET SOLS ORGANIQUES / SILTY SAND AND ORGANIC SOILS |
| | 4 | ARGILE SILTEUX CRISSE, TRACES DE SABLE / GREY SILTY CLAY, TRACES OF SAND |
| DEEP-018 | 5 | ARGILE SILTEUX CRISSE, TRACES DE SABLE / GREY SILTY CLAY, TRACES OF SAND |

DESSINS DE RÉFÉRENCE / REFERENCE DRAWINGS

| DESSIN / DRAWING NO. | TITRE / TITLE |
|----------------------|---|
| 4830-03-MI-03-524F | PANNEAU DE SIGNALISATION POUR OLEODUC À HAUTE PRESSION/HAUTE PRESURE DU PIPELINE WARNING SIGN |
| 4830-03-MI-03-517F | SCHEMA TYPEQUE DE TRAVERSEE DE TRAVAIL/TEMPORARY PIPE TRAVEL CROSSING DETAIL |
| 4830-03-MI-03-518F | SCHEMA TYPEQUE DE SOLAISEMENT TEMPORAIRE DU SOLAISE DETAIL |
| 3705-03-MI-03-608F | RECHAUX TRANCHEE DE PROTECTION CONTRE L'ENFANG/ WATERPROOFING SAND EXPOSURE PROTECTION |
| 3708-03-MI-03-103.FR | PANNEAU TEMPORAIRE AVEC BARRE / TEMPORARY FLAME CURTAIN CROSSING |
| 3705-03-MI-03-111.FR | TRAVERSÉE DE COURS D'EAU AVEC BARRE / FLUME WATERCOURSE CROSSING |
| 3703-03-MI-03-112.FR | TRAVERSÉE DE COURS D'EAU PAR BARBAQUE ET POMPE / DAM AND PUMP WATERCOURSE CROSSING |
| 4830-03-MI-03-008A | TRANCHEE CHICOUT - TRAVERSEE PAR FORAGE DIRECTIONNEL / HOD CROSSING |
| 4830-03-MI-03-008B | TRANCHEE CHICOUT - TRAVERSEE PAR FORAGE DIRECTIONNEL / HOD CROSSING |

RÉVISION / REVISION

| NO. / NO. | DATE | DESCRIPTION |
|-----------|------------|--|
| A | 2014-03-31 | ONS POUR RÉVISION (INTERIEUR A3) / ISSUED FOR REVIEW (INTERNAL A3) |
| B | 2014-04-04 | ONS POUR RÉVISION (INTERIEUR AUTOMATIQUE) / ISSUED FOR REVIEW (INTERNAL AUTOMATIC) |
| C | 2014-04-08 | ONS POUR RÉVISION (ÉLÉMENT) / ISSUED FOR REVIEW (ELEMENT) |
| D | 2014-05-14 | ONS POUR RÉVISION DE BASE / ISSUED FOR FEED |
| E | 2014-08-09 | RÉSERVÉ POUR RÉVISION DE BASE / RESERVED FOR FEED |

APPROBATION / APPROVAL

| DESIGNER | CHECKED | APPROVED | DATE |
|----------|---------|----------|------|
| 216745 | GR/CS | AS | MS |
| 216745 | JOB | AS | MS |
| 216745 | JOB | AS | MS |
| 223844 | JML | CS | MS |
| 223844 | AL | CS | MS |

PRÉLIMINAIRE / PRELIMINARY ONLY
NON POUR CONSTRUCTION / NOT FOR CONSTRUCTION

DATE: 4930-03-MI-03-010

Energy East Pipeline Ltd.

RIVIÈRE CHICOUT / TRANCHEE EN TRANCHEE / TRENCH CROSSING (ALTERNATIVE) QUÉBEC

PROJET / PROJECT: 4930-03-MI-03-010



Annexe D











Information géotechnique

Annexe L – Rivière Chicot

L1. 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-016
Dossier : PLUS-00026280-045500

| Prof. | | Coupe stratigraphique | | | Échantillons | | | | Odeur | | Essais | | Graphique | | | | | | | |
|-------|---|-----------------------|-------------|--------|--------------|------|-----------|--------|---------|--------|---------|-------|-----------|-----------|----|----|----|----|-----|------|
| pi | m | Élév. Prof. | Description | Strat. | Eau | État | Type - No | Réc. % | N / RQD | FAIBLE | MOYENNE | FORTE | Essais | Cu Cur Nc | 20 | 40 | 60 | 80 | 100 | |
| 12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 40 | | | | | | | CF-5 | 100 | 1 | | | | AG, Sed | | | | | | | 66.5 |
| 13 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 45 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 14 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 15 | | | | | | | CF-6 | 50 | 1 | | | | | | | | | | | |
| 50 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 16 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 55 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 17 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 18 | | | | | | | CF-7 | 71 | 1 | | | | | | | | | | | |
| 60 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 19 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 65 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 21 | | | | | | | CF-8 | 100 | 1 | | | | | | | | | | | |
| 70 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 22 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 75 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 23 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 24 | | | | | | | CF-9 | 100 | 1 | | | | | | | | | | | |
| 80 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 25 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 85 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 26 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |



RAPPORT DE FORAGE

Forage N° : QEEP-016
Dossier : PLUS-00026280-045500

| Prof. | | Coupe stratigraphique | | | Échantillons | | | | | Odeur | | Essais | | Graphique | | | | | | |
|-------|---|-----------------------|--|--------|--------------|------|-----------|--------|---------|--------|---------|--------|--------|-----------|----|----|----|----|-----|--|
| pi | m | Élév. Prof. | Description | Strat. | Eau | État | Type - No | Réc. % | N / RQD | FAIBLE | MOYENNE | FORTE | Essais | Cu Cur Nc | 20 | 40 | 60 | 80 | 100 | |
| 27 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 90 | | | | | | | CF-10 | 100 | 1 | | | | | | | | | | | |
| 28 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 95 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 29 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 30 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 100 | | -20.53 30.58 | Fin du forage à 30,6 mètres de profondeur. | | | | CF-11 | 100 | 1 | | | | | | | | | | | |
| 31 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 105 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 32 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 33 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 110 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 34 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 115 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 35 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 36 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 120 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 37 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 125 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 38 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 39 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 130 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 40 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 135 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 41 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |



RAPPORT DE FORAGE

Forage N° : QEEP-017
Dossier : PLUS-00026280-045500

Projet : Oléoduc Énergie Est - Exploration géotechnique
Traverses de rivières majeures
Endroit : Rivière Chicot
Foreur : Forages S.L.
Date du forage : 2014-04-03

Compilé par : M. Létourneau
Technicien : M. Boisvert
Approuvé par : V. Boivin
Date du rapport : 2014-04-11

Coordonnées géographiques
Latitude : 46.1255°
Longitude : -73.1729°

Niveau de référence
Géodésique

Niveau d'eau

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

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

Type d'échantillon

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

État de l'échantillon

- Remanié
- Intact
- Perdu
- Forage au diamant

Graphique

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

| Prof. | | Coupe stratigraphique | | Échantillons | | Odeur | | Essais | | Graphique | | | | | | | | | | | |
|-------|----|-----------------------|---|--------------|-----|-------|-----------|--------|---------|-----------|---------|-------|--------|-----------|----|----|----|----|-----|--|--|
| pi | m | Élév. Prof. | Description | Strat. | Eau | État | Type - No | Réc. % | N / RQD | FAIBLE | MOYENNE | FORTE | Essais | Cu Cur Nc | 20 | 40 | 60 | 80 | 100 | | |
| | | 9.78 | Niveau actuel du sol | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 0.00 | Descente des tubages en destruction jusqu'à 1,1 mètre de profondeur. | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 1 | 8.69 | Mélange de sable silteux brun et de matières organiques. Argile silteuse grise, traces de sable. | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 5 | 1.09 8.51 1.27 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 10 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 15 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 6 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 7 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 25 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 8 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 30 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 9 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 10 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 35 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Remarques :

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



RAPPORT DE FORAGE

Forage N° : QEEP-017
 Dossier : PLUS-00026280-045500

| Prof. | | Coupe stratigraphique | | | Échantillons | | | | | Odeur | | Essais | | Graphique | | | | | | |
|-------|---|-----------------------|-------------|--------|--------------|------|-----------|--------|---------|--------|---------|--------|--------|-----------|----|----|----|----|-----|--|
| pi | m | Élév. Prof. | Description | Strat. | Eau | État | Type - No | Réc. % | N / RQD | FAIBLE | MOYENNE | FORTE | Essais | Cu Cur Nc | 20 | 40 | 60 | 80 | 100 | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 13 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 45 | | | | X | CF-6 | 100 | 1 | | | | | | | | | | | |
| | | 14 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 15 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 50 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 16 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 55 | | | | X | CF-7 | 50 | 1 | | | | | | | | | | | |
| | | 17 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 18 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 60 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 19 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 65 | | | | X | CF-8 | 100 | 1 | | | | | | | | | | | |
| | | 20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 21 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 70 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 22 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 75 | | | | X | CF-9 | 100 | 1 | | | | | | | | | | | |
| | | 23 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 24 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 80 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 25 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 85 | | | | X | CF-10 | 100 | 1 | | | | | | | | | | | |
| | | 26 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 27 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |



RAPPORT DE FORAGE

Forage N° : QEEP-017
 Dossier : PLUS-00026280-045500

| Prof. | | Coupe stratigraphique | | | Échantillons | | | | | Odeur | | Essais | | Graphique | | | | | | |
|-------|----|-----------------------|--|--------|--------------|------|-----------|--------|---------|--------|---------|--------|--------|-----------|----|----|----|----|-----|--|
| pi | m | Élév. Prof. | Description | Strat. | Eau | État | Type - No | Réc. % | N / RQD | FAIBLE | MOYENNE | FORTE | Essais | Cu Cur Nc | 20 | 40 | 60 | 80 | 100 | |
| 28 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 95 | 29 | | | | | | CF-11 | 100 | 1 | | | | | | | | | | | |
| 30 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 100 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 31 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 105 | 32 | | | | | | CF-12 | 100 | 1 | | | | | | | | | | | |
| 33 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 110 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 34 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 115 | 35 | -25.46 35.24 | Fin du forage à 35,2 mètres de profondeur. | | | | CF-13 | 100 | 1 | | | | | | | | | | | |
| 36 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 120 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 37 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 125 | 38 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 39 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 130 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 40 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 135 | 41 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 42 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 140 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 43 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |



RAPPORT DE FORAGE

Forage N° : QEEP-018
Dossier : PLUS-00026280-045500

Projet : Oléoduc Énergie Est - Exploration géotechnique
Traverses de rivières majeures
Endroit : Rivière Chicot
Foreur : Forages S.L.
Date du forage : 2014-04-02

Compilé par : M. Létourneau
Technicien : M. Boisvert
Approuvé par : V. Boivin
Date du rapport : 2014-04-11

Coordonnées géographiques
Latitude : 46.1276°
Longitude : -73.1711°

Niveau de référence
Géodésique

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

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

Type d'échantillon

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

État de l'échantillon

- Remanié
- Intact
- Perdu
- Forage au diamant

Graphique

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

| Prof. | | Coupe stratigraphique | | Échantillons | | | | Odeur | | Essais | | Graphique | | | | | | | | | |
|-------|----|-----------------------|--|--------------|-----|------|-----------|--------|---------|--------|---------|-----------|--------|-----------|----|----|----|----|-----|--|--|
| pi | m | Élév. Prof. | Description | Strat. | Eau | État | Type - No | Réc. % | N / RQD | FABILE | MOYENNE | FORTE | Essais | Cu Cur Nc | 20 | 40 | 60 | 80 | 100 | | |
| | | 10.78 | Niveau actuel du sol | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 0.00 | Descente des tubages en destruction jusqu'à 0,8 mètre de profondeur. | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 10.02 | Argile silteuse grise, traces de sable. | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 1 | 0.76 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 10 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 15 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 6 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 7 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 25 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 8 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 30 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 9 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 35 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 10 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 35 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Remarques :

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



RAPPORT DE FORAGE

Forage N° : QEEP-018
Dossier : PLUS-00026280-045500

| Prof. | | Coupe stratigraphique | | | Échantillons | | | | | Odeur | | Essais | | Graphique | | | | | | |
|-------|----|-----------------------|-------------|--------|--------------|------|-----------|--------|---------|--------|---------|--------|-------------------------|-----------|----|----|----|----|-----|--|
| pi | m | Élév. Prof. | Description | Strat. | Eau | État | Type - No | Réc. % | N / RQD | FAIBLE | MOYENNE | FORTE | Essais | Cu Cur Nc | 20 | 40 | 60 | 80 | 100 | |
| | 12 | | | | | X | CF-5 | 100 | 1 | | | | | | | | | | | |
| | 40 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 13 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 45 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 14 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 15 | | | | | X | CF-6 | 75 | 1 | | | | | | | | | | | |
| | 50 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 16 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 55 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 17 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 18 | | | | | X | CF-7 | 100 | 1 | | | | | | | | | | | |
| | 60 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 19 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 65 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 21 | | | | | X | CF-8 | 58 | 1 | | | | | | | | | | | |
| | 70 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 22 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 75 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 23 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 24 | | | | | X | CF-9 | 100 | 1 | | | | Ip = 40,2% IL = 0,98 | | | | | | | |
| | 80 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 25 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 85 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 26 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |





RAPPORT DE FORAGE

Forage N° : QEEP-018
Dossier : PLUS-00026280-045500

| Prof. | | Coupe stratigraphique | | | Échantillons | | | | | Odeur | | Essais | | Graphique | | | | | | |
|-------|---|-----------------------|--|--------|--------------|------|-----------|--------|---------|--------|---------|--------|--------|-----------|----|----|----|----|-----|--|
| pi | m | Élév. Prof. | Description | Strat. | Eau | État | Type - No | Réc. % | N / RQD | FAIBLE | MOYENNE | FORTE | Essais | Cu Cur Nc | 20 | 40 | 60 | 80 | 100 | |
| 27 | | | | | | | CF-10 | 100 | 1 | | | | | | | | | | | |
| 90 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 28 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 95 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 29 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 30 | | | | | | | CF-11 | 100 | 1 | | | | | | | | | | | |
| 100 | | -19.55 30.33 | Fin du forage à 30,3 mètres de profondeur. | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 31 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 105 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 32 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 33 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 110 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 34 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 115 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 35 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 36 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 120 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 37 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 125 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 38 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 39 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 130 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 40 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 41 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

L2. Résultats d'essais en laboratoire





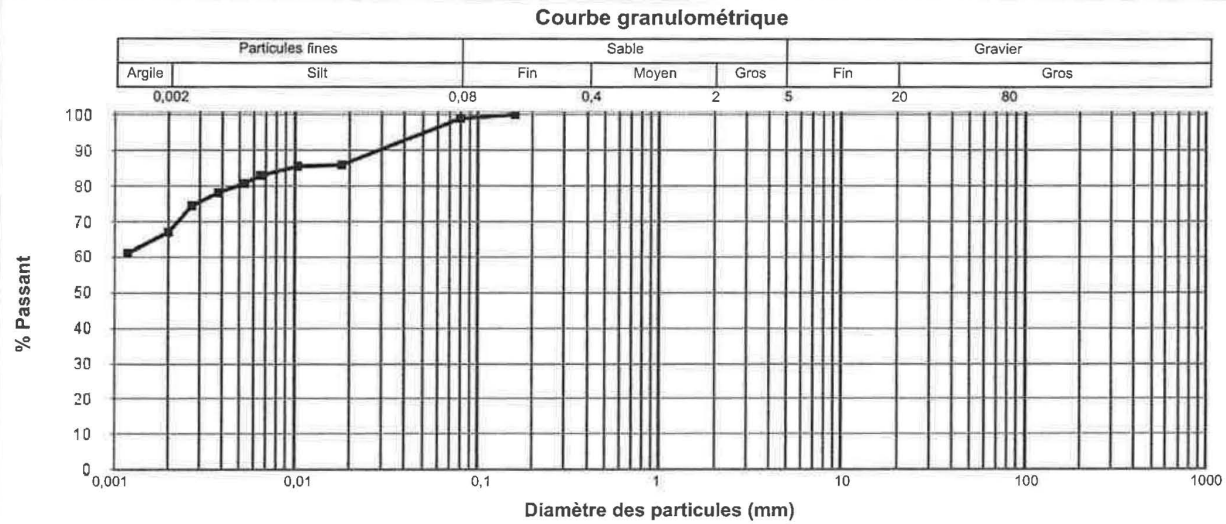
2555, rue Saint-Pierre
 Drummondville (QC) J2C 7Y2
 Téléphone: 819-477-3775
 www.exp.com

**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-3723
 Réf. client :

Sondage n° : QEEP-016 Prélevé le : 2014-03-04 par EXP
 Échantillon : CF-5 Reçu le : 2014-04-07
 Profondeur : 11,7 à 12,3 m Localisation : Rivière Chicot



| Analyse granulométrique LC 21-040 | | | | Description |
|-----------------------------------|-------------------------|------------|-------------------------|---|
| Tamis (mm) | Tamisat %passant mesuré | Tamis (mm) | Tamisat %passant mesuré | |
| 112 | | 0.018 | 85,8 | D ₁₀ : |
| 80 | | 0.0104 | 85,7 | D ₃₀ : |
| 56 | | 0.0065 | 83,0 | D ₆₀ : |
| 40 | | 0.0053 | 80,6 | Coefficient d'uniformité (Cu) : |
| 31,5 | | 0.0038 | 78,1 | Coefficient de courbure (Cc) : |
| 20 | | 0.0027 | 74,5 | Gravier: 0 % |
| 14 | | 0.0020 | 67,2 | Sable: 1 % |
| 10 | | 0.0012 | 61,1 | Silt: 32 % |
| 5 | | | | Argile: 67 % |
| 2,5 | | | | Description : Argile silteux, traces de sable |
| 1,25 | | | | Classification unifiée : |
| 0,630 | | | | Teneur en eau LC 21-201 68,5% |
| 0,315 | | | | |
| 0,160 | 100 | | | |
| 0,080 | 99,0 | | | |

Remarques :

Vérifié par : Simon Tessier
 Simon Tessier
 Technicien, coordonnateur

Approuvé par : Michelle Létourneau Date : 2014-04-10
 Michelle Létourneau, ing., M.Sc.A.

Annexe 4-39

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



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

Préparé par :

ENGINEERING TECHNOLOGY INC.

#24, 12110 - 40 Street SE

Calgary, AB T2Z 4K6

Numéro de projet :

543

Date :

9 juin 2014



Déclaration des limitations et qualifications

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

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

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

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

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

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

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

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

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



Liste de diffusion

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

Journal de révision

| Révision n° | Révisé par | Date | Description de la version / révision |
|-------------|------------|---------------|---|
| A | BS | 16 avril 2014 | Émis pour commentaires du client |
| B | DL | 22 avril 2014 | Information géotechnique ajoutée, émis pour commentaires du client |
| C | DL | 30 avril 2014 | Commentaires de Stantec/JV incorporés, émis pour commentaires du client |
| D | BS | 2 mai 2014 | Émis pour commentaires |
| 0 | BS | 9 juin 2014 | Émis pour ingénierie de base |

Signatures Entec Inc.

Rapport préparé par :

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

Rapport révisé par :

Dale Larison, ing.
V.-P. Ingénierie



1. Introduction

Engineering Technology Inc. (Entec) a évalué un projet de traverse par forage dirigé horizontal (FDH) de la rivière Maskinongé 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 juste au nord de Maskinongé, au Québec. La rivière mesure approximativement 35 m de largeur à cet emplacement et se trouve dans une vallée environ 15 m plus basse que les terres environnantes avec des rives qui montent graduellement. Le point d'entrée, du côté nord-est de la traverse, est situé en terrain agricole entre la route Beauséjour et une petite colline. Le point de sortie, du côté sud-ouest de la traverse, est situé sur un terrain plat et est approximativement 1 m plus bas que le point d'entrée. 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. Le rapport géotechnique final est fourni à l'annexe D.

Tableau 1. Trou de forage QEEP-019

| Mètres sous la surface du sol (msss) | Description du sous-sol |
|--------------------------------------|-----------------------------------|
| 0 | Aucun recouvrement |
| 1,1 | Remblai, sable limoneux |
| 1,2 | Argile limoneuse, traces de sable |
| 35,3 | |

Tableau 2. Trou de forage QEEP-020

| Mètres sous la surface du sol (msss) | Description du sous-sol |
|--------------------------------------|---|
| 0 | Aucun recouvrement |
| 1,0 | Limon argileux, |
| 2,5 | Sable, trace de limon, présence de couches de limon argileux avec présence de sable |
| 4,3 | Argile limoneuse, sable (de traces à présence de) |
| 35,1 | |

**Tableau 3. Trou de forage QEEP-021**

| Mètres sous la surface du sol (msss) | Description du sous-sol |
|--------------------------------------|---|
| 0 | |
| | Aucun recouvrement |
| 1,1 | |
| | Argile limoneuse, traces de sable, haute plasticité |
| 35,2 | |

3. Considérations sur la conception des FDH

3.1 Contraintes exercées sur la canalisation

Les conditions d'exploitation de l'oléoduc ont été spécifiées par TransCanada. La pression maximale d'exploitation (PME) du projet est de 8 450 kPa, aux sorties des stations de pompage. Les calculs de FDH pour cette traverse sont cependant basés sur la PME spécifique de cet emplacement, qui est de 8 784 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 10 980 kPa (1,25 x la PME) a aussi été spécifiée pour la canalisation. L'épaisseur de paroi minimale requise pour cette installation, sur la base des conditions d'exploitation fournies, a été déterminée par Entec à 20,2 mm, avec l'utilisation d'un acier de grade 550 MPa. Un rayon de courbure minimum admissible pour l'installation de la canalisation a été déterminé sur la base de la contrainte maximale admissible combinant les effets de pression, de température et de cintrage.

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

| Propriété | Valeur | Unités |
|---|--------|------------|
| Diamètre extérieur | 1 067 | mm |
| Tolérance d'épaisseur (TÉ) | 0 | % de l'ÉPN |
| Épaisseur de paroi nominale | 20,2 | mm |
| Grade/Limite élastique minimale spécifiée (LEMS) | 550 | MPa |
| Catégorie | II | S. O. |
| T1 (température de conception minimale) | 5 | °C |
| T2 (température d'exploitation maximale) | 60 | °C |
| Pression maximale d'exploitation (PME) du projet | 8 450 | kPa |
| Pression maximale d'exploitation (PME) spécifique du site | 8 784 | kPa |
| Pression d'essai (PE) | 10 980 | kPa |
| Rayon minimal | 530 | m |
| Rayon de conception | 1 200 | m |

Puisqu'un forage dirigé horizontal utilise une section de tuyau préassemblée tirée dans un trou de forage courbé, la technique FDH utilise la déformation élastique admissible de la canalisation pour permettre l'installation de l'oléoduc.



Pour accommoder cette contrainte de déformation, les matériaux utilisés pour la portion de FDH de l'oléoduc possèdent généralement une paroi plus épaisse ou un grade d'acier plus élevé que le reste de l'oléoduc.

Un rayon minimal de 530 mètres a été déterminé en fonction des déviations de guidage enregistrées lors de projets précédents de FDH à grand diamètre. Un rayon de conception de 1 200 m a été choisi pour accommoder une géométrie de tracé de forage et des tolérances de guidage de FDH pratiques. La contrainte maximale attendue pendant l'exploitation correspond à environ 92,24 % de la contrainte de cisaillement admissible. Selon la norme CSA Z662-11, la contrainte de cisaillement admissible est égale à 50 % de la limite élastique minimale spécifiée (LEMS). Cette contrainte maximale serait observée à n'importe quel emplacement le long du tracé de forage où le tuyau est assujéti au rayon minimal de 530 m. La canalisation choisie satisfait à toutes les exigences de la norme CSA Z662-11 sous les conditions spécifiées. La détermination finale des conditions d'exploitation de l'oléoduc et des matériaux des canalisations sera effectuée lors de la conception détaillée.

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

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

3.2 Géométrie

Selon les informations de spécifications de la canalisation, de la géométrie spécifique à l'emplacement et l'information géotechnique, un forage dirigé horizontal semble faisable à cet emplacement. La trajectoire de forage utilise le rayon de conception de 1 200 m qui a été déterminé à la section 3.1. Les angles d'entrée et de sortie ont été conçus à 12° afin d'équilibrer la profondeur de recouvrement avec la longueur de la gaine de forage (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 660 m et une profondeur de recouvrement de 21,5 m sous la rivière Maskinongé. 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. Cependant, pour cette traverse, de l'argile très meuble est présente sur toute la trajectoire de forage. Il sera nécessaire d'utiliser des outils de forage par FDH différents que lorsque l'on travaille en condition de sol dur. Il est improbable qu'une gaine de forage soit nécessaire pour cette traverse, mise à part une section courte pour aider à contrôler l'envasement au point d'entrée et faciliter le contrôle du fluide à la surface. La taille minimale nécessaire de la gaine est de 1 676 mm (66 po) (dia. ext.) pour permettre le passage du trépan aléueur final de 1 372 mm (54 po).

3.4 Dimensions de l'équipement

Les traverses de ce diamètre et d'une telle distance sont considérées de gros projets de FDH. Plusieurs traverses par FDH de diamètre et de longueur similaires ont été réalisées au Canada. Considérant la friction et la traînée qui s'exerceront sur l'oléoduc, la force de tirage maximale pendant l'installation est estimée à 281 061 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 : force de traction-poussée de 625 000 lb et couple de rotation de 80 000 pi-



Ib. Plusieurs entrepreneurs en FDH canadiens possèdent l'équipement et l'expertise nécessaires pour installer de façon sécuritaire des traverses d'oléoduc de cette taille.

3.5 Diamètre du trou de forage

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

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

3.6 Soulèvement de la canalisation et rupture

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

3.7 Contrôle de la flottabilité

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



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

4.1 Perte de contrôle du guidage

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

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

4.2 Perte de circulation et fuites de fluide

Le risque de perte de fluide est à son niveau le plus élevé lors du forage du trou pilote, alors que la petite taille du trou de forage entraîne une pression circulatoire plus élevée et que les déblais peuvent plus facilement boucher le trou. 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.

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



4.3 Instabilité du trou de forage

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

4.4 Infiltration d'eau

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

4.5 Dommages au revêtement ou à la canalisation

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

4.6 Canalisation coincée

Le gonflement de matériaux comme l'argile peut rétrécir le diamètre du trou de forage et mener à des problèmes de nettoyage du trou ainsi qu'au coincement de la canalisation lors de la procédure de tirage. Les problèmes de gonflement deviendront de plus en plus sévères au fur et à mesure que le trou de forage sera exposé au fluide de forage et que les matériaux y seront exposés. Puisque cette canalisation nécessitera un trou très large et plusieurs alésages, on peut s'attendre à ce que le gonflement potentiel de la géologie devienne réalité. Des additifs pour fluide de forage peuvent être utilisés pour contrôler le gonflement de l'argile, si celui-ci devient problématique. Le taux de pénétration doit être contrôlé pour permettre à une quantité suffisante de fluide de forage d'être injectée pour transporter les déblais créés à l'avant. Une agitation régulière des déblais pour permettre leur retour en suspension dans le fluide de forage en effectuant des allers-retours avec les trépan aléseurs jusqu'au point d'entrée est essentielle pour le maintien d'un trou de forage ouvert. Du sable, du limon ou du gravier qui se détachent de la paroi sont aussi des causes de coincement de la canalisation. Utiliser un fluide de forage aux propriétés adéquates au maintien d'un trou de forage ouvert et effectuer des passes de nettoyage adéquates avant le déplacement de la canalisation aideront à réduire le risque d'obstruction du trou de forage par la chute de matériaux.

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



de la canalisation. Exercer une force trop grande sur un trépan aléueur coincé peut mener au bris de la canalisation de forage.

4.7 Usure et défaillance des outils de forage

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

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

4.8 Risques environnementaux

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

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

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

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

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

4.9 Autres risques à considérer

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



5. Conclusion

Selon l'information dont Entec disposait au moment de la rédaction de ce rapport, la traverse par FDH proposée de la rivière Maskinongé 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 les difficultés de guidage, le gonflement de l'argile, l'instabilité du trou de forage, la perte de fluide et la fracturation. Un rapport de faisabilité final et un dessin de conception final seront émis dans la phase d'ingénierie détaillée.

