

**324**

**PR5.2.1.2**

Projet Oléoduc Énergie Est de  
TransCanada – section québécoise

6211-18-018

---

## **Annexe Vol 1A-9**

# **Oléoduc Énergie Est, segments à construire, Évaluation de phase II des risques hydrotechniques**

**Titre du document :** Oléoduc Énergie Est, segments à construire, évaluation de phase II des risques hydrotechniques

**Numéro du document :** EE4930-GAL-C-RP-0006-FR

**Numéro de révision :** 2

**Numéro du contrat :** 4500026748



Golder Associates Ltd.  
 102, 2535 – 3<sup>rd</sup> Avenue S.E.  
 Calgary, Alberta  
 Canada, T2A 7W5  
 (403) 299-5600

Numéro de révision	Date de révision A-M-J	Raison de l'émission	Auteur du document (entrepreneur)	Examineur (entrepreneur)	Approbateur (entrepreneur)
1	2015-02-20	révisions à la demande du client	Jay Hatcher	Mark Nixon	Mark Nixon
2	2015-03-13	révisions à la demande du client	Jay Hatcher	Mark Nixon	Mark Nixon
					



## SOMMAIRE

La Corporation TransCanada (TransCanada) planifie actuellement mettre en œuvre son projet d'oléoduc Énergie Est. L'oléoduc proposé consiste en une canalisation de 4 500 km de longueur, s'étendant depuis Hardisty en Alberta jusqu'à Saint-Jean au Nouveau-Brunswick. L'oléoduc est prévu pour transporter 1,1 million de barils de pétrole brut par jour depuis l'Alberta et la Saskatchewan vers les raffineries et terminaux maritimes situés au Québec et au Nouveau-Brunswick. Une composante du projet consiste en la construction de nouveaux segments d'oléoduc en Alberta, au Manitoba, dans l'est de l'Ontario, au Québec et au Nouveau-Brunswick (nouveaux segments à construire). La longueur totale de l'oléoduc est d'environ 1 600 km. Six segments principaux composent la nouvelle portion à construire, soit la ligne centrale d'Alberta, l'embranchement de Cromer (Manitoba), la ligne centrale d'Ontario, le segment 1 de la ligne centrale du Québec, le segment 2 de la ligne centrale du Québec et le prolongement de Saint-Jean (Nouveau-Brunswick).

TransCanada utilise une approche par phases pour réaliser l'évaluation des risques hydrotechniques le long de l'oléoduc proposé. Golder Associés Ltée (Golder) a complété une évaluation préliminaire de phase I des géorisques en mars 2014 (Golder, 2014a), laquelle incluait une évaluation préliminaire des risques hydrotechniques. Golder a, par la suite, mis à jour l'évaluation de phase I des géorisques en juillet 2014 en tenant compte de changements au tracé proposé des segments de l'oléoduc au Québec et au Nouveau-Brunswick, en plus de raffinements découlant d'une reconnaissance par hélicoptère. Golder (2014c) a résumé les résultats de l'évaluation des risques hydrotechniques.

La phase I a fourni une évaluation d'ensemble initiale du tracé de l'oléoduc, un inventaire des traversées de cours d'eau et une classification préliminaire des cotes de risque hydrotechnique de chaque traversée. L'évaluation était basée sur une revue documentaire de l'information existante et sur la reconnaissance aérienne de l'oléoduc. L'évaluation de phase I a permis d'identifier 30 traversées à risque hydrotechnique élevé sur un total de 929 traversées sur l'ensemble du tracé de l'oléoduc. Les traversées à risque hydrotechnique élevé étaient situées comme suit : 2 en Alberta, 1 en Ontario, 21 au Québec et 6 au Nouveau-Brunswick.

Des cotes de risque hydrotechnique élevé, modéré et faible ont été assignées à chaque traversée selon le niveau de menace perçue découlant des risques hydrotechniques. Les cotes de risque hydrotechnique tiennent compte des caractéristiques observées et cartographiées qui indiquent si les traversées de cours d'eau sont relativement stables (risque hydrotechnique faible), ou s'il existe des conditions complexes et dynamiques qui peuvent résulter en des défis lors de la conception et l'exploitation de l'oléoduc dans le temps (risque hydrotechnique élevé). Les traversées de cours d'eau à risque hydrotechnique modéré font état de certaines instabilités potentielles, mais à un niveau qui n'est pas prévu affecter la conception ou l'exploitation à long terme de l'oléoduc.

Le but de l'évaluation de phase II est de caractériser davantage les risques hydrotechniques aux traversées qui ont initialement obtenu une cote élevée de risque hydrotechnique lors de l'évaluation de phase I, avec l'intention de confirmer et de raffiner les cotes préliminaires de risque hydrotechnique. L'évaluation de phase II identifie les risques hydrotechniques potentiels en fonction des conditions existantes du site, selon une perspective hydrotechnique seulement; une évaluation détaillée des impacts des risques hydrotechniques envers l'intégrité de l'oléoduc ne fait pas partie du cadre du présent mandat. TransCanada a fourni des mises à jour de l'inventaire des traversées de cours d'eau,

ce qui a permis de raffiner par la suite à 29 le nombre de traversées à risque hydrotechnique élevé, et à 928 le nombre total de traversées de cours d'eau le long du tracé de l'oléoduc. Les traversées à risque hydrotechnique élevé sont situées comme suit : 2 en Alberta, 1 en Ontario, 20 au Québec et 6 au Nouveau-Brunswick. L'évaluation de phase II a consisté en une inspection terrestre des 29 traversées à risque hydrotechnique élevé, une analyse du potentiel d'affouillement sur la base d'analyses hydrologiques et hydrauliques et une évaluation qualitative des risques hydrotechniques.

Le présent document décrit l'évaluation de phase II des risques hydrotechniques à l'endroit des 29 traversées choisies. Les cotes mises à jour des risques hydrotechniques pour les traversées ayant fait l'objet de la revue incluent 18 traversées à cote élevée, 6 à cote modérée et 5 à cote faible. Les 18 traversées à cote de risque hydrotechnique élevée représentent 2 % de l'inventaire des traversées de cours d'eau et elles sont situées comme suit : 2 en Alberta, 1 en Ontario, 10 au Québec et 5 au Nouveau-Brunswick.

Les risques hydrotechniques identifiés aux 18 sites à risque hydrotechnique élevé peuvent affecter les traversées en termes de conception de l'enfouissement, de planification de la remise en état des lieux, de mesures d'atténuation potentielle en amont, ou d'autres mesures le long des plaines inondables, lesquelles peuvent toutes être prises en compte par une conception spécifique à chaque emplacement. À la suite de cette évaluation de phase II, il est recommandé que TransCanada considère des conceptions spécifiques à chacune des 18 traversées à risque hydrotechnique élevé afin d'atténuer les risques hydrotechniques qui ont été identifiés.

## Table des matières

<b>SOMMAIRE .....</b>	<b>3</b>
<b>1.0 INTRODUCTION .....</b>	<b>7</b>
1.1 Contexte .....	7
1.2 Approche par phases lors des évaluations de risques hydrotechniques .....	7
1.3 Définition des risques hydrotechniques .....	8
1.4 But et portée de l'évaluation .....	9
<b>2.0 CONTEXTE PHYSIOGRAPHIQUE ET GÉOLOGIQUE .....</b>	<b>10</b>
2.1 Portion ouest .....	10
2.2 Portion est .....	11
<b>3.0 TRAVERSÉES DE COURS D'EAU .....</b>	<b>12</b>
<b>4.0 INVESTIGATION TERRESTRE .....</b>	<b>15</b>
<b>5.0 HYDROLOGIE DES TRAVERSÉES .....</b>	<b>27</b>
5.1 Bassins versants .....	27
5.2 Débits des cours d'eau .....	27
<b>6.0 ANALYSE HYDRAULIQUE .....</b>	<b>31</b>
<b>7.0 ÉVALUATION DE L'AFFOUILLEMENT .....</b>	<b>33</b>
7.1 Affouillement vertical du chenal .....	33
7.2 Affouillement latéral .....	33
<b>8.0 COTES MISES À JOUR DES RISQUES HYDROTECHNIQUES .....</b>	<b>37</b>
<b>9.0 PROCHAINES ÉTAPES RECOMMANDÉES .....</b>	<b>47</b>
<b>10.0 REMARQUES FINALES .....</b>	<b>47</b>
<b>RÉFÉRENCES .....</b>	<b>48</b>
<b>GLOSSAIRE .....</b>	<b>50</b>
<b>ABRÉVIATIONS, ACRONYMES ET UNITÉS .....</b>	<b>51</b>

**TABLEAUX**

Tableau 3-1 : Liste révisée des traversées à risque hydrotechnique élevé .....	13
Tableau 4-1 : Sommaire des mesures propres à chaque site, prises au cours de l'investigation terrestre.....	16
Tableau 4-2 : Sommaire des observations propres à chaque site, faites lors de l'investigation terrestre.....	18
Tableau 5-1 : Superficie des bassins versants et débits d'écoulement estimés .....	29
Tableau 6-1 : Caractéristiques hydrauliques estimées pour les débits ayant une période de récurrence de 2 ans et de 100 ans .....	31
Tableau 7-1 : Estimation de l'affouillement potentiel du chenal .....	34
Tableau 8-1 : Risques hydrotechniques identifiés, cotes mises à jour des risques hydrotechniques et prochaines étapes d'atténuation recommandées .....	39

**ANNEXES****Annexe A**

Recueil de cartes

## 1.0 INTRODUCTION

### 1.1 Contexte

La Corporation TransCanada (TransCanada) planifie actuellement mettre en œuvre son projet d'oléoduc Énergie Est. L'oléoduc proposé consiste en une canalisation de 4 500 km de longueur, s'étendant d'ouest en est au Canada, soit depuis Hardisty en Alberta jusqu'à Saint-Jean au Nouveau-Brunswick. L'oléoduc est prévu pour transporter 1,1 million de barils de pétrole brut par jour depuis l'Alberta et la Saskatchewan vers les raffineries et terminaux maritimes situés au Québec et au Nouveau-Brunswick.

Le projet d'oléoduc Énergie Est implique actuellement les trois composantes majeures suivantes :

- La conversion de segments d'un gazoduc existant en un oléoduc en Saskatchewan, au Manitoba et en Ontario (longueur totale approximative de 2 900 km) pour transporter du pétrole brut au Manitoba et en Ontario;
- De nouveaux segments d'oléoduc, construits en Alberta, en Ontario, au Québec et au Nouveau-Brunswick (longueur totale approximative de 1 600 km), pour se connecter aux segments convertis de l'oléoduc;
- Des installations connexes, telles des stations de pompage et des terminaux d'entreposage qui sont requis pour déplacer le pétrole brut depuis l'Alberta vers le Québec et le Nouveau-Brunswick.

Golder Associés Ltée (Golder) a complété une évaluation préliminaire de phase I des géorisques en mars 2014 (Golder, 2014a), laquelle incluait une évaluation préliminaire des risques hydrotechniques des nouveaux segments à construire de l'oléoduc. Par la suite, soit en juillet 2014, Golder a mis à jour l'évaluation de phase I des géorisques en tenant compte de changements au tracé proposé des segments de l'oléoduc au Québec et au Nouveau-Brunswick, en plus de raffinements découlant des observations faites lors d'une reconnaissance par hélicoptère. Golder (2014b) a résumé les résultats de l'évaluation des géorisques potentiels suivants : instabilité de pentes, activité sismique, affaissement du sol et présence de sols sensibles au retrait ou expansifs. Golder (2014c) a résumé les résultats de l'évaluation des risques hydrotechniques.

### 1.2 Approche par phases lors des évaluations de risques hydrotechniques

TransCanada utilise une approche par phases lors des évaluations de risques hydrotechniques le long d'oléoducs proposés. L'approche par phases correspond à un processus systématique qui a été développé par TransCanada et ses consultants au fil du temps. Il débute par une évaluation à l'échelle régionale (évaluation de phase I) et se poursuit, lorsque requis, par des évaluations spécifiques aux sites (évaluations de phases II et III).

L'évaluation de phase I fournit une évaluation initiale de l'ensemble du tracé de l'oléoduc, en tenant compte d'une gamme de risques hydrotechniques possibles qui pourraient affecter l'oléoduc. Elle permet de mettre sur pied un inventaire des risques hydrotechniques potentiels pour considération future. Elle fournit également une identification initiale des risques hydrotechniques possibles ou

connus, sur la base d'une revue documentaire de l'information existante, en plus d'une reconnaissance aérienne de l'oléoduc. Les résultats sont ensuite utilisés pour établir le mandat de travail d'investigations plus détaillées (évaluation de phase II), là où cela est nécessaire.

Une évaluation de phase I se base sur des informations limitées car aucune reconnaissance au sol n'est effectuée à cette étape. En conséquence, les descriptions et les classifications des risques hydrotechniques potentiels, identifiées lors d'une évaluation de phase I, pourraient devoir être révisées lors des phases subséquentes de l'évaluation, alors que des travaux additionnels sont effectués et que de l'information supplémentaire est colligée. L'identification et la classification des risques hydrotechniques potentiels lors d'une évaluation de phase I sont généralement prudentes par nature.

Une évaluation de phase II inclut une reconnaissance terrestre des risques hydrotechniques, possibles ou connus, qui ont été identifiés lors de la reconnaissance aérienne faisant partie de l'évaluation de phase I. La plupart des évaluations de phase II sont réalisées afin d'évaluer davantage les risques hydrotechniques élevés et modérés qui ont été identifiés lors d'une évaluation de phase I. L'information colligée lors d'une évaluation de phase II est utilisée pour établir si une investigation additionnelle est requise de façon à caractériser le risque hydrotechnique. Si l'information recueillie lors d'une évaluation de phase II est suffisante afin de préparer des recommandations sur l'atténuation des risques hydrotechniques (si requise), alors aucune investigation additionnelle n'est réalisée. Dans certains cas, la cote de risque hydrotechnique peut être modifiée une fois l'évaluation de phase II complétée.

