

Projet Énergie Est

Rapport Complémentaire No.2
Annexe Vol. 1
Mises à jour techniques

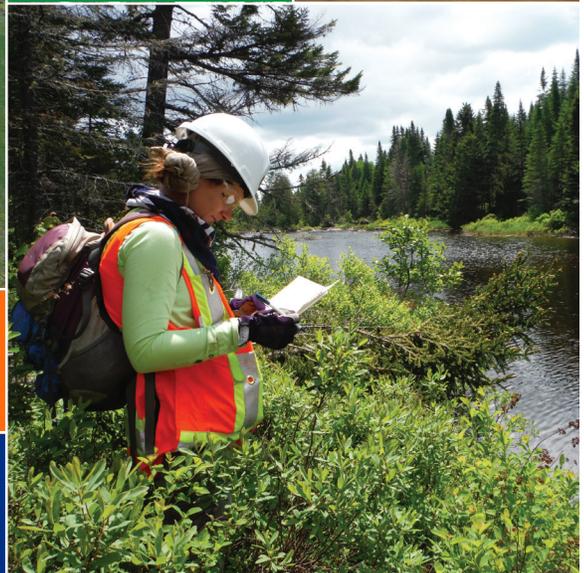
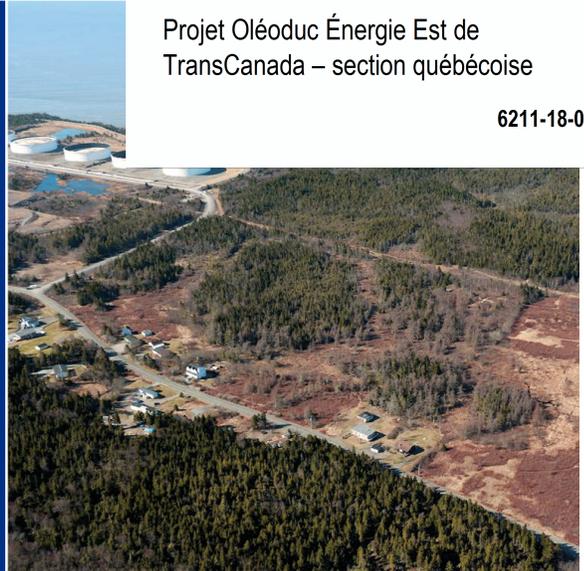
Mars 2015

324

PR5.2.1.1

Projet Oléoduc Énergie Est de
TransCanada – section québécoise

6211-18-018



Remis à:
Le secrétaire
Office national de l'énergie
517 10th Ave SW
Calgary, Alberta T2R 0A8

Annexe 1A-1

Étude de faisabilité du FDH – Salmon River (Nord)

Titre du Document: Projet d'Énergie Est – Segment du Nouveau-Brunswick
Étude de faisabilité du FDH – Salmon River (Nord)

Numéro du Document: EEX4930-CH2MD-A-RP-0034-Fr

Numéro de la Révision: 0

Numéro du Contrat: 12409



CH2M HILL
9189 S. Jamaica St.
Englewood, CO
USA, 80112
Téléphone: (720) 286-3000

Se référer au document principal (version anglaise) «EEX4930-CH2MD-A-RP-0034 Rev0
Salmon River (North) HDD Feasibility Report» pour le sceau professionnel.

No. de la révision	Date de la révision aaaa-mm-jj	Raison de l'émission	Entrepreneur Initiateur	Entrepreneur Revu par	Entrepreneur Approuvé par
0	2015-03-19	Émission pour utilisation	Chelsea Griffiths	Jean-Charles Dessertenne	Brent Goerz

Table des matières

1	Introduction	3
2	Sommaire des technologies sans tranchée	3
3	Paramètres de conception	3
4	Salmon River (Nord).....	5
4.1	Alignement du Forage Directionnel Horizontal	5
4.2	Aire de Travail.....	5
4.3	Sommaire de conception	6
4.4	Revue géotechnique.....	7
4.5	Risques particuliers de la construction	7
5	Sommaire du calendrier FDH.....	9
6	Approvisionnement en eau	9
7	Recommandations.....	10
8	Conclusion	10
9	Documents de référence.....	11
	Annexe A – Sommaire d’analyse des contraintes.....	12
	Annexe B – Sommaire d’analyse des contraintes lors de l’installation.....	13

1 INTRODUCTION

TransCanada Pipelines Limited (TCPL) planifie la construction de l'Oléoduc Énergie Est – Segment du Nouveau-Brunswick à partir de la frontière Est du Québec (approx. située à 20 km à l'est de Dégelis) jusqu'au réservoir de stockage du terminal proposé près de Saint John, Nouveau Brunswick. Le projet d'oléoduc consiste à installer un oléoduc de 42 pouces de diamètre (DN 42) d'une longueur approximative de 411 km (Version du trajet : Rev I). Pour la phase de la planification du projet, TCPL a retenu les services de CCI Inc. (CCI) par l'entremise de CH2M HILL pour faire la planification et le soutien technique de plusieurs installations de l'oléoduc proposé sans tranchée qui font partie des études d'ingénierie et de conception préliminaires (FEED) du projet.

Dans le cadre de ce projet, plusieurs franchissements sont prévus d'être complétés par une technologie de pose sans tranchée. Ce rapport est soumis en tant qu'une évaluation de faisabilité de l'état des sites, incorporant les données géotechniques et l'examen géométrique qui sera réalisé à Salmon River (Nord) selon la méthode de forage directionnel horizontal FDH. Le franchissement par FDH de la Salmon River (Nord) se situe à environs huit kilomètres au nord-est de New Denmark, dans le comté de Victoria.

2 SOMMAIRE DES TECHNOLOGIES SANS TRANCHÉE

CCI a évalué le diamètre de l'oléoduc, la longueur du franchissement et la configuration géométrique et a comparé différentes méthodes de forage sans faire de tranchée. Nous avons choisi la méthode de forage directionnel horizontal puisqu'elle est la plus réalisable en fonction de la taille du tuyau et des conditions géotechniques de la Salmon River (Nord) sur le segment du projet d'Oléoduc Énergie Est au Nouveau-Brunswick.

Le forage directionnel horizontal (FDH) est un processus de forage à partir d'un côté du franchissement jusqu'à l'autre en utilisant une sonde de forage orientable (BHA) d'un diamètre allant de 25,1 cm (9 7/8 po.) à 31,1 cm (12 ¼ po.). Une fois le trou pilote complété, le diamètre du trou pilote sera élargi par une série de passages d'alésage allant jusqu'à un diamètre de 137,1 cm (54 po.), soit 30,5 cm (12 po.) de plus que la dimension du tuyau. Une fois que le trou pilote sera agrandi au diamètre approprié, le tuyau sera installé par la foreuse dans le puits de forage en le tirant à partir du point de sortie du trou pilote jusqu'au point d'entrée.

3 PARAMÈTRES DE CONCEPTION

- a) La directive de conception (PR-227-03110) du Pipeline Research Council International (PRCI), suggérée dans la norme Z662 de la CSA, a été utilisée pour simuler les contraintes telles que la flexion, la circonférence, la tension lors de la traction et la combinaison de tous ces facteurs imposés au tuyau durant et après l'installation et aussi pendant son fonctionnement. Les calculs considèrent le diamètre du tuyau, l'épaisseur de la paroi, les grades d'acier, ainsi que la profondeur et la conception géométrique du franchissement.

- b) Les paramètres de conception relatifs au tracé de la route ou de l'autoroute (qui seront possiblement incorporés au concept principal) permettent une installation à une profondeur minimale en-dessous de la ligne centrale et des bordures de la route qui devrait contribuer à une installation en toute sécurité. Chaque traversée de route est conçue pour minimiser le risque de formation d'un vide/ gouffre tout en réduisant la longueur de FDH.
- c) Les franchissements de cours d'eau ont été conçus en accomplissant une évaluation de la pression annulaire afin de réduire au minimum le risque de fracture hydraulique jusqu'à la surface ou jusqu'à l'étendue d'eau pendant le forage du trou pilote. Les simulations de pression annulaire prennent en compte la pression exercée par le sol situé au-dessus du forage par rapport aux pressions exercées par le liquide durant la phase de forage du trou pilote. Cette information sera fournie sous forme électronique à l'entrepreneur pour être utilisée durant la construction.
- d) Les contraintes d'espace associées aux emprises (ROW), comme les points d'inflexion (PI) et les zones de travail provisoire (TWS) ont aussi été considérées. Dans certains cas, des zones de travail provisoire additionnelles peuvent être demandées pour permettre l'installation des équipements requis sur le chantier. Ces zones de travail provisoire additionnelles (TWS) ont été également ajoutées à certains schémas d'installation du tuyau (pullback) pour faciliter une telle installation.
- e) Les points d'entrée et de sortie ont été identifiés selon la convention du forage utilisé, plutôt que selon la convention du placement du tuyau. Le point d'entrée est l'endroit où la foreuse est placée et où débute généralement les activités de forage. Réciproquement, le point de sortie est l'endroit où la tête de forage sortira du sol et où la section de tuyau sera étalée pour l'installation. Les processus seront expliqués plus en détails dans les notes inscrites sur le schéma approprié, comme l'application d'une «méthode d'intersection» durant la phase du trou pilote ou alors la foreuse devra être déplacée du point d'entrée au point de sortie pour faciliter l'installation du tuyau.
- f) L'angle d'entrée est généralement choisi pour réduire la longueur de forage au minimum et aussi pour réduire le risque de fracture en surface proche du point d'entrée. Ceci exigera probablement un ajustement pour faciliter l'accès au raccordement et devrait être pris en considération.
- g) L'angle de sortie a été choisi pour réduire au minimum la distance de forage et le nombre d'équipements requis pour supporter la section du tuyau pendant l'installation. Dans la plupart des cas, cet angle est de 8 à 10 degrés, ou moins, en fonction de la pente topographique (angle d'incidence [AOI]).

- h) Les dessins ont été conçus en considérant la section du tuyau et selon la configuration disponible. Ces plans seront mis à jour (si nécessaire) selon les besoins de nivellement de l'espace alloué, pour une installation en toute sécurité de la section du tuyau ou de plusieurs sections, une configuration dans une courbe, et/ou des contributions faites par l'entrepreneur pour qu'une conception appropriée à chaque situation soit respectée.
- i) Le rayon de courbure (RDC) choisi pour cette conception est de 1 100 m, ce qui est inférieur au «rayon conventionnel» reconnu par plusieurs entrepreneurs qui serait de 1 280m. ($RDC = 1\,200 \times DN = 1\,200 \times 42 \text{ po.} \times 1 \text{ pi. par } 12 \text{ po.} \times 0,3048\text{m par } 1 \text{ pi.} = 1\,280\text{m}$). Cette formule est souvent utilisée dans l'industrie, cependant ni le matériau de fabrication du tuyau, ni la déformation due à la flexion, ni l'effet combiné des contraintes ou des déformations de la section de tuyau sont pris en compte. Cette convention a été considérée pour le choix du RDC.
- j) De façon générale, les points d'entrée et de sortie ont une zone de travail de 60m par 60m pour permettre l'entreposage du sol, les coupes de nivellement, les espaces provisoires de drainage et l'installation des équipements de forage. Ceci sera réévalué pour assurer le maintien d'une zone de travail suffisante selon les différents sites de construction.

4 SALMON RIVER (NORD)

4.1 Alignement du Forage Directionnel Horizontal

Le FDH proposé à la Salmon River (Nord) est conçu selon un alignement allant du nord-ouest vers le sud-est avec un point d'entrée situé du côté ouest du franchissement et un point de sortie à l'est. La section de tuyau sera étendue dans un emplacement située du côté est. Le numéro du schéma FDH est : 16328-03-ML-03-803.

4.2 Aire de Travail

La section du tuyau sera étendue le long de l'emprise (ROW) identifiée sur les schémas de configuration. Sept (7) tracteurs pose-canalisation (sidebooms) sont prévus pour permettre l'installation de la section de tuyau. Les schémas d'installation sont identifiés par les dessins 16328-03-ML-03-804 et 16328-03-ML-03-805.

4.3 Sommaire de conception

La section suivante résume la conception du franchissement de la Salmon River (Nord) par FDH:

Normes pour les Tuyaux	1 067 mm Diamètre Extérieur x 25,4 mm d'épaisseur, GR. 483 CAT II, M5C CSA Z245.1-14
Choix préliminaire du type de revêtement	System 2B (TES-COAT-FBE)
Température minimale de fonctionnement (°C)	-5
Température maximale de fonctionnement (°C)	60
Angle d'entrée (degrés)	18
Angle de sortie / d'incidence (degrés)	8 / 8
Rayon de courbure (m)	1 100
Longueur (m)	1 238
Diamètre du forage (m)	1,37 (54 po.)
Profondeur maximale sous le franchissement (m)	55
Force de tirage/ installation (livres)	372 000 en tenant compte de la Flottabilité (Buoyancy) et du Facteur de sécurité

Tableau 1: Sommaire de conception

Les calculs de l'évaluation de la force de tirage/installation et de la déformation par FDH suivent les prémisses suivantes:

- a) Les calculs de la force de tirage sont basés sur un simple calcul applicable à une poutrelle pour évaluer le cisaillement, la contrainte de flexion et la déformation axiale. Cette évaluation fait suite à une analyse conservatrice relative à la levée et au support de la section du tuyau pendant l'installation.
- b) Les équipements proposés sur le schéma sont une illustration des équipements prévus pour le projet. Les équipements proposés par l'entrepreneur doivent répondre aux exigences décrites sur le schéma et correspondre à l'expérience de l'entrepreneur.
- c) Nous avons simulé toutes les installations avec une barre d'écartement Proline (PSB) qui permet d'utiliser deux supports de type 'rolli-cradle' pour chaque dispositif de levée. Ceci permet un écartement maximum de 25 mètres entre les supports.
- d) Tous les calculs ont considéré la ligne de remplissage «HDPE» (High Density Polyethylene) exigée par le produit de canalisation pour le maintien de la flottabilité (Buoyancy).
- e) Un facteur de sécurité de 1,5 est appliqué à la force de tirage/installation calculée pour compenser les variations de nos prémisses basées sur le changement de ces dernières durant la construction.

4.4 Revue géotechnique

Une évaluation géotechnique a été complétée en 2014 par Stantec Consulting et les informations sur les puits de sondage ont été fournies. L'information ci-décrite est basée sur le document intitulé: Energy East Project – New Brunswick Segment Geotechnical Report for HDD Crossings Doc. EEX4930-CH2MD-A-RP-0029, Appendix E – Salmon River (North).

Ce document rapporte les informations recueillies sur deux puits de sondage forés jusqu'à une profondeur de 140,5m. Les informations géotechniques recueillies sont résumées ci-dessous:

Le puits de sondage «BH-08», située sur la colline au sud-est de la rivière, identifie une couche de limono-sableux compact d'une épaisseur de 1,5 m près de la surface. Ce puits de sondage révèle un sous-sol rocheux constitué d'ardoise à partir d'une profondeur de 1,5 m qui se poursuit jusqu'à une profondeur de 140,5m. A partir de 63 mètres de profondeur, l'ardoise n'est pas érodée et est considérée de qualité moyenne à excellente.

Le puits de sondage «BH-07», situé sur le côté nord-ouest de la rive (près du point d'entrée du franchissement) révèle des couches de sable limoneux et de gravier mélangé à du sable près de la surface qui recouvrent 33,5 m de till remanié constitué d'argile sablo-limoneux et de gravier. Ce puits de sondage révèle un sous-sol rocheux constitué d'ardoise à partir de 37,5m jusqu'à une profondeur de 42,7m.

Nous avons suggéré que deux puits de sondage supplémentaires soient forés dont un serait situé près du point d'entrée et l'autre près du point de sortie pour planifier le franchissement.

4.5 Risques particuliers de la construction

Ce qui suit concerne les principaux risques associés à la construction selon les données géotechniques et les expériences antécédentes. Les principales stratégies d'atténuation sont aussi identifiées afin de minimiser les complications qui pourraient surgir durant la construction. Ces principaux risques devront être mis à jour une fois que la donnée géotechnique additionnelle sera disponible:

Zone 1: 0m - 160m

Risque:

Le FDH pénètre ici une couche de gravier et de limon-sablonneux avec du gravier. Il existe un risque d'affaissement durant le forage surtout avec les passages d'alésage de plus grand diamètre ainsi qu'un risque probable de fracturation hydraulique de la formation.

Mesure d'atténuation:

L'entrepreneur devra s'assurer que les paramètres du fluide de forage et la pression utilisée permettent de maintenir la stabilité du puits de forage et aussi de réduire au minimum la possibilité d'un échappement de fluide du puits de forage. Le trou de forage est supposé se maintenir en place, cependant l'entrepreneur devra utiliser à plusieurs reprises les outils d'alésage pour déblayer les débris du puits de forage et maintenir une voie d'accès au fluide du côté de l'entrée. Il est possible qu'un cuvelage (casing) soit nécessaire pour atténuer l'instabilité du puits de forage et le rejet de fluide vers la surface. Une fois que le trou de sondage additionnel sera complété à l'entrée, le besoin de cuvelage pourra être réévalué.

Zone 2: 160m - 1 238m

Risque:

Le forage devrait traverser une couche d'ardoise qualifiée variant de très mauvaise à excellente qualité avec la majorité du forage passant au travers d'une ardoise de qualité variant de bonne à excellente. La résistance moyenne à la compression uniaxiale (UCS) est de 74 MPa avec un indice RQD de 80%.

Mesure d'atténuation:

L'entrepreneur devra établir un échancier approprié pour compenser la vitesse ralentie du forage dans une ardoise de forte résistance. L'entrepreneur devrait utiliser une sonde de forage «mud motor» pour percer la formation rocheuse. Les paramètres de fluide de forage seront établis afin d'assurer le retrait des débris de forage et conditionner le puits de forage pour l'alésage et l'installation du tuyau.

Risque:

En raison de la grande taille d'alésages, une grande quantité de débris du puits de forage produite devra être enlevée du trou de forage. Ceci est en accord avec d'autres forages de grand diamètre déjà planifiés et supervisés par CCI et plusieurs mesures d'atténuation peuvent être utilisées dans ces circonstances.

Mesure d'atténuation:

- Les propriétés du fluide de forage pourront être optimisées pour maximiser le transport des débris de forage.
- Des débits élevés de pompage durant les passages d'alésage du FDH augmenteront la vitesse annulaire et la capacité de charge. En raison de l'augmentation du volume annulaire, le risque de fracture hydraulique ne sera pas augmenté.
- Les débits de forage seront enlevés mécaniquement. Cette durée dépendra des conditions de forage.

5 SOMMAIRE DU CALENDRIER FDH

Activité	Durée (jours)
Mobilisation	1
Installation de l'engin de forage	1
Trou pilote	17
Alésage de 76,2 cm (30 po.)	28
Alésage de 106,7 cm (42 po.)	23
Alésage de 121,9cm (48 po.)	20
Alésage de 137,2 cm (54 po.)	28
Conditionnement	1
Tirage/Installation	1
Enlèvement de l'engin de forage	1
Démobilisation	1
Total	122

Tableau 2: Sommaire du calendrier FDH

Hypothèses:

- L'échéancier est basé sur une période de travail de 7 jours par semaine.
- L'échéancier est aussi basé sur une période de travail de 24 heures par jours.
- Niveau normal de production avec un nombre minimal de fractures.

6 APPROVISIONNEMENT EN EAU

Il est prévu que l'eau utilisée pour le forage sera disponible à proximité ou sera transportée par camion sur le site. Les sources d'approvisionnement en eau devraient être vérifiées avant le début des travaux.

7 RECOMMANDATIONS

Les recommandations suivantes décrivent les principales actions à prendre afin d'assurer une progression régulière du projet vers sa phase de construction:

- a) Compléter le forage des puits de sondage additionnels pour confirmer la géologie existante.
- b) Réaliser une évaluation de la constructibilité, incluant des ingénieurs et des entrepreneurs (canalisation et FDH).
- c) Vérifier que toutes les emprises (ROW) et les zones de travail provisoire (TWS), les avis environnementaux et les permis, ainsi que les sites pour l'extraction d'eau et les sites de décharge soient acquis.
- d) Revoir les plans de construction préparés par l'entrepreneur.

8 CONCLUSION

Selon les données fournies, le franchissement de la «Salmon River (Nord)» par FDH est jugé réalisable. Une fois que l'information géotechnique additionnelle sera acquise, cette évaluation sera mise à jour.

9 DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE

Energy East Project – New Brunswick Segment Geotechnical Report for HDD Crossings Doc. EEX4930-CH2MD-A-RP-0029, Appendix E – Salmon River (North)

Pipeline Research Council International (PRCI) (PR-227-03110) – Installation of Pipelines Using Horizontal Directional Drilling – An Engineering Design Guideline

HDD and Pullback Design Drawings – Salmon River (Nord)

Nom du franchissement	Type	Station	Numéro du schéma
Salmon River (Nord)	FDH	34+240.9	16328-03-ML-03-803
Salmon River (Nord)	Support à tuyau	34+240.9	16328-03-ML-03-804
Salmon River (Nord)	Configuration du tuyau	34+240.9	16328-03-ML-03-805

ANNEXE A – SOMMAIRE D’ANALYSE DES CONTRAINTES

Owner: TCPL								
Project: Energy East - New Brunswick								
Date: 30/01/2015								
Calculation Description: Stress Assessment NPS 42 HDD								
Applicable Crossings: SALMON RIVER NORTH								
Completed By: JC		Reviewed By: BG						
Pipe Information			Design Criteria			Crossing Characteristics		
Pipe Diameter (mm)	Pipe W.T. (mm)	Pipe Grade (MPa)	MOP (kPa)	Max. Operating Temperature (°Celsius)	Installation Temperature (°Celsius)	Design Radius (m)	Maximum Depth From Entry Location (m)	HDD Length (m)
1067	25.4	483	8,450	60	-5	1100	64	1238
PRELIMINARY								
<p>The pipe section installed stresses are modelled in 5 sections (exit tangent (5), exit arc (4), bottom tangent (3), entry arc (2), entry tangent (1)) incorporating effects of buoyancy, soil friction, curvature, fluidic drag and pipe weight. Where an additional curve is present on the exit side of the design, the arc and tangent are modelled using an average angle of inclination which is determined based on the average slope from exit arc to exit point. The calculated stresses are evaluated using the AGA method (PRCI). Operating stresses incorporate hoop, bending, tensile, and thermal expansion.</p> <p>Variable Definitions:</p> <p>SMYS - Specified Minimum Yield Strength D - Outer Diameter of Product Pipe E - Young's Modulus (Steel) t - Wall Thickness of Product Pipe</p>								
Tensile Stress:			Allowable Tensile Stress			% of Allowable		
5	16.9 MPa		F(t) = (0.9) * SMYS			3.9%		
4	16.5 MPa		F(t) = 434.7 MPa			3.8%		
3	16.6 MPa					3.8%		
2	19.3 MPa					4.4%		
1	19.9 MPa					4.6%		
Bending Stress:			Allowable Bending Stress			% of Allowable		
5	5.2 MPa		F(b) = [0.84 - (1.74 x SYMS x D / (E x t))] x SMYS			1.6%		
4	145.5 MPa		F(b) = 320.4 MPa			45.4%		
3	5.2 MPa					1.6%		
2	145.5 MPa					45.4%		
1	5.2 MPa					1.6%		
Hoop Stress:			Allowable Hoop Stress			% of Allowable		
5	21.9 MPa		F(h) = [0.88 x E x (t/D) ²] / 1.5			33.0%		
4	26.7 MPa		F(h) = 66.5 MPa			40.1%		
3	26.7 MPa					40.1%		
2	26.7 MPa					40.1%		
1	6.5 MPa					9.8%		
Operating Stresses:			Allowable Shear Stress			% of Allowable		
5	138.7 MPa		F(v) = 45% of SMYS			63.8%		
4	185.5 MPa		F(v) = 217.3 MPa			85.3%		
3	138.7 MPa					63.8%		
2	185.5 MPa					85.3%		
1	139.1 MPa					64.0%		
Combined Stress (Tensile and Bending)						% of Allowable		
5	0.06		Unity Check (<1)			6%		
4	0.49					49%		
3	0.05					5%		
2	0.50					50%		
1	0.06					6%		
Combined Stress (Tensile, Bending, and Hoop)						% of Allowable		
5	0.12		Unity Check (<1)			12%		
4	0.40					40%		
3	0.17					17%		
2	0.41					41%		
1	0.02					2%		
Estimated Pull Force (with Buoyancy Control)								
247,456 lbs			371,184 lbs (including 1.5x Safety Factor)					

ANNEXE B – SOMMAIRE D’ANALYSE DES CONTRAINTES LORS DE L’INSTALLATION

Owner:		TCPL							
Project:		Energy East - New Brunswick							
Date:		30/01/2015							
Calculation Description:		HDD Pipe Pullback Analysis							
Applicable Crossings:		SALMON RIVER NORTH							
Completed By:		JC	Reviewed By:		JT				
Pipe Information				Design Criteria					
Pipe Diameter (mm)	Pipe W.T. (mm)	Pipe Grade (MPa)	Overbend Radius (m)	Total Supported Weight (kg/m)	Maximum Support Spacing (m)	Roller Spacing (m)	Maximum Unsupported Overhang (m)	Estimated Pullforce (lbs)	
1067	25.4	483	600	681.1	25	8	15	371,184	
<p>The pipe pullback is modelled such that the pipe is not over-stressed due to the combination of bending, tensile, and shear stresses throughout the pullback section, both in the spans between supports and at the support locations. The pullback is also modelled such that the supports are not overloaded with the weight of the pipe at any point during the pipe installation, including as the tailing end passes from support to support.</p> <p>Definitions: SMYS - Specified Minimum Yield Strength Overhang - Where Unsupported Tail End of Pipe Extends Beyond Support Full Span - Where Pipe Is Supported Between 2 Supports at Maximum Support Spacing Shown Above</p>									
SUPPORT LOADING									
Vertical Load at Each Boom/Crane Support							% of Support Capacity *		
At Support With Full Span:			24,862 kg	54,821 lbs	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;">54.8%</div>				
At Support With Overhang:			27,243 kg	60,070 lbs					
Longitudinal Load at Each Boom/Crane Support							* based on load capacity of Proline 24" - 48" Rolli-Cradle with spreader bar		
			2724.3 kg	6,007 lbs					
Horizontal Load at Each Boom/Crane Support									
			0 kg	0 lbs					
PIPE STRESS									
Bending Stress				% SMYS	% of Allowable (PRCI)				
At Support With Full Span:			200.5 MPa	41.5%	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;">62.6%</div>				
At Support with Overhanging Pipe:			65.4 MPa	13.5%					
Tensile Stress									
			19.9 MPa	4.1%	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;">4.6%</div>				
Combined Stress (Tensile and Bending)									
			220.4 MPa	45.6%	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;">67%</div>				

Annexe Vol 1A-2
Étude de faisabilité du FDH – Rivière Tobique

Titre du Document: Projet d'Énergie Est – Segment du Nouveau-Brunswick
Étude de faisabilité du FDH – Rivière Tobique

Numéro du Document: EEX4930-CH2MD-A-RP-0035-Fr

Numéro de la Révision: 0

Numéro du Contrat: 12409



CH2M HILL
9189 S. Jamaica St.
Englewood, CO
USA, 80112
Téléphone: (720) 286-3000

Se référer au document principal (version anglaise) «EEX4930-CH2MD-A-RP-0035 Rev0
Tobique River HDD Feasibility Report» pour le sceau professionnel.

