

## **Annexe 4-10**

### **Étude de faisabilité préliminaire par FDH – Tronçon de l’Ontario-Rivière Raisin**

**Titre du document :** Projet Énergie Est de TransCanada PipeLines  
Étude de faisabilité de traverse par FDH  
Québec : Rivière Raisin

**Numéro de document :** EE4930-STCP-C-RP-0006

**Numéro de révision :** A



Contractor Name  
Contractor Address  
City, Province  
Country, Postal Code  
Téléphone : Telephone number

| Version | Date rév.<br>aaaa-mm-jj | Raison de l'émission   | Émetteur pour<br>l'Entrepreneur | Réviseur pour<br>l'Entrepreneur | Approbateur<br>pour<br>l'Entrepreneur |
|---------|-------------------------|--|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|
| A       | 2014-06-09              | Émis pour information  | H. Chai                         | A. Kolozetti                    | C. Middleton                          |
|         |                         | (Émis précédemment en tant qu'annexe à<br>EE4930-JOV-C-RP-0102<br>sous le n° de doc : 543-RPT-134 rev 1) |                                 |                                 |                                       |



# **Projet Énergie Est de TransCanada PipeLines Étude de faisabilité de traverse par FDH Nouvel oléoduc en Ontario : Rivière Raisin**

**Préparé par :**

**ENGINEERING TECHNOLOGY INC.**

#24, 12110 - 40 Street SE  
Calgary, AB T2Z 4K6

**Numéro de projet :**

543

**Date :**

9 juin 2014



## Déclaration des limitations et qualifications

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

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

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

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

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

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

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

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

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



## Liste de diffusion

| Nombre de copies papier | PDF requis | Nom de la compagnie / association |
|-------------------------|------------|-----------------------------------|
|                         | 1          | Johnston Vermette                 |
|                         |            |                                   |
|                         |            |                                   |
|                         |            |                                   |

## Journal de révision

| Révision n° | Révisé par | Date          | Description de la version / révision                               |
|-------------|------------|---------------|--|
| A           | BS         | 16 avril 2014 | Émis pour commentaires (Client)                                    |
| B           | BS         | 30 avril 2014 | Information géotechnique ajoutée, émis pour commentaires du client |
| C           | BS         | 2 mai 2014    | Émis pour commentaires   |
| D           | BS         | 21 mai 2014   | Émis pour ingénierie de base                                       |
| 0           | BS         | 2 juin 2014   | Émis pour ingénierie de base                                       |
| 1           | BS         | 9 juin 2014   | Émis pour ingénierie de base                                       |

## Signatures Entec Inc.

Rapport préparé par :

Bruce Skibsted, E.I.T.  
Directeur de projets, Installations sans tranchée

Rapport révisé par :

Dale Larison, P. Eng.  
V.-P. Ingénierie



## 1. Introduction

Engineering Technology Inc. (Entec) a évalué un projet de traverse par forage dirigé horizontal (FDH) de la rivière Raisin en Ontario pour le Projet Oléoduc Énergie Est. L'oléoduc projeté est en acier avec un diamètre extérieur de 1 067 mm (42 po). Les relevés de sondage par carottage ont été fournis par la firme EXP Geotechnical. Les considérations de conception et de faisabilité sont discutées dans ce rapport.

## 2. Caractéristiques de l'emplacement

### 2.1 Topographie

La traverse est située approximativement à 1200 mètres au sud-ouest de Martintown en Ontario. La rivière possède une largeur approximative de 25 m à l'emplacement de la traverse projetée. Le terrain est principalement plat des deux côtés de la rivière; le point de sortie (nord-est) est environ 3 m plus bas que le point d'entrée (sud-est). Les points d'entrée et de sortie sont situés en terrain agricole. Reportez-vous au dessin de conception préliminaire de l'Annexe B pour des renseignements topographiques supplémentaires.

### 2.2 Conditions souterraines

L'étude géotechnique menée à l'emplacement de cette traverse consistait en trois trous de forage. La stratigraphie est présentée dans les tableaux ci-dessous. Le rapport géotechnique final est fourni à l'Annexe D.