Dans les cas où une revue additionnelle est requise, une évaluation de phase III peut alors être complétée. Celle-ci consiste en une investigation et/ou une atténuation détaillée d'un risque hydrotechnique identifié. Un exemple d'une évaluation de phase III est la pose d'instrumentation sur un site afin de caractériser et de suivre l'évolution des risques hydrotechniques. La portée d'une évaluation de phase III est définie sur la base des résultats d'une évaluation de phase II.

### 1.3 Définition des risques hydrotechniques

Les risques hydrotechniques sont définis comme des conditions fluviales ou géomorphologiques potentielles qui pourraient résulter en des changements aux traversées des cours d'eau, changements qui pourraient nécessiter un effort de gestion additionnel alors que le projet proposé continue d'évoluer.

Les risques hydrotechniques à l'emplacement des traversées de cours d'eau sont évalués qualitativement selon des niveaux faibles, modérés ou élevés sur la base de l'interprétation des caractéristiques observées, mesurées et cartographiées et sur la base du jugement professionnel.

- Les cotes de risque hydrotechnique faible sont assignées afin d'identifier les traversées de cours d'eau qui sont relativement stables, selon l'interprétation des observations fluviales géomorphologiques et de leur analyse;
- Les cotes de risque hydrotechnique modéré sont assignées aux traversées de cours d'eau qui possèdent certains indicateurs de processus fluviaux ou géomorphologiques dénotant une instabilité potentielle, mais qui ne devraient pas résulter en des changements aux modes typiques de conception des traversées de cours d'eau. Une confirmation des conditions de site précédant

la construction est recommandée. Les traversées à risque hydrotechnique modéré ayant une conception standard devraient être ciblées pour faire partie d'une « liste de surveillance » lors d'un futur suivi.

- Les cotes de risque hydrotechnique élevé sont assignées aux traversées de cours d'eau qui comportent des conditions fluviales ou géomorphologiques complexes et dynamiques qui peuvent résulter en des défis lors de la conception et de l'opération de l'oléoduc. Il faut garder à l'esprit qu'une évaluation de risque hydrotechnique élevé déclenchera également des investigations additionnelles et un effort de gestion.

Les processus fluviaux ou géomorphologiques qui ont été pris en considération au moment d'identifier les risques hydrotechniques sont les suivants :

- La migration latérale d'un cours d'eau méandreux ou en tresse à l'intérieur de sa plaine inondable, en raison des processus d'érosion et de déposition aux rives et aux barres fluviales;
- L'avulsion du chenal alors qu'un cours d'eau peut rapidement abandonner son cours actuel pour s'écouler dans un chenal abandonné ou s'en créer un nouveau;
- La formation de renard ou l'érosion du matériau de remblai autour de la conduite à l'endroit où un cours d'eau longe le tracé de l'oléoduc et peut facilement migrer vers l'oléoduc,
- L'affouillement du chenal par des écoulements à vitesse élevée se produisant le long de la rive externe des méandres, à l'emplacement de constriction et de structures implantées en rive ou en rivière (p. ex., quais et culées de ponts);
- L'érosion verticale progressive d'un cours d'eau à écoulement rapide et à fort gradient, découlant de l'évacuation de matériaux du lit du cours d'eau et du fond de la vallée;
- Le décrochement et l'effondrement des rives d'un cours d'eau, le ravinage et d'autres formes d'érosion le long des pentes de la vallée qui peuvent affecter la largeur de la traversée du cours d'eau.

## 1.4 But et portée de l'évaluation

L'objectif de la présente évaluation de phase II était de caractériser davantage les risques hydrotechniques aux traversées où une cote élevée de risque hydrotechnique a été assignée, endroits qui ont été identifiés comme ayant le potentiel d'affecter défavorablement la nouvelle partie à construire de l'oléoduc Énergie Est lors de l'évaluation de phase I (Golder, 2014a et 2014c). La présente évaluation a consisté en une évaluation spécifique de site (une évaluation de phase II) concernant les risques hydrotechniques applicables aux traversées désignées comme à risque hydrotechnique élevé afin de confirmer et de raffiner la cote préliminaire de risque hydrotechnique. L'évaluation identifie les risques hydrotechniques potentiels selon les conditions existantes, sur la base d'une perspective hydrotechnique seulement; l'évaluation détaillée des impacts des risques hydrotechniques potentiels envers l'intégrité de l'oléoduc excède le cadre du mandat. Les résultats peuvent cependant influencer la conception des traversées de cours d'eau en termes de tracé, de conception de l'enfouissement ou de mesures d'atténuation potentielles, spécifiques aux sites.

Le mandat de travail incluait les tâches principales suivantes :

- L'investigation terrestre des traversées de façon à collecter des mesures et enregistrer de l'information spécifiques aux sites en vue des évaluations hydrologiques, hydrauliques et d'affouillement de chenal et pour caractériser les risques hydrotechniques à l'endroit des traversées.
- L'analyse hydrologique des traversées, incluant la délimitation des bassins versants et l'estimation des débits indicatifs ou de conception sur la base de données topographiques et de données d'écoulement des cours d'eau, disponibles de façon publique.
- L'analyse hydraulique des traversées afin d'évaluer la vitesse moyenne de chenal et la profondeur des écoulements qui ont été estimés lors de l'évaluation hydrologique; l'analyse se fait sur la base de mesures spécifiques aux sites et sur l'observation des caractéristiques de chenal, colligées lors de l'investigation terrestre.
- L'évaluation de l'affouillement des traversées afin d'évaluer le potentiel d'affouillement vertical de chenal et d'affouillement latéral sur la vie de l'oléoduc. L'affouillement vertical potentiel a été calculé à partir des débits estimés lors de l'évaluation hydrologique et des mesures et observations spécifiques aux sites concernant les caractéristiques du chenal et des plaines inondables, colligées lors de l'investigation terrestre. Le potentiel d'affouillement latéral a été estimé en faisant usage d'imagerie aérienne, récente et d'archives, des traversées de cours d'eau.
- Les mises à jour des cotes de risques hydrotechniques des traversées sur la base des résultats de l'évaluation et la préparation d'une liste révisée des traversées à risque hydrotechnique élevé, comportant des recommandations concernant des investigations additionnelles ou des mesures d'atténuation, là où requis.

## 2.0 CONTEXTE PHYSIOGRAPHIQUE ET GÉOLOGIQUE

Il existe six nouveaux segments principaux à construire pour l'oléoduc, répartis d'ouest en est à travers le Canada : la ligne centrale d'Alberta, l'embranchement de Cromer (Manitoba), la ligne centrale d'Ontario, le segment 1 de la ligne centrale du Québec (incluant les embranchements de Montréal et de Lévis), le segment 2 de la ligne centrale du Québec et le prolongement de Saint-Jean (Nouveau-Brunswick). En raison de l'existence de points communs quant aux conditions physiographiques et géologiques, les segments à construire de l'oléoduc ont été regroupés en une portion ouest (Alberta et Manitoba) et une portion est (Ontario, Québec et Nouveau-Brunswick).

### 2.1 Portion ouest

La portion ouest de l'oléoduc Énergie Est se situe dans la région physiographique des plaines intérieures (Acton et al., 2013). Celles-ci sont généralement caractérisées par un relief bas, comportant des pentes plus raides rencontrées à la traversée des rivières majeures, comme là où le segment albertain de l'oléoduc croise la rivière Red Deer et la rivière Saskatchewan du sud (Acton et al., 2013). Les dépôts superficiels sous-jacents à la portion ouest consistent principalement

en des sédiments glaciaires, à l'exception de zones d'alluvions aux traversées de rivières et de zones éparses de dépôts lacustres. Les dépôts glaciaires présents le long des segments de la ligne centrale d'Alberta et de l'embranchement de Cromer de l'oléoduc correspondent à un till glaciaire, à des dépôts glacio-lacustres, des dépôts fluvio-glaciaires, des dépôts morainiques et quelques zones d'épandage fluvio-glaciaire (Shetsen, 2002a et 2002b; Matile et Keller, 2004).

## 2.2 Portion est

La portion est de l'oléoduc est située dans les régions physiographiques du bouclier canadien, des basses-terres du Saint-Laurent et des Appalaches (Bostock, 1967; Acton et al., 2013).

Le segment de la ligne centrale d'Ontario de l'oléoduc Énergie Est traverse la zone de transition entre le bouclier canadien et les basses-terres du Saint-Laurent. La majorité du tracé en Ontario est localisée sur un couvert épais et continu de till glaciaire, qui fait transition avec les dépôts principalement marins de la mer de Champlain lorsque le tracé s'approche de la frontière entre l'Ontario et le Québec (MNDM, 2010).

De la frontière entre l'Ontario et le Québec jusqu'à quelques kilomètres à l'est de la ville de Québec, le tracé se situe dans la région physiographique des basses-terres du Saint-Laurent. Cette région est caractérisée par un relief généralement peu accentué et est recouvert par des dépôts marins de silt argileux à argile silteuse, tirant leur origine de l'ancienne mer glaciaire de Champlain qui s'étendait le long de la rivière des Outaouais jusqu'à Pembroke environ en Ontario, et le long du Saint-Laurent de Brockville environ, en Ontario, jusqu'à la ville de Québec approximativement (L'Heureux et al., 2014). La mer de Champlain s'étendait également du piedmont des Laurentides au nord jusqu'au piedmont des Appalaches au sud-est et au bouclier canadien au sud-ouest. Dans certaines zones, des dépôts alluviaux stratifiés de silt, de sable, d'argile et de gravier, provenant des plaines d'inondation, de deltas et de dépôts coniques, sont présents au-dessus des dépôts marins.

À l'est de la ville de Québec, l'oléoduc fait transition avec un couvert de till jusqu'à Rivière-du-Loup environ, là où l'oléoduc pénètre dans la région géologique des Appalaches. On s'attend à ce que le tracé de l'oléoduc en direction de Rivière-du-Loup rencontre des dépôts marins à grains fins. À travers la partie restante du Bas-Saint-Laurent, l'oléoduc est localisé dans la région physiographique des Appalaches (Bostock, 1967) et on s'attend à ce que les conditions des sols consistent en un socle rocheux peu profond, recouvert d'une mince couche de till glaciaire et de quelques zones de roc affleurant en surface (Rampton, 1984).

À partir de la frontière entre le Québec et le Nouveau-Brunswick jusqu'à l'extrémité du projet à la baie de Fundy, près de Saint-Jean, les conditions des sols sont cartographiées comme étant une couche de till glaciaire comportant quelques zones de mince couvert de till glaciaire reposant sur le socle rocheux ou le roc directement en surface (Rampton, 1984; Pronk et Allard, 2003). Des dépôts lacustres et organiques isolés (telle la tourbe) sont également présents le long du tracé (Rampton, 1984).

### 3.0 TRAVERSÉES DE COURS D'EAU

L'évaluation de phase I, réalisée à un niveau de dépistage, a fourni une évaluation à une échelle régionale des risques hydrotechniques aux traversées de cours d'eau situées le long de l'oléoduc; elle a été réalisée sur la base d'une revue documentaire et d'une reconnaissance aérienne. Au total, 929 traversées de cours d'eau ont été identifiées le long du tracé proposé de l'oléoduc à construire, et une liste préliminaire de 30 traversées de cours d'eau ayant des cotes élevées de risques hydrotechniques a été fournie à TransCanada dans le rapport d'évaluation de phase I (Golder, 2014c). Les traversées à risque hydrotechnique élevé étaient situées en Alberta (2), en Ontario (1), au Québec (21) et au Nouveau-Brunswick (6).

Un tracé mis à jour des segments à construire de l'oléoduc n'a pas été fourni pour la présente évaluation de phase II. TransCanada a cependant demandé de tenir compte des modifications suivantes à la liste des traversées de cours d'eau à risque hydrotechnique élevé (communication personnelle en date du 22 septembre et du 16 octobre 2014) :

- L'enlèvement de deux des trois options (QC1-6+427 et QC1-1+527-A) précédemment considérées pour la traversée de la rivière des Outaouais par le segment 1 de la ligne centrale du Québec; l'option restante, soit QC1-2+222-B située plus en aval du barrage Carillon, est incluse dans la présente évaluation de phase II.
- L'ajout d'une nouvelle option (QC1.1-New) pour la traversée de la rivière des Prairies par l'embranchement de Montréal.
- La révision de l'emplacement de la traversée de la rivière Etchemin par le segment 1 de la ligne centrale du Québec (QC1-365+763).

La liste révisée des traversées de cours d'eau, basée sur les modifications demandées, inclut un total de 928 traversées, desquelles 29 sont à risque hydrotechnique élevé selon l'évaluation de phase I. Les traversées à risque hydrotechnique élevé sont présentées au tableau 3-1 et sont situées en Alberta (2), en Ontario (1), au Québec (20) et au Nouveau-Brunswick (6). Les emplacements des traversées le long du tracé des segments à construire de l'oléoduc sont montrés aux figures de l'annexe A.