No. de la révision	Date de la révision aaaa-mm-jj	Raison de l'émission	Entrepreneur Initiateur	Entrepreneur Revu par	Entrepreneur Approuvé par
0	2015-03-19	Émission pour utilisation	Chelsea Griffiths	Jean-Charles Dessertenne	Brent Goerz

Table des matières

1	Introduction	3
2	Sommaire des technologies sans tranchée	3
3	Paramètres de conception	3
4	Rivière Tobique.....	5
4.1	Alignement du Forage Directionnel Horizontal	5
4.2	Aire de Travail.....	5
4.3	Sommaire de conception	6
4.4	Revue géotechnique.....	7
4.5	Risques particuliers de la construction	7
5	Sommaire du calendrier FDH.....	9
6	Approvisionnement en eau	9
7	Recommandations.....	9
8	Conclusion	10
9	Documents de référence.....	11
	Annexe A – Sommaire d’analyse des contraintes.....	12
	Annexe B – Sommaire d’analyse des contraintes lors de l’installation.....	13

1 INTRODUCTION

TransCanada Pipelines Limited (TCPL) planifie la construction de l'Oléoduc Énergie Est – Segment du Nouveau-Brunswick à partir de la frontière Est du Québec (approx. située à 20 km à l'est de Dégelis) jusqu'au réservoir de stockage du terminal proposé près de Saint John, Nouveau Brunswick. Le projet d'oléoduc consiste à installer un oléoduc de 42 pouces de diamètre (DN 42) d'une longueur approximative de 411 km (Version du trajet : Rev I). Pour la phase de la planification du projet, TCPL a retenu les services de CCI Inc. (CCI) par l'entremise de CH2M HILL pour faire la planification et le soutien technique de plusieurs installations de l'oléoduc proposé sans tranchée qui font partie des études d'ingénierie et de conception préliminaires (FEED) du projet.

Dans le cadre de ce projet, plusieurs franchissements sont prévus d'être complétés par une technologie de pose sans tranchée. Ce rapport est soumis en tant qu'une évaluation de faisabilité de l'état des sites, incorporant les données géotechniques et l'examen géométrique qui sera réalisé à la Rivière Tobique selon la méthode de forage directionnel horizontal FDH. Le franchissement par FDH de la Rivière Tobique se situe à environs quatre kilomètres au nord d'Odell, dans le comté de Victoria.

2 SOMMAIRE DES TECHNOLOGIES SANS TRANCHÉE

CCI a évalué le diamètre de l'oléoduc, la longueur du franchissement et la configuration géométrique et a comparé différentes méthodes de forage sans faire de tranchée. Nous avons choisi la méthode de forage directionnel horizontal puisqu'elle est la plus réalisable en fonction de la taille du tuyau et des conditions géotechniques de la Rivière Tobique sur le segment du projet d'Oléoduc Énergie Est au Nouveau-Brunswick.

Le forage directionnel horizontal (FDH) est un processus de forage à partir d'un côté du franchissement jusqu'à l'autre en utilisant une sonde de forage orientable (BHA) d'un diamètre allant de 25,1 cm (9 7/8 po.) à 31,1 cm (12 ¼ po.). Une fois le trou pilote complété, le diamètre du trou pilote sera élargi par une série de passages d'alésage allant jusqu'à un diamètre de 137,1 cm (54 po.), soit 30,5 cm (12 po.) de plus que la dimension du tuyau. Une fois que le trou pilote sera agrandi au diamètre approprié, le tuyau sera installé par la foreuse dans le puits de forage en le tirant à partir du point de sortie du trou pilote jusqu'au point d'entrée.

3 PARAMÈTRES DE CONCEPTION

- a) La directive de conception (PR-227-03110) du Pipeline Research Council International (PRCI), suggérée dans la norme Z662 de la CSA, a été utilisée pour simuler les contraintes telles que la flexion, la circonférence, la tension lors de la traction et la combinaison de tous ces facteurs imposés au tuyau durant et après l'installation et aussi pendant son fonctionnement. Les calculs considèrent le diamètre du tuyau, l'épaisseur de la paroi, les grades d'acier, ainsi que la profondeur et la conception géométrique du franchissement.

- b) Les paramètres de conception relatifs au tracé de la route ou de l'autoroute (qui seront possiblement incorporés au concept principal) permettent une installation à une profondeur minimale en-dessous de la ligne centrale et des bordures de la route qui devrait contribuer à une installation en toute sécurité. Chaque traversée de route est conçue pour minimiser le risque de formation d'un vide/ gouffre tout en réduisant la longueur de FDH.
- c) Les franchissements de cours d'eau ont été conçus en accomplissant une évaluation de la pression annulaire afin de réduire au minimum le risque de fracture hydraulique jusqu'à la surface ou jusqu'à l'étendue d'eau pendant le forage du trou pilote. Les simulations de pression annulaire prennent en compte la pression exercée par le sol situé au-dessus du forage par rapport aux pressions exercées par le liquide durant la phase de forage du trou pilote. Cette information sera fournie sous forme électronique à l'entrepreneur pour être utilisée durant la construction.
- d) Les contraintes d'espace associées aux emprises (ROW), comme les points d'inflexion (PI) et les zones de travail provisoire (TWS) ont aussi été considérées. Dans certains cas, des zones de travail provisoire additionnelles peuvent être demandées pour permettre l'installation des équipements requis sur le chantier. Ces zones de travail provisoire additionnelles (TWS) ont été également ajoutées à certains schémas d'installation du tuyau (pullback) pour faciliter une telle installation.
- e) Les points d'entrée et de sortie ont été identifiés selon la convention du forage utilisé, plutôt que selon la convention du placement du tuyau. Le point d'entrée est l'endroit où la foreuse est placée et où débute généralement les activités de forage. Réciproquement, le point de sortie est l'endroit où la tête de forage sortira du sol et où la section de tuyau sera étalée pour l'installation. Les processus seront expliqués plus en détails dans les notes inscrites sur le schéma approprié, comme l'application d'une «méthode d'intersection» durant la phase du trou pilote ou alors la foreuse devra être déplacée du point d'entrée au point de sortie pour faciliter l'installation du tuyau.
- f) L'angle d'entrée est généralement choisi pour réduire la longueur de forage au minimum et aussi pour réduire le risque de fracture en surface proche du point d'entrée. Ceci exigera probablement un ajustement pour faciliter l'accès au raccordement et devrait être pris en considération.
- g) L'angle de sortie a été choisi pour réduire au minimum la distance de forage et le nombre d'équipements requis pour supporter la section du tuyau pendant l'installation. Dans la plupart des cas, cet angle est de 8 à 10 degrés, ou moins, en fonction de la pente topographique (angle d'incidence [AOI]).

- h) Les dessins ont été conçus en considérant la section du tuyau et selon la configuration disponible. Ces plans seront mis à jour (si nécessaire) selon les besoins de nivellement de l'espace alloué, pour une installation en toute sécurité de la section du tuyau ou de plusieurs sections, une configuration dans une courbe, et/ou des contributions faites par l'entrepreneur pour qu'une conception appropriée à chaque situation soit respectée.
- i) Le rayon de courbure (RDC) choisi pour cette conception est de 1 100 m, ce qui est inférieur au «rayon conventionnel» reconnu par plusieurs entrepreneurs qui serait de 1 280m. ($RDC = 1\,200 \times DN = 1\,200 \times 42 \text{ po.} \times 1 \text{ pi. par } 12 \text{ po.} \times 0,3048\text{m par } 1 \text{ pi.} = 1\,280\text{m}$). Cette formule est souvent utilisée dans l'industrie, cependant ni le matériau de fabrication du tuyau, ni la déformation due à la flexion, ni l'effet combiné des contraintes ou des déformations de la section de tuyau sont pris en compte. Cette convention a été considérée pour le choix du RDC.
- j) De façon générale, les points d'entrée et de sortie ont une zone de travail de 60m par 60m pour permettre l'entreposage du sol, les coupes de nivellement, les espaces provisoires de drainage et l'installation des équipements de forage. Ceci sera réévalué pour assurer le maintien d'une zone de travail suffisante selon les différents sites de construction.

4 RIVIÈRE TOBIQUE

4.1 Alignement du Forage Directionnel Horizontal

Le FDH proposé à la Rivière Tobique est conçu selon un alignement allant du sud-est vers le nord-ouest avec le point d'entrée situé du côté est de la rivière et le point de sortie du côté ouest. La section du tuyau sera étendue dans un emplacement située du côté ouest. Le numéro du schéma FDH est : 16328-03-ML-03-807.

4.2 Aire de Travail

La section du tuyau sera étendue le long de l'emprise (ROW) identifiée sur les schémas de configuration. Sept (7) tracteurs pose-canalisation (sidebooms) sont prévus pour permettre l'installation de la section de tuyau. Les schémas d'installation sont identifiés sur les dessins 16328-03-ML-03-808 et 16328-03-ML-03-809.

4.3 Sommaire de conception

La section suivante résume la conception du franchissement de la Rivière Tobique par FDH:

Normes pour le Tuyau	1 067 mm Diamètre Extérieur x 25,4 mm d'épaisseur, GR. 483 CAT II, M5C CSA Z245.1-14
Choix préliminaire du type de revêtement	System 2B (TES-COAT-FBE)
Température minimale de fonctionnement (°C)	-5
Température maximale de fonctionnement (°C)	60
Angle d'entrée (degrés)	18
Angle de sortie / d'incidence (degrés)	12 / 7
Rayon de courbure (m)	1 100
Longueur (m)	899
Diamètre du forage (m)	1,37 (54 po.)
Profondeur maximale sous le franchissement (m)	57
Force de tirage/installation (livres)	252 000 en tenant compte de la Flottabilité (Buoyancy) et du Facteur de sécurité

Tableau 1: Sommaire de conception

Les calculs de l'évaluation de la force de tirage/installation et de la déformation par FDH suivent les prémisses suivantes:

- a) Les calculs de la force de tirage sont basés sur un simple calcul applicable à une poutrelle pour évaluer le cisaillement, la contrainte de flexion et la déformation axiale. Cette évaluation fait suite à une analyse conservatrice relative à la levée et au support de la section du tuyau pendant l'installation.
- b) Les équipements proposés sur le schéma sont une illustration des équipements prévus pour le projet. Les équipements proposés par l'entrepreneur doivent répondre aux exigences décrites sur le schéma et correspondre à l'expérience de l'entrepreneur.
- c) Nous avons simulé toutes les installations avec une barre d'écartement Proline (PSB) qui permet d'utiliser deux supports de type 'rolli-cradle' pour chaque dispositif de levée. Ceci permet un écartement maximum de 25 mètres entre les supports.
- d) Tous les calculs ont considéré la ligne de remplissage «HDPE» (High Density Polyethylene) exigée par le produit de canalisation pour le maintien de la flottabilité (Buoyancy).
- e) Un facteur de sécurité de 1,5 est appliqué à la force de tirage/installation calculée pour compenser les variations de nos prémisses basées sur le changement de ces dernières durant la construction.

4.4 Revue géotechnique

Une évaluation géotechnique a été complétée en 2014 par Stantec Consulting et les informations sur les puits de sondage ont été fournies. L'information ci-décrite est basée sur le document intitulé: Energy East Project – New Brunswick Segment Geotechnical Report for HDD Crossings Doc. EEX4930-CH2MD-A-RP-0029, Appendix F – Tobique River.

Ce document rapporte les informations recueillies sur trois puits de sondage forés jusqu'à une profondeur de 46,2m. Les informations géotechniques recueillies sont résumées ci-dessous:

Le puits de sondage «BH-11», situé du côté est de la rivière proche du point d'entrée, révèle des couches de sable, de limon et de gravier. Ce puits de sondage révèle aussi des couches interstratifiées de siltite et de conglomérat allant de 16,9m jusqu'à 35m de profondeur.

Le puits de sondage «BH-10», situé dans une zone inondable, révèle des couches de sable, de limon et de gravier. Le substratum rocheux est constitué de couches interstratifiées de siltite et de grès à partir d'une profondeur de 11m jusqu'à 35,3m.

Le puits de sondage «BH-09», situé sur la rive ouest de la rivière, révèle une couche de gravier avec du sable et de l'argile d'une épaisseur de 7m. A partir de 7,1m de profondeur, le substratum rocheux est constitué de couches interstratifiées de conglomérat, de siltite et de grès jusqu'à une profondeur de 46,2m.

Nous avons suggéré que deux puits de sondage supplémentaires soient forés, un serait situé près du point d'entrée et l'autre près du point de sortie pour mieux planifier le franchissement.

4.5 Risques particuliers de la construction

Ce qui suit concerne les principaux risques associés à la construction selon les données géotechniques et les expériences antécédentes. Les principales stratégies d'atténuation sont aussi identifiées afin de minimiser les complications qui pourraient surgir durant la construction. Ces principaux risques devront être mis à jour une fois que la donnée géotechnique additionnelle sera disponible:

Zone 1: 0m - 50m

Risque:

Cette partie du FDH pénètre des couches diverses de limon, de sable et de gravier. Il existe un risque d'affaissement durant le forage surtout avec les passages d'alésage de plus grand diamètre; il existe également un risque de fracturation hydraulique de la formation.

Mesure d'atténuation:

L'entrepreneur devra s'assurer que les paramètres du fluide de forage et la pression utilisée permettent de maintenir la stabilité du puits de forage et aussi de réduire au minimum la possibilité d'un échappement de fluide du puits de forage. Le trou de forage est supposé se maintenir en place, cependant l'entrepreneur devra utiliser à plusieurs reprises les outils d'alésage pour débayer les débris du puits de forage et maintenir une voie d'accès au fluide du côté de l'entrée. Une fois que le trou de sondage additionnel sera complété à l'entrée, ce risque pourra être réévalué.

Zone 2: 50m - 795m

Risque:

Le forage devrait traverser une formation rocheuse constituée de siltite, qualifiée de très mauvaise à excellente qualité, et de conglomérat interstratifié avec du grès. Les données indiquent une augmentation de la résistance de la siltite avec la profondeur.

Mesure d'atténuation:

L'entrepreneur devra établir un échancier approprié pour compenser la vitesse ralentie du forage dans une ardoise de forte résistance. L'entrepreneur devrait utiliser une sonde de forage «mud motor» pour percer la formation rocheuse. Les paramètres de fluide de forage seront établis afin d'assurer le retrait des débris de forage et conditionner le puits de forage pour l'alésage et l'installation du tuyau.

Zone 3: 795m - 899m

Risque:

Il est prévu que les risques associés à cette zone soient similaires à la zone 1, où on s'attend à ce que le forage pénètre du limon, du sable et du gravier.

Mesure d'atténuation:

L'entrepreneur devra s'assurer que les paramètres du fluide de forage et la pression utilisée permettent de maintenir la stabilité du puits de forage et aussi de réduire au minimum la possibilité d'un échappement de fluide du puits de forage. Le trou de forage est supposé se maintenir en place, cependant l'entrepreneur devra utiliser à plusieurs reprises les outils d'alésage pour débayer les débris du puits de forage et maintenir une voie d'accès au fluide du côté de l'entrée. Une fois que le trou de sondage additionnel sera complété à la sortie, ce risque pourra être réévalué.

5 SOMMAIRE DU CALENDRIER FDH

Activité	Durée (jours)
Mobilisation	1
Installation de l'engin de forage	1
Trou pilote	12
Alésage de 76,2 cm (30 po.)	14
Alésage de 106,7 cm (42 po.)	17
Alésage de 121,9 cm (48 po.)	14
Alésage de 137,2 cm (54 po.)	17
Conditionnement	1
Tirage/Installation	1
Enlèvement de l'engin de forage	1
Démobilisation	1
Total	80

Tableau 2: Sommaire du calendrier FDH

Hypothèses:

- L'échéancier est basé sur une période de travail de 7 jours par semaine.
- L'échéancier est aussi basé sur une période de travail de 24 heures par jours.
- Niveau normal de production avec un nombre minimal de fractures.

6 APPROVISIONNEMENT EN EAU

Il est prévu que l'eau utilisée pour le forage sera disponible à proximité ou sera transportée par camion sur le site. Les sources d'approvisionnement en eau devraient être vérifiées avant le début des travaux.

7 RECOMMANDATIONS

Les recommandations suivantes décrivent les principales actions à prendre afin d'assurer une progression régulière du projet vers sa phase de construction:

- Compléter le forage des puits de sondage additionnels pour confirmer la géologie existante.
- Réaliser une évaluation de la constructibilité, incluant des ingénieurs et des entrepreneurs (canalisation et FDH).
- Vérifier que toutes les emprises (ROW) et les zones de travail provisoire (TWS), les avis environnementaux et les permis, ainsi que les sites pour l'extraction d'eau et les sites de décharge soient acquis.
- Revoir les plans de construction préparés par l'entrepreneur.

8 CONCLUSION

Selon les données fournies, le franchissement de la Rivière Tobique par FDH est jugé réalisable. Une fois que l'information géotechnique additionnelle sera acquise, cette évaluation sera mise à jour.

9 DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE

Energy East Project – New Brunswick Segment Geotechnical Report for HDD Crossings Doc. EEX4930-CH2MD-A-RP-0029, Appendix F – Tobique River.

Pipeline Research Council International (PRCI) (PR-227-03110) – Installation of Pipelines Using Horizontal Directional Drilling – An Engineering Design Guideline

HDD and Pullback Design Drawings – Rivière Tobique

Nom du franchissement	Type	Station	Numéro du schéma
Rivière Tobique	FDH	61+952.0	16328-03-ML-03-807
Rivière Tobique	Support à tuyau	61+952.0	16328-03-ML-03-808
Rivière Tobique	Configuration du tuyau	61+952.0	16328-03-ML-03-809

ANNEXE A – SOMMAIRE D'ANALYSE DES CONTRAINTES

Owner: TCPL								
Project: Energy East - New Brunswick								
Date: 30/01/2015								
Calculation Description: Stress Assessment NPS 42 HDD								
Applicable Crossings: TOBIQUE								
Completed By: JC		Reviewed By: BG						
Pipe Information			Design Criteria			Crossing Characteristics		
Pipe Diameter (mm)	Pipe W.T. (mm)	Pipe Grade (MPa)	MOP (kPa)	Max. Operating Temperature (°Celsius)	Installation Temperature (°Celsius)	Design Radius (m)	Maximum Depth From Entry Location (m)	HDD Length (m)
1067	25.4	483	8,450	60	-5	1100	60	899
PRELIMINARY								
<p>The pipe section installed stresses are modelled in 5 sections (exit tangent (5), exit arc (4), bottom tangent (3), entry arc (2), entry tangent (1)) incorporating effects of buoyancy, soil friction, curvature, fluidic drag and pipe weight. Where an additional curve is present on the exit side of the design, the arc and tangent are modelled using an average angle of inclination which is determined based on the average slope from exit arc to exit point. The calculated stresses are evaluated using the AGA method (PRCI). Operating stresses incorporate hoop, bending, tensile, and thermal expansion.</p> <p>Variable Definitions:</p> <p>SMYS - Specified Minimum Yield Strength D - Outer Diameter of Product Pipe E - Young's Modulus (Steel) t - Wall Thickness of Product Pipe</p>								
Tensile Stress:			Allowable Tensile Stress			% of Allowable		
5	9.2 MPa		F(t) = (0.9) * SMYS			2.1%		
4	9.6 MPa		F(t) = 434.7 MPa			2.2%		
3	9.7 MPa					2.2%		
2	13.1 MPa					3.0%		
1	13.5 MPa					3.1%		
Bending Stress:			Allowable Bending Stress			% of Allowable		
5	5.2 MPa		F(b) = [0.84 - {1.74 x SYMS x D / (E x t)}] x SMYS			1.6%		
4	145.5 MPa		F(b) = 320.4 MPa			45.4%		
3	5.2 MPa					1.6%		
2	145.5 MPa					45.4%		
1	5.2 MPa					1.6%		
Hoop Stress:			Allowable Hoop Stress			% of Allowable		
5	11.9 MPa		F(h) = [0.88 x E x (t/D)^2] / 1.5			18.0%		
4	25.4 MPa		F(h) = 66.5 MPa			38.2%		
3	25.4 MPa					38.2%		
2	25.4 MPa					38.2%		
1	4.5 MPa					6.8%		
Operating Stresses:			Allowable Shear Stress			% of Allowable		
5	138.8 MPa		F(v) = 45% of SMYS			63.9%		
4	185.5 MPa		F(v) = 217.3 MPa			85.3%		
3	138.7 MPa					63.8%		
2	185.5 MPa					85.3%		
1	139.2 MPa					64.1%		
Combined Stress (Tensile and Bending)			Unity Check (<1)			% of Allowable		
5	0.04		Unity Check (<1)			4%		
4	0.48					48%		
3	0.04					4%		
2	0.48					48%		
1	0.05					5%		
Combined Stress (Tensile, Bending, and Hoop)			Unity Check (<1)			% of Allowable		
5	0.04		Unity Check (<1)			4%		
4	0.37					37%		
3	0.15					15%		
2	0.37					37%		
1	0.01					1%		
Estimated PullForce (with Buoyancy Control)								
167,604 lbs			251,405 lbs (including 1.5x Safety Factor)					

ANNEXE B – SOMMAIRE D’ANALYSE DES CONTRAINTES LORS DE L’INSTALLATION

Owner:		TCPL								
Project:		Energy East - New Brunswick								
Date:		30/01/2015								
Calculation Description:		HDD Pipe Pullback Analysis								
Applicable Crossings:		TOBIQUE								
Completed By:		JC	Reviewed By:		JT					
Pipe Information			Design Criteria							
Pipe Diameter (mm)	Pipe W.T. (mm)	Pipe Grade (MPa)	Overbend Radius (m)	Total Supported Weight (kg/m)	Maximum Support Spacing (m)	Roller Spacing (m)	Maximum Unsupported Overhang (m)	Estimated Pullforce (lbs)		
1067	25.4	483	600	681.1	25	8	15	251,405		
<p>The pipe pullback is modelled such that the pipe is not over-stressed due to the combination of bending, tensile, and shear stresses throughout the pullback section, both in the spans between supports and at the support locations. The pullback is also modelled such that the supports are not overloaded with the weight of the pipe at any point during the pipe installation, including as the tailing end passes from support to support.</p> <p>Definitions: SMYS - Specified Minimum Yield Strength Overhang - Where Unsupported Tail End of Pipe Extends Beyond Support Full Span - Where Pipe Is Supported Between 2 Supports at Maximum Support Spacing Shown Above</p>										
SUPPORT LOADING										
Vertical Load at Each Boom/Crane Support							% of Support Capacity *			
At Support With Full Span:			24,271 kg	53,519 lbs	<table border="1"> <tr> <td>53.5%</td> </tr> <tr> <td>60.1%</td> </tr> </table>				53.5%	60.1%
53.5%										
60.1%										
At Support With Overhang:			27,243 kg	60,070 lbs						
Longitudinal Load at Each Boom/Crane Support					* based on load capacity of Proline 24"- 48" Rolli-Cradle with spreader bar					
			2724.3 kg	6,007 lbs						
Horizontal Load at Each Boom/Crane Support										
			0 kg	0 lbs						
PIPE STRESS										
Bending Stress					% SMYS	% of Allowable (PRCI)				
At Support With Full Span:			200.5 MPa	41.5%	<table border="1"> <tr> <td>62.6%</td> </tr> <tr> <td>20.4%</td> </tr> </table>				62.6%	20.4%
62.6%										
20.4%										
At Support with Overhanging Pipe:			65.4 MPa	13.5%						
Tensile Stress										
			14.5 MPa	3.0%	<table border="1"> <tr> <td>3.3%</td> </tr> </table>				3.3%	
3.3%										
Combined Stress (Tensile and Bending)										
			215.0 MPa	44.5%	<table border="1"> <tr> <td>66%</td> </tr> </table>				66%	
66%										

Annexe Vol 1A-3

Étude de faisabilité du FDH – Rivière Coal Creek

Titre du Document: Projet d'Énergie Est – Segment du Nouveau-Brunswick
Étude de faisabilité du FDH – Rivière Coal Creek

Numéro du Document: EEX4930-CH2MD-A-RP-0039-Fr

Numéro de la Révision: 0

Numéro du Contrat: 12409



CH2M HILL
9189 S. Jamaica St.
Englewood, CO
USA, 80112
Téléphone: (720) 286-3000

Se référer au document principal (version anglaise) «EEX4930-CH2MD-A-RP-0039 Rev0
Coal Creek HDD Feasibility Report» pour le sceau professionnel.