**Tableau 1. Trou de forage QEEP-001**

| Mètres sous la surface du sol (msss) | Description du sous-sol  |
|--------------------------------------|--|
| 0                                    |  |
|                                      | <b>Matières organiques</b>   |
| 0,2                                  |  |
|                                      | <b>Limon argileux</b>  |
| 2,6                                  |  |
|                                      | <b>Limon et argile</b> , traces de sable, grande plasticité  |
| 5,0                                  |  |
|                                      | <b>Sable limoneux et graveleux</b> , traces d'argile (till), présence probable de galets et de blocs |
| 9,4                                  |  |
|                                      | <b>Fragments de roc</b> , calcaire et grès quartzeux   |
| 10,1                                 |  |
|                                      | <b>Calcaire</b> , laminations de schiste, excellente qualité   |
| 29,9                                 |  |

**Tableau 2. Trou de forage QEEP-002**

| Mètres sous la surface du sol (msss) | Description du sous-sol  |
|--------------------------------------|--|
| 0                                    |  |
|                                      | <b>Matières organiques</b>   |
| 0,2                                  |  |
|                                      | <b>Limon argileux</b>  |
| 2,6                                  |  |
|                                      | <b>Limon et argile</b> , traces de sable   |
| 11,6                                 |  |
|                                      | <b>Limon sablonneux</b> , présence d'argile, présence de gravier (till), présence probable de galets et de blocs |
| 13,2                                 |  |
|                                      | <b>Calcaire</b> , grains fins, moyens et gros en alternance, laminations de schiste, excellente qualité          |
| 35,8                                 |  |

**Tableau 3. Trou de forage QEEP-003**

| Mètres sous la surface du sol (msss) | Description du sous-sol   |
|--------------------------------------|---|
| 0                                    |   |
|                                      | <b>Matières organiques</b>  |
| 0,2                                  |   |
|                                      | <b>Limon argileux</b>   |
| 2,6                                  |   |
|                                      | <b>Limon et argile</b> , traces de sable  |
| 9,4                                  |   |
|                                      | <b>Sable limoneux et graveleux (till)</b> , présence probable de galets et de blocs                     |
| 15,0                                 |   |
|                                      | <b>Calcaire</b> , grains fins, moyens et gros en alternance, laminations de schiste, excellente qualité |
| 29,8                                 |   |

### 3. Considérations sur la conception des FDH

#### 3.1 Contraintes exercées sur la canalisation

Les conditions d'exploitation de l'oléoduc ont été spécifiées par TransCanada. La pression maximale d'exploitation (PME) du projet est de 8 450 kPa, aux sorties des stations de pompage. Les calculs de FDH pour cette traverse sont cependant basés sur la PME spécifique de cet emplacement, qui est de 9 185 kPa et qui a été déterminée par la différence d'élévation entre la station de pompage en amont de la traverse et le point le plus bas de la traverse. La canalisation sera soumise à des températures comprises entre 5 et 60°C. Une pression d'essai de 11 482 kPa (1,25 x la PME) a aussi été spécifiée pour la canalisation. L'épaisseur de paroi minimale requise pour cette installation, sur la base des conditions d'exploitation fournies, a été déterminée par Entec à 20,2 mm, avec l'utilisation d'un acier de grade 550 MPa. Un rayon de courbure minimum admissible pour l'installation de l'oléoduc a



été déterminé sur la base de la contrainte maximale admissible combinant les effets de pression, de température et de cintrage.