Tableau 3-1 : Liste révisée des traversées à risque hydrotechnique élevé

Province	ID de la traversée	Segment de l'oléoduc	Révision	Point kilométrique	Latitude °N	Longitude °E	Nom du cours d'eau
Alberta	AB-229+143	Ligne centrale d'Alberta	F	229.143	50.882588	-110.449123	Rivière Red Deer
Alberta	AB-271+736	Ligne centrale d'Alberta	F	271.736	50.679847	-110.131320	Rivière Saskatchewan du Sud
Ontario	ON-99+625	Ligne centrale d'Ontario	F	99.625	45.459250	-74.415753	Drain municipal Mushroom
Québec	QC1-2+222-B	Rivière des Outaouais - traversée Option B	— <sup>(a)</sup>	2.222	45.539306	-74.352139	Rivière des Outaouais
Québec	QC1-9+409	Segment 1 de la ligne centrale du Québec	K	9.409	45.578514	-74.350194	Rivière du Nord
Québec	QC1.1-9+465	Segment 1 de la ligne centrale du Québec - embranchement de Montréal	K	9.465	45.700428	-73.557079	Rivière des Mille-Îles
Québec	QC1.1-11+654	Segment 1 de la ligne centrale du Québec - embranchement de Montréal	K	11.654	45.689113	-73.539079	Rivière des Prairies
Québec	QC1.1-12+18	Segment 1 de la ligne centrale du Québec - embranchement de Montréal	K	12.18	45.682801	-73.534450	Rivière des Prairies
Québec	QC1.1-NEW	Segment 1 de la ligne centrale du Québec - embranchement de Montréal	K	— <sup>(b)</sup>	45.672972	73.551411	Rivière des Prairies
Québec	QC1-170+471	Segment 1 de la ligne centrale du Québec	K	170.471	46.233822	-73.021316	Rivière Maskinongé
Québec	QC1-182+929	Segment 1 de la ligne centrale du Québec	K	182.929	46.278135	-72.896322	Rivière du Loup
Québec	QC1-210+141	Segment 1 de la ligne centrale du Québec	K	210.141	46.415748	-72.682786	Rivière Saint-Maurice
Québec	QC1-249+996	Segment 1 de la ligne centrale du Québec	K	249.996	46.519930	-72.284792	Rivière Batiscan
Québec	QC1-259+064	Segment 1 de la ligne centrale du Québec	K	259.064	46.582146	-72.223949	Rivière Sainte-Anne
Québec	QC1-289+751	Segment 1 de la ligne centrale du Québec	K	289.751	46.701064	-71.884010	Rivière Portneuf
Québec	QC1-301+723	Segment 1 de la ligne centrale du Québec	K	301.723	46.687881	-71.742716	Rivière Jacques-Cartier

**Tableau 3-1 : Liste révisée des traversées à risque hydrotechnique élevé**

Province	ID de la traversée	Segment de l'oléoduc	Révision	Point kilométrique	Latitude °N	Longitude °E	Nom du cours d'eau
Québec	QC1-325+696	Segment 1 de la ligne centrale du Québec	K	325.696	46.707761	-71.487532	Fleuve Saint-Laurent
Québec	QC1-351+82	Segment 1 de la ligne centrale du Québec	K	351.82	46.645636	-71.241100	Rivière Chaudière
Québec	QC1.2-6+262	Segment 1 de la ligne centrale du Québec – embranchement de Lévis	K	6.262	46.744263	-71.191012	Rivière Etchemin
Québec	QC1-365+763	Segment 1 de la ligne centrale du Québec	K	365.763	46.722122	71.128322	Rivière Etchemin
Québec	QC2-31+134	Segment 2 de la ligne centrale du Québec	C	31.134	46.821472	-70.757664	Rivière du Sud
Québec	QC2-72+876	Segment 2 de la ligne centrale du Québec	C	72.876	47.060902	-70.358878	Bras Saint-Nicolas
Québec	QC2-90+25	Segment 2 de la ligne centrale du Québec	C	90.25	47.171235	-70.206769	Rivière Trois Saumons
Nouveau-Brunswick	SJE-13+432	Prolongement de Saint-Jean	E	13.432	47.548022	-68.220017	Rivière Verte
Nouveau-Brunswick	SJE-124+797	Prolongement de Saint-Jean	E	124.797	46.849157	-67.428286	Rivière Tobique
Nouveau-Brunswick	SJE-281+915	Prolongement de Saint-Jean	E	281.915	46.142447	-65.938363	Rivière Salmon
Nouveau-Brunswick	SJE-312+085	Prolongement de Saint-Jean	E	312.085	45.929383	-65.773257	Rivière Canaan
Nouveau-Brunswick	SJE-337+225	Prolongement de Saint-Jean	E	337.225	45.707796	-65.786867	Elm Brook
Nouveau-Brunswick	SJE-352+147	Prolongement de Saint-Jean	E	352.147	45.580036	-65.777278	Rivière Kennebecasis

Notes :

- a) Non applicable. La traversée QC1-2+222-B est une alternative à la traversée QC1-6+427 qui a été incluse lors de la révision K du segment 1 de la ligne centrale du Québec.
- b) Le tracé de cette traversée n'a pas été fourni. La traversée QC1.1-nouvelle est proposée afin de remplacer les traversées QC1.1-11+654 et QC1.1-12+18 qui sont incluses à la révision K du segment 1 de la ligne centrale du Québec – embranchement de Montréal.

## 4.0 INVESTIGATION TERRESTRE

Golder a effectué une investigation terrestre des traversées entre le 15 et le 22 octobre 2014 afin de récolter de l'information dans le but de réaliser les analyses hydrologiques et hydrauliques et les évaluations d'affouillement de chenal et pour caractériser les risques hydrotechniques de chaque traversée. Les mesures spécifiques aux sites et les observations lors de l'investigation de phase II ont inclus :

- **La largeur et la profondeur de plein bord** : la largeur et la profondeur du chenal à plein bord correspond au point à partir duquel l'eau commence à envahir une plaine inondable. Le chenal de plein bord sert d'indice morphologique pouvant être relié à la formation, au maintien et aux dimensions du chenal tel qu'il existe sous le régime climatique actuel. La majorité des cours d'eau étaient trop profonds et d'écoulement trop rapide pour pouvoir y marcher, de sorte que la profondeur de plein bord a été mesurée relativement à la surface de l'eau; la profondeur de l'eau a par conséquent été estimée visuellement.
- **La largeur de la plaine inondable** : ce paramètre mesure l'étendue du fond de la vallée, adjacent au cours d'eau, jusqu'à une hauteur de 1,5 m au-dessus du niveau de plein bord. Des mesures ont été prises le long du tracé proposé de l'oléoduc et perpendiculairement à la direction de l'écoulement du cours d'eau.
- **La pente au fil de l'eau** : ce paramètre est considéré comme un indicateur de l'inclinaison du chenal; la pente au fil de l'eau influence la décharge et les caractéristiques de transport des sédiments d'un cours d'eau.
- **La largeur mouillée et la vitesse d'écoulement en surface** : au moment de la visite du site.
- **La composition du lit et de la rive** : les observations concernant la granulométrie du sol, l'étalement, l'angularité, la consistance et le contenu organique fournissent une indication du potentiel d'affouillement du chenal et d'autres types d'érosion.
- **La végétation riveraine et celle de la plaine inondable** : information utile pour les analyses hydrauliques et les évaluations d'érosion potentielle.
- **Les caractéristiques d'érosion et de déposition** : caractéristiques à la fois actives et historiques fournissant une indication des types de processus géomorphologiques qui surviennent aux traversées de cours d'eau. Les observations notées concernaient le sapement, le décrochement et l'effondrement des rives du cours d'eau, l'érosion et l'instabilité des talus de la vallée, le développement de barres dans le chenal et la présence d'îles.

Les tableaux 4-1 et 4-2 résument l'information colligée aux traversées lors de l'investigation terrestre. Des vues aériennes des traversées de même que des photographies des caractéristiques observées sont fournies à l'annexe A.

Là où il existe des différences, l'information colligée lors de l'investigation terrestre a préséance sur celle présentée dans l'évaluation de phase I (Golder, 2014c), laquelle était basée sur une revue documentaire de l'information existante et sur une reconnaissance aérienne.

Tableau 4-1 : Sommaire des mesures propres à chaque site, prises au cours de l'investigation terrestre

ID de la traversée	Nom du cours d'eau	Largeur mouillée <sup>(a)</sup> (m)	Largeur plein bord <sup>(a)</sup> (m)	Profondeur plein bord <sup>(b)</sup> (m)	Largeur de la plaine inondable <sup>(a)(c)</sup> (m)	Pente du chenal (m/m)	Vitesse en surface (m/s)
AB-229+143	Rivière Red Deer	251	255	2,0	700	0,008	1,0
AB-271+736	Rivière Saskatchewan du Sud	152	206	1,5	231	0,014	1,2
ON-99+625	Drain municipal Mushroom	0,86	5,3	1,6	9,9	0,049	0,3
QC1-2+222-B	Rivière des Outaouais	550	554	4,0	700	0,001	0,2
QC1-9+409	Rivière du Nord	148	150	2,7	>500	0,001	0,3
QC1.1-9+465	Rivière des Mille-Îles	240	242	2,0	266	0,013	0,3
QC1.1-11+654	Rivière des Prairies	1 100	1 115	3,0	1 124	0,001	0,6
QC1.1-12+18							
QC1.1-NEW	Rivière des Prairies	685	691	2,2	722	0,002	0,2
QC1-170+471	Rivière Maskinongé	35	37	2,4	74	0,005	0,3
QC1-182+929	Rivière du Loup	33	44	4,6	56	0,001	0,8
QC1-210+141	Rivière Saint-Maurice	192	209	4,3	220	0,002	1,2
QC1-249+996	Rivière Batiscan	237	250	2,7	260	0,000	1,1
QC1-259+064	Rivière Sainte-Anne	113	130	3,1	147	0,001	0,4
QC1-289+751	Rivière Portneuf	21	30	2,3	41	0,001	1,1
QC1-301+723	Rivière Jacques-Cartier	117	125	3,2	162	0,002	0,9
QC1-325+696	Fleuve Saint-Laurent <sup>(d)</sup>	2 600	3 200	5,0	3 500	-	-
QC1-351+82	Rivière Chaudière	206	216	2,9	224	0,014	1,7
QC1.2-6+262	Rivière Etchemin	64	85	2,0	156	0,016	1,5
QC1-365+763	Rivière Etchemin	75	82	2,3	102	0,012	2,4
QC2-31+134	Rivière du Sud	70	83	2,0	145	0,012	1,8
QC2-72+876	Bras Saint-Nicolas	37	39	1,3	65	0,014	2,6
QC2-90+25	Rivière Trois Saumons	17	18	1,4	50	0,017	1,4
SJE-13+432	Rivière Verte	44	45	2,0	>116	0,023	1,4

**Tableau 4-1 : Sommaire des mesures propres à chaque site, prises au cours de l'investigation terrestre**

ID de la traversée	Nom du cours d'eau	Largeur mouillée <sup>(a)</sup> (m)	Largeur plein bord <sup>(a)</sup> (m)	Profondeur plein bord <sup>(b)</sup> (m)	Largeur de la plaine inondable <sup>(a)(c)</sup> (m)	Pente du chenal (m/m)	Vitesse en surface (m/s)
SJE-124+797	Rivière Tobique	132	134	1,5	164	0,016	0,6
SJE-281+915	Rivière Salmon	110	184	1,6	190	0,007	0,1
SJE-312+085	Rivière Canaan <sup>(e)</sup>	189	198	2,2	237	-	-
SJE-337+225	Elm Brook	9,8	19,4	1,6	130	0,033	-
SJE-352+147	Rivière Kennebecasis	44	48	1,9	>300	0,005	0,2

Notes :

- a) Estimation faite à partir de données satellitaires, aériennes et/ou d'imagerie LiDAR aux traversées pour lesquelles une mesure ne pouvait pas être obtenue.
- b) La largeur plein bord a été estimée par observation et par jugement professionnel aux traversées pour lesquelles une mesure ne pouvait pas être obtenue.
- c) Mesuré à une hauteur de 1,5 m au-dessus du niveau plein bord.
- d) Mesure non prise en raison de l'influence de la marée.
- e) Rivière influencée par la marée; des mesures de la pente et de la vitesse en surface ont été prises.

Tableau 4-2 : Sommaire des observations propres à chaque site, faites lors de l'investigation terrestre

ID de la traversée	Nom du cours d'eau	Composition du lit	Composition des rives	Signes d'érosion	Commentaires et remarques
AB-229+143	Rivière Red Deer	Silt sableux grossier	GAUCHE et DROITE : Sable fin avec des sols organiques	Érosion verticale et décrochement des rives gauche et droite	Vallée couverte de forêt dense; des débris dans le chenal à proximité des rives.
AB-271+736	Rivière Saskatchewan du Sud	Sable et gravier grossier, cailloux et blocs	GAUCHE : Gravier grossier, un peu de sable et des sols organiques DROITE : Gravier, cailloux et blocs	Érosion de types ravines, inter-ravines et ravins sur la pente droite de la vallée	Traversée située dans un coude peu prononcé là où une barre latérale de chenal, composée de sable et gravier, s'est développée; une traversée suspendue existante d'un oléoduc se situe à approx. 500 m en aval.
ON-99+625	Drain municipal Mushroom	Silt argileux et sable	GAUCHE et DROITE : Silt argileux et sable	Décrochement de la rive gauche	Cours d'eau incisé avec des rives raides couvertes de hautes herbes.
QC1-2+222-B	Rivière des Outaouais	Sable silteux et sols organiques	GAUCHE : Blocs dont la taille moyenne est de 0,75 à 1 m DROITE : Argile silteuse et trace de sable, perré installé dans l'emprise de l'oléoduc existant	Exutoire d'un ravin en rive droite	Emprise d'un oléoduc existant, immédiatement en aval de la traversée.
QC1-9+409	Rivière du Nord	Lit rocailleux avec des blocs	GAUCHE : Sable silteux, un peu d'argile et de sable DROITE : Argile silteuse avec du sable	Aucune évidence d'érosion	Talus raide en rive; arbres matures sur les rives et la vallée.
QC1.1-9+465	Rivière des Mille-Îles	Sableux avec un peu de gravier, des sols organiques et des débris	GAUCHE : Silt argileux et trace de sable DROITE : Silt argileux, gravier et cailloux, perré de protection sur le talus riverain de la route	Aucune évidence d'érosion, à l'exception d'un endroit au pied du talus de la route en rive droite	Rive gauche plane et vallée peu profonde couverte de hautes herbes et d'arbres; maisons de ferme dans la zone riparienne.