No. de la révision	Date de la révision aaaa-mm-jj	Raison de l'émission	Entrepreneur Initiateur	Entrepreneur Revu par	Entrepreneur Approuvé par
0	2015-03-19	Émission pour utilisation	Chelsea Griffiths	Jean-Charles Dessertenne	Brent Goerz

Table des matières

1	Introduction	3
2	Sommaire des technologies sans tranchée	3
3	Paramètres de conception	3
4	Rivière Coal Creek.....	5
4.1	Alignement du Forage Directionnel Horizontal	5
4.2	Aire de Travail.....	5
4.3	Sommaire de conception	6
4.4	Revue géotechnique.....	7
4.5	Risques particuliers de la construction	7
5	Sommaire du calendrier FDH.....	9
6	Approvisionnement en eau	10
7	Recommandations.....	10
8	Conclusion	10
9	Documents de référence.....	11
	Annexe A – Sommaire d’analyse des contraintes.....	12
	Annexe B – Sommaire d’analyse des contraintes lors de l’installation.....	13

1 INTRODUCTION

TransCanada Pipelines Limited (TCPL) planifie la construction de l'Oléoduc Énergie Est – Segment du Nouveau-Brunswick à partir de la frontière Est du Québec (approx. située à 20 km à l'est de Dégelis) jusqu'au réservoir de stockage du terminal proposé près de Saint John, Nouveau-Brunswick. Le projet d'oléoduc consiste à installer un oléoduc de 42 pouces de diamètre (DN 42) d'une longueur approximative de 411 km (Version du trajet : Rev I). Pour la phase de la planification du projet, TCPL a retenu les services de CCI Inc. (CCI) par l'entremise de CH2M HILL pour faire la planification et le soutien technique de plusieurs installations de l'oléoduc proposé sans tranchée qui font partie des études d'ingénierie et de conception préliminaires (FEED) du projet.

Dans le cadre de ce projet, plusieurs franchissements sont prévus d'être complétés par une technologie de pose sans tranchée. Ce rapport est soumis en tant qu'une évaluation de faisabilité de l'état des sites, incorporant les données géotechniques et l'examen géométrique qui sera réalisé à la rivière Coal Creek selon la méthode de forage directionnel horizontal FDH. Le franchissement par FDH de la rivière Coal Creek se situe à environ huit kilomètres au sud-est de Chipman, dans le comté de Queens.

2 SOMMAIRE DES TECHNOLOGIES SANS TRANCHÉE

CCI a évalué le diamètre de l'oléoduc, la longueur du franchissement et la configuration géométrique et a comparé différentes méthodes de forage sans faire de tranchée. Nous avons choisi la méthode de forage directionnel horizontal puisqu'elle est la plus réalisable en fonction de la taille du tuyau et des conditions géotechniques de la rivière Coal Creek sur le segment du projet d'Oléoduc Énergie Est au Nouveau-Brunswick.

Le forage directionnel horizontal (FDH) est un processus de forage à partir d'un côté du franchissement jusqu'à l'autre en utilisant une sonde de forage orientable (BHA) d'un diamètre allant de 25,1 cm (9 7/8 po.) à 31,1 cm (12 ¼ po.). Une fois le trou pilote complété, le diamètre du trou pilote sera élargi par une série de passages d'alésage allant jusqu'à un diamètre de 137,1 cm (54 po.), soit 30,5 cm (12 po.) de plus que la dimension du tuyau. Une fois que le trou pilote sera agrandi au diamètre approprié, le tuyau sera installé par la foreuse dans le puits de forage en le tirant à partir du point de sortie du trou pilote jusqu'au point d'entrée.

3 PARAMÈTRES DE CONCEPTION

- a) La directive de conception (PR-227-03110) du Pipeline Research Council International (PRCI), suggérée dans la norme Z662 de la CSA, a été utilisée pour simuler les contraintes telles que la flexion, la circonférence, la tension lors de la traction et la combinaison de tous ces facteurs imposés au tuyau durant et après l'installation et aussi pendant son fonctionnement. Les calculs considèrent le diamètre du tuyau, l'épaisseur de la paroi, les grades d'acier, ainsi que la profondeur et la conception géométrique du franchissement.

- b) Les franchissements de cours d'eau ont été conçus en accomplissant une évaluation de la pression annulaire afin de réduire au minimum le risque de fracture hydraulique jusqu'à la surface ou jusqu'à l'étendue d'eau pendant le forage du trou pilote. Les simulations de pression annulaire prennent en compte la pression exercée par le sol situé au-dessus du forage par rapport aux pressions exercées par le liquide durant la phase de forage du trou pilote. Cette information sera fournie sous forme électronique à l'entrepreneur pour être utilisée durant la construction.
- c) Les contraintes d'espace associées aux emprises (ROW), comme les points d'inflexion (PI) et les zones de travail provisoire (TWS) ont aussi été considérées. Dans certains cas, des zones de travail provisoire additionnelles peuvent être demandées pour permettre l'installation des équipements requis sur le chantier. Ces zones de travail provisoire additionnelles (TWS) ont été également ajoutées à certains schémas d'installation du tuyau (pullback) pour faciliter une telle installation.
- d) Les points d'entrée et de sortie ont été identifiés selon la convention du forage utilisé, plutôt que selon la convention du placement du tuyau. Le point d'entrée est l'endroit où la foreuse est placée et où débute généralement les activités de forage. Réciproquement, le point de sortie est l'endroit où la tête de forage sortira du sol et où la section de tuyau sera étalée pour l'installation. Les processus seront expliqués plus en détails dans les notes inscrites sur le schéma approprié, comme l'application d'une «méthode d'intersection» durant la phase du trou pilote ou alors la foreuse devra être déplacée du point d'entrée au point de sortie pour faciliter l'installation du tuyau.
- e) L'angle d'entrée est généralement choisi pour réduire la longueur de forage au minimum et aussi pour réduire le risque de fracture en surface proche du point d'entrée. Ceci exigera probablement un ajustement pour faciliter l'accès au raccordement et devrait être pris en considération.
- f) L'angle de sortie a été choisi pour réduire au minimum la distance de forage et le nombre d'équipements requis pour supporter la section du tuyau pendant l'installation. Dans la plupart des cas, cet angle est de 8 à 10 degrés, ou moins, en fonction de la pente topographique (angle d'incidence [AOI]).
- g) Les dessins ont été conçus en considérant la section du tuyau et selon la configuration disponible. Ces plans seront mis à jour (si nécessaire) selon les besoins de nivellement de l'espace alloué, pour une installation en toute sécurité de la section du tuyau ou de plusieurs sections, une configuration dans une courbe, et/ou des contributions faites par l'entrepreneur pour qu'une conception appropriée à chaque situation soit respectée.

- h) Le rayon de courbure (RDC) choisi pour cette conception est de 1 100 m, ce qui est inférieur au «rayon conventionnel» reconnu par plusieurs entrepreneurs qui serait de 1 280m. (RDC = $1\,200 \times DN = 1\,200 \times 42 \text{ po.} \times 1 \text{ pi. par } 12 \text{ po.} \times 0,3048\text{m par } 1 \text{ pi.} = 1\,280\text{m}$). Cette formule est souvent utilisée dans l'industrie, cependant ni le matériau de fabrication du tuyau, ni la déformation due à la flexion, ni l'effet combiné des contraintes ou des déformations de la section de tuyau sont pris en compte. Cette convention a été considérée pour le choix du RDC.
- i) De façon générale, les points d'entrée et de sortie ont une zone de travail de 60m par 60m pour permettre l'entreposage du sol, les coupes de nivellement, les espaces provisoires de drainage et l'installation des équipements de forage. Ceci sera réévalué pour assurer le maintien d'une zone de travail suffisante selon les différents sites de construction.

4 RIVIÈRE COAL CREEK

4.1 Alignement du Forage Directionnel Horizontal

Le FDH proposé à la rivière Coal Creek est conçu selon un alignement allant du nord-ouest vers le sud-est avec un point d'entrée situé du côté nord-ouest du franchissement et un point de sortie situé du côté sud-est. La section du tuyau sera étendue dans un emplacement située du côté sud-est. Le numéro du schéma FDH est : 18194-03-ML-03-805.

4.2 Aire de Travail

La section du tuyau sera étendue le long de l'emprise (ROW) et de la zone de travail provisoire identifiée sur les schémas de configuration. Dix (10) tracteurs pose-canalisation (sidebooms) sont prévus pour permettre l'installation de la section de tuyau. Les schémas d'installation sont identifiés par les dessins 18194-03-ML-03-806 et 18194-03-ML-03-807.

4.3 Sommaire de conception

La section suivante résume la conception du franchissement de la rivière Coal Creek par FDH:

Normes pour les Tuyaux	1 067 mm Diamètre Extérieur x 25,4 mm d'épaisseur, GR. 483 CAT II, M5C CSA Z245.1-14
Choix préliminaire du type de revêtement	System 2B (TES-COAT-FBE)
Température minimale de fonctionnement (°C)	-5
Température maximale de fonctionnement (°C)	60
Angle d'entrée (degrés)	18
Angle de sortie / d'incidence	10 / 10
Rayon de courbure (m)	1 100
Longueur (m)	978
Diamètre du forage (m)	1,37 (54 po.)
Profondeur maximale sous le franchissement (m)	58
Force de tirage/ installation (livres)	305 000 en tenant compte de la Flottabilité (Buoyancy) et du Facteur de sécurité

Tableau 1: Sommaire de conception

Les calculs de l'évaluation de la force de tirage/installation et de la déformation par FDH suivent les prémisses suivantes:

- a) Les calculs de la force de tirage sont basés sur un simple calcul applicable à une poutrelle pour évaluer le cisaillement, la contrainte de flexion et la déformation axiale. Cette évaluation fait suite à une analyse conservatrice relative à la levée et au support de la section du tuyau pendant l'installation.
- b) Les équipements proposés sur le schéma sont une illustration des équipements prévus pour le projet. Les équipements proposés par l'entrepreneur doivent répondre aux exigences décrites sur le schéma et correspondre à l'expérience de l'entrepreneur.
- c) Nous avons simulé toutes les installations avec une barre d'écartement Proline (PSB) qui permet d'utiliser deux supports de type 'rolli-cradle' pour chaque dispositif de levée. Ceci permet un écartement maximum de 25 mètres entre les supports.
- d) Tous les calculs ont considéré la ligne de remplissage «HDPE» (High Density Polyethylene) exigée par le produit de canalisation pour le maintien de la flottabilité (Buoyancy).
- e) Un facteur de sécurité de 1,5 est appliqué à la force de tirage/installation calculée pour compenser les variations de nos prémisses basées sur le changement de ces dernières durant la construction.

4.4 Revue géotechnique

Une évaluation géotechnique a été complétée en 2014 par Stantec Consulting et les informations sur les puits de sondage ont été fournies. L'information ci-décrite est basée selon le document intitulé: Energy East Project – New Brunswick Segment Geotechnical Report for HDD Crossings Doc. EEX4930-CH2MD-A-RP-0029, Appendix I – Coal Creek.

Ce document rapporte les informations recueillies sur deux (2) puits de sondage forés jusqu'à une profondeur de 47,4m. Les informations géotechniques recueillies sont résumées ci-dessous:

Le puits de sondage «BH-16», situé du côté ouest de la rivière, identifie une couche de till formé d'un mélange de gravier-limoneux et de sable d'une épaisseur de 3m près de la surface. Le substratum rocheux est constitué de couches interstratifiées de siltite et de grès à partir d'une profondeur de 3,1m jusqu'à une profondeur de 47,4m. De plus, une couche de charbon d'une épaisseur de 0,6 m a été trouvée à une profondeur de 7,9 m.

Le puits de sondage «BH-18», situé du côté est de la rivière, identifie une couche de till formé d'un mélange de gravier-limoneux et de gravier d'une épaisseur de 1,7m. Ceci repose sur une couche de 10,2 m de siltite caractérisée comme étant de très mauvaise qualité qui a une désignation de qualité de la roche (RQD) de 0%. Le substratum rocheux est constitué de couches interstratifiées de siltite et de grès à partir d'une profondeur de 11,9m jusqu'à une profondeur de 41,6m.

Nous avons suggéré que deux (2) puits de sondage supplémentaires soient forés, un près du point d'entrée et l'autre près du point de sortie pour mieux planifier le franchissement.

4.5 Risques particuliers de la construction

Ce qui suit concerne les principaux risques associés à la construction selon les données géotechniques et les expériences antécédentes. Les principales stratégies d'atténuation sont aussi identifiées afin de minimiser les complications qui pourraient surgir durant la construction. Ces principaux risques devront être mis à jour une fois que la donnée géotechnique additionnelle sera disponible:

Zone 1: 0m - 25m

Risque:

Il est prévu que le FDH pénétrera une couche de 3 m de gravier limoneux ou de sable au point d'entrée. Il existe un risque potentiel d'affaissement près de la surface durant le forage surtout avec les passages d'alésage de plus grand diamètre.

Mesure d'atténuation:

Une fosse d'entrée devra être creusée. La fosse d'entrée est généralement d'une profondeur de 1 à 2 m pour permettre le retour du fluide de forage à l'aide d'une pompe. Cette excavation aura besoin d'une pente suffisante pour empêcher l'affaissement des parois de la fosse. De plus, il est possible qu'une petite longueur de coffrage de surface soit nécessaire. Une fois que le trou de sondage additionnel sera complété à l'entrée, ce risque pourra être réévalué.

Zone 2: 25m - 60m

Risque:

Nous prévoyons aussi que la formation rocheuse de siltite, qualifiée de mauvaise qualité, présente du côté sud-est du franchissement soit aussi présente du côté nord-ouest près du point d'entrée. Il existe aussi un risque qu'un filon de charbon se retrouve à l'interface entre les couches de siltite et de grès. De plus, il existe un risque de perte de fluide à l'intérieur de la masse rocheuse fortement fracturée.

Mesure d'atténuation:

Les propriétés du fluide de forage seront établies afin de s'assurer que les débris puissent être retirés du puits de forage et que la perte de fluide puisse être contenue. Si une zone de perte de circulation est identifiée, l'entrepreneur devra arrêter toutes opérations et placer un bouchon approuvé (en bentonite, fibre de magma, bouchon de trou) avant de poursuivre le forage. S'il arrive qu'il y ait des pertes de fluide durant les passages d'alésage, ce bouchon peut être installé à nouveau.

Zone 3: 60m - 860m

Risque:

En raison de la grande taille d'alésages, une grande quantité de débris du puits de forage sera produite qui devra être enlevée du trou de forage. Ceci est en accord avec d'autres forages de grand diamètre déjà planifiés et supervisés par CCI et plusieurs mesures d'atténuation peuvent être utilisées dans ces circonstances.

Mesure d'atténuation:

- Les propriétés du fluide de forage pourront être optimisées pour maximiser le transport des débris de forage.
- Des débits élevés de pompage durant les passages d'alésage du FDH augmenteront la vitesse annulaire et la capacité de charge. En raison de l'augmentation du volume annulaire, le risque de fracture hydraulique ne sera pas augmenté.
- Les débits de forage seront enlevés mécaniquement. Cette durée dépendra des conditions de forage.

Zone 4: 860m - 978m

Risque:

Cette partie du forage FHD pénètre un sable limoneux compact et une formation rocheuse de siltite qualifiée de mauvaise qualité et très fracturée. Il existe un risque d'effondrement du puits de forage et une zone de perte de circulation surtout sur à travers les dix premiers mètres de la formation de siltite.

Mesure d'atténuation:

L'entrepreneur devra s'assurer que les paramètres du fluide de forage et la pression utilisée soit adapté aux conditions et aussi en s'assurent que la sonde de forage soit complètement sortie du puits. Pour réduire le risque d'effondrement du puits de forage, une excavation peut être creusée pour enlever une partie des matériaux de surface. Une fois que le trou de sondage additionnel sera complété à la sortie, ce risque pourra être réévalué.

5 SOMMAIRE DU CALENDRIER FDH

Activité	Durée (jours)
Mobilisation	1
Installation de l'engin de forage	1
Trou pilote	13
Alésage de 76,2 cm (30 po.)	16
Alésage de 106,7 cm (42 po.)	18
Alésage de 121,9 cm (48 po.)	16
Alésage de 1137,2cm (54 po.)	18
Conditionnement	1
Tirage/Installation	1
Enlèvement de l'engin de forage	1
Démobilisation	1
Total	87

Tableau 2: Sommaire du calendrier FDH

Hypothèses:

- L'échéancier est basé sur une période de travail de 7 jours par semaine.
- L'échéancier est aussi basé sur une période de travail de 24 heures par jours.
- Niveau normal de production avec un nombre minimal de fractures.

6 APPROVISIONNEMENT EN EAU

Il est prévu que l'eau utilisée pour le forage sera disponible à proximité ou sera transportée par camion sur le site. Les sources d'approvisionnement en eau devraient être vérifiées avant le début des travaux.

7 RECOMMANDATIONS

Les recommandations suivantes décrivent les principales actions à prendre qui devraient être complétées afin d'assurer une progression régulière du projet vers sa phase de construction:

- a) Compléter le forage des puits de sondage additionnels pour confirmer la géologie existante.
- b) Réaliser une évaluation de la constructibilité, incluant des ingénieurs et des entrepreneurs (canalisation et FDH).
- c) Vérifier que toutes les emprises (ROW) et les zones de travail provisoire (TWS), les avis environnementaux et les permis, ainsi que les sites pour l'extraction d'eau et les sites de décharge soient acquis.
- d) Revoir les plans de construction préparés par l'entrepreneur.

8 CONCLUSION

Selon les données fournies, le franchissement de la rivière Coal Creek par FDH est jugé réalisable. Une fois que l'information géotechnique additionnelle sera acquise, cette évaluation sera mise à jour.

9 DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE

Energy East Project – New Brunswick Segment Geotechnical Report for HDD Crossings Doc. EEX4930-CH2MD-A-RP-0029, Appendix I – Coal Creek

Pipeline Research Council International (PRCI) (PR-227-03110) – Installation of Pipelines Using Horizontal Directional Drilling – An Engineering Design Guideline

HDD and Pullback Design Drawings – Rivière Coal Creek

Nom du franchissement	Type	Station	Numéro du schéma
Rivière Coal Creek	FDH	3+617.2	18194-03-ML-03-805
Rivière Coal Creek	Support à tuyau	3+617.2	18194-03-ML-03-806
Rivière Coal Creek	Configuration du tuyau	3+617.2	18194-03-ML-03-807

ANNEXE A – SOMMAIRE D'ANALYSE DES CONTRAINTES

Owner: TCPL								
Project: Energy East - New Brunswick								
Date: 13/02/2015								
Calculation Description: Stress Assessment NPS 42 HDD								
Applicable Crossings: COAL CREEK								
Completed By: JC		Reviewed By: BG						
Pipe Information			Design Criteria				Crossing Characteristics	
Pipe Diameter (mm)	Pipe W.T. (mm)	Pipe Grade (MPa)	MOP (kPa)	Max. Operating Temperature (°Celsius)	Installation Temperature (°Celsius)	Design Radius (m)	Maximum Depth From Entry Location (m)	HDD Length (m)
1067	25.4	483	8,450	60	-5	1100	78	978
PRELIMINARY								
The pipe section installed stresses are modelled in 5 sections (exit tangent (5), exit arc (4), bottom tangent (3), entry arc (2), entry tangent (1)) incorporating effects of buoyancy, soil friction, curvature, fluidic drag and pipe weight. Where an additional curve is present on the exit side of the design, the arc and tangent are modelled using an average angle of inclination which is determined based on the average slope from exit arc to exit point. The calculated stresses are evaluated using the AGA method (PRCI). Operating stresses incorporate hoop, bending, tensile, and thermal expansion.								
Variable Definitions:								
SMYS - Specified Minimum Yield Strength								
D - Outer Diameter of Product Pipe								
E - Young's Modulus (Steel)								
t - Wall Thickness of Product Pipe								
Tensile Stress:			Allowable Tensile Stress			% of Allowable		
5	12.7 MPa		F(t) = (0.9)* SMYS			2.9%		
4	12.4 MPa		F(t) = 434.7 MPa			2.8%		
3	12.7 MPa					2.9%		
2	15.1 MPa					3.5%		
1	16.3 MPa					3.8%		
Bending Stress:			Allowable Bending Stress			% of Allowable		
5	5.2 MPa		F(b) = [0.84-{1.74 x SYMS x D/(E x t)}] x SMYS			1.6%		
4	145.5 MPa		F(b) = 320.4 MPa			45.4%		
3	5.2 MPa					1.6%		
2	145.5 MPa					45.4%		
1	5.2 MPa					1.6%		
Hoop Stress:			Allowable Hoop Stress			% of Allowable		
5	21.2 MPa		F(h) = [0.88 x E x (t/D) ²] / 1.5			31.9%		
4	31.6 MPa		F(h) = 66.5 MPa			47.5%		
3	31.6 MPa					47.5%		
2	31.6 MPa					47.5%		
1	12.3 MPa					18.4%		
Operating Stresses:			Allowable Shear Stress			% of Allowable		
5	138.7 MPa		F(v) = 45% of SMYS			63.8%		
4	185.5 MPa		F(v) = 217.3 MPa			85.3%		
3	138.7 MPa					63.8%		
2	185.5 MPa					85.3%		
1	138.8 MPa					63.9%		
Combined Stress (Tensile and Bending)						% of Allowable		
5	0.05		Unity Check (<1)			5%		
4	0.48					48%		
3	0.05					5%		
2	0.49					49%		
1	0.05					5%		
Combined Stress (Tensile, Bending, and Hoop)						% of Allowable		
5	0.11		Unity Check (<1)			11%		
4	0.47					47%		
3	0.23					23%		
2	0.47					47%		
1	0.04					4%		
Estimated Pull Force (with Buoyancy Control)								
203,127 lbs			304,691 lbs (including 1.5x Safety Factor)					

ANNEXE B – SOMMAIRE D'ANALYSE DES CONTRAINTES LORS DE L'INSTALLATION

Owner:			TCPL							
Project:			Energy East - New Brunswick							
Date:			13/02/2015							
Calculation Description:			HDD Pipe Pullback Analysis							
Applicable Crossings:			COAL CREEK							
Completed By:		JC	Reviewed By:		JT					
Pipe Information			Design Criteria							
Pipe Diameter (mm)	Pipe W.T. (mm)	Pipe Grade (MPa)	Overbend Radius (m)	Total Supported Weight (kg/m)	Maximum Support Spacing (m)	Roller Spacing (m)	Maximum Unsupported Overhang (m)	Estimated Pullforce (lbs)		
1067	25.4	483	600	681.1	25	8	15	304,691		
<p>The pipe pullback is modelled such that the pipe is not over-stressed due to the combination of bending, tensile, and shear stresses throughout the pullback section, both in the spans between supports and at the support locations. The pullback is also modelled such that the supports are not overloaded with the weight of the pipe at any point during the pipe installation, including as the tailing end passes from support to support.</p> <p>Definitions:</p> <p>SMYS - Specified Minimum Yield Strength Overhang - Where Unsupported Tail End of Pipe Extends Beyond Support Full Span - Where Pipe Is Supported Between 2 Supports at Maximum Support Spacing Shown Above</p>										
SUPPORT LOADING										
Vertical Load at Each Boom/Crane Support							% of Support Capacity *			
At Support With Full Span:			24,409 kg	53,821 lbs	<table border="1"><tr><td>53.8%</td></tr><tr><td>60.1%</td></tr></table>				53.8%	60.1%
53.8%										
60.1%										
At Support With Overhang:			27,243 kg	60,070 lbs						
Longitudinal Load at Each Boom/Crane Support					* based on load capacity of Proline 24" - 48" Rolli-Cradle with spreader bar					
			2724.3 kg	6,007 lbs						
Horizontal Load at Each Boom/Crane Support										
			97 kg	215 lbs						
PIPE STRESS										
Bending Stress					% SMYS	% of Allowable (PRCI)				
At Support With Full Span:			200.5 MPa	41.5%	<table border="1"><tr><td>62.6%</td></tr><tr><td>20.4%</td></tr></table>				62.6%	20.4%
62.6%										
20.4%										
At Support with Overhanging Pipe:			65.4 MPa	13.5%						
Tensile Stress										
			15.7 MPa	3.3%	<table border="1"><tr><td>3.6%</td></tr></table>				3.6%	
3.6%										
Combined Stress (Tensile and Bending)										
			216.2 MPa	44.8%	<table border="1"><tr><td>66%</td></tr></table>				66%	
66%										

Annexe Vol 1A-4
Étude de faisabilité du FDH – Rivière Canaan

Titre du Document: Projet d'Énergie Est – Segment du Nouveau-Brunswick
Étude de faisabilité du FDH – Rivière Canaan

Numéro du Document: EEX4930-CH2MD-A-RP-0041-Fr

Numéro de la Révision: 0

Numéro du Contrat: 12409



CH2M HILL
9189 S. Jamaica St.
Englewood, CO
USA, 80112
Téléphone: (720) 286-3000

Se référer au document principal (version anglaise) «EEX4930-CH2MD-A-RP-0041
Rev0 Canaan River HDD Feasibility Report» pour le sceau professionnel.

