

Annexe Vol 1-7
Rivière Iroquois FDH



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

Numéro du Document : EEX4930-CH2MD-A-RP-0030-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-0030 Rev0 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	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 Rivière Iroquois selon la méthode de forage directionnel horizontal FDH. Le franchissement par FDH de la Rivière Iroquois se situe à environs treize 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 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 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 provisoires additionnelles peuvent être demandées pour permettre l'installation des équipements requis sur le chantier. Ces zones de travail provisoires 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 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.
- 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. ($RDC = 1\ 200 \times DN = 1\ 200 \times 42 \text{ po.} \times 1 \text{ pi. par } 12 \text{ po.} \times 0,3048\text{m par } 1 \text{ pi.} = 1$

280m). 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.

- 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 IROQUOIS

4.1 Alignement du Forage Directionnel Horizontal

Le FDH proposé à la Rivière Iroquois est conçu selon un alignement allant du sud-est vers le nord-ouest avec un point d'entrée proposé du côté est du franchissement et un point de sortie situé à l'ouest. La section de tuyau sera étalée du côté nord-ouest en deux parties comme illustré sur le schéma; cependant la préférence sera accordée à étaler la section de tuyau en une section pendant la conception finale. Le numéro du schéma FDH est : 16326-03-ML-03-805.

4.2 Aire de Travail

La section de tuyau sera étendue le long de l'emprise (ROW) et de la zone de travail provisoire identifiée sur les schémas de configuration. Huit (8) tracteurs pose-canalisation (sidebooms) sont prévus pour permettre l'installation de la section de tuyau. Les schémas d'installation sont identifiés sur les dessins 16326-03-ML-03-806 et 16326-03-ML-03-807.

4.3 Sommaire de conception

La section suivante résume la conception du franchissement de la 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)	12 / 12
Rayon de courbure (m)	1 100
Longueur (m)	995
Diamètre du forage (m)	1,37 (54 po.)
Profondeur maximale sous le franchissement (m)	51
Force de tirage/installation (livres)	321 000 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 B – Rivière Iroquois.

Ce document rapporte les informations recueillies sur un (1) puits de sondage foré jusqu'à une profondeur de 31,0m. Les informations géotechniques recueillies sont résumées ci-dessous:

Le puits de sondage «BH-47A», situé au sud-est de la rivière, révèle une couche en surface formée d'une forte accumulation de racines assises sur un till de sable mélangé à du gravier. L'assise rocheuse est constituée d'ardoise à partir de 5m de profondeur jusqu'à 17,5m. L'assise rocheuse sous-jacente est constituée de couches alternées de méta-grès et de méta-conglomérat qui se poursuivent jusqu'au fond du trou à une profondeur de 31,0 m. La désignation de qualité de la roche (RQD) en ardoise était inférieure à 25% ce qui indique la présence d'un sous-sol fracturé. La désignation de qualité de la roche (RQD) formée de méta-grès et de méta-conglomérat était généralement supérieure à 75%.

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 - 995m

Risque:

Le FDH devrait traverser une couche d'ardoise, de méta-grès et de méta-conglomérat allant de qualité mauvaise à excellente avec la majorité du forage passant au travers d'une assise rocheuse de qualité variant de bonne à excellente. Les résistances moyennes à la compression uniaxiale (UCS) du méta-grès et du méta-conglomérat étaient respectivement de 78.6MPa et de 40.3MPa.

Mesure d'atténuation:

L'entrepreneur devra établir un échancier approprié pour compenser le ralentissement 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.

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 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 B – 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 – Rivière Iroquois

Nom du franchissement	Type	Station	Numéro du schéma
Rivière Iroquois	FDH	1+237.1	16326-03-ML-03-805
Rivière Iroquois	Support à tuyau	1+237.1	16326-03-ML-03-806
Rivière Iroquois	Configuration du tuyau	1+237.1	16326-03-ML-03-807

ANNEXE A – SOMMAIRE D'ANALYSE DES CONTRAINTES

Owner:		TCPL						
Project:		Energy East - New Brunswick						
Date:		17/08/2015						
Calculation Description:		Stress Assessment NPS 42 HDD						
Applicable Crossings:		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	92	995
PRELIMINARY								
<p>The pipe section installation 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	11.6 MPa		F(t) = (0.9)* SMYS			2.7%		
4	11.8 MPa		F(t) = 434.7 MPa			2.7%		
3	11.8 MPa					2.7%		
2	15.0 MPa					3.5%		
1	17.1 MPa					3.9%		
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	25.3 MPa		F(h) = [0.88 x E x (t/D) ²] / 1.5			38.0%		
4	36.5 MPa		F(h) = 66.5 MPa			55.0%		
3	36.5 MPa					55.0%		
2	36.5 MPa					55.0%		
1	17.4 MPa					26.2%		
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					63.8%		
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	0.06					6%		
Combined Stress (Tensile, Bending, and Hoop)						% of Allowable		
5	0.15		Unity Check (<1)			15%		
4	0.55					55%		
3	0.30					30%		
2	0.56					56%		
1	0.08					8%		
Estimated Pull Force (with Buoyancy Control)								
213,479 lbs			320,219 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: 17/08/2015										
Calculation Description: HDD Pipe Pullback Analysis										
Applicable Crossings: 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	320,219		
<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:			24,438 kg	53,886 lbs	<table border="1"><tr><td>53.9%</td></tr><tr><td>60.1%</td></tr></table>				53.9%	60.1%
53.9%										
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										
				16.0 MPa	3.3%	<table border="1"><tr><td>3.7%</td></tr></table>			3.7%	
3.7%										
Combined Stress (Tensile and Bending)										
				216.5 MPa	44.8%	<table border="1"><tr><td>66%</td></tr></table>			66%	
66%										