Tableau 4-2 : Sommaire des observations propres à chaque site, faites lors de l'investigation terrestre

ID de la traversée	Nom du cours d'eau	Composition du lit	Composition des rives	Signes d'érosion	Commentaires et remarques
QC1.1-11+654	Rivière des Prairies	Argile silteuse avec du gravier et du sable	GAUCHE : Silt argileux, trace de sable DROITE : Silt argileux, rive protégée par des cailloux et des blocs	Érosion au pied du talus raide de la route adjacente en rive gauche	Chenal divisé en deux embranchements par une barre de milieu de rivière.
QC1.1-12+18				Érosion au pied du talus de la route en rive droite	
QC1.1-NEW	Rivière des Prairies	Sable argileux et sols organiques	GAUCHE : Sable argileux et sols organiques DROITE : Sable argileux et sols organiques, rive protégée par un perré	Géotextile exposé sous le perré en rive droite	La plage gauche est couverte de pelouse, d'arbres matures et de terres agricoles; la rive droite fait partie du talus d'une route avec présence de la route et d'une zone résidentielle en zone riveraine.
QC1-170+471	Rivière Maskinongé	Sable fin et silt (fond mou)	GAUCHE : Silt sableux DROITE : Silt sableux	Sapement des rives (davantage en rive droite qu'en rive gauche) Ravin en rive droite dans le tracé	Un seuil déversant est situé à environ 800 m en aval; rives raides; la vallée est couverte de pelouse et de pâturages.
QC1-182+929	Rivière du Loup	Argile silteuse et trace de sable	GAUCHE : Inaccessible DROITE : Argile silteuse, trace de sable	Sapement des rives	Chenal incisé; arbres matures penchés sur la vallée, possiblement en raison d'un glissement.
QC1-210+141	Rivière Saint-Maurice	Sable	GAUCHE : Sable DROITE : Sable silteux	Ravin profond en aval de la traversée en rive gauche; ravin large et érodable en amont sur la rive droite	Zone riparienne composée de forêt mature; rives raides dans une vallée profonde et étroite.

**Tableau 4-2 : Sommaire des observations propres à chaque site, faites lors de l'investigation terrestre**

ID de la traversée	Nom du cours d'eau	Composition du lit	Composition des rives	Signes d'érosion	Commentaires et remarques
QC1-249+996	Rivière Batiscan	Sable silteux	GAUCHE : Inaccessible DROITE : Sable silteux	Sapement en rive droite	Vallée raide et étroite; herbes dans le chenal à 5 m de la rive droite (écoulement lent).
QC1-259+064	Rivière Sainte-Anne	Sable	GAUCHE : Sable silteux DROITE : Argile, un peu de sable	Rupture d'un talus raide en rive droite (côté extérieur du méandre) et signes d'érosion en rive gauche	Rives raides, vallée étroite et raide; glissements en amont et en aval de la traversée.
QC1-289+751	Rivière Portneuf	Sable, blocs et cailloux	GAUCHE et DROITE : Terrain sableux, cailloux et blocs	Signes d'attaque en rive gauche et rupture en rive droite en aval	Chenal raide avec écoulement rapide; activité érosive élevée dans le corridor de la traversée; traversée située entre deux rapides, activité croissante d'érosion et de déposition; glissement en rive droite en aval de la traversée.
QC1-301+723	Rivière Jacques-Cartier	Blocs et assise rocheuse	GAUCHE : Inaccessible DROITE : Blocs et sable silteux	Sapement sur le talus droit de la vallée	Chenal raide avec écoulement rapide; activité érosive élevée dans le corridor de la traversée; glissement en rive gauche sur la ligne de la traversée; traversée localisée dans un méandre.
QC1-325+696	Fleuve Saint-Laurent	Blocs, gravier sur sable et silt argileux en rive gauche; assise rocheuse et sable en rive droite	GAUCHE : Sableux DROITE : Roc (shale) et sable	Érosion le long des rives au niveau de la ligne des arbres	Influencé par la marée; escarpement raide en rive droite, signes de rupture du talus de la rive; vallée gauche peu profonde, sableuse avec du gravier, des blocs et des herbes (environ 130 m de largeur).

Tableau 4-2 : Sommaire des observations propres à chaque site, faites lors de l'investigation terrestre

ID de la traversée	Nom du cours d'eau	Composition du lit	Composition des rives	Signes d'érosion	Commentaires et remarques
QC1-351+82	Rivière Chaudière	Cailloux, blocs et affleurements rocheux; le matériau sous l'eau près de la rive est un sable fin	GAUCHE (à l'intérieur de la profondeur plein bord) : Sable fin avec un recouvrement presque complet de cailloux et de blocs GAUCHE (au-dessus de la profondeur plein bord) : Sable fin silteux DROITE : Silt sableux avec blocs épars	Aucun signe d'érosion récente en rive droite; talus verticaux en rive gauche (au-dessus de la profondeur plein bord), dépourvu de végétation	Incisé; vallée ayant une profondeur d'environ 5 à 6 m; contrôle du niveau du chenal en raison de la présence de l'affleurement rocheux sur la ligne de la traversée.
QC1.2-6+262	Rivière Etchemin	Sable grossier et gravier	GAUCHE : Sable fin à moyen DROITE : Sable graveleux, fin à grossier, bien gradué, protection éparse de cailloux et blocs	Le talus en rive droite est presque vertical et sans végétation, suggérant une érosion active; signes d'inondation récente dans la vallée – plusieurs arbres pliés et cassés dans la direction de l'écoulement	Vallée très profonde des deux côtés de la rivière; la pente du chenal se raidit à environ 200 m en aval; rapides observés; épaisses herbes sur une rive gauche peu profonde.

Tableau 4-2 : Sommaire des observations propres à chaque site, faites lors de l'investigation terrestre

ID de la traversée	Nom du cours d'eau	Composition du lit	Composition des rives	Signes d'érosion	Commentaires et remarques
QC1-365+763	Rivière Etchemin	Sable fin avec une couche de graviers et de cailloux en surface	GAUCHE : Silt et sable fin avec des blocs et des cailloux en surface DROITE (à l'intérieur de la profondeur de plein bord) : Silt et sable fin avec des blocs et des cailloux DROITE (au-dessus de la profondeur plein bord) : Silt et sable fin	Sapement significatif de la rive gauche et arbres tombés; aucun signe d'érosion récente en rive droite	Des terrasses d'environ 1,5 m de hauteur chacune sont observées en rive droite; rive droite située à environ 6,5 m au-dessus du niveau de l'eau; talus riverain incliné à 1:1; rivière située dans une vallée profonde.
QC2-31+134	Rivière du Sud	Un échantillon ne pouvait pas être obtenu; de gros blocs sont visibles dans le chenal	GAUCHE : Sable fin avec des cailloux et de gros blocs (jusqu'à 1 m de diamètre) placés de façon éparse DROITE : Accès restreint	Aucun signe d'érosion en rive gauche; quelques arbres penchés (vers la rivière), observés en rive droite (depuis la rive gauche)	Structure de contrôle (seuil déversant) localisée à environ 650 m en aval de la traversée; l'écoulement est à vitesse élevée avec des vagues stationnaires; la rive droite a environ 4 m de hauteur (au-dessus de l'eau); rapides prononcés sur des affleurements rocheux et affleurement rocheux en rive droite à environ 175 m en amont de la traversée; gros blocs observés à la base de la rive droite.
QC2-72+876	Bras Saint-Nicolas	Sable grossier, un peu de gravier, cailloux et blocs sous jacents	GAUCHE : Sable fin à moyen DROITE : Sable et gravier grossier sous-jacent à des cailloux et des blocs (100 à 300 mm typ.)	Aucune érosion observée à la traversée; la rive gauche s'érode activement dans la courbe à environ 200 m en amont de la traversée	Blocs dans le chenal, visibles sous l'eau.

Tableau 4-2 : Sommaire des observations propres à chaque site, faites lors de l'investigation terrestre

ID de la traversée	Nom du cours d'eau	Composition du lit	Composition des rives	Signes d'érosion	Commentaires et remarques
QC2-90+25	Rivière Trois Saumons	Sable grossier et gravier mélangé à des éclats de shale sous-jacent à des cailloux et des blocs (quelques-uns excédant 500 mm)	GAUCHE : Shale en lits minces, très fragiles, orientés verticalement relativement au ruisseau DROITE : Inaccessible	Arbres tombés et penchés des deux côtés de la rivière; zones de cassure récente du shale en rive gauche (mousse absente)	Formation d'une barre en rive gauche (approx. 1,5 m de hauteur au-dessus du niveau de l'eau) couverte d'arbres matures; en aval, la rive droite est très haute et raide (~10 m) avec des arbres et une végétation clairsemés (talus probablement actif); on ne peut pas accéder à la rive droite en raison du débit élevé; des blocs et des matériaux alluviaux sont observés sur la barre aval en formation; le chenal semble s'éroder verticalement à un rythme lent; un pont qui se situe à environ 120 m en aval imposerait une constriction lors des écoulements d'inondation.
SJE-13+432	Rivière Verte	Un échantillon ne pouvait pas être obtenu; rive raide et écoulement profond	DROITE : Sable silteux, trace de gravier; zone de taille restreinte recouverte de gravier et cailloux, observée sur un talus riverain en pente douce situé en aval de la traversée GAUCHE : Inaccessible	Arbres en porte-à-faux en rive droite; souches observées orientées perpendiculairement à la rive	Visite de site réalisée après une pluie abondante; rive droite densément végétée avec des arbres matures; le talus en rive est presque vertical; île ayant une végétation bien établie dans le chenal à environ 200 m en aval.

Tableau 4-2 : Sommaire des observations propres à chaque site, faites lors de l'investigation terrestre

ID de la traversée	Nom du cours d'eau	Composition du lit	Composition des rives	Signes d'érosion	Commentaires et remarques
SJE-124+797	Rivière Tobique	Gravier sableux avec cailloux	GAUCHE : Gravier sableux arrondi avec des cailloux (50 mm typ. 100 mm maximum) DROITE : Silt surmontant un gravier sableux	Barres actives en gravier dans le chenal principal (environ 40 m de largeur à l'endroit de la traversée); touffes d'herbe qui se détachent de la crête de la rive gauche	L'écoulement principal se produit le long de la rive gauche; celle-ci a environ 5 m de hauteur avec un talus à 1,5H:1V; des terrasses sont observées (1 à 1,5 m de hauteur) sur une rive gauche peu profonde en aval de la traversée; couverture d'herbes bien établie sur l'île en amont et sur la rive droite (anciennes barres de gravier); terrasse observée (environ 1,5 m) au milieu d'une barre couverte d'herbes en rive droite; aucun écoulement actif sur l'intérieur de la barre en rive droite; évidence d'un ancien chenal, couvert de végétation et remblayé afin de donner accès à une résidence.
SJE-281+915	Rivière Salmon	GAUCHE : Silt organique DROITE : roc plat (25 à 50 mm d'épais; 50 à 100 mm de diamètre) reposant sur du gravier	GAUCHE : Silt organique DROITE : roc plat (50 à 75 mm d'épais; 100 à 300 mm de diamètre typ.)	Rien n'a été observé	Ancienne barre le long de la rive gauche (intérieur d'un coude de méandre) couvert de silt organique et inondé lors de périodes d'écoulement relativement faible; une influence de la marée est suspectée; la rivière est confinée par les murs profonds de la vallée (mur de vallée en rive gauche ~3H:1V, mur de la vallée en rive droite ~1H:1V et composé de roc.

Tableau 4-2 : Sommaire des observations propres à chaque site, faites lors de l'investigation terrestre

ID de la traversée	Nom du cours d'eau	Composition du lit	Composition des rives	Signes d'érosion	Commentaires et remarques
SJE-312+085	Rivière Canaan	GAUCHE : Sable silteux, un peu de gravier DROITE : Silt avec du sable fin	GAUCHE (à l'intérieur de la zone active d'inondation) : Sable fin à grossier, un peu de gravier sous-jacent à une couche de cailloux et de blocs (100 mm typ.) GAUCHE (au-dessus de la zone active d'inondation) : Sable fin à grossier avec du roc angulaire (le même que celui présent sur le pied de la rive) DROITE : Sable fin à moyen (épaisseur variable) recouvrant une argile brun rougeâtre; couche de protection de roc angulaire plat sur le haut de la rive (50 à 100 mm typ.)	Rien n'a été observé	La traversée se situe en zone de marée active (marée >1 m); le sommet de la zone active d'inondation est mesuré à 1,05 m au-dessus du niveau de l'eau; la marée a changé lors de la visite du site (descendante à 8 h 55 et montante à 11 h 00); la rive gauche est haute et raide; la vallée en rive droite a une densité peu accentuée de broussailles et une densité moyenne à faible d'arbres.

Tableau 4-2 : Sommaire des observations propres à chaque site, faites lors de l'investigation terrestre

ID de la traversée	Nom du cours d'eau	Composition du lit	Composition des rives	Signes d'érosion	Commentaires et remarques
SJE-337+225	Elm Brook	Gravier sableux avec des cailloux et des blocs en surface (200 mm typ.; 500 mm maximum)	GAUCHE et DROITE : Sable, un peu de gravier	Sapement de la rive gauche en aval de la traversée et de la rive droite en amont de la traversée; des arbres en voie de tomber sont observés là où les rives sont sapées; barres en gravier en amont et en aval de la traversée	Petit chenal latéral présent le long de la rive gauche (eau présente, sans écoulement); la traversée se situe à l'extrémité aval d'un cône alluvial qui contient des débris (arbres tombés); l'écoulement attaque la rive droite à l'extrémité aval du cône alluvial; le potentiel existe pour que le ruisseau s'élargisse à l'endroit de la traversée en raison de l'érosion en rive droite; la section rectiligne du ruisseau (en aval de la traversée) est active mais est bien protégée et semble stable.
SJE-352+147	Rivière Kennebecasis	Sable fin; un échantillon a été obtenu sur le talus de la rive à environ 0,3 m sous l'eau	GAUCHE et DROITE : Sable fin silteux; la rive droite est protégée avec du roc de grande taille (200 à 300 mm typ.)	Érosion circulaire en « arcs » (2 à 3 m de diamètre) observée dans la rive là où le roc est très clairsemé ou absent; des sols exposés en rive gauche suggèrent une érosion active, mais celle-ci semble lente	La vallée sur le côté intérieur du méandre est basse avec des chenaux d'eau stagnante; le potentiel existe pour qu'une relocalisation du chenal se produise le long des chenaux d'eau stagnante (coupure de méandre); l'écoulement se fait très lentement (direction difficile à observer en raison de l'influence du vent); hautes herbes en rive droite, broussailles peu denses en rive gauche et herbes basses sur le côté intérieur du méandre de la vallée; la protection par le roc est relativement éparse en rive droite à proximité de la ligne de la traversée; le roc est abondant en amont et en aval de la ligne de traversée; deux petits tributaires font confluence et se déchargent à la rivière à environ 100 m en amont de la traversée.