**Tableau 4. Spécifications de l'oléoduc et conditions de procédé**

| Propriété   | Valeur | Unités     |
|---|--------|------------|
| Diamètre extérieur  | 1 067  | mm         |
| Tolérance d'épaisseur (TÉ)                                | 0      | % de l'ÉPN |
| Épaisseur de paroi nominale                               | 20,2   | mm         |
| Grade/Limite élastique minimale spécifiée (LEMS)          | 550    | MPa        |
| Catégorie   | II     | S. O.      |
| T1 (température de conception minimale)                   | 5      | °C         |
| T2 (température d'exploitation maximale)                  | 60     | °C         |
| Pression maximale d'exploitation (PME) du projet          | 8 450  | kPa        |
| Pression maximale d'exploitation (PME) spécifique du site | 9 185  | kPa        |
| Pression d'essai (PE)                                     | 11 482 | kPa        |
| Rayon minimal   | 530    | m          |
| Rayon de conception                                       | 1 200  | m          |

Puisqu'un forage dirigé horizontal utilise une section de tuyau préassemblée tirée dans un trou de forage courbé, la technique avec FDH utilise la déformation élastique admissible de la canalisation pour permettre l'installation de l'oléoduc. Pour accommoder cette contrainte de déformation, les matériaux utilisés pour la portion de FDH de l'oléoduc possèdent généralement une paroi plus épaisse ou un grade d'acier plus élevé que le reste de l'oléoduc.

Un rayon minimal de 530 mètres a été déterminé en fonction des déviations de guidage enregistrées lors de projets précédents de FDH à grand diamètre. Un rayon de conception de 1 200 m a été choisi pour accommoder une géométrie de trajectoire de forage et des tolérances de guidage de FDH pratiques. La contrainte maximale attendue pendant l'exploitation correspond à environ 93,59 % de la contrainte de cisaillement admissible. Selon la norme CSA-Z662-11, la contrainte de cisaillement admissible est égale à 50 % de la limite élastique minimale spécifiée (LEMS). Cette contrainte maximale serait observée à n'importe quel emplacement le long de la trajectoire de forage où le tuyau est assujéti au rayon minimal de 530 m. La canalisation choisie satisfait à toutes les exigences de la norme CSA-Z662-11 sous les conditions spécifiées. La détermination finale des conditions d'exploitation de l'oléoduc et des matériaux des canalisations sera effectuée lors de la conception détaillée.

La limite du rayon minimal spécifiée ne doit pas être dépassée, car les contraintes d'exploitation de la tuyauterie pourraient excéder les limites du matériau, provoquant la rupture de l'oléoduc. Toutes les déviations mesurées dans la géométrie du trou de forage pendant la construction et qui excèdent cette limite devraient être immédiatement corrigées.

La géométrie de l'oléoduc devrait être calculée à l'aide de la méthode de courbure minimale, qui est une norme acceptée de l'industrie pour le forage dirigé horizontal. Les mesures d'inclinaison à la verticale du trou de forage et de la direction (azimut) sont généralement prises au minimum à tous les 10 mètres et mises en moyenne avec les trois dernières mesures prises. Ceci procure une valeur de mesure de la courbe du trou de forage légèrement lissée; ceci est devenu une spécification généralement utilisée pour les forages horizontaux dirigés.





## 3.2 Géométrie

Selon les informations de spécifications de l'oléoduc, de géométrie particulière de l'emplacement et géotechniques, un forage dirigé horizontal semble faisable à cet emplacement. Le point d'entrée est situé approximativement à 100 m à l'est de la rivière, là où il y a une inflexion dans l'emprise. La trajectoire de forage utilise le rayon de courbure de 1 200 m qui a été déterminé à la Section 3.1. L'angle d'entrée a été conçu à 14 degrés à la fois pour augmenter l'épaisseur de recouvrement sous la rivière et pour réduire la longueur de gaine de forage requise pour atteindre le sous-sol rocheux. L'angle de sortie a aussi été conçu à 14 degrés afin d'équilibrer la longueur de gaine requise et réduire la hauteur de soulèvement pour le tirage de l'oléoduc. Il en résulte une trajectoire de forage d'une longueur de 718 m et une profondeur de recouvrement de 17,6 m sous la rivière Raisin. Reportez-vous au dessin de conception préliminaire de l'Annexe B pour la géométrie détaillée de la trajectoire de forage.