No. de la révision	Date de la révision aaaa-mm-jj	Raison de l'émission	Entrepreneur Initiateur	Entrepreneur Revu par	Entrepreneur Approuvé par
0	2015-03-19	Émission pour utilisation	Chelsea Griffiths	Jean-Charles Dessertenne	Brent Goerz

Table des matières

1	Introduction	3
2	Sommaire des technologies sans tranchée	3
3	Paramètres de conception	3
4	Rivière Canaan.....	5
4.1	Alignement du Forage Directionnel Horizontal	5
4.2	Aire de Travail.....	5
4.3	Sommaire de conception	6
4.4	Revue géotechnique.....	7
4.5	Risques particuliers de la construction	7
5	Sommaire du calendrier FDH.....	8
6	Approvisionnement en eau	9
7	Recommandations.....	9
8	Conclusions	9
9	Documents de référence.....	10
	Annexe A – Sommaire d’analyse des contraintes	11
	Annexe B – Sommaire d’analyse des contraintes lors de l’installation.....	12

1 INTRODUCTION

TransCanada Pipelines Limited (TCPL) planifie la construction de l'Oléoduc Énergie Est – Segment du Nouveau-Brunswick à partir de la frontière Est du Québec (approx. située à 20 km à l'est de Dégelis) jusqu'au réservoir de stockage du terminal proposé près de Saint John, Nouveau-Brunswick. Le projet d'oléoduc consiste à installer un oléoduc de 42 pouces de diamètre (DN 42) d'une longueur approximative de 411 km (Version du trajet : Rev I). Pour la phase de la planification du projet, TCPL a retenu les services de CCI Inc. (CCI) par l'entremise de CH2M HILL pour faire la planification et le soutien technique de plusieurs installations de l'oléoduc proposé sans tranchée qui font partie des études d'ingénierie et de conception préliminaires (FEED) du projet.

Dans le cadre de ce projet, plusieurs franchissements sont prévus d'être complétés par une technologie de pose sans tranchée. Ce rapport est soumis en tant qu'une évaluation de faisabilité de l'état des sites, incorporant les données géotechniques et l'examen géométrique qui sera réalisé à la Rivière Canaan selon la méthode de forage directionnel horizontal FDH. Le franchissement de la Rivière Canaan se situe à environ trois kilomètres au sud-ouest de Phillipstown, dans le comté de Victoria.

2 SOMMAIRE DES TECHNOLOGIES SANS TRANCHÉE

CCI a évalué le diamètre de l'oléoduc, la longueur du franchissement et la configuration géométrique et a comparé différentes méthodes de forage sans faire de tranchée. Nous avons choisi la méthode de forage directionnel horizontal puisqu'elle est la plus réalisable en fonction de la taille du tuyau et des conditions géotechniques de la Rivière Canaan sur le segment du projet Oléoduc Énergie Est au Nouveau-Brunswick.

Le forage directionnel horizontal (FDH) est un processus de forage à partir d'un côté du franchissement jusqu'à l'autre en utilisant une sonde de forage orientable (BHA) d'un diamètre allant de 25,1 cm (9 7/8 po.) à 31,1 cm (12 ¼ po.). Une fois le trou pilote complété, le diamètre du trou pilote sera élargi par une série de passages d'alésage allant jusqu'à un diamètre de 137,1 cm (54 po.), soit 30,5 cm (12 po.) de plus que la dimension du tuyau. Une fois que le trou pilote sera agrandi au diamètre approprié, le tuyau sera installé par la foreuse dans le puits de forage en le tirant à partir du point de sortie du trou pilote jusqu'au point d'entrée.

3 PARAMÈTRES DE CONCEPTION

- a) La directive de conception (PR-227-03110) du Pipeline Research Council International (PRCI), suggérée dans la norme Z662 de la CSA, a été utilisée pour simuler les contraintes telles que la flexion, la circonférence, la tension lors de la traction et la combinaison de tous ces facteurs imposés au tuyau durant et après l'installation et aussi pendant son fonctionnement. Les calculs considèrent le diamètre du tuyau, l'épaisseur de la paroi, les grades d'acier, ainsi que la profondeur et la conception géométrique du franchissement.

- b) Les paramètres de conception relatifs au tracé de la route ou de l'autoroute (qui seront possiblement incorporés au concept principal) permettent une installation à une profondeur minimale en-dessous de la ligne centrale et des bordures de la route qui devrait contribuer à une installation en toute sécurité. Chaque traversée de route est conçue pour minimiser le risque de formation d'un vide/ gouffre tout en réduisant la longueur de FDH.
- c) Les franchissements de cours d'eau ont été conçus en accomplissant une évaluation de la pression annulaire afin de réduire au minimum le risque de fracture hydraulique jusqu'à la surface ou jusqu'à l'étendue d'eau pendant le forage du trou pilote. Les simulations de pression annulaire prennent en compte la pression exercée par le sol situé au-dessus du forage par rapport aux pressions exercées par le liquide durant la phase de forage du trou pilote. Cette information sera fournie sous forme électronique à l'entrepreneur pour être utilisée durant la construction.
- d) Les contraintes d'espace associées aux emprises (ROW), comme les points d'inflexion (PI) et les zones de travail provisoire (TWS) ont aussi été considérées. Dans certains cas, des zones de travail provisoire additionnelles peuvent être demandées pour permettre l'installation des équipements requis sur le chantier. Ces zones de travail provisoire additionnelles (TWS) ont été également ajoutées à certains schémas d'installation du tuyau (pullback) pour faciliter une telle installation.
- e) Les points d'entrée et de sortie ont été identifiés selon la convention du forage utilisé, plutôt que selon la convention du placement du tuyau. Le point d'entrée est l'endroit où la foreuse est placée et où débute généralement les activités de forage. Réciproquement, le point de sortie est l'endroit où la tête de forage sortira du sol et où la section de tuyau sera étalée pour l'installation. Les processus seront expliqués plus en détails dans les notes inscrites sur le schéma approprié, comme l'application d'une «méthode d'intersection» durant la phase du trou pilote ou alors la foreuse devra être déplacée du point d'entrée au point de sortie pour faciliter l'installation du tuyau.
- f) L'angle d'entrée est généralement choisi pour réduire la longueur de forage au minimum et aussi pour réduire le risque de fracture en surface proche du point d'entrée. Ceci exigera probablement un ajustement pour faciliter l'accès au raccordement et devrait être pris en considération.
- g) L'angle de sortie a été choisi pour réduire au minimum la distance de forage et le nombre d'équipements requis pour supporter la section du tuyau pendant l'installation. Dans la plupart des cas, cet angle est de 8 à 10 degrés, ou moins, en fonction de la pente topographique (angle d'incidence [AOI]).

- h) Les dessins ont été conçus en considérant la section du tuyau et selon la configuration disponible. Ces plans seront mis à jour (si nécessaire) selon les besoins de nivellement de l'espace alloué, pour une installation en toute sécurité de la section du tuyau ou de plusieurs sections, une configuration dans une courbe, et/ou des contributions faites par l'entrepreneur pour qu'une conception appropriée à chaque situation soit respectée.
- i) Le rayon de courbure (RDC) choisi pour cette conception est de 1 100 m, ce qui est inférieur au «rayon conventionnel» reconnu par plusieurs entrepreneurs qui serait de 1 280m. ($RDC = 1\,200 \times DN = 1\,200 \times 42 \text{ po.} \times 1 \text{ pi. par } 12 \text{ po.} \times 0,3048\text{m par } 1 \text{ pi.} = 1\,280\text{m}$). Cette formule est souvent utilisée dans l'industrie, cependant ni le matériau de fabrication du tuyau, ni la déformation due à la flexion, ni l'effet combiné des contraintes ou des déformations de la section de tuyau sont pris en compte. Cette convention a été considérée pour le choix du RDC.
- j) De façon générale, les points d'entrée et de sortie ont une zone de travail de 60m par 60m pour permettre l'entreposage du sol, les coupes de nivellement, les espaces provisoires de drainage et l'installation des équipements de forage. Ceci sera réévalué pour assurer le maintien d'une zone de travail suffisante selon les différents sites de construction.

4 RIVIÈRE CANAAN

4.1 Alignement du Forage Directionnel Horizontal

Le FDH proposé à la Rivière Canaan est conçu selon un alignement allant du sud-ouest vers le nord-est avec un point d'entrée situé du côté sud du franchissement et un point de sortie situé du côté nord. La section du tuyau sera étendue dans un emplacement située du côté nord. Le numéro du schéma FDH est : 18194-03-ML-03-813.

4.2 Aire de Travail

La section du tuyau sera étendue le long de l'emprise (ROW) identifiée sur les schémas de configuration. Cinq (5) tracteurs pose-canalisation (sidebooms) sont prévus pour permettre l'installation de la section de tuyau. Les schémas d'installation sont identifiés par les dessins 18194-03-ML-03-814 et 18194-03-ML-03-815.

4.3 Sommaire de conception

La section suivante résume la conception du franchissement de la Rivière Canaan par FDH:

Normes pour les Tuyaux	1 067 mm Diamètre Extérieur x 25,4 mm d'épaisseur, GR. 483 CAT II, M5C CSA Z245.1-14
Choix préliminaire du type de revêtement	System 2B (TES-COAT-FBE)
Température minimale de fonctionnement (°C)	-5
Température maximale de fonctionnement (°C)	60
Angle d'entrée (degrés)	16
Angle de sortie / d'incidence (degrés)	8 / 8
Rayon de courbure (m)	1 100
Longueur (m)	695
Diamètre du forage (m)	1,37 (54 po.)
Profondeur maximale sous le franchissement (m)	33
Force de tirage/installation (livres)	219 000 en tenant compte de la Flottabilité (Buoyancy) et du Facteur de sécurité

Tableau 1: Sommaire de conception

Les calculs de l'évaluation de la force de tirage/installation et de la déformation par FDH suivent les prémisses suivantes:

- a) Les calculs de la force de tirage sont basés sur un simple calcul applicable à une poutrelle pour évaluer le cisaillement, la contrainte de flexion et la déformation axiale. Cette évaluation fait suite à une analyse conservatrice relative à la levée et au support de la section du tuyau pendant l'installation.
- b) Les équipements proposés sur le schéma sont une illustration des équipements prévus pour le projet. Les équipements proposés par l'entrepreneur doivent répondre aux exigences décrites sur le schéma et correspondre à l'expérience de l'entrepreneur.
- c) Nous avons simulé toutes les installations avec une barre d'écartement Proline (PSB) qui permet d'utiliser deux supports de type 'rolli-cradle' pour chaque dispositif de levée. Ceci permet un écartement maximum de 25 mètres entre les supports.
- d) Tous les calculs ont considéré la ligne de remplissage «HDPE» (High Density Polyethylene) exigée par le produit de canalisation pour le maintien de la flottabilité (Buoyancy).
- e) Un facteur de sécurité de 1,5 est appliqué à la force de tirage/installation calculée pour compenser les variations de nos prémisses basées sur le changement de ces dernières durant la construction.

4.4 Revue géotechnique

Une évaluation géotechnique a été complétée en 2014 par Stantec Consulting et les informations sur les puits de sondage ont été fournies. L'information ci-décrite est basée sur le document intitulé: Energy East Project – New Brunswick Segment Geotechnical Report for HDD Crossings Doc. EEX4930-CH2MD-A-RP-0029, Appendix J – Canaan River.

Ce document rapporte les informations recueillies sur un (1) puits de sondage foré jusqu'à une profondeur de 41,5m. Les informations géotechniques recueillies sont résumées ci-dessous:

Le puits de sondage «BH-20A» situé du côté nord de la rivière, près du point d'entrée, identifie une couche en surface formée de sable limoneux mélangée avec du gravier. Ceci repose sur un till sablo-argileux mélangé avec du gravier, décrite comme ayant une consistance variant de très dense à compact, sur une profondeur de 9,5 m. Le substratum rocheux est constitué de couches de grès, de qualité variant de passable à excellente, avec du conglomérat à partir d'une profondeur de 9,5m jusqu'au fond du puits.

Nous avons suggéré que deux (2) puits de sondage supplémentaires soient forés dont un serait situé près de l'entrée et l'autre près de la sortie pour planifier le franchissement.

4.5 Risques particuliers de la construction

Ce qui suit concerne les principaux risques associés à la construction selon les données géotechniques et les expériences antécédentes. Les principales stratégies d'atténuation sont aussi identifiées afin de minimiser les complications qui pourraient surgir durant la construction. Ces principaux risques devront être mis à jour une fois que la donnée géotechnique additionnelle sera disponible:

Zone 1: 0m - 45m

Risque:

Nous prévoyons que le sable argileux mélangé avec un till de gravier retrouvé du côté nord du franchissement soit aussi présent du côté sud près du point d'entrée. Il existe un risque potentiel d'affaissement proche de la surface près du point d'entrée, au cours des alésages du plus grand diamètre ainsi qu'un un risque de fracturation hydraulique de la formation.

Mesure d'atténuation:

L'entrepreneur devra s'assurer que les paramètres du fluide de forage et la pression utilisée permettent de maintenir la stabilité du puits de forage et aussi de réduire au minimum la possibilité d'un échappement de fluide du puits de forage. Le trou de forage est supposé se maintenir en place, cependant l'entrepreneur devra utiliser à plusieurs reprises les outils d'alésage pour déblayer les débris du puits de forage et maintenir une voie d'accès au fluide du côté de l'entrée. Une fois que le trou de sondage additionnel sera complété à l'entrée, ce risque pourra être réévalué.

Zone 2: 45m - 595m

Risque:

Il est possible que le trou de forage principal traverse une couche rocheuse formée de grès et de conglomérat qualifiée de moyenne résistance.

Mesure d'atténuation:

L'entrepreneur devrait utiliser une sonde de forage «mud motor» pour percer la formation rocheuse. Les paramètres de fluide de forage seront établis afin d'assurer le retrait des débris de forage et conditionner le puits de forage pour l'alésage et l'installation du tuyau.

Zone 3: 595m - 695m

Risque:

Cette partie du FDH pénètre un sable argileux mélangé à un till de gravier. Il existe un risque potentiel d'affaissement près de la surface et de fracturation hydraulique proche du point de sortie.

Mesure d'atténuation:

L'entrepreneur devra s'assurer que les paramètres du fluide de forage et la pression utilisée permettent de maintenir la stabilité du puits de forage et aussi de réduire au minimum la possibilité d'un échappement de fluide du puits de forage. Le trou de forage est supposé se maintenir en place, cependant l'entrepreneur devra utiliser à plusieurs reprises les outils d'alésage pour déblayer les débris du puits de forage et maintenir une voie d'accès au fluide du côté de l'entrée.

5 SOMMAIRE DU CALENDRIER FDH

Activité	Durée (jours)
Mobilisation	1
Installation de l'engin de forage	1
Trou pilote	9
Alésage de 76,2cm (30 po.)	10
Alésage de 106,7 cm (42 po.)	11
Alésage de 121,9 cm (48 po.)	10
Alésage de 137,2 cm (54 po.)	11
Conditionnement	1
Tirage/Installation	1
Enlèvement de l'engin de forage	1
Démobilisation	1
Total	57

Tableau 2: Sommaire du calendrier FDH

Hypothèses:

- L'échéancier est basé sur une période de travail de 7 jours par semaine.
- L'échéancier est aussi basé sur une période de travail de 24 heures par jours.
- Niveau normal de production avec un nombre minimal de fractures.

6 APPROVISIONNEMENT EN EAU

Il est prévu que l'eau utilisée pour le forage sera disponible à proximité ou sera transportée par camion sur le site. Les sources d'approvisionnement en eau devraient être vérifiées avant le début des travaux.

7 RECOMMANDATIONS

Les recommandations suivantes décrivent les principales actions à prendre afin d'assurer une progression régulière du projet vers sa phase de construction:

- a) Compléter le forage des puits de sondage additionnels pour confirmer la géologie existante.
- b) Réaliser une évaluation de la constructibilité, incluant des ingénieurs et des entrepreneurs (canalisation et FDH).
- c) Vérifier que toutes les emprises (ROW) et les zones de travail provisoire (TWS), les avis environnementaux et les permis, ainsi que les sites pour l'extraction d'eau et les sites de décharge soient acquis.
- d) Revoir les plans de construction préparés par l'entrepreneur.

8 CONCLUSIONS

Selon les données fournies, le franchissement de la Rivière Canaan par FDH est jugé réalisable. Une fois que l'information géotechnique additionnelle sera acquise, cette évaluation sera mise à jour.

9 DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE

Energy East Project – New Brunswick Segment Geotechnical Report for HDD Crossings Doc. EEX4930-CH2MD-A-RP-0029, Appendix J – Canaan River

Pipeline Research Council International (PRCI) (PR-227-03110) – Installation of Pipelines Using Horizontal Directional Drilling – An Engineering Design Guideline

HDD and Pullback Design Drawings – Rivière Canaan

Nom du franchissement	Type	Station	Numéro du schéma
Rivière Canaan	FDH	24+964.0	18194-03-ML-03-813
Rivière Canaan	Support à tuyau	24+964.0	18194-03-ML-03-814
Rivière Canaan	Configuration du tuyau	24+964.0	18194-03-ML-03-815

ANNEXE A – SOMMAIRE D’ANALYSE DES CONTRAINTES

Owner: TCPL								
Project: Energy East - New Brunswick								
Date: 04/02/2015								
Calculation Description: Stress Assessment NPS 42 HDD								
Applicable Crossings: CANAAN RIVER								
Completed By: JC		Reviewed By: JT						
Pipe Information			Design Criteria			Crossing Characteristics		
Pipe Diameter (mm)	Pipe W.T. (mm)	Pipe Grade (MPa)	MOP (kPa)	Max. Operating Temperature (°Celsius)	Installation Temperature (°Celsius)	Design Radius (m)	Maximum Depth From Entry Location (m)	HDD Length (m)
1067	25.4	483	8,450	60	-5	1100	44	695
PRELIMINARY								
<p>The pipe section installed stresses are modelled in 5 sections (exit tangent (5), exit arc (4), bottom tangent (3), entry arc (2), entry tangent (1)) incorporating effects of buoyancy, soil friction, curvature, fluidic drag and pipe weight. Where an additional curve is present on the exit side of the design, the arc and tangent are modelled using an average angle of inclination which is determined based on the average slope from exit arc to exit point. The calculated stresses are evaluated using the AGA method (PRCI). Operating stresses incorporate hoop, bending, tensile, and thermal expansion.</p>								
Variable Definitions:								
SMYS - Specified Minimum Yield Strength D - Outer Diameter of Product Pipe E - Young's Modulus (Steel) t - Wall Thickness of Product Pipe								
Tensile Stress:			Allowable Tensile Stress			% of Allowable		
5	9.5 MPa		F(t) = (0.9)* SMYS			2.2%		
4	9.3 MPa		F(t) = 434.7 MPa			2.1%		
3	9.3 MPa					2.1%		
2	11.6 MPa					2.7%		
1	11.7 MPa					2.7%		
Bending Stress:			Allowable Bending Stress			% of Allowable		
5	5.2 MPa		F(b) = [0.84-{1.74 x SYMS x D/(E x t)}] x SMYS			1.6%		
4	145.5 MPa		F(b) = 320.4 MPa			45.4%		
3	5.2 MPa					1.6%		
2	145.5 MPa					45.4%		
1	5.2 MPa					1.6%		
Hoop Stress:			Allowable Hoop Stress			% of Allowable		
5	13.5 MPa		F(h)= [0.88 x E x (t/D) ²] / 1.5			20.4%		
4	19.6 MPa		F(h) = 66.5 MPa			29.5%		
3	19.6 MPa					29.5%		
2	19.6 MPa					29.5%		
1	1.2 MPa					1.8%		
Operating Stresses:			Allowable Shear Stress			% of Allowable		
5	138.8 MPa		F(v) = 45% of SMYS			63.9%		
4	185.5 MPa		F(v) = 217.3 MPa			85.3%		
3	138.7 MPa					63.8%		
2	185.5 MPa					85.3%		
1	139.7 MPa					64.3%		
Combined Stress (Tensile and Bending)						% of Allowable		
5	0.04		Unity Check (<1)			4%		
4	0.48					48%		
3	0.04					4%		
2	0.48					48%		
1	0.04					4%		
Combined Stress (Tensile, Bending, and Hoop)						% of Allowable		
5	0.04		Unity Check (<1)			4%		
4	0.29					29%		
3	0.09					9%		
2	0.30					30%		
1	0.00					0%		
Estimated PullForce (with Buoyancy Control)								
145,946 lbs			218,918 lbs			(including 1.5x Safety Factor)		

ANNEXE B – SOMMAIRE D’ANALYSE DES CONTRAINTES LORS DE L’INSTALLATION

Owner: TCPL										
Project: Energy East - New Brunswick										
Date: 04/02/2015										
Calculation Description: HDD Pipe Pullback Analysis										
Applicable Crossings: CANAAN RIVER										
Completed By: JC		Reviewed By: JT								
Pipe Information			Design Criteria							
Pipe Diameter (mm)	Pipe W.T. (mm)	Pipe Grade (MPa)	Overbend Radius (m)	Total Supported Weight (kg/m)	Maximum Support Spacing (m)	Roller Spacing (m)	Maximum Unsupported Overhang (m)	Estimated Pullforce (lbs)		
1067	25.4	483	600	681.1	25	8	15	218,918		
<p>The pipe pullback is modelled such that the pipe is not over-stressed due to the combination of bending, tensile, and shear stresses throughout the pullback section, both in the spans between supports and at the support locations. The pullback is also modelled such that the supports are not overloaded with the weight of the pipe at any point during the pipe installation, including as the tailing end passes from support to support.</p> <p>Definitions:</p> <ul style="list-style-type: none"> SMYS - Specified Minimum Yield Strength Overhang - Where Unsupported Tail End of Pipe Extends Beyond Support Full Span - Where Pipe Is Supported Between 2 Supports at Maximum Support Spacing Shown Above 										
SUPPORT LOADING										
Vertical Load at Each Boom/Crane Support							% of Support Capacity *			
At Support With Full Span:			23,915 kg	52,732 lbs	<table border="1"> <tr> <td>52.7%</td> </tr> <tr> <td>60.1%</td> </tr> </table>				52.7%	60.1%
52.7%										
60.1%										
At Support With Overhang:			27,243 kg	60,070 lbs						
Longitudinal Load at Each Boom/Crane Support					* based on load capacity of Proline 24"- 48" Rolli-Cradle with spreader bar					
			2724.3 kg	6,007 lbs						
Horizontal Load at Each Boom/Crane Support										
			0 kg	0 lbs						
PIPE STRESS										
Bending Stress					% SMYS	% of Allowable (PRCI)				
At Support With Full Span:			200.5 MPa	41.5%	<table border="1"> <tr> <td>62.6%</td> </tr> <tr> <td>20.4%</td> </tr> </table>				62.6%	20.4%
62.6%										
20.4%										
At Support with Overhanging Pipe:			65.4 MPa	13.5%						
Tensile Stress										
			11.2 MPa	2.3%	<table border="1"> <tr> <td>2.6%</td> </tr> </table>				2.6%	
2.6%										
Combined Stress (Tensile and Bending)										
			211.7 MPa	43.8%	<table border="1"> <tr> <td>65%</td> </tr> </table>				65%	
65%										

Annexe Vol 1A-5

Étude de faisabilité du FDH – Rivière Long Creek

Titre du Document: Projet d'Énergie Est – Segment du Nouveau-Brunswick
Étude de faisabilité du FDH – Rivière Long Creek

Numéro du Document: EEX4930-CH2MD-A-RP-0042-Fr

Numéro de la Révision: 0

Numéro du Contrat: 12409



CH2M HILL
9189 S. Jamaica St.
Englewood, CO
USA, 80112
Téléphone: (720) 286-3000

Se référer au document principal (version anglaise) «EEX4930-CH2MD-A-RP-0042 Rev0
Long Creek HDD Feasibility Report» pour le sceau professionnel.

