

**Annexe Vol 2-3**  
**Étude de faisabilité – Rivière du Nord**

**Titre du document :** Oléoduc Énergie Est de TransCanada PipeLines  
 Étude préliminaire de faisabilité de traverse par FD  
 Québec : Rivière du Nord

**Numéro du document :** EE4930-STCP-C-RP-0011-Fr

**Numéro de révision :** 0



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



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



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

Numéro de révision	Date de révision A-M-J	Raison de l'émission	Auteur du document (entrepreneur)	Examineur (entrepreneur)	Examineur (entrepreneur)	Approbateur (entrepreneur)
0	2015-02-23	Émis pour information	Bertus Vos	Steve Federko	Gabriel Pop	Chuck Middleton

**MISE EN GARDE**

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

## Déclaration des limitations et qualifications

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

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

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

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

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

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

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

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

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

## Signatures Entec Inc.

Rapport préparé par :

\_\_\_\_\_  
Bertus Vos, ing. jr, CAPM  
Directeur de projets, installations sans tranchée

Rapport révisé par :

\_\_\_\_\_  
Steve Federko, ing.  
Directeur des opérations  
No. OIQ PT01883

## 1. Introduction

Engineering Technology Inc. (Entec) a évalué un projet de traverse par forage directionnel de la rivière du Nord au Québec pour le projet Oléoduc Énergie Est. L'oléoduc projeté est en acier avec un diamètre extérieur de 1 067 mm (42 po). L'information géotechnique a été fournie par la firme Les Services exp inc. En se fondant sur les données géologiques, Entec considère qu'une traverse par FD n'est pas faisable à cet emplacement. La logique menant à cette conclusion est expliquée dans ce rapport.

## 2. Caractéristiques de l'emplacement

### 2.1 Topographie

La traverse est située approximativement à 2 km au nord-ouest de Saint-André-Est, au Québec. La rivière mesure approximativement 140 m de largeur à l'emplacement de la traverse projetée. Le sol est généralement plat des deux côtés de la rivière et les rives sont basses. Il y a un gain d'élévation de 5 m du côté sud de la rivière au côté nord.

### 2.2 Conditions souterraines

L'étude géotechnique menée à l'emplacement de cette traverse consistait en deux forages. Après avoir évalué les deux forages (QEEP-005 et QEEP-006), il a été jugé qu'une traverse par FD n'est pas faisable à cet emplacement. Voir la section 3.2 pour plus de détails. La stratigraphie est présentée dans les tableaux ci-dessous. Le rapport géotechnique final est fourni à l'annexe D.

**Tableau 1. Forage QEEP-005**

Profondeur (m)	Description du sous-sol
1,5	
9,8	Sable silteux/sable graveleux et silt, blocs de 4,6 à 8,7 m

**Tableau 2. Forage QEEP-006**

Profondeur (m)	Description du sous-sol
0	<b>Aucun matériel récupéré</b>
1,5	<b>Couche arable</b>
1,6	<b>Silt</b> , traces d'argile, traces de sable
6,9	<b>Cailloux</b> , possible socle rocheux
7,1	<b>Grès quartzeux</b> , fracturé, oxydé
12,7	<b>Roche</b> , délavée, altérée, fracturée
13,4	<b>Grès</b> , altéré, fracturé, couches poreuses oxydées
26,5	Vide rempli avec du <b>sable quartzeux</b>
26,9	<b>Grès</b> , altéré, fracturé et fissuré, couches sablonneuses
28,4	Fracture ouverte avec <b>nappe artésienne, sable quartzeux</b>
30,2	

### 3. Considérations sur la conception des FD

#### 3.1 Contraintes exercées sur la canalisation

La traverse par FD 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	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	9 137	kPa
Pression d'essai (PE)	11 422	kPa
Rayon minimal	530	m
Rayon de conception	1 200	m

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

### 3.2 Géométrie

Le trou de forage QEEP-006 du côté nord de la rivière a mis à jour un socle rocheux fracturé à 7,3 m de profondeur et une nappe artésienne à 28,4 m. La trajectoire de forage doit demeurer bien au-dessus de la nappe, car il est improbable que la traverse puisse être complétée après l'avoir croisée. Le trou de forage QEEP-005 du côté sud de la rivière a révélé du gravier et des blocs rocheux jusqu'à une profondeur d'au moins 9,8 m, profondeur où on a cessé le forage du trou. Ce matériau doit être isolé à l'aide d'une gaine de forage, ce qui est impossible à faire sans déplacer le forage plus bas, près de la nappe artésienne. Puisque la nappe est profonde dans le socle rocheux fissuré, il est impossible de l'isoler avec une gaine de forage.

Puisque ces obstacles géologiques ne peuvent être contournés en raison de la géométrie nécessaire de la trajectoire de forage, un forage directionnel est jugé infaisable à cet emplacement.

### 3.3 Gaine de forage

Voir le commentaire sur les gaines de forage à la section 3.2.