## 5.0 HYDROLOGIE DES TRAVERSÉES

Les caractéristiques hydrologiques des traversées de rivière sont un prérequis pour l'évaluation et pour les fins de la conception. Les traversées de rivière sont normalement conçues afin de prévenir l'exposition de la conduite lors de l'inondation 1:100 ans. Le débit d'écoulement de pointe du cours d'eau lors de cet événement de conception est normalement estimé à partir de l'analyse hydrologique des enregistrements de débits historiques disponibles. Un intrant clé de cette analyse est la superficie des bassins versants.

### 5.1 Bassins versants

La superficie des bassins versants amont a été délimitée pour chaque traversée en utilisant une combinaison de sources et de méthodes d'information, incluant les suivantes :

- La superficie des bassins versants, publiée pour les stations de jaugeage opérées par Relevés hydrologiques du Canada, correspondant à l'endroit des traversées de cours d'eau ou à proximité de celles-ci;
- Une modélisation SIG avec le logiciel ArcHydro de ESRI utilisant des modèles standards canadiens 1:50 000 et 1:250 000 d'élévation topographique, en mode numérique;
- La superficie des bassins versants, publiée pour l'emplacement des traversées de cours d'eau ou à proximité de celles-ci, en ce qui concerne les rivières majeures (c.-à-d., la rivière des Outaouais, la rivière des Prairies et le fleuve Saint-Laurent);
- L'outil d'évaluation III des écoulements, développé par le ministère des Richesses naturelles et des Forêts de l'Ontario (pour le drain municipal Mushroom ON-99+625).

Les superficies des bassins versants aux traversées sont fournies au tableau 5-1.

### 5.2 Débits des cours d'eau

L'indicateur choisi ou le débit de conception de chaque traversée a consisté en :

- Le débit journalier maximal annuel ayant une période de récurrence de deux ans. Ce débit représente généralement le débit de plein bord ou le point de début d'inondation alors que le niveau montant de l'eau commence à déborder du chenal du cours d'eau et à couvrir la plaine inondable active; ce débit est généralement considéré comme celui qui contribue à la formation du chenal.
- Le débit instantané maximal annuel selon une période de récurrence de 100 ans. Ce débit est un standard de conception pour l'enfouissement d'un oléoduc au Canada.

Les débits à l'endroit de chaque traversée ont été estimés par :

- Le prorata des débits 1:2 ans et 1:100 ans selon les superficies des bassins versants, dans le cas des stations appartenant à Relevés hydrologiques du Canada et situées sur le même cours d'eau que la traversée (utilisé dans le cas de 26 traversées);

- L'usage de l'outil d'évaluation III des écoulements, développé par le ministère des Richesses naturelles et des Forêts de l'Ontario (pour le drain municipal Mushroom ON-99+625);
- La revue des valeurs de débits publiées pour le fleuve Saint-Laurent (utilisé pour QC1-325+696);
- La réalisation d'une analyse à l'échelle régionale en utilisant des équations non linéaires de régression sur les débits d'inondation 1:2 ans et 1:100 ans en fonction des superficies des bassins versants et des données de débits relatives à une station appartenant à Relevés hydrologiques du Canada, située à proximité de la traversée de Elm Brook SJE-337+225.

Là où les données de débit de Relevés hydrologiques du Canada ont été utilisées, les stations ont été choisies lorsqu'elles offrent des périodes d'enregistrement de 20 ans ou plus, lorsque possible. Pour chaque station appartenant à Relevés hydrologiques du Canada, les analyses suivantes ont été réalisées :

- Une compilation des débits journaliers maximaux annuels et des débits instantanés maximaux annuels (là où disponibles) pour la période d'enregistrement complète;
- Une analyse de la fréquence des débits journaliers maximaux annuels afin d'estimer les débits 1:2 ans et 1:100 ans;
- Une analyse de régression linéaire des débits instantanés maximaux annuels (là où les données sont disponibles) pour évaluer les facteurs de pointe, lesquels ont servi à convertir les débits journaliers maximaux annuels en débits instantanés maximaux annuels. Les enregistrements des débits instantanés maximaux annuels disponibles sont généralement moins complets que ceux des débits journaliers maximaux annuels. Là où les débits journaliers maximaux annuels n'étaient pas disponibles, les facteurs de pointe ont été supposés sur la base du jugement professionnel.

Le tableau 5-1 présente les débits estimés pour les traversées de cours d'eau. Ces débits sont un intrant requis aux calculs d'affouillement vertical de chenal (section 7.1).

Tableau 5-1 : Superficie des bassins versants et débits d'écoulement estimés

ID de la traversée	Nom du cours d'eau	Superficie du bassin versant (km <sup>2</sup> )	Débit moyen journalier maximal selon une récurrence de 2 ans (m <sup>3</sup> /s)	Débit instantané maximal selon une récurrence de 100 ans (m <sup>3</sup> /s)	Commentaires
AB-229+143	Rivière Red Deer	46 819	339	1 453	
AB-271+736	Rivière Saskatchewan du Sud	68 405	1 030	5 649	
ON-99+625	Drain municipal Mushroom	1,4	0,4	2,4	
QC1-2+222-B	Rivière des Outaouais	143 000	5 148	8 866	Écoulement contrôlé par un barrage en amont.
QC1-9+409	Rivière du Nord	2 070	331	705	
QC1.1-9+465	Rivière des Mille-Îles	146 000	730	1 353	Écoulement contrôlé par un barrage en amont; l'écoulement de la pleine superficie de drainage est divisé en amont de la traversée.
QC1.1-11+654	Rivière des Prairies	146 000	2 336	3 760	Écoulement contrôlé par un barrage en amont; l'écoulement de la pleine superficie de drainage est divisé en amont de la traversée.
QC1.1-12+18					
QC1.1-NEW	Rivière des Prairies	146 000	2 336	3 760	Écoulement contrôlé par un barrage en amont; l'écoulement de la pleine superficie de drainage est divisé en amont de la traversée.
QC1-170+471	Rivière Maskinongé	1 030	116	265	
QC1-182+929	Rivière du Loup	1 421	151	288	
QC1-210+141	Rivière Saint-Maurice	40 436	2 184	5 137	Écoulement contrôlé par un barrage en amont.
QC1-249+996	Rivière Batiscan	4 646	548	1 038	Écoulement contrôlé par un barrage en amont.
QC1-259+064	Rivière Sainte-Anne	2 763	641	1 401	Écoulement contrôlé par un barrage en amont.
QC1-289+751	Rivière Portneuf	359	79	224	
QC1-301+723	Rivière Jacques-Cartier	2 488	479	808	Écoulement contrôlé par un barrage en aval.
QC1-325+696	Fleuve Saint-Laurent	1 030 000	12 309	18 094	

Tableau 5-1 : Superficie des bassins versants et débits d'écoulement estimés

ID de la traversée	Nom du cours d'eau	Superficie du bassin versant (km <sup>2</sup> )	Débit moyen journalier maximal selon une récurrence de 2 ans (m <sup>3</sup> /s)	Débit instantané maximal selon une récurrence de 100 ans (m <sup>3</sup> /s)	Commentaires
QC1-351+82	Rivière Chaudière	5 787	1 106	2 305	Écoulement contrôlé par un barrage en amont.
QC1.2-6+262	Rivière Etchemin	1 404	312	648	Écoulement contrôlé par des barrages en amont.
QC1-365+763	Rivière Etchemin	1 386	307	640	Écoulement contrôlé par des barrages en amont.
QC2-31+134	Rivière du Sud	829	247	571	Écoulement contrôlé par un barrage en aval.
QC2-72+876	Bras Saint-Nicolas	450	95	300	
QC2-90+25	Rivière Trois Saumons	92	19	64	
SJE-13+432	Rivière Verte	760	140	374	Écoulement contrôlé par un barrage en aval.
SJE-124+797	Rivière Tobique	3 807	565	1 529	Écoulement contrôlé par des barrages en amont.
SJE-281+915	Rivière Salmon	1 790	336	624	
SJE-312+085	Rivière Canaan	1 530	332	706	
SJE-337+225	Elm Brook	19	4 0	12	
SJE-352+147	Rivière Kennebecasis	1 297	269	915	

## 6.0 ANALYSE HYDRAULIQUE

Les caractéristiques hydrauliques estimées des traversées sont des prérequis pour l'évaluation subséquente de l'affouillement. L'analyse hydraulique est basée sur les résultats de l'analyse hydrologique et des caractéristiques morphologiques locales de la rivière.

Un écoulement uniforme en canal ouvert a été présumé afin d'estimer les caractéristiques hydrauliques du chenal et de la plaine inondable, propres à chacune des traversées. Pour les fins de la présente évaluation, une coupe typique composée et idéalisée a été prise en compte. Celle-ci consiste en un chenal de forme trapézoïdale ayant des inclinaisons égales de talus et confiné par des plages gauche et droite d'égal devers. Les propriétés de la coupe ont été choisies sur la base des mesures et observations spécifiques aux sites, telles que colligées lors de l'investigation terrestre (tel que décrit à la section 4).

Les caractéristiques hydrauliques estimées pour le chenal et la plaine inondable sont fournies au tableau 6-1 dans le cas des débits 1:2 ans et 1:100 ans. Les estimations de vitesse dans le chenal, lorsque que considérées conjointement avec la rive du chenal et les matériaux constituant le lit, sont nécessaires pour estimer le potentiel d'érosion des cours d'eau. La largeur de l'écoulement fournit une estimation de la longueur potentielle de l'oléoduc qui pourrait être affectée par l'érosion.

**Tableau 6-1 : Caractéristiques hydrauliques estimées pour les débits ayant une période de récurrence de 2 ans et de 100 ans**

ID de la traversée	Nom du cours d'eau	2 ans Débit journalier maximal				100 ans Débit instantané maximal			
		Débit (m <sup>3</sup> /s)	Profondeur moyenne d'écoulement (m)	Vitesse moyenne dans le chenal (m/s)	Largeur de l'écoulement (m)	Débit (m <sup>3</sup> /s)	Profondeur moyenne d'écoulement (m)	Vitesse moyenne dans le chenal (m/s)	Largeur de l'écoulement (m)
AB-229+143	Rivière Red Deer	339	0,8	1,7	253	1 453	1,9	3,0	255
AB-271+736	Rivière Saskatchewan du Sud	1 030	1,6	3,6	219	5 649	3,9	7,1	303
ON-99+625	Drain municipal Mushroom	0,35	0,2	1,7	1,4	2,4	0,5	2,9	2,3
QC1-2+222-B	Rivière des Outaouais	5 193	4,0	2,2	590	8 807	5,4	2,8	763
QC1-9+409	Rivière du Nord	331	1,7	1,3	149	706	2,7	1,7	167
QC1.1-9+465	Rivière des Mille-Îles	747	1,0	3,1	241	1 426	1,5	4,1	241
QC1.1-11+654	Rivière des Prairies	2 300	2,0	1,0	1,110	3 743	2,7	1,2	1 114
QC1.1-12+18									
QC1.1-NEW	Rivière des Prairies	2 300	1,9	1,7	690	3 743	2,6	2,1	727
QC1-170+471	Rivière Maskinongé	117	1,4	2,4	36	265	2,3	3,3	37

**Tableau 6-1 : Caractéristiques hydrauliques estimées pour les débits ayant une période de récurrence de 2 ans et de 100 ans**

ID de la traversée	Nom du cours d'eau	2 ans Débit journalier maximal				100 ans Débit instantané maximal			
		Débit (m <sup>3</sup> /s)	Profondeur moyenne d'écoulement (m)	Vitesse moyenne dans le chenal (m/s)	Largeur de l'écoulement (m)	Débit (m <sup>3</sup> /s)	Profondeur moyenne d'écoulement (m)	Vitesse moyenne dans le chenal (m/s)	Largeur de l'écoulement (m)
QC1-182+929	Rivière du Loup	159	2,6	1,7	40	305	3,9	2,1	42
QC1-210+141	Rivière Saint-Maurice	2 325	3,8	3,1	207	5 414	6,2	4,3	238
QC1-249+996	Rivière Batiscan	542	2,5	0,9	249	1 022	3,6	1,1	266
QC1-259+064	Rivière Sainte-Anne	622	2,9	1,8	129	1 360	4,5	2,4	162
QC1-289+751	Rivière Portneuf	79	2,3	1,4	30	224	4,0	1,7	55
QC1-301+723	Rivière Jacques-Cartier	479	2,1	1,9	122	808	2,9	2,3	124
QC1-325+696	Fleuve Saint-Laurent	12 309	4,8	0,9	3 175	18 094	5,9	1,0	3 387
QC1-351+82	Rivière Chaudière	1 106	1,4	3,7	211	2 305	2,2	4,9	214
QC1.2-6+262	Rivière Etchemin	312	1,1	4,2	75	648	1,7	5,4	81
QC1-365+763	Rivière Etchemin	307	1,2	3,4	79	640	1,8	4,5	81
QC2-31+134	Rivière du Sud	247	1,1	2,9	78	571	1,9	4,0	82
QC2-72+876	Bras Saint-Nicolas	95	0,9	2,7	38	300	1,8	4,2	71
QC2-90+25	Rivière Trois Saumons	19	0,5	2,1	17	64	1,1	3,3	18
SJE-13+432	Rivière Verte	140	0,8	4,1	44	374	1,4	6,0	45
SJE-124+797	Rivière Tobique	564	1,0	4,2	133	1 528	1,8	6,2	192
SJE-281+915	Rivière Salmon	335	1,1	2,7	126	569	1,5	3,3	132
SJE-312+085	Rivière Canaan	332	2,7	0,6	245	706	4,1	0,9	283
SJE-337+225	Elm Brook	4,0	0,3	1,3	12	12	0,6	1,9	13
SJE-352+147	Rivière Kennebecasis	268	1,8	3,3	47	916	3,3	4,9	317

## 7.0 ÉVALUATION DE L'AFFOUILLEMENT

L'évaluation de l'affouillement est utilisée afin d'estimer les exigences potentielles liées à la conception de l'enfouissement de l'oléoduc à l'endroit des traversées pour lesquelles la profondeur ou la position de la rivière pourrait changer avec le temps. Une évaluation de l'affouillement vertical est utilisée pour estimer l'affouillement maximal potentiel du lit de la rivière lors de l'événement d'inondation de 1:100 ans, servant à la conception. Une évaluation de l'affouillement latéral interprète l'information disponible et les caractéristiques morphologiques pour estimer le potentiel d'affouillement le long des rives de la rivière. Ces estimations de l'affouillement sont requises pour la conception de l'enfouissement de l'oléoduc.