No. de la révision	Date de la révision aaaa-mm-jj	Raison de l'émission	Entrepreneur Initiateur	Entrepreneur Revu par	Entrepreneur Approuvé par
0	2015-03-19	Émission pour utilisation	Chelsea Griffiths	Jean-Charles Dessertenne	Brent Goerz

Table des matières

1	Introduction	3
2	Sommaire des technologies sans tranchée	3
3	Paramètres de conception	3
4	Rivière Long Creek	5
4.1	Alignement du Forage Directionnel Horizontal	5
4.2	Aire de Travail.....	5
4.3	Sommaire de conception	6
4.4	Revue géotechnique.....	7
4.5	Risques particuliers de la construction	7
5	Sommaire du calendrier FDH.....	9
6	Approvisionnement en eau	10
7	Recommandations.....	10
8	Conclusions	10
9	Documents de référence.....	11
	Annexe A – Sommaire d’analyse des contraintes.....	12
	Annexe B – Sommaire d’analyse des contraintes lors de l’installation.....	13

1 INTRODUCTION

TransCanada Pipelines Limited (TCPL) planifie la construction de l'Oléoduc Énergie Est – Segment du Nouveau-Brunswick à partir de la frontière Est du Québec (approx. située à 20 km à l'est de Dégelis) jusqu'au réservoir de stockage du terminal proposé près de Saint John, Nouveau-Brunswick. Le projet d'oléoduc consiste à installer un oléoduc de 42 pouces de diamètre (DN 42) d'une longueur approximative de 411 km (Version du trajet : Rev I). Pour la phase de la planification du projet, TCPL a retenu les services de CCI Inc. (CCI) par l'entremise de CH2M HILL pour faire la planification et le soutien technique de plusieurs installations de l'oléoduc proposé sans tranchée qui font partie des études d'ingénierie et de conception préliminaires (FEED) du projet.

Dans le cadre de ce projet, plusieurs franchissements sont prévus d'être complétés par une technologie de pose sans tranchée. Ce rapport est soumis en tant qu'une évaluation de faisabilité de l'état des sites, incorporant les données géotechniques et l'examen géométrique qui sera réalisé à la rivière Long Creek selon la méthode de forage directionnel horizontal FDH. Le franchissement par FDH de la rivière Long Creek se situe à environ 15 kilomètres au nord-est de Cambridge Narrows, dans le comté de Queens.

2 SOMMAIRE DES TECHNOLOGIES SANS TRANCHÉE

CCI a évalué le diamètre de l'oléoduc, la longueur du franchissement et la configuration géométrique et a comparé différentes méthodes de forage sans faire de tranchée. Nous avons choisi la méthode de forage directionnel horizontal puisqu'elle est la plus réalisable en fonction de la taille du tuyau et des conditions géotechniques de la Rivière Long Creek sur le segment du projet d'Oléoduc Énergie Est au Nouveau-Brunswick.

Le forage directionnel horizontal (FDH) est un processus de forage à partir d'un côté du franchissement jusqu'à l'autre en utilisant une sonde de forage orientable (BHA) d'un diamètre allant de 25,1 cm (9 7/8 po.) à 31,1 cm (12 ¼ po.). Une fois le trou pilote complété, le diamètre du trou pilote sera élargi par une série de passages d'alésage allant jusqu'à un diamètre de 137,1 cm (54 po.), soit 30,5 cm (12 po.) de plus que la dimension du tuyau. Une fois que le trou pilote sera agrandi au diamètre approprié, le tuyau sera installé par la foreuse dans le puits de forage en le tirant à partir du point de sortie du trou pilote jusqu'au point d'entrée.

3 PARAMÈTRES DE CONCEPTION

- a) La directive de conception (PR-227-03110) du Pipeline Research Council International (PRCI), suggérée dans la norme Z662 de la CSA, a été utilisée pour simuler les contraintes telles que la flexion, la circonférence, la tension lors de la traction et la combinaison de tous ces facteurs imposés au tuyau durant et après l'installation et aussi pendant son fonctionnement. Les calculs considèrent le diamètre du tuyau, l'épaisseur de la paroi, les grades d'acier, ainsi que la profondeur et la conception géométrique du franchissement.

- b) Les paramètres de conception relatifs au tracé de la route ou de l'autoroute (qui seront possiblement incorporés au concept principal) permettent une installation à une profondeur minimale en-dessous de la ligne centrale et des bordures de la route qui devrait contribuer à une installation en toute sécurité. Chaque traversée de route est conçue pour minimiser le risque de formation d'un vide/ gouffre tout en réduisant la longueur de FDH.
- c) Les franchissements de cours d'eau ont été conçus en accomplissant une évaluation de la pression annulaire afin de réduire au minimum le risque de fracture hydraulique jusqu'à la surface ou jusqu'à l'étendue d'eau pendant le forage du trou pilote. Les simulations de pression annulaire prennent en compte la pression exercée par le sol situé au-dessus du forage par rapport aux pressions exercées par le liquide durant la phase de forage du trou pilote. Cette information sera fournie sous forme électronique à l'entrepreneur pour être utilisée durant la construction.
- d) Les contraintes d'espace associées aux emprises (ROW), comme les points d'inflexion (PI) et les zones de travail provisoire (TWS) ont aussi été considérées. Dans certains cas, des zones de travail provisoire additionnelles peuvent être demandées pour permettre l'installation des équipements requis sur le chantier. Ces zones de travail provisoire additionnelles (TWS) ont été également ajoutées à certains schémas d'installation du tuyau (pullback) pour faciliter une telle installation.
- e) Les points d'entrée et de sortie ont été identifiés selon la convention du forage utilisé, plutôt que selon la convention du placement du tuyau. Le point d'entrée est l'endroit où la foreuse est placée et où débute généralement les activités de forage. Réciproquement, le point de sortie est l'endroit où la tête de forage sortira du sol et où la section de tuyau sera étalée pour l'installation. Les processus seront expliqués plus en détails dans les notes inscrites sur le schéma approprié, comme l'application d'une «méthode d'intersection» durant la phase du trou pilote ou alors la foreuse devra être déplacée du point d'entrée au point de sortie pour faciliter l'installation du tuyau.
- f) L'angle d'entrée est généralement choisi pour réduire la longueur de forage au minimum et aussi pour réduire le risque de fracture en surface proche du point d'entrée. Ceci exigera probablement un ajustement pour faciliter l'accès au raccordement et devrait être pris en considération.
- g) L'angle de sortie a été choisi pour réduire au minimum la distance de forage et le nombre d'équipements requis pour supporter la section du tuyau pendant l'installation. Dans la plupart des cas, cet angle est de 8 à 10 degrés, ou moins, en fonction de la pente topographique (angle d'incidence [AOI]).

- h) Les dessins ont été conçus en considérant la section du tuyau et selon la configuration disponible. Ces plans seront mis à jour (si nécessaire) selon les besoins de nivellement de l'espace alloué, pour une installation en toute sécurité de la section du tuyau ou de plusieurs sections, une configuration dans une courbe, et/ou des contributions faites par l'entrepreneur pour qu'une conception appropriée à chaque situation soit respectée.
- i) Le rayon de courbure (RDC) choisi pour cette conception est de 1 100 m, ce qui est inférieur au «rayon conventionnel» reconnu par plusieurs entrepreneurs qui serait de 1 280m. ($RDC = 1\ 200 \times DN = 1\ 200 \times 42 \text{ po.} \times 1 \text{ pi. par } 12 \text{ po.} \times 0,3048\text{m par } 1 \text{ pi.} = 1\ 280\text{m}$). Cette formule est souvent utilisée dans l'industrie, cependant ni le matériau de fabrication du tuyau, ni la déformation due à la flexion, ni l'effet combiné des contraintes ou des déformations de la section de tuyau sont pris en compte. Cette convention a été considérée pour le choix du RDC.
- j) De façon générale, les points d'entrée et de sortie ont une zone de travail de 60m par 60m pour permettre l'entreposage du sol, les coupes de nivellement, les espaces provisoires de drainage et l'installation des équipements de forage. Ceci sera réévalué pour assurer le maintien d'une zone de travail suffisante selon les différents sites de construction.

4 RIVIÈRE LONG CREEK

4.1 Alignement du Forage Directionnel Horizontal

Le FDH proposé à la rivière Long Creek est conçu selon un alignement allant du nord au sud avec un point d'entrée situé du côté nord du franchissement et un point de sortie situé du côté sud. La section de tuyau sera étendue dans un emplacement située du côté sud du site en une seule section. Le numéro du schéma FDH est : 18194-03-ML-03-817.

4.2 Aire de Travail

La section de tuyau sera étendue le long de l'emprise (ROW) identifiée sur les schémas de configuration. Quatre (4) tracteurs pose-canalisation (sidebooms) sont prévus pour permettre l'installation de la section du tuyau. Les schémas d'installation sont identifiés par les dessins 18194-03-ML-03-818 et 18194-03-ML-03-819.

4.3 Sommaire de conception

La section suivante résume la conception du franchissement de la rivière Long Creek par FDH:

Normes pour les Tuyaux	1 067 mm Diamètre Extérieur x 25,4 mm d'épaisseur, GR. 483 CAT II, M5C CSA Z245.1-14
Choix préliminaire du type de revêtement	System 2B (TES-COAT-FBE)
Température minimale de fonctionnement (°C)	-5
Température maximale de fonctionnement (°C)	60
Angle d'entrée (degrés)	18
Angle de sortie / d'incidence (degrés)	10 / 10
Rayon de courbure (m)	1 100
Longueur (m)	908
Diamètre du forage (m)	1,37 (54 po.)
Profondeur maximale sous le franchissement (m)	34
Force de tirage/ installation (livres)	259 000 en tenant compte de la Flottabilité (Buoyancy) et un Facteur de sécurité de 1,5

Tableau 1: Sommaire de conception

Les calculs de l'évaluation de la force de tirage/installation et de la déformation par FDH suivent les prémisses suivantes:

- a) Les calculs de la force de tirage sont basés sur un simple calcul applicable à une poutrelle pour évaluer le cisaillement, la contrainte de flexion et la déformation axiale. Cette évaluation fait suite à une analyse conservatrice relative à la levée et au support de la section du tuyau pendant l'installation.
- b) Les équipements proposés sur le schéma sont une illustration des équipements prévus pour le projet. Les équipements proposés par l'entrepreneur doivent répondre aux exigences décrites sur le schéma et correspondre à l'expérience de l'entrepreneur.
- c) Nous avons simulé toutes les installations avec une barre d'écartement Proline (PSB) qui permet d'utiliser deux supports de type 'rolli-cradle' pour chaque dispositif de levée. Ceci permet un écartement maximum de 25 mètres entre les supports.
- d) Tous les calculs ont considéré la ligne de remplissage «HDPE» (High Density Polyethylene) exigée par le produit de canalisation pour le maintien de la flottabilité (Buoyancy).
- e) Un facteur de sécurité de 1,5 est appliqué à la force de tirage/installation calculée pour compenser les variations de nos prémisses basées sur le changement de ces dernières durant la construction.

4.4 Revue géotechnique

Une évaluation géotechnique a été complétée en 2014 par Stantec Consulting et les informations sur les puits de sondage ont été fournies. L'information ci-décrite est basée sur le document intitulé: Energy East Project – New Brunswick Segment Geotechnical Report for HDD Crossings Doc. EEX4930-CH2MD-A-RP-0029, Appendix K – Long Creek.

Ce document rapporte les informations recueillies sur deux (2) puits de sondage forés jusqu'à une profondeur de 35,6m. Les informations géotechniques recueillies sont résumées ci-dessous:

Le puits de sondage «BH-22», situé du côté nord de la rivière, révèle une couche de 5m d'argile sableuse mélangée à un till de gravier. Le substratum rocheux se trouve à une profondeur de 5 m. Ce substratum rocheux est formé d'une couche de grès reposant sur du basalte avec d'importantes veines de carbonates jusqu'à une profondeur de 35,6 m. La formation de grès contient des zones fortement fracturées (<1m d'épaisseur).

Le puits de sondage «BH-23», situé du côté sud de la rivière, juste à la limite des zones inondables, identifie 24m de grès avec des zones décrites comme fortement dégradées et une couche interstratifiée de siltite. Le grès repose sur un substratum de tuf interstratifié avec de la brèche tufacée jusqu'à une profondeur de 32 m. En dessous se trouve du basalte jusqu'à une profondeur de 35 m.

Nous avons suggéré que deux (2) puits de sondage supplémentaires soient forés dont un serait situé près de l'entrée et l'autre près de la sortie pour planifier le franchissement.

4.5 Risques particuliers de la construction

Ce qui suit concerne les principaux risques associés à la construction selon les données géotechniques et les expériences antécédentes. Les principales stratégies d'atténuation sont aussi identifiées afin de minimiser les complications qui pourraient surgir durant la construction. Ces principaux risques devront être mis à jour une fois que la donnée géotechnique additionnelle sera disponible:

Zone 1: 0m - 20m

Risque:

Cette partie du FDH devrait pénétrer une couche en surface de till formé d'argile sableuse mélangée à du gravier. Il existe un risque potentiel d'affaissement près de la surface, particulièrement au cours des alésages de plus grand diamètre ainsi qu'un léger risque de fracturation hydraulique à l'intérieur du till et des couches supérieures de grès.

Mesure d'atténuation:

L'entrepreneur devra s'assurer que les paramètres du fluide de forage et la pression utilisée permettent de maintenir la stabilité du puits de forage et aussi de réduire au minimum la possibilité d'un échappement de fluide du puits de forage. Le trou de forage est supposé se maintenir en place, cependant l'entrepreneur devra utiliser à plusieurs reprises les outils d'alésage pour déblayer les débris du puits de forage et maintenir une voie d'accès au fluide du côté de l'entrée. Une fois que le puits de sondage additionnel sera complété à l'entrée, ce risque pourra être réévalué.

Zone 2: 20m - 770m

Risque:

Le forage devrait traverser du grès avec des zones de forte fracturation et du tuf décrit comme étant de mauvaise qualité. Des risques de perte de fluide dans la formation et des zones de perte de circulation existent.

Mesure d'atténuation:

L'entrepreneur devrait utiliser une sonde de forage «mud motor» de 31,1 cm (12 1/4 po.) pour percer la formation rocheuse. Si une zone de perte de circulation est identifiée, l'entrepreneur devra arrêter toutes opérations et placer un bouchon approuvé (en bentonite, fibre de magma, bouchon de trou) avant de poursuivre le forage. S'il arrive qu'il y ait des pertes de fluide durant les passages d'alésage, ce bouchon peut être installé à nouveau.

Risque:

Il est possible que le trou de forage traverse une couche de basalte décrite comme étant de résistance moyenne à élevée. Les données des puits de sondage ont révélé l'existence de veines de carbonate dans la formation de basalte. Il existe un risque de contamination du liquide de forage par le carbonate.

Mesure d'atténuation:

L'entrepreneur devra établir des paramètres pour les liquides de forage. La rhéologie des liquides de forage devra être suivie de près si les boues arrivent à devenir contaminées. La contamination des liquides de forage peuvent engendrer des problèmes rhéologiques tels qu'une élévation de la viscosité, une augmentation de la pression annulaire, la présence de boue flocculée et aussi une faible suspension des solides.

Zone 3: 770m - 908m

Risque:

Il est prévu que les risques associés à cette zone soient similaires à la zone 1, où on s'attend à ce que le forage pénètre de l'argile sableuse et du till de gravier. Il existe un risque d'affaissement durant le forage, particulièrement au cours des alésages de plus grand diamètre ainsi qu'un risque de fracturation hydraulique de la formation. Ces risques pourront être mieux évalués une fois que le puits de sondage au point de sortie sera complété.

Mesure d'atténuation:

L'entrepreneur devra s'assurer que les paramètres du fluide de forage et la pression utilisée permettent de maintenir la stabilité du puits de forage et aussi de réduire au minimum la possibilité d'un échappement de fluide du puits de forage. Le trou de forage est supposé se maintenir en place, cependant l'entrepreneur devra utiliser à plusieurs reprises les outils d'alésage pour déblayer les débris du puits de forage et maintenir une voie d'accès au fluide du côté de l'entrée.

5 SOMMAIRE DU CALENDRIER FDH

Activité	Durée (jours)
Mobilisation	1
Installation de l'engin de forage	1
Trou pilote	12
Alésage de 76,2 cm (30 po.)	15
Alésage de 106,7 cm (42 po.)	17
Alésage de 121,9 cm (48 po.)	15
Alésage de 137,2 cm (54 po.)	17
Conditionnement	1
Tirage/Installation	1
Enlèvement de l'engin de forage	1
Démobilisation	1
Total	82

Tableau 2: Sommaire du calendrier FDH

Hypothèses:

- L'échéancier est basé sur une période de travail de 7 jours par semaine.
- L'échéancier est aussi basé sur une période de travail de 24 heures par jours.
- Niveau normal de production avec un nombre minimal de fractures.

6 APPROVISIONNEMENT EN EAU

Il est prévu que l'eau utilisée pour le forage sera disponible à proximité ou sera transportée par camion sur le site. Les sources d'approvisionnement en eau devraient être vérifiées avant le début des travaux.

7 RECOMMANDATIONS

Les recommandations suivantes décrivent les principales actions à prendre afin d'assurer une progression régulière du projet vers sa phase de construction:

- a) Compléter le forage des puits de sondage additionnels pour confirmer la géologie existante.
- b) Réaliser une évaluation de la constructibilité, incluant des ingénieurs et des entrepreneurs (canalisation et FDH).
- c) Vérifier que toutes les emprises (ROW) et les zones de travail provisoire (TWS), les avis environnementaux et les permis, ainsi que les sites pour l'extraction d'eau et les sites de décharge soient acquis.
- d) Revoir les plans de construction préparés par l'entrepreneur.

8 CONCLUSIONS

Selon les données fournies, le franchissement de la rivière Long Creek par FDH est jugé réalisable. Une fois que l'information géotechnique additionnelle sera acquise, cette évaluation sera mise à jour.

9 DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE

Energy East Project – New Brunswick Segment Geotechnical Report for HDD Crossings Doc. EEX4930-CH2MD-A-RP-0029, Appendix K – Long Creek.

Pipeline Research Council International (PRCI) (PR-227-03110) – Installation of Pipelines Using Horizontal Directional Drilling – An Engineering Design Guideline

HDD and Pullback Design Drawings – Rivière Long Creek

Nom du franchissement	Type	Station	Numéro du schéma
Rivière Long Creek	FDH	29+751.4	18194-03-ML-03-817
Rivière Long Creek	Support à tuyau	29+751.4	18194-03-ML-03-818
Rivière Long Creek	Configuration du tuyau	29+751.4	18194-03-ML-03-819

ANNEXE A – SOMMAIRE D'ANALYSE DES CONTRAINTES

Owner:		TCPL						
Project:		Energy East - New Brunswick						
Date:		06/02/2015						
Calculation Description:		Stress Assessment NPS 42 HDD						
Applicable Crossings:		LONG CREEK						
Completed By:		JC	Reviewed By:		JT			
Pipe Information			Design Criteria				Crossing Characteristics	
Pipe Diameter (mm)	Pipe W.T. (mm)	Pipe Grade (MPa)	MOP (kPa)	Max. Operating Temperature (°Celsius)	Installation Temperature (°Celsius)	Design Radius (m)	Maximum Depth From Entry Location (m)	HDD Length (m)
1067	25.4	483	8,450	60	-5	1100	56	908
PRELIMINARY								
<p>The pipe section installed stresses are modelled in 5 sections (exit tangent (5), exit arc (4), bottom tangent (3), entry arc (2), entry tangent (1)) incorporating effects of buoyancy, soil friction, curvature, fluidic drag and pipe weight. Where an additional curve is present on the exit side of the design, the arc and tangent are modelled using an average angle of inclination which is determined based on the average slope from exit arc to exit point. The calculated stresses are evaluated using the AGA method (PRCI). Operating stresses incorporate hoop, bending, tensile, and thermal expansion.</p> <p>Variable Definitions:</p> <p>SMYS - Specified Minimum Yield Strength D - Outer Diameter of Product Pipe E - Young's Modulus (Steel) t - Wall Thickness of Product Pipe</p>								
Tensile Stress:			Allowable Tensile Stress			% of Allowable		
5	9.6 MPa		F(t) = (0.9)* SMYS			2.2%		
4	10.0 MPa		F(t) = 434.7 MPa			2.3%		
3	10.4 MPa					2.4%		
2	13.7 MPa					3.2%		
1	13.8 MPa					3.2%		
Bending Stress:			Allowable Bending Stress			% of Allowable		
5	5.2 MPa		F(b) = [0.84 - (1.74 x SYMS x D / (E x t))] x SMYS			1.6%		
4	145.5 MPa		F(b) = 320.4 MPa			45.4%		
3	5.2 MPa					1.6%		
2	145.5 MPa					45.4%		
1	5.2 MPa					1.6%		
Hoop Stress:			Allowable Hoop Stress			% of Allowable		
5	11.7 MPa		F(h) = [0.88 x E x (t/D)^2] / 1.5			17.6%		
4	23.7 MPa		F(h) = 66.5 MPa			35.7%		
3	23.7 MPa					35.7%		
2	23.7 MPa					35.7%		
1	1.4 MPa					2.2%		
Operating Stresses:			Allowable Shear Stress			% of Allowable		
5	138.8 MPa		F(v) = 45% of SMYS			63.9%		
4	185.5 MPa		F(v) = 217.3 MPa			85.3%		
3	138.7 MPa					63.8%		
2	185.5 MPa					85.3%		
1	139.7 MPa					64.3%		
Combined Stress (Tensile and Bending)						% of Allowable		
5	0.04		Unity Check (<1)			4%		
4	0.48					48%		
3	0.04					4%		
2	0.49					49%		
1	0.05					5%		
Combined Stress (Tensile, Bending, and Hoop)						% of Allowable		
5	0.03		Unity Check (<1)			3%		
4	0.34					34%		
3	0.13					13%		
2	0.35					35%		
1	0.00					0%		
Estimated PullForce (with Buoyancy Control)								
172,185 lbs			258,278 lbs (including 1.5x Safety Factor)					

ANNEXE B – SOMMAIRE D'ANALYSE DES CONTRAINTES LORS DE L'INSTALLATION

Owner: TCPL								
Project: Energy East - New Brunswick								
Date: 06/02/2015								
Calculation Description: HDD Pipe Pullback Analysis								
Applicable Crossings: LONG CREEK								
Completed By: CG		Reviewed By: JT						
Pipe Information			Design Criteria					
Pipe Diameter (mm)	Pipe W.T. (mm)	Pipe Grade (MPa)	Overbend Radius (m)	Total Supported Weight (kg/m)	Maximum Support Spacing (m)	Roller Spacing (m)	Maximum Unsupported Overhang (m)	Estimated Pullforce (lbs)
1067	25.4	483	600	681.1	25	8	15	258,278
<p>The pipe pullback is modelled such that the pipe is not over-stressed due to the combination of bending, tensile, and shear stresses throughout the pullback section, both in the spans between supports and at the support locations. The pullback is also modelled such that the supports are not overloaded with the weight of the pipe at any point during the pipe installation, including as the tailing end passes from support to support.</p> <p>Definitions:</p> <p>SMYS - Specified Minimum Yield Strength Overhang - Where Unsupported Tail End of Pipe Extends Beyond Support Full Span - Where Pipe Is Supported Between 2 Supports at Maximum Support Spacing Shown Above</p>								
SUPPORT LOADING								
Vertical Load at Each Boom/Crane Support						% of Support Capacity *		
At Support With Full Span:			24,287 kg	53,554 lbs	53.6%			
At Support With Overhang:			27,243 kg	60,070 lbs				
Longitudinal Load at Each Boom/Crane Support						* based on load capacity of Proline 24"-48" Rolli-Cradle with spreader bar		
			2724.3 kg	6,007 lbs				
Horizontal Load at Each Boom/Crane Support								
			0 kg	0 lbs				
PIPE STRESS								
Bending Stress				% SMYS		% of Allowable (PRCI)		
At Support With Full Span:				200.5 MPa	41.5%	62.6%		
At Support with Overhanging Pipe:				65.4 MPa	13.5%			
Tensile Stress				14.6 MPa	3.0%	3.4%		
Combined Stress (Tensile and Bending)				215.1 MPa	44.5%	66%		

Annexe Vol 1A-6

Étude de faisabilité du FDH – Rivière Kennebecasis

Titre du Document : Projet d'Énergie Est – Segment du Nouveau-Brunswick
Étude de faisabilité du FDH – Rivière Kennebecasis

Numéro du Document: EEX4930-CH2MD-A-RP-0043-Fr

Numéro de la Révision: 0

Numéro du Contrat: 12409



CH2M HILL
9189 S. Jamaica St.
Englewood, CO
USA, 80112
Téléphone: (720) 286-3000

Se référer au document principal (version anglaise) «EEX4930-CH2MD-A-RP-0043 Rev0
Kennebecasis River HDD Feasibility Report» pour le sceau professionnel.