### 3.4 Dimensions de l'équipement

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

### 3.5 Diamètre du trou de forage

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

### 3.6 Levage et insertion de la canalisation

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

### 3.7 Contrôle de la flottabilité

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

## 4. Faisabilité du FD, 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 suffisamment de résistance au trépan pour lui permettre d'effectuer un changement de direction. À l'intersection de formations plus dures, comme le socle rocheux, une géologie plus dure, des laminations ou des inclusions peuvent empêcher le trépan de répondre aux commandes de direction à un angle d'incidence peu élevé ou le faire dévier hors limite à un angle d'incidence plus élevé. La qualité variable du roc et les zones fortement altérées ou pulvérisées dans le socle rocheux présentes à cet emplacement contribueront au risque de guidage imprécis et de difficultés à respecter les tolérances de guidage. Si des déviations dépassant les tolérances sont mesurées, une courte portion du forage est habituellement forée à nouveau pour permettre d'effectuer des ajustements à la trajectoire du forage. Dans les cas extrêmes, il peut s'avérer nécessaire de forer à nouveau en élargissant le trou et, si nécessaire, de cimenter une partie du forage. Le déplacement de la foreuse à un autre endroit pour reprendre le forage, habituellement dans le même espace de travail, est aussi une possibilité.

### 4.2 Perte de circulation et fuites de fluide

Le risque de perte de fluide est à son niveau le plus élevé pendant le forage du trou pilote, alors que la petite taille du trou de forage entraîne une pression circulatoire plus élevée et que ce trou plus petit peut être bouché plus facilement par les déblais. Le fluide peut se propager dans des failles du socle rocheux, des matériaux meubles déplacés ou le vide entre les matériaux non consolidés. Il y a un risque élevé de perte de fluide à cause de la nature poreuse du sous-sol rocheux hautement fissuré de cet emplacement. 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 fracturation (frac-out).

### 4.3 Instabilité du trou de forage

La qualité variable du roc et la présence de zones fortement altérées ou pulvérisées dans le socle rocheux contribueront au risque d'instabilité du trou de forage et de coincement des outils de forage. Les endroits pouvant contenir du sable, du gravier ou des cailloux peuvent aussi s'avérer problématiques. L'effondrement du trou de forage peut avoir pour conséquence le coincement de l'équipement lors de la procédure de tirage, la perte d'outils ainsi que l'abandon du trou.

## 4.4 Infiltration d'eau

Une grande fracture ouverte contenant une nappe d'eau artésienne a été rencontrée à 28,4 m de profondeur dans le forage QEEP-006. Le socle rocheux fracturé et altéré pourrait créer des chemins entre la nappe d'eau artésienne et la trajectoire de forage, même s'ils sont séparés par plusieurs mètres. En raison de l'espace vertical limité entre le sommet de la nappe artésienne et le lit de la rivière, il est impossible de concevoir une trajectoire de forage avec une profondeur de recouvrement suffisante pour éviter une fracturation au-dessus tout en évitant l'infiltration d'eau dans le trou de forage par le dessous. Dans le cas probable où des courants artésiens significatifs sont rencontrés, on pourrait tenter de réduire l'apport d'eau avec des coulis d'injection. Si l'écoulement ne peut être arrêté, des têtes de circulation peuvent être utilisées pour rediriger l'eau ainsi produite vers l'équipement de nettoyage et d'évacuation. Si la quantité d'eau est importante, le trou de forage peut être cimenté et le projet de FD abandonné. L'entrée d'eau augmenterait aussi l'instabilité du trou de forage et ses risques associés. Le trou de forage produirait probablement de grandes quantités d'eau souterraine mélangée au fluide de forage. Ces conditions nécessiteraient un traitement continu et le remplacement du fluide pendant toute la durée du forage.

Si l'oléoduc était installé avec succès, l'espace annulaire entourant la canalisation devrait être cimenté pour empêcher la migration constante d'eau souterraine vers la surface.

La rencontre de courants artésiens à cet emplacement engendrerait une hausse significative des coûts et un prolongement des échéanciers, ainsi que l'augmentation des risques d'effondrement du trou de forage, d'impacts environnementaux et d'échec de la traverse. Entec considère improbable qu'une traverse de cette taille puisse être complétée tout en gérant des apports d'eau importants, comme ceux rencontrés dans le forage QEEP-006. Sur la base des données de géologie et de géométrie, Entec ne croit pas qu'une trajectoire de forage puisse être conçue de façon à atténuer suffisamment le risque représenté par la nappe artésienne à cet emplacement.

## 4.5 Dommages au revêtement ou à la canalisation

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

## 4.6 Canalisation coincée

Du sable, du silt et du gravier qui se détachent de la paroi sont aussi des causes de coincement de la canalisation. La qualité variable du roc et la présence de zones fortement altérées ou pulvérisées dans le socle rocheux contribueront au risque d'effondrement du trou de forage et limiteront la capacité à nettoyer le trou. Le maintien d'un fluide de forage aux propriétés adéquates pour soutenir un trou de forage ouvert sera difficile, voire impossible, avec les infiltrations d'eau artésienne. Cette situation augmentera de façon significative le risque de coincement ou de bris des outils de forage.

## 4.7 Usure et défaillance des outils de forage

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

## 4.8 Risques environnementaux

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

## 4.9 Autres risques à considérer

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

## 5. Conclusion

La traverse projetée de la rivière du Nord est jugée techniquement infaisable en raison de la présence d'une nappe artésienne observée pendant l'étude géotechnique. Le risque de rencontrer de l'eau artésienne ne peut être suffisamment atténué à cause des contraintes de profondeur de la gaine de forage, de la profondeur de recouvrement requise et du sous-sol rocheux altéré et fracturé. Procéder à une traverse par FD à cet emplacement n'est pas recommandé, car cela entraînerait fort probablement des retards, une hausse des coûts et des impacts environnementaux, ainsi qu'un risque élevé d'échec du projet. En guise d'alternative, un plan préliminaire de traverse en tranchée est inclus à l'annexe C. Une méthode alternative de traverse sans tranchée à cet emplacement fait présentement l'objet d'une évaluation. Un plan final sera émis lors de l'ingénierie détaillée.