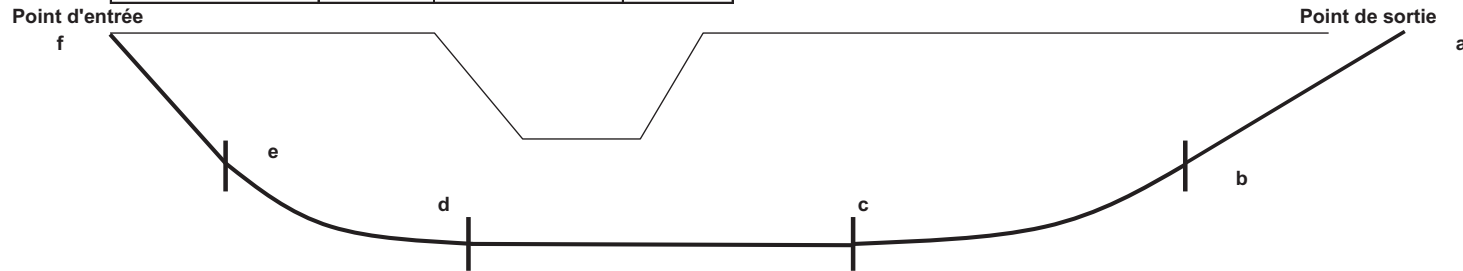


Annexe A

Sommaire des calculs

**543-ENG-110
RIVIÈRE MASKINONGE**

| Données de conception | | Données du tuyau | | Données de procédé | | Critères de contrainte | | | |
|--------------------------|-------|------------------------|--------|--------------------|-------|---------------------------------------|-------|---------------|-------|
| Longueur forée (m) | 660,1 | Dia ext. Tuyau (mm) | 1067,0 | PME (kPa)* | 8784 | Contrainte de cisaillement admissible | | | |
| Longueur horizontale (m) | 652,9 | Épais. Nominale (mm) | 20,2 | Pr. essai (kPa) | 10980 | 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 | | Contrainte cisaillement tangentiel max | | | |
| | (lb) | (N) | (psi) | (MPa) | (% SA) | (psi) | (MPa) | (% SA) | (psi) | (MPa) | (% SA) | (psi) | (MPa) | (% SA) |
| Point A | 113 086 | 504 847 | 1098 | 7,57 | 2,75 | 29 831 | 205,7 | 67,99 | 15110 | 104,2 | 34,44 | 36 783 | 253,6 | 92,22 |
| Point B | 124 171 | 554 333 | 15760 | 108,66 | 39,51 | 29 784 | 205,4 | 67,89 | 15369 | 106,0 | 35,03 | 36 534 | 251,9 | 91,60 |
| Point C | 171 896 | 767 392 | 16054 | 110,69 | 40,25 | 29 722 | 204,9 | 67,75 | 15775 | 108,8 | 35,96 | 36 127 | 249,1 | 90,58 |
| Point D | 171 896 | 767 394 | 16054 | 110,69 | 40,25 | 29 722 | 204,9 | 67,75 | 15775 | 108,8 | 35,96 | 36 127 | 249,1 | 90,58 |
| Point E | 248 282 | 1 108 401 | 16363 | 112,82 | 41,02 | 29 784 | 205,4 | 67,89 | 15369 | 106,0 | 35,03 | 36 534 | 251,9 | 91,60 |
| Point F | 281 061 | 1 254 738 | 16482 | 113,64 | 41,32 | 29 824 | 205,6 | 67,98 | 15110 | 104,2 | 34,44 | 36 792 | 253,7 | 92,24 |

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


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

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

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



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



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

Permis d'ingénierie de l'APEGA No. P8649

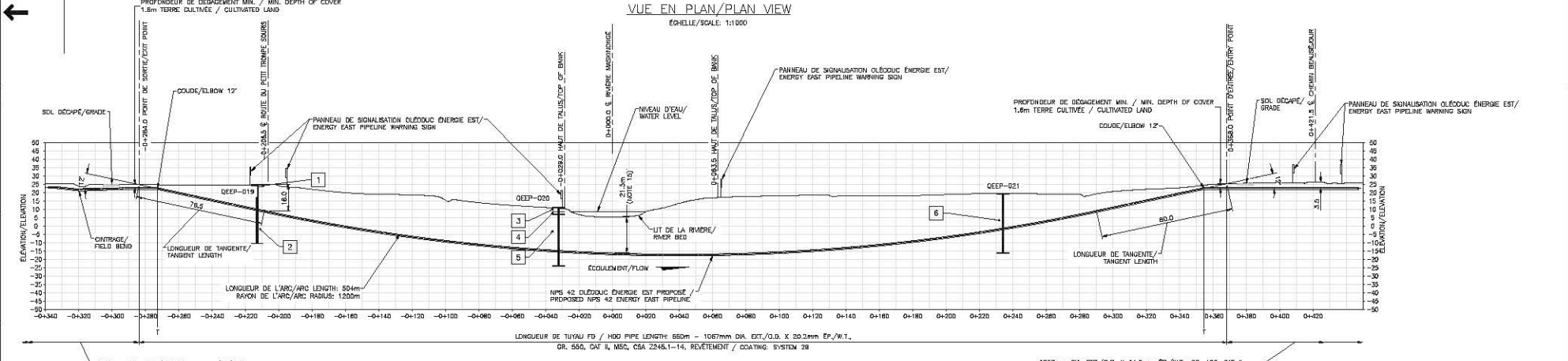
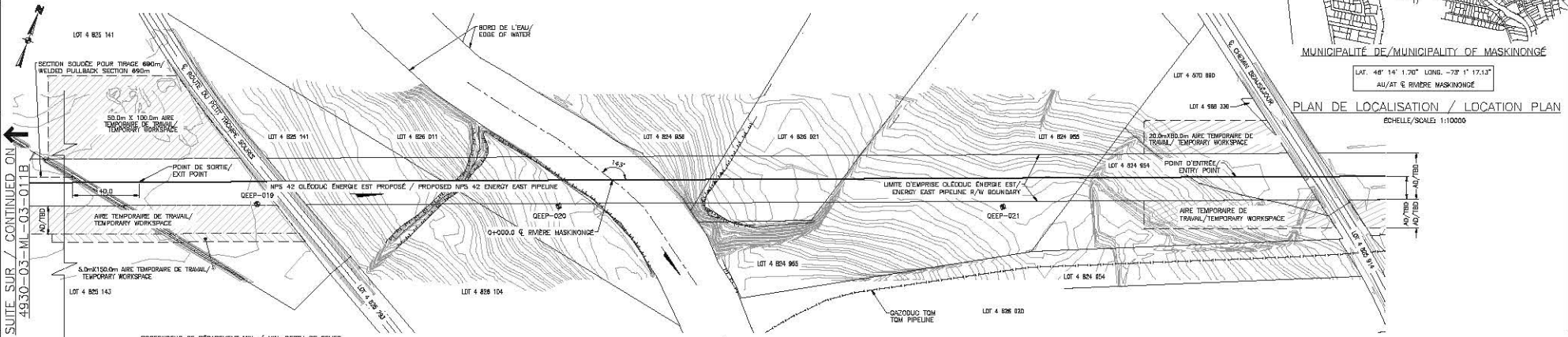
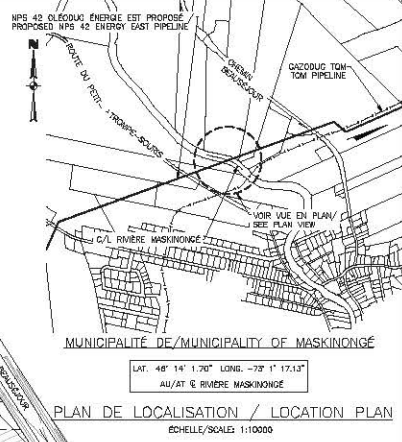
Note:*La pression maximale d'exploitation (PME) du projet est de 8450 kPa, survenant aux sorties des stations de pompage. Les calculs de FDH pour cette traverse, toutefois, sont basés sur la PME spécifique du site, déterminée par la différence d'élévation entre la station de pompage en amont et le point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



Annexe B

Dessin de conception

| RAPPORT DE FORAGE / BOREHOLE LOG | | |
|----------------------------------|------------|---|
| No. FORAGE / BOREHOLE No. | DEP. / TAG | DESCRIPTION |
| DEEP-018 | 1 | REMBLAI: SABLE SILTEUX, BEIGE-BRUN / FILL: SILTY SAND, BEIGE-BROWN |
| | 2 | ARGILE SILTEUX, TRACES DE SABLE, GRIS-BRUN / SILTY CLAY, TRACES OF SAND, GREY-BROWN |
| | 3 | SILT ARGILEUX, GRIS-BRUN CLAYEUX SILT, GREY-BROWN |
| DEEP-020 | 4 | SABLE, TRACES DE SILT, BEIGE / SAND, TRACES OF SILT, BEIGE |
| | 5 | ARGILE SILTEUX, TRACES DE SABLE, GRIS / SILTY CLAY, TRACES OF SAND, GREY |
| DEEP-021 | 6 | ARGILE SILTEUX, TRACES DE SABLE, GRIS / SILTY CLAY, TRACES OF SAND, GREY |



| DESSINS DE RÉFÉRENCE/REFERENCE DRAWINGS | |
|---|--|
| DESSIN/DRAWING No | TITRE/TITLE |
| 4830-03-ML-01-52F | PANNEAU DE SIGNALISATION POUR OLÉODUC À HAUTE PRESION/PIPE WARNING SIGN |
| 4830-03-ML-02-51F | SIGNAL TIPOLOGIE DE TRAVERSE DE TUNNEL/TYPICAL PIPE TRAVERSION SIGNAL |
| 4830-03-ML-04-81F | SIGNAL TIPOLOGIE DE SOCLE 30/30/30/30/30/30/30/30 |
| 4830-03-ML-03-011B | TRAVÉE MASKINONGÉ - TRAVÉE PAR FORAGE DIRIGÉ/ALTERNATIVE / TRENCHED CROSSING (ALTERNATIVE) |
| 4830-03-ML-03-012 | TRAVÉE MASKINONGÉ - TRAVÉE EN TRANCHÉE / TRENCHED CROSSING (ALTERNATIVE) |

| RÉVISION/REVISION | | |
|-------------------|------------|--|
| REV. / REV. | DATE | DESCRIPTION |
| A | 2014-03-31 | ONS POUR RÉVISION (INTERIEUR A) / ISSUED FOR REVISION (INTERNAL A) |
| B | 2014-04-04 | ONS POUR RÉVISION (INTERIEUR B) / ISSUED FOR REVISION (INTERNAL B) |
| C | 2014-04-14 | ONS POUR RÉVISION (CLÉ) / ISSUED FOR REVISION (KEY) |
| D | 2014-05-14 | ONS POUR MISE À JOUR DE BASE / ISSUED FOR FEED |
| E | 2014-08-09 | MISE À JOUR POUR MISE À JOUR DE BASE / REVISION FOR FEED |

| APPROBATION/APPROVAL | | | | | | | |
|----------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| DATE | DESIGNÉ | PROJETÉ | DESIGNÉ | PROJETÉ | DESIGNÉ | PROJETÉ | DESIGNÉ |
| 2167445 | JUL | AS | MS/RS | JUN | GP | ENTEC | |
| 2167445 | JUL | AS | MS/RS | JUN | GP | ENTEC | |
| 2167445 | JUL | CS | MS/RS | JUN | GP | ENTEC | |
| 2238444 | JUL | CS | MS/RS | JUN | GP | ENTEC | |
| 2238444 | JUN | CS | MS/RS | JUN | GP | ENTEC | |

PROFESSEUR/PROFESSIONAL DESIGNER/PERT

INGÉNIEUR/ENGINEER/PERT

**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

TRAVÉE PAR FORAGE DIRIGÉ/ALTERNATIVE / TRENCHED CROSSING (ALTERNATIVE)

RIVIERE MASKINONGÉ
TRAVERSE PAR FORAGE DIRIGÉ/ALTERNATIVE / TRENCHED CROSSING (ALTERNATIVE)

4830-03-ML-03-011A

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

- ALIGNEMENT DE LA CONDUITE ET INSTALLATION / PIPE ALIGNMENT AND INSTALLATION:**
- L'ENTREPRENEUR DU FORAGE DIRIGÉ DOIT VÉRIFIER LA PROFONDEUR ET L'EMPLACEMENT DES INSTALLATIONS SOUTERRAINES EXISTANTES AVANT LA CONSTRUCTION. / THE HDD CONTRACTOR SHALL VERIFY 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 FINAIS, PROPOSER UN PROFIL ALTERNATIF AU MOMENT DE LA SOUSCRIPTION DES 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'EMPREISE OLÉODUC ÉNERGIE EST. / UNDER NO CIRCUMSTANCES SHALL THE PIPELINE BE INSTALLED OUTSIDE OF THE ENERGY EAST R.O.W.
 - LA CONDUITE DOIT ÊTRE MISE EN PLACE SUR LE SOL NATUREL NON-BÉANÉ AVEC LA PROTECTION APPROPRIÉE. LES PENTES LATÉRALES D'EXCAVATION TEMPORAIRE DEVONT RESPECTER LA SPÉCIFICATION DE CONSTRUCTION TES-PROU-PCS DE TRANSCANADA. / PIPELINE SHALL BE PLACED ON NATURAL UNDISTURBED SOIL WITH APPROPRIATE PROTECTION. TEMPORARY SIDE SLOPES SHALL MEET TRANSCANADA CONSTRUCTION SPECIFICATION TES-PROU-PCS.

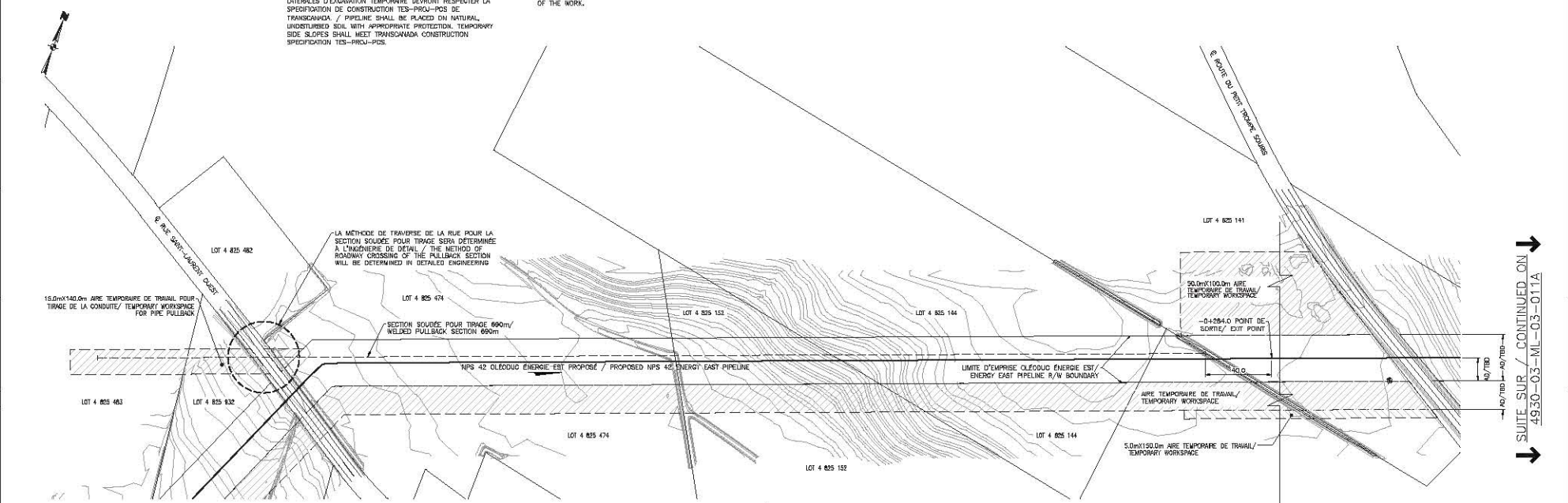
- L'ENTREPRENEUR DU FORAGE DIRECTIONNEL DOIT VÉRIFIER L'EMPLACEMENT DES POINTS D'ENTRÉE/SORTIE ET LE SENS DU FORAGE EN SE BASANT SUR LES CONDITIONS DU SITE. / THE HDD CONTRACTOR SHALL VERIFY APPROVED ENTRY/EXIT LOCATIONS AND DRILLING DIRECTION BASED ON THE SITE CONDITIONS DURING CONSTRUCTION.
- LA SECTION DU TUYAU SOUDÉE DOIT ÊTRE SOUTIENUE ADEQUATEMENT EN TOUT TEMPS LORS DE L'OPÉRATION DE TRACÉ AFIN DE S'ASSURER QUE LE TUYAU NE SUBISSE PAS DE CONTRAINTES EXCESSIVES. / THE PIPE PULL SECTION SHALL BE ADEQUATELY SUPPORTED AT ALL TIMES DURING PULLBACK TO ENSURE THE PIPE IS NOT OVERSTRESSED.
- AFIN D'INSPECTER VISUELLEMENT TOUT DOMMAGE AU TUYAU OU À SON REVÊTEMENT, L'ENTREPRENEUR EST TENU DE TIRER AU MINIMUM L'ÉQUIPEMENT D'UNE LONGUEUR DE TUYAU À L'EXTÉRIEUR DU TROU DE FORAGE SELON LES SPÉCIFICATIONS DU FORAGE TES-PROU-HDD. / IN ORDER TO VISUALLY ASSESS ANY PIPE OR PIPE COATING DAMAGE, THE CONTRACTOR IS REQUIRED TO PULL AT LEAST ONE LENGTH OF PIPE JOINT COMPLETELY THROUGH THE BOREHOLE AS PER THE HDD SPECIFICATIONS TES-PROU-HDD.
- UN PLAN ET UN PROFIL ÉTEL-QUE-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, DRIVING FOR SITE ACCESS, SETTING UP HDD EQUIPMENT, INSTALLATION OF THE PIPE, REMOVAL OF HDD EQUIPMENT, AND RESTORATION OF THE SITE.
- L'ENTREPRENEUR DOIT DISPOSER DES OUTILS DE SURVEILLANCE POUR UN SUIVI CONSTANT DE LA PRESSION ANNULAIRE ET DE LA TURBIDITÉ DU COURS D'EAU AFIN D'ÉVITER LE DÉVERSEMENT DE BOUE DE FORAGE DANS LE COURS D'ÉVAL. / THERE SHALL BE A CONSTANT MONITORING TOOL FOR ANNUAL PRESSURE AND WATERCOURSE TURBIDITY BY THE HDD CONTRACTOR TO ENSURE NO FINE-CUT OF DRILLING FLUID INTO THE WATERCOURSE.
- LA PROFONDEUR DE RECOURÈMENT SERA DÉTERMINÉE À LA PHASE D'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)

SPÉCIFICATIONS DE L'OLÉODUC / PIPELINE SPECIFICATIONS

- CONDUITE / LINE PIPE: 1083mm DA EXT. / O.D. (NPS 42) x 11.0mm DP/W.T. OR 483, DAT I, MDO CSA 2245.1-14
- TEMPÉRATURE D'OPÉRATION MAX. / MAX. OPERATING TEMPERATURE: 100°C
- TEMPÉRATURE DE CONDUITE MIN. / MIN. OPERATING TEMPERATURE: 30°C
- TYPE DE JOINT / TYPE OF JOINT: SOUDE / WELDED
- REVENDEMENT CONDUITE / LINE PIPE COATING: SYSTÈME / SYSTEM MA
- TUYAU FD / HDD PIPE: SYSTÈME / SYSTEM 2B
- MÉTHODE DE TRAVERSE / CROSSING METHOD: FORAGE DIRIGÉ/ONAL / HDD
- MÉTHODE DE TRAVERSE ALTERNATIVE / ALTERNATE CROSSING METHOD: TRANCHEE / TRENCHED
- TEST DE PRESSION MIN. SECTION DE TRAVERSE/MIN. TEST PRESSURE (CROSSING SECTION): 10 000 kPa
- PRESSION D'OPÉRATION MAX. / MAX. OPERATING PRESSURE: 8 764 kPa
- PROTECTION CATHODIQUE / CATHODIC PROTECTION: COURANT IMPOSÉ / IMPRESSED CURRENT
- VOLTAGE DE PROTECTION CATHODIQUE MAX. / MAX. CATHODIC PROTECTION VOLTAGE: -40 / TED
- PRODUIT TRANSPORTÉ / PRODUCT CARRIED: PÉTROLE BRUT / CRUDE OIL



DESSINS DE RÉFÉRENCE/REFERENCE DRAWINGS

| DESSIN/DRAWING NO | TITRE/TITLE |
|--------------------|---|
| 4930-03-ML-03-02AF | PERMIS DE SOUSCRIPTION POUR OLÉODUC À HAUTE PRESSION/MIN. PRESSION OLÉODUC VARIANTE B01 |
| 4930-03-ML-03-01AF | SÉRIE TYPE DE TRAVERSE DE TUYAU/TYPICAL PIPE TRAVERSION DETAIL |
| 4930-03-ML-03-01AF | SÉRIE TYPE DE SOUDE 3D/TYPICAL WELDING TO OLÉODUC DETAIL |
| 4930-03-ML-03-011A | BAÛNE MASHKONONGE - TRAVERSE PAR FORAGE DIRIGÉ/ONAL / HDD CROSSING |
| 4930-03-ML-03-011B | BAÛNE MASHKONONGE - TRAVERSE EN TRANCHEE / TRENCHED CROSSING (ALTERNATIVE) |

RÉVISION/REVISION

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

APPROBATION/APPROVAL

| DATE | DESIGNER | APPROVED BY | DESIGNER | APPROVED BY | DATE | DESIGNER | APPROVED BY |
|----------|----------|-------------|----------|-------------|------|----------|-------------|
| 21/6/14S | JML | JS | MJ/RS | JM | GP | ENTEC | |
| 21/6/14S | JML | JS | MJ/RS | JM | GP | ENTEC | |
| 21/6/14S | JML | JS | MJ/RS | JM | GP | ENTEC | |
| 2/2/2014 | JML | JS | MJ/RS | JM | GP | ENTEC | |
| 2/2/2014 | JM | CS | MJ/RS | AB | GP | ENTEC | |

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

REV/REV: DATE: PERMIS/PERMIT No:

Energy East Pipeline Ltd.

INGÉNIERIE GÉNÉRALE OLÉODUC ÉNERGIE EST / ENERGY EAST GENERAL INDEPENDENT PIPELINE
TRAVERSE PAR FORAGE DIRIGÉ/ONAL/HDD CROSSING QUÉBEC

RIVIÈRE MASHKONONGE
TRAVERSE PAR FORAGE DIRIGÉ/ONAL/HDD CROSSING QUÉBEC

REV/SCALE: ORIGINAL/CHANGÉ: 4930-03-ML-03-011B



Annexe C

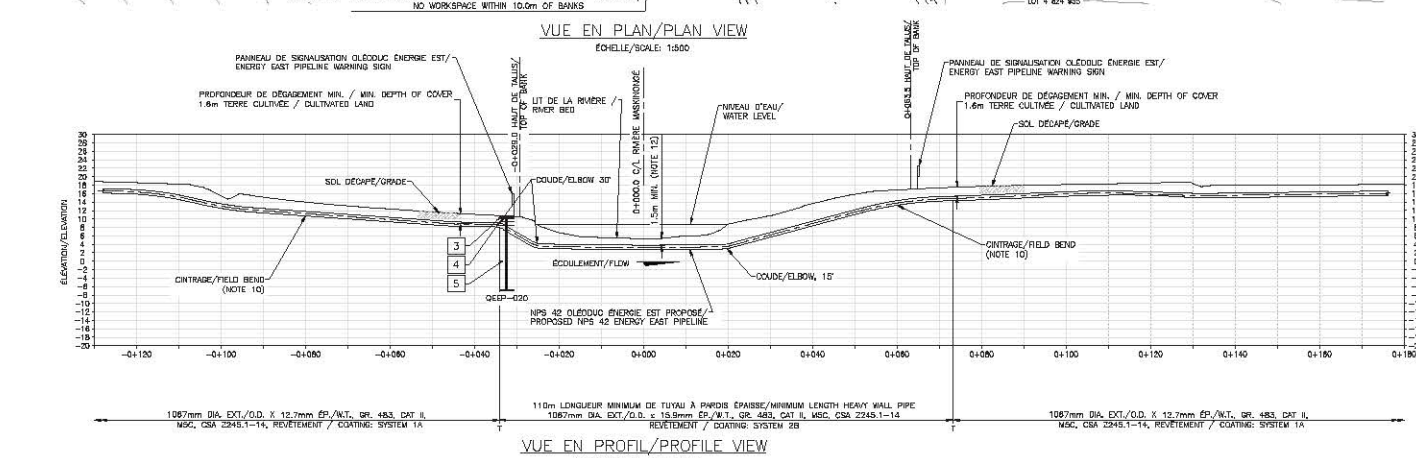
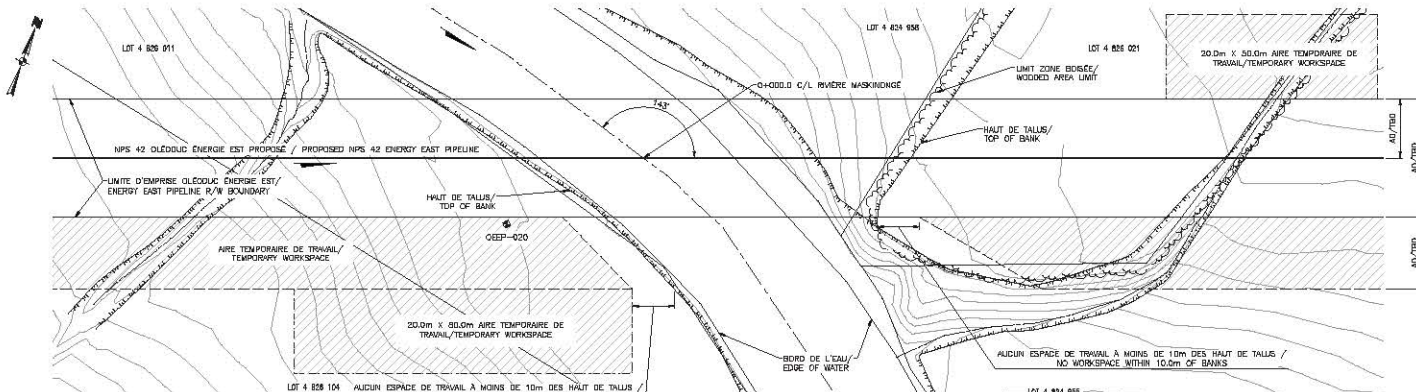
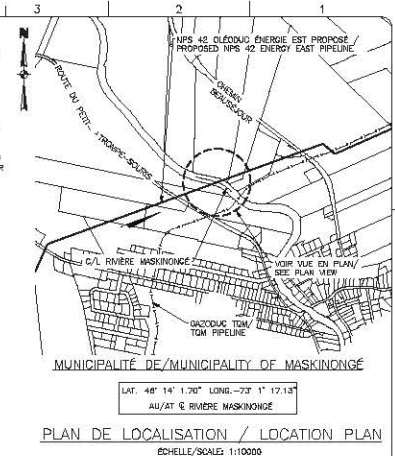
Dessin de traverse alternative

- NOTES:**
APPLICABLE / SUBJECTIVE:
 1. TOUTES LES MESURES SONT EN MÈTRES SAUF INDICATION CONTRAIRE. / ALL MEASUREMENTS ARE IN METERS UNLESS OTHERWISE SPECIFIED.
 2. TOUTES LES CHANGEMENTS SONT HORIZONTALS SAUF INDICATION CONTRAIRE. / ALL CHANGES ARE HORIZONTAL UNLESS OTHERWISE SPECIFIED.
GÉNÉRAL / GENERAL:
 3. LA TRAVÈSE DEVIRA 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 HYDROSTATIQUE DOIVENT ÊTRE CONFORMES À LA NORME CSA 2882-11, AUX SPÉCIFICATIONS DE CONSTRUCTION TÈS-PROU-POS ET AUX EXIGENCES DU PERMIS DE TRAVAIL. / 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 TRAVÈSE ET D'INSTALLATION DU PIPELINE SERA CONFIRMÉE À LA MÉTHODE DÉTAILLÉE. / METHOD FOR RIVER CROSSING AND PIPE INSTALLATION TO BE CONFIRMED DURING DETAILED ENGINEERING.
INSTALLATION DE LA CONDUITE ET AGÈLEMENT / 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'EMBRÈSSE D'OLÉODUC ÉNERGIE EST. / UNDER NO CIRCUMSTANCES SHALL THE PIPELINE BE INSTALLED OUTSIDE OF THE ENERGY EAST R/W.
 8. LES ALIGNEMENTS DE LA CONDUITE, TELS QU'INDIQUÉS SUR LE PLAN ET PROFIL, REMPLISSANT LES EXIGENCES MINIMALES REQUIÈRES 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 RÉGULATION CONCERNÉES. / PIPELINE ALIGNMENTS, AS INDICATED ON THE PLAN AND PROFILE, REFLECT ENERGY EAST PIPELINE MINIMUM REQUIREMENTS. THE CONTRACTOR MAY, AT THEIR DISCRETION AND RISK, 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-RÉMANÉ AVEC LA PROTECTION APPROPRIÉE. LES PENTES LATÉRALES D'EXCAVATION TEMPORAIRE DEVONT RESPECTER LA SPÉCIFICATION 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 FLEX BEND ANGLE IS 1.0 DEGREE PER DIAMETER LENGTH.
 11. UN PLAN ET UN PROFIL «ETI-DUE-CONSTRUY» DOIVENT ÊTRE FOURNIS À OLÉODUC ÉNERGIE EST AVANT L'ACHÈVEMENT DES TRAVAUX. / A FINAL «ETI-DUE-BUILT-PLAN AND PROFILE SHALL BE PROVIDED TO ENERGY EAST PIPELINE AFTER THE COMPLETION OF THE WORK.
 12. LA PROFONDEUR DE RECOURVEMENT 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:**
 13. LES PENTES DU DEBARS 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'ENTREPRISES DES DEBARS DOIT ÊTRE INCLINÉE POUR S'ASSURER QUE L'EAU NE S'ACCUMULE PAS À LA SURFACE ET QUE LES DÉBRIS NE S'EN TREMPENT PAS L'ÉCOULEMENT DE L'EAU. / SLOPE AREAS SHALL BE GRADED TO ENSURE THE WATER WILL NOT POND ON THE SURFACE OR BE TRAPPED BY THE SLOPE FILL.
GESTION DES DÉBRIS ET REMBLAIS PERMANENTS / SOIL PLACEMENT-PERMANENT:
 15. LA TRAVÈSE DE LA CONDUITE TRANSPARENT LE COURS D'EAU DOIT ÊTRE REEMPLACÉ 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 LIÉGÈUX. AVANT LE REEMPLACEMENT SUR UNE SURFACE EN PENTE SÈCHE, 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 WOODY DEBRIS. PRIOR TO REPLACING FILL ON FROZEN SLOPED SURFACES, THESE SURFACES MUST BE SCARRIFIED TO MAXIMIZE ADHESION OF MATERIALS.
 17. SI REQUIS, LE REMBLAI DANS LE TALLIS DOIT ÊTRE MIS EN PLACE AVEC UNE PENTE MAXIMALE DE 20:1V POUR OPTIMISER LA STABILITÉ DU TALLIS. / 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. REEMPLACEZ L'ÉTÉ SUivant LA CONSTRUCTION ET LES BERGES POURQUOI NECESSITER UN REPROFILAGE FINAL SELON LA PENTE SPÉCIFIÉE. UNE QUANTITÉ DE REMBLAI SUPPLÉMENTAIRE POURRAIT ÊTRE REQUISE POUR COMPENSER DES TASSEMENTS. LES BERGES DEVRAIENT ÊTRE PROFILÉES AFIN QUE L'EAU NE S'ACCUMULE PAS EN HAUT DE TALLIS. / FOR WINTER CONSTRUCTION, CONSIDERABLE SETTLEMENT OF THE BANK FILL MAY OCCUR THE FIRST SUMMER AFTER CONSTRUCTION, AND THE BANK MAY REQUIRE FINAL GRADING TO THE SPECIFIED SLOPE. ADDITIONAL FILL MAY BE REQUIRED TO COMPENSATE FOR THE BACKFILL SETTLEMENT. BANKS SHALL BE GRADED SUCH THAT WATER DOES NOT POND AT THE TOP OF THE BANK.
CONTRÔLE DE LA FLOTTABILITÉ / BUOYANCY CONTROL:
 19. LE CONTRÔLE DE LA FLOTTABILITÉ SERA DÉTERMINÉE À L'INGÉNIERIE DÉTAILLÉE. / BUOYANCY CONTROL WILL BE DETERMINED IN DETAILED ENGINEERING.
EMBRÈSSEMENT / ENVIRONMENTAL:
 20. VOIR LES CLAUSES ENVIRONNEMENTALES DÉTAILLÉES À ÊTRE COMPLÉTÉES À L'INGÉNIERIE DÉTAILLÉE. / SEE DETAILED ENVIRONMENTAL CONDITIONS (TO BE DETAILED IN DETAILED ENGINEERING).

