

Annexe Vol 1-8
Petite Rivière Iroquois FDH



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

Numéro du Document : EEX4930-CH2MD-A-RP-0031-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-0031 Rev0 Petite Rivière Iroquois HDD Feasibility Report» pour le sceau professionnel.

No. de la révision	Date de la révision yyyy-mm-dd	Raison de l'émission	Entrepreneur Initiateur	Entrepreneur Revu par:	Entrepreneur Approuvé par:
0	2015-08-31	Émission pour utilisation	Chelsea Griffiths	Jean-Charles Dessertenne	Brent Goerz



Table des matières

1	Introduction	3
2	Méthode sans tranchée considérée.....	3
3	Paramètres de conception	3
4	Petite Rivière Iroquois	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	Conclusion	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 Petite Rivière Iroquois selon la méthode de forage directionnel horizontal FDH. Le franchissement par FDH de la Petite Rivière Iroquois se situe à environs douze kilomètres au nord-ouest de Saint-Jacques, dans le comté de Madawaska.

2 MÉTHODE SANS TRANCHÉE CONSIDÉRÉE

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 Petite Rivière Iroquois 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 Z662-11 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 sécuritaire. Chaque traversée de route est conçue pour minimiser le risque de formation d'un vide/ gouffre tout en réduisant la longueur de forage 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 provisoires 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 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 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 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 pris en compte. Cette information 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 PETITE RIVIÈRE IROQUOIS

4.1 Alignement du Forage Directionnel Horizontal

Le FDH proposé à la Petite Rivière Iroquois, situé sur la route Russel Martin et la Route Rurale numéro 8 est conçu selon un alignement allant du sud-ouest vers le nord-est avec un point d'entrée proposé du côté ouest du franchissement et un point de sortie situé au est. La section de tuyau sera étendue en la partie sud du site dans une seule section. Le numéro du schéma FDH est : 16326-03-ML-03-809.

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) et deux (2) grues sont prévus pour permettre l'installation de la section de tuyau. Les schémas d'installation sont identifiés sur les dessins 16326-03-ML-03-810 et 16326-03-ML-03-811.

4.3 Sommaire de conception

La section suivante résume la conception du franchissement de la Petite Rivière Iroquois 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)	1 004
Diamètre du forage (m)	1,37 (54 po.)
Profondeur maximale sous le franchissement (m)	39 (Petite Rivière Iroquois) / 72 (Route Rurale 8)
Force de tirage/installation (livres)	253 000 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 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 2015 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 Rev2, Appendix C – Petite Rivière Iroquois.

Ce document rapporte les informations recueillies sur un (1) puits de sondage foré jusqu'à une profondeur de 35,5m. Les informations géotechniques recueillies sont résumé ci-dessous:

Le puits de sondage «BH-46», situé du côté nord-est de la rivière, près de la Route Rurale numéro 8, révèle une couche en surface contenant des racines. Une assise d'ardoise est présente sous la couche de surface, jusqu'au fond du puits à une profondeur de 35,5m.

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:

Zone 1: 0m - 1004m

Risque:

Le FDH devrait traverser une couche d'ardoise, allant de qualité très mauvaise à excellente, 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 72,5 MPa avec une désignation de qualité de la roche (RQD) de 86%.

Mesure d'atténuation:

L'entrepreneur devra établir un échéancier approprié pour compenser la vitesse ralentie du forage dans cette ardoise à 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:

Il est prévu que le passage du forage se fera dans du roc de schiste. Il est possible qu'il y ait des pertes de circulation à travers des zones fissurées.

Mesure d'atténuation:

La possibilité de perte de circulation est sans doute confinée à la zone supérieure de la formation d'ardoise. Si une cavité est identifiée dans une zone fracturée, l'entrepreneur devrait s'arrêter et placer un bouchon approuvé (en bentonite, fibre de magma, bouchon

de trou) avant de poursuivre le forage. Si des pertes de fluide sont remarquées durant les passages d'alésage, ce bouchon peut être installé à nouveau.

Risque:

En raison du grand nombre d'alésages, une grande quantité de déblais de forage sera produite qui devra être enlevée du trou de forage. Ceci est cohérent 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 optimisés afin de maximiser le transport des déblais de forage.
- Des débits élevés de pompage durant les passages d'alésage effectués pour faire le 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 déplacements additionnels seront nécessaires pour enlever mécaniquement les déblais du trou de forage. Le nombre de déplacements exigé sera en fonction des conditions de forage.