No. de la révision	Date de la révision aaaa-mm-jj	Raison de l'émission	Entrepreneur Initiateur	Entrepreneur Revu par	Entrepreneur Approuvé par
0	2015-03-19	Émission pour utilisation	Chelsea Griffiths	Jean-Charles Dessertenne	Brent Goerz

Table des matières

1	Introduction	3
2	Sommaire des technologies sans tranchée	3
3	Paramètres de conception	3
4	Rivière Kennebecasis	5
4.1	Alignement du Forage Directionnel Horizontal	5
4.2	Aire de Travail.....	5
4.3	Sommaire de conception	6
4.4	Revue géotechnique.....	7
4.5	Risques particuliers de la construction	7
5	Sommaire du calendrier FDH.....	9
6	Approvisionnement en eau	9
7	Recommandations.....	10
8	Conclusions	10
9	Documents de référence.....	11
	Annexe A – Sommaire d’analyse des contraintes.....	12
	Annexe B – Sommaire d’analyse des contraintes lors de l’Installation	13

1 INTRODUCTION

TransCanada Pipelines Limited (TCPL) planifie la construction de l'Oléoduc Énergie Est – Segment du Nouveau-Brunswick à partir de la frontière Est du Québec (approx. située à 20 km à l'est de Dégelis) jusqu'au réservoir de stockage du terminal proposé près de Saint John, Nouveau-Brunswick. Le projet d'oléoduc consiste à installer un oléoduc de 42 pouces de diamètre (DN 42) d'une longueur approximative de 411 km (Version du trajet : Rev I). Pour la phase de la planification du projet, TCPL a retenu les services de CCI Inc. (CCI) par l'entremise de CH2M HILL pour faire la planification et le soutien technique de plusieurs installations de l'oléoduc proposé sans tranchée qui font partie des études d'ingénierie et de conception préliminaires (FEED) du projet.

Dans le cadre de ce projet, plusieurs franchissements sont prévus d'être complétés par une technologie de pose sans tranchée. Ce rapport est soumis en tant qu'une évaluation de faisabilité de l'état des sites, incorporant les données géotechniques et l'examen géométrique qui sera réalisé à la Rivière Kennebecasis River selon la méthode de forage directionnel horizontal FDH. Le franchissement par FDH de la Rivière Kennebecasis se situe à environ deux kilomètres au nord-ouest de Bloomfield, dans le comté de Kings.

2 SOMMAIRE DES TECHNOLOGIES SANS TRANCHÉE

CCI a évalué le diamètre de l'oléoduc, la longueur du franchissement et la configuration géométrique et a comparée différentes méthodes de forage sans faire de tranchée. Nous avons choisi la méthode de forage directionnel horizontal puisqu'elle est la plus réalisable en fonction de la taille du tuyau et selon les conditions géotechniques rencontrées à la rivière Kennebecasis sur le segment du projet d'Oléoduc Énergie Est au Nouveau-Brunswick.

Le forage directionnel horizontal (FDH) est un processus de forage à partir d'un côté du franchissement jusqu'à l'autre en utilisant une sonde de forage orientable (BHA) d'un diamètre allant de 25,1 cm (9 7/8 po.) à 31,1 cm (12 ¼ po.). Une fois le trou pilote complété, le diamètre du trou pilote sera élargie par une série de passages d'alésage allant jusqu'à un diamètre de 137,1 cm (54 po.), soit 30,5 cm (12 po.) de plus que la dimension du tuyau. Une fois que le trou pilote sera agrandi au diamètre approprié, le tuyau sera installé par la foreuse dans le puits de forage en le tirant à partir du point de sortie du trou pilote jusqu'au point d'entrée.

3 PARAMÈTRES DE CONCEPTION

- a) La directive de conception (PR-227-03110) du Pipeline Research Council International (PRCI), suggérée dans la norme Z662 de la CSA, a été utilisée pour simuler les contraintes telles que la flexion, la circonférence, la tension lors de la traction et la combinaison de tous ces facteurs imposés au tuyau durant et après l'installation et aussi pendant son fonctionnement. Les calculs considèrent le diamètre du tuyau, l'épaisseur de la paroi, les grades d'acier, ainsi que la profondeur et la conception géométrique du franchissement.

- b) Les paramètres de conception relatifs au tracé de la route ou de l'autoroute (qui seront possiblement incorporés au concept principal) permettent une installation à une profondeur minimale en-dessous de la ligne centrale et des bordures de la route qui devrait contribuer à une installation en toute sécurité. Chaque traversée de route est conçue pour minimiser le risque de formation d'un vide/ gouffre tout en réduisant la longueur de FDH.
- c) Les franchissements de cours d'eau ont été conçus en accomplissant une évaluation de la pression annulaire afin de réduire au minimum le risque de fracture hydraulique jusqu'à la surface ou jusqu'à l'étendue d'eau pendant le forage du trou pilote. Les simulations de pression annulaire prennent en compte la pression exercée par le sol situé au-dessus du forage par rapport aux pressions exercées par le liquide durant la phase de forage du trou pilote. Cette information sera fournie sous forme électronique à l'entrepreneur pour être utilisée durant la construction.
- d) Les contraintes d'espace associées aux emprises (ROW), comme les points d'inflexion (PI) et les zones de travail provisoire (TWS) ont aussi été considérées. Dans certains cas, des zones de travail provisoire additionnelles peuvent être demandées pour permettre l'installation des équipements requis sur le chantier. Ces zones de travail provisoire additionnelles (TWS) ont été également ajoutées à certains des schémas d'installation du tuyau (pullback) pour faciliter une telle installation.
- e) Les points d'entrée et de sortie ont été identifiés selon la convention du forage utilisé, plutôt que selon la convention du placement du tuyau. Le point d'entrée est l'endroit où la foreuse est placée et où débute généralement les activités de forage. Réciproquement, le point de sortie est l'endroit où la tête de forage sortira du sol et où la section de tuyau sera étalée pour l'installation. Les processus seront expliqués plus en détails dans les notes inscrites sur le schéma approprié, comme l'application d'une « méthode d'intersection » durant la phase du trou pilote ou alors la foreuse devra être déplacée du point d'entrée au point de sortie pour faciliter l'installation du tuyau.
- f) L'angle d'entrée est généralement choisi pour réduire la longueur de forage au minimum et aussi pour réduire le risque de fracture en surface proche du point d'entrée. Ceci exigera probablement un ajustement pour faciliter l'accès au raccordement et devrait être pris en considération.
- g) L'angle de sortie a été choisi pour réduire au minimum la distance de forage et le nombre d'équipements requis pour supporter la section de tuyau pendant l'installation. Dans la plupart des cas, cet angle est de 8 à 10 degrés, ou moins, en fonction de la pente topographique (angle d'incidence [AOI]).

- h) Les dessins ont été conçus en considérant la section de tuyau et selon la configuration disponible. Ces plans seront mis à jour (si nécessaire) selon les besoins de nivellement de l'espace alloué, pour une installation en toute sécurité de la section de tuyau ou de plusieurs sections, une configuration dans une courbe, et/ou des contributions faites par l'entrepreneur pour qu'une conception appropriée à chaque situation soit respectée.
- i) Le rayon de courbure (RDC) choisi pour cette conception est de 1 100 m, ce qui est inférieur au «rayon conventionnel» reconnu par plusieurs entrepreneurs qui serait de 1 280m. ($RDC = 1\,200 \times DN = 1\,200 \times 42 \text{ po.} \times 1 \text{ pi. par } 12 \text{ po.} \times 0,3048 \text{ m par } 1 \text{ pi.} = 1\,280 \text{ m}$). Cette formule est souvent utilisé dans l'industrie, cependant ni le matériau de fabrication du tuyau, ni la déformation due à la flexion, ni l'effet combiné des contraintes ou des déformations de la section de tuyau sont présent en compte. Cette convention a été considérée pour le choix du RDC.
- j) De façon générale, les points d'entrée et de sortie ont une zone de travail de 60m par 60m pour permettre l'entreposage du sol, les coupes de nivellement, les espaces provisoires de drainage et l'installation des équipements de forage. Ceci sera réévalué pour assurer le maintien d'une zone de travail suffisante selon les différents sites de construction.

4 RIVIÈRE KENNEBECASIS

4.1 Alignement du Forage Directionnel Horizontal

Le FDH proposé à la Rivière Kennebecasis est conçu selon un alignement allant du nord-est vers le sud-ouest avec un point d'entrée proposé du côté nord du franchissement et un point de sortie situé du côté sud. La section de tuyau sera étendue dans un emplacement située du côté sud du site. Le numéro du schéma FDH est : 18193-03-ML-03-806.

4.2 Aire de Travail

La section de tuyau sera étendue le long de l'emprise (ROW) identifiée sur les schémas de configuration. Six (6) tracteurs pose-canalisation (sidebooms) sont prévus pour permettre l'installation de la section de tuyau. Les schémas d'installation sont identifiés par les dessins 18193-03-ML-03-807 et 18193-03-ML-03-808.

4.3 Sommaire de conception

La section suivante résume la conception du franchissement de la Rivière Kennebecasis par FDH:

Normes pour les Tuyaux	1 067 mm Diamètre Extérieur x 25,4 mm d'épaisseur, GR. 483 CAT II, M5C CSA Z245.1-14
Choix préliminaire du type de revêtement	System 2B (TES-COAT-FBE)
Température minimale de fonctionnement (°C)	-5
Température maximale de fonctionnement (°C)	60
Angle d'entrée (degrés)	16
Angle de sortie / d'incidence (degrés)	8 / 8
Rayon de courbure (m)	1 100
Longueur (m)	768
Diamètre du forage (m)	1,37 (54 po.)
Profondeur maximale sous le franchissement (m)	46
Force de tirage/ installation (livres)	258 000 en tenant compte de la Flottabilité (Buoyancy) et du Facteur de sécurité de 1,5

Tableau 1: Sommaire de conception

Les calculs de l'évaluation de la force de tirage/installation et de la déformation par FDH suivent les prémisses suivantes:

- a) Les calculs de la force de tirage sont basés sur un simple calcul applicable à une poutrelle pour évaluer le cisaillement, la contrainte de flexion et la déformation axiale. Cette évaluation fait suite à une analyse conservatrice relative à la levée et au support de la section de tuyau pendant l'installation.
- b) Les équipements proposés sur le schéma sont une illustration des équipements prévus pour le projet. Les équipements proposés par l'entrepreneur doivent répondre aux exigences décrites sur le schéma et correspondre à l'expérience de l'entrepreneur.
- c) Nous avons simulé toutes les installations avec une barre d'écartement Proline (PSB) qui permet d'utiliser deux supports de type 'rolli-cradle' pour chaque dispositif de levée. Ceci permet un écartement maximum de 25 mètres entre les supports.
- d) Tous les calculs ont considéré la ligne de remplissage «HDPE» (High Density Polyethylene) exigée par le produit de canalisation pour le maintien de la flottabilité (Buoyancy).
- e) Un facteur de sécurité de 1,5 est appliqué à la force de tirage/installation calculée pour compenser les variations de nos prémisses basées sur le changement de ces dernières durant la construction.

4.4 Revue géotechnique

Une évaluation géotechnique a été complétée en 2014 par Stantec Consulting et les informations sur les puits de sondage ont été fournies. L'information ci-décrite est basée sur le document intitulé: Energy East Project – New Brunswick Segment Geotechnical Report for HDD Crossings Doc. EEX4930-CH2MD-A-RP-0029, Appendix L – Kennebecasis River.

Ce document rapporte les informations recueillies sur trois (3) puits de sondage forés jusqu'à une profondeur de 35,4m. Les informations géotechniques recueillies sont résumées ci-dessous:

Le puits de sondage «BH-24», situé du côté nord de la rivière, proche du point d'entrée, révèle une couche de 1,3 m de sable, reposant sur un till de sable-limoneux mélangé à du gravier jusqu'à une profondeur de 35,4 m.

Le puits de sondage «BH-25», situé juste au sud de la rivière, révèle une couche de 6,7 m d'épaisseur de sable bouillant avec du limon près de la surface, le tout reposant sur un till de sable limoneux avec du gravier jusqu'à une profondeur de 19,5m. Le substratum rocheux est constitué de conglomérat avec des couches interstratifiées de siltite et de grès à partir d'une profondeur de 26,2m jusqu'à 35,2m.

Le puits de sondage «BH-26», situé près du point de sortie, montre des couches de sable limoneux, du limon et du sable avec du gravier sur 6,1m de profondeur. Ceci repose sur un till de sable limoneux mélangé à du gravier sur une profondeur de 12,9m. Le substratum rocheux est constitué de conglomérat avec des couches interstratifiées de siltite et de grès à partir d'une profondeur de 12,9m jusqu'à une profondeur de 35,2m.

Nous avons suggéré qu'un (1) puits de sondage supplémentaire soit foré du côté nord proche du point d'entrée pour planifier le franchissement.

4.5 Risques particuliers de la construction

Ce qui suit, concerne les principaux risques associés à la construction, selon les données géotechniques et les expériences antécédentes. Les principales stratégies d'atténuation sont aussi identifiées afin de minimiser les complications qui pourraient surgir durant la construction. Ces principaux risques devront être mis à jour une fois que la donnée géotechnique additionnelle sera disponible:

Zone 1: 0m - 150m

Risque:

Cette partie du FDH devrait pénétrer du sable, du limon et du sable limoneux avec du till de gravier. Il existe un risque d'affaissement près de la surface, particulièrement au cours des alésages de plus grand diamètre ainsi qu'un risque de fracturation hydraulique de la formation. Une conception particulière a été élaborée pour ce franchissement avec un point d'entrée reculé de la rivière pour éviter les matériaux de la plaine inondable. Ceci devrait réduire la nécessité d'un cuvelage (casing) au point d'entrée.

Mesure d'atténuation:

L'entrepreneur devra s'assurer que les paramètres du fluide de forage et la pression utilisée permettent de maintenir la stabilité du puits de forage et aussi de réduire au minimum la possibilité d'un échappement de fluide du puits de forage. Le trou de forage est supposé se maintenir en place, cependant l'entrepreneur devra utiliser à plusieurs reprises les outils d'alésage pour débayer les débris du puits de forage et maintenir une voie d'accès au fluide du côté de l'entrée. Une fois que le puits de sondage additionnel sera complété à l'entrée, ce risque pourra être réévalué.

Zone 2: 150m - 600m

Risque:

Le forage pilote devrait traverser une formation rocheuse constituée de siltite qualifiée comme étant de résistance moyenne à élevée, de conglomérat et de grès. Les données indiquent une augmentation de la résistance du substratum rocheux avec la profondeur. De plus, il existe un léger risque de perte de fluide de forage aux interfaces du conglomérat, de la siltite et du grès.

Mesure d'atténuation:

L'entrepreneur devrait utiliser une sonde de forage «mud motor» pour percer la formation rocheuse. Pour les passages d'alésage, des alésoirs adaptés au roc avec des lames de type TCI devraient être utilisés. Des outils de forage additionnels devraient être prévus pour remplacer ceux qui sont usés. Les paramètres de fluide de forage seront établis afin d'assurer le retrait des débris de forage et conditionner le puits de forage pour l'alésage et l'installation du tuyau.

Zone 3: 600m - 768m

Risque:

Il est prévu que les risques associés à cette zone soient similaires à la zone 1, où on s'attend à ce que le FDH pénètre du limon, du sable et du gravier.

Mesure d'atténuation:

L'entrepreneur devra s'assurer que les paramètres du fluide de forage et la pression utilisée permettent de maintenir la stabilité du puits de forage et aussi de réduire au minimum la possibilité d'un échappement de fluide du puits de forage. Le trou de forage est supposé se maintenir en place, cependant l'entrepreneur devra utiliser à plusieurs reprises les outils d'alésage pour déblayer les débris du puits de forage et maintenir une voie d'accès au fluide du côté de l'entrée.

5 SOMMAIRE DU CALENDRIER FDH

Activité	Durée (jours)
Mobilisation	1
Installation de l'engin de forage	1
Trou pilote	10
Alésage de 76,2 cm (30 po.)	10
Alésage de 106,7 cm (42 po.)	12
Alésage de 121,9 cm (48 po.)	10
Alésage de 137,2 cm (54 po.)	12
Conditionnement	1
Tirage/Installation	1
Enlèvement de l'engin de forage	1
Démobilisation	1
Total	60

Tableau 2: Sommaire du calendrier FDH**Hypothèses:**

- L'échéancier est basé sur une période de travail de 7 jours par semaine.
- L'échéancier est aussi basé sur une période de travail de 24 heures par jours.
- Niveau normal de production avec un nombre minimal de fractures.

6 APPROVISIONNEMENT EN EAU

Il est prévu que l'eau utilisée pour le forage sera disponible à proximité ou sera transportée par camion sur le site. Les sources d'approvisionnement en eau devraient être vérifiées avant le début des travaux.

7 RECOMMANDATIONS

Les recommandations suivantes décrivent les principales actions à prendre qui devraient être complétées afin d'assurer une progression régulière du projet vers sa phase de construction:

- a) Compléter le puits de sondage additionnel pour confirmer la géologie existante.
- b) Réaliser une évaluation de la constructibilité, incluant des ingénieurs et des entrepreneurs (canalisation et FDH).
- c) Vérifier que toutes les emprises (ROW) et les zones de travail provisoire (TWS), les avis environnementaux et les permis, ainsi que les sites pour l'extraction d'eau et les sites de décharge soient acquis.
- d) Revoir les plans de construction préparés par l'entrepreneur.

8 CONCLUSIONS

Selon les données fournies, le franchissement de la Rivière Kennebecasis par FDH est jugé réalisable. Une fois que l'information géotechnique additionnelle sera acquise, cette évaluation sera mise à jour.

9 DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE

Energy East Project – New Brunswick Segment Geotechnical Report for HDD Crossings Doc. EEX4930-CH2MD-A-RP-0029, Appendix L – Kennebecasis River.

Pipeline Research Council International (PRCI) (PR-227-03110) – Installation of Pipelines Using Horizontal Directional Drilling – An Engineering Design Guideline

HDD and Pullback Design Drawings – Rivière Kennebecasis

Nom du franchissement	Type	Station	Numéro du schéma
Rivière Kennebecasis	FDH	3+948.4	18193-03-ML-03-806
Rivière Kennebecasis	Support à tuyau	3+948.4	18193-03-ML-03-807
Rivière Kennebecasis	Configuration du tuyau	3+948.4	18193-03-ML-03-808

ANNEXE A – SOMMAIRE D’ANALYSE DES CONTRAINTES

Owner: TCPL								
Project: Energy East - New Brunswick								
Date: 17/02/2015								
Calculation Description: Stress Assessment NPS 42 HDD								
Applicable Crossings: KENNEBECASIS RIVER								
Completed By: JC		Reviewed By: JT						
Pipe Information			Design Criteria			Crossing Characteristics		
Pipe Diameter (mm)	Pipe W.T. (mm)	Pipe Grade (MPa)	MOP (kPa)	Max. Operating Temperature (°Celsius)	Installation Temperature (°Celsius)	Design Radius (m)	Maximum Depth From Entry Location (m)	HDD Length (m)
1067	25.4	483	8,450	60	-5	1100	55	768
PRELIMINARY								
<p>The pipe section installed stresses are modelled in 5 sections (exit tangent (5), exit arc (4), bottom tangent (3), entry arc (2), entry tangent (1)) incorporating effects of buoyancy, soil friction, curvature, fluidic drag and pipe weight. Where an additional curve is present on the exit side of the design, the arc and tangent are modelled using an average angle of inclination which is determined based on the average slope from exit arc to exit point. The calculated stresses are evaluated using the AGA method (PRCI). Operating stresses incorporate hoop, bending, tensile, and thermal expansion.</p> <p>Variable Definitions:</p> <ul style="list-style-type: none"> SMYS - Specified Minimum Yield Strength D - Outer Diameter of Product Pipe E - Young's Modulus (Steel) t - Wall Thickness of Product Pipe 								
Tensile Stress:			Allowable Tensile Stress			% of Allowable		
5	9.2 MPa		F(t) = (0.9)* SMYS			2.1%		
4	9.5 MPa		F(t) = 434.7 MPa			2.2%		
3	9.7 MPa					2.2%		
2	12.6 MPa					2.9%		
1	13.8 MPa					3.2%		
Bending Stress:			Allowable Bending Stress			% of Allowable		
5	5.2 MPa		F(b) = [0.84*(1.74 x SYMS x D/(E x t))] x SMYS			1.6%		
4	145.5 MPa		F(b) = 320.4 MPa			45.4%		
3	5.2 MPa					1.6%		
2	145.5 MPa					45.4%		
1	5.2 MPa					1.6%		
Hoop Stress:			Allowable Hoop Stress			% of Allowable		
5	15.6 MPa		F(h)= [0.88 x E x (t/D)^2] / 1.5			23.4%		
4	22.4 MPa		F(h) = 66.5 MPa			33.7%		
3	22.4 MPa					33.7%		
2	22.4 MPa					33.7%		
1	6.1 MPa					9.2%		
Operating Stresses:			Allowable Shear Stress			% of Allowable		
5	138.8 MPa		F(v) = 45% of SMYS			63.8%		
4	185.5 MPa		F(v) = 217.3 MPa			85.3%		
3	138.7 MPa					63.8%		
2	185.5 MPa					85.3%		
1	139.1 MPa					64.0%		
Combined Stress (Tensile and Bending)						% of Allowable		
5	0.04		Unity Check (<1)			4%		
4	0.48					48%		
3	0.04					4%		
2	0.48					48%		
1	0.05					5%		
Combined Stress (Tensile, Bending, and Hoop)						% of Allowable		
5	0.06		Unity Check (<1)			6%		
4	0.33					33%		
3	0.12					12%		
2	0.34					34%		
1	0.01					1%		
Estimated Pull Force (with Buoyancy Control)								
171,739 lbs			257,608 lbs (including 1.5x Safety Factor)					

ANNEXE B – SOMMAIRE D’ANALYSE DES CONTRAINTES LORS DE L’INSTALLATION

Owner: TCPL										
Project: Energy East - New Brunswick										
Date: 17/02/2015										
Calculation Description: HDD Pipe Pullback Analysis										
Applicable Crossings: KENNEBECASIS RIVER										
Completed By: CG		Reviewed By: JT								
Pipe Information			Design Criteria							
Pipe Diameter (mm)	Pipe W.T. (mm)	Pipe Grade (MPa)	Overbend Radius (m)	Total Supported Weight (kg/m)	Maximum Support Spacing (m)	Roller Spacing (m)	Maximum Unsupported Overhang (m)	Estimated Pullforce (lbs)		
1067	25.4	483	600	681.1	25	8	15	257,608		
<p>The pipe pullback is modelled such that the pipe is not over-stressed due to the combination of bending, tensile, and shear stresses throughout the pullback section, both in the spans between supports and at the support locations. The pullback is also modelled such that the supports are not overloaded with the weight of the pipe at any point during the pipe installation, including as the tailing end passes from support to support.</p> <p>Definitions:</p> <ul style="list-style-type: none"> SMYS - Specified Minimum Yield Strength Overhang - Where Unsupported Tail End of Pipe Extends Beyond Support Full Span - Where Pipe Is Supported Between 2 Supports at Maximum Support Spacing Shown Above 										
SUPPORT LOADING										
Vertical Load at Each Boom/Crane Support							% of Support Capacity *			
At Support With Full Span:			24,042 kg	53,012 lbs	<table border="1"> <tr> <td>53.0%</td> </tr> <tr> <td>60.1%</td> </tr> </table>				53.0%	60.1%
53.0%										
60.1%										
At Support With Overhang:			27,243 kg	60,070 lbs						
Longitudinal Load at Each Boom/Crane Support							* based on load capacity of Proline 24" - 48" Rolli-Cradle with spreader bar			
			2724.3 kg	6,007 lbs						
Horizontal Load at Each Boom/Crane Support										
			0 kg	0 lbs						
PIPE STRESS										
Bending Stress				% SMYS		% of Allowable (PRCI)				
At Support With Full Span:				200.5 MPa	41.5%	<table border="1"> <tr> <td>62.6%</td> </tr> <tr> <td>20.4%</td> </tr> </table>			62.6%	20.4%
62.6%										
20.4%										
At Support with Overhanging Pipe:				65.4 MPa	13.5%					
Tensile Stress				12.3 MPa	2.6%	<table border="1"> <tr> <td>2.8%</td> </tr> </table>			2.8%	
2.8%										
Combined Stress (Tensile and Bending)				212.9 MPa	44.1%	<table border="1"> <tr> <td>65%</td> </tr> </table>			65%	
65%										

Annexe Vol 1A-7
Étude de faisabilité du FDH – Rivière Black

Titre du Document: Projet d'Énergie Est – Segment du Nouveau-Brunswick
Étude de faisabilité du FDH - Rivière Black

Numéro du Document: EEX4930-CH2MD-A-RP-0046-Fr

Numéro de la Révision: 0

Numéro du Contrat: 12409



CH2M HILL
9189 S. Jamaica St.
Englewood, CO
USA, 80112
Téléphone: (720) 286-3000

Se référer au document principal (version anglaise) «EEX4930-CH2MD-A-RP-0046
Rev0 Black River HDD Feasibility Report» pour le sceau professionnel.