17. SI REQUIS, LE REMBLAI DANS LE TALLIS DOIT ÊTRE MIS EN PLACE AVEC UNE PENTE MAXIMALE DE 20:1V POUR OPTIMISER LA STABILITÉ DU TALLIS. / 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. REEMPLACEZ L'ÉTÉ SUivant LA CONSTRUCTION ET LES BERGES POURQUOI NECESSITER UN REPROFILAGE FINAL SELON LA PENTE SPÉCIFIÉE. UNE QUANTITÉ DE REMBLAI SUPPLÉMENTAIRE POURRAIT ÊTRE REQUISE POUR COMPENSER DES TASSEMENTS. LES BERGES DEVRAIENT ÊTRE PROFILÉES AFIN QUE L'EAU NE S'ACCUMULE PAS EN HAUT DE TALLIS. / FOR WINTER CONSTRUCTION, CONSIDERABLE SETTLEMENT OF THE BANK FILL MAY OCCUR THE FIRST SUMMER AFTER CONSTRUCTION, AND THE BANK MAY REQUIRE FINAL GRADING TO THE SPECIFIED SLOPE. ADDITIONAL FILL MAY BE REQUIRED TO COMPENSATE FOR THE BACKFILL SETTLEMENT. BANKS SHALL BE GRADED SUCH THAT WATER DOES NOT POND AT THE TOP OF THE BANK.
CONTRÔLE DE LA FLOTTABILITÉ / BUOYANCY CONTROL:
 19. LE CONTRÔLE DE LA FLOTTABILITÉ SERA DÉTERMINÉE À L'INGÉNIERIE DÉTAILLÉE. / BUOYANCY CONTROL WILL BE DETERMINED IN DETAILED ENGINEERING.
EMBRÈSSEMENT / ENVIRONMENTAL:
 20. VOIR LES CLAUSES ENVIRONNEMENTALES DÉTAILLÉES À ÊTRE COMPLÉTÉES À L'INGÉNIERIE DÉTAILLÉE. / SEE DETAILED ENVIRONMENTAL CONDITIONS (TO BE DETAILED IN DETAILED ENGINEERING).



SPÉCIFICATIONS DE L'OLÉODUC / PIPELINE SPECIFICATIONS

- CONDUITE / LINE PIPE: 1067mm DIA. EXT. / O.D. (NPS 42) x 12.7mm ÉP./WT. CR. 483, CAT II, M.S.C. CSA 2245-1-14
- TEMPÉRATURE D'OPÉRATION MAX. / MAX. OPERATING TEMPERATURE: 60°C
- TEMPÉRATURE D'OPÉRATION MIN. / MIN. OPERATING TEMPERATURE: SOLID / SOLID -5°C
- TYPÉ DE JOINT / TYPE OF JOINT: SYSTEME / SYSTEM 2B
- MÉTHODE DE TRAVÈSE / CROSSING METHOD: TRENCHÉ / TRENCHER
- TEST DE PRESSION MIN. (SÉRIE DE TRAVÈSE)/MIN. TEST PRESSURE (CROSSING SYSTEM): 10 980 kPa
- PRESSION D'OPÉRATION MAX. / MAX. OPERATING PRESSURE: 8 784 kPa
- PROTECTION CATHODIQUE / CATHODIC PROTECTION: COUVERT IMPOSÉ / IMPRESSED CURRENT
- VOLTAJE DE PROTECTION CATHODIQUE MAX. / MAX. CATHODIC PROTECTION VOLTAGE: 1.0V
- PRODUIT TRANSPORTE / PRODUCT CARRIED: PÉTROLE BRUT / CRUDE OIL

RAPPORT DE FORAGE / BOREHOLE LOG

| NO. FORAGE / BOREHOLE No. | RÉFÉRE / TAG | DESCRIPTION |
|---------------------------|--------------|---|
| 3 | OEEP-020 | SILT ARGILEUX, GRIS-BRUN / CLAYEY SILT, GREY-BROWN |
| 4 | OEEP-020 | SABLE, TRACES DE SILT, BEIGE / SAND, TRACES OF SILT, BEIGE |
| 5 | OEEP-020 | ARGILE SÉTIVE, TRACES DE SABLE, GRIS / SILTY CLAY, TRACES OF SAND, GREY |

DESSINS DE RÉFÉRENCE/REFERENCE DRAWINGS

| DESSIN/DRAWING No. | TITRE/TITLE |
|----------------------|--|
| 4830-03-ML-01-524F | PANNEAU DE SIGNALISATION POUR OLÉODUC À HAUTE PRESSION/MIN. PRESSION DE LA PIPELINE WARNING SIGN |
| 4830-03-ML-02-517F | SÉRIE TYPE DE TRAVÈSE DE TUYAU/TRIPLEX PIPE TRANSPORT DETAIL |
| 4830-03-ML-02-814F | SÉRIE TYPE DE SOLS SOUS-TERRAINES TOI/UNDER DETAIL |
| 3705-03-ML-02-698F | PANNEAU TRAVÈSE DE RIVIÈRE, PROTECTION CONTRE L'INONDATION, VERTICALEMENT DANS EXISTANT PROTECTION |
| 3705-03-ML-02-698F | PANNEAU TRAVÈSE DE RIVIÈRE, PROTECTION CONTRE L'INONDATION, VERTICALEMENT DANS EXISTANT PROTECTION |
| 3705-03-ML-02-1031FR | PANNEAU TEMPORAIRE AVEC BARRE / TEMPORARY FLAGLINE CROSSING |
| 3705-03-ML-02-1111FR | TRAVÈSE DE COURS D'EAU AVEC BARRE / FLAGLINE WATERCOURSE CROSSING |
| 3705-03-ML-02-1121FR | TRAVÈSE DE COURS D'EAU PAR BARRE ET POMPE / DAN AND PUMP WATERCOURSE CROSSING |
| 4830-03-ML-03-011A | RIVIÈRE MASKINONGÉ - TRAVÈSE PAR FORAGE DIRECTIONNEL / R/D CROSSING |
| 4830-03-ML-03-011B | RIVIÈRE MASKINONGÉ - TRAVÈSE PAR FORAGE DIRECTIONNEL / R/D CROSSING |

RÉVISION/REVISION

| REV. 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 AUTOMATIQUE) / ISSUED FOR REVIEW (INTERNAL AUTOMATIC) |
| C | 2014-04-04 | ENVOI POUR RÉVISION (OLÉODUC) / ISSUED FOR REVIEW (OLEODUC) |
| D | 2014-02-14 | ENVOI POUR RÉVISION DE BASE / ISSUED FOR FEED |
| E | 2014-03-09 | RÉVISION POUR INGÈNIERIE DE BASE / REVISION FOR FEED |

APPROBATION/APPROVAL

| DESIGNER | CHECKED | DESIGNED BY | DATE | APPROVED BY | DATE |
|----------|---------|-------------|------|-------------|------|
| 2167445 | 06/ACS | AS | MS | JN | GP |
| 2167445 | JOS | AS | MS | JN | GP |
| 2167445 | JOS | AS | MS | JN | GP |
| 2167445 | JOS | AS | MS | JN | GP |
| 2167445 | JOS | AS | MS | JN | GP |
| 2167445 | JOS | AS | MS | JN | GP |
| 2167445 | JOS | AS | MS | JN | GP |
| 2167445 | JOS | AS | MS | JN | GP |

PRÉLIMINAIRE NON POUR CONSTRUCTION / PRELIMINARY ONLY NOT FOR CONSTRUCTION

Energy East Pipeline Ltd.
 STANTEC
 INFORMATION GÉNÉRALE OLÉODUC ÉNERGIE EST / ENERGY EAST GENERAL INFORMATION PIPELINE
 No. 4830
 CHANGEMENT/DRAWING: 4830-03-ML-03-012
 RIVIÈRE MASKINONGÉ / TRENCHÉ CROSSING (ALTERNATIVE) QUÉBEC
 REV/REV DATE: /RÉVIS/PERMITS No. /REV/REV DATE



Annexe D











Information géotechnique

Annexe K – Rivière Maskinongé

K1. 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-019
Dossier : PLUS-00026280-045500

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

Compilé par : M. Létourneau
Technicien : M. Boisvert
Approuvé par : V. Boivin
Date du rapport : 2014-04-03

Coordonnées géographiques
Latitude : 46.2331°
Longitude : -73.0240°

Niveau de référence
Géodésique

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

Tubage : NW
Carottier :
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 | |
| | | 24.80 | Niveau actuel du sol | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 0.00 | Descente des tubages en destruction jusqu'à 1,1 mètre de profondeur. | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 1 | 23.66 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 5 | 1.14 23.58 1.22 | Remblai : Sable silteux beige-brun. Argile silteuse gris-brun, traces de sable. | | | | CF-1 | 100 | 4 | | | | | | | | | | | |
| | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 10 | | Deviend gris vers 2,7 mètres de profondeur. | | | | CF-2 | 83 | 1 | | | | | | | | | | | |
| | 4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 15 | | | | | | CF-3 | 100 | 1 | | | | | | | | | | | |
| | 5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 7 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 25 | | | | | | CF-4 | 100 | 1 | | | | AG, Sed | | | | | | | 75 |
| | 8 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 30 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 10 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 35 | | | | | | CF-5 | 100 | 1 | | | | | | | | | | | |
| | 11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Remarques :

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



RAPPORT DE FORAGE

Forage N° : QEEP-019
 Dossier : PLUS-00026280-045500

| Prof. | | Coupe stratigraphique | | | Échantillons | | | | | Odeur | | Essais | | Graphique | | | | | | | |
|-------|---|-----------------------|-------------|--------|--------------|------|-----------|--------|---------|--------|---------|--------|--------|-----------|----|----|----|----|-----|--|--|
| pi | m | Élév. Prof. | Description | Strat. | Eau | État | Type - No | Réc. % | N / RQD | FAIBLE | MOYENNE | FORTE | Essais | Cu Cur Nc | 20 | 40 | 60 | 80 | 100 | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 13 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 45 | | | | | CF-6 | 100 | 1 | | | | | | | | | | | | |
| | | 14 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 15 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 50 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 16 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 55 | | | | | CF-7 | 100 | 1 | | | | | | | | | | | | |
| | | 17 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 18 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 60 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 19 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 65 | | | | | CF-8 | 100 | 1 | | | | | | | | | | | | |
| | | 20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 21 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 70 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 22 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 75 | | | | | CF-9 | 100 | 1 | | | | | | | | | | | | |
| | | 23 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 24 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 80 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 25 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 85 | | | | | CF-10 | 100 | 1 | | | | | | | | | | | | |
| | | 26 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 27 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |



RAPPORT DE FORAGE

Forage N° : QEEP-019
Dossier : PLUS-00026280-045500

| Prof. | | Coupe stratigraphique | | | Échantillons | | | | | Odeur | | Essais | | Graphique | | | | | | |
|-------|----|-----------------------|--|--------|--------------|------|-----------|--------|---------|--------|---------|--------|--------|-----------|----|----|----|----|-----|--|
| pi | m | Élév. Prof. | Description | Strat. | Eau | État | Type - No | Réc. % | N / RQD | FAIBLE | MOYENNE | FORTE | Essais | Cu Cur Nc | 20 | 40 | 60 | 80 | 100 | |
| 28 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 95 | 29 | | | | | | CF-11 | 100 | 1 | | | | | | | | | | | |
| 30 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 100 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 31 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 105 | 32 | | | | | | CF-12 | 100 | 1 | | | | | | | | | | | |
| 33 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 110 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 34 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 115 | 35 | -10.49 35.29 | Fin du forage à 35,3 mètres de profondeur. | | | | CF-13 | 100 | 1 | | | | | | | | | | | |
| 36 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 120 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 37 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 125 | 38 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 39 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 130 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 40 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 135 | 41 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 42 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 140 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 43 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |



RAPPORT DE FORAGE

Forage N° : QEEP-020
Dossier : PLUS-00026280-045500

Projet : Oléoduc Énergie Est - Exploration géotechnique
Traverses de rivières majeures
Endroit : Rivière Maskinongé
Foreur : Forages S.L.
Date du forage : 2014-03-22

Compilé par : M. Létourneau
Technicien : M. Boisvert
Approuvé par : V. Boivin
Date du rapport : 2014-04-03

Coordonnées géographiques
Latitude : 46.2336°
Longitude : -73.0218°

Niveau de référence
Géodésique

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

Tubage : NW
Carottier :
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 | |
| | | 11.20 | Niveau actuel du sol | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 0.00 | Descente des tubages en destruction jusqu'à 1,0 mètre de profondeur. | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 10.21 | 0.99 | Silt argileux gris-brun. | | | | CF-1 | 100 | 3 | | | | | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 8.69 | Sable beige, traces de silt. | | | | CF-2 | 46 | 1 | | | | | | | | | | | |
| 10 | | 2.51 | Horizons de silt argileux avec un peu de sable par endroits. | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 6.91 | Argile silteuse grise, traces à un peu de sable. | | | | CF-3 | 63 | 9 | | | | | | | | | | | |
| 15 | | 4.29 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 20 | | | | | | | CF-4 | 29 | 1 | | | | | | | | | | | |
| 6 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 25 | | | | | | | CF-5 | 13 | 1 | | | | | | | | | | | |
| 8 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 30 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 35 | | | | | | | CF-6 | 42 | 1 | | | | | | | | | | | |
| 11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Remarques :

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



RAPPORT DE FORAGE

Forage N° : QEEP-020
Dossier : PLUS-00026280-045500

| Prof. | | Coupe stratigraphique | | | Échantillons | | | | | Odeur | | Essais | | Graphique | | | | | | |
|-------|---|-----------------------|-------------|--------|--------------|------|-----------|--------|---------|--------|---------|--------|--------|-----------|----|----|----|----|-----|--|
| pi | m | Élév. Prof. | Description | Strat. | Eau | État | Type - No | Réc. % | N / RQD | FAIBLE | MOYENNE | FORTE | Essais | Cu Cur Nc | 20 | 40 | 60 | 80 | 100 | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 13 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 45 | | | | | CF-7 | 100 | 1 | | | | | | | | | | | |
| | | 14 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 15 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 50 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 16 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 55 | | | | | CF-8 | 100 | 1 | | | | | | | | | | | |
| | | 17 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 18 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 60 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 19 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 65 | | | | | TM-9 | 96 | | | | | | | | | | | | |
| | | 20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 21 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 70 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 22 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 75 | | | | | CF-10 | 63 | 1 | | | | | | | | | | | |
| | | 23 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 24 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 80 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 25 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 85 | | | | | CF-11 | 100 | 1 | | | | | | | | | | | |
| | | 26 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 27 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |



RAPPORT DE FORAGE

Forage N° : QEEP-020
Dossier : PLUS-00026280-045500

| Prof. | | Coupe stratigraphique | | | Échantillons | | | | | Odeur | | Essais | | Graphique | | | | | | |
|-------|----|-----------------------|--|--------|--------------|------|-----------|--------|---------|--------|---------|--------|--------|-----------|----|----|----|----|-----|--|
| pi | m | Élév. Prof. | Description | Strat. | Eau | État | Type - No | Réc. % | N / RQD | FAIBLE | MOYENNE | FORTE | Essais | Cu Cur Nc | 20 | 40 | 60 | 80 | 100 | |
| 28 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 95 | 29 | | | | | X | CF-12 | 100 | 1 | | | | | | | | | | | |
| 30 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 100 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 31 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 105 | 32 | | | | | X | CF-13 | 100 | 1 | | | | | | | | | | | |
| 33 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 110 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 34 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 115 | 35 | -23.94 35.14 | Fin du forage à 35,1 mètres de profondeur. | | | X | CF-14 | 100 | 1 | | | | | | | | | | | |
| 36 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 120 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 37 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 125 | 38 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 39 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 130 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 40 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 135 | 41 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 42 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 140 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 43 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |



RAPPORT DE FORAGE

Forage N° : QEEP-021
Dossier : PLUS-00026280-045500

Projet : Oléoduc Énergie Est - Exploration géotechnique
Traverses de rivières majeures
Endroit : Rivière Maskinongé
Foreur : Forages S.L.
Date du forage : 2014-03-25

Compilé par : M. Létourneau
Technicien : M. Boisvert
Approuvé par : V. Boivin
Date du rapport : 2014-04-03

Coordonnées géographiques
Latitude : 46.2343°
Longitude : -73.0185°

Niveau de référence
Géodésique

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

Tubage : NW
Carottier :
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 | | |
| | | 18.97 | Niveau actuel du sol | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 0.00 | Descente des tubages en destruction jusqu'à 1,1 mètre de profondeur. | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 1 | 17.90 | Argile silteuse grise, traces de sable. Présence de matières organiques en surface. Plasticité élevée. | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 5 | 1.07 | | | | | CF-1 | 100 | 2 | | | | | | | | | | | | |
| | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 10 | | | | | | CF-2 | 42 | 1 | | | | | | | | | | | | |
| | 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 15 | | | | | | CF-3 | 100 | 1 | | | | | | | | | | | | |
| | 5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 6 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 7 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 25 | | | | | | CF-4 | 17 | 1 | | | | | | | | | | | | |
| | 8 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 30 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 9 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 10 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 35 | | | | | | CF-5 | 50 | 1 | | | | | | | | | | | | |
| | 11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Remarques :

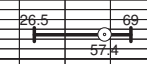
NOTE : CE RAPPORT DE FORAGE EST UNE REPRÉSENTATION DES CONDITIONS DE SOLS ET D'EAU SOUTERRAINE, INTERPRÉTÉE SELON LA PRATIQUE COURANTE, ET NE S'APPLIQUE QU'À L'EMPLACEMENT DE CE SONDAGE ET AU MOMENT DE SON EXÉCUTION. CE RAPPORT DOIT ÊTRE LU AVEC LE TEXTE QUI L'ACCOMPAGNE. CE RAPPORT NE DOIT PAS ÊTRE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



RAPPORT DE FORAGE

Forage N° : QEEP-021
Dossier : PLUS-00026280-045500

| Prof. | | Coupe stratigraphique | | | Échantillons | | | | | Odeur | | Essais | | Graphique | | | | | | |
|-------|---|-----------------------|-------------|--------|--------------|------|-----------|--------|---------|--------|---------|--------|--------------------------|-----------|----|----|----|----|-----|--|
| pi | m | Élév. Prof. | Description | Strat. | Eau | État | Type - No | Réc. % | N / RQD | FAIBLE | MOYENNE | FORTE | Essais | Cu Cur Nc | 20 | 40 | 60 | 80 | 100 | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 13 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 45 | | | | | CF-6 | 100 | 1 | | | | | | | | | | | |
| | | 14 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 15 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 50 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 16 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 55 | | | | | CF-7 | 100 | 1 | | | | | | | | | | | |
| | | 17 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 18 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 60 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 19 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 65 | | | | | CF-8 | 100 | 1 | | | | | | | | | | | |
| | | 20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 21 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 70 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 22 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 75 | | | | | CF-9 | 100 | 1 | | | | | | | | | | | |
| | | 23 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 24 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 80 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 25 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 85 | | | | | CF-10 | 100 | 1 | | | | Ip = 42,5% IL = 0,727 | | | | | | | |
| | | 26 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 27 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |





RAPPORT DE FORAGE

Forage N° : QEEP-021
Dossier : PLUS-00026280-045500

| Prof. | | Coupe stratigraphique | | | Échantillons | | | | | Odeur | | Essais | | Graphique | | | | | | |
|-------|----|-----------------------|--|--------|--------------|------|-----------|--------|---------|--------|---------|--------|--------|-----------|----|----|----|----|-----|--|
| pi | m | Élév. Prof. | Description | Strat. | Eau | État | Type - No | Réc. % | N / RQD | FAIBLE | MOYENNE | FORTE | Essais | Cu Cur Nc | 20 | 40 | 60 | 80 | 100 | |
| 28 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 95 | 29 | | | | | | CF-11 | 100 | 1 | | | | | | | | | | | |
| 30 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 100 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 31 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 105 | 32 | | | | | | CF-12 | 100 | 1 | | | | | | | | | | | |
| 33 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 110 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 34 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 115 | 35 | -16.24 35.21 | Fin du forage à 35,2 mètres de profondeur. | | | | TM-13 | 100 | | | | | | | | | | | | |
| 36 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 120 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 37 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 125 | 38 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 39 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 130 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 40 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 135 | 41 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 42 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 140 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 43 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

K2. 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

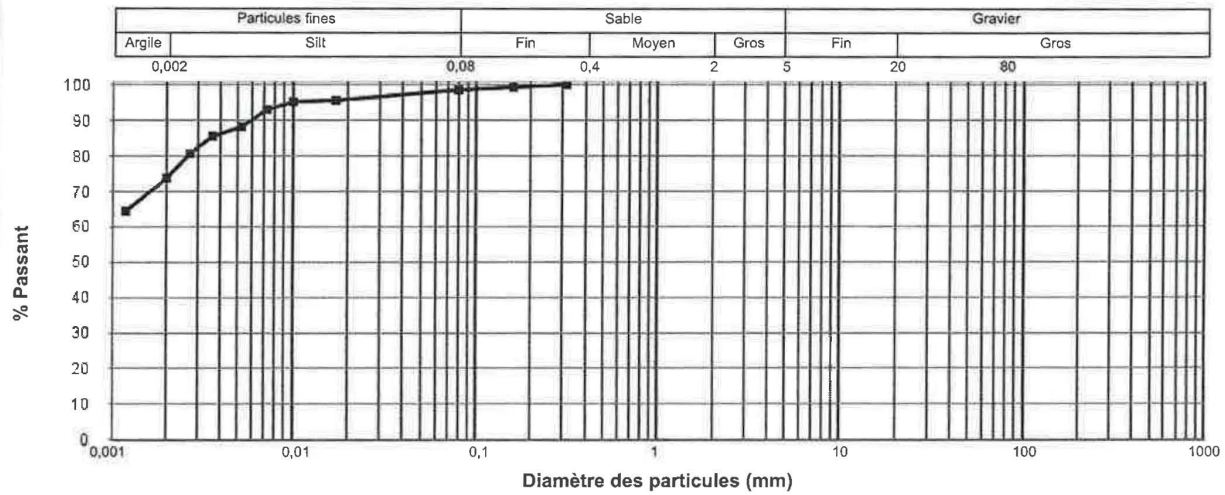
Client : Johnston-Vermette
 Projet : Oléoduc Énergie Est

Dossier n° : PLUS-26280-045500
 Échantillon n° : DR-3693
 Réf. client :

Sondage n° : QEEP-019
 Échantillon : CF-4
 Profondeur : 7,1 à 7,7 m

Prélevé le : 2014-03-24 par EXP
 Reçu le : 2014-03-28
 Localisation : Rivière Maskinongé

Courbe granulométrique



Analyse granulométrique LC 21-040

Description

| Tamis (mm) | Tamisat %passant mesuré | Tamis (mm) | Tamisat %passant mesuré | | |
|------------|-------------------------|------------|-------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| 112 | | 0.0172 | 95,5 | D ₁₀ : | |
| 80 | | 0.01 | 95,4 | D ₃₀ : | |
| 56 | | 0.0072 | 92,8 | D ₆₀ : | |
| 40 | | 0.0052 | 88,1 | Coefficient d'uniformité (Cu) : | |
| 31,5 | | 0.0036 | 85,7 | Coefficient de courbure (Cc) : | |
| 20 | | 0.0027 | 80,8 | Gravier: | 0 % |
| 14 | | 0.0020 | 73,7 | Sable: | 1 % |
| 10 | | 0.0012 | 64,2 | Silt: | 25 % |
| 5 | | | | Argile: | 74 % |
| 2,5 | | | | Description : | Argile silteux, traces de sable |
| 1,25 | | | | Classification unifiée : | |
| 0,630 | | | | | |
| 0,315 | 100 | | | Teneur en eau | LC 21-201 75,0 % |
| 0,160 | 99 | | | | |
| 0,080 | 98,7 | | | | |

Remarques :

Vérifié par : Simon Tessier
 Simon Tessier
 Technicien, coordonnateur

Approuvé par : Michelle Létourneau
 Michelle Létourneau, ing., M.Sc.A.
 Date : 2014-04-02

Annexe 4-40

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



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

Préparé par :

ENGINEERING TECHNOLOGY INC.

#24, 12 110 - 40 Street SE

Calgary, AB T2Z 4K6

Numéro de projet :

543

Date :

9 juin 2014



Déclaration des limitations et qualifications

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

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

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

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

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

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

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

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

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



Liste de diffusion

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

Journal de révision

| Révision n° | Révisé par | Date | Description de la version / révision |
|-------------|------------|---------------|---|
| A | BS | 16 avril 2014 | Émis pour commentaires du client |
| B | DL | 21 avril 2014 | Information géotechnique ajoutée, émis pour commentaires du client |
| C | DL | 30 avril 2014 | Commentaires de Stantec/JV incorporés, émis pour commentaires du client |
| D | BS | 2 mai 2014 | Émis pour commentaires |
| 0 | BS | 9 juin 2014 | Émis pour ingénierie de base |

Signatures Entec Inc.

Rapport préparé par :

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

Rapport révisé par :

Dale Larison, ing.
V.-P. Ingénierie



1. Introduction

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

2. Caractéristiques de l'emplacement

2.1 Topographie

La traverse est située au nord-est de Louiseville, au Québec, où la rivière courbe avant de s'écouler vers le nord. La rivière mesure approximativement 30 m de largeur à cet emplacement et les rives s'élèvent à une hauteur d'environ 10 m de chaque côté. Le point d'entrée est situé sur un terrain agricole généralement plat du côté sud-ouest de la traverse, après une inflexion dans l'emprise. Le point de sortie, du côté nord-est de la traverse, est aussi situé sur un terrain agricole plat et il est approximativement 5 m plus haut que le point d'entrée. 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. Le rapport géotechnique final est fourni à l'annexe D.

Tableau 1. Trou de forage QEEP-022

| Mètres sous la surface du sol (msss) | Description du sous-sol |
|--------------------------------------|---|
| 0,0 | |
| | Aucun recouvrement |
| 1,1 | |
| | Sable , traces de limon, traces de gravier |
| 2,6 | |
| | Limon, argileux, traces de sable |
| 30,6 | |

**Tableau 2. Trou de forage QEEP-023**

| Mètres sous la surface du sol (msss) | Description du sous-sol |
|--------------------------------------|--|
| 0,0 | |
| | Aucun recouvrement |
| 1,0 | |
| | Limon argileux |
| 1,2 | |
| | Sable limoneux, couche organique de 2,5 à 2,6 m |
| 2,8 | |
| | Argile limoneuse, traces de sable, haute plasticité |
| 39,8 | |

Tableau 3. Trou de forage QEEP-024

| Mètres sous la surface du sol (msss) | Description du sous-sol |
|--------------------------------------|--|
| 0,0 | |
| | Aucun recouvrement |
| 1,2 | |
| | Sable limoneux à sable et limon, présence de couche arable jusqu'à 1,4 m |
| 2,7 | |
| | Argile limoneuse, traces de sable |
| 30,8 | |

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. Les calculs de FDH pour cette traverse sont cependant basés sur la PME spécifique à cet emplacement, qui est de 8904 kPa et qui a été déterminée par la différence d'élévation entre la station de pompage en amont de la traverse et le point le plus bas de la traverse. La canalisation sera soumise à des températures comprises entre 5 et 60°C. Une pression d'essai de 11 130 kPa (1,25 x la PME) a aussi été spécifiée pour la canalisation. L'épaisseur de paroi minimale requise pour cette installation, sur la base des conditions d'exploitation fournies, a été déterminée par Entec à 20,2 mm, avec l'utilisation d'un acier de grade 550 MPa. Un rayon de courbure minimum admissible pour l'installation de la canalisation a été déterminé sur la base de la contrainte maximale admissible combinant les effets de pression, de température et de cintrage.