### 7.1 Affouillement vertical du chenal

L'affouillement vertical du chenal a été estimé pour chaque traversée dans le cas de l'événement de conception correspondant à l'inondation 1:100 ans, en utilisant l'une de trois équations de régime. Cette approche est basée sur les directives techniques du U.S. Bureau of Reclamation, servant à calculer l'affouillement local (Pemberton et Lara, 1984). Les équations de Neil, Lacey et Blench fournissent des estimations de la profondeur d'affouillement qui sont basées sur l'hydraulique et la morphologie du chenal et sur la granulométrie du matériau constituant le lit et les rives du chenal. Le tableau 7-1 présente les résultats de l'évaluation de l'affouillement vertical du chenal. Les profondeurs d'affouillement présentées sont relatives au thalweg du chenal (c.-à-d., la partie la plus profonde de la rivière).

Un affouillement vertical calculé de 2 m ou plus constitue un affouillement potentiel plus grand que la normale.

### 7.2 Affouillement latéral

L'évaluation de l'affouillement latéral à l'endroit des traversées de cours d'eau a été basée sur une interprétation de l'information colligée lors de l'investigation terrestre et sur une comparaison d'imagerie récente et d'archives. L'imagerie aérienne récente a été fournie à Golder par TransCanada pour l'évaluation de phase I en mars 2014. L'imagerie a été complétée par des orthophotos additionnelles de 2013 et 2014, achetées à l'égard de l'emplacement des traversées où le tracé de l'oléoduc avait été modifié au Québec. L'imagerie aérienne d'archives a été obtenue de la Photothèque nationale de l'air pour les fins de la présente évaluation de phase II.

Le sommet des rives du chenal a été délimité à partir de l'imagerie aérienne le long des segments où les traversées de cours d'eau sont situées. L'étendue de régression des rives dans le temps, soit le long ou en direction du tracé de l'oléoduc, a été déterminée en comparant l'emplacement des rives et d'autres caractéristiques terrestres. L'annexe A inclut des figures qui comparent l'emplacement récent et historique des rives du chenal. Des estimations de la migration latérale potentielle des chenaux des cours d'eau sont fournies au tableau 7-1.

L'affouillement latéral potentiel estimé est généralement imprécis. Un affouillement latéral qui excède 10 m sur 100 ans est plus élevé que la normale pour la plupart des rivières et des ruisseaux.

Tableau 7-1 : Estimation de l'affouillement potentiel du chenal

ID de la traversée	Nom du cours d'eau	Estimations de l'affouillement vertical de chenal pour une inondation 1:100 ans				Estimations d'affouillement latéral		
		Blench (m)	Lacey (m)	Neill (m)	Moyenne (m)	Rive gauche (m/an)	Rive droite (m/an)	Autres observations
AB-229+143	Rivière Red Deer	1,73	1,62	1,35	1,57	0,47	0,30	L'affouillement des deux rives indique l'élargissement de la section du chenal, possiblement causé par de l'alluvionnement.
AB-271+736	Rivière Saskatchewan du Sud	4,98	1,38	5,50	3,95	0,55	0,00	De la déposition se produit en rive droite; une migration latérale du chenal se produit.
ON-99+625	Drain municipal Mushroom	0,67	0,57	2,55	1,26	_(a)	_(a)	Érosion régressive de la confluence aval en direction du tracé de l'oléoduc à un taux de 0,17 m/an, à environ 16 m à l'est de la traversée du cours d'eau.
QC1-2+222-B	Rivière des Outaouais	5,75	2,95	1,27	3,32	0,00	0,00	
QC1-9+409	Rivière du Nord	0,58	0,33	0,91	0,61	0,00	0,00	
QC1.1-9+465	Rivière des Mille-Îles	2,97	2,19	1,74	2,30	0,00	0,00	
QC1.1-11+654	Rivière des Prairies	2,16	3,02	2,48	2,56	0,61	0,00	De la déposition se produit en rive droite; une migration latérale du chenal se produit.
QC1.1-12+18	Rivière des Prairies	2,16	3,02	2,48	2,56	0,45	0,00	
QC1.1-NEW	Rivière des Prairies	3,18	2,22	1,48	2,29	0,00	0,00	
QC1-170+471	Rivière Maskinongé	3,07	1,83	1,44	2,11	0,00	0,00	
QC1-182+929	Rivière du Loup	3,29	0,96	3,03	2,43	0,00	0,17	De la déposition se produit en rive gauche; une migration latérale du chenal se produit.
QC1-210+141	Rivière Saint-Maurice	8,16	3,42	4,37	5,32	_(a)	_(a)	De l'affouillement se produit à un taux de 0,84 m/an en rive droite dans une courbe située à 366 m en aval de la traversée.
QC1-249+996	Rivière Batiscan	2,70	2,20	2,41	2,44	0,00	0,00	De l'affouillement se produit à un taux de 0,43 m/an en rive gauche à 285 m en amont de la traversée.
QC1-259+064	Rivière Sainte-Anne	5,35	3,24	3,42	4,00	0,00	0,26	De la déposition se produit en rive gauche; une migration latérale du chenal se produit; le chenal s'est rempli sur le côté interne de la barre en amont de la traversée.

Tableau 7-1 : Estimation de l'affouillement potentiel du chenal

ID de la traversée	Nom du cours d'eau	Estimations de l'affouillement vertical de chenal pour une inondation 1:100 ans				Estimations d'affouillement latéral		
		Blench (m)	Lacey (m)	Neill (m)	Moyenne (m)	Rive gauche (m/an)	Rive droite (m/an)	Autres observations
QC1-289+751	Rivière Portneuf	1,36	0,21	1,86	1,14	0,00	0,03	Une déposition se produit en rive gauche à un taux plus élevé, le rétrécissement du chenal combiné à un affouillement du lit de rivière est possible; une coupure d'un méandre s'est développée à 366 m en amont de la traversée.
QC1-301+723	Rivière Jacques-Cartier	1,71	0,64	2,40	1,58	0,14	0,00	Une déposition se produit en rive droite; une migration latérale du chenal se produit.
QC1-325+696	Fleuve Saint-Laurent	1,24	0,81	1,93	1,33	0,00	0,00	
QC1-351+82	Rivière Chaudière	1,97	0,41	2,58	1,65	0,00	0,00	Changements aux barres situées en amont et en aval de la traversée.
QC1.2-6+262	Rivière Etchemin	1,53	0,57	1,11	1,07	_(a)	_(a)	De l'affouillement selon un taux de 0,32 m/an se produit à l'extrémité aval de l'île au-dessus de la traversée et encourage l'écoulement vers la droite de l'île.
QC1-365+763	Rivière Etchemin	2,16	0,73	2,10	1,66	_(a)	_(a)	
QC2-31+134	Rivière du Sud	1,83	0,86	1,78	1,49	0,04	0,11	La barre près de la rive gauche à l'endroit de la traversée a été enlevée; l'affouillement des deux rives indique l'élargissement de la section du chenal, possiblement causé par de l'alluvionnement.
QC2-72+876	Bras Saint-Nicolas	1,62	0,46	1,34	1,14	_(a)	_(a)	
QC2-90+25	Rivière Trois Saumons	0,69	0,28	0,97	0,64	_(a)	_(a)	
SJE-13+432	Rivière Verte	2,32	1,03	1,02	1,46	0,03	0,00	Une coupure d'un méandre s'est développée en amont de la traversée et de la déposition se produit sur la barre aval.
SJE-124+797	Rivière Tobique	2,80	1,17	1,56	1,84	0,34	0,00	Une déposition se produit en rive droite; une migration latérale du chenal se produit.
SJE-281+915	Rivière Salmon	1,64	0,81	1,37	1,27	0,00	0,32	Une déposition se produit en rive gauche; une migration latérale du chenal se produit.

**Tableau 7-1 : Estimation de l'affouillement potentiel du chenal**

ID de la traversée	Nom du cours d'eau	Estimations de l'affouillement vertical de chenal pour une inondation 1:100 ans				Estimations d'affouillement latéral		
		Blench (m)	Lacey (m)	Neill (m)	Moyenne (m)	Rive gauche (m/an)	Rive droite (m/an)	Autres observations
SJE-312+085	Rivière Canaan	2,01	1,73	1,94	1,89	0,16	0,00	Une déposition se produit en rive droite; une migration latérale du chenal se produit.
SJE-337+225	Elm Brook	0,16	0,27	0,59	0,34	-(a)	-(a)	
SJE-352+147	Rivière Kennebecasis	3,73	4,16	0,88	2,92	0,00	0,10	Une déposition se produit en rive gauche; une migration latérale du chenal se produit.

**Note :**

- a) L'affouillement latéral ne pouvait pas être évalué de façon concluante en raison de la piètre qualité de l'imagerie historique disponible.

## 8.0 COTES MISES À JOUR DES RISQUES HYDROTECHNIQUES

Le but de la présente évaluation de phase II était de caractériser davantage les risques hydrotechniques aux traversées pour lesquelles des cotes élevées de risques hydrotechniques avaient été assignées à l'origine et qui avaient été identifiées comme ayant le potentiel de causer des impacts défavorables sur la portion à construire de l'oléoduc Énergie Est lors de l'évaluation de phase I. Des évaluations spécifiques aux sites des risques hydrotechniques ont été utilisées afin de confirmer et de raffiner les cotes préliminaires de risques hydrotechniques, incluant un jugement professionnel, pour une interprétation holistique des caractéristiques observées et calculées des traversées de cours d'eau.

Au total, 29 traversées ont été évaluées, lesquelles possédaient initialement toutes une cote élevée de risques hydrotechniques. Les cotes mises à jour de risques hydrotechniques incluent 18 traversées à risques hydrotechniques élevés, 6 à risques hydrotechniques modérés et 5 à risques hydrotechniques faibles parmi les 29 traversées qui ont été identifiées lors de l'évaluation de phase I, tel que montré au tableau 8-1. Toutes les autres traversées le long de la portion à construire de l'oléoduc sont prévues être à risques hydrotechniques modérés ou faibles. Les 18 traversées ayant une cote élevée de risques hydrotechniques sont situées en Alberta (2), en Ontario (1), au Québec (10) et au Nouveau-Brunswick (5). Les risques hydrotechniques identifiés à ces traversées incluent :

- L'alluvionnement se produisant dans le chenal (avec comme conséquence l'élargissement de sa section) en raison de la déposition de sédiments excédentaires;
- Le potentiel d'avulsion du chenal lors d'événements d'inondation alors que la rivière abandonne son chenal et en forme un nouveau;
- La migration latérale progressive du chenal à l'intérieur de sa plaine inondable en raison de l'érosion et de la déposition sur ses rives et ses barres;
- L'érosion verticale graduelle du lit de la rivière résultant en l'approfondissement du chenal par enlèvement de matériaux hors du lit;
- L'instabilité des talus de la vallée résultant de caractéristiques de mauvais drainage (effondrement) et de l'érosion (inter-ravine, ravine, ravin);
- L'affouillement excessif du chenal associé à des écoulements élevés et la présence de structures hydrauliques en amont.

Le tableau 8-1 décrit les risques hydrotechniques pour les 29 traversées et fournit des cotes mises à jour des risques hydrotechniques pour chacune d'entre elles. Une conception spécifique aux sites pour les traversées à risque hydrotechnique élevé peut être utilisée afin d'atténuer les préoccupations de nature hydrotechnique. La conception peut considérer les options d'ingénierie suivantes :

- Un enfouissement profond de l'oléoduc par forage directionnel horizontal;
- Un enfouissement profond de l'oléoduc en utilisant des techniques conventionnelles en tranchée;
- Une stabilisation des talus de vallée;

- Une stabilisation des rives et du lit du chenal;
- Un enfouissement large de l'oléoduc sur sa plaine inondable;
- L'utilisation de structures de contrôle hydraulique;
- Des travaux de stabilisation de la rivière;
- D'autres solutions d'ingénierie.

L'option préférée pour chaque traversée à risque hydrotechnique élevé devrait être identifiée lors de la phase de conception en fonction de données spécifiques aux sites et des considérations relatives aux coûts.

Dans le cas de traversées à risque hydrotechnique modéré, la confirmation des conditions du site avant la construction est recommandée. À la suite de la construction, les traversées qui auront reçu une cote modérée de risques hydrotechniques devraient être ciblées comme faisant partie d'une « liste de surveillance » pour un suivi régulier ou continu. Les modes de conception standards sont appropriés pour les traversées qui ont reçu une cote faible de risques hydrotechniques.