# Annexe A

## Sommaire des calculs

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

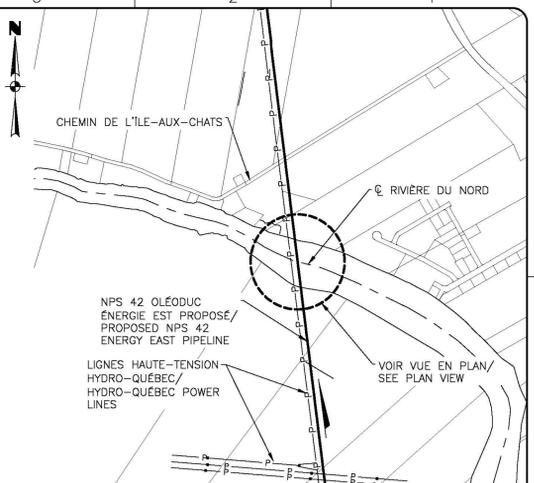
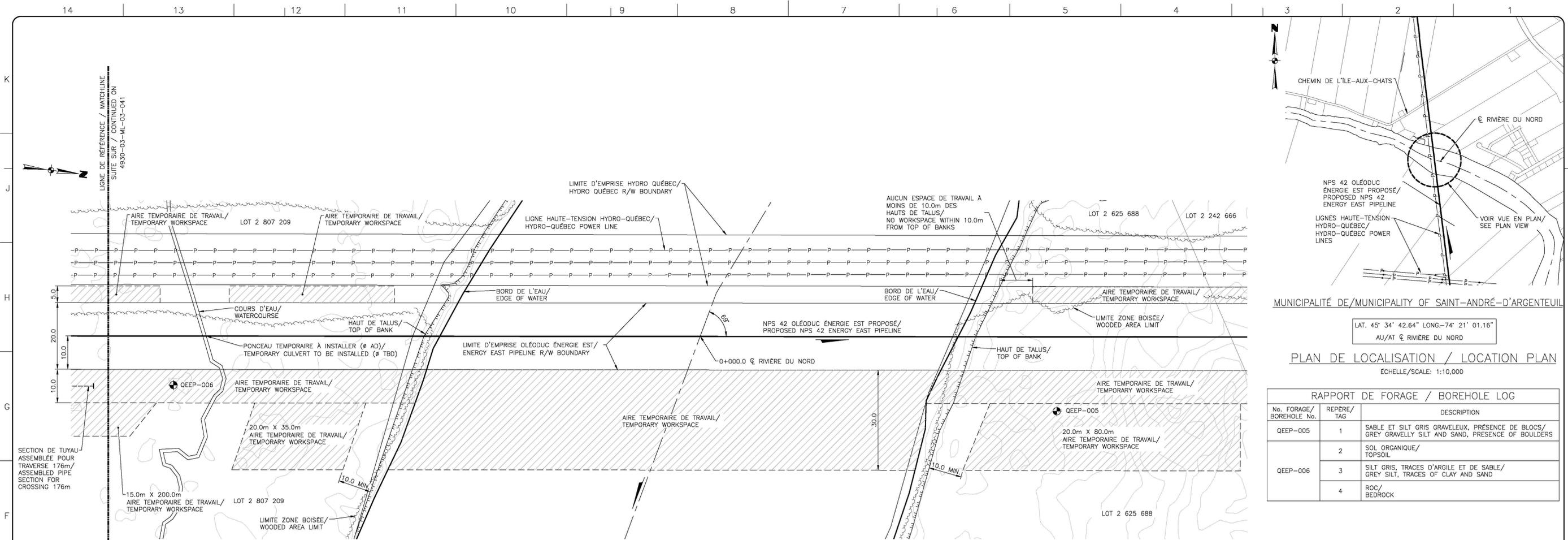
# Annexe B