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

| Propriété | Valeur | Unités |
|---|--------|------------|
| Diamètre extérieur | 1067 | 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 | 8 904 | kPa |
| Pression d'essai (PE) | 11 130 | 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 92,65 % de la contrainte de cisaillement admissible. Selon la norme CSA Z662-11, la contrainte de cisaillement admissible est égale à 50 % de la limite élastique minimale spécifiée (LEMS). Cette contrainte maximale serait observée à n'importe quel emplacement le long du tracé de forage où le tuyau est assujéti au rayon minimal de 530 m. La canalisation choisie satisfait à toutes les exigences de la norme CSA Z662-11 sous les conditions spécifiées. La détermination finale des conditions d'exploitation de l'oléoduc et des matériaux des canalisations sera effectuée lors de la conception détaillée.

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

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



3.2 Géométrie

Selon les informations de spécifications de la canalisation, de la géométrie 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. 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 609 m avec une profondeur de recouvrement de 20 m sous la rivière du Loup. Cette profondeur de recouvrement ainsi que les spécifications nécessaires pour la gaine de forage seront raffinées lors de la conception détaillée. Reportez-vous au dessin de conception préliminaire de l'annexe B pour la géométrie détaillée de la trajectoire de forage.

3.3 Gaine de forage

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

3.4 Dimensions de l'équipement

Les traverses de ce diamètre et d'une telle distance sont considérées de gros projets de FDH. Plusieurs traverses par FDH de diamètre et de longueur similaires ont été réalisées au Canada. Considérant la friction et la traînée qui s'exerceront sur l'oléoduc, la force de tirage maximale pendant l'installation est estimée à 256 326 lb. En raison du diamètre du trou de forage nécessaire pour cet oléoduc, un appareil de forage possédant un couple de rotation suffisant pour faire tourner l'outillage de forage est nécessaire. La capacité minimale suggérée pour l'appareil de forage qui sera utilisé pour ce projet est : 625 000 lb de force de traction-poussée et 80 000 pi-lb de couple de rotation. Plusieurs entrepreneurs en FDH canadiens possèdent l'équipement et l'expertise nécessaires pour installer de façon sécuritaire des traverses d'oléoduc de cette taille.

3.5 Diamètre du trou de forage

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

Pour cette canalisation de 1067 mm (42 po), un diamètre de trou de forage minimal de 1372 mm (54 po) est requis. Ultiment, l'entrepreneur en FDH sera responsable de l'évaluation des conditions de forage et des conditions du trou de forage pendant les opérations de forage, afin de déterminer si un format de trépan aléreur 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 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 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 aléueur et plusieurs configurations d'angle de cintrage soient nécessaires pour compléter le trou pilote dans le respect des tolérances.

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



4.2 Perte de circulation et fuites de fluide

Le risque de perte de fluide est à son niveau le plus élevé lors du forage du trou pilote, alors que la petite taille du trou de forage entraîne une pression circulatoire plus élevée et que les déblais peuvent plus facilement boucher le trou. 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.

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

4.3 Instabilité du trou de forage

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

4.4 Infiltration d'eau

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

4.5 Dommages au revêtement ou à la canalisation

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



recommandé que des mesures d'atténuation des dommages au revêtement, comme une protection cathodique, soient prises en considération.

4.6 Canalisation coincée

Le gonflement de matériaux comme l'argile peut rétrécir le diamètre du trou de forage et mener à des problèmes de nettoyage du trou ainsi qu'au coincement de la canalisation lors de la procédure de tirage. Les problèmes de gonflement deviendront de plus en plus sévères au fur et à mesure que le trou de forage sera exposé au fluide de forage et que les matériaux y seront exposés. Puisque cette canalisation nécessitera un trou très large et plusieurs alésages, on peut s'attendre à ce que le gonflement potentiel de la géologie devienne réalité. Des additifs pour fluide de forage peuvent être utilisés pour contrôler le gonflement de l'argile, si celui-ci devient problématique. Le taux de pénétration doit être contrôlé pour permettre à une quantité suffisante de fluide de forage d'être injectée pour transporter les déblais créés à l'avant. Une agitation régulière des déblais pour permettre leur retour en suspension dans le fluide de forage en effectuant des allers-retours avec les trépan aléseurs jusqu'au point d'entrée est essentielle pour le maintien d'un trou de forage ouvert. Du sable, du limon ou du gravier qui se détachent de la paroi sont aussi des causes de coincement de la canalisation. Utiliser un fluide de forage aux propriétés adéquates au maintien d'un trou de forage ouvert et effectuer des passes de nettoyage adéquates avant le déplacement de la canalisation aideront à réduire le risque d'obstruction du trou de forage par la chute de matériaux.

Les zones où la géométrie du trou de forage peut devenir inadéquate pour le tirage de la canalisation sont les zones de transition d'un matériau plus dur à un matériau meuble, comme la transition à la sortie de la gaine de forage. La cause la plus commune de canalisation coincée est le contact entre l'aléseeur 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 aléseeur se coince à l'extrémité de la gaine de forage, l'entrepreneur peut tenter de faire tourner l'aléseeur dans la gaine ou de retirer la gaine en conjonction avec le tirage de la canalisation. Exercer une force trop grande sur un trépan aléseeur coincé peut mener au bris de la canalisation de forage.

4.7 Usure et défaillance des outils de forage

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

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

4.8 Risques environnementaux

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



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

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

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

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

4.9 Autres risques à considérer

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

5. Conclusion

Selon l'information dont Entec disposait au moment de la rédaction de ce rapport, la traverse par FDH proposée de la rivière du Loup est considérée techniquement faisable. Les contraintes auxquelles seront assujetties les canalisations ont été examinées par Entec et le rayon de conception de 1200 m a été confirmé. Les risques comprennent les difficultés de guidage, le gonflement de l'argile, l'instabilité du trou de forage, la perte de fluide et la fracturation. Un rapport de faisabilité final et un dessin de conception final seront émis dans la phase d'ingénierie détaillée.

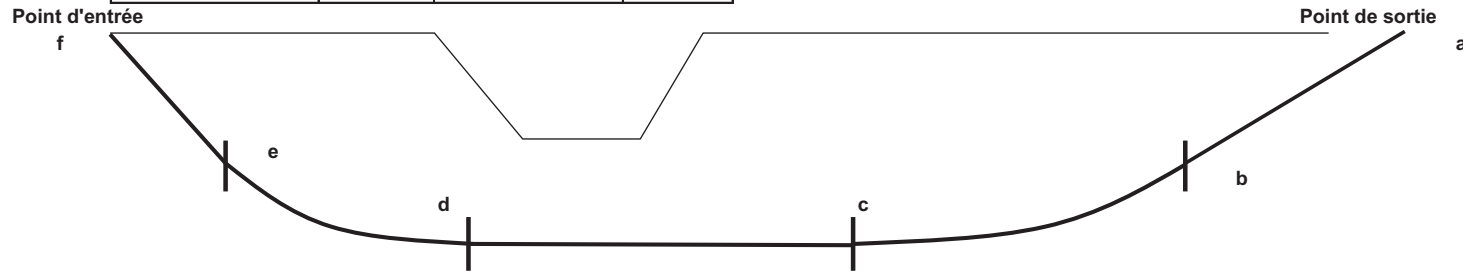


Annexe A

Sommaire des calculs

543-ENG-109
RIVIÈRE DU LOUP

| Données de conception | | Données du tuyau | | Données de procédé | | Critères de contrainte | | | |
|--------------------------|-------|------------------------|--------|--------------------|-------|---------------------------------------|-------|---------------|-------|
| Longueur forée (m) | 609,4 | Dia ext. Tuyau (mm) | 1067,0 | PME (kPa)* | 8904 | Contrainte de cisaillement admissible | | | |
| Longueur horizontale (m) | 603,4 | Épais. Nominale (mm) | 20,2 | Pr. essai (kPa) | 11130 | 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 | 104 399 | 466 069 | 1014 | 6,99 | 2,54 | 30 032 | 207,1 | 68,45 | 15110 | 104,2 | 34,44 | 36 953 | 254,8 | 92,65 |
| Point B | 112 234 | 501 043 | 15628 | 107,75 | 39,18 | 30 059 | 207,2 | 68,51 | 15254 | 105,2 | 34,77 | 36 809 | 253,8 | 92,29 |
| Point C | 160 902 | 718 310 | 15927 | 109,81 | 39,93 | 29 997 | 206,8 | 68,37 | 15661 | 108,0 | 35,69 | 36 403 | 251,0 | 91,27 |
| Point D | 160 902 | 718 312 | 15927 | 109,81 | 39,93 | 29 997 | 206,8 | 68,37 | 15661 | 108,0 | 35,69 | 36 403 | 251,0 | 91,27 |
| Point E | 238 133 | 1 063 093 | 16240 | 111,97 | 40,72 | 30 059 | 207,2 | 68,51 | 15254 | 105,2 | 34,77 | 36 809 | 253,8 | 92,29 |
| Point F | 256 326 | 1 144 310 | 16306 | 112,43 | 40,88 | 30 081 | 207,4 | 68,56 | 15110 | 104,2 | 34,44 | 36 953 | 254,8 | 92,65 |

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


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

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

| REV. | DATE | DESCRIPTION | SCEAU/ÉTAMPE |
|------|-----------|------------------------------|--------------|
| A | 11-avr-14 | Conception préliminaire | |
| B | 08-mai-14 | Émis pour commentaires | |
| 0 | 30-mai-14 | Émis pour ingénierie de base | |



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



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

Permis d'ingénierie de l'APEGA No. P8649

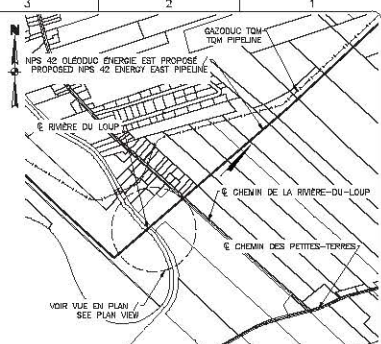
Note:*La pression maximale d'exploitation (PME) du projet est de 8450 kPa, survenant aux sorties des stations de pompage. Les calculs de FDH pour cette traverse, toutefois, sont basés sur la PME spécifique du site, déterminée par la différence d'élévation entre la station de pompage en amont et le point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



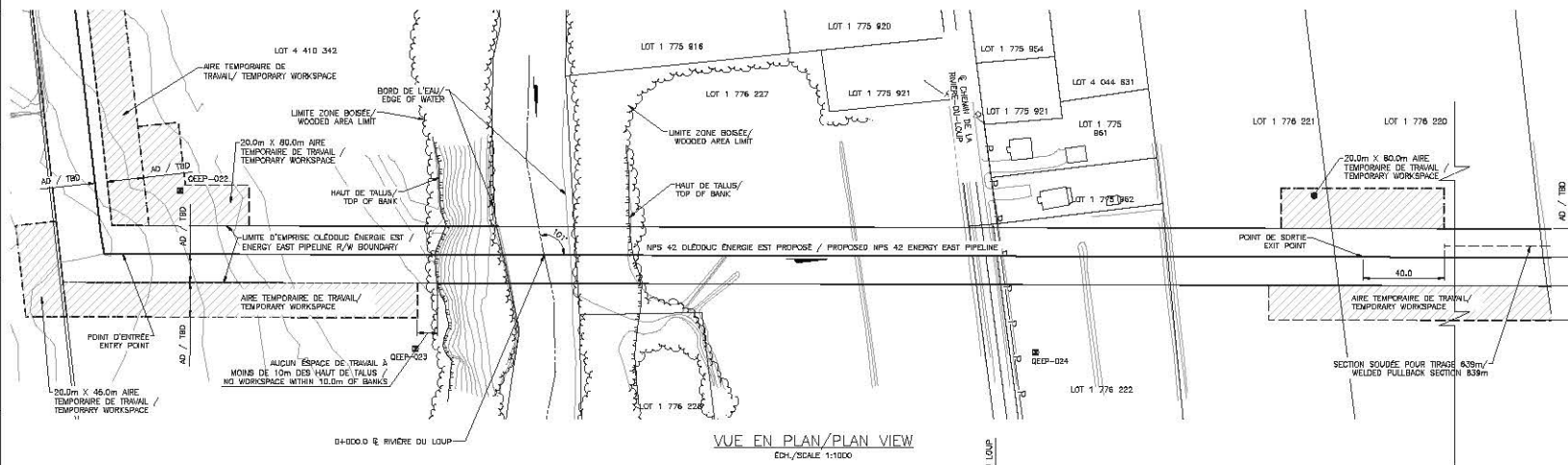
Annexe B

Dessin de conception

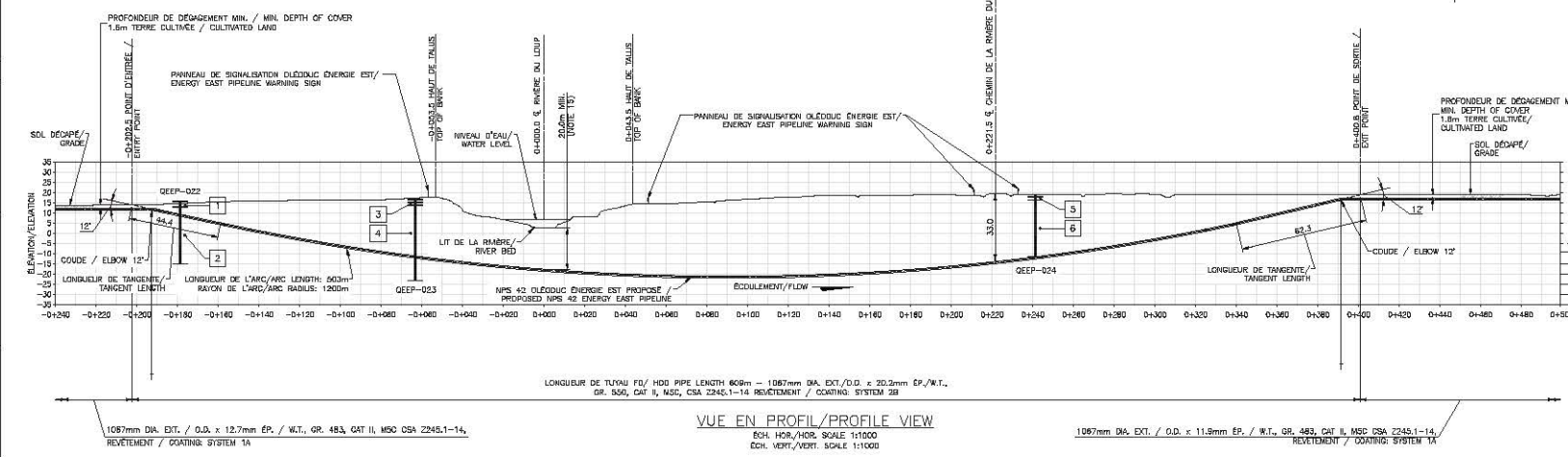
| RAPPORT DE FORAGE / BOREHOLE LOG | | |
|----------------------------------|--------------|---|
| No. FORAGE / BOREHOLE No. | REPERE / TAG | DESCRIPTION |
| QEEP-022 | 1 | SABLE BEIGE-BRUN, TRACES DE SILT ET GRAVIER / SAND BEIGE-BROWN, TRACES OF SILT AND GRAVEL |
| | 2 | SILT ARGILEUX GRIS, TRACES DE SABLE / SILTY CLAY GREY, TRACES OF SAND |
| QEEP-023 | 3 | SABLE SILTEUX, BRUN / SILTY SAND, BROWN |
| | 4 | ARGILE SILTEUX GRIS, TRACES DE SABLE / SILTY CLAY GREY, TRACES OF SAND |
| QEEP-024 | 5 | SABLE BRUN SILTEUX ET SILT / BROWN SILTY SAND AND SILT |
| | 6 | ARGILE SILTEUX GRISE, TRACES DE SABLE / GREY SILTY CLAY, TRACES OF SAND |



MUNICIPALITÉ DE / MUNICIPALITY OF
 SAINT-LÉON-LE-GRAND ET / AND YAMACHICHE
 LAT. 45° 16' 41.41" LONG. -72° 51' 46.60"
 AU/AT @ RIVIÈRE DU LOUP
 PLAN DE LOCALISATION / LOCATION PLAN
 Ech./SCALE: 1:1000



VUE EN PLAN / PLAN VIEW
 Ech./SCALE 1:1000



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

SUITE SUR / CONTINUED ON
 4930-03-MI-03-0138

| DESSINS DE RÉFÉRENCE / REFERENCE DRAWINGS | |
|---|--|
| DESSIN / DRAWING NO. | TITRE / TITLE |
| 4930-03-MI-01-024F | PRINCEAU DE SIGNALISATION POUR OLEODUC À HAUTE PRESSION/HAUTE PRESURE OL PIPELINE WARNING SIGN |
| 4930-03-MI-01-010F | SCHEMA TYPIQUE DE TRAVENON DE SIGNALISATION TYPICAL PIPE TRANSMISSION SIGN |
| 4930-03-MI-01-014F | SCHEMA TYPIQUE DE COUDE SUR VIVANT, 30° ELBOW DETAIL |
| 4930-03-MI-03-0138 | TRAVERSE DU LOUP - TRAVERSÉE PAR FORAGE DIRECTIONNEL / HDD CROSSING |
| 4930-03-MI-05-014 | TRAVERSE DU LOUP - TRAVERSÉE EN TRANCHEE / TRENCHED CROSSING (ALTERNATIVE) |

| RÉVISION / REVISION | | |
|---------------------|------------|--|
| REV / REV | DATE | DESCRIPTION |
| A | 2014-03-31 | ENVIS POUR RÉVISION (INTERNE A) / ISSUED FOR REWORK (INTERNAL A) |
| B | 2014-04-04 | ENVIS POUR RÉVISION (INTERNE B) / ISSUED FOR REWORK (INTERNAL B) |
| C | 2014-04-14 | ENVIS POUR RÉVISION (OUE) / ISSUED FOR REWORK (OUE) |
| D | 2014-05-14 | ENVIS POUR INGENIERE DE BASE / ISSUED FOR FEED |
| E | 2014-06-09 | ENVIS POUR INGENIERE DE QUÉ / ISSUED FOR FEED |

| APPROBATION / APPROVAL | |
|------------------------|----------------------------|
| DESIGNER / CONCEPTEUR | APPROVED BY / APPROUVÉ PAR |
| 2187445 | 08/03/08 |
| 2187445 | 05/08/08 |
| 2187445 | 05/08/08 |
| 2228644 | 05/08/08 |

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

Energy East Pipeline Ltd.

INFORMATION GÉNÉRALE OLEODUC ÉNERGIE EST / ENERGY EAST GENERAL INFORMATION PIPELINE
 FSA 4930 CHAUVIN/CHAUVIN DESGRIFFES/DESGRIFFES

RIVIÈRE DU LOUP
 TRAVERSE PAR FORAGE DIRECTIONNEL / HDD CROSSING
 QUÉBEC

REV/REV: 01/1/AS DATE: 4930-03-MI-03-0138

- NOTES:**
APPRENTISSAGE / SURVEILLANCE
- TOUTES LES MESURES SONT EN METRES SAUF INDICATION CONTRAIRE / ALL MEASUREMENTS ARE IN METERS UNLESS OTHERWISE SPECIFIED.
 - TOUTS LES CHANGEMENTS SONT HORIZONTAUX SAUF INDICATION CONTRAIRE / ALL CHANGES ARE HORIZONTAL UNLESS OTHERWISE SPECIFIED.
- GÉNÉRAL / GENERAL**
- LA TRAVANCANDA DEBORA ÉTRE CONSTRUCTUE ET OPÉRIUE 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 ÉTRE CONFORMES À LA NORME CSA 2852-11. AUX SPÉCIFICATIONS DE CONSTRUCTION TES-PROU-PCS ET TES-PROU-HDD DE TRANSCANADA ET AUX EXIGENCES DU PERMIS DE TRAVERSÉE / PIPELINE CONSTRUCTION AND HYDROSTATIC TESTING PROGRAM SHALL COMPLY WITH CSA 2852-11 STANDARD AND TRANSCANADA CONSTRUCTION SPECIFICATIONS TES-PROU-PCS/TES-PROU-HDD AND MEET REQUIREMENTS IN THE CROSSING AGREEMENTS.

- ALIGNEMENT DE LA CONDUITE ET INSTALLATION / PIPE ALIGNMENT AND INSTALLATION**
- 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 ÉTRE APPROUVÉES PAR TRANSCANADA ET LES AUTORITÉS DE RÈGLEMENTATION CONCERNÉES. / PIPELINE ALIGNMENTS, AS INDICATED BY 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 ÉTRE INSTALLÉE À L'EXTÉRIEUR DE L'EMBRASSE OLIÉODUC ÉNERGIE EST / UNDER NO CIRCUMSTANCES SHALL THE PIPELINE BE INSTALLED OUTSIDE OF THE ENERGY EAST R.O.W.
 - LA CONDUITE DOIT ÉTRE MISE EN PLACE SUR LE SOL NATUREL NON-REMUE APRÈS LA PROTECTION APPROPRIÉE. LES PENTES LATÉRALES D'EXCAVATION TEMPORAIRE DEVONT RESPECTER LA SPÉCIFICATION DE CONSTRUCTION TES-PROU-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.

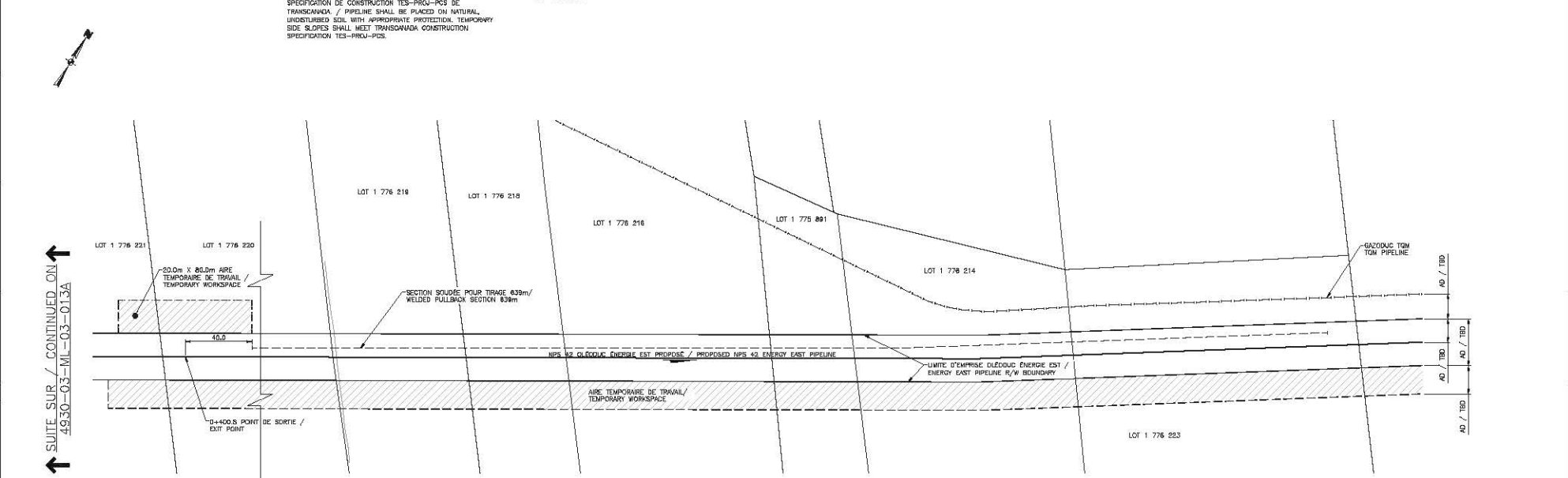
- L'ENTREPRENEUR DU FORAGE DIRECTIONNEL DOIT VÉRIFIER L'EMPLACEMENT DES POINTS D'ENTRÉE/SORTIE ET LE SENS DU FORAGE EN SE BASANT SUR LES CONDITIONS DU SITE. / THE HDD CONTRACTOR SHALL VERIFY APPROVED ENTRY/EXIT LOCATIONS AND DRILLING DIRECTION BASED ON THE SITE CONDITIONS DURING CONSTRUCTION.
- LA SECTION DU TUYAU Soudée DOIT ÉTRE SUPPORTÉE ADOQUATEMENT EN TOUT TEMPS LORS DE L'OPÉRATION DE TRAIÉ APRÈS SE ASSURER QUE LE TUYAU NE SUBISSE PAS DE CONTRAINTES EXCESSIVES. / THE PIPE PULL SECTION SHALL BE ADOQUATELY SUPPORTED AT ALL TIMES DURING PULLBACK TO ENSURE THE PIPE IS NOT OVERSTRESSED.
- AVANT 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 TRONC DE FORAGE SELON LES SPÉCIFICATIONS DU FORAGE TES-PROU-HDD. / IN ORDER TO VISUALLY ASSESS ANY PIPE OR PIPE COATING DAMAGE, THE CONTRACTOR IS REQUIRED TO PULL AT LEAST ONE LENGTH OF PIPE JOINT COMPLETELY THROUGH THE BOREHOLE AS PER THE HDD SPECIFICATIONS TES-PROU-HDD.
- UN PLAN ET UN PROFIL «ETL-QUE»-CONSTRUITS DOIVENT ÉTRE 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 COLON. D'EAU APRÈS ÉVITER LE DÉVERSEMENT DE BOUE DE FORAGE DANS LE COURS D'ÉVAL. / 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'INGÉNIÈRIE DÉTAILLÉE. / DEPTH OF COVER WILL BE FINIALIZED DURING THE DETAILED ENGINEERING PHASE.

- ENVIRONNEMENT / ENVIRONMENTAL**
- VOIR LES CLAUSES ENVIRONNEMENTALES DÉTAILLÉES (À ÉTRE COMPLÉTÉES À L'INGÉNIÈRIE DÉTAILLÉE) / SEE DETAILED ENVIRONMENTAL CONDITIONS (TO BE DETAILED IN DETAILED ENGINEERING)

SPÉCIFICATIONS DE L'OLÉODUC / PIPELINE SPECIFICATIONS

- CONDUITE / LINE PIPE: 1087mm O.A. EXT. / O.D. (DIPS 43) x 12.7mm O.P./I.C. 1087mm O.A. EXT. / O.D. (DIPS 43) x 11.8mm O.P./I.C. 1087mm O.A. EXT. / O.D. (DIPS 43) x 20.2mm O.P./I.C. 1087mm O.A. EXT. / O.D. (DIPS 43) x 11.8mm O.P./I.C. 1087mm O.A. EXT. / O.D. (DIPS 43) x 20.2mm O.P./I.C. 1087mm O.A. EXT. / O.D. (DIPS 43) x 11.8mm O.P./I.C. 1087mm O.A. EXT. / O.D. (DIPS 43) x 20.2mm O.P./I.C.
- 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
- REVÊTEMENT CONDUITE / LINE PIPE COATING: SYSTÈME / SYSTEM MA
- MÉTHODE DE TRAVERSÉE / CROSSING METHOD: FORAGE DIRECTIONNEL / HDD
- MÉTHODE DE TRAVERSÉE ALTERNATIVE / ALTERNATE CROSSING METHOD: TRANCHEE / TRENCHED
- TEST DE PRESSION MIN. (SECTION DE TRAVERSÉE) / MIN. TEST PRESSURE (CROSSING SECTION): 11 130 kPa
- PRESSION D'OPÉRATION MAX. / MAX. OPERATING PRESSURE: 8 004 kPa
- PROTECTION CATHODIQUE / CATHODIC PROTECTION: COURANT IMPOSÉ / IMPRESSED CURRENT
- VOLTAGE DE PROTECTION ANODIQUE MAX. / MAX. ANODIC PROTECTION VOLTAGE: 40 / 100
- PRODUIT TRANSPORTÉ / PRODUCT CARRIED: PÉTROLE BRUT / CRUDE OIL



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

DESSINS DE RÉFÉRENCE / REFERENCE DRAWINGS

| DESSIN / DRAWING NO | TITRE / TITLE |
|----------------------|---|
| 4930-03-ML-01-02AF | PROFIL DE SOUS-SOL POUR OUTILS À HAUTE PRESSION / HIGH PRESSURE OIL PIPELINE WORKING SOIL |
| 4930-03-ML-01-01AF | SCHEMA TYPIQUE DE TRAVERSÉE DE TRANCHEE / TYPICAL PIPE RELOCATION SCHEM |
| 4930-03-ML-01-01AF | SCHEMA TYPIQUE DE SOULEE MULTIVISUEL / SCHEM TO BLINDING DITCH |
| 4930-03-ML-01-01-02A | BAZARDUC DU LAMP - TRAVERSÉE PAR FORAGE DIRECTIONNEL / HDD CROSSING |
| 4930-03-ML-01-01-01A | BAZARDUC DU LAMP - TRAVERSÉE EN TRANCHEE / TRENCHED CROSSING (ALTERNATIVE) |

RÉVISION / REVISION

| REV / REV | DATE | DESCRIPTION |
|-----------|------------|--|
| A | 2014-03-31 | ENVOI POUR RÉVISION (INTERNE A) / ISSUED FOR REVIEW (INTERNAL A) |
| B | 2014-04-04 | ENVOI POUR RÉVISION (INTERNE SOUS-TRAITÉ) / ISSUED FOR REVIEW (INTERNAL STARTED) |
| C | 2014-04-14 | ENVOI POUR RÉVISION (CLIENT) / ISSUED FOR REVIEW (CLIENT) |
| D | 2014-05-14 | ENVOI POUR RÉVISION DE BASE / ISSUED FOR FEED |
| E | 2014-08-09 | RÉSERVÉ POUR INGÉNIÈRIE DE BASE / RESERVED FOR FEED |

APPROBATION / APPROVAL

| DATE / DATE | DESIGNÉ / DESIGNATED | PROJETÉ / PROJECTED | CONSTATÉ / OBSERVED | TRAVAIL / WORK | REVISÉ / REVISED | APPRUVÉ / APPROVED |
|-------------|----------------------|---------------------|---------------------|----------------|------------------|--------------------|
| 21/07/14 | OS/OS | JS | MS/MS | JN | QP | ENTEC |
| 21/07/14 | JS | OS | MS/MS | JN | QP | ENTEC |
| 21/07/14 | JS | OS | MS/MS | JN | QP | ENTEC |
| 22/08/14 | JS | OS | MS/MS | JN | QP | ENTEC |
| 22/08/14 | JS | OS | MS/MS | JN | QP | ENTEC |

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

REV/REV DATE PERMIS/PERMIT NO.

