

Annexe Vol 1-6

Étude de faisabilité Rivière Madawaska

Titre du document : Oléoduc Énergie Est de TransCanada PipeLines
Étude préliminaire de faisabilité de traverse par FD
Québec : Rivière Madawaska

Numéro du document : EEX16327-STCP-C-RP-0010-Fr

Numéro de révision : 0



Engineering Technology Inc.
#24, 12110 - 40 Street SE
Calgary, Alberta
Canada, T2Z 4K6



Johnston Vermette
625, boul. René-Lévesque Ouest, b. 801
Montréal, Québec
Canada, H3B 1R2



Stantec Consulting Ltd.
1200- 59th Avenue SE, Suite 340
Calgary, Alberta
Canada, T2H 2M4

Numéro de révision	Date de révision A-M-J	Raison de l'émission	Auteur du document (entrepreneur)	Examineur (entrepreneur)	Examineur (entrepreneur)	Approbateur (entrepreneur)
0	2015-02-24	Émis pour information	Bertus Vos	Steve Federko	Gabriel Pop	Chuck Middleton

MISE EN GARDE

Ce document est une traduction du document original signé en anglais. Ce document traduit est fourni dans le but de rendre service aux parties intéressées et ne doit être utilisé qu'à des fins de consultation. Si le texte d'un document original officiel en anglais ne correspond pas au texte de ce document traduit, le document original en anglais a préséance.

Déclaration des limitations et qualifications

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Signatures Entec Inc.

Rapport préparé par :

Bertus Vos, ing. jr, CAPM
Directeur de projets, installations sans tranchée

Rapport révisé par :

Steve Federko, ing.
Directeur des opérations
No. OIQ PT01883

1. Introduction

Engineering Technology Inc. (Entec) a évalué un projet de traverse par forage directionnel (FD) de la rivière Madawaska, au Québec, pour le Projet Oléoduc Énergie Est. L'oléoduc projeté est en acier avec un diamètre extérieur de 1 067 mm (42 po). L'information géotechnique a été fournie par la firme Les Services exp inc. En se fondant sur les informations disponibles au moment de la rédaction, Entec considère qu'une traverse par FD est faisable à cet emplacement. Les considérations de conception et de faisabilité sont discutées dans ce rapport.

2. Caractéristiques de l'emplacement

2.1 Topographie

La traverse est située approximativement à 10 km au sud-est de Dégelis, au Québec. À cet emplacement, la rivière mesure approximativement 80 m de largeur. La route Transcanadienne longe la rivière, du côté sud-ouest de celle-ci, et est incluse dans la traverse par FD. Le point d'entrée de la traverse, du côté sud-ouest, et le point de sortie, du côté nord-est, sont situés sur des terres boisées. Il y a une diminution de l'élévation d'environ 2 m entre l'entrée et la sortie. Reportez-vous au plan de conception préliminaire de l'annexe B pour des renseignements supplémentaires sur la topographie.

2.2 Conditions souterraines

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

Tableau 1. Forage QEEP-110

Profondeur (m)	Description du sous-sol
0	
0,9	Aucun matériel récupéré
22,3	Sable , de traces à un peu de silt, de traces à un peu de gravier, résultats aux essais SPT : 3 à 24
45,1	Silt sablonneux , essais SPT: 4 à 21

Tableau 2 : Forage QEEP-111

Profondeur (m)	Description du sous-sol
0	
1,3	Aucun matériel récupéré
11,9	Sable, un peu de gravier, un peu de silt
15,0	Sable et silt
46,1	Silt sablonneux, de traces à un peu d'argile, résultats aux essais SPT : 1 à 13.

3. Considérations sur la conception des FD

3.1 Contraintes exercées sur la canalisation

Les conditions d'exploitation de la canalisation de produit ont été spécifiées par TransCanada. La pression maximale d'exploitation (PME) du projet est de 8 450 kPa, aux sorties des stations de pompage. Les calculs de FD pour cette traverse sont cependant basés sur la PME spécifique de cet emplacement, qui est de 10 983 kPa et qui a été déterminée par la différence d'élévation entre la station de pompage en amont de la traverse et le point le plus bas de la traverse. La température de conception minimale est de 5 °C et la température d'exploitation maximale est de 60 °C. Une pression d'essai de 13 729 kPa (1,25 x la PME) a aussi été spécifiée pour la canalisation. L'épaisseur de paroi minimale requise pour cette installation, sur la base des conditions d'exploitation fournies, a été déterminée par Entec à 20,2 mm, avec l'utilisation d'un acier de grade 550 MPa pour le tuyau. Un rayon de courbure minimum admissible pour l'installation de l'oléoduc a été déterminé sur la base de la contrainte maximale admissible combinant les effets de pression, de température et de cintrage.