## Plan de conception

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

# Annexe C

## Plan de traverse alternative



MUNICIPALITÉ DE/MUNICIPALITY OF SAINT-ANDRÉ-D'ARGENTEUIL

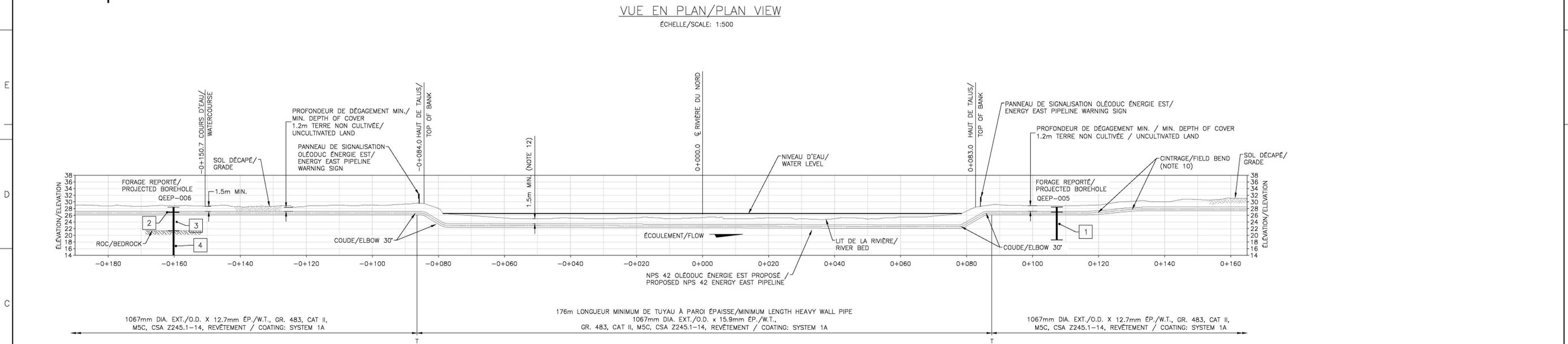
LAT. 45° 34' 42.64" LONG.-74° 21' 01.16"

AU/AT RIVIÈRE DU NORD

PLAN DE LOCALISATION / LOCATION PLAN

ÉCHELLE/SCALE: 1:10,000

RAPPORT DE FORAGE / BOREHOLE LOG		
No. FORAGE/ BOREHOLE No.	REPÈRE/ TAG	DESCRIPTION
QEEP-005	1	SABLE ET SILT GRIS GRAVELEUX, PRÉSENCE DE BLOCS/ GREY GRAVELLY SILT AND SAND, PRESENCE OF BOULDERS
	2	SOL ORGANIQUE/ TOPSOIL
QEEP-006	3	SILT GRIS, TRACES D'ARGILE ET DE SABLE/ GREY SILT, TRACES OF CLAY AND SAND
	4	ROC/ BEDROCK



DESSINS DE RÉFÉRENCE/REFERENCE DRAWINGS		RÉVISION/REVISION		APPROBATION/APPROVAL		INGÉNIEUR/RPT PROFESSIONAL ENGINEER/RPT		PERMIS/APP. ING. PERMIT/ENG. APPROVAL					
DESSIN/DRAWING No	TITRE/TITLE	REV	DATE/DATE	DESCRIPTION/DESCRIPTION	CODE PROJET/ PROJECT CODE	DESSINATEUR/ DRAWER	VERIFICATEUR/ CHECKER	CONCEPTEUR/ DESIGNER	VERIF. CONCEP/ DESIGN CHR.	CHARGE PROJET/ PROJECT MGR.	COMPAGNIE/ COMPANY	DATE/DATE	
4930-03-ML-SK-524F	PANNEAU DE SIGNALISATION POUR OLÉODUC À HAUTE PRESSION/HIGH PRESSURE OIL PIPELINE WARNING SIGN	A	2014-03-31	EMIS POUR RÉVISION (INTERNE JV) / ISSUED FOR REVIEW (INTERNAL JV)	2187445	CS/JCS	JB	NG	JM	GP	JOHNSTON-HEMETTE		
4930-03-ML-SK-517F	DÉTAIL TYPIQUE DE TRANSITION DE TUYAU/TYPICAL PIPE TRANSITION DETAIL	B	2014-04-04	EMIS POUR RÉVISION (INTERNE STANTEC) / ISSUED FOR REVIEW (INTERNAL STANTEC)	2187445	JCS	JB	NG	JM	GP	JOHNSTON-HEMETTE		
4930-03-ML-SK-514F	DESSIN TYPIQUE DE COUDE 30/TYPICAL DRAWING 30 ELBOW DETAIL	C	2014-04-24	EMIS POUR RÉVISION (CLIENT) / ISSUED FOR REVIEW (CLIENT)	2187445	JCS	JB	NG	JM	GP	JOHNSTON-HEMETTE		
STDS-03-ML-05-608F	REMPLAI TRAVERSE DE RIVIÈRE, PROTECTION CONTRE L'ÉROSION/WATERCROSSING BANK EROSION PROTECTION	D	2014-05-14	EMIS POUR INGÉNIEURIE DE BASE / ISSUED FOR FEED	2.226644	JCS	CS	NG	JM	GP	JOHNSTON-HEMETTE		
4930-03-ML-03-041	RIVIÈRE DU NORD - TRAVERSE EN TRANCHÉE (OUVERTE) / TRENCHED CROSSING (OPEN CUT)	E	2014-06-09	RÉEMIS POUR INGÉNIEURIE DE BASE / REISSUED FOR FEED	2.226644	JJ	CS	NG	AB	GP	JOHNSTON-HEMETTE		
		F	2014-12-19	EMIS POUR RÉVISION CLIENT / ISSUED FOR CLIENT REVIEW	2.226644	JCS	CS	NG	AB	GP	JOHNSTON-HEMETTE		
		G	2015-02-11	EMIS POUR INFORMATION / ISSUED FOR INFORMATION	2.226644	MT	CS	NG	AB	GP	JOHNSTON-HEMETTE		

<b>PRÉLIMINAIRE</b> <b>NON POUR CONSTRUCTION/</b> <b>PRELIMINARY ONLY</b> <b>NOT FOR CONSTRUCTION</b>		INGÉNIEUR/RPT PROFESSIONAL ENGINEER/RPT		PERMIS/APP. ING. PERMIT/ENG. APPROVAL	
DATE/DATE		DATE/DATE		DATE/DATE	
REV/REV		DATE/DATE		PERMIS/PERMIT No:	