Energy East Pipeline Ltd.

INFORMATION GÉNÉRALE OLIÉODUC ÉNERGIE EST / ENERGY EAST GENERAL INFORMATION PIPELINE
 FAX 4930 CHANVIERE/CHANVIERE DISCIPLINE/REGULATIONS

RIVIÈRE DU LOUP
 TRAVERSÉE PAR FORAGE DIRECTIONNEL / HDD CROSSING
 QUÉBEC

REV/SCALE: T01 / AS OCH/SCALE: 4930-03-ML-03-D13B REV/REV: E



Annexe C

Dessin de traverse alternative

NOTES / REMARQUES:

APPRENTICE / SUPERVISEUR:

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

GÉNÉRAL / GENERAL:

- LA TRAVERSEE 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 2862-11. AUCS SPÉCIFICATIONS DE CONSTRUCTION TES-PROJ-PCS ET AUX EXIGENCES DU PERMIS DE TRAVERSEE. / 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 TRAVERSEE 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'EXTÉRIEUR DE L'EMPRISE OLEODUC ÉNERGIE EST. / UNDER NO CIRCUMSTANCES SHALL THE PIPELINE BE INSTALLED OUTSIDE OF THE ENERGY EAST ROW.
- LES ALIGNEMENTS DE LA CONDUITE, TELS QU'INDIQUÉS SUR LE PLAN ET PROFIL, INDIQUENT LES EXIGENCES MINIMALES REQUISES POUR L'OLEODUC 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 PROFILES MUST BE APPROVED BY TRANSCANADA AND APPLICABLE REGULATORY AGENCIES.
- LA CONDUITE DOIT ÊTRE MISE EN PLACE SUR LE SOL NATUREL NON-REMUNIÉ AVEC LA PROTECTION APPROPRIÉE. LES PENTES LATÉRALES D'EXCAVATION TEMPORAIRE DEVONT RESPECTER LA SPÉCIFICATION DE CONSTRUCTION TES-PROJ-PCS DE TRANSCANADA. / PIPELINE SHALL BE PLACED ON NATURAL, UNDISTURBED SOIL WITH APPROPRIATE PROTECTION. TEMPORARY SOIL SLOPES SHALL MEET TRANSCANADA CONSTRUCTION SPECIFICATION TES-PROJ-PCS.
- L'ANGLE DE COUVERTURE MAXIMALE DE LA CONDUITE SUR LE TERRAIN EST DE 1.0 DEGRÉ PAR DIAMÈTRE DE LONGUEUR. / THE MAXIMUM PIPE FIELD BEND ANGLE IS 1.0 DEGREE PER DIAMETER LENGTH.
- UN PLAN ET UN PROFIL «TEL-QUE-CONSTRUITS» DOIVENT ÊTRE FOURNIS À OLEODUC 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 REDOUBLEMENT SERA DÉTERMINÉE À LA PHASE D'INGÉNIEURIE DE DÉTAIL. / DEPTH OF COVER WILL BE FINALIZED DURING THE DETAILED ENGINEERING PHASE.

GÉNÉRIQUE DES DÉBRAS ET REMBLAIS TEMPORAIRES/ SOIL PLACEMENT - TEMPORARY:

- LES PENTES OU DÉBRAS D'EXCAVATION DOIVENT ÊTRE CONFORMES AUX NORMES TES-D031-23AS ET TES-PROJ-EXC DE TRANSCANADA ET AUX NORMES LOCALES. / TEMPORARY SOIL SLOPE FROM EXCAVATION SHALL CONFORM TO TRANSCANADA SPECIFICATIONS TES-D031-23AS, TES-PROJ-EXC AND LOCAL REQUIREMENTS.
- L'EAU D'ENTRÈPRENEUR DES DÉBRAS DOIT ÊTRE NIVÉLÉE POUR S'ASSURER QUE L'EAU NE S'ACCUMULE PAS À LA SURFACE ET QUE LES DÉBRAS MIS EN TAS N'IMPÈCHENT PAS L'ÉCOULEMENT DE L'EAU. / SOIL AREAS SHALL BE GRADED TO ENSURE THE WATER WILL NOT POND ON THE SURFACE OR BE TRAPPED BY THE SOIL PILE.

GÉNÉRIQUE DES DÉBRAS ET REMBLAIS PERMANENTS/ SOIL PLACEMENT - PERMANENT:

- LA TRANCHEE DE LA CONDUITE TRAVERSAANT LE COURS D'EAU DOIT ÊTRE REEMPLIÉE AVEC LES MATÉRIELS EN PLACE AUSAU/MINIMUM APPROXIMATIVEMENT DU LIT ORIGINAL DE LA RIVIÈRE. / PIPE DITCH ACROSS MAIN CHANNEL SHALL BE BACKFILLED WITH NATIVE MATERIAL TO APPROXIMATELY THE ORIGINAL GRADE.
- LES MATÉRIELS DES BERGES DOIVENT ÊTRE REPLACÉS DE FAÇON PERMANENTE PAR COUCHES DE 300mm D'ÉPAISSEUR DOIVANT ÊTRE COMPACTÉES. / 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.

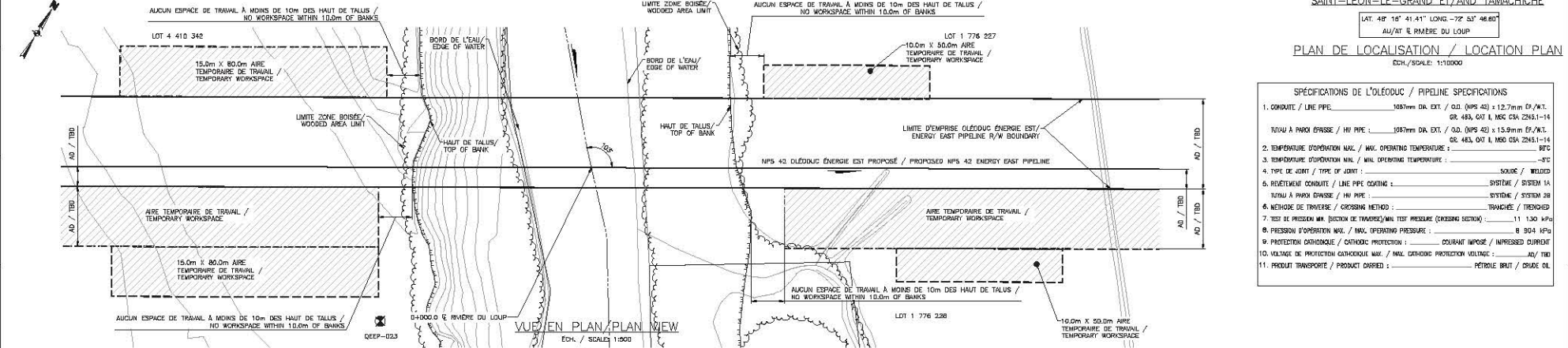
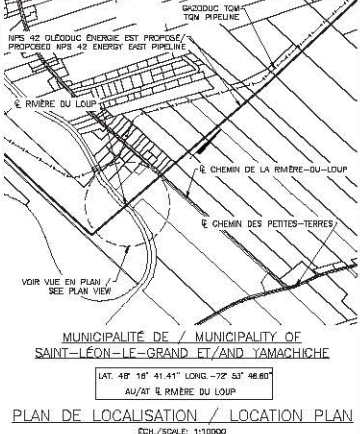
- SI REQUIS, LE REMBLAI DANS LE TALUS DOIT ÊTRE MIS EN PLACE AVEC UNE PENTE MAXIMALE DE 2:1V POUR OPTIMISER LA STABILITÉ DU TALUS. / IF REQUIRED, THE SOILS IN THE SHOULDER AND BANK AREA SHALL BE PLACED WITH A MAXIMUM SLOPE OF 2:1V TO OPTIMIZE BANK STABILITY.
- LOPS DE TRAVAUX HIVERNAUX, DES TASSEMENTS CONSIDÉRABLES PEUVENT SE PRODUIRE DANS LES BERGES REEMPLIÉES L'ÉTÉ SUIVANT LA CONSTRUCTION ET LES BERGES POURRAIENT NECESSITER UN REPROFILAGE FUAL SÉLON LA PENTE SPÉCIFIÉE. UNE QUANTITÉ DE REMBLAI SUPPLÉMENTAIRE POURRAIT ÊTRE REQUISE POUR COMPENSER CES TASSEMENTS. LES BERGES DOIVENT 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 FLÔTABILITÉ/ BUOYANCY CONTROL:

- LE CONTRÔLE DE LA FLÔTABILITÉ SERA DÉTERMINÉ À L'INGÉNIEUR DÉTAILLÉ. / BUOYANCY CONTROL WILL BE DETERMINED IN DETAILED ENGINEERING.

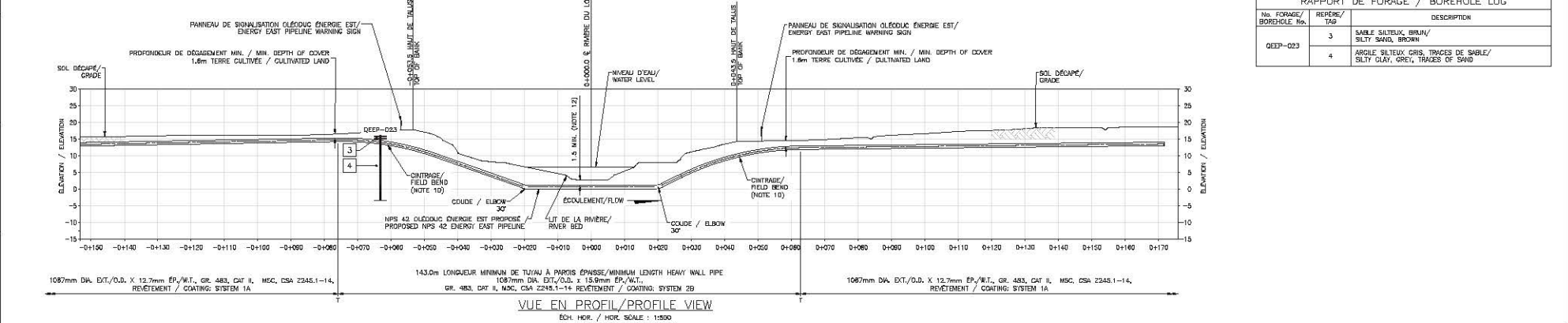
ENVIRONNEMENT/ ENVIRONMENTAL:

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



SPÉCIFICATIONS DE L'OLEODUC / PIPELINE SPECIFICATIONS

- CONDUITE / LINE PIPE: 1087mm DIA. EXT. / O.D. (NPS 42) x 12.7mm ÉP./WT. GR. 483, CAT II, MSC CSA 2345.1-14
- TEMPÉRATURE D'OPÉRATION MAX. / MAX. OPERATING TEMPERATURE: 82.4°C / 180°F
- TEMPÉRATURE D'OPÉRATION MIN. / MIN. OPERATING TEMPERATURE: -31°C / -24°F
- TYPE DE JOINT / TYPE OF JOINT: SOUDÉ / WELDED
- RETEVEMENT CONDUITE / LINE PIPE COATING: SYSTÈME / SYSTEM 1A
- MÉTHODE DE TRAVERSEE / CROSSING METHOD: TRAVIÉE / TRENCHED
- TEST DE PRESSION MIN. (SECTION DE TRAVERSE)/MIN. TEST PRESSURE (CROSSING SECTION): 11.130 MPa
- PRESSION D'OPÉRATION MAX. / MAX. OPERATING PRESSURE: 8.904 MPa
- 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



RAPPORT DE FORAGE / BOREHOLE LOG

| No. FORAGE / BOREHOLE No. | REPÈRE / TAG | DESCRIPTION |
|---------------------------|--------------|---|
| DEEP-023 | 3 | SABLE SILTEUX GRIS / SILTY SAND, BRN/CL. |
| | 4 | ARGILE SILTEUX GRIS, TRACES DE SABLE / SILTY CLAY, GREY, TRACES OF SAND |

DESSINS DE RÉFÉRENCE/REFERENCE DRAWINGS

| DESSIN / DRAWING NO. | TITRE / TITLE |
|----------------------|--|
| 4830-03-ML-01-02-01 | PANNEAU DE SIGNALISATION POUR OUVRE À HAUTE PRESSION/HA PRESSURE OIL PIPELINE WARNING SIGN |
| 4830-03-ML-01-02-02 | DÉTAIL TYPIQUE DE TRAVERSEE DE TONAU/TYPICAL PIPE TRAVERSION DETAIL |
| 4830-03-ML-01-02-03 | SCHEMA TYPIQUE DE COURSE SOUTERRAINNE DE SABLE/SCHEMATIC OF UNDERGROUND SAND COURSE |
| 4830-03-ML-01-02-04 | PANNEAU TRAVÉE DE SABLE/PROTECTION CONTRE L'ENTRÉE/ANTISANDSIGN BANK CROSSING PROTECTION |
| 4830-03-ML-01-02-05 | PANNEAU TEMPORAIRE AVEC BAIE / TEMPORARY FLAG SIGN CROSSING |
| 4830-03-ML-01-02-06 | TRAVERSEE DE COURS D'EAU AVEC BAIE / FLUME WATERCOURSE CROSSING |
| 4830-03-ML-01-02-07 | TRAVERSEE DE COURS D'EAU PAR MARQUE ET POMPES / DAM AND PUMP WATERCOURSE CROSSING |
| 4830-03-ML-01-02-08 | RIVIÈRE DU LOUP - TRAVERSEE PAR FORAGE DIRECTIONNEL / HED CROSSING |
| 4830-03-ML-01-02-09 | RIVIÈRE DU LOUP - TRAVERSEE PAR FORAGE DIRECTIONNEL / 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 STATUTS) / ISSUED FOR REVIEW (INTERNAL STATUTES) |
| C | 2014-04-14 | ENVOI POUR RÉVISION (CLIENT) / ISSUED FOR REVIEW (CLIENT) |
| D | 2014-05-14 | ENVOI POUR RÉVISION DE BASE / ISSUED FOR FEED |
| E | 2014-08-00 | REMARQUES POUR INTENSIFIER DE BASE / REMARKS FOR FEED |

APPROBATION/APPROVAL

| LOCAL PROJECT OFFICER | ENVIRONMENTAL OFFICER | REGULATORY OFFICER | DESIGN ENGINEER | PROJECT MANAGER | QUALITY CONTROL | CONTRACT MANAGER |
|-----------------------|-----------------------|--------------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|
| 2167446 | 08/058 | JB | NO | JM | GP | AM/MT/EN/ET |
| 2167449 | JCS | JB | HS | JM | GP | AM/MT/EN/ET |
| 2167448 | JCS | JB | HC | JM | GP | AM/MT/EN/ET |
| 2228444 | JCS | CS | MS | JM | GP | AM/MT/EN/ET |
| 2228444 | JCS | CS | MS | AB | GP | AM/MT/EN/ET |

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

REV/REV DATE: / DATE: / REV/REV DATE: / DATE:

Energy East Pipeline Ltd.

INFORMATION GÉNÉRALE OLEODUC ÉNERGIE EST / ENERGY EAST GENERAL INFORMATION PIPELINE FOR 48303

RIVIÈRE DU LOUP / TRENCHED CROSSING (ALTERNATIVE) QUÉBEC

REV/SCALE: 4830-03-ML-03-014



Annexe D











Information géotechnique

Annexe J – Rivière Du Loup

J1. 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-022
Dossier : PLUS-00026280-045500

Projet : Oléoduc Énergie Est - Exploration géotechnique
Traverses de rivières majeures
Endroit : Rivière du Loup
Foreur : Forages S.L.
Date du forage : 2014-03-21

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

Coordonnées géographiques
Latitude : 46.2774°
Longitude : -72.8983°

Niveau de référence
Géodésique

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

Tubage : NW
Carottier :
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 | |
| | | 15.54 | Niveau actuel du sol | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 0.00 | Descente des tubages en destruction jusqu'à 1,1 mètre de profondeur. | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 14.47 | 1.07 | Sable beige-brun, traces de silt, traces de gravier. | | | | CF-1 | 58 | 12 | | | | | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | 12.95 | 2.59 | Argile silteuse grise, traces de sable. | | | | CF-2 | 100 | 1 | | | | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 15 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 20 | | | | | | | CF-3 | 100 | 1 | | | | AG, Sed | | | | | | | 69.3 |
| 6 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 25 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 30 | | | | | | | CF-4 | 21 | 1 | | | | | | | | | | | |
| 9 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 35 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Remarques :

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



RAPPORT DE FORAGE

Forage N° : QEEP-022
Dossier : PLUS-00026280-045500

| Prof. | | Coupe stratigraphique | | | Échantillons | | | | | Odeur | | Essais | | Graphique | | | | | | | |
|-------|---|-----------------------|-------------|--------|--------------|------|-----------|--------|---------|--------|---------|--------|--------|-----------|----|----|----|----|-----|--|--|
| pi | m | Élév. Prof. | Description | Strat. | Eau | État | Type - No | Réc. % | N / RQD | FAIBLE | MOYENNE | FORTE | Essais | Cu Cur Nc | 20 | 40 | 60 | 80 | 100 | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 40 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 13 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 45 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 14 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 15 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 50 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 16 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 55 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 17 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 18 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 60 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 19 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 65 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 21 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 70 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 22 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 75 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 23 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 24 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 80 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 25 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |



RAPPORT DE FORAGE

Forage N° : QEEP-022
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 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 90 | 27 | | | | | | CF-10 | 100 | 1 | | | | | | | | | |
| 95 | 28 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 100 | 29 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 100 | 30 | -15.09 30.63 | Fin du forage à 30,6 mètres de profondeur. | | | | CF-11 | 100 | 1 | | | | | | | | | |
| 105 | 31 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 110 | 32 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 115 | 33 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 120 | 34 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 125 | 35 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 130 | 36 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 135 | 37 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 140 | 38 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 145 | 39 | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Forage N° : QEEP-023
Dossier : PLUS-00026280-045500

Projet : Oléoduc Énergie Est - Exploration géotechnique
Traverses de rivières majeures
Endroit : Rivière du Loup
Foreur : Forages S.L.
Date du forage : 2014-03-20
Compilé par : M. Létourneau
Technicien : M. Boisvert
Approuvé par : V. Boivin
Date du rapport : 2014-04-11

Coordonnées géographiques

Latitude : 46.2775°
Longitude : -72.8965°

Niveau de référence

Géodésique

Niveau d'eau

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

Tubage : NW
Carottier :
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 | Élev. Prof. | Description | Strat. | Eau | État | Type - No | Réc. % | N / RQD | FAIBLE | MOYENNE | FORTE | Essais | Cu Cur Nc | 20 | 40 | 60 | 80 | 100 | |
| | | 16.45 | Niveau actuel du sol | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 0.00 | Descente des tubages en destruction jusqu'à 1,0 mètre de profondeur. | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 1 | 15.43 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 1.02 | Silt argileux gris-brun. | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 5 | 15.21 | Sable silteux brun. | | | | CF-1 | 54 | 7 | | | | | | | | | | | |
| | | 1.24 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 13.68 | Présence d'une couche de sols organiques de 2,5 à 2,6 mètres de profondeur. | | | | CF-2 | 100 | 3 | | | | | | | | | | | |
| | 10 | 2.77 | Argile silteuse grise, traces de sable. Plasticité élevée. | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 4 | | | | | | CF-3 | 67 | 1 | | | | | | | | | | | |
| | 15 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 6 | | | | | | CF-4 | 100 | 1 | | | | | | | | | | | |
| | 20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 7 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 25 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 8 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 9 | | | | | | CF-5 | 100 | 1 | | | | | | | | | | | |
| | 30 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 10 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 35 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 11 | | | | | | TM-6 | 100 | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Remarques :



RAPPORT DE FORAGE

Forage N° : QEEP-023
Dossier : PLUS-00026280-045500

| Prof. | | Coupe stratigraphique | | | Échantillons | | | | Odeur | | Essais | | Graphique | | | | | | | |
|-------|---|-----------------------|-------------|--------|--------------|------|-----------|--------|---------|--------|---------|-------|--------------------------|-----------|------|----|------|----|-----|--|
| pi | m | Élév. Prof. | Description | Strat. | Eau | État | Type - No | Réc. % | N / RQD | FAIBLE | MOYENNE | FORTE | Essais | Cu Cur Nc | 20 | 40 | 60 | 80 | 100 | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 13 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 45 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 14 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 15 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 50 | | | | | CF-7 | 100 | 1 | | | | Ip = 37,5% IL = 1,149 | | 24.5 | 62 | 67.6 | | | |
| | | 16 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 55 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 17 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 18 | | | | | CF-8 | 71 | 1 | | | | | | | | | | | |
| | | 60 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 19 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 65 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 21 | | | | | CF-9 | 100 | 1 | | | | | | | | | | | |
| | | 70 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 22 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 75 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 23 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 24 | | | | | CF-10 | 100 | 1 | | | | | | | | | | | |
| | | 80 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 25 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 85 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 26 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 27 | | | | | CF-11 | 100 | 1 | | | | | | | | | | | |



RAPPORT DE FORAGE

Forage N° : QEEP-023
Dossier : PLUS-00026280-045500

| Prof. | | Coupe stratigraphique | | | Échantillons | | | | | Odeur | | Essais | | Graphique | | | | | | |
|-------|----|-----------------------|--|--------|--------------|------|-----------|--------|---------|--------|---------|--------|--------|-----------|----|----|----|----|-----|--|
| pi | m | Élév. Prof. | Description | Strat. | Eau | État | Type - No | Réc. % | N / RQD | FAIBLE | MOYENNE | FORTE | Essais | Cu Cur Nc | 20 | 40 | 60 | 80 | 100 | |
| 28 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 95 | 29 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 100 | 30 | | | | | | CF-12 | 13 | 1 | | | | | | | | | | | |
| 105 | 31 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 110 | 32 | | | | | | CF-13 | 100 | 1 | | | | | | | | | | | |
| 115 | 33 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 120 | 34 | | | | | | CF-14 | 100 | 1 | | | | | | | | | | | |
| 125 | 35 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 130 | 36 | | | | | | CF-15 | 100 | 1 | | | | | | | | | | | |
| 135 | 37 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 140 | 38 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 143 | 39 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 40 | -23.39 39.84 | Fin du forage à 39,8 mètres de profondeur. | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 41 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 42 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 43 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |



RAPPORT DE FORAGE

Forage N° : QEEP-024
Dossier : PLUS-00026280-045500Projet : Oléoduc Énergie Est - Exploration géotechnique
Traverses de rivières majeures
Endroit : Rivière du Loup
Foreur : Forages S.L.
Date du forage : 2014-04-04Compilé par : M. Létourneau
Technicien : M. Boisvert
Approuvé par : V. Boivin
Date du rapport : 2014-04-11**Coordonnées géographiques**Latitude : 46.2792°
Longitude : -72.8934°**Niveau de référence**
Géodésique**Niveau d'eau**Prof.: m Date:
Prof.: m Date:Tubage : NW
Carottier :
Marteau : Masse : 63.5 kg Chute : 0.76 m**Type d'échantillon**CF : Cuillère fendue
TM : Tube à paroi mince
CR : Carotte (forage au diamant)
ET : Tarière
EM : Manuel**État de l'échantillon** Remanié
 Intact
 Perdu
 Forage au diamant**Graphique** : Cu (scissomètre au chantier) (kPa)
 : Cu (cône suédois) (kPa)
 : Absorption (essai d'eau) (Lugeon)
 : Teneur en eau (w)
 : Limites (wp et wl)

| Prof. | Coupe stratigraphique | | Strat. | Échantillons | | | | Odeur | | Essais | | Graphique | | | | | | | | | |
|-------|-----------------------|--|--------|--------------|------|-----------|--------|---------|--------|---------|-------|-----------|----|-----|----|----|----|----|----|-----|--|
| pi | Élév. Prof. | Description | | Eau | État | Type - No | Réc. % | N / RQD | FAIBLE | MOYENNE | FORTE | Essais | Cu | Cur | Nc | 20 | 40 | 60 | 80 | 100 | |
| | 19.07 | Niveau actuel du sol | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 0.00 | Descente des tubages en destruction jusqu'à 1,2 mètre de profondeur. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 17.85 | Sable brun silteux à et silt. Présence de sols organiques jusque vers 1,4 mètre de profondeur. | | | CF-1 | 63 | 6 | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | 1.22 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | 16.33 | Argile silteuse grise, traces de sable. | | | CF-2 | 21 | 1 | | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | 2.74 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 13 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 14 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 15 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 16 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 17 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 18 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 19 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 21 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 22 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 23 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 24 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 25 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 26 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 27 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 28 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 29 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 30 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 31 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 32 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 33 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 34 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 35 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 36 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 37 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 38 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 39 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 40 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 41 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 42 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 43 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 44 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 45 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 46 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 47 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 48 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 49 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 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 SONDAJE 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-024
Dossier : PLUS-00026280-045500

| Prof. | | Coupe stratigraphique | | | Échantillons | | | | Odeur | | Essais | | Graphique | | | | | | | |
|-------|----|-----------------------|-------------|--------|--------------|------|-----------|--------|---------|--------|---------|-------|-----------|-----------|----|----|----|----|-----|--|
| pi | m | Élév. Prof. | Description | Strat. | Eau | État | Type - No | Réc. % | N / RQD | FAIBLE | MOYENNE | FORTE | Essais | Cu Cur Nc | 20 | 40 | 60 | 80 | 100 | |
| | | | | | | X | CF-5 | 100 | 1 | | | | | | | | | | | |
| | 13 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 45 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 14 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 15 | | | | | X | CF-6 | 100 | 1 | | | | | | | | | | | |
| | 50 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 16 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 55 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 17 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 18 | | | | | X | CF-7 | 100 | 1 | | | | | | | | | | | |
| | 60 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 19 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 65 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 21 | | | | | X | CF-8 | 100 | 1 | | | | | | | | | | | |
| | 70 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 22 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 75 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 23 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 24 | | | | | X | CF-9 | 100 | 1 | | | | | | | | | | | |
| | 80 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 25 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 85 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 26 | | | | | X | CF-10 | 100 | 1 | | | | | | | | | | | |
| | 27 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |



RAPPORT DE FORAGE

Forage N° : QEEP-024
Dossier : PLUS-00026280-045500

| Prof. | | Coupe stratigraphique | | | Échantillons | | | | | Odeur | | Essais | | Graphique | | | | | | |
|-------|-----|-----------------------|--|--------|--------------|------|-----------|--------|---------|--------|---------|--------|--------|-----------|----|----|----|----|-----|--|
| pi | m | Élév. Prof. | Description | Strat. | Eau | État | Type - No | Réc. % | N / RQD | FAIBLE | MOYENNE | FORTE | Essais | Cu Cur Nc | 20 | 40 | 60 | 80 | 100 | |
| | 28 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 95 | 29 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 100 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 31 | -11.72 30.79 | Fin du forage à 30,8 mètres de profondeur. | | | | CF-11 | 100 | 1 | | | | | | | | | | | |
| | 105 | 32 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 33 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 110 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 34 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 115 | 35 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 36 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 120 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 37 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 125 | 38 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 39 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 130 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 40 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 135 | 41 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 42 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 140 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 43 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

J2. Résultats d'essais en laboratoire





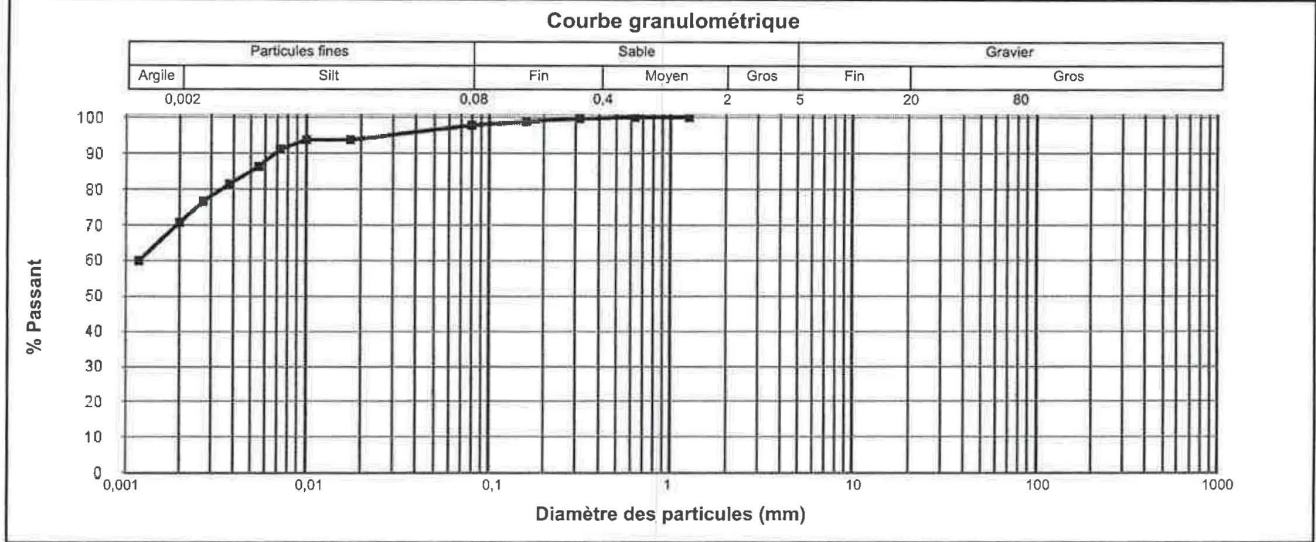
2555, rue Saint-Pierre
 Drummondville (QC) J2C 7Y2
 Téléphone: 819-477-3775
 www.exp.com

**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-3694 |
| | Réf. client : |

| | |
|--------------------------|---------------------------------|
| Sondage n° : QEEP-022 | Prélevé le : 2014-03-21 par EXP |
| Échantillon : CF-3 | Reçu le : 2014-03-28 |
| Profondeur : 5,6 à 6,2 m | Localisation : Rivière du Loup |



| Analyse granulométrique LC 21-040 | | | | Description | |
|-----------------------------------|-------------------------|------------|-------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| Tamis (mm) | Tamisat %passant mesuré | Tamis (mm) | Tamisat %passant mesuré | | |
| 112 | | 0.0174 | 93,7 | D ₁₀ : | |
| 80 | | 0.0101 | 93,7 | D ₃₀ : | |
| 56 | | 0.0072 | 91,2 | D ₆₀ : | 0,001 mm |
| 40 | | 0.0055 | 86,4 | Coefficient d'uniformité (Cu) : | |
| 31,5 | | 0.0038 | 81,6 | Coefficient de courbure (Cc) : | |
| 20 | | 0.0027 | 76,6 | Gravier: | 0 % |
| 14 | | 0.0020 | 70,6 | Sable: | 2 % |
| 10 | | 0.0012 | 59,9 | Silt: | 27 % |
| 5 | | | | Argile: | 71 % |
| 2,5 | | | | Description : | Argile silteux, traces de sable |
| 1,25 | 100 | | | Classification unifiée : | |
| 0,630 | 100 | | | | |
| 0,315 | 100 | | | | |
| 0,160 | 99 | | | Teneur en eau | LC 21-201 69,3 % |
| 0,080 | 97,8 | | | | |

Remarques :

Vérifié par : Simon Tessier
 Simon Tessier
 Technicien, coordonnateur

Approuvé par : Michelle Létourneau
 Michelle Létourneau, ing., M.Sc.A. Date : 2014-04-02

Annexe 4-41

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



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

Préparé par :

ENGINEERING TECHNOLOGY INC.