Tableau 3 : Spécifications de l'oléoduc et conditions de procédé

Propriété	Valeur	Unités
Diamètre extérieur	1 067	mm
Tolérance d'épaisseur (TÉ)	0	% de l'ÉPN
Épaisseur de paroi nominale	20,2	mm
Grade/Limite élastique minimale spécifiée (LEMS)	550	MPa
Catégorie	II	S. O.
T1 (température de conception minimale)	5	°C
T2 (température d'exploitation maximale)	60	°C
Pression maximale d'exploitation (PME) du projet	8 450	kPa
Pression maximale d'exploitation (PME*) spécifique du site	10 983	kPa
Pression d'essai (PE)	13 729	kPa
Rayon minimal	530	m
Rayon de conception	1 200	m

* La PME finale sera déterminée lors de l'ingénierie détaillée.

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

Un rayon minimal de 530 m a été déterminé en fonction des déviations de guidage enregistrées lors de projets précédents de FD à grand diamètre. Un rayon de conception de 1 200 m a été choisi pour accommoder une géométrie de trajectoire de forage et des tolérances de guidage de FD pratiques. La contrainte maximale attendue pendant l'exploitation correspond à environ 99,64 % de la contrainte de cisaillement admissible. Selon la norme CSA Z662-11, la contrainte de cisaillement admissible est égale à 50 % de la limite élastique minimale spécifiée (LEMS). Cette contrainte maximale serait observée à n'importe quel emplacement le long de la trajectoire de forage où le tuyau est assujéti au rayon minimal de 530 m. La canalisation choisie satisfait à toutes les exigences de la norme CSA Z662-11 sous les conditions spécifiées. La détermination finale des conditions d'exploitation de l'oléoduc et des matériaux de la canalisation sera effectuée lors de l'ingénierie détaillée. Reportez-vous à l'annexe A pour les calculs sur les contraintes exercées sur la canalisation.

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

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

3.2 Géométrie

Selon les spécifications de la canalisation et la géométrie spécifique, un forage dirigé horizontal est jugé faisable à cet emplacement. La trajectoire de forage utilise le rayon de courbure de 1 200 m qui a été déterminé à la section 3.1. Les angles d'entrée et de sortie ont été conçus à 11° afin d'équilibrer la profondeur de recouvrement avec la longueur totale de la traverse et de minimiser le levage requis de la canalisation au point de sortie. Il en résulte une trajectoire de forage d'une longueur de 578,3 m avec une profondeur de recouvrement de 22,0 m sous la rivière Madawaska. Cette profondeur de recouvrement ainsi que les spécifications nécessaires pour la gaine de forage seront raffinées lors de l'ingénierie détaillée. Reportez-vous au dessin de conception préliminaire de l'annexe B pour la géométrie détaillée de la trajectoire de forage.

3.3 Gaine de forage

Pour atténuer les effets négatifs, les matériaux faibles ou non consolidés, près des points d'entrée et de sortie, sont généralement isolés du trou de forage à l'aide d'une gaine de forage en acier préinstallée, qui permet le passage des outils de forage vers les matériaux plus convenables, comme l'argile raide ou le socle rocheux. Cependant, en ce qui concerne cette traverse, du sable et du silt meubles sont présents sur toute la trajectoire de forage. Il sera nécessaire d'utiliser des outils de forage directionnel différents que lorsque l'on travaille en condition de sol dur. Il est improbable qu'une gaine de forage soit nécessaire pour cette traverse, mise à part une courte section pour

aider à contrôler l'envasement au point d'entrée et faciliter le contrôle du fluide à la surface. La taille minimale nécessaire pour la gaine de forage est de 1 676 mm (66 po) (dia. ext.) pour permettre le passage du trépan aléueur final de 1 372 mm (54 po).