**Tableau 8-1 : Risques hydrotechniques identifiés, cotes mises à jour des risques hydrotechniques et prochaines étapes d'atténuation recommandées**

ID de la traversée	Latitude °N	Longitude °E	Nom du cours d'eau	Risques hydrotechniques	Évidence	Cote de risque hydro-technique	Recommandations
AB-229+143	50.882588	-110.449123	Rivière Red Deer	Alluvionnement du chenal (avec élargissement de sa section); affouillement de chenal lors d'écoulements élevés; avulsion du chenal lors d'inondations	Lit et rives de rivière sableux; depuis 1958, un affouillement latéral de 0,5 m/an et de 0,3 m/an s'est produit en rives gauche et droite respectivement (élargissement de la section); des barres sont situées en milieu de chenal en amont et en aval de la traversée; le sapement de la rive gauche et du décrochement en rive droite sont observés; la vitesse d'écoulement du chenal est de 3,0 m/s et une profondeur potentielle d'affouillement de 1,6 m est estimée pour une inondation de 1:100 ans; les plaines inondables présentes sur les deux rives pourraient être réactivées	Élevée	Conception propre au site
AB-271+736	50.679847	-110.131320	Rivière Saskatchewan du Sud	Migration latérale progressive du chenal; affouillement du chenal lors d'écoulements élevés; érosion des talus de la vallée	Rives et lit de rivière en sable et gravier; depuis 1944, un affouillement latéral de 0,6 m/an s'est produit en rive gauche avec déposition en rive droite à un taux de 0,4 m/an; une vitesse d'écoulement de chenal de 7,1 m/s et une profondeur potentielle d'affouillement de 4,0 m sont estimées pour une inondation de 1:100 ans; de l'érosion, sous la forme d'inter-ravines, de ravines et de ravins, se produit sur le talus droit de la vallée	Élevée	Conception propre au site
ON-99+625	45.459250	-74.415753	Drain municipal Mushroom	Érosion verticale graduelle du lit du chenal; érosion régressive depuis la confluence aval vers l'oléoduc	Cours d'eau incisé avec des rives raides; lit du chenal et rives en silt et sable; décrochement observé en rive gauche, une vitesse d'écoulement de chenal de 2,9 m/s et une profondeur potentielle d'affouillement de 1,3 m sont estimées pour l'inondation 1:100 ans; depuis 1953, une érosion régressive du point de confluence situé en aval s'est produite à un taux de 0,2 m/an	Élevée	Conception propre au site
QC1-2+222-B	45.539306	-74.352139	Rivière des Outaouais	Affouillement excessif du chenal; présence d'un barrage en amont	Lit de rivière sableux; une vitesse d'écoulement de chenal de 2,8 m/s et une profondeur potentielle d'affouillement de 3,3 m sont estimées pour l'inondation 1:100 ans; le barrage Carillon est situé 4 km en amont	Moyenne	Suivi régulier

**Tableau 8-1 : Risques hydrotechniques identifiés, cotes mises à jour des risques hydrotechniques et prochaines étapes d'atténuation recommandées**

ID de la traversée	Latitude °N	Longitude °E	Nom du cours d'eau	Risques hydrotechniques	Évidence	Cote de risque hydro-technique	Recommandations
QC1-9+409	45.578514	-74.350194	Rivière du Nord	Affouillement de chenal lors de périodes d'écoulement élevé	Rive gauche sableuse, une vitesse d'écoulement de chenal de 1,7 m/s et une profondeur potentielle d'affouillement de 0,6 m sont estimées pour l'inondation 1:100 ans	Faible	Conception standard
QC1.1-9+465	45.700428	-73.557079	Rivière des Mille-Îles	Affouillement de chenal lors de périodes d'écoulement élevé; présence d'un barrage en amont	Lit de rivière sableux et rives silteuses; érosion au pied du talus de la route en rive droite au-dessus du perré de protection de la rive; une vitesse d'écoulement de chenal de 4,1 m/s et une profondeur potentielle d'affouillement de 2,3 m sont estimées pour l'inondation 1:100 ans; le barrage de l'île des Moulins est situé à 7 km en amont	Moyenne	Suivi régulier
QC1.1-11+654	45.689113	-73.539079	Rivière des Prairies	Migration latérale progressive du chenal	Lit et rives de la rivière silteux; depuis 1975, de l'affouillement latéral de la rive gauche s'est produit à un taux de 0,6 m/an avec une déposition en rive droite au même taux; une vitesse d'écoulement de chenal de 1,2 m/s et une profondeur potentielle d'affouillement de 2,6 m sont estimées pour l'inondation 1:100 ans	Élevée	Conception propre au site
QC1.1-12+18	45.682801	-73.534450	Rivière des Prairies	Alluvionnement du chenal (avec élargissement de sa section);	Lit et rives de la rivière silteux; depuis 1975, de l'affouillement latéral s'est produit en rive gauche à un taux de 0,5 m/an sans changement en rive droite (élargissement de la section); de l'érosion est observée au pied du talus de la route en rive droite; une vitesse d'écoulement de chenal de 1,2 m/s et une profondeur potentielle d'affouillement de 2,6 m sont estimées pour l'inondation 1:100 ans	Élevée	Conception propre au site
QC1.1-NEW	45.672972	73.551411	Rivière des Prairies	Affouillement de chenal lors de périodes d'écoulement élevé; présence d'un barrage en amont	Lit et rives de rivière sableux; le perré de protection du talus de route en rive droite se rupture; une vitesse d'écoulement de chenal de 2,1 m/s et une profondeur potentielle d'affouillement de 2,3 m sont estimées pour l'inondation 1:100 ans; le barrage de l'île de la Visitation est situé 13 km en amont	Faible	Conception standard

**Tableau 8-1 : Risques hydrotechniques identifiés, cotes mises à jour des risques hydrotechniques et prochaines étapes d'atténuation recommandées**

ID de la traversée	Latitude °N	Longitude °E	Nom du cours d'eau	Risques hydrotechniques	Évidence	Cote de risque hydro-technique	Recommandations
QC1-170+471	46.233822	-73.021316	Rivière Maskinongé	Instabilité des talus de la vallée	Affaissement passé sur le talus gauche de la vallée en aval de la traversée et ravinage se produisant sur les deux talus de la vallée; lit et rives sableux et silteux avec du sapement observé sur les deux rives; une vitesse d'écoulement de chenal de 3,3 m/s et une profondeur potentielle d'affouillement de 2,1 m sont estimées pour l'inondation 1:100 ans	Élevée	Conception propre au site
QC1-182+929	46.278135	-72.896322	Rivière du Loup	Migration latérale progressive du chenal	La traversée est située à l'extrémité aval d'un coude peu prononcé; depuis 1948, de l'affouillement latéral s'est produit en rive droite à un taux de 0,2 m/an combiné à une déposition en rive gauche à un taux de 0,3 m/an; du sapement est observé en rive gauche et de l'érosion est notée sur le talus droit de la vallée; une vitesse d'écoulement de chenal de 2,1 m/s et une profondeur potentielle d'affouillement de 2,4 m sont estimées pour l'inondation 1:100 ans	Élevée	Conception propre au site
QC1-210+141	46.415748	-72.682786	Rivière Saint-Maurice	Potentiel d'affouillement excessif; instabilité des talus de la vallée; présence d'un barrage en amont	Lit et rives de rivière sableux, une vitesse d'écoulement de chenal de 4,3 m/s et une profondeur potentielle d'affouillement de 4,4 m sont estimées pour l'inondation 1:100 ans; chenal incisé, terrasses multiples sur les deux plages; des ravins sont observés sur les deux pentes de la vallée, en amont et en aval de la traversée; le barrage La Gabelle est situé 6 km en amont	Élevée	Conception propre au site
QC1-249+996	46.519930	-72.284792	Rivière Batiscan	Érosion verticale graduelle du lit du chenal; instabilité des talus de la vallée	Chenal incisé, terrasses multiples sur les deux rives; lit et rives de sable silteux, du sapement est observé en rive droite; une vitesse d'écoulement de chenal de 1,1 m/s et une profondeur potentielle d'affouillement de 2,4 m sont estimées pour l'inondation 1:100 ans; du ravinage se produit sur les deux talus de la vallée en aval de la traversée	Élevée	Conception propre au site

**Tableau 8-1 : Risques hydrotechniques identifiés, cotes mises à jour des risques hydrotechniques et prochaines étapes d'atténuation recommandées**

ID de la traversée	Latitude °N	Longitude °E	Nom du cours d'eau	Risques hydrotechniques	Évidence	Cote de risque hydro-technique	Recommandations
QC1-259+064	46.582146	-72.223949	Rivière Sainte-Anne	Migration latérale progressive du chenal; érosion verticale graduelle du lit du chenal; instabilité des talus de la vallée	Lit de rivière et rive gauche sableux; depuis 1955, de l'affouillement latéral s'est produit en rive droite à un taux de 0,3 m/an avec une déposition en rive gauche au même taux (le chenal se déplace vers la droite); une vitesse d'écoulement de chenal de 2,4 m/s et une profondeur potentielle d'affouillement de 4,0 m sont estimées pour l'inondation 1:100 ans; chenal incisé, terrasse en rive gauche; rupture observée du talus raide en rive droite de la vallée, glissements de terrain additionnels notés en amont et en aval de la traversée	Élevée	Conception propre au site
QC1-289+751	46.701064	-71.884010	Rivière Portneuf	Affouillement du lit de la rivière associé au pont situé à 26 m en amont; érosion verticale graduelle du lit du chenal; instabilité des talus de la vallée	Chenal incisé; lit de rivière et rives sableux; depuis 1955, de l'affouillement latéral de rive droite s'est produit à un taux de 0,03 m/an et une déposition en rive gauche s'est produite à un taux de 0,2 m/an; du sapement en rive gauche et une rupture en rive droite sont observés; une vitesse d'écoulement de chenal de 1,7 m/s et une profondeur potentielle d'affouillement de 1,1 m sont estimées pour l'inondation 1:100 ans; du ravinage se produit sur les deux talus de la vallée	Élevée	Conception propre au site
QC1-301+723	46.687881	-71.742716	Rivière Jacques-Cartier	Érosion verticale graduelle du lit du chenal; instabilité des talus de la vallée	Chenal raide et incisé (écoulement rapide), doté de falaises raides en rive gauche, terrasses présentes sur la plaine inondable droite; depuis 1955, de l'affouillement latéral de rive gauche s'est produit à un taux de 0,1 m/an avec une déposition en rive droite à un taux de 0,3 m/an; du sapement est observé en rive droite; une vitesse d'écoulement de chenal de 2,3 m/s et une profondeur potentielle d'affouillement de 1,6 m sont estimées pour l'inondation 1:100 ans; un ravin est observé en rive droite en aval de la traversée	Élevée	Conception propre au site

**Tableau 8-1 : Risques hydrotechniques identifiés, cotes mises à jour des risques hydrotechniques et prochaines étapes d'atténuation recommandées**

ID de la traversée	Latitude °N	Longitude °E	Nom du cours d'eau	Risques hydrotechniques	Évidence	Cote de risque hydro-technique	Recommandations
QC1-325+696	46.707761	-71.487532	Fleuve Saint-Laurent	Érosion verticale graduelle du lit du chenal (à proximité de la rive gauche); instabilité du talus droit de la vallée	Chenal incisé; rive gauche et lit du fleuve près de la rive gauche sableux (affleurement rocheux dans le lit du fleuve à proximité de la rive droite, rive droite de shale et sable), terrasse en rive gauche; érosion notée en rive gauche; une vitesse d'écoulement de chenal de 1,0 m/s et une profondeur potentielle d'affouillement de 1,3 m sont estimées pour l'inondation 1:100 ans; une rupture de talus est observée sur l'escarpement raide de la rive droite	Élevée	Conception propre au site
QC1-351+82	46.645636	-71.241100	Rivière Chaudière	Érosion verticale graduelle du lit du de la rivière	Chenal incisé et rives sableuses; terrasse présente sur la plage gauche en amont de la traversée; une vitesse d'écoulement de chenal de 4,9 m/s et une profondeur potentielle d'affouillement de 1,7 m sont estimées pour l'inondation 1:100 ans	Faible	Conception standard
QC1.2-6+262	46.744263	-71.191012	Rivière Etchemin	Rives de la rivière instables	Lit et rives sableux; rive droite quasi verticale et sans végétation; une vitesse d'écoulement de chenal de 5,4 m/s et une profondeur potentielle d'affouillement de 1,1 m sont estimées pour l'inondation 1:100 ans	Faible	Conception standard
QC1-365+763	46.722122	71.128322	Rivière Etchemin	Érosion verticale graduelle du lit du de la rivière	Lit et rives sableux; du sapement est observé en rive gauche; une vitesse d'écoulement de chenal de 4,5 m/s et une profondeur potentielle d'affouillement de 1,7 m sont estimées pour l'inondation 1:100 ans; chenal encaissé, terrasses observées sur la plaine inondable droite	Faible	Conception standard

**Tableau 8-1 : Risques hydrotechniques identifiés, cotes mises à jour des risques hydrotechniques et prochaines étapes d'atténuation recommandées**