## 3.3 Gaine de forage

Du till contenant du gravier, des galets et des blocs a été observé dans les trois trous de forage sur le site de la traverse. Pour atténuer les effets négatifs, les matériaux faibles ou non consolidés sont généralement isolés du trou de forage à l'aide d'une gaine de forage en acier préinstallée, qui permet le passage des outils de forage vers les matériaux plus convenables, comme l'argile raide ou le sous-sol rocheux. Environ 60 m de gaine de forage seront requis, tant du côté de l'entrée que du côté de la sortie afin d'isoler le trou du till et d'atteindre le sous-sol rocheux. Ceci implique l'utilisation d'un forage par méthode d'intersection. Les forages d'intersection sont communs pour les grandes traverses et ont un taux de réussite élevé, mais ils entraînent des coûts supplémentaires. Les gaines de forage devront être installées à l'aide d'un marteau pneumatique. Le diamètre minimum nécessaire pour permettre le passage du trépan aléueur final est de 1676 mm (66 po) (dia. ext.). Il est improbable cependant qu'une gaine de plus de 40 m de longueur puisse être installée en une seule longueur, en raison du frottement superficiel entre la surface de la gaine et les sols environnants. Par conséquent, il est souvent nécessaire de « télescoper » la gaine jusqu'au sous-sol rocheux, méthode dans laquelle une section de grande largeur est d'abord installée jusqu'à une profondeur maximale, avant d'être vidée à la tarière. La prochaine gaine de diamètre plus petit est ensuite installée à la base à travers la plus large et enfoncée sur la distance restante jusqu'au fond rocheux. Pour des gaines mesurant jusqu'à 75 m, il est recommandé que la gaine initiale de 1829 mm (72 po) (dia. ext.) soit installée jusqu'au refus, qu'elle soit vidée à la tarière et complétée avec une gaine de 1676 mm (66 po) (dia. ext.) installée jusqu'au sous-sol rocheux.

## 3.4 Dimensions de l'équipement

Les traverses de ce diamètre et d'une telle distance sont considérées de gros projets de FDH. Plusieurs traverses par FDH de diamètre et de longueur similaires ont été réalisées au Canada. Considérant la friction et la traînée qui s'exerceront sur l'oléoduc, la force de tirage maximale pendant l'installation est estimée à 305 023 lb. En raison du diamètre du trou de forage nécessaire pour cet oléoduc, un appareil de forage possédant un couple de rotation suffisant pour faire tourner l'outillage de forage est nécessaire. La capacité minimale suggérée pour l'appareil de forage qui sera utilisé pour ce projet est : 675 000 lb de force de tirage/poussée et 80 000 pi-lb de couple de rotation. Plusieurs entrepreneurs en FDH canadiens possèdent l'équipement et l'expertise nécessaires pour installer de façon sécuritaire des traverses d'oléoduc de cette taille.

## 3.5 Diamètre du trou de forage

Le trou de forage pour une traverse par FDH doit être plus large que la canalisation à installer. Ceci, permet d'allouer un jeu pour le déplacement des déblais qui pourraient ne pas avoir été délogés du trou, ainsi que pour permettre aux liquides de forage de circuler jusqu'à l'entrée ou la sortie, selon les progrès du tirage. Un trou de forage plus grand permet aussi de tolérer quelques petites déviations dans la géométrie du trou de forage, même si ceci n'est pas, en général, explicitement calculé ou prévu pendant la conception. La norme de l'industrie prévoit l'utilisation d'un trou de forage d'au moins 1,5 fois le diamètre de la canalisation pour les tuyaux de 0,61 m ou moins ou, pour les tuyaux plus grands que 0,61 m, le diamètre du tuyau plus 0,3 m. Dans plusieurs cas, il est nécessaire d'augmenter le diamètre du trou de forage au-delà de ces minimums pour contrebalancer les conditions de trou



défavorables, comme la présence de pierres, de roches ou de roches fracturées, ou pour permettre plus d'espace pour les déviations attendues dans le trou de forage.