3.4 Dimensions de l'équipement

Les traverses de ce diamètre et d'une telle distance sont considérées de gros projets de FD. Plusieurs traverses par FD de diamètre et de longueur similaires ont été réalisées au Canada. Considérant la friction et la traînée qui s'exerceront sur l'oléoduc, la force de tirage maximale pendant l'installation est estimée à 248 369 lb. En raison du diamètre du trou de forage nécessaire pour cet oléoduc, un appareil de forage possédant un couple de rotation suffisant pour faire tourner l'outillage de forage est nécessaire. La capacité minimale suggérée pour l'appareil de forage qui sera utilisé pour ce projet est : 625 000 lb de force de tirage/poussée et 80 000 pi-lb de couple de rotation. Plusieurs entrepreneurs en FD canadiens possèdent l'équipement et l'expertise nécessaires pour installer de façon sécuritaire des traverses d'oléoduc de cette taille.

3.5 Diamètre du trou de forage

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

Pour cette canalisation de 1 067 mm (42 po), un diamètre de trou de forage minimal de 1 372 mm (54 po) est requis. Ultiment, l'entrepreneur en FD sera responsable de l'évaluation des conditions de forage et de la condition du trou de forage pendant les opérations de forage, afin de déterminer si un format de trépan aléueur plus gros est nécessaire pour installer l'oléoduc de façon sécuritaire. Si des problèmes sont redoutés avec le trou de forage, il est recommandé de procéder, avant le tirage de l'oléoduc, au tirage d'une section de canalisation d'essai de 30 m de long, possédant les mêmes spécifications et le même revêtement que l'oléoduc à installer, et que celle-ci soit vérifiée pour y déceler d'éventuels dommages au revêtement et à la section de tuyau. Ceci peut aider à déterminer si un trépan aléueur plus gros ou un autre conditionnement du trou est nécessaire avant de tirer la section entière de la canalisation.

3.6 Levage et insertion de la canalisation

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

3.7 Contrôle de la flottabilité

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

4. Faisabilité du FD, risques associés et mesures d'atténuation

4.1 Perte de contrôle du guidage

Les formations de sol meuble ou des changements majeurs dans les propriétés des formations peuvent engendrer des problèmes de guidage. Ces problèmes surviennent lorsque la formation n'offre pas suffisamment de résistance au trépan pour lui permettre d'effectuer un changement de direction. À l'intersection de formations plus dures, comme le socle rocheux, une géologie plus dure, des laminations ou des inclusions peuvent empêcher le trépan de répondre aux commandes de direction à un angle d'incidence peu élevé ou le faire dévier hors limite à un angle d'incidence plus élevé. Si des déviations dépassant les tolérances sont mesurées, une courte portion du forage est habituellement forée à nouveau pour permettre d'effectuer des ajustements à la trajectoire du forage. Dans les cas extrêmes, il peut s'avérer nécessaire de forer à nouveau en élargissant le trou et, si nécessaire, de cimenter une partie du forage. Le déplacement de la foreuse à un autre endroit pour reprendre le forage, habituellement dans le même espace de travail, est aussi une possibilité. Réduire le diamètre du trépan et utiliser un angle de cintrage plus élevé sur le moteur à boue peuvent aider à pénétrer des formations plus dures, mais cela peut aussi mener à des déviations importantes lors du forage d'une formation géologique inattendue. Il est possible que plusieurs tailles de trépan aléueur et plusieurs configurations d'angle de cintrage soient nécessaires pour compléter le trou pilote à l'intérieur des tolérances prescrites.

Si des obstacles durs sont rencontrés dans l'argile meuble présente à l'emplacement de la traverse, le trépan pourrait être dévié; des corrections seraient alors nécessaires. Les formations meubles comme celles présentes à cet emplacement peuvent rendre difficiles les corrections de guidage et pourraient nécessiter l'utilisation d'un ensemble de fonçage au jet d'eau, qui érode le sol au lieu de le briser ou le couper.