No. de la révision	Date de la révision aaaa-mm-jj	Raison de l'émission	Entrepreneur Initiateur	Entrepreneur Revu par	Entrepreneur Approuvé par
0	2015-03-19	Émission pour utilisation	Chelsea Griffiths	Jean-Charles Dessertenne	Brent Goerz

Table des matières

1	Introduction	3
2	Sommaire des technologies sans tranchée	3
3	Paramètres de conception	3
4	Rivière Black	5
4.1	Alignement du Forage Directionnel Horizontal	5
4.2	Aire de Travail.....	5
4.3	Sommaire de conception	6
4.4	Revue géotechnique.....	7
4.5	Risques particuliers de la construction	7
5	Sommaire du calendrier FDH.....	9
6	Approvisionnement en eau	9
7	Recommandations.....	10
8	Conclusion	10
9	Documents de référence.....	11
	Annexe A – Sommaire d’analyse des contraintes.....	12
	Annexe B – Sommaire d’analyse des contraintes lors de l’installation.....	13

1 INTRODUCTION

TransCanada Pipelines Limited (TCPL) planifie la construction de l'Oléoduc Énergie Est – Segment du Nouveau-Brunswick à partir de la frontière Est du Québec (approx. située à 20 km à l'est de Dégelis) jusqu'au réservoir de stockage du terminal proposé près de Saint John, Nouveau-Brunswick. Le projet d'oléoduc consiste à installer un oléoduc de 42 pouces de diamètre (DN 42) d'une longueur approximative de 411 km (Version du trajet : Rev I). Pour la phase de la planification du projet, TCPL a retenu les services de CCI Inc. (CCI) par l'entremise de CH2M HILL pour faire la planification et le soutien technique de plusieurs installations de l'oléoduc proposé sans tranchée qui font partie des études d'ingénierie et de conception préliminaires (FEED) du projet.

Dans le cadre de ce projet, plusieurs franchissements sont prévus d'être complétés par une technologie de pose sans tranchée. Ce rapport est soumis en tant qu'une évaluation de faisabilité de l'état des sites, incorporant les données géotechniques et l'examen géométrique qui sera réalisé à la Rivière Black selon la méthode de forage directionnel horizontal FDH. Le franchissement par FDH de la Rivière Black se situe à environs deux kilomètres au sud-ouest de Garnett Settlement, dans le comté de Saint John.

2 SOMMAIRE DES TECHNOLOGIES SANS TRANCHÉE

CCI a évalué le diamètre de l'oléoduc, la longueur du franchissement et la configuration géométrique et a comparé différentes méthodes de forage sans faire de tranchée. Nous avons choisi la méthode de forage directionnel horizontal puisqu'elle est la plus réalisable en fonction de la taille du tuyau et des conditions géotechniques de la Rivière Black sur le segment du projet d'Oléoduc Énergie Est au Nouveau-Brunswick.

Le forage directionnel horizontal (FDH) est un processus de forage à partir d'un côté du franchissement jusqu'à l'autre en utilisant une sonde de forage orientable (BHA) d'un diamètre allant de 25,1 cm (9 7/8 po.) à 31,1 cm (12 ¼ po.). Une fois le trou pilote complété, le diamètre du trou pilote sera élargi par une série de passages d'alésage allant jusqu'à un diamètre de 137,1 cm (54 po.), soit 30,5 cm (12 po.) de plus que la dimension du tuyau. Une fois que le trou pilote sera agrandi au diamètre approprié, le tuyau sera installé par la foreuse dans le puits de forage en le tirant à partir du point de sortie du trou pilote jusqu'au point d'entrée.

3 PARAMÈTRES DE CONCEPTION

- a) La directive de conception (PR-227-03110) du Pipeline Research Council International (PRCI), suggérée dans la norme Z662 de la CSA, a été utilisée pour simuler les contraintes telles que la flexion, la circonférence, la tension lors de la traction et la combinaison de tous ces facteurs imposés au tuyau durant et après l'installation et aussi pendant son fonctionnement. Les calculs considèrent le diamètre du tuyau, l'épaisseur de la paroi, les grades d'acier, ainsi que la profondeur et la conception géométrique du franchissement.

- b) Les franchissements de cours d'eau ont été conçus en accomplissant une évaluation de la pression annulaire afin de réduire au minimum le risque de fracture hydraulique jusqu'à la surface ou jusqu'à l'étendue d'eau pendant le forage du trou pilote. Les simulations de pression annulaire prennent en compte la pression exercée par le sol situé au-dessus du forage par rapport aux pressions exercées par le liquide durant la phase de forage du trou pilote. Cette information sera fournie sous forme électronique à l'entrepreneur pour être utilisée durant la construction.
- c) Les contraintes d'espace associées aux emprises (ROW), comme les points d'inflexion (PI) et les zones de travail provisoire (TWS) ont aussi été considérées. Dans certains cas, des zones de travail provisoire additionnelles peuvent être demandées pour permettre l'installation des équipements requis sur le chantier. Ces zones de travail provisoire additionnelles (TWS) ont été également ajoutées à certains schémas d'installation du tuyau (pullback) pour faciliter une telle installation.
- d) Les points d'entrée et de sortie ont été identifiés selon la convention du forage utilisé, plutôt que selon la convention du placement du tuyau. Le point d'entrée est l'endroit où la foreuse est placée et où débute généralement les activités de forage. Réciproquement, le point de sortie est l'endroit où la tête de forage sortira du sol et où la section de tuyau sera étalée pour l'installation. Les processus seront expliqués plus en détails dans les notes inscrites sur le schéma approprié, comme l'application d'une «méthode d'intersection» durant la phase du trou pilote ou alors la foreuse devra être déplacée du point d'entrée au point de sortie pour faciliter l'installation du tuyau.
- e) L'angle d'entrée est généralement choisi pour réduire la longueur de forage au minimum et aussi pour réduire le risque de fracture en surface proche du point d'entrée. Ceci exigera probablement un ajustement pour faciliter l'accès au raccordement et devrait être pris en considération.
- f) L'angle de sortie a été choisi pour réduire au minimum la distance de forage et le nombre d'équipements requis pour supporter la section du tuyau pendant l'installation. Dans la plupart des cas, cet angle est de 8 à 10 degrés, ou moins, en fonction de la pente topographique (angle d'incidence [AOI]).
- g) Les dessins ont été conçus en considérant la section du tuyau et selon la configuration disponible. Ces plans seront mis à jour (si nécessaire) selon les besoins de nivellement de l'espace alloué, pour une installation en toute sécurité de la section du tuyau ou de plusieurs sections, une configuration dans une courbe, et/ou des contributions faites par l'entrepreneur pour qu'une conception appropriée à chaque situation soit respectée.

- h) Le rayon de courbure (RDC) choisi pour cette conception est de 1 100 m, ce qui est inférieur au «rayon conventionnel» reconnu par plusieurs entrepreneurs qui serait de 1 280m. ($RDC = 1\ 200 \times DN = 1\ 200 \times 42 \text{ po.} \times 1 \text{ pi. par } 12 \text{ po.} \times 0,3048\text{m par } 1 \text{ pi.} = 1\ 280\text{m}$). Cette formule est souvent utilisée dans l'industrie, cependant ni le matériau de fabrication du tuyau, ni la déformation due à la flexion, ni l'effet combiné des contraintes ou des déformations de la section de tuyau sont pris en compte. Cette convention a été considérée pour le choix du RDC.
- i) De façon générale, les points d'entrée et de sortie ont une zone de travail de 60m par 60m pour permettre l'entreposage du sol, les coupes de nivellement, les espaces provisoires de drainage et l'installation des équipements de forage. Ceci sera réévalué pour assurer le maintien d'une zone de travail suffisante selon les différents sites de construction.

4 RIVIÈRE BLACK

4.1 Alignement du Forage Directionnel Horizontal

Le forage FDH proposé à la Rivière Black est conçu selon un alignement allant d'est en ouest avec le point d'entrée situé du côté est du franchissement et le point de sortie du côté ouest. La section du tuyau sera étendue dans un emplacement située du côté ouest. Le numéro du schéma FDH est: 18193-03-ML-03-818.

4.2 Aire de Travail

La section de tuyau sera étendue le long de l'emprise (ROW) identifiée sur les schémas de configuration. Six (6) tracteurs pose-canalisation (sidebooms) sont prévus pour permettre l'installation de la section de tuyau. Les schémas d'installation sont identifiés par les dessins 18193-03-ML-03-819 et 18193-03-ML-03-820.

4.3 Sommaire de conception

La section suivante résume la conception du franchissement de la Rivière Black par FDH:

Normes pour les Tuyaux	1 067 mm Diamètre Extérieur x 25,4 mm d'épaisseur, GR. 483 CAT II, MSC CSA Z245.1-14
Choix préliminaire du type de revêtement	System 2B (TES-COAT-FBE)
Température minimale de fonctionnement (°C)	-5
Température maximale de fonctionnement (°C)	60
Angle d'entrée (degrés)	16
Angle de sortie / d'incidence (degrés)	8 / 8
Rayon de courbure (m)	1 100
Longueur (m)	700
Diamètre du forage (m)	1,37 (54 po.)
Profondeur maximale sous le franchissement (m)	38
Force de tirage/installation (livres)	227 000 en tenant compte de la Flottabilité (Buoyancy) et du Facteur de sécurité de 1,5

Tableau 1: Sommaire de conception

Les calculs de l'évaluation de la force de tirage/installation et de la déformation par FDH suivent les prémisses suivantes:

- a) Les calculs de la force de tirage sont basés sur un simple calcul applicable à une poutrelle pour évaluer le cisaillement, la contrainte de flexion et la déformation axiale. Cette évaluation fait suite à une analyse conservatrice relative à la levée et au support de la section du tuyau pendant l'installation.
- b) Les équipements proposés sur le schéma sont une illustration des équipements prévus pour le projet. Les équipements proposés par l'entrepreneur doivent répondre aux exigences décrites sur le schéma et correspondre à l'expérience de l'entrepreneur.
- c) Nous avons simulé toutes les installations avec une barre d'écartement Proline (PSB) qui permet d'utiliser deux supports de type 'rolli-cradle' pour chaque dispositif de levée. Ceci permet un écartement maximum de 25 mètres entre les supports.
- d) Tous les calculs ont considéré la ligne de remplissage «HDPE» (High Density Polyethylene) exigée par le produit de canalisation pour le maintien de la flottabilité (Buoyancy).
- e) Un facteur de sécurité de 1,5 est appliqué à la force de tirage/installation calculée pour compenser les variations de nos prémisses basées sur le changement de ces dernières durant la construction.

4.4 Revue géotechnique

Une évaluation géotechnique a été complétée en 2014 par Stantec Consulting et informations sur les puits de sondage ont été fournies. L'information ci-décrite est basée sur le document intitulé: Energy East Project – New Brunswick Segment Geotechnical Report for HDD Crossings Doc. EEX4930-CH2MD-A-RP-0029, Appendix N – Black River.

Ce document rapporte les informations recueillies sur un (1) puits de sondage foré jusqu'à une profondeur de 35m. Les informations géotechniques recueillies sont résumées ci-dessous:

Le puits de sondage «BH-29», situé du côté est de la rivière, entre le point d'entrée et la rivière, révèle une couche d'un mètre en sable bouillant limoneux sur un gravier caractérisé comme étant très dense et compact et aussi de granulométrie variée mélangé à du limon sur une profondeur de 4 m. Du substratum rocheux est présent à une profondeur de 4 m, constitué d'une couche de 6 m de rhyolite qualifiée comme étant de mauvaise qualité sur une diabase résistante qui se poursuit jusqu'au fond du puits.

Nous avons suggéré que deux (2) puits de sondage supplémentaires soient forés, un serait situé près du point d'entrée et l'autre près du point de sortie pour mieux planifier le franchissement.

4.5 Risques particuliers de la construction

Ce qui suit concerne les principaux risques associés à la construction selon les données géotechniques et les expériences antécédentes. Les principales stratégies d'atténuation sont aussi identifiées afin de minimiser les complications qui pourraient surgir durant la construction. Ces principaux risques devront être mis à jour une fois que la donnée géotechnique additionnelle sera disponible:

Zone 1: 0m - 40m

Risque:

Cette partie du FDH devrait pénétrer des couches de sable et de gravier. Il existe un risque potentiel d'affaissement près de la surface, de perte de fluide de forage dans la formation et des difficultés associées au maintien de la direction au travers du gravier.

Mesure d'atténuation:

L'entrepreneur devra excaver le point d'entrée et/ou s'assurer que les paramètres du fluides de forage et la pression utilisée puissent maintenir la stabilité du puits et aussi réduire au minimum la possibilité d'un échappement de fluide du puits de forage. Il est possible qu'un cuvelage (casing) soit nécessaire pour atténuer l'instabilité du puits de forage, le rejet de fluide vers la surface et les difficultés associées au maintien de la direction. Une fois que le trou de sondage additionnel sera complété à l'entrée, le besoin de cuvelage pourra être réévalué.

Zone 2: 40m - 640m

Risque:

Il est prévu que le puits de forage principal traverse une couche de rhyolite caractérisée comme étant très fracturée. Il existe aussi un risque de perte de fluide à l'intérieur de cette formation.

Mesure d'atténuation:

Le suivi des propriétés du fluide de forage et de son volume devra être fait pour vérifier que les débris de la formation soient enlevés du puits et que les pertes de fluide soient contenues. L'entrepreneur devra établir des paramètres pour les boues de forage. Si une zone de perte de circulation est identifiée, l'entrepreneur devra arrêter toutes opérations et placer un bouchon approuvé (en bentonite, fibre de magma, bouchon de trou) avant de poursuivre le forage. S'il arrive qu'il y ait des pertes de fluide durant les passages d'alésage, ce bouchon peut être installé à nouveau.

Risque:

La diabase identifiée possède une forte capacité de résistance. Il existe un risque de ralentissement de la pénétration et d'usure plus intense des outils de forage.

Mesure d'atténuation:

L'entrepreneur devra établir un échancier approprié pour compenser la vitesse ralentie du forage dans une diabase de forte résistance. L'entrepreneur devrait utiliser une sonde de forage «mud motor» pour percer la formation rocheuse. Les paramètres de fluide de forage seront établis afin d'assurer le retrait des débris de forage et conditionner le puits de forage pour l'alésage et l'installation du tuyau.

Zone 3: 640m - 700m

Risque:

Le FDH pénètre ici des couches de sable et de gravier. Il existe un risque d'affaissement durant le forage surtout avec les passages d'alésage de plus grand diamètre. De plus, il existe un risque de fracturation hydraulique de la formation. Une fois que le puits de sondage additionnel sera complété à la sortie, ce risque pourra être réévalué.

Mesure d'atténuation:

L'entrepreneur devra s'assurer que les paramètres du fluide de forage et la pression utilisée permettent de maintenir la stabilité du puits de forage et aussi de réduire au minimum la possibilité d'un échappement de fluide du puits de forage. Le trou de forage est supposé se maintenir en place, cependant l'entrepreneur devra utiliser à plusieurs reprises les outils d'alésage pour déblayer les débris du puits de forage et maintenir une voie d'accès au fluide du côté de l'entrée.

5 SOMMAIRE DU CALENDRIER FDH

Activité	Durée (jours)
Mobilisation	1
Installation de l'engin de forage	1
Trou pilote	9
Alésage de 76,2 cm (30 po.)	10
Alésage de 106,7 cm (42 po.)	11
Alésage de 121,9 cm (48 po.)	10
Alésage de 137,2 cm (54 po.)	11
Conditionnement	1
Tirage/Installation	1
Enlèvement de l'engin de forage	1
Démobilisation	1
Total	57

Tableau 2: Sommaire du calendrier FDH

Hypothèses:

- L'échéancier est basé sur une période de travail de 7 jours par semaine.
- L'échéancier est aussi basé sur une période de travail de 24 heures par jours.
- Niveau normal de production avec un nombre minimal de fractures.

6 APPROVISIONNEMENT EN EAU

Il est prévu que l'eau utilisée pour le forage sera disponible à proximité ou sera transportée par camion sur le site. Les sources d'approvisionnement en eau devraient être vérifiées avant le début des travaux.

7 RECOMMANDATIONS

Les recommandations suivantes décrivent les principales actions à prendre afin d'assurer une progression régulière du projet vers sa phase de construction:

- a) Compléter le forage des puits de sondage additionnels pour confirmer la géologie existante.
- b) Réaliser une évaluation de la constructibilité, incluant des ingénieurs et des entrepreneurs (canalisation et FDH).
- c) Vérifier que toutes les emprises (ROW) et les zones de travail provisoire (TWS), les avis environnementaux et les permis, ainsi que les sites pour l'extraction d'eau et les sites de décharge soient acquis.
- d) Revoir les plans de construction préparés par l'entrepreneur.

8 CONCLUSION

Selon les données fournies, le franchissement de la Rivière Black par FDH est jugé réalisable. Une fois que l'information géotechnique additionnelle sera acquise, cette évaluation sera mise à jour.

9 DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE

Energy East Project – New Brunswick Segment Geotechnical Report for HDD Crossings Doc. EEX4930-CH2MD-A-RP-0029, Appendix N – Black River.

Pipeline Research Council International (PRCI) (PR-227-03110) – Installation of Pipelines Using Horizontal Directional Drilling – An Engineering Design Guideline

HDD and Pullback Design Drawings – Rivière Black

Nom du franchissement	Type	Station	Numéro du schéma
Rivière Black	FDH	46+442.0	18193-03-ML-03-818
Rivière Black	Support à tuyau	46+442.0	18193-03-ML-03-819
Rivière Black	Configuration du tuyau	46+442.0	18193-03-ML-03-820

ANNEXE A – SOMMAIRE D’ANALYSE DES CONTRAINTES

Owner: TCPL								
Project: Energy East - New Brunswick								
Date: 06/02/2015								
Calculation Description: Stress Assessment NPS 42 HDD								
Applicable Crossings: BLACK RIVER								
Completed By: JC		Reviewed By: JT						
Pipe Information			Design Criteria			Crossing Characteristics		
Pipe Diameter (mm)	Pipe W.T. (mm)	Pipe Grade (MPa)	MOP (kPa)	Max. Operating Temperature (°Celsius)	Installation Temperature (°Celsius)	Design Radius (m)	Maximum Depth From Entry Location (m)	HDD Length (m)
1067	25.4	483	8,450	60	-5	1100	49	700
PRELIMINARY								
<p>The pipe section installed stresses are modelled in 5 sections (exit tangent (5), exit arc (4), bottom tangent (3), entry arc (2), entry tangent (1)) incorporating effects of buoyancy, soil friction, curvature, fluidic drag and pipe weight. Where an additional curve is present on the exit side of the design, the arc and tangent are modelled using an average angle of inclination which is determined based on the average slope from exit arc to exit point. The calculated stresses are evaluated using the AGA method (PRCI). Operating stresses incorporate hoop, bending, tensile, and thermal expansion.</p>								
Variable Definitions:								
SMYS - Specified Minimum Yield Strength D - Outer Diameter of Product Pipe E - Young's Modulus (Steel) t - Wall Thickness of Product Pipe								
Tensile Stress:			Allowable Tensile Stress			% of Allowable		
5	9.5 MPa		F(t) = (0.9)* SMYS			2.2%		
4	9.3 MPa		F(t) = 434.7 MPa			2.1%		
3	9.4 MPa					2.2%		
2	11.7 MPa					2.7%		
1	12.1 MPa					2.8%		
Bending Stress:			Allowable Bending Stress			% of Allowable		
5	5.2 MPa		F(b) = [0.84-{1.74 x SYMS x D/(E x t)}] x SMYS			1.6%		
4	145.5 MPa		F(b) = 320.4 MPa			45.4%		
3	5.2 MPa					1.6%		
2	145.5 MPa					45.4%		
1	5.2 MPa					1.6%		
Hoop Stress:			Allowable Hoop Stress			% of Allowable		
5	14.1 MPa		F(h)= [0.88 x E x (t/D) ²] / 1.5			21.3%		
4	21.0 MPa		F(h) = 66.5 MPa			31.5%		
3	21.0 MPa					31.5%		
2	21.0 MPa					31.5%		
1	3.8 MPa					5.8%		
Operating Stresses:			Allowable Shear Stress			% of Allowable		
5	138.8 MPa		F(v) = 45% of SMYS			63.8%		
4	185.5 MPa		F(v) = 217.3 MPa			85.3%		
3	138.7 MPa					63.8%		
2	185.5 MPa					85.3%		
1	139.3 MPa					64.1%		
Combined Stress (Tensile and Bending)						% of Allowable		
5	0.04		Unity Check (<1)			4%		
4	0.48					48%		
3	0.04					4%		
2	0.48					48%		
1	0.04					4%		
Combined Stress (Tensile, Bending, and Hoop)						% of Allowable		
5	0.05		Unity Check (<1)			5%		
4	0.31					31%		
3	0.10					10%		
2	0.32					32%		
1	0.01					1%		
Estimated PullForce (with Buoyancy Control)								
150,675 lbs			226,013 lbs (including 1.5x Safety Factor)					

ANNEXE B – SOMMAIRE D’ANALYSE DES CONTRAINTES LORS DE L’INSTALLATION

Owner: TCPL								
Project: Energy East - New Brunswick								
Date: 06/02/2015								
Calculation Description: HDD Pipe Pullback Analysis								
Applicable Crossings: BLACK RIVER								
Completed By: CG		Reviewed By: JT						
Pipe Information			Design Criteria					
Pipe Diameter (mm)	Pipe W.T. (mm)	Pipe Grade (MPa)	Overbend Radius (m)	Total Supported Weight (kg/m)	Maximum Support Spacing (m)	Roller Spacing (m)	Maximum Unsupported Overhang (m)	Estimated Pullforce (lbs)
1067	25.4	483	600	681.1	25	8	15	226,013
<p>The pipe pullback is modelled such that the pipe is not over-stressed due to the combination of bending, tensile, and shear stresses throughout the pullback section, both in the spans between supports and at the support locations. The pullback is also modelled such that the supports are not overloaded with the weight of the pipe at any point during the pipe installation, including as the tailing end passes from support to support.</p> <p>Definitions: SMYS - Specified Minimum Yield Strength Overhang - Where Unsupported Tail End of Pipe Extends Beyond Support Full Span - Where Pipe Is Supported Between 2 Supports at Maximum Support Spacing Shown Above</p>								
SUPPORT LOADING								
Vertical Load at Each Boom/Crane Support				% of Support Capacity *				
At Support With Full Span:								
23,924 kg		52,753 lbs		52.8%				
At Support With Overhang:								
27,243 kg		60,070 lbs		60.1%				
Longitudinal Load at Each Boom/Crane Support				* based on load capacity of Proline 24" - 48" Rolli-Cradle with spreader bar				
2724.3 kg		6,007 lbs						
Horizontal Load at Each Boom/Crane Support								
0 kg		0 lbs						
PIPE STRESS								
Bending Stress				% SMYS		% of Allowable (PRCI)		
At Support With Full Span:								
200.5 MPa				41.5%		62.6%		
At Support with Overhanging Pipe:								
65.4 MPa				13.5%		20.4%		
Tensile Stress								
11.3 MPa				2.3%		2.6%		
Combined Stress (Tensile and Bending)								
211.8 MPa				43.8%		65%		

Annexe Vol 1A-8
Étude de faisabilité du FDH – Rivière Mispec

Titre du Document: Projet d'Énergie Est – Segment du Nouveau-Brunswick
Étude de faisabilité du FDH – Rivière Mispec

Numéro du Document: EEX4930-CH2MD-A-RP-0047-Fr

Numéro de la Révision: 0

Numéro du Contrat: 12409



CH2M HILL
9189 S. Jamaica St.
Englewood, CO
USA, 80112
Téléphone: (720) 286-3000

Se référer au document principal (version anglaise) «EEX4930-CH2MD-A-RP-0047 Rev0
Mispec River HDD Feasibility Report» pour le sceau professionnel.