5 SOMMAIRE DU CALENDRIER FDH

Activité	Durée (jours)
Mobilisation	1
Installation de la machine de forage	1
Trou pilote	13
Alésage de 76,2 cm (30 po.)	16
Alésage de 106,7 cm (42 po.)	19
Alésage de 121,9 cm (48 po.)	16
Alésage de 137,2 cm (54 po.)	19
Conditionnement	1
Tirage/Installation	1
Enlèvement de la machine de forage	1
Démobilisation	1
Total	89

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 jour.
- 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 localement 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 dans sa phase de construction:

- a) Compléter une analyse de risque pour identifier le niveau de risque du projet.
- b) Compléter une analyse des coûts.
- c) Compléter la réalisation de l'évaluation de constructibilité, incluant les concepteurs de canalisation et les entrepreneurs (oléoduc et FDH).
- d) Vérifier que toutes les emprises (ROW), les zones de travail provisoires (TWS), les avis environnementaux et les permis, ainsi que les sites d'approvisionnement en eau et les sites de décharge soient acquis.
- e) Revoir les plans de construction préparés par l'entrepreneur.

8 CONCLUSION

Selon les données fournies, le franchissement de la Petite Rivière Iroquois par FDH est jugé réalisable. Une fois que le projet sera en voie de réalisation, une évaluation des risques devra être complétée et ce rapport sera mis à jour.

9 DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE

Energy East Project – New Brunswick Segment Geotechnical Report for HDD Crossings Doc. EEX4930-CH2MD-A-RP-0029 Rev2, Appendix C – Petite Rivière Iroquois.

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

HDD and Pullback Design Drawings – Petite Rivière Iroquois

Nom du franchissement	Type	Station	Numéro du schéma
Petite Rivière Iroquois	FDH	3+289.2	16326-03-ML-03-809
Petite Rivière Iroquois	Support à tuyau	3+289.2	16326-03-ML-03-810
Petite Rivière Iroquois	Configuration du tuyau	3+289.2	16326-03-ML-03-811

ANNEXE A – SOMMAIRE D’ANALYSE DES CONTRAINTES

Owner: TCPL								
Project: Energy East - New Brunswick								
Date: 14/08/2015								
Calculation Description: Stress Assessment NPS 42 HDD								
Applicable Crossings: PETITE RIVIERE IROQUOIS								
Completed By: CG		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	54	1004
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	10.2 MPa		F(t) = (0.9)* SMYS			2.3%		
4	9.9 MPa		F(t) = 434.7 MPa			2.3%		
3	10.0 MPa					2.3%		
2	12.8 MPa					2.9%		
1	12.8 MPa					2.9%		
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	8.4 MPa		F(h)= [0.88 x E x (t/D) ²] / 1.5			12.7%		
4	23.1 MPa		F(h) = 66.5 MPa			34.7%		
3	23.1 MPa					34.7%		
2	23.1 MPa					34.7%		
1	0.8 MPa					1.3%		
Operating Stresses:			Allowable Shear Stress			% of Allowable		
5	138.9 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	139.8 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	0.05					5%		
Combined Stress (Tensile, Bending, and Hoop)						% of Allowable		
5	0.02		Unity Check (<1)			2%		
4	0.34					34%		
3	0.12					12%		
2	0.34					34%		
1	0.00					0%		
Estimated PullForce (with Buoyancy Control)								
168,542 lbs			252,813 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: 14/08/2015								
Calculation Description: HDD Pipe Pullback Analysis								
Applicable Crossings: PETITE RIVIERE IROQUOIS								
Completed By: CG		Reviewed By: BG						
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	252,813
<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:		24,454 kg	53,922 lbs	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 0 auto;">53.9%</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; width: fit-content; margin: 0 auto;">62.6%</div>		
At Support with Overhanging Pipe:		65.4 MPa		13.5%		<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 0 auto;">20.4%</div>		
Tensile Stress								
		16.1 MPa		3.3%		<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 0 auto;">3.7%</div>		
Combined Stress (Tensile and Bending)								
		216.7 MPa		44.9%		<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 0 auto;">66%</div>		