Pour cette canalisation de 1067 mm (42 po), un diamètre de trou de forage minimal de 1372 mm (54 po) est requis. Ultimement, l'entrepreneur en FDH sera responsable de l'évaluation des conditions de forage et de la condition du trou de forage pendant les opérations de forage, afin de déterminer si un format de trépan aléueur plus gros est nécessaire pour installer l'oléoduc de façon sécuritaire. Si des problèmes sont redoutés avec le trou de forage, il est recommandé de procéder, avant le tirage de l'oléoduc, au tirage d'une section de canalisation d'essai de 30 m de long, possédant les mêmes spécifications et le même revêtement que l'oléoduc à installer, et que celle-ci soit vérifiée pour y déceler d'éventuels dommages au revêtement et à la section de tuyau. Ceci peut aider à déterminer si un trépan aléueur plus gros ou un autre conditionnement du trou est nécessaire avant de tirer la section entière de la canalisation.

### **3.6 Soulèvement de la canalisation et rupture**

Avant d'être tirée sous la rivière, la section d'oléoduc sera habituellement étendue en une section continue. Une aire de travail d'une largeur approximative de 20 mètres sera requise pour une longueur équivalente à la longueur totale du forage (incluant un espace additionnel pour les mouvements de l'équipement), à partir du bord de l'aire de travail du point de sortie. Pour réduire la friction et éviter les dommages à la canalisation, celle-ci devra entrer dans le sol avec un angle égal à celui du trou de forage. Pour cela, la section principale devra être soulevée sous forme de courbe à l'aide de tracteurs à flèches latérales et de grues équipées de berceaux de levage de tuyau. Les points de levage devront être espacés de façon à limiter les contraintes dans le tuyau. Un plan de levage détaillé (charge des points de levage, hauteurs et espacements) devra être développé pour cette traverse pendant la phase d'ingénierie détaillée.

### **3.7 Contrôle de la flottabilité**

Puisqu'il s'agit d'une canalisation de grand diamètre, les forces de flottabilité (poussée hydrostatique) sont significatives. L'utilisation d'un programme de contrôle de la flottabilité visant à minimiser l'installation de forces de tirage et les contraintes d'installation sur la canalisation et le revêtement est nécessaire. Le programme de contrôle de la flottabilité devrait consister à remplir complètement la canalisation avec de l'eau ou à remplir une doublure avec de l'eau pour créer une condition de flottabilité neutre.

## **4. Faisabilité du FDH, risques associés et mesures d'atténuation**

### **4.1 Perte de contrôle du guidage**

Les formations de sol meuble ou des changements majeurs dans les propriétés des formations peuvent engendrer des problèmes de guidage. Ces problèmes surviennent lorsque la formation n'offre pas assez de résistance au trépan pour lui permettre d'effectuer un changement de direction. De l'argile et du limon avec des valeurs de SPT aussi basses que 0 ont été identifiés sur le site de la traverse. Il est prévu que ces matériaux seront isolés du trou de forage à l'aide de gaines de forage à l'entrée et à la sortie. À l'intersection de formations plus dures, comme le sous-sol rocheux, une géologie plus dure, des laminations ou des inclusions peuvent empêcher le trépan de répondre aux commandes de direction à un angle d'incidence peu élevé ou le faire dévier hors limite à un angle d'incidence plus élevé. Si des déviations dépassant les tolérances sont mesurées, une petite portion du trou de forage est habituellement forée à nouveau pour permettre d'effectuer des réglages à la trajectoire du trou de forage. Dans les cas extrêmes, il peut être nécessaire de forer à nouveau en élargissant le trou et, si nécessaire, de cimenter une partie du forage. Le déplacement de la foreuse à un autre endroit pour reprendre le forage, habituellement dans le même espace de travail, est aussi une possibilité. Réduire le diamètre du trépan et utiliser un angle de cintrage plus élevé sur le moteur à boue peuvent aider à pénétrer des formations plus dures, mais cela peut aussi mener à des déviations importantes lors du forage d'une formation géologique inattendue. Il est possible que plusieurs tailles de



trépan aléueur et plusieurs configurations d'angle de cintrage soient nécessaires pour compléter le trou pilote dans le respect des tolérances.