4.2 Perte de circulation et fuites de fluide

Le risque de perte de fluide est à son niveau le plus élevé pendant le forage du trou pilote, alors que la petite taille du trou de forage entraîne une pression circulatoire plus élevée et que ce trou plus petit peut être bouché plus facilement par les déblais. Le fluide peut se propager dans des failles du socle rocheux, des matériaux meubles déplacés ou le vide entre les matériaux non consolidés. Un système de fluide de forage adéquatement entretenu et planifié par un technicien en fluides de forage expérimenté est essentiel. La perte de circulation peut affecter les coûts et les échéanciers en augmentant les additifs pour fluide de forage nécessaires, le temps requis pour mélanger le nouveau fluide de forage, la quantité d'eau nécessaire et la fréquence des va-et-vient et des nettoyages du trou pour réduire la pression annulaire. Dans certains cas, une perte de circulation incontrôlée requiert qu'une partie du trou de forage soit cimentée et forée à nouveau. Dans d'autres cas, la perte de circulation dans le trou de forage ne peut être prévenue et entraîne

des fuites dans la surface du sol ou une masse d'eau. C'est ce qu'on appelle communément une fracturation (frac-out). L'entrepreneur en FD doit avoir de l'équipement de surveillance en place pour détecter toute fracturation ainsi que de l'équipement, des matériaux et des procédures prêts pour contenir et nettoyer les pertes de fluide par fracturation. Le risque de fracturation peut être réduit en gardant la pression du fluide de forage basse, en gardant le trou de forage propre, en utilisant un fluide de forage aux propriétés adéquates, en permettant un temps de circulation et un volume adéquats pour éliminer les déblais et en procédant à des va-et-vient pour nettoyer mécaniquement le trou de forage. Le contrôle vigilant du fluide de retour et une gestion active des formations avec des additifs pour fluide de forage sont essentiels au succès d'un FD.

Il y a un risque de perte de fluide lors du forage à cet emplacement, en raison de la nature meuble du sol. La perte de liquide dans le trou de forage et l'écoulement de fluide dans la rivière devraient être surveillés pendant la construction. La trajectoire préliminaire de forage par FD a été conçue pour minimiser le risque de fracturation.

4.3 Instabilité du trou de forage

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

Il y a un risque d'effondrement du trou de forage à cet emplacement en raison d'une géologie composée de sable meuble avec gravier. Un fluide de forage aux propriétés adéquates ainsi que des outils de forage conçus pour ces matériaux devront être utilisés afin de minimiser les risques.

4.4 Infiltration d'eau

Même si ceci n'est pas attendu à cet emplacement, si des écoulements artésiens surviennent, l'apport d'eau peut être stoppé ou réduit à l'aide de coulis d'injection. Si l'écoulement ne peut être arrêté, des têtes de circulation peuvent être utilisées pour rediriger l'eau ainsi produite vers l'équipement de nettoyage et d'évacuation. Si la quantité d'eau est importante, le trou de forage peut être cimenté et le projet de FD abandonné. L'infiltration d'eau augmente l'instabilité du trou de forage et les risques associés.

4.5 Dommages au revêtement ou à la canalisation

Pendant le tirage du tuyau, des déformations ou des objets comme des cailloux, des blocs ou des fragments du socle rocheux fracturé peuvent causer des dommages au revêtement de la canalisation. Un travail soigné doit être accompli pour s'assurer que le trou de forage est bien nettoyé, ce qui est important pour minimiser les risques d'endommagement du revêtement. Des contrôles techniques comme un programme de contrôle de la flottabilité (discuté ci-dessus) et l'installation d'une gaine de forage aident à atténuer ces risques. Même si le trou de forage est bien nettoyé, des zones d'abrasion élevée pourraient toujours être présentes dans le trou de forage. Il est recommandé que des mesures d'atténuation des dommages au revêtement, comme une protection cathodique, soient prises en considération.

4.6 Canalisation coincée

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

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

4.7 Usure et défaillance des outils de forage

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

Les conditions meubles à l'emplacement de cette traverse présentent un risque peu élevé d'usure des outils et un risque élevé de défaillance du train de forage, étant donné la compression axiale excessive exercée sur le train de forage. Le risque de défaillance du train de forage peut être atténué en usant de pratiques de forage prudentes.

4.8 Risques environnementaux

Le risque environnemental principal d'un FD est la fuite du fluide de forage dans le sol ou dans une masse d'eau (section 4.2). Ceci entraîne habituellement l'adoption de mesures de confinement

pendant le forage et de correction après l'installation de la canalisation. Dans les cas graves, le FD doit être abandonné pour prévenir des dommages environnementaux plus importants.