<b>TransCanada</b>		<b>Stantec</b>	
INFORMATION GÉNÉRALE OLÉODUC ÉNERGIE EST / ENERGY EAST GENERAL INFORMATION PIPELINE			
FIA/FIA 4930	CHANGEMENT/CHANGEMENT 03	DISCIPLINE/DISCIPLINE 03	
RIVIÈRE DU NORD TRAVERSE EN TRANCHÉE (OUVERTE) / TRENCHED CROSSING (OPEN CUT) QUÉBEC			
ÉCH./SCALE T.Q./I.A.S.	DESSIN/DRAWING 4930-03-ML-03-004	REV/REV G	

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

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

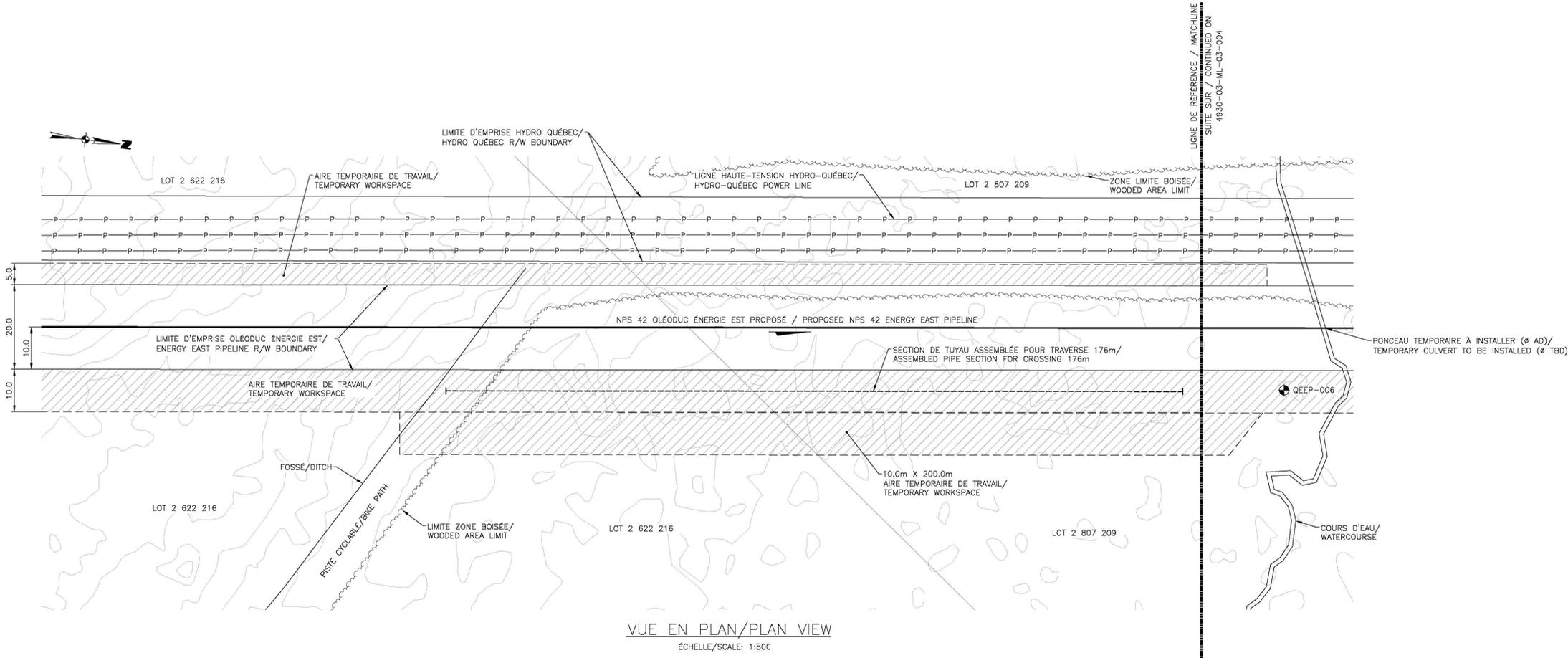
- GESTION DES DÉBLAIS ET REMBLAIS TEMPORAIRES / SOIL PLACEMENT-TEMPORARY:**
- LES PENTES DU DÉBLAIS D'EXCAVATION DOIVENT ÊTRE CONFORMES AUX NORMES TES-DV31-2333 ET TES-PROJ-EXC DE TRANSCANADA ET AUX NORMES LOCALE. / TEMPORARY SPOIL SLOPE FROM EXCAVATION SHALL CONFORM TO TRANSCANADA SPECIFICATIONS TES-DV31-2333,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