## 4.2 Perte de circulation et fuites de fluide

Le risque de perte de fluide est à son niveau le plus élevé lors du forage du trou pilote, alors que la petite taille du trou de forage entraîne une pression circulatoire plus élevée et que les déblais peuvent plus facilement boucher le trou. Le fluide peut se propager dans des failles du sous-sol rocheux, des matériaux meubles déplacés ou le vide entre les matériaux non consolidés. Des matériaux non consolidés et de l'argile et du limon très meuble, avec des valeurs de SPT aussi basses que 0, ont été identifiés sur le site de la traverse. Ces matériaux doivent être isolés du trou de forage à l'aide de gaines de forage à l'entrée et à la sortie afin de réduire les risques de pertes de fluide. Un système de fluide de forage adéquatement entretenu et planifié par un technicien en fluides de forage expérimenté est essentiel. La perte de circulation peut affecter les coûts et les échéanciers en augmentant les additifs pour fluide de forage nécessaires, le temps requis pour mélanger le nouveau fluide de forage, la quantité d'eau nécessaire et la fréquence des va-et-vient et des nettoyages du trou pour réduire la pression annulaire. Dans certains cas, une perte de circulation incontrôlée requiert qu'une partie du trou de forage soit cimentée et forée à nouveau. Dans d'autres cas, la perte de circulation dans le trou de forage ne peut être prévenue et entraîne des fuites dans la surface du sol ou une masse d'eau. C'est ce qu'on appelle communément une fracturation (frac-out). L'entrepreneur en FDH doit avoir de l'équipement de surveillance en place pour détecter toute fracturation ainsi que de l'équipement, des matériaux et des procédures prêts pour contenir et nettoyer les pertes de fluide par fracturation. Le risque de fracturation peut être réduit en gardant la pression du fluide de forage basse, en gardant le trou de forage propre, en utilisant un fluide de forage aux propriétés adéquates, en permettant un temps de circulation et un volume adéquats pour éliminer les déblais et en procédant à des va-et-vient pour nettoyer mécaniquement le trou de forage. Le contrôle vigilant du fluide de retour et une gestion active des formations avec des additifs pour fluide de forage sont essentiels au succès d'un FDH.

## 4.3 Instabilité du trou de forage

Pour diminuer les risques d'effondrement du trou de forage en sol faible ou non consolidé, la circulation d'équipements au-dessus de la trajectoire de forage devrait être limitée le plus possible. Ceci vaut surtout pour la région directement au-dessus de l'extrémité de toute gaine. Utiliser un fluide de forage aux propriétés adéquates réduit les chances d'effondrement du trou de forage. Une attention particulière doit être portée afin de ne pas enlever un excès de matériel à l'extrémité de la gaine de forage en évitant d'effectuer des va-et-vient trop fréquents et en limitant le plus possible la circulation à cet endroit. Les endroits pouvant contenir du sable, du gravier ou des galets peuvent aussi s'avérer problématiques. L'effondrement d'un trou de forage peut aussi coincer l'équipement et en causer la perte ainsi que l'abandon du trou.

## 4.4 Infiltration d'eau

En cas d'écoulement artésien important, l'apport d'eau peut être stoppé ou réduit à l'aide de coulis d'injection. Si l'écoulement ne peut être arrêté, des têtes de circulation peuvent être utilisées pour rediriger l'eau ainsi produite vers l'équipement de nettoyage et d'évacuation. Si la quantité d'eau est importante, le trou de forage peut être cimenté et le projet de FDH abandonné. L'infiltration d'eau augmente l'instabilité du trou de forage et ses risques associés.