No. de la révision	Date de la révision aaaa-mm-jj	Raison de l'émission	Entrepreneur Initiateur	Entrepreneur Revu par	Entrepreneur Approuvé par
0	2015-03-19	Émission pour utilisation	Chelsea Griffiths	Jean-Charles Dessertenne	Brent Goerz

Table des matières

1	Introduction	3
2	Sommaire des technologies sans tranchée	3
3	Paramètres de conception	3
4	Rivière Mispéc	5
4.1	Alignement du Forage Directionnel Horizontal	5
4.2	Aire de Travail.....	5
4.3	Sommaire de conception	6
4.4	Revue géotechnique.....	7
4.5	Risques particuliers de la construction	7
5	Sommaire du calendrier FDH.....	9
6	Approvisionnement en eau	9
7	Recommandations.....	10
8	Conclusions	10
9	Documents de référence.....	11
	Annexe A – Sommaire d’analyse des contraintes.....	12
	Annexe B – Sommaire d’analyse des contraintes lors de l’installation.....	13

1 INTRODUCTION

TransCanada Pipelines Limited (TCPL) planifie la construction de l'Oléoduc Énergie Est – Segment du Nouveau-Brunswick à partir de la frontière Est du Québec (approx. située à 20 km à l'est de Dégelis) jusqu'au réservoir de stockage du terminal proposé près de Saint John, Nouveau-Brunswick. Le projet d'oléoduc consiste à installer un oléoduc de 42 pouces de diamètre (DN 42) d'une longueur approximative de 411 km (Version du trajet : Rev I). Pour la phase de la planification du projet, TCPL a retenu les services de CCI Inc. (CCI) par l'entremise de CH2M HILL pour faire la planification et le soutien technique de plusieurs installations de l'oléoduc proposé sans tranchée qui font partie des études d'ingénierie et de conception préliminaires (FEED) du projet.

Dans le cadre de ce projet, plusieurs franchissements sont prévus d'être complétés par une technologie de pose sans tranchée. Ce rapport est soumis en tant qu'une évaluation de faisabilité de l'état des sites, incorporant les données géotechniques et l'examen géométrique qui sera réalisé à la Rivière Mispec selon la méthode de forage directionnel horizontal FDH. Le franchissement par FDH de la Rivière Mispec se situe à environ trois kilomètres au sud-ouest de Garnett Settlement, dans le comté de Saint John.

2 SOMMAIRE DES TECHNOLOGIES SANS TRANCHÉE

CCI a évalué le diamètre de l'oléoduc, la longueur du franchissement et la configuration géométrique et a comparé différentes méthodes de forage sans faire de tranchée. Nous avons choisi la méthode de forage directionnel horizontal puisqu'elle est la plus réalisable en fonction de la taille du tuyau et des conditions géotechniques de la Rivière Mispec sur le segment du projet d'Oléoduc Énergie Est au Nouveau-Brunswick.

Le forage directionnel horizontal (FDH) est un processus de forage à partir d'un côté du franchissement jusqu'à l'autre en utilisant une sonde de forage orientable (BHA) d'un diamètre allant de 25,1 cm (9 7/8 po.) à 31,1 cm (12 ¼ po.). Une fois le trou pilote complété, le diamètre du trou pilote sera élargi par une série de passages d'alésage allant jusqu'à un diamètre de 137,1 cm (54 po.), soit 30,5 cm (12 po.) de plus que la dimension du tuyau. Une fois que le trou pilote sera agrandi au diamètre approprié, le tuyau sera installé par la foreuse dans le puits de forage en le tirant à partir du point de sortie du trou pilote jusqu'au point d'entrée.

3 PARAMÈTRES DE CONCEPTION

- a) La directive de conception (PR-227-03110) du Pipeline Research Council International (PRCI), suggérée dans la norme Z662 de la CSA, a été utilisée pour simuler les contraintes telles que la flexion, la circonférence, la tension lors de la traction et la combinaison de tous ces facteurs imposés au tuyau durant et après l'installation et aussi pendant son fonctionnement. Les calculs considèrent le diamètre du tuyau, l'épaisseur de la paroi, les grades d'acier, ainsi que la profondeur et la conception géométrique du franchissement.

- b) Les franchissements de cours d'eau ont été conçus en accomplissant une évaluation de la pression annulaire afin de réduire au minimum le risque de fracture hydraulique jusqu'à la surface ou jusqu'à l'étendue d'eau pendant le forage du trou pilote. Les simulations de pression annulaire prennent en compte la pression exercée par le sol situé au-dessus du forage par rapport aux pressions exercées par le liquide durant la phase de forage du trou pilote. Cette information sera fournie sous forme électronique à l'entrepreneur pour être utilisée durant la construction.
- c) Les contraintes d'espace associées aux emprises (ROW), comme les points d'inflexion (PI) et les zones de travail provisoire (TWS) ont aussi été considérées. Dans certains cas, des zones de travail provisoire additionnelles peuvent être demandées pour permettre l'installation des équipements requis sur le chantier. Ces zones de travail provisoire additionnelles (TWS) ont été également ajoutées à certains schémas d'installation du tuyau (pullback) pour faciliter une telle installation.
- d) Les points d'entrée et de sortie ont été identifiés selon la convention du forage utilisé, plutôt que selon la convention du placement du tuyau. Le point d'entrée est l'endroit où la foreuse est placée et où débute généralement les activités de forage. Réciproquement, le point de sortie est l'endroit où la tête de forage sortira du sol et où la section de tuyau sera étalée pour l'installation. Les processus seront expliqués plus en détails dans les notes inscrites sur le schéma approprié, comme l'application d'une «méthode d'intersection» durant la phase du trou pilote ou alors la foreuse devra être déplacée du point d'entrée au point de sortie pour faciliter l'installation du tuyau.
- e) L'angle d'entrée est généralement choisi pour réduire la longueur de forage au minimum et aussi pour réduire le risque de fracture en surface proche du point d'entrée. Ceci exigera probablement un ajustement pour faciliter l'accès au raccordement et devrait être pris en considération.
- f) L'angle de sortie a été choisi pour réduire au minimum la distance de forage et le nombre d'équipements requis pour supporter la section du tuyau pendant l'installation. Dans la plupart des cas, cet angle est de 8 à 10 degrés, ou moins, en fonction de la pente topographique (angle d'incidence [AOI]).
- g) Les dessins ont été conçus en considérant la section du tuyau et selon la configuration disponible. Ces plans seront mis à jour (si nécessaire) selon les besoins de nivellement de l'espace alloué, pour une installation en toute sécurité de la section du tuyau ou de plusieurs sections, une configuration dans une courbe, et/ou des contributions faites par l'entrepreneur pour qu'une conception appropriée à chaque situation soit respectée.

- h) Le rayon de courbure (RDC) choisi pour cette conception est de 1 100 m, ce qui est inférieur au «rayon conventionnel» reconnu par plusieurs entrepreneurs qui serait de 1 280m. ($RDC = 1\ 200 \times DN = 1\ 200 \times 42 \text{ po.} \times 1 \text{ pi. par } 12 \text{ po.} \times 0,3048 \text{ m par } 1 \text{ pi.} = 1\ 280 \text{ m}$). Cette formule est souvent utilisée dans l'industrie, cependant ni le matériau de fabrication du tuyau, ni la déformation due à la flexion, ni l'effet combiné des contraintes ou des déformations de la section de tuyau sont pris en compte. Cette convention a été considérée pour le choix du RDC.
- i) De façon générale, les points d'entrée et de sortie ont une zone de travail de 60m par 60m pour permettre l'entreposage du sol, les coupes de nivellement, les espaces provisoires de drainage et l'installation des équipements de forage. Ceci sera réévalué pour assurer le maintien d'une zone de travail suffisante selon les différents sites de construction.

4 RIVIÈRE MISPEC

4.1 Alignement du Forage Directionnel Horizontal

Le FDH proposé à la Rivière Mispec est conçu selon un alignement allant d'ouest en est avec un point d'entrée situé du côté ouest du franchissement et un point de sortie situé du côté est. La section du tuyau sera étendue dans un emplacement située du côté est. Le numéro du schéma FDH est : 18193-03-ML-03-822.

4.2 Aire de Travail

La section de tuyau sera étendue le long de l'emprise (ROW) identifiée sur les schémas de configuration. Six (6) tracteurs pose-canalisation (sidebooms) sont prévus pour permettre l'installation de la section de tuyau. Les schémas d'installation sont identifiés par les dessins 18193-03-ML-03-823 et 18193-03-ML-03-824.

4.3 Sommaire de conception

La section suivante résume la conception du franchissement de la Rivière Mispéc par FDH:

Normes pour les Tuyaux	1 067 mm Diamètre Extérieur x 25,4 mm d'épaisseur, GR. 483 CAT II, M5C CSA Z245.1-14
Choix préliminaire du type de revêtement	System 2B (TES-COAT-FBE)
Température minimale de fonctionnement (°C)	-5
Température maximale de fonctionnement (°C)	60
Angle d'entrée (degrés)	14
Angle de sortie / d'incidence (degrés)	10 / 10
Rayon de courbure (m)	1 100
Longueur (m)	682
Diamètre du forage (m)	1,37 (54 po.)
Profondeur maximale sous le franchissement (m)	33
Force de tirage/installation (livres)	215 000 en tenant compte de la Flottabilité (Buoyancy) et du Facteur de sécurité de 1,5

Tableau 1: Sommaire de conception

Les calculs de l'évaluation de la force de tirage/installation et de la déformation par FDH suivent les prémisses suivantes:

- a) Les calculs de la force de tirage sont basés sur un simple calcul applicable à une poutrelle pour évaluer le cisaillement, la contrainte de flexion et la déformation axiale. Cette évaluation fait suite à une analyse conservatrice relative à la levée et au support de la section du tuyau pendant l'installation.
- b) Les équipements proposés sur le schéma sont une illustration des équipements prévus pour le projet. Les équipements proposés par l'entrepreneur doivent répondre aux exigences décrites sur le schéma et correspondre à l'expérience de l'entrepreneur.
- c) Nous avons simulé toutes les installations avec une barre d'écartement Proline (PSB) qui permet d'utiliser deux supports de type 'rolli-cradle' pour chaque dispositif de levée. Ceci permet un écartement maximum de 25 mètres entre les supports.
- d) Tous les calculs ont considéré la ligne de remplissage «HDPE» (High Density Polyethylene) exigée par le produit de canalisation pour le maintien de la flottabilité (Buoyancy).
- e) Un facteur de sécurité de 1,5 est appliqué à la force de tirage/installation calculée pour compenser les variations de nos prémisses basées sur le changement de ces dernières durant la construction.

4.4 Revue géotechnique

Une évaluation géotechnique a été complétée en 2014 par Stantec Consulting et les informations sur les puits de sondage ont été fournies. L'information ci-décrite est basée sur le document intitulé : Energy East Project – New Brunswick Segment Geotechnical Report for HDD Crossings Doc. EEX4930-CH2MD-A-RP-0029, Appendix O – Mispéc River.

Ce document rapporte les informations recueillies sur un (1) puits de sondage foré jusqu'à une profondeur de 38m. Les informations géotechniques recueillies sont résumées ci-dessous:

Le puits de sondage «BH-31», situé du côté est de la rivière proche du point de sortie, révèle une couche en surface formée d'une forte accumulation de racines. Le substratum rocheux est constitué de couches de conglomérat, de grès et de siltite juste en-dessous de la surface qui se poursuit jusqu'au fond du puits.

Nous avons suggéré que deux (2) puits de sondage supplémentaires soient forés, un serait situé près du point d'entrée et l'autre près du point de sortie pour mieux planifier le franchissement.

4.5 Risques particuliers de la construction

Ce qui suit concerne les principaux risques associés à la construction selon les données géotechniques et les expériences antécédentes. Les principales stratégies d'atténuation sont aussi identifiées afin de minimiser les complications qui pourraient surgir durant la construction. Ces principaux risques devront être mis à jour une fois que la donnée géotechnique additionnelle sera disponible:

Zone 1: 0m - 30m

Risque:

Il est à prévoir que cette partie du FHD pénétrera un substratum rocheux de forte résistance. La dureté relativement élevée de cette formation peut ralentir la vitesse de pénétration et ainsi augmenter l'usure des pièces d'équipement.

Mesure d'atténuation:

L'entrepreneur devra établir un échancier approprié pour compenser la vitesse ralentie du forage dans une formation rocheuse de forte résistance. L'entrepreneur devrait utiliser une sonde de forage «mud motor» pour percer la formation rocheuse. Les paramètres de fluide de forage seront établis afin d'assurer le retrait des débris de forage et conditionner le puits de forage pour l'alésage et l'installation du tuyau.

Zone 2: 30m - 612m

Risque:

En raison de la grande taille d'alésages, une grande quantité de débris du puits de forage produite devra être enlevée du trou de forage. Ceci est en accord avec d'autres projets de forage de grand diamètre et plusieurs mesures d'atténuation peuvent être utilisées dans ces circonstances. De plus, il est possible que des débris de forage provenant des parois du puits puissent ralentir la progression du forage ou aussi augmenter la fréquence des nettoyages.

Mesure d'atténuation:

- Les propriétés du fluide de forage pourront être optimisés pour maximiser le transport des débris de forage.
- Des débits élevés de pompage durant les passages d'alésage du FDH augmenteront la vitesse annulaire et la capacité de charge. En raison de l'augmentation du volume annulaire, le risque de fracture hydraulique ne sera pas augmenté.
- Des débits de forage seront enlevés mécaniquement. Cette durée dépendra des conditions de forage.

Zone 3: 612m - 682m

Risque:

Cette partie du FDH pénètre du grès et du conglomérat ayant une résistance à la compression uniaxiale (UCS) de l'ordre de 168 MPa. La résistance élevée de cette formation peut ralentir la progression du forage et faire augmenter l'usure des outils.

Mesure d'atténuation:

L'entrepreneur devra établir un échancier approprié pour compenser le ralentissement du forage dans une formation rocheuse de forte résistance. De plus, l'entrepreneur devra utiliser les bons outils et devra veiller à ce qu'ils soient en bon état lors du forage de cette zone.

5 SOMMAIRE DU CALENDRIER FDH

Activité	Durée (jours)
Mobilisation	1
Installation de l'engin de forage	1
Trou pilote	9
Alésage de 76,2 cm (30 po.)	10
Alésage de 106,7 cm (42 po.)	11
Alésage de 121,9 cm (48 po.)	10
Alésage de 137,2 cm (54 po.)	11
Conditionnement	1
Tirage/Installation	1
Enlèvement de l'engin de forage	1
Démobilisation	1
Total	57

Tableau 2: Sommaire du calendrier FDH

Hypothèses:

- L'échéancier est basé sur une période de travail de 7 jours par semaine.
- L'échéancier est aussi basé sur une période de travail de 24 heures par jours.
- Niveau normal de production avec un nombre minimal de fractures.

6 APPROVISIONNEMENT EN EAU

Il est prévu que l'eau utilisée pour le forage sera disponible à proximité ou sera transportée par camion sur le site. Les sources d'approvisionnement en eau devraient être vérifiées avant le début des travaux.

7 RECOMMANDATIONS

Les recommandations suivantes décrivent les principales actions à prendre afin d'assurer une progression régulière du projet vers sa phase de construction:

- a) Compléter le forage des puits de sondage additionnels pour confirmer la géologie existante.
- b) Réaliser une évaluation de la constructibilité, incluant des ingénieurs et des entrepreneurs (canalisation et FDH).
- c) Vérifier que toutes les emprises (ROW) et les zones de travail provisoire (TWS), les avis environnementaux et les permis, ainsi que les sites pour l'extraction d'eau et les sites de décharge soient acquis.
- d) Revoir les plans de construction préparés par l'entrepreneur.

8 CONCLUSIONS

Selon les données fournies, le franchissement de la Rivière Mispéc par FDH est jugé réalisable. Une fois que l'information géotechnique additionnelle sera acquise, cette évaluation sera mise à jour.

9 DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE

Energy East Project – New Brunswick Segment Geotechnical Report for HDD Crossings Doc. EEX4930-CH2MD-A-RP-0029, Appendix O – Mispéc River.

Pipeline Research Council International (PRCI) (PR-227-03110) – Installation of Pipelines Using Horizontal Directional Drilling – An Engineering Design Guideline

HDD and Pullback Design Drawings – Rivière Mispéc

Nom du franchissement	Type	Station	Numéro du schéma
Rivière Mispéc	FDH	48+559.3	18193-03-ML-03-822
Rivière Mispéc	Support à tuyau	48+559.3	18193-03-ML-03-823
Rivière Mispéc	Configuration du tuyau	48+559.3	18193-03-ML-03-824

ANNEXE A – SOMMAIRE D’ANALYSE DES CONTRAINTES

Owner: TCPL								
Project: Energy East - New Brunswick								
Date: 22/12/2014								
Calculation Description: Stress Assessment NPS 42 HDD								
Applicable Crossings: MISPEC RIVER								
Completed By: JC		Reviewed By: JT						
Pipe Information			Design Criteria			Crossing Characteristics		
Pipe Diameter (mm)	Pipe W.T. (mm)	Pipe Grade (MPa)	MOP (kPa)	Max. Operating Temperature (°Celsius)	Installation Temperature (°Celsius)	Design Radius (m)	Maximum Depth From Entry Location (m)	HDD Length (m)
1067	25.4	483	8,450	60	-5	1100	43	682
PRELIMINARY								
<p>The pipe section installed stresses are modelled in 5 sections (exit tangent (5), exit arc (4), bottom tangent (3), entry arc (2), entry tangent (1)) incorporating effects of buoyancy, soil friction, curvature, fluidic drag and pipe weight. Where an additional curve is present on the exit side of the design, the arc and tangent are modelled using an average angle of inclination which is determined based on the average slope from exit arc to exit point. The calculated stresses are evaluated using the AGA method (PRCI). Operating stresses incorporate hoop, bending, tensile, and thermal expansion.</p>								
Variable Definitions:								
SMYS - Specified Minimum Yield Strength D - Outer Diameter of Product Pipe E - Young's Modulus (Steel) t - Wall Thickness of Product Pipe								
Tensile Stress:			Allowable Tensile Stress			% of Allowable		
5	8.0 MPa		F(t) = (0.9)* SMYS			1.8%		
4	8.4 MPa		F(t) = 434.7 MPa			1.9%		
3	8.5 MPa					1.9%		
2	10.8 MPa					2.5%		
1	11.5 MPa					2.6%		
Bending Stress:			Allowable Bending Stress			% of Allowable		
5	5.2 MPa		F(b) = [0.84-(1.74 x SYMS x D/(E x t))] x SMYS			1.6%		
4	145.5 MPa		F(b) = 320.4 MPa			45.4%		
3	5.2 MPa					1.6%		
2	145.5 MPa					45.4%		
1	5.2 MPa					1.6%		
Hoop Stress:			Allowable Hoop Stress			% of Allowable		
5	10.9 MPa		F(h)= [0.88 x E x (t/D)^2] / 1.5			16.3%		
4	19.3 MPa		F(h) = 66.5 MPa			29.0%		
3	19.3 MPa					29.0%		
2	19.3 MPa					29.0%		
1	6.6 MPa					10.0%		
Operating Stresses:			Allowable Shear Stress			% of Allowable		
5	138.8 MPa		F(v) = 45% of SMYS			63.9%		
4	185.5 MPa		F(v) = 217.3 MPa			85.3%		
3	138.7 MPa					63.8%		
2	185.5 MPa					85.3%		
1	139.0 MPa					64.0%		
Combined Stress (Tensile and Bending)						% of Allowable		
5	0.03		Unity Check (<1)			3%		
4	0.47					47%		
3	0.04					4%		
2	0.48					48%		
1	0.04					4%		
Combined Stress (Tensile, Bending, and Hoop)						% of Allowable		
5	0.03		Unity Check (<1)			3%		
4	0.29					29%		
3	0.09					9%		
2	0.29					29%		
1	0.01					1%		
Estimated Pull Force (with Buoyancy Control)								
143,263 lbs			214,895 lbs (including 1.5x Safety Factor)					

ANNEXE B – SOMMAIRE D’ANALYSE DES CONTRAINTES LORS DE L’INSTALLATION

Owner: TCPL								
Project: Energy East - New Brunswick								
Date: 22/12/2014								
Calculation Description: HDD Pipe Pullback Analysis								
Applicable Crossings: MISPEC RIVER								
Completed By: CG		Reviewed By: JT						
Pipe Information			Design Criteria					
Pipe Diameter (mm)	Pipe W.T. (mm)	Pipe Grade (MPa)	Overbend Radius (m)	Total Supported Weight (kg/m)	Maximum Support Spacing (m)	Roller Spacing (m)	Maximum Unsupported Overhang (m)	Estimated Pullforce (lbs)
1067	25.4	483	600	681.1	25	8	15	214,895
<p>The pipe pullback is modelled such that the pipe is not over-stressed due to the combination of bending, tensile, and shear stresses throughout the pullback section, both in the spans between supports and at the support locations. The pullback is also modelled such that the supports are not overloaded with the weight of the pipe at any point during the pipe installation, including as the tailing end passes from support to support.</p> <p>Definitions: SMYS - Specified Minimum Yield Strength Overhang - Where Unsupported Tail End of Pipe Extends Beyond Support Full Span - Where Pipe Is Supported Between 2 Supports at Maximum Support Spacing Shown Above</p>								
SUPPORT LOADING								
Vertical Load at Each Boom/Crane Support							% of Support Capacity *	
At Support With Full Span:			23,892 kg	52,681 lbs	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;">52.7%</div>			
At Support With Overhang:			27,243 kg	60,070 lbs				
Longitudinal Load at Each Boom/Crane Support							* based on load capacity of Proline 24"- 48" Rolli-Cradle with spreader bar	
			2724.3 kg	6,007 lbs				
Horizontal Load at Each Boom/Crane Support								
			0 kg	0 lbs				
PIPE STRESS								
Bending Stress				% SMYS		% of Allowable (PRCI)		
At Support With Full Span:				200.5 MPa	41.5%	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;">62.6%</div>		
At Support with Overhanging Pipe:				65.4 MPa	13.5%	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;">20.4%</div>		
Tensile Stress								
				11.0 MPa	2.3%	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;">2.5%</div>		
Combined Stress (Tensile and Bending)								
				211.5 MPa	43.8%	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;">65%</div>		