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

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

- CONDUITE / LINE PIPE: 1067mm DIA. EXT. / O.D. (NPS 42) x 12.7mm ÉP./W.T. GR. 483, CAT II, MSC CSA 2245.1-14  
 TUYAU À PAROI ÉPASSE / HW PIPE: 1067mm DIA. EXT. / O.D. (NPS 42) x 15.9mm ÉP./W.T. GR. 483, CAT II, MSC CSA 2245.1-14
- TEMPÉRATURE D'OPÉRATION MAX. / MAX. OPERATING TEMPERATURE: 60°C
- TEMPÉRATURE D'OPÉRATION MIN. / MIN. OPERATING TEMPERATURE: -5°C
- TYPE DE JOINT / TYPE OF JOINT: SOUDÉ / WELDED
- REVÊTEMENT CONDUITE / LINE PIPE COATING: SYSTÈME / SYSTEM 1A  
 TUYAU À PAROI ÉPASSE / HW PIPE: SYSTÈME / SYSTEM 1A
- MÉTHODE DE TRAVERSE / CROSSING METHOD: TRANCHEE / TRENCHED
- TEST DE PRESSION MIN. (SECTION DE TRAVERSE)/MIN. TEST PRESSURE (CROSSING SECTION): 11 422 kPa
- PRESSION MAX. D'EXPLOITATION\* / MAX. OPERATING PRESSURE\*: 9 137 kPa
- PRODUIT TRANSPORTÉ / PRODUCT CARRIED: PÉTROLE BRUT / CRUDE OIL

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



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

**DESSINS DE RÉFÉRENCE / REFERENCE DRAWINGS**

DESSIN / DRAWING No	TITRE / TITLE
4930-03-ML-SK-524F	PANNEAU DE SIGNALISATION POUR OLÉODUC À HAUTE PRESSION / HIGH PRESSURE OIL PIPELINE WARNING SIGN
4930-03-ML-SK-517F	DÉTAIL TYPIQUE DE TRANSITION DE TUYAU / TYPICAL PIPE TRANSITION DETAIL
4930-03-ML-SK-514F	DESSIN TYPIQUE DE COUDE 30 / TYPICAL DRAWING 30 ELBOW DETAIL
STDS-03-ML-05-608F	REMBLAI TRAVERSE DE RIVIÈRE, PROTECTION CONTRE L'ÉROSION / WATERCROSSING BANK EROSION PROTECTION
4930-03-ML-03-004	RIVIÈRE DU NORD - TRAVERSE EN TRANCHEE (OUVERTE) / TRENCHED CROSSING (OPEN CUT)

**RÉVISION / REVISION**

REV / REV	DATE / DATE	DESCRIPTION / DESCRIPTION
A	2014-12-19	EMIS POUR RÉVISION CLIENT / ISSUED FOR CLIENT REVIEW
B	2015-02-11	EMIS POUR INFORMATION / ISSUED FOR INFORMATION

**APPROBATION / APPROVAL**

CODE PROJET / PROJECT CODE	DESSINATEUR / DRAFTER	VÉRIFICATEUR / CHECKER	CONCEPTEUR / DESIGNER	VERIF. CONCEP. / DESIGN CHK.	CHARGE PROJET / PROJECT MGR.	COMPAGNIE / COMPANY
2.226644	JCS	CS	NG	AB	GP	JOHNSTON-VERMETTE
2.226644	MT	CS	NG	AB	GP	JOHNSTON-VERMETTE

INGÉNIEUR/RPT / PROFESSIONAL ENGINEER/RPT

PERMIS/APP. ING. / PERMIT/ENG. APPROVAL

DATE/DATE

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

REV/REV DATE/DATE PERMIS/PERMIT No:

**TransCanada**

**Stantec**

JOHNSTON-VERMETTE

INFORMATION GÉNÉRALE OLÉODUC ÉNERGIE EST / ENERGY EAST GENERAL INFORMATION PIPELINE

FIA/FIA 4930 CHAINAGE/CHAINAGE DISCIPLINE/DISCIPLINE 03

RIVIÈRE DU NORD  
 TRAVERSE EN TRANCHEE (OUVERTE) / TRENCHED CROSSING (OPEN CUT)  
 QUÉBEC

ECH/SCALE T.Q./A.S. DESSIN/DRAWING 4930-03-ML-03-041 REV/REV B

# Annexe D

## Information géotechnique

## M1. Rapports de forage

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

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

Borehole N° : QEEP-005  
File N° : PLUS-00026280-045500

Project: Oléoduc Énergie Est - Exploration géotechnique  
Traverses de rivières majeures  
Location: Rivière du Nord  
Driller: Forages S.L.  
Date of borehole: 2014-03-28

Compiled by: M. Létourneau  
Technician: L. Lhémy  
Approved by: V. Boivin  
Report date: 2014-04-23

**Geographic coordinates**  
Latitude: 45.5795°  
Longitude: -74.3502°

**Reference level**  
Géodésique

**Water level**  
Depth: m      Date:  
Depth: m      Date:

Casings: NW  
Core barrel: NQ  
Hammer: Mass: 63.5 kg      Fall: 0.76 m

<b>Type of samples</b> <b>SS:</b> Split spoon <b>TW:</b> Thin wall sampler <b>DC:</b> Diamond rock core <b>AG:</b> Auger <b>MA:</b> Manual	<b>State of samples</b> Remoulded Intact Lost Core	<b>Graphic</b> ▽ : Cu (field vane test) (kPa) ▼ : Cu (Swedish cone) (kPa) ⊗ ⊗ : Absorption (packer test) (Lugeon) ⊙ : Water content (w) I : Limits (wp and wl)	
---	--	---	--