## 4.5 Dommages au revêtement ou à la canalisation

Pendant le tirage du tuyau, des déformations ou des objets comme des galets et des blocs, ou des morceaux du sous-sol rocheux fissuré, tous identifiés à l'emplacement de cette traverse, peuvent causer des dommages au revêtement de la canalisation. Un travail soigné doit être accompli pour s'assurer que le trou de forage est bien nettoyé, ce qui est important pour minimiser les risques d'endommagement du revêtement. Des contrôles techniques comme un programme de contrôle de la flottabilité (discuté ci-dessus) et l'installation d'une gaine de forage aident à atténuer ces risques. Même si le trou de forage est bien nettoyé, des zones d'abrasion élevée



pourraient toujours être présentes dans le trou de forage. Il est recommandé que des mesures d'atténuation des dommages au revêtement, comme une protection cathodique, soient prises en considération.

## 4.6 Canalisation coincée

Le gonflement de matériaux comme l'argile et le schiste, qui sont tous deux présents à l'emplacement de cette traverse, peut rétrécir le diamètre du trou de forage et mener à des problèmes de nettoyage du trou ainsi qu'au coincement de la canalisation pendant la procédure de tirage. Les problèmes de gonflement deviendront de plus en plus sévères au fur et à mesure que le trou de forage sera exposé au fluide de forage et que les matériaux y seront exposés. Puisque cette canalisation nécessitera un trou très large et plusieurs alésages, on peut s'attendre à ce que le gonflement potentiel de la géologie devienne réalité. Des additifs pour fluide de forage peuvent être utilisés pour contrôler le gonflement de l'argile, si celui-ci devient problématique. Le taux de pénétration doit être contrôlé pour permettre à une quantité suffisante de fluide de forage d'être injectée pour transporter les déblais créés à l'avant. Une agitation régulière des déblais pour permettre leur retour en suspension dans le fluide de forage en effectuant des allers-retours avec les trépan aléseurs jusqu'au point d'entrée est essentielle pour le maintien d'un trou de forage ouvert. Du sable, du limon ou du gravier qui se détachent de la paroi sont aussi des causes de coincement de la canalisation. Utiliser un fluide de forage aux propriétés adéquates au maintien d'un trou de forage ouvert et effectuer des passes de nettoyage adéquates avant le tirage de la canalisation aideront à réduire le risque d'obstruction du trou de forage par la chute de matériaux.

Les zones où la géométrie du trou de forage peut devenir inadéquate pour le tirage de la canalisation sont les zones de transition d'un matériau plus dur à un matériau meuble. La cause la plus commune de coincement de la canalisation est lorsque le trépan aléseur accroche l'extrémité de la gaine de forage. Ce problème est souvent causé par une surexcavation à l'extrémité de la gaine de forage ou un trou non centré. Ce risque peut être atténué lors de la conception en choisissant une gaine de forage plus grande. Un entrepreneur expérimenté est capable de choisir les bons outils de forage et de suivre les procédures adéquates pour minimiser la surexcavation des zones critiques. Si le trépan aléseur se coince à l'extrémité de la gaine de forage, l'entrepreneur peut tenter de faire tourner l'aléseur dans la gaine ou de retirer la gaine en conjonction avec le tirage de la canalisation. Exercer une force trop grande sur le trépan aléseur coincé peut mener au bris du tuyau de forage.

## 4.7 Usure et défaillance des outils de forage

Les outils de FDH à diamètre important, comme ceux requis pour ce projet, exercent des charges élevées sur le train de forage, qui peuvent s'accumuler et causer des défaillances d'usure. Il faut faire très attention dans les trous de forage de grande taille et dans les formations meubles pour ne pas exercer une compression axiale trop forte sur le train de forage, car celui-ci est alors courbé et poussé hors de la ligne, causant une défaillance par flexion ou flexion répétée. Le moyen le plus commun d'atténuer ce risque est de réduire les contraintes sur le train de forage en exerçant une tension du côté de la sortie de la traverse afin de fournir la force nécessaire au forage de la formation tandis que l'appareil de forage ne fournit que la torsion de l'autre côté. Cette pratique diminue la pression exercée par la flexion cyclique du train de forage. Il est aussi essentiel d'avoir recours à un train de forage continu du point de pénétration jusqu'au point de sortie, car, en cas de défaillance, il peut être récupéré sans avoir recours à une opération de repêchage.