#24, 12110 - 40 Street SE

Calgary, AB T2Z 4K6

Numéro de projet :

543

Date :

9 juin 2014



Déclaration des limitations et qualifications

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

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

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

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

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

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

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

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

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



Liste de diffusion

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

Journal de révision

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

Signatures Entec Inc.

Rapport préparé par :

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

Rapport révisé par :

Dale Larison, ing.
V.-P. Ingénierie



1. Introduction

Engineering Technology Inc. (Entec) a évalué un projet de traverse par forage dirigé horizontal (FDH) de la rivière Saint-Maurice 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 15 km au nord-ouest de Trois-Rivières, au Québec. La rivière mesure approximativement 200 m de largeur à l'emplacement de la traverse projetée. À l'est (côté du point d'entrée), le sol s'élève approximativement de 20 m au-dessus de la rive avant de laisser place à un terrain vallonné. À l'ouest (côté du point de sortie), le sol s'élève approximativement de 15 m au-dessus de la rive avant de laisser place à un terrain qui s'élève doucement. Il en résulte une différence d'élévation de moins de 1 m entre les points d'entrée et de sortie, qui sont tous deux situés en terrain agricole. 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. Le rapport géotechnique final est fourni à l'annexe D.

Tableau 1. Trou de forage QEEP-025

| Mètres sous la surface du sol (msss) | Description du sous-sol |
|--------------------------------------|---|
| 0 | |
| | Sable et limon , présence de matières organiques |
| 1,7 | |
| | Sable et limon , trace d'argile, trace de gravier, présence probable de galets entre 4,6 et 5,0 msss et 6,4 et 9,1 msss |
| 9,1 | |
| | Sable et limon / limon et sable , trace de gravier (till), dense, présence de blocs entre 19,8 et 21,5 msss |
| 21,5 | |
| | Calcaire , calcaire à grains fins alternant avec du calcaire argileux et du schiste calcaireux, stratification horizontale |
| 31,8 | |
| | Sous-sol rocheux argileux , hautement fracturé |
| 32,1 | |
| | Calcaire , cristallin ou argileux, bioclastique |
| 50,1 | |

**Tableau 2. Trou de forage QEEP-027**

| Mètres sous la surface du sol (msss) | Description du sous-sol |
|--------------------------------------|--|
| 0 | |
| | Sable et limon , matières organiques |
| 0,2 | |
| | Limon , présence de sable, présence d'argile |
| 3,1 | |
| | Sable , présence de limon |
| 5,8 | |
| | Sable et limon , trace d'argile, trace de gravier, présence probable de galets entre 8,9 et 9,0 msss |
| 10,3 | |
| | Sable et limon / limon et sable , trace de gravier (till), dense, présence probable de blocs près de 18,0 msss entre 21,0 et 22,5 msss |
| 23,1 | |
| | Calcaire , calcaire cristallin alternant avec du calcaire argileux, avec des stratifications de schiste calcaireux (1 à 15 cm), fractures, stratification horizontale |
| 39,1 | |
| | Calcaire , stratifications massives de calcaire cristallin et de calcaire micritique avec texture nodulaire, stratification horizontale |
| 55,8 | |

Tableau 3. Trou de forage QEEP-028

| Mètres sous la surface du sol (msss) | Description du sous-sol |
|--------------------------------------|---|
| 0 | |
| | Sable et limon / limon , présence de sable, présence d'argile, très meuble |
| 2,6 | |
| | Sable limoneux |
| 4,1 | |
| | Limon sablonneux , trace d'argile, présence probable de galets entre 8,7 et 9,0 msss |
| 9,5 | |
| | Sable et limon , trace à présence de gravier (till), présence probable de galets entre 9,9 et 10,2 msss et 11,7 et 11,9 msss |
| 23,8 | |
| | Calcaire , calcaire à grains fins alternant avec du calcaire légèrement argileux avec stratifications de schiste calcaireux, stratification horizontale, fracturé jusqu'à 24,6 m |
| 27,3 | |
| | Stratification d'argile ou bentonite |
| 27,6 | |
| | Calcaire fin, calcaire et schiste calcaireux interstratifiés |
| 40,7 | |
| | Calcaire , stratifications massives de calcaire cristallin et de calcaire micritique fossilifère, texture lenticulaire/nodulaire |
| 55,2 | |



3. Considérations sur la conception des FDH

3.1 Contraintes exercées sur la canalisation

Les conditions d'exploitation de l'oléoduc ont été spécifiées par TransCanada. La pression maximale d'exploitation (PME) du projet est de 8 450 kPa, aux sorties des stations de pompage. Les calculs de FDH pour cette traverse sont cependant basés sur la PME spécifique de cet emplacement, qui est de 8 920 kPa et qui a été déterminée par la différence d'élévation entre la station de pompage en amont de la traverse et le point le plus bas de la traverse. La canalisation sera soumise à des températures comprises entre 5 et 60 °C. Une pression d'essai de 11 150 kPa (1,25 x la PME) a aussi été spécifiée pour la canalisation. L'épaisseur de paroi minimale requise pour cette installation, sur la base des conditions d'exploitation fournies, a été déterminée par Entec à 20,2 mm, avec l'utilisation d'un acier de grade 550 MPa. Un rayon de courbure minimum admissible pour l'installation de la canalisation a été déterminé sur la base de la contrainte maximale admissible combinant les effets de pression, de température et de cintrage.

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

| Propriété | Valeur | Unités |
|---|--------|------------|
| Diamètre extérieur | 1 067 | mm |
| Tolérance d'épaisseur (TÉ) | 0 | % de l'ÉPN |
| Épaisseur de paroi nominale (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 | 8 920 | kPa |
| Pression d'essai (PE) | 11 150 | kPa |
| Rayon minimal | 530 | m |
| Rayon de conception | 1 200 | m |

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

Un rayon minimal de 530 mètres a été déterminé en fonction des déviations de guidage enregistrées lors de projets précédents de FDH à grand diamètre. Un rayon de conception de 1 200 m a été choisi pour accommoder une géométrie de tracé de forage et des tolérances de guidage de FDH pratiques. La contrainte maximale attendue pendant l'exploitation correspond à environ 92,70 % de la contrainte de cisaillement admissible. Selon la norme CSA Z662-11, la contrainte de cisaillement admissible est égale à 50 % de la limite élastique minimale spécifiée (LEMS). Cette contrainte maximale serait observée à n'importe quel emplacement le long du tracé de forage où le tuyau est assujéti au rayon minimal de 530 m. La canalisation choisie satisfait à toutes les exigences de la norme CSA Z662-11 sous les conditions spécifiées. La détermination finale des conditions d'exploitation de l'oléoduc et des matériaux des canalisations sera effectuée lors de la conception détaillée.



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

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

3.2 Géométrie

Selon les informations de spécifications de la canalisation, de la géométrie spécifique à l'emplacement et l'information géotechnique, un forage dirigé horizontal semble faisable à cet emplacement. La trajectoire de forage utilise le rayon de conception de 1 200 m qui a été déterminé à la section 3.1. L'angle d'entrée a été conçu à 12° pour atteindre un compromis entre minimiser la longueur de la gaine de forage et minimiser la longueur de la traverse. L'angle de sortie a été conçu à 12°. Il en résulte une trajectoire de forage d'une longueur de 767 m et une profondeur de recouvrement minimale de 20 m sous la rivière Saint-Maurice. 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

Le trou de forage QEEP-028, situé le plus près du point d'entrée, a mis à jour du sable et du limon meubles et probablement des galets jusqu'à une profondeur de 9,5 m sous la surface du sol (msss). 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. Environ 64 m de gaine de forage seront requis pour atteindre la couche plus compacte de sable et de limon. 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. Les couches de sable et de limon au-dessus du sous-sol rocheux, du côté de la sortie, contiennent une certaine quantité de galets et de blocs. Ils ont été observés en fréquence irrégulière pendant l'étude géotechnique et ne nécessiteront probablement pas l'utilisation d'une gaine de forage pour permettre l'installation de l'oléoduc par forage dirigé horizontal.

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 324 323 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 trajectoire de forage sera exposée à un sous-sol rocheux composé de calcaire et de schiste interstratifiés, ainsi qu'à des galets et des blocs du côté de la sortie lors du passage à travers le terrain de couverture de sable et de limon. Si des déviations dépassant les tolérances sont mesurées, une petite portion du trou de forage est habituellement forée à nouveau pour permettre d'effectuer des réglages à la trajectoire du trou de forage. Dans les cas extrêmes, il peut être nécessaire de forer à nouveau en élargissant le trou et, si nécessaire, de cimenter une partie du forage. Le déplacement de la foreuse à un autre endroit pour reprendre le forage, habituellement dans le même espace de travail, est aussi une possibilité. Réduire le diamètre du trépan et utiliser un angle de cintrage plus élevé sur le moteur à boue peuvent aider à pénétrer des formations plus dures, mais cela peut aussi mener à des déviations importantes lors du forage d'une formation géologique inattendue. Il est possible que plusieurs tailles de trépan aléateur et plusieurs configurations d'angle de cintrage soient nécessaires pour compléter le trou pilote dans le respect des tolérances.

4.2 Perte de circulation et fuites de fluide

Le risque de perte de fluide est à son niveau le plus élevé lors du forage du trou pilote, alors que la petite taille du trou de forage entraîne une pression circulatoire plus élevée et que les déblais peuvent plus facilement boucher le trou. Le fluide peut se propager dans des failles du sous-sol rocheux, des matériaux meubles déplacés ou le vide entre les matériaux non consolidés. Un 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 lors de la procédure de tirage. Les problèmes de gonflement deviendront de plus en plus sévères au fur et à mesure que le trou de forage sera exposé au fluide de forage et que les matériaux y seront exposés. Puisque cette canalisation nécessitera un trou très large et plusieurs alésages, on peut s'attendre à ce que le gonflement potentiel de la géologie devienne réalité. Des additifs pour fluide de forage peuvent être utilisés pour contrôler le gonflement de l'argile, si celui-ci devient problématique. Le taux de pénétration doit être contrôlé pour permettre à une quantité suffisante de fluide de forage d'être injectée pour transporter les déblais créés à l'avant. Une agitation régulière des déblais pour permettre leur retour en suspension dans le fluide de forage en effectuant des allers-retours avec les trépan aléseurs jusqu'au point d'entrée est essentielle pour le maintien d'un trou de forage ouvert. Du sable, du limon ou du gravier qui se détachent de la paroi sont aussi des causes de coincement de la canalisation. Utiliser un fluide de forage aux propriétés adéquates au maintien d'un trou de forage ouvert et effectuer des passes de nettoyage adéquates avant le déplacement de la canalisation aideront à réduire le risque d'obstruction du trou de forage par la chute de matériaux.

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

4.7 Usure et défaillance des outils de forage

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

Une autre considération pour la faisabilité de ce projet est la durée du forage. Le sous-sol rocheux principalement composé de calcaire fournira une bonne stabilité au trou de forage et permettra un nettoyage efficace des déblais.



Cependant, la dureté de ce sous-sol rocheux pourrait contribuer à l'usure de l'outillage de forage dans les zones plus dures, ce qui aura un impact sur les coûts et les échéanciers globaux, en raison du temps passé à effectuer des opérations de va-et-vient pour remplacer les trépan et aléseurs, en plus des taux de progression généralement bas pour la durée principale du forage. Un choix d'outillage judicieux et adapté à la géologie sera essentiel de la part de l'entrepreneur pour que l'ensemble du projet se fasse dans un échéancier minimal.

4.8 Risques environnementaux

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

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

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

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

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

4.9 Autres risques à considérer

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

5. Conclusion

Selon l'information dont Entec disposait au moment de la rédaction de ce rapport, la traverse par FDH proposée de la rivière Saint-Maurice est considérée techniquement faisable. Les contraintes auxquelles seront assujetties les canalisations ont été examinées par Entec et le rayon de conception de 1 200 m a été confirmé. Les risques principaux comprennent l'usure des outils et une progression lente, des difficultés de guidage et la perte de fluide. Un rapport de faisabilité final et un dessin de conception final seront émis dans la phase d'ingénierie détaillée.

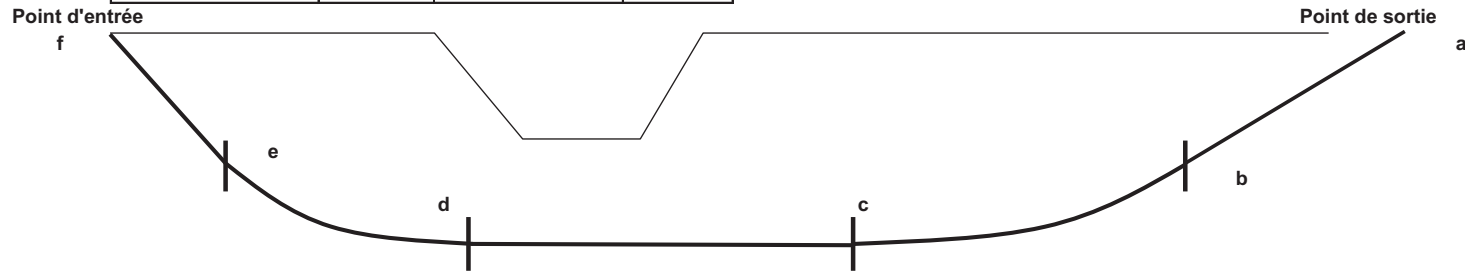


Annexe A

Sommaire des calculs

543-ENG-108
RIVIÈRE SAINT-MAURICE

| Données de conception | | Données du tuyau | | Données de procédé | | Critères de contrainte | | | |
|--------------------------|-------|------------------------|--------|--------------------|-------|---------------------------------------|-------|---------------|-------|
| Longueur forée (m) | 766,7 | Dia ext. Tuyau (mm) | 1067,0 | PME (kPa)* | 8920 | Contrainte de cisaillement admissible | | | |
| Longueur horizontale (m) | 758,0 | Épais. Nominale (mm) | 20,2 | Pr. essai (kPa) | 11150 | 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 | 131 349 | 586 380 | 1276 | 8,80 | 3,20 | 30 059 | 207,2 | 68,51 | 15110 | 104,2 | 34,44 | 36 974 | 254,9 | 92,70 |
| Point B | 147 532 | 658 627 | 15882 | 109,51 | 39,82 | 30 003 | 206,9 | 68,39 | 15475 | 106,7 | 35,27 | 36 610 | 252,4 | 91,79 |
| Point C | 193 427 | 863 515 | 16167 | 111,47 | 40,53 | 29 941 | 206,4 | 68,24 | 15882 | 109,5 | 36,20 | 36 203 | 249,6 | 90,77 |
| Point D | 204 093 | 911 130 | 16219 | 111,83 | 40,66 | 29 941 | 206,4 | 68,24 | 15882 | 109,5 | 36,20 | 36 203 | 249,6 | 90,77 |
| Point E | 278 022 | 1 241 170 | 16516 | 113,87 | 41,41 | 30 003 | 206,9 | 68,39 | 15475 | 106,7 | 35,27 | 36 610 | 252,4 | 91,79 |
| Point F | 324 323 | 1 447 871 | 16685 | 115,04 | 41,83 | 30 059 | 207,2 | 68,51 | 15110 | 104,2 | 34,44 | 36 974 | 254,9 | 92,70 |

| 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

- NOTES:**
APPENDICE / 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.

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

- ALIGNEMENT DE LA CONDUITE ET INSTALLATION / PIPE ALIGNMENT AND INSTALLATION:**
- L'ENTREPRENEUR DU FORAGE DIRIGÉ DOIT VÉRIFIER LA PROFONDEUR ET L'EMPLACEMENT DES INSTALLATIONS SOUTERRAINES EXISTANTES AVANT LA CONSTRUCTION. / THE HDD CONTRACTOR SHALL VERIFY 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 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'EMPIRE OLIÉODUC 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-BÉNÉFICÉ AVEC LA PROTECTION APPROPRIÉE. LES PENTES LATÉRALES D'EXCAVATION TEMPORAIRE DEVONT RESPECTER LA SPÉCIFICATION DE CONSTRUCTION TES-PROU-PCS DE TRANSCANADA. / PIPELINE SHALL BE PLACED ON NATURAL UNDISTURBED SOIL WITH APPROPRIATE PROTECTION. TEMPORARY SIDE SLOPES SHALL MEET TRANSCANADA CONSTRUCTION SPECIFICATION TES-PROU-PCS.

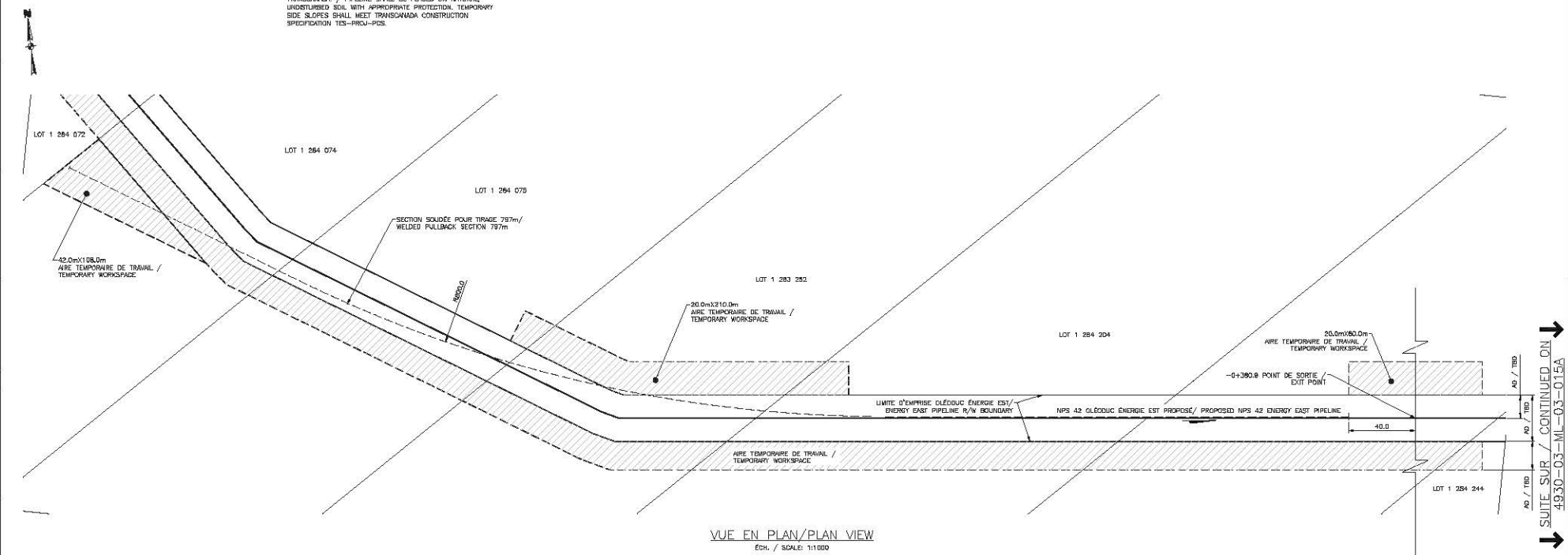
- L'ENTREPRENEUR DU FORAGE DIRECTIONNEL DOIT VÉRIFIER L'EMPLACEMENT DES POINTS D'ENTRÉE/SORTIE ET LE SENS DU FORAGE EN SE BASANT SUR LES CONDITIONS DU SITE REMONTRÉES AU MOMENT DE LA CONSTRUCTION. / THE HDD CONTRACTOR SHALL VERIFY APPROVED ENTRY/EXIT LOCATIONS AND DRILLING DIRECTION BASED ON THE SITE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

- L'ENTREPRENEUR EN PIPELINE FOURNIRA L'ASSISTANCE À LA PRÉPARATION DU SITE ET À SON ACCÈS, À LA MISE EN PLACE DE L'ÉQUIPEMENT DE FORAGE, À L'INSTALLATION DU TUYAU, AU RETRAIT DE L'ÉQUIPEMENT DE FORAGE, ET À LA REMISE EN ÉTAT DU SITE. / THE PIPELINE CONTRACTOR WILL PROVIDE ASSISTANCE IN PREPARING THE SITE, DRIVING FOR SITE ACCESS, SETTING UP HDD EQUIPMENT, INSTALLATION OF THE PIPE, REMOVAL OF HDD EQUIPMENT, AND RESTORATION OF THE SITE.
- L'ENTREPRENEUR DOIT DISPOSER D'OUTILS DE SURVEILLANCE POUR UN SUIVI CONSTANT DE LA PRESSION ANNULAIRE ET DE LA TURBIDITÉ DU COUROS D'EAU AFIN D'ÉVITER LE DÉVERSEMENT DE BOUE DE FORAGE DANS LE COUROS D'EAU. / THERE SHALL BE A CONSTANT MONITORING TOOL FOR ANNUAL PRESSURE AND WATERCOURSE TURBIDITY BY THE HDD CONTRACTOR TO ENSURE NO FINE-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 DETAILED IN DETAILED ENGINEERING)

SPÉCIFICATIONS DE L'OLÉODUC / PIPELINE SPECIFICATIONS

- CONDUITE / LINE PIPE: 1083mm DA EXT. / O.D. (NPS 42) x 11.6mm DP/WT. GR. 483, DAT II, MOD CSA Z245.1-14
- TEMPÉRATURE D'OPÉRATION MAX. / MAX. OPERATING TEMPERATURE: 100°C
- TEMPÉRATURE DE CONSTRUCTION MIN. / MIN. OPERATING TEMPERATURE: 10°C
- TYPE DE JOINT / TYPE OF JOINT: Soudé / Welded
- REVENDEMENT CONDUITE / LINE PIPE COATING: SYSTÈME / SYSTEM 3B
- 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): 11 150 kPa
- PRESSION D'OPÉRATION MAX. / MAX. OPERATING PRESSURE: 8 620 kPa
- PROTECTION CATHODIQUE / CATHODIC PROTECTION: COURANT IMPRISÉ / IMPRESSED CURRENT
- VOLTAGE DE PROTECTION CATHODIQUE MAX. / MAX. CATHODIC PROTECTION VOLTAGE: -1.0 V / TED
- PRODUIT TRANSPORTE / PRODUCT CARRIED: PÉTROLE BRUT / CRUDE OIL



DESSINS DE RÉFÉRENCE / REFERENCE DRAWINGS

| DESSIN / DRAWING NO. | TITRE / TITLE |
|----------------------|---|
| 4930-03-ML-03-02AF | PROFIL DE SOLÉNOÏDÉ POUR OLÉODUC À HAUTE PRESSION/ HMI PRESURE OL PIPELINE WORKING SOIL |
| 4930-03-ML-03-017P | SÉRIE TYPE DE TRAVERSE DE TUYAU/TYPICAL PIPE TRAVESION DETAIL |
| 4930-03-ML-03-014P | SÉRIE TYPE DE SOUDES SOLÉNOÏDÉ/ WELDING TO SUBM DETAIL |
| 4930-03-ML-03-015A | TRAVERSE SAINT-AUBURCE - TRAVERSE PAR FORAGE DIRECTIONNEL / HDD CROSSING |
| 4930-03-ML-03-018B | TRAVERSE SAINT-AUBURCE - TRAVERSE EN TRANCHEE / TRENCHED CROSSING (ALTERNATIVE) |

RÉVISION / REVISION

| REV / REV | DATE | DESCRIPTION |
|-----------|------------|---|
| A | 2014-03-31 | ONS POUR RÉVISION (INTERNE A3) / ISSUED FOR REVISION (INTERNAL A3) |
| B | 2014-04-04 | ONS POUR RÉVISION (INTERNE SOUVENTÉ) / ISSUED FOR REVISION (INTERNAL STARTED) |
| C | 2014-04-14 | ONS POUR RÉVISION (CLÉF) / ISSUED FOR REVISION (KEY) |
| D | 2014-05-14 | ONS POUR RÉVISION DE BASE / ISSUED FOR FEED |
| E | 2014-08-09 | RÉVISÉ POUR RÉVISION DE BASE / REVISED FOR FEED |

APPROBATION / APPROVAL

| DESIGNER | CHECKED | DESIGNED BY | CHECKED BY | DESIGNED BY | CHECKED BY | DESIGNED BY | CHECKED BY | DESIGNED BY | CHECKED BY |
|----------|---------|-------------|------------|-------------|------------|-------------|------------|-------------|------------|
| 2167445 | 08/ACS | JB | MS/RS | JM | GP | ENTEC | | | |
| 2167445 | JCS | CS | MS/RS | JM | GP | ENTEC | | | |
| 2167445 | JCS | CS | MS/RS | JM | GP | ENTEC | | | |
| 2239444 | JCS | CS | MS/RS | JM | GP | ENTEC | | | |
| 2239444 | JCS | CS | MS/RS | AB | GP | ENTEC | | | |

PROJETS/PROJECT
 PROFESSIONNEL/PROFESSIONAL
 DATE: _____
 PERMIS/PERMIT NO. _____

PROJETS/PROJECT
 PROFESSIONNEL/PROFESSIONAL
 DATE: _____
 PERMIS/PERMIT No. _____

PROJETS/PROJECT
 PROFESSIONNEL/PROFESSIONAL
 DATE: _____
 PERMIS/PERMIT No. _____

PROJETS/PROJECT
 PROFESSIONNEL/PROFESSIONAL
 DATE: _____
 PERMIS/PERMIT No. _____

PROJETS/PROJECT
 PROFESSIONNEL/PROFESSIONAL
 DATE: _____
 PERMIS/PERMIT No. _____

Energy East Pipeline Ltd.

INFORMATION GÉNÉRALE OLÉODUC ÉNERGIE EST / ENERGY EAST GENERAL INFORMATION PIPELINE
 FAX: 4930 CHAÎNIER/DRAWING: _____ DESIGNEUR/DESIGNER: _____

RMÈRE SAINT-AUBURCE
 TRAVERSE PAR FORAGE DIRECTIONNEL / HDD CROSSING
 QUÉBEC

REV./SCALE: T4J/AS ORIGINAL/FORMER: 4930-03-ML-03-015B REV./REV: _____



Annexe C

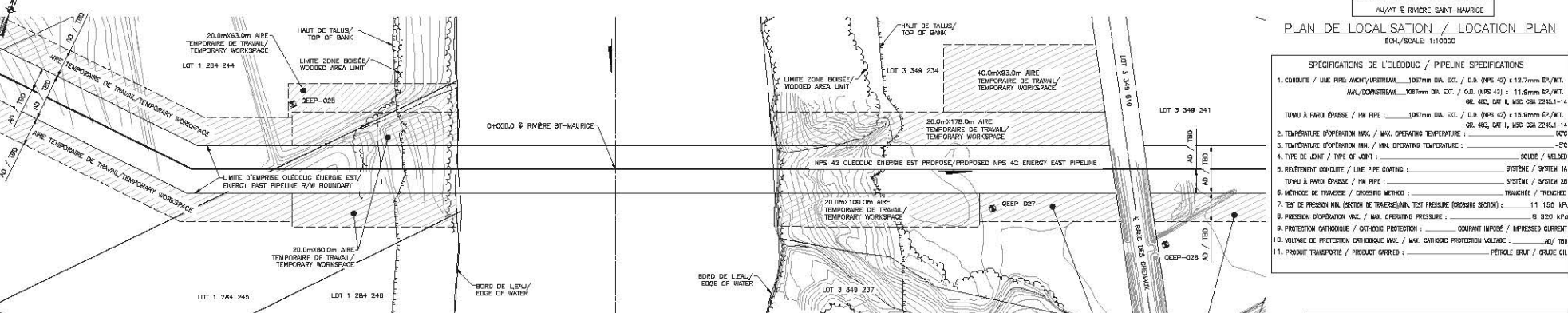
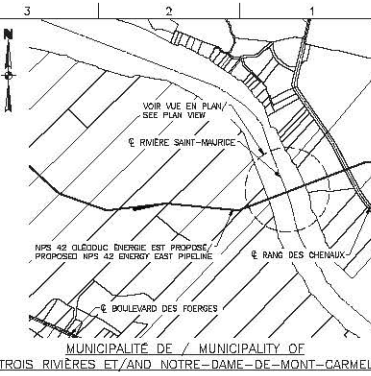
Dessin de traverse alternative

NOTES:
APPRECIATION / SURVEILLANCE:
1. TOUTES LES MESURES SONT EN METRES SAUF INDICATION CONTRAIRE. / ALL MEASUREMENTS ARE IN METERS UNLESS OTHERWISE SPECIFIED.
2. TOUTES LES CHANGEMENTS SONT HORIZONTALS SAUF INDICATION CONTRAIRE. / ALL CHANGES ARE HORIZONTAL UNLESS OTHERWISE SPECIFIED.
GENERAL / GÉNÉRAL:
3. LA TRAVERSE DEVRA ÊTRE CONSTRUITE ET PÉRIODIQUÉ EN RESPECTANT AU MINIMUM TOUS LES RÉGLEMENTS FÉDÉRAUX, PROVINCIAUX, MUNICIPAUX ET RÉGIONAUX APPLICABLES. / AS A MINIMUM, THE CROSSING SHALL BE CONSTRUCTED AND TESTED IN ACCORDANCE WITH ALL APPLICABLE FEDERAL, PROVINCIAL, MUNICIPAL AND REGIONAL REGULATIONS.
4. LA CONSTRUCTION DE LA CONDUITE ET LE PROGRAMME D'ESSAIS DE PRESSION HYDROSTATIQUE DOIVENT ÊTRE CONFORMES À LA NORME CSA 2852-11. / THE CONSTRUCTION AND PROGRAMME OF CONSTRUCTION TESTS SHALL COMPLY WITH CSA 2852-11 STANDARD AND TRANSCANADA CONSTRUCTION SPECIFICATIONS TES-PROJ-PCS AND MEET REQUIREMENTS IN THE CROSSING AGREEMENTS.
5. LA MÉTHODE DE TRANSMISE ET D'INSTALLATION DU PIPELINE SERA CONFIRMÉE À L'INGÉNIEUR DÉTAILLÉ. / METHOD FOR RISER CROSSING AND PIPE INSTALLATION TO BE CONFIRMED DURING DETAILED ENGINEERING.