Depth	Geological stratum			Samples					Odor		Tests		Graphic							
				Water	State	Type - No	Rec. %	N / RQD	Weak	Medium	Strong	Tests		Cu	Cu	Nc				
feet m	Elev. Depth	Description	Strat.										20	40	60	80	100			
0.00	28.46	Ground level																		
1		Descente des tubages en destruction jusqu'à 1,5 mètre de profondeur.																		
5	26.94	Sable silteux à sable et silt gris graveleux.																		
2	1.52																			
3		Présence de blocs entre 4,6 et 8,7 mètres de profondeur.																		
10																				
4																				
15																				
5																				
6																				
20																				
7																				
25																				
8																				
9																				
30																				
10	18.63 9.83	Fin du forage à 9,8 mètres de profondeur.																		
35																				

**Remarks:**

NOTE : THIS BOREHOLE RECORD PRESENTS THE SOIL AND GROUNDWATER CONDITIONS INTERPRETED USING CURRENT PRACTICE AND APPLIES ONLY TO THIS BOREHOLE LOCATION AND DATES INDICATED. THIS REPORT MUST NOT BE REPRODUCED, EXCEPT IN FULL, WITHOUT THE WRITTEN CONSENT OF THE LABORATORY.

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

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

**Coordonnées géographiques**  
 Latitude : 45.5771°  
 Longitude : -74.3499°

**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	Strat.	Eau	État	Type - No	Réc. %	N / RQD	FAIBLE	MOYENNE	FORTE	Essais	Cu Cur Nc	20	40	60	80	100
		28.45	Niveau actuel du sol																
		0.00	Descente des tubages en destruction jusqu'à 1,5 mètre de profondeur.																
1																			
5		26.93	Sols organiques.																
		1.52																	
2		26.90	Silt gris, traces d'argile, traces de sable.																
		1.55																	
10																			
3																			
4																			
15																			
5																			
20			Deviens graveleux vers 6,1 mètres de profondeur.																
6																			
7		21.54	Roc possible ou blocs.																
		6.91																	
		21.36	Socle rocheux : Grès quartzique à grain moyen très homogène, gris clair à blanchâtre, parfois oxydé prenant une teinte ocre. Litage horizontal. Lits épais massifs. Horizons fissurés et altérés (oxydés) par endroits résultant en une texture granulaire et causant des fractures mécaniques. Importantes fissures recristallisées en silice (ciment). Fractures naturelles le long de fissures exposant un grès altéré friable et poreux.																
		7.09																	
25																			
8																			
9																			
30																			
10																			
35																			

Remarques :

Prof.		Coupe stratigraphique		Échantillons				Odeur		Essais		Graphique								
pi	m	Élév. Prof.	Description	Strat.	Eau	État	Type - No	Réc. %	N / RQD	FAIBLE	MOYENNE	FORTE	Essais	Cu Cur Nc	20	40	60	80	100	
							CR-8	100	76											
	12		Zone avec multiples fissures subverticales de 12,15 à 12,70 mètres de profondeur.				CR-9	63	18											
	40	15.75 12.70																		
	13		Roc altéré, fracturé, causant un vide sable quartzeux et sédiments lessivés.																	
	45	15.06 13.39	Grès altéré et fissuré à texture granuleuse de 13,39 à 13,59 mètres de profondeur.				CR-10	92	74											
	14																			
	15		Grès altéré, fissuré et fracturé (texture granuleuse) de 14,84 à 15,46 mètres de profondeur.																	
	50																			
	16		Roc généralement sain et peu altéré entre 15,46 et 18,60 m, sauf pour quelques fissures (17,32 à 17,52 et 18,05 et 18,73 m) causant des fractures mécaniques.				CR-11	99	78											
	55																			
	17																			
	18																			
	60						CR-12	100	100											
	19																			
	65																			
	20						CR-13	100	87											
	21		Grès oxydé et fissuré (granuleux) le long du litage entre 20,20 et 20,40 mètres de profondeur. Fissures subverticales entre 20,40 et 20,78 mètres de profondeur.																	
	70																			
	22						CR-14	100	39											
	75		Grès granuleux et poreux de 22,38 à 22,68 mètres de profondeur.																	
	23		Grès fissuré, altéré et partiellement oxydé de 22,95 à 23,16 mètres de profondeur.																	
	80						CR-15	100	70											
	24																			
	80																			
	25		Longue fissure naturelle oxydée de 24,53 à 24,71 m et fissure subverticale de 24,97 à 25,44 mètres de profondeur.																	

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	1.98	À 25,44 m : Le grès devient altéré, oxydé avec horizons plus granuleux et poreux. Couleur du grès blanc-beige à ocre.	-			CR-16	88	63						*						
	26.47	1.60	À 26,24 m : Grès quartzique noir et ocre très altéré. Vide avec sable quartzeux, oxydé sur 38 cm.																		
	26.85		Grès fissuré, fracturé, altéré avec horizons sableux (27,25 à 27,30 m) et oxydés.																		
90	28	0.05	Vide et fracture ouverte. Eau abondante (pression) sable quartzeux.					CR-17	44	25											
95	29	-1.70	Fin du forage à 30,2 mètres de profondeur.												*						
100	30	30.15																			
105	32																				
110	34																				
115	35																				
120	37																				
125	38																				
	39																				

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

**Photographies des carottes de roc (sec) : Rivière Du Nord - Forage QEEP-006**



Photo 1. Forage QEEP-006: boîtes 1 à 3 / 5 (7,09 m à 20,85 m)



Photo 2. Forage QEEP-006: boîtes 4 à 5 / 5 (20,85 m à 30,15 m)