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

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

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

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

4.9 Autres risques à considérer

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

5. Conclusion

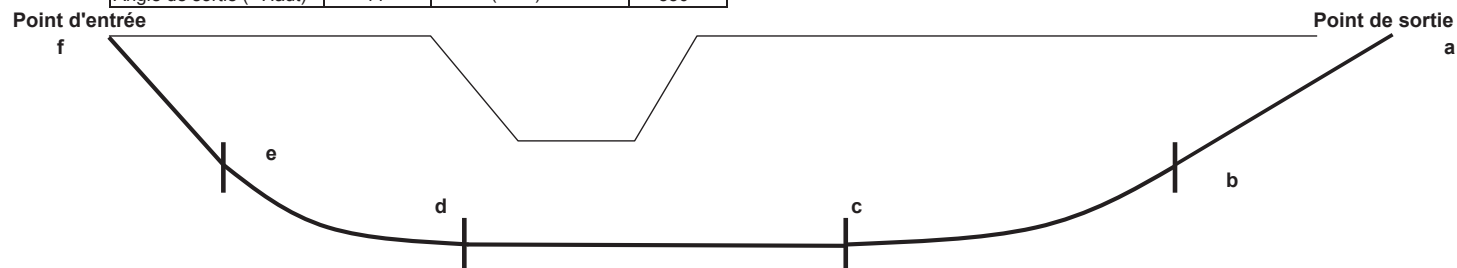
Selon l'information dont Entec disposait au moment de la rédaction de ce rapport, la traverse par FD proposée de la rivière Madawaska est jugée techniquement faisable. Les contraintes auxquelles sera assujéti le tuyau ont été examinées par Entec et le rayon de conception de 1 200 m a été confirmé. Les risques comprennent les difficultés de guidage, l'instabilité du trou de forage, la perte de fluide et les pertes par fracturation. Un rapport de faisabilité final et un plan final seront émis lors de l'ingénierie détaillée.

Annexe A

Sommaire des calculs

**543-ENG-129
RIVIÈRE MADAWASKA**

Données de conception		Données de tuyau		Données de procédé		Critères de contrainte		
Longueur forée (m)	578.3	Dia ext. tuyau (mm)	1 067.0	PME (kPa)	10 983	Contrainte de cisaillement admissible		
Longueur horizontale (m)	573.3	Épais. nominale (mm)	20.2	Pr. essai (kPa)	13 729	Exigences du client		Exigences CSA
Rayon minimum (m)	530	Tolér. corrosion (mm)	0	Cat.	II	PE (MPa)	275.0	PE (MPa) 275.0
Rayon de conception (m)	1 200	Tolér. épaisseur (%)	0	T2 (°C)	60	Essai (MPa)	302.5	Essai (MPa) 302.5
Angle d'entrée (° Bas)	11	Épaisseur d'essai (mm)	20.2	T1 (°C)	5			
Angle de sortie (° Haut)	11	Grade (MPa)	550					




Lieu	Construction					Contrainte d'essai (après tirage)			Post-assèchement pré-exploit. (PAPE)			Contrainte d'exploitation		
	Charge		Contra. cisaillement tangentiel max			Contrainte cisaillement tangentiel max			Contrainte cisaillement tangentiel max			Contrainte cisaillement tangentiel max		
	(lb)	(N)	(psi)	(MPa)	(% SA)	(psi)	(MPa)	(% SA)	(psi)	(MPa)	(% SA)	(psi)	(MPa)	(% SA)
Point A	99 073	442 291	962	6.63	2.41	33 516	231.1	76.39	15 110	104.2	34.44	39 709	273.8	99.56
Point B	107 358	479 275	15 687	108.16	39.33	33 461	230.7	76.27	15 300	105.5	34.87	39 551	272.7	99.16
Point C	153 071	683 352	15 961	110.05	40.02	33 409	230.3	76.15	15 642	107.8	35.65	39 209	270.3	98.30
Point D	153 071	683 353	15 961	110.05	40.02	33 409	230.3	76.15	15 642	107.8	35.65	39 209	270.3	98.30
Point E	222 804	994 662	16 248	112.02	40.74	33 461	230.7	76.27	15 300	105.5	34.87	39 551	272.7	99.16
Point F	248 369	1 108 791	16 343	112.68	40.97	33 490	230.9	76.33	15 110	104.2	34.44	39 740	274.0	99.64

Lieu	Défor. circonférentielle		Capacité de moment		
	Construction	PAPE	Construction	PAPE	Essai
Point A					
Point B	OK	OK	OK	OK	OK
Point C	OK	OK			
Point D	OK	OK	OK	OK	OK
Point E	OK	OK			


