

Annexe Vol 2-9
Étude de faisabilité – 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 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: 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 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 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 Pull Force (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:</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:			24,271 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%										