Il y a un haut risque de défaillance du train de forage en raison de la déformation du trou si une gaine de forage n'est pas installée à travers les couches très meubles d'argile près du point d'entrée. Un trou de forage ouvert dans cette zone ne supporterait pas les charges de poussée nécessaires pour forer le sous-sol rocheux plus bas.

Une autre considération majeure pour la faisabilité de ce projet est la durée du forage. La formation constituée principalement de calcaire fournira une bonne stabilité au trou de forage et permettra un bon nettoyage des déblais. Cependant, ce sous-sol rocheux pourrait contribuer à l'usure de l'outillage de forage dans les zones plus dures, ce qui aura un impact sur les coûts et les échéanciers globaux, en raison du temps passé à effectuer des opérations de va-et-vient pour remplacer les trépans et aléseurs, en plus des taux de progression généralement bas pour la durée principale du forage. Un choix d'outillage judicieux et adapté à la géologie sera essentiel de la part de l'entrepreneur pour que l'ensemble du projet se fasse dans un échéancier minimal.



## 4.8 Risques environnementaux

Le risque environnemental principal d'un FDH est la fuite du fluide de forage dans le sol ou dans une masse d'eau (section 4.2). Ceci entraîne habituellement l'adoption de mesures de confinement pendant le forage et de correction après l'installation de la canalisation. Dans les cas graves, le FDH doit être abandonné pour prévenir des dommages environnementaux plus importants.

Les autres risques principaux associés à une traverse par FDH sont liés au déversement d'hydrocarbures, à la sédimentation et à la pollution sonore.

Les machines de FDH sont généralement alimentées par des moteurs au diesel et des systèmes hydrauliques. Tous deux présentent le risque de déversements d'hydrocarbures. Ces déversements sont habituellement contenus et nettoyés par le personnel sur place à l'aide de troussees antidéversements disponibles. Reportez-vous au plan de protection environnementale pour les considérations détaillées sur les hydrocarbures.

La libération de sédiments pourrait survenir si les mesures adéquates ne sont pas prises pour contrôler le ruissellement de surface à partir des aires de travail et des routes d'accès. Une planification du confinement des ruissellements de surface aide à atténuer et à contrôler ce risque.

Les opérations de forage dirigé horizontal se poursuivent habituellement 24 heures par jour pour les traverses de grande taille. Des moteurs au diesel, de l'équipement mobile et de l'équipement de martelage pneumatique de grande taille sont souvent utilisés. S'il n'est pas atténué adéquatement, le bruit qui en découle peut entraîner des plaintes de la part des résidents du voisinage. Les mesures d'atténuation peuvent comprendre des écrans acoustiques, de meilleurs silencieux ou des horaires restreints pour certains équipements.

## 4.9 Autres risques à considérer

L'échec de la méthode principale de traverse est toujours une possibilité. Une méthode de traverse alternative est nécessaire si la méthode principale est abandonnée. Selon les étapes menant à l'abandon de la première tentative de traverse, la première option pourrait être d'essayer à nouveau la méthode de traverse principale. Si cette option n'est pas disponible ou ne respecte pas les seuils de tolérance du projet, la méthode alternative doit être utilisée. Le dessin de conception préliminaire pour la méthode de traverse en tranchée est inclus à l'Annexe C.

## 5. Conclusion

Selon l'information dont Entec disposait au moment de la rédaction de ce rapport, la traverse par FDH proposée de la rivière Raisin est considérée techniquement faisable. Les contraintes auxquelles seront assujetties les canalisations ont été examinées par Entec et le rayon de conception de 1 200 m a été confirmé. Les risques attendus comprennent l'installation de gaines de forage profondes, la perte de fluide de forage et les pertes par fracturation. Un rapport de faisabilité final et un dessin de conception final seront émis dans la phase d'ingénierie détaillée.



# Annexe A

---

## Sommaire des calculs



# Annexe B

---

## Dessin de conception





# Annexe C

---

## Dessin de traverse alternative





# Annexe D

---

## Information géotechnique