Norme CSA Z662-11	
4.7.1	OK
4.7.2.1	OK
4.8.3	OK
4.8.5	OK
11.8.4.4 < 11.8.4.5	OK

Norme CSA Z662-11 (Essai)	
4.7.1	OK
4.7.2.1	OK
11.8.4.4 < 11.8.4.5	OK

VERSION	DATE	DESCRIPTION	SCEAU / ÉTAMPE	
1	28-jan-15	Issued for Information		



Engineering Technology Inc.
24, 12110 - 40 Street SE
Calgary, AB T2Z 4K6
P: (403) 319-0443



Propriété d'Engineering Technology Inc. (ETI)
Ne doit pas être copié, transmis ou distribué
sans le consentement par écrit d'ETI.

Note : *La pression maximale d'exploitation (PME) du projet est de 8450 kPa, survenant aux sorties des stations de pompage. Les calculs de FDH pour cette traverse, toutefois, sont basés sur la PME spécifique du site, déterminée par la différence d'élévation entre la station de pompage en amont et le point le plus bas de la traverse. La PME finale sera déterminée lors de l'ingénierie détaillée.

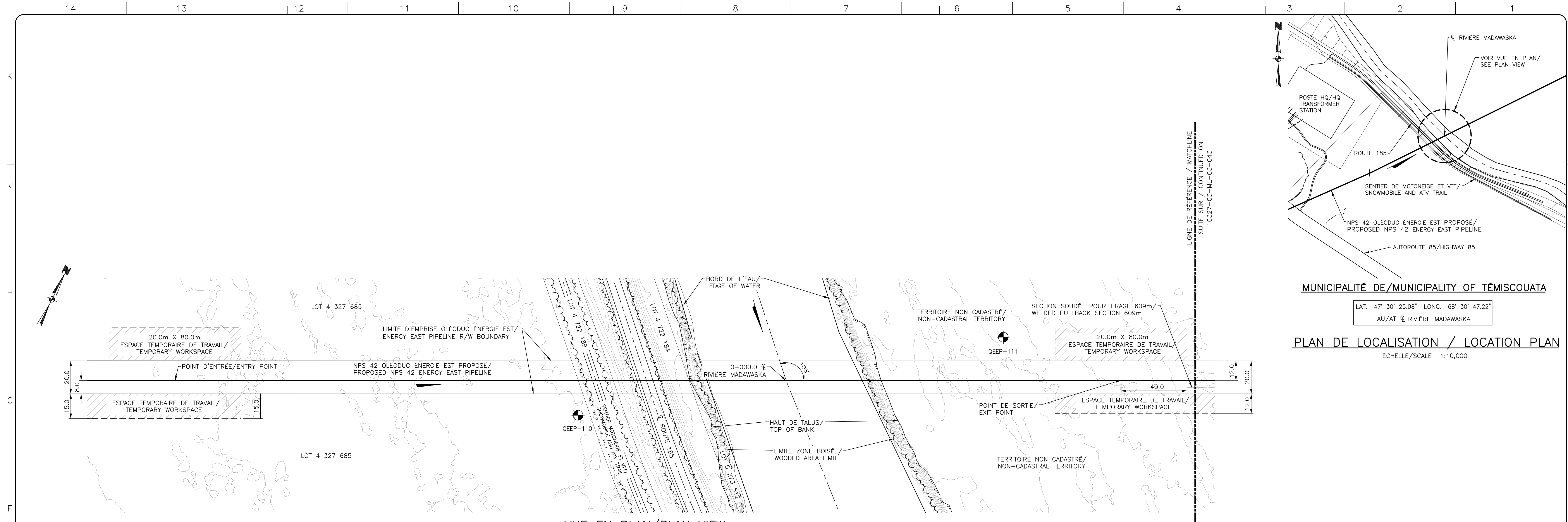
LISTE DES HYPOTHÈSES DE CALCUL

Densité du matériau (acier) :	7 800 kg/m ³
Taux d'expansion thermique (acier) :	12,0 x 10 ⁻⁶ m/m°C)
Coefficient de Poisson (acier) :	0,30
Module d'élasticité de Young (acier) :	207 GPa
Épaisseur du revêtement :	0 mm *
Type de revêtement :	non disponible *
Densité de la boue :	1 180 kg/m ³
Coefficient de traînée de la boue sur le tuyau :	0,35 kPa
Coefficient de friction du sol sur le tuyau :	0,30
Coefficient de friction du tuyau sur les rouleaux :	0,15
Contrôle de la flottabilité :	Tuyau rempli d'eau à 100 %