ID de la traversée	Latitude °N	Longitude °E	Nom du cours d'eau	Risques hydrotechniques	Évidence	Cote de risque hydro-technique	Recommandations
QC2-31+134	46.821472	-70.757664	Rivière du Sud	Alluvionnement du chenal (avec élargissement potentiel de sa section); instabilité des talus de la vallée	Rive gauche sableuse; depuis 1966, de l'affouillement latéral s'est produit à des taux de 0,04 m/an et 0,1 m/an sur les rives gauche et droite respectivement (élargissement de la section); une vitesse d'écoulement de chenal de 4,0 m/s et une profondeur potentielle d'affouillement de 1,5 m sont estimées pour l'inondation 1:100 ans; présence d'érosion passée sur le talus gauche de la vallée, des arbres penchés sont observés en rive droite; un seuil aval contrôle l'écoulement	Moyenne	Suivi régulier
QC2-72+876	47.060902	-70.358878	Bras Saint-Nicolas	Migration latérale progressive du chenal	Lit et rives sableux du cours d'eau; de l'érosion est observée en rive gauche à 200 m en amont de la traversée, un lobe de méandre et une barre latérale sont présents en aval de la traversée; une vitesse d'écoulement de chenal de 4,2 m/s et une profondeur potentielle d'affouillement de 1,1 m sont estimées pour l'inondation 1:100 ans	Moyenne	Suivi régulier
QC2-90+25	47.171235	-70.206769	Rivière Trois Saumons	Érosion verticale graduelle du lit de la rivière	Rivière incisée et raide courant avec rapidité sur un lit de sable et gravier; une vitesse d'écoulement de chenal de 3,3 m/s et une profondeur potentielle d'affouillement de 0,6 m sont estimées pour l'inondation 1:100 ans	Moyenne	Suivi régulier
SJE-13+432	47.548022	-68.220017	Rivière Verte	Alluvionnement du chenal (avec élargissement de sa section)	Rive droite sableuse; depuis 1944, de l'affouillement latéral s'est produit en rive gauche à un taux de 0,03 m/an; aucune déposition ne s'est produite en rive droite mais plutôt sur une barre en aval; une vitesse d'écoulement de chenal de 6,0 m/s et une profondeur potentielle d'affouillement de 1,0 m sont estimées pour l'inondation 1:100 ans	Moyenne	Suivi régulier

**Tableau 8-1 : Risques hydrotechniques identifiés, cotes mises à jour des risques hydrotechniques et prochaines étapes d'atténuation recommandées**

ID de la traversée	Latitude °N	Longitude °E	Nom du cours d'eau	Risques hydrotechniques	Évidence	Cote de risque hydro-technique	Recommandations
SJE-124+797	46.849157	-67.428286	Rivière Tobique	Migration latérale progressive du chenal; érosion verticale graduelle du lit de la rivière; avulsion du chenal lors d'inondations	Lit de rivière et rives de gravier sableux; depuis 1945, de l'affouillement latéral s'est produit à un taux de 0,3 m/an et une déposition en rive droite s'est produite à un taux de 0,2 m/an (le chenal se déplace sur la gauche); des terrasses sont observées sur la plaine inondable; un chenal abandonné est présent sur le côté interne d'une barre latérale en rive droite; une vitesse d'écoulement de chenal de 6,2 m/s et une profondeur potentielle d'affouillement de 1,6 m sont estimées pour l'inondation 1:100 ans	Élevée	Conception propre au site
SJE-281+915	46.142447	-65.938363	Rivière Salmon	Migration latérale progressive du chenal; effets de marée depuis Grand Lake situé à 4 km en aval	Lit de rivière et rive gauche silteux; depuis 1972, de l'affouillement latéral s'est produit en rive droite à un taux de 0,3 m/an et une déposition en rive gauche s'est produite à un taux de 0,5 m/an; une vitesse d'écoulement de chenal de 3,3 m/s et une profondeur potentielle d'affouillement de 1,3 m sont estimées pour l'inondation 1:100 ans	Élevée	Conception propre au site
SJE-312+085	45.929383	-65.773257	Rivière Canaan	Migration latérale progressive du chenal; effets de marée depuis le lac Washedemoak situé à 7 km en aval	Rives et lit de rivière sableux; protection de la zone active en rive gauche; depuis 1945, de l'affouillement latéral s'est produit en rive gauche à un taux de 0,2 m/an avec une déposition en rive droite à un taux de 0,1 m/an; une vitesse d'écoulement de chenal de 0,9 m/s et une profondeur potentielle d'affouillement de 0,3 m sont estimées pour l'inondation 1:100 ans	Élevée	Conception propre au site
SJE-337+225	45.707796	-65.786867	Elm Brook	Avulsion du chenal lors d'inondations	Ruisseau raide coulant avec rapidité sur un cône alluvial instable; un petit chenal latéral est observé le long de la rive gauche; rives sableuses; du sapement est observé sur les rives gauche et droite; une vitesse d'écoulement de chenal de 1,9 m/s et un affouillement potentiel du chenal de 0,3 m sont estimées pour l'inondation 1:100 ans	Élevée	Conception propre au site

**Tableau 8-1 : Risques hydrotechniques identifiés, cotes mises à jour des risques hydrotechniques et prochaines étapes d'atténuation recommandées**

ID de la traversée	Latitude °N	Longitude °E	Nom du cours d'eau	Risques hydrotechniques	Évidence	Cote de risque hydro-technique	Recommandations
SJE-352+147	45.580036	-65.777278	Rivière Kennebecasis	Migration latérale progressive du chenal; avulsion du chenal lors d'inondations; affouillement excessif du chenal	Lit et rives sableux; depuis 1945, de l'affouillement latéral s'est produit en rive droite à un taux de 0,1 m/an et une déposition en rive gauche s'est produite à un taux de 0,2 m/an; la traversée est située sur le coude serré d'un méandre; du sapement est observé sur les rives gauche et droite; une vitesse d'écoulement de chenal de 4,9 m/s et une profondeur potentielle d'affouillement de 2,9 m sont estimées pour l'inondation 1:100 ans	Élevée	Conception propre au site

## 9.0 PROCHAINES ÉTAPES RECOMMANDÉES

Golder recommande une conception spécifique au site des 18 traversées à risque hydrotechnique élevé, identifiées au cours de l'évaluation de phase II. Il est attendu que les risques hydrotechniques affectent les traversées en termes de conception de l'enfouissement, de planification de la remise en état des lieux, de mesures d'atténuation potentielle en amont, ou d'autres mesures le long des plaines inondables, lesquelles peuvent toutes être prises en compte par une conception spécifique à chaque emplacement.

## 10.0 REMARQUES FINALES

Nous espérons que le présent rapport répond à vos besoins actuels. N'hésitez pas à contacter les soussignés pour obtenir des clarifications ou pour de l'information additionnelle.

**GOLDER ASSOCIATES LTD.**

**ORIGINAL SIGNÉ PAR**

Christine Campbell, M.Sc.  
Spécialiste en ressources hydriques

**ORIGINAL SIGNÉ PAR**

Michael Bender, Ph.D., P.Eng.  
Associé principal, Ingénieur en ressources hydriques

CC/MB/hp

c:\users\caharvey\desktop\tcpl 1400899\ee4930-gal-c-rp-0006\_hydrotech hazards phase ii assessment\_rev 1-french.doc

## RÉFÉRENCES

- Acton, D.F., Ryder, J.M., French, H., Brookes, I.A., Slaymaker, Olav. 2013. Physiographic Regions. The Canadian Encyclopedia 2013, consulté le 4 mars 2014 à <http://www.thecanadianencyclopedia.com/en/article/physiographic-regions/>
- Bostock, H.S. (Compiler). 1967. Physiographic Regions, Map, Physiographic Regions of Canada. 1254A. Geological Survey of Canada. Échelle 1:5 000 000.
- Golder Associates Ltd. (2014a). Results of Preliminary Phase 1 Geologic Hazards Assessment, Proposed New-Build Portion of Energy East Pipeline; Alberta, Saskatchewan, Manitoba, Ontario, Québec, Nouveau-Brunswick; Canada. Lettre au Dr. Bill Liu en date du 21 mars 2014, Projet No. 14-00899.
- Golder Associates Ltd. (2014b). Revised Phase I Geologic Hazards Assessment; New Build Portion of the Energy East System; Alberta, Saskatchewan, Manitoba, Ontario, Québec, and Nouveau-Brunswick; Canada. Rapport final en date du 24 juillet 2014. Projet No. 14-00899.
- Golder Associates Ltd. (2014c). Energy East Pipeline, New-Build Portion; Hydrotechnical Hazards Phase I Assessment. Revision 2. Rapport en date du 24 juillet 2014. Rapport No. 14-00899 (2000) Rev. 2.
- L'Heureux, J.-S., Locat, A., Leroueil, S., Demers, D., Locat, J. 2014. Landslides in Sensitive Clays – From GeoSciences to Risk Management, *in* Landslides in Sensitive Clays: From Geosciences to Risk Management, Advances in Natural and Technological Research 36, J.-S. L'Heureux et al. (eds), 2014.
- Matile, G.L.D. and Keller, G.R., 2004. Surficial Geology Compilation Map Series (SGCMS) (GIS data, polygon features), Maps SGCMS\_62F and SGCMS\_62K. Publié par Manitoba Innovation, Energy, and Mines, Manitoba Geological Survey, disponible à <http://www.gov.mb.ca/stem/mrd/geo/gis/surfgeomap.html>, échelle 1:250 000.
- MNDM (Ministry of Northern Development and Mines). 2010. Surficial geology of Southern Ontario; Ontario Geological Survey, Miscellaneous Release--Data 128-REV. Base de données numériques consultée le 31 mai 2013 au <http://www.mndm.gov.on.ca/en/mines-and-minerals/applications/ogsearth>. Échelle 1:50 000.
- Pemberton, E. and Lara, J.M. (1984). Computing Degradation and Local Scour; Technical Guideline for Bureau of Reclamation. Bureau of Reclamation, Engineering and Research Center, Denver. Janvier 1984.
- Pronk, A.G. and Allard, S. (2003). Landscape map of Nouveau-Brunswick. Nouveau-Brunswick Department of Natural Resources and Energy; Minerals, Policy and Planning Division, carte NR-9. (Échelle 1: 770 000).
- Rampton, V.N. 1984. Generalized surficial geology map of Nouveau-Brunswick. Department of Natural Resources and Energy: Minerals, Policy and Planning Division. NR-8 (échelle 1:500 000).

Shetsen I., 2002a. Quaternary Geology of Southern Alberta – Deposits (GIS data, polygon features): Alberta Energy and Utilities Board and Alberta Geological Survey, DIG 2007-0012, disponible à [http://www.ag.gov.ab.ca/publications/DIG/ZIP/DIG\\_2007\\_0012.zip](http://www.ag.gov.ab.ca/publications/DIG/ZIP/DIG_2007_0012.zip), échelle 1:500 000.

Shetsen I., 2002b. Quaternary Geology of Central Alberta – Deposits (GIS data, polygon features): Alberta Energy and Utilities Board and Alberta Geological Survey, DIG 2007-0018, disponible à [http://www.ag.gov.ab.ca/publications/abstracts/DIG\\_2007\\_0018.html](http://www.ag.gov.ab.ca/publications/abstracts/DIG_2007_0018.html), échelle 1:500 000.

## GLOSSAIRE

Terme	Définition
Alluvionnement	Déposition de matériau par une rivière, un ruisseau ou par le courant.
Avulsion de chenal	L'abandon rapide du chenal d'une rivière et la formation d'un nouveau chenal. L'avulsion résulte d'une pente de chenal qui est beaucoup plus douce que celle que la rivière pourrait adopter si elle prenait un nouveau cours.
Barre	Une zone élevée de sédiments (tel du sable et gravier) située à l'intérieur du chenal d'un cours d'eau et qui a été déposée en période d'étiage. Les types de barres incluent celles situées en milieu de rivière (dans les tronçons en tresse), les lobes de méandres (sur la face interne de courbes bien développées de tronçons méandreux) et les barres latérales (dans les chenaux droits encaissés ou sinueux).
Affouillement de chenal	L'enlèvement de matériau de la surface de la rive ou du lit d'un cours d'eau en raison de l'écoulement du cours d'eau. L'érosion peut être le résultat d'une turbulence excessive ou d'une vitesse d'écoulement élevée en période de crue.
Érosion verticale	Érosion verticale qui approfondit le chenal d'un cours d'eau ou d'une vallée en évacuant le matériau du lit du cours d'eau ou du fond de la vallée.
Chenal encaissé	Un chenal de cours d'eau dépourvu de plaine de vallée et confiné par des ravins d'érosion fluviale ou des vallées d'une certaine profondeur. Morphologie résultant de processus divers (p.ex., alluvionnement des berges, canalisation naturelle).
Plaine inondable	Une surface alluviale en voie de formation par la rivière découlant de l'érosion et de la déposition de sédiments associés à la migration latérale et l'inondation des plages.
Érosion régressive	Érosion à l'origine de la formation d'un chenal de cours d'eau et qui résulte en le recul du point d'origine, dans une direction contraire à celle de l'écoulement.
Chenal incisé	Un chenal dans lequel le cours d'eau a érodé son lit verticalement.
Île	Zone élevée de sédiments relativement stable, fréquemment végétée, située dans le chenal d'une rivière, atteignant ou s'approchant du niveau de la vallée.
Migration latérale d'un chenal	Le mouvement latéral d'un chenal alluvial de rivière à l'intérieur de sa plaine inondable résultant des processus d'érosion et de déposition sur ses rives et ses barres.
Sapement	L'enlèvement de matériau dans la partie basse de la rive d'un chenal par affouillement de la rive. Cette érosion résulte en la formation d'une rive en porte-à-faux qui se rupture généralement selon un mouvement plus violent que celui lié à l'effondrement d'une rive.
Décrochement	Effondrement de sols cohérents et saturés sur la rive d'un cours d'eau lorsque ces sols ne peuvent pas se drainer librement à la suite de l'abaissement rapide du niveau de l'eau.
Effondrement	Le mouvement de masse du matériau en rive.
Terrasse	Une surface alluvionnaire qui s'est produite à une certaine époque à une élévation supérieure à celle de la plaine inondable.

## ABRÉVIATIONS, ACRONYMES ET UNITÉS

Abréviation/ Acronyme/ Unité	Définition
approx.	approximativement
SIG	système d'information géographique
ID	identification
km	kilomètre
m	mètre
mm	millimètre
MNDM	Ministère du Développement du nord et des Mines
typ.	de façon typique
WSC	Relevés hydrologiques du Canada