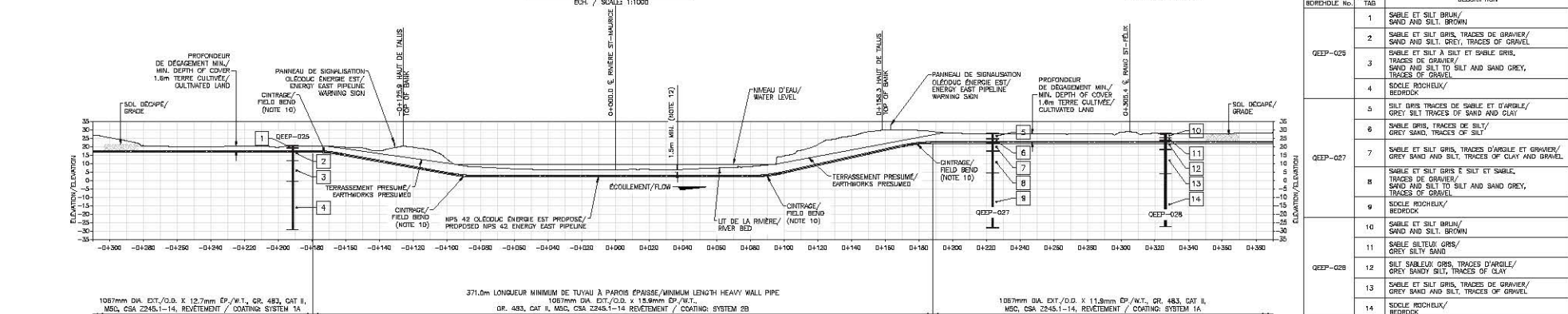
7. EN AUCUN CAS LA CONDUITE NE PEUT ÊTRE INSTALLÉE À L'EXTÉRIEUR DE L'EMPREINTE D'OLEODUC ÉNERGIE EST. / UNDER NO CIRCUMSTANCES SHALL THE PIPELINE BE INSTALLED OUTSIDE OF THE ENERGY EAST R.O.M.
6. LES ALIGNEMENTS DE LA CONDUITE, TELS QU'INDIQUÉS SUR LE PLAN ET PROFIL, INDIQUENT LES EXIGENCES MINIMALES REQUISES POUR L'OLEODUC 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 APPROUVEES PAR TRANSCANADA ET LES AUTORITÉS DE RÉGLEMENTATION CONCERNÉES. / PIPELINE ALIGNMENTS, AS INDICATED ON THE PLAN AND PROFILE, REFLECT ENERGY EAST PIPELINE MINIMUM REQUIREMENTS. THE CONTRACTOR MAY, AT THEIR DISCRETION AND COST, PROPOSE AN ALTERNATIVE PROFILE AT THE TIME OF TENDER. ALTERNATIVE PROFILES MUST BE APPROVED BY TRANSCANADA AND APPLICABLE REGULATORY AGENCIES.
8. LA CONDUITE DOIT ÊTRE MISE EN PLACE SUR LE SOL NATUREL NON-REMUAITÉ AVEC LA PROTECTION APPROPRIÉE. LES PENTES LATÉRALES D'ÉROSION TEMPORAIRE DEVONT RESPECTER LA SPÉCIFICATION DE CONSTRUCTION TES-PROJ-PCS DE TRANSCANADA. / PIPELINE SHALL BE PLACED ON NATURAL, UNDISTURBED SOIL WITH APPROPRIATE PROTECTION. TEMPORARY SOLE SLOPES SHALL MEET TRANSCANADA CONSTRUCTION SPECIFICATION TES-PROJ-PCS.
10. L'ANGLE DE COUVERTURE MAXIMALE DE LA CONDUITE SUR LE TERRAIN EST DE 1.0 DEGRÉ PAR DIAMÈTRE DE LONGUEUR. / THE MAXIMUM PIPE FIELD BEDD ANGLE IS 1.0 DEGREE PER DIAMETER LENGTH.
11. UN PLAN ET UN PROFIL «LÉGER-COÛTS» DOIVENT ÊTRE FOURNIS À L'OLEODUC ÉNERGIE EST APRÈS L'ACHÈVEMENT DES TRAVAUX. / A FINAL «AS-BUILT» PLAN AND PROFILE SHALL BE PROVIDED TO ENERGY EAST PIPELINE AFTER THE COMPLETION OF THE WORK.
12. LA PROFONDEUR DE REDOUBLEMENT SERA DÉTERMINÉE À LA PHASE D'INGÉNIEURIE DÉTAILLÉ. / DEPTH OF COVER WILL BE FINALIZED DURING THE DETAILED ENGINEERING PHASE.

SECTION DES DÉBRIS ET REMBLAIS TEMPORAIRES/ SOIL PLACEMENT-TEMPORARY:
13. LES PENTES DU DÉBRIS D'ÉROSION DOIVENT ÊTRE CONFORMES AUX NORMES TES-D01-23AS ET TES-PROJ-EXC DE TRANSCANADA ET AUX NORMES LOCALES. / TEMPORARY SOIL SLOPE FROM EROSION SHALL CONFORM TO TRANSCANADA SPECIFICATIONS TES-D01-23AS, TES-PROJ-EXC AND LOCAL REQUIREMENTS.
14. L'EAU D'ENTRÈPRENEUR DES DÉBRIS NE DOIT ÊTRE NIVELÉE POUR S'ASSURER QUE L'EAU NE S'ACCUMULE PAS À LA SURFACE ET QUE LES DÉBRIS MIS EN TAS NE FUSSENT PAS L'ACCUMULEMENT D'EAU. / SPILL AREAS SHALL BE GRADED TO ENSURE THE WATER WILL NOT POND ON THE SURFACE OR BE TRAPPED BY THE SOIL PILE.
SECTION DES DÉBRIS ET REMBLAIS PERMANENTS/ SOIL PLACEMENT-PERMANENT:
15. LA TRANCHE DE LA CONDUITE TRANSPARENT LE COEUR D'EAU DOIT ÊTRE REMBLAÏÉE AVEC LES MATÉRIELS EN PLACE AINSI QU'AU NIVEAU APPROXIMATIF DU SOL ORIGINAL DE LA RIVIÈRE. / PIPE SECTION ACROSS MAIN CHANNEL SHALL BE BACKFILLED WITH NATIVE MATERIAL TO APPROXIMATELY THE ORIGINAL GRADE.
16. LES MATÉRIELS DES BORDS DOIVENT ÊTRE REPLACÉS DE FAÇON PERMANENTE PAR COUCHES DE 300MM D'ÉPAISSEUR DÉMONT COMPACTÉES. CES MATÉRIELS DOIVENT ÊTRE EXEMPTÉS DE MATIÈRES ORGANIQUES ET DE DÉBRIS LIÉGÉS. AVANT LE REMBLAÏAGE SUR UNE SURFACE EN PENTE GÉLÉE, LA SURFACE GÉLÉE DEVRA ÊTRE SÉCHÉE POUR FAVORISER L'ADHÉSION ENTRE ELLES-ELLES ET LE REMBLAI. / BANK MATERIALS MUST BE PERMANENTLY REPLACED IN LAYERS OF 300mm MAXIMUM, AND PROPERLY COMPACTED. THESE MATERIALS MUST BE FREE OF ORGANIC MATTER AND WOODY DEBRIS. PRIOR TO FILLING FILL ON FROZEN SLOPED SURFACES, THESE SURFACES MUST BE SCARIFIED TO MAXIMIZE ADHESION OF MATERIALS.

17. SI REQUIS, LE REMBLAI DANS LE TALUS DOIT ÊTRE MIS EN PLACE AVEC UNE PENTE MAXIMALE DE 2H:1V POUR OPTIMISER LA STABILITÉ DU TALUS. / IF REQUIRED, THE SOIL IN THE SOIL BOND AND BANK AREA SHALL BE PLACED WITH A MAXIMUM SLOPE OF 2H:1V TO OPTIMIZE BANK STABILITY.
18. LORS DE TRAVAUX HIVERNAUX, DES TASSEMENTS CONSIDÉRABLES PEUVENT SE PRODUIRE DANS LES BERGES REMBLAÏÉES L'ÉTÉ SUIVANT. LA CONSTRUCTION ET LES BERGES FOURNAIENT NECESSITENT UN REPROFILAGE ÉTAL SELON LA PENTE SPÉCIFIÉE. UNE QUANTITÉ DE REMBLAI SUPPLÉMENTAIRE POURRAIT ÊTRE REQUISE POUR COMPENSER CES TASSEMENTS. LES BERGES DEVRAIENT ÊTRE PROFILÉES APRÈS QUE L'ÉVAL 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.
19. LE CONTRÔLE DE LA FLÔTABILITÉ SERA DÉTERMINÉ À L'INGÉNIEUR DÉTAILLÉ. / BULKHEAD CONTROL WILL BE DETERMINED IN DETAILED ENGINEERING.
ENVIRONNEMENT / ENVIRONMENTAL:
20. VOIR LES CLAUDES ENVIRONNEMENTALES DÉTAILLÉES (À ÊTRE COMPLÉTES À L'INGÉNIEUR DÉTAILLÉ), / SEE DETAILED ENVIRONMENTAL CONDITIONS (TO BE DEFINED IN DETAILED ENGINEERING)



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



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

SPECIFICATIONS DE L'OLEODUC / PIPELINE SPECIFICATIONS
1. CONDUITE / UNE PIPE / ARRIÈRE / 1067mm DIA. EXT. / D.B. (NPS 42) x 12.7mm EP./WT. ...
2. TEMPÉRATURE D'OPÉRATION MAX. / MAX. OPERATING TEMPERATURE: ... -5C
3. TEMPÉRATURE D'OPÉRATION MIN. / MIN. OPERATING TEMPERATURE: ... -50C
4. TYPE DE JOINT / TYPE OF JOINT: ... SOUDÉ / WELDED
5. MÉTHODE DE PROTECTION / PROTECTING METHOD: ... TRAVERSÉ / TRENCHED
7. TEST DE PRESSION MIN. (SECTION DE TRACÉ) / MIN. TEST PRESSURE (CREOSIS SECTION): ... 11 150 kPa
8. PRESSION D'OPÉRATION MAX. / MAX. OPERATING PRESSURE: ... 8 820 kPa
9. PROTECTION CATHODIQUE / CATHODIC PROTECTION: ... COURANT IMPOSÉ / IMPRESSED CURRENT
10. VOLTAÏGE DE PROTECTION CATHODIQUE MAX. / MAX. CATHODIC PROTECTION VOLTAGE: ... AD / TEBD
11. PRODUIT TRANSPORTÉ / PRODUCT CARRIED: ... PÉTROLE BRUT / GRADE OIL

RAPPORT DE FORAGE / BOREHOLE LOG
No. FORAGE/ BOREHOLE No.: GEEP-025
DESCRIPTION: 1. SABLE ET SILT BRUN / SAND AND SILT, BROWN; 2. SABLE ET SILT GRIS, TRACES DE GRAVIER / SAND AND SILT, GRAY, TRACES OF GRAVEL; 3. SABLE ET SILT À SILT ET SABLE GRIS, TRACES DE GRAVIER / SAND AND SILT TO SILT AND SAND GRAY, TRACES OF GRAVEL; 4. SOLLE ROCHUEUX / BEDROCK; 5. SILT GRIS TRACES DE SABLE ET D'ARGILE / GREY SILT TRACES OF SAND AND CLAY; 6. SABLE GRIS, TRACES DE SILT / GREY SAND, TRACES OF SILT; 7. SABLE ET SILT GRIS, TRACES D'ARGILE ET GRAVIER / GREY SAND AND SILT, TRACES OF CLAY AND GRAVEL; 8. SABLE ET SILT GRIS ET SILT ET SABLE, TRACES DE GRAVIER / SAND AND SILT TO SILT AND SAND GRAY, TRACES OF GRAVEL; 9. SOLLE ROCHUEUX / BEDROCK; 10. SABLE ET SILT BRUN / SAND AND SILT, BROWN; 11. SABLE SILTEUX GRIS / GREY SILT, SAND; 12. SILT SABLEUX GRIS, TRACES D'ARGILE / GREY SANDY SILT, TRACES OF CLAY; 13. SABLE ET SILT GRIS, TRACES DE GRAVIER / GREY SAND AND SILT, TRACES OF GRAVEL; 14. SOLLE ROCHUEUX / BEDROCK

DESSINS / DRAWING NO. vs TITRE / TITLE table listing drawings like 'PANNEAU DE SIGNALISATION POUR OLEODUC A HAUTE PRESION'.

REV. / REVISION table with columns for REV. NO., DATE, and DESCRIPTION of revisions.

APPROBATION / APPROVAL table with columns for roles like 'INGÉNIEUR / PROFESSIONAL ENGINEER', 'DIRECTEUR / MANAGER', 'CONTRACTANT' and names.

Signature blocks for 'INGÉNIEUR / PROFESSIONAL ENGINEER', 'DIRECTEUR / MANAGER', 'CONTRACTANT', 'REV./REV.', and 'DATE'.

Energy East Pipeline Ltd. logo and text: 'PRÉLIMINAIRE NON POUR CONSTRUCTION / PRELIMINARY ONLY NOT FOR CONSTRUCTION', 'RIVIÈRE ST-JEAN / RIVER ST-JEAN', 'TRAVÈRE EN TRANCHE / TRENCHED CROSSING (ALTERNATIVE)', '4930-03-M-03-016'.



Annexe D











Information géotechnique

Annexe A – Rivière Saint-Maurice

A1. 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-025
Dossier : PLUS-00026280-045500

Projet : Oléoduc Énergie Est - Exploration géotechnique
Traverses de rivières majeures
Endroit : Rivière St-Maurice
Foreur : Forages S.L.
Date du forage : 2013-12-18

Compilé par : M. Létourneau
Technicien : M. Boisvert
Approuvé par : V. Boivin
Date du rapport : 2014-02-24

Coordonnées géographiques
Latitude : 46.4155°
Longitude : -72.6852°

Niveau de référence
Géodésique

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)

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

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

| Prof. | | Coupe stratigraphique | | Échantillons | | | | Odeur | | Essais | | Graphique | | | | | | | | | | |
|-------|---|-----------------------|--|--------------|-----|------|-----------|--------|---------|--------|---------|-----------|----------------|----|-----|----|----|----|----|----|-----|--|
| pi | m | Élév. Prof. | Description | Strat. | Eau | État | Type - No | Réc. % | N / RQD | FABLE | MOYENNE | FORTE | Essais | Cu | Cur | Nc | 20 | 40 | 60 | 80 | 100 | |
| | | 20.80 | Niveau actuel du sol | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 0.00 | Sable et silt brun. Présence de matières organiques et de sols organiques. | | | | CF-1 | 46 | 6 | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 19.15 | Sable et silt gris, traces de gravier, traces d'argile. Saturé. Compacité lâche à moyenne. | | | | CF-2 | 63 | 7 | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | | 1.65 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | CF-3 | 63 | 19 | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 15 | | | Présence probable de cailloux entre 4,6 et 5,0 m et entre 6,4 et 9,1 m. | | | | CF-4 | 33 | 18 | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 20 | | | Présence de gravier grossier probable entre 5,6 et 6,1 mètres de profondeur. | | | | CF-5 | 83 | 12 | | | | AG, Sed | | | | | | | | | |
| 6 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 25 | | | | | | | CF-6 | 71 | 7 | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 30 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9 | | 11.66 | Sable et silt à silt et sable gris, traces de gravier (till). Saturé. Compacité dense, devenant très dense vers 18,3 mètres de profondeur. | | | | CF-7 | 42 | 46 | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | | 9.14 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 35 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 11 | | | | | | | CF-8 | 17 | 30 | | | | K = 3,9E-8 m/s | | | | | | | | | |
| 12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 40 | | | | | | | CF-9 | 21 | 51 | | | | | | | | | | | | | |

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-025
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 | |
| 45 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 14 | | | | | | | CF-10 | 67 | 41 | | | | AG | | | | | | | |
| 15 | | | | | | | CF-11 | 25 | 40 | | | | | | | | | | | |
| 50 | | | | | | | CF-12 | 33 | 29 | | | | | | | | | | | |
| 16 | | | | | | | CF-13 | 63 | 71 | | | | | | | | | | | |
| 55 | | | | | | | CF-14 | 100 | R | | | | | | | | | | | |
| 17 | | | | | | | CR-15 | 38 | 22 | | | | | | | | | | | |
| 18 | | | Présence de blocs entre 19,81 et 21,24 mètres de profondeur (fragments de roche ignée et de roc calcaire au litage horizontal). | | | | CR-16 | 34 | 0 | | | | | | | | | | | |
| 60 | | | | | | | CR-17 | 53 | 9 | | | | | | | | | | | |
| 19 | | | | | | | CR-18 | 89 | 53 | | | | | | | | | | | |
| 65 | | | | | | | CR-19 | 95 | 85 | | | | | | | | | | | |
| 20 | | | | | | | CR-20 | 59 | 16 | | | | | | | | | | | |
| 70 | | | | | | | CR-21 | 89 | 68 | | | | | | | | | | | |
| 21 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 22 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 74 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 22 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 22 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 22 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 75 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 23 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 24 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 80 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 25 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 85 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 26 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 85 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 27 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 90 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 28 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 90 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 28 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 95 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 29 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 95 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 29 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 95 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 29 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

C:\GÉOTECH\Style\TransCanada\Log_broge_exp_TCP_L_v3.sly



RAPPORT DE FORAGE

Forage N° : QEEP-025
 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 | |
| 30 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 100 | | | Vers 30,3 m : Calcaire argileux noir fracturé. Présence de shale et argile peu solidifiés vers 30,58 mètres de profondeur sur quelques centimètres. | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 31 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 105 | | -11.02 31.82 -11.32 32.12 | Roc argileux fortement fragmenté, mélangé à du till, possiblement tombé à l'enlèvement du casing. Suivi d'une alternance régulière de calcaire fin et calcaire argileux de 32,12 à 32,42 mètres de profondeur. | | | | CR-22 | 68 | 53 | | | | | | | | | | | |
| 33 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 110 | | | Changement de faciès lithologique : Calcaire cristallin ou argileux bioclastique (abondance de crinoïdes), parfois à matrice argileuse noire. Shale rare ou inexistant sauf en placages très minces (millimétriques). Roc généralement sain et lithologie constante. | | | | CR-23 | 86 | 52 | | | | | | | | | | | |
| 34 | | | | | | | CR-24 | 84 | 33 | | | | | | | | | | | |
| 115 | | | | | | | CR-25 | 95 | 70 | | | | | | | | | | | |
| 36 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 120 | | | | | | | CR-26 | 93 | 70 | | | | | | | | | | | |
| 37 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 125 | | | Difficulté de forage en début de course de 37,92 à 38,10 mètres de profondeur (fractures mécaniques). Roc de bonne qualité par la suite. | | | | CR-27 | 92 | 77 | | | | | | | | | | | |
| 39 | | | Calcaire bioclastique gris clair à gris foncé à texture moutonnée. | | | | CR-28 | 97 | 97 | | | | | | | | | | | |
| 130 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 40 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 135 | | | | | | | CR-29 | 100 | 100 | | | | | | | | | | | |
| 42 | | | Séquence moutonnée plus argileuse de 41,75 à 42,75 mètres de profondeur. | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 140 | | | Calcaire bioclastique gris clair à gris foncé à texture moutonnée. | | | | CR-30 | 99 | 99 | | | | | | | | | | | |
| 43 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 145 | | | | | | | CR-31 | 99 | 92 | | | | | | | | | | | |
| 45 | | | Séquence plus argileuse de 44,90 à 45,75 mètres de profondeur. | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 150 | | | | | | | CR-32 | 100 | 92 | | | | | | | | | | | |
| 46 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |



RAPPORT DE FORAGE

Forage N° : QEEP-025
 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 | |
| 47 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 155 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 48 | | | Séquence plus argileuse de 47,55 à 47,95 mètres de profondeur. | | | | CR-33 | 100 | 98 | | | | | | | | | | | |
| 160 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 49 | | | Calcaire bioclastique gris à gris foncé. Absence de shale sauf placages millimétriques occasionnels. Abondance de crinoïdes. | | | | CR-34 | 100 | 100 | | | | | | | | | | | |
| 50 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 165 | | -29.31 50.11 | Fin du forage à 50,1 mètres de profondeur. | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 51 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 170 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 52 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 53 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 175 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 54 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 180 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 55 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 56 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 185 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 57 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 190 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 58 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 59 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 195 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 60 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 200 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 61 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 62 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 205 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 63 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |



RAPPORT DE FORAGE

Forage N° : QEEP-027
Dossier : PLUS-00026280-045500

Projet : Oléoduc Énergie Est - Exploration géotechnique
Traverses de rivières majeures
Endroit : Rivière St-Maurice
Foreur : Forages S.L.
Date du forage : 2014-01-14

Compilé par : M. Létourneau
Technicien : M. Boisvert
Approuvé par : V. Boivin
Date du rapport : 2014-02-24

Coordonnées géographiques
Latitude : 46.4161°
Longitude : -72.6799°

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 | Élév. Prof. | Description | Eau | État Type No Réc. % N / RQD | FABLE MOYENNE FORTE | Essais | Cu Cur Nc | 20 | 40 | 60 | 80 | 100 | |
| | | 27.70 | Niveau actuel du sol | | | | | | | | | | | |
| | | 0.00 | Sable et silt brun. Présence de matières organiques. | | CF-1 75 2 | | | | | | | | | |
| 1 | | 27.47 | Silt gris, un peu de sable, un peu d'argile. Compacité lâche. | | CF-2 83 3 | | | | | | | | | |
| 5 | | 0.23 | Deviens saturé vers 1,2 mètre de profondeur. | | | | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | | 24.58 | Sable gris, un peu de silt. Saturé. Compacité lâche. | | CF-3 100 14 | | | | | | | | | |
| 3 | | 3.12 | | | | | | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | | | | | | | | |
| 15 | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | | | | | | | | |
| 20 | | 21.93 | Sable et silt gris, traces d'argile, traces de gravier. Saturé. Compacité lâche. | | CF-5 83 7 | | | | | | | | | |
| 6 | | 5.77 | | | | | | | | | | | | |
| 7 | | | | | | | | | | | | | | |
| 25 | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | | | | | | | | |
| 30 | | | Présence probable de cailloux entre 8,9 et 9,0 mètres de profondeur. | | CF-6 83 5 | | | | | | | | | |
| 9 | | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | | | | | | | | | | | | | | |
| 35 | | 17.36 | Sable et silt gris à silt et sable, traces de gravier (till). Saturé. Compacité généralement très dense. | | CF-7 100 R | | | | | | | | | |
| 11 | | 10.34 | | | | | | | | | | | | |
| 11 | | | | | | | | | | | | | | |
| 40 | | | | | | | | | | | | | | |
| 12 | | | | | | | | | | | | | | |
| 40 | | | | | | | | | | | | | | |

Remarques :



RAPPORT DE FORAGE

Forage N° : QEEP-027
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 | |
| 45 | 14 | | | | | X | CF-10 | 71 | 54 | | | | | | | | | | | |
| 50 | 15 | | | | | X | CF-11 | 58 | 73 | | | | | | | | | | | |
| 55 | 16 | | | | | X | CF-12 | 58 | 55 | | | | K = 1,6E-6 m/s | | | | | | | |
| 60 | 18 | | Présence probable de cailloux vers 18,0m et entre 21,0 et 22,5 mètres de profondeur. | | | X | CF-13 | 0 | R | | | | | | | | | | | |
| 65 | 20 | | | | | X | CF-14 | 44 | R | | | | | | | | | | | |
| 70 | 21 | | | | | X | CF-15 | 0 | R | | | | | | | | | | | |
| 75 | 23 | | | | | X | CF-16 | 100 | 62 | | | | | | | | | | | |
| 80 | 24 | 4.36 23.34 | Socle rocheux : Alternance de calcaire cristallin fin gris et de calcaire argileux et shale calcaireux en lits de 1 à 15 cm. Séquence rubannée. Fracture naturelle parallèle au litage argileux. Roc de surface fracturé jusqu'à 23,62 mètres de profondeur. | | | | CR-17 | 0 | 0 | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | CR-18 | 0 | 0 | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | CR-19 | 89 | 0 | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | CR-20 | 63 | 0 | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | CR-21 | 100 | 62 | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | CR-22 | 92 | 85 | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | CR-23 | 75 | 41 | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | CR-24 | 75 | 44 | | | | | | | | | | | |
| | | | Séquence plus argileuse entre 27,35 et 28,30 m avec joints à 40° avec l'axe (vide possible). | | | | CR-25 | 88 | 65 | | | | | | | | | | | |
| | | | Séquence de calcaire fin gris foncé massif vers 28,55 m. | | | | | | | | | | | | | | | | | |



RAPPORT DE FORAGE

Forage N° : QEEP-027
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 | |
| 30 | | | | | | | | | | | | | | | X | | | | | |
| 100 | | | | | | | CR-26 | 90 | 54 | | | | | | | | | | | |
| 31 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 105 | | | | | | | CR-27 | 100 | 82 | | | | | | | | | | | |
| 32 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 33 | | | À 33,24 m : 3 cm de roc désintégré (shale). | | | | | | | | | | | | X | | | | | |
| 110 | | | | | | | CR-28 | 100 | 80 | | | | | | | | | | | |
| 34 | | | À 34,47 m : 10 cm de roc argileux désintégré. Calcaire fin gris, calcaire gris foncé et shale calcaireux rubannés de bonne qualité de 34,57 à 39,10 m. Litage horizontal régulier. Peu de joints ou veines. Shale calcaireux ou argileux peu abondant. | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 115 | | | | | | | CR-29 | 100 | 84 | | | | | | | | | | | |
| 35 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 36 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 120 | | | | | | | CR-30 | 100 | 90 | | | | | | | | | | | |
| 37 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 125 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 38 | | | | | | | | | | | | | | | X | X | | | | |
| 125 | | | | | | | CR-31 | 100 | 94 | | | | | | | | | | | |
| 39 | | -11.40 39.10 | Changement de faciès : Lits massifs de calcaire gris cristallin et calcaire micritique noir avec texture nodulaire, très fossilifère (abondance de crinoïdes). Rares placages argileux minces noirs "luisants" (0-2 mm). | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 130 | | | | | | | CR-32 | 100 | 97 | | | | | | | | | | | |
| 40 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 135 | | | | | | | CR-33 | 100 | 97 | | | | | | | | | | | |
| 41 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 42 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 140 | | | | | | | CR-34 | 100 | 100 | | | | | | | | | | | |
| 43 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 145 | | | Lits massifs de calcaire gris cristallin et calcaire micritique en proportions égales. | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 44 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 45 | | | | | | | CR-35 | 100 | 95 | | | | | | | | | | | |
| 150 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 46 | | | Absence de shale argileux. | | | | CR-36 | 100 | 97 | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | X | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | X | 0.00 | | | | |



RAPPORT DE FORAGE

Forage N° : QEEP-027
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 | |
| 47 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 155 | | | | | | | CR-37 | 100 | 100 | | | | | | | | | | | |
| 48 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 160 | | | | | | | CR-38 | 100 | 100 | | | | | | 0.00 | | | | | |
| 49 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 50 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 165 | | | | | | | CR-39 | 100 | 99 | | | | | | | | | | | |
| 51 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 170 | | | | | | | CR-40 | 100 | 97 | | | | | | | | | | | |
| 52 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 53 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 175 | | | | | | | CR-41 | 100 | 97 | | | | | | 2.25 | | | | | |
| 54 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 180 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 55 | | | Lit massif de calcaire cristallin gris, suivi de la séquence habituelle entre 54,68 et 55,23 mètres de profondeur. | | | | CR-42 | 95 | 92 | | | | | | | | | | | |
| 56 | | -28.10 55.82 | Fin du forage à 55,8 mètres de profondeur. | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 185 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 57 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 190 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 58 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 59 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 195 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 60 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 200 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 61 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 62 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 205 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 63 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |



RAPPORT DE FORAGE

Forage N° : QEEP-028
Dossier : PLUS-00026280-045500

Projet : Oléoduc Énergie Est - Exploration géotechnique
Traverses de rivières majeures
Endroit : Rivière St-Maurice
Foreur : Forages S.L.
Date du forage : 2014-01-28

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

Coordonnées géographiques
Latitude : 46.4162°
Longitude : -72.6785°

Niveau de référence
Géodésique

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)

Niveau d'eau

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

| Prof. | | Coupe stratigraphique | | Échantillons | | Odeur | | Essais | | Graphique | | | | | | | | | | | | |
|-------|----|-----------------------|---|--------------|-----|-------|-----------|--------|---------|-----------|---------|-------|--------|----|-----|----|----|----|----|----|-----|--|
| pi | m | Élév. Prof. | Description | Strat. | Eau | État | Type - No | Réc. % | N / RQD | FABILE | MOYENNE | FORTE | Essais | Cu | Cur | Nc | 20 | 40 | 60 | 80 | 100 | |
| | | 0.00 | Niveau actuel du sol Sable et silt brun à silt gris, un peu de sable, un peu d'argile. Très lâche. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 27.70 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 25.13 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 10 | 2.57 | Sable silteux gris. Compacité moyenne. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 15 | 23.61 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 4 | 4.09 | Silt sableux gris, traces d'argile. Compacité lâche à moyenne. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 6 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 7 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 25 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 8 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 9 | | Présence probable de cailloux entre 8,7 et 9,0 mètres de profondeur. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 30 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 10 | 18.25 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 9 | 9.45 | Sable et silt gris, traces à un peu de gravier (till). Présence probable de cailloux de 9,9 à 10,2 et de 11,7 à 11,9 mètres de profondeur. Compacité dense à très dense. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 35 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Remarques :

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



RAPPORT DE FORAGE

Forage N° : QEEP-028
Dossier : PLUS-00026280-045500

| Prof. | | Coupe stratigraphique | | Échantillons | | | | | Odeur | | Essais | | Graphique | | | | | | | | | | |
|-------|----|-----------------------|---|--------------|--|------|--|--------|---------|--------|---------|-------|-----------|--------------|----|-----|----|----|-----|--|--|--|--|
| pi | m | Élév. Prof. | Description | Strat. | Eau | État | Type - No | Réc. % | N / RQD | FAIBLE | MOYENNE | FORTE | Essais | Cu Cur Nc | 20 | 40 | 60 | 80 | 100 | | | | |
| 12 | 40 | | Horizon de sable avec un peu de silt de 13,9 à 15,4 mètres de profondeur. | | | | CF-8 | 0 | R | | | | | | | | | | | | | | |
| 13 | 45 | | | | | | | | CF-9 | 71 | 54 | | | | | | | | | | | | |
| 14 | 50 | | | | | | | | CF-10 | 71 | 101 | | | | | | | | | | | | |
| 15 | 55 | | | | | | | | CF-11 | 100 | 34 | | | | | | | | | | | | |
| 16 | 60 | | | | | | | | CF-12 | 54 | R | | | | | | | | | | | | |
| 17 | 65 | | | | | | | | CF-13 | 86 | R | | | AG | | 9.7 | | | | | | | |
| 18 | 70 | | | | | | | | CF-14 | 76 | R | | | K=8,0E-8 m/s | | | | | | | | | |
| 19 | 75 | | | | | | | | CF-15 | 0 | R | | | | | | | | | | | | |
| 20 | 80 | 3.93 | | | Socle rocheux : Alternance de calcaire fin et calcaire légèrement argileux avec lits de shale calcaireux. Litage subhorizontal. Roc fracturé jusqu'à 24,60 mètres de profondeur. | | | | CR-16 | 83 | 41 | | | | | | | | | | | | |
| 21 | 85 | 23.77 | | | | | | | | | CR-17 | 97 | 84 | | | | | | | | | | |
| 22 | 85 | | | | | | À 25,05 m : 10 mm de sédiments argileux. | | | | | | | | | | | | | | | | |



RAPPORT DE FORAGE

Forage N° : QEEP-028
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 | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 0.40 | Présence de lits d'argile et/ou bentonite minces (2-5 cm) suivi de shale calcaireux fracturé. | | | | CR-18 | 88 | 41 | | | | | | | | | | | |
| | | 27.30 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 0.15 | Alternance régulière de calcaire fin gris, calcaire gris foncé et shale calcaireux. Litage subhorizontal. Lits de shale laminé (silteux) fissile jusqu'à 20 cm d'épaisseur. | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 27.55 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | CR-19 | 97 | 88 | | | | | | | | | | | |
| | | 95 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | CR-20 | 88 | 79 | | | | | | | | | | | |
| | | 100 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | À 31,59 m : Présence d'un horizon de sédiment argileux de 2 cm, suivi de la séquence interlitée jusqu'à 34,52 mètres de profondeur. | | | | CR-21 | 98 | 59 | | | | | | | | | | | |
| | | 105 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | CR-22 | 88 | 79 | | | | | | | | | | | |
| | | 110 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | À 34,52 m : Mince lit de sédiments argileux dans shale (3 cm) suivi de la fréquence litée régulière. | | | | CR-23 | 92 | 78 | | | | | | | | | | | |
| | | 115 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | À 35,97 m : 20 cm de sédiments suivi de calcaires fins lités avec shale calcaireux. | | | | CR-24 | 100 | 68 | | | | | | | | | | | |
| | | 120 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | Présence de fins lits de sédiment entre shale fracturé (1-3 cm d'épaisseur) entre 37,49 et 37,67 mètres de profondeur. | | | | CR-25 | 100 | 90 | | | | | | | | | | | |
| | | 125 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | À 39,01 m : 3 cm de sédiments avec fragments de shale. | | | | CR-26 | 95 | 90 | | | | | | | | | | | |
| | | 130 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | À 40,70 m : Changement de faciès stratigraphique : Calcaire cristallin gris et calcaire | | | | CR-27 | 100 | 99 | | | | | | | | | | | |
| | | 130 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | -13.00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 40.70 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |



RAPPORT DE FORAGE

Forage N° : QEEP-028
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 | |
| | | | micritique noir fossilifère en lits massifs. Texture lenticulaire / nodulaire et moutonnée. | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 42 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 140 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 43 | | | | | | CR-28 | 100 | 76 | | | | | | | | | | | |
| | 145 | | Rare lits de shale calcaireux ou argileux sauf placages argileux aléatoires très minces (0,5 à 2 mm). | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 44 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 45 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 150 | | À 45,15 m : 1 lit de shale noir fissile de 4 cm dans les calcaires moutonnés (calcaire gris et calcaire micritique) suivi d'une séquence litée de calcaire et shale calcaireux peu fossilifère jusqu'à 46,23 mètres de profondeur. | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 46 | | | | | | CR-30 | 99 | 92 | | | | | | | | | | | |
| | 47 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 155 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 48 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 160 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 49 | | | | | | CR-32 | 100 | 74 | | | | | | | | | | | |
| | 50 | | Roc généralement sain jusqu'à la fin du forage. Peu de variances lithologiques. | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 165 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 51 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 170 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 52 | | | | | | CR-34 | 96 | 92 | | | | | | | | | | | |
| | 53 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 175 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 54 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 180 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 55 | -27.47 55.17 | Fin du forage à 55,2 mètres de profondeur. | | | | CR-36 | 100 | 95 | | | | | | | | | | | |
| | 56 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

A2. Photographies des carottes de roc



Photographies des carottes de roc (sec) : Rivière Saint-Maurice - Forage QEEP-025



Photo 1. Forage QEEP-025: boîtes 1 à 3 / 6 (19,84 m à 36,80 m)



Photo 2. Forage QEEP-025: boîtes 4 à 6 / 6 (36,80 m à 50,11 m)

Photographies des carottes de roc (humide) : Rivière Saint-Maurice - Forage QEEP-025



Photo 1. Forage QEEP-025: boîtes 1 à 3 / 6 (19,84 m à 36,80 m)



Photo 2. Forage QEEP-025: boîtes 4 à 6 / 6 (36,80 m à 50,11 m)

Photographies des carottes de roc (sec) : Rivière Saint-Maurice - Forage QEEP-027



Photo 1. Forage QEEP-027: boîtes 1 à 4 / 8 (23,34 m à 40,56 m)



Photo 2. Forage QEEP-027: boîtes 5 à 8 / 8 (40,56 m à 55,80 m)

Photographies des carottes de roc (humide) : Rivière Saint-Maurice - Forage QEEP-027



Photo 1. Forage QEEP-027: boîtes 1 à 4 / 8 (23,34 m à 40,56 m)



Photo 2. Forage QEEP-027: boîtes 5 à 8 / 8 (40,56 m à 55,80 m)

Photographies des carottes de roc (sec) : Rivière Saint-Maurice - Forage QEEP-028



Photo 1. Forage QEEP-028: boîtes 1 à 4 / 8 (23,77 m à 41,83 m)



Photo 2. Forage QEEP-028: boîtes 5 à 8 / 8 (41,83 m à 55,17 m)

Photographies des carottes de roc (humide) : Rivière Saint-Maurice - Forage QEEP-028



Photo 1. Forage QEEP-028: boîtes 1 à 4 / 8 (23,77 m à 41,83 m)



Photo 2. Forage QEEP-028: boîtes 5 à 8 / 8 (41,83 m à 55,17 m)

A3. Résultats d'essais in situ



Tableau A3.1. Synthèse des résultats d'essais de perméabilité dans les sols (rivière Saint-Maurice)

| Forage | Profondeur de l'essai (m) | Élévation de l'essai (m) | Perméabilité m/s |
|----------|---------------------------|--------------------------|------------------|
| QEEP-025 | 10,7 | 10,1 | 3,9E-08 |
| QEEP-027 | 16,4 | 11,3 | 1,6E-06 |
| QEEP-028 | 8,7 | 19,0 | 7,7E-10 |
| QEEP-028 | 20,8 | 6,9 | 8,0E-08 |

Tableau A3.2. Synthèse des résultats d'essais d'eau sous pression en rocher (rivière Saint-Maurice)

| Forage | Profondeur de l'essai (m) | | Élévation de l'essai (m) | | RQD (%) | Absorption ¹ | |
|----------|---------------------------|------|--------------------------|-------|----------|-------------------------|-----------------------|
| | Haut | Bas | Haut | Bas | | (l/min-m) | (Lugeon) ² |
| QEEP-025 | 23,4 | 28,0 | -2,6 | -7,2 | 9 à 85 | 0,9 | 7 |
| | 27,1 | 31,7 | -6,3 | -10,9 | 16 à 68 | 0,8 | 4 |
| | 31,7 | 36,3 | -10,9 | -15,5 | 33 à 70 | 1,4 | 5 |
| | 36,3 | 40,9 | -15,5 | -20,1 | 70 à 97 | 0,3 | 1 |
| | 40,9 | 45,5 | -20,1 | -24,7 | 92 à 100 | 0,0 | 0 |
| | 45,5 | 50,1 | -24,7 | -29,3 | 92 à 100 | 0,0 | 0 |
| QEEP-027 | 24,7 | 29,3 | 3,0 | -1,6 | 41 à 85 | 2,6 | 19 |
| | 28,3 | 32,9 | -0,6 | -5,2 | 54 à 82 | 2,9 | 15 |
| | 32,9 | 37,5 | -5,2 | -9,8 | 80 à 90 | 3,4 | 13 |
| | 37,5 | 46,0 | -9,8 | -18,3 | 94 à 100 | 0,3 | 1 |
| | 42,1 | 46,6 | -14,4 | -18,9 | 95 à 100 | 0,0 | 0 |
| | 46,6 | 51,2 | -18,9 | -23,5 | 99 à 100 | 0,0 | 0 |
| | 51,2 | 55,8 | -23,5 | -28,1 | 92 à 97 | 1,2 | 2 |

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

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

A4. Résultats d'essais en laboratoire



**Tableau A4.1. Synthèse des résultats d'essais de compression sur carottes de roc
(rivière Saint-Maurice)**

| Forage | Profondeur de l'échantillon (m) | | Élévation de l'échantillon (m) | | Masse volumique (kg/m ³) | Résistance en compression (MPa) |
|----------|---------------------------------|-------|--------------------------------|--------|--------------------------------------|---------------------------------|
| | Haut | Bas | Haut | Bas | | |
| QEEP-025 | 41,35 | 41,50 | -20,55 | -20,70 | 2 680 | 93,9 |
| QEEP-027 | 36,60 | 36,75 | -8,90 | -9,05 | 2 679 | 195,2 |
| QEEP-028 | 28,69 | 28,83 | -0,99 | -1,13 | 2 651 | 148,3 |



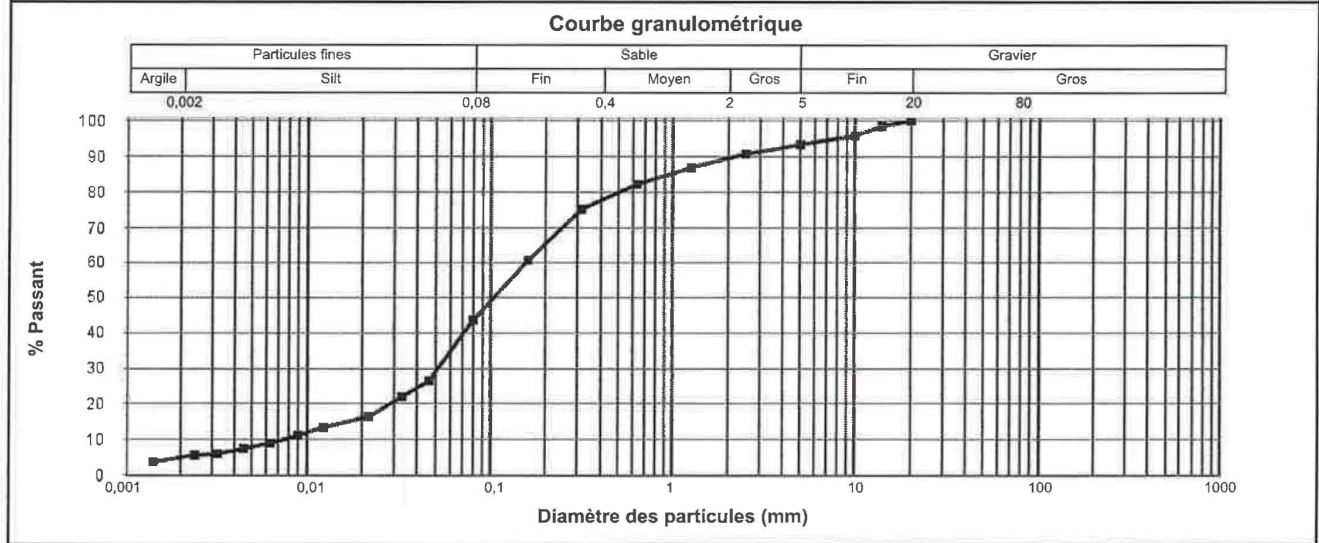
2555, rue Saint-Pierre
 Drummondville (QC) J2C 7Y2
 Téléphone: 819-477-3775
 www.exp.com

**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-3436 |
| | Réf. client : |

| | |
|--------------------------|-----------------------------------|
| Sondage n° : QEEP-25 | Prélevé le : 2013-12-18 par EXP |
| Échantillon : CF-5 | Reçu le : 2014-01-28 |
| Profondeur : 6,1 à 6,7 m | Localisation : Rivière St-Maurice |



| Analyse granulométrique LC 21-040 | | | | Description | |
|-----------------------------------|-------------------------|------------|-------------------------|---------------------------------|---|
| Tamis (mm) | Tamisat %passant mesuré | Tamis (mm) | Tamisat %passant mesuré | | |
| 112 | | 0.0462 | 26,5 | D ₁₀ : | 0,007 mm |
| 80 | | 0.0333 | 22,1 | D ₃₀ : | 0,053 mm |
| 56 | | 0.0216 | 16,3 | D ₆₀ : | 0,156 mm |
| 40 | | 0.0122 | 13,4 | Coefficient d'uniformité (Cu) : | |
| 31,5 | | 0.0089 | 11,3 | Coefficient de courbure (Cc) : | |
| 20 | 100 | 0.0063 | 9,2 | Gravier: | 6 % |
| 14 | 99 | 0.0045 | 7,6 | Sable: | 50 % |
| 10 | 96 | 0.0032 | 5,9 | Silt: | 39 % |
| 5 | 94 | 0.0024 | 5,8 | Argile: | 5 % |
| 2,5 | 91 | 0.0014 | 3,9 | Description : | Sable et silt, traces de gravier, traces d'argile |
| 1,25 | 87 | | | Classification unifiée : | SM |
| 0,630 | 82 | | | | |
| 0,315 | 75 | | | | |
| 0,160 | 61 | | | | |
| 0,080 | 43,7 | | | | |
| | | | | Teneur en eau | LC 21-201 11,0 % |

Remarques :

Vérifié par : Simon Tessier Technicien, coordonnateur
 Approuvé par : Michelle Létourneau, M.Sc.A.
 Date : 2014-01-31



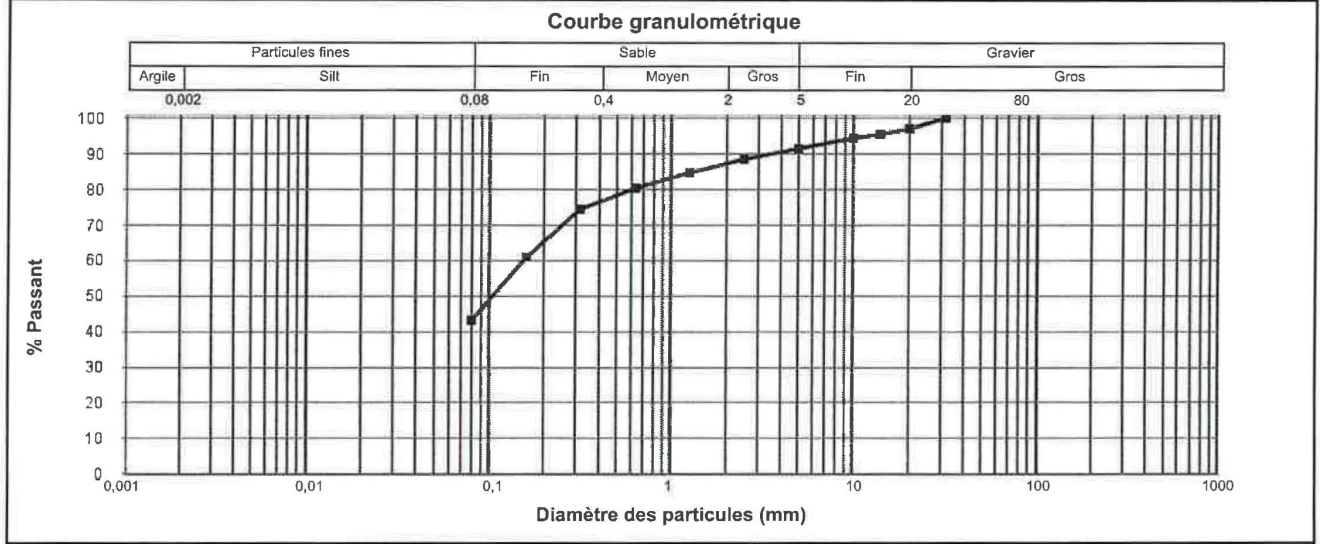
2555, rue Saint-Pierre
 Drummondville (QC) J2C 7Y2
 Téléphone: 819-477-3775
 www.exp.com

**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-3437 |
| | Réf. client : |

| | |
|----------------------------|-----------------------------------|
| Sondage n° : QEEP-25 | Prélevé le : 2013-12-19 par EXP |
| Échantillon : CF-10 | Reçu le : 2014-01-28 |
| Profondeur : 13,7 à 14,3 m | Localisation : Rivière St-Maurice |



| Analyse granulométrique LC 21-040 | | Description | Autres essais | |
|--------------------------------------|----------------------------|--|---------------|-----------------|
| Tamis (mm) | Tamisat %passant mesuré | | Teneur en eau | LC 21-201 11,3% |
| 112 | | D ₁₀ : | | |
| 80 | | D ₃₀ : | | |
| 56 | | D ₆₀ : | 0,155 mm | |
| 40 | | Coefficient d'uniformité (Cu) : | | |
| 31,5 | 100 | Coefficient de courbure (Cc) : | | |
| 20 | 97 | | | |
| 14 | 96 | Gravier: | 9 % | |
| 10 | 94 | Sable: | 48 % | |
| 5 | 91 | Silt et argile: | 43 % | |
| 2,5 | 89 | Description : Sable et silt, traces de gravier | | |
| 1,25 | 85 | | | |
| 0,630 | 80 | Classification unifiée : SM | | |
| 0,315 | 74 | | | |
| 0,160 | 61 | | | |
| 0,080 | 43,3 | | | |

Remarques :

Vérifié par : Simon Tessier
 Technicien, coordonnateur

Approuvé par : Michelle Létourneau Date : 2014-01-30
 Michelle Létourneau, ing., M.Sc.A.



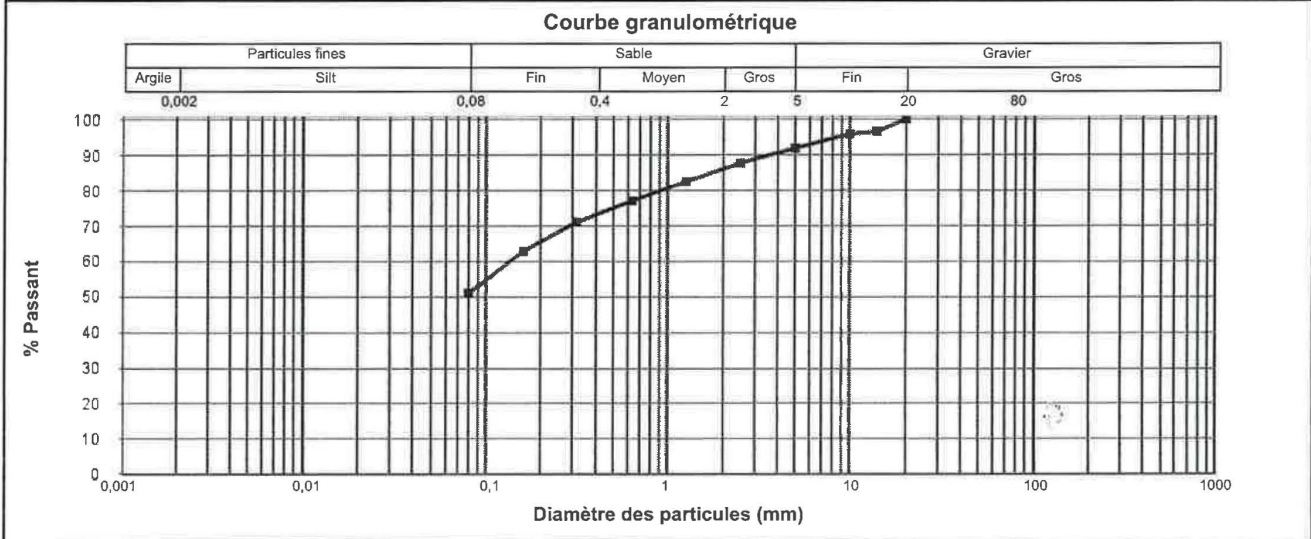
2555, rue Saint-Pierre
 Drummondville (QC) J2C 7Y2
 Téléphone: 819-477-3775
 www.exp.com

**ESSAIS SUR SOLS
 FORAGE ET SONDRAGE**

Certifié: ISO 9001:2008

| | |
|------------------------------|--------------------------------|
| Client : Johnston-Vermette | Dossier n° : PLUS-26280-045500 |
| Projet : Oléoduc Énergie Est | Échantillon n° : DR-3438 |
| | Réf. client : |

| | |
|----------------------------|-----------------------------------|
| Sondage n° : QEEP-27 | Prélevé le : 2014-01-14 par EXP |
| Échantillon : CF-8 | Reçu le : 2014-01-28 |
| Profondeur : 10,3 à 10,9 m | Localisation : Rivière St-Maurice |



| Analyse granulométrique LC 21-040 | | Description | Autres essais | |
|--------------------------------------|----------------------------|---------------------------------|----------------------------------|-----------------|
| Tamis (mm) | Tamisat %passant mesuré | | Teneur en eau | LC 21-201 25,2% |
| 112 | | D ₁₀ : | | |
| 80 | | D ₃₀ : | | |
| 56 | | D ₆₀ : | 0,141 mm | |
| 40 | | Coefficient d'uniformité (Cu) : | | |
| 31,5 | | Coefficient de courbure (Cc) : | | |
| 20 | 100 | | | |
| 14 | 97 | Gravier: | 8 % | |
| 10 | 96 | Sable: | 41 % | |
| 5 | 92 | Silt et argile: | 51 % | |
| 2,5 | 88 | Description : | Silt et sable, traces de gravier | |
| 1,25 | 83 | | | |
| 0,630 | 77 | | | |
| 0,315 | 71 | | | |
| 0,160 | 63 | | | |
| 0,080 | 51,1 | | | |

Remarques :

Vérifié par : Simon Tessier
 Technicien, coordonnateur

Approuvé par : Michelle Létourneau Date : 2014-01-30
 Michelle Létourneau, ing., M.Sc.A.



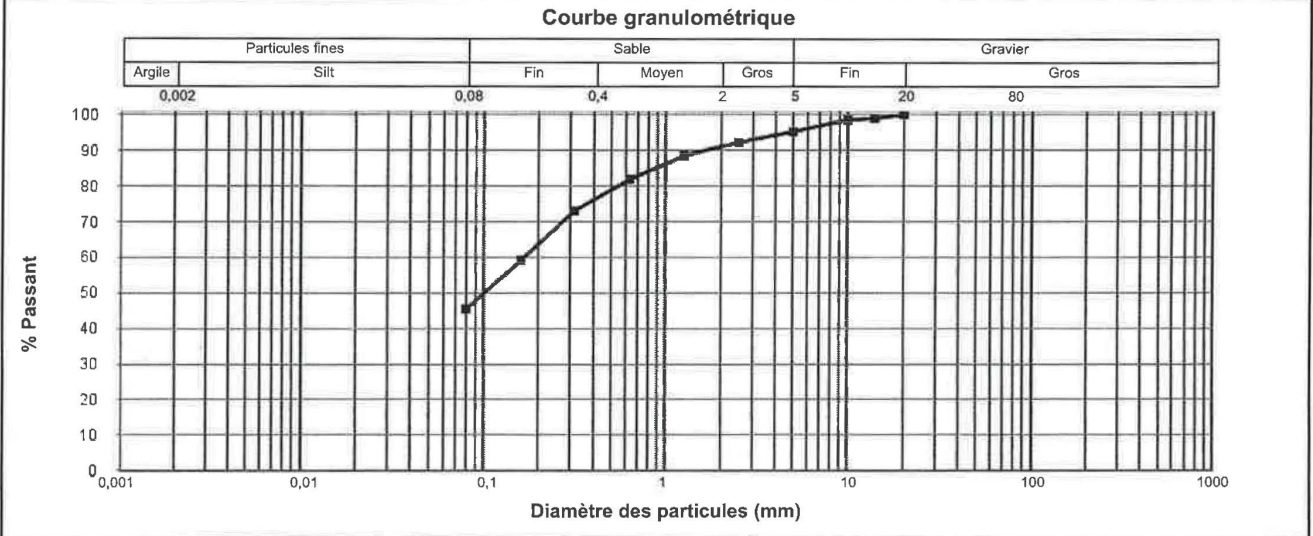
2555, rue Saint-Pierre
 Drummondville (QC) J2C 7Y2
 Téléphone: 819-477-3775
 www.exp.com

**ESSAIS SUR SOLS
 FORAGE ET SONDAGE**

Certifié: ISO 9001:2008

| | |
|------------------------------|--------------------------------|
| Client : Johnston-Vermette | Dossier n° : PLUS-26280-045500 |
| Projet : Oléoduc Énergie Est | Échantillon n° : DR-3477 |
| | Réf. client : |

| | |
|------------------------------|-----------------------------------|
| Sondage n° : QEEP-028 | Prélevé le : 2014-02-03 par EXP |
| Échantillon : CF-13 | Reçu le : 2014-02-13 |
| Profondeur : 19,36 à 19,91 m | Localisation : Rivière St-Maurice |



| Analyse granulométrique LC 21-040 | | Description | Autres essais | |
|--------------------------------------|----------------------------|---------------------------------|----------------------------------|-----------------|
| Tamis (mm) | Tamisat %passant mesuré | | Teneur en eau | LC 21-201 9,7 % |
| 112 | | D ₁₀ : | | |
| 80 | | D ₃₀ : | | |
| 56 | | D ₆₀ : | 0,169 mm | |
| 40 | | Coefficient d'uniformité (Cu) : | | |
| 31,5 | | Coefficient de courbure (Cc) : | | |
| 20 | 100 | Gravier: | 5 % | |
| 14 | 99 | Sable: | 50 % | |
| 10 | 98 | Silt et argile: | 45 % | |
| 5 | 95 | Description : | Sable et silt, traces de gravier | |
| 2,5 | 92 | Classification unifiée : | SM | |
| 1,25 | 88 | | | |
| 0,630 | 82 | | | |
| 0,315 | 73 | | | |
| 0,160 | 59 | | | |
| 0,080 | 45,3 | | | |

Remarques :

Vérifié par : Simon Tessier
 Technicien, coordonnateur

Approuvé par : Michelle Létourneau, ing., M.Sc.A. Date : 2014-02-17