**Photographies des carottes de roc (humide) : Rivière Du Nord - Forage QEEP-006**



Photo 1. Forage QEEP-006: boîtes 1 à 3 / 5 (7,09 m à 20,85 m)



Photo 2. Forage QEEP-006: boîtes 4 à 5 / 5 (20,85 m à 30,15 m)

## **M3. Résultats d'essais in situ**

**Tableau M3.1. Synthèse des résultats d'essais d'eau sous pression en rocher (Rivière Du Nord)**

Forage	Profondeur de l'essai (m)		Élévation de l'essai (m)		RQD (%)	Absorption <sup>1</sup>	
	Haut	Bas	Haut	Bas		(l/min-m)	(Lugeon) <sup>2</sup>
QEEP-006	8,4	13,5	20,1	15,0	18 à 76	1,25	13
	11,9	17,0	16,6	11,5	18 à 78	1,45	9
	16,5	21,6	12,0	6,9	39 à 100	0,49	2
	21,0	26,2	7,5	2,3	39 à 70	2,90	9
	25,6	30,2	2,9	-1,8	25 à 63	3,26	10

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

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

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



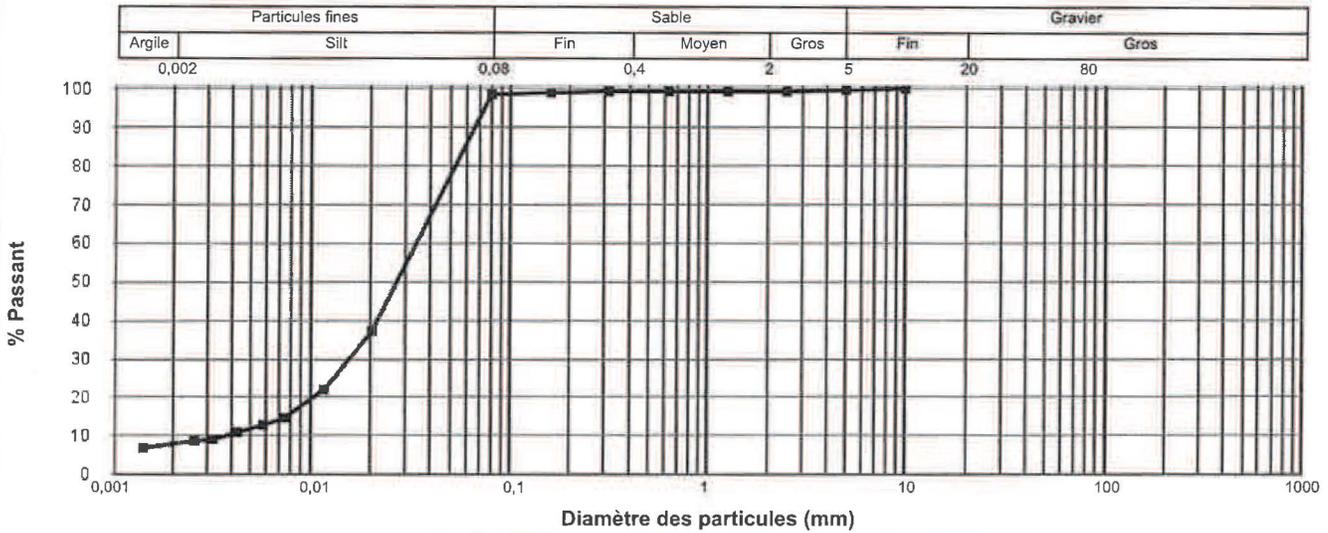
2555, rue Saint-Pierre  
 Drummondville (QC) J2C 7Y2  
 Téléphone: 819-477-3775  
 www.exp.com

**ESSAIS SUR SOLS  
 FORAGE ET SONDAGE**

Certifié ISO 9001:2008

Client : Johnston-Vermette	Dossier n° : PLUS-26280-045500
Projet : Oléoduc Énergie Est	Échantillon n° : DR-3726
	Réf. client :
Sondage n° : QEEP-06	Prélevé le : 2014-03-22 par EXP
Échantillon : CF-3	Reçu le : 2014-04-08
Profondeur : 4,6 à 5,2 m	Localisation : Rivière du Nord

**Courbe granulométrique**



**Analyse granulométrique LC 21-040**

**Description**

Tamis (mm)	Tamisat %passant mesuré	Tamis (mm)	Tamisat %passant mesuré
112		0.0203	37,1
80		0.0117	22,1
56		0.0074	14,5
40		0.0058	12,6
31,5		0.0043	10,7
20		0.0032	8,9
14		0.0026	8,8
10	100	0.0014	6,8
5	100		
2,5	100		
1,25	99		
0,630	99		
0,315	99		
0,160	99		
0,080	98,4		

D <sub>10</sub> :	0,004 mm
D <sub>30</sub> :	0,016 mm
D <sub>60</sub> :	0,043 mm
Coefficient d'uniformité (Cu) :	
Coefficient de courbure (Cc) :	
Gravier:	0 %
Sable:	2 %
Silt:	91 %
Argile:	8 %
Description :	Silt, traces d'argile, traces de sable
Classification unifiée :	
Teneur en eau	LC 21-201 20,6%

Remarques :

Vérifié par : Simon Tessier  
 Simon Tessier  
 Technicien, coordonnateur

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