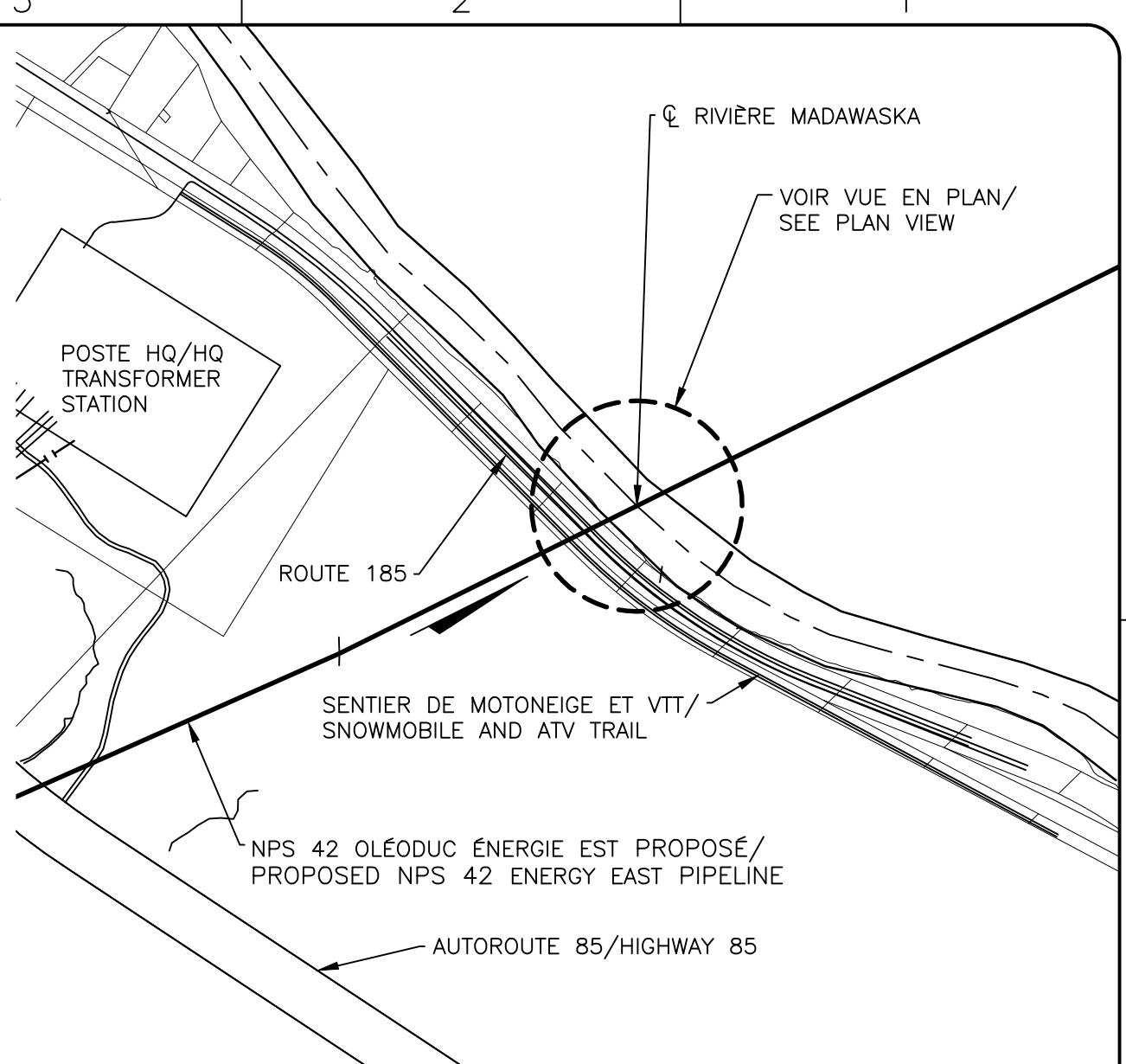
* Le type et l'épaisseur du revêtement seront déterminés lors de l'ingénierie détaillée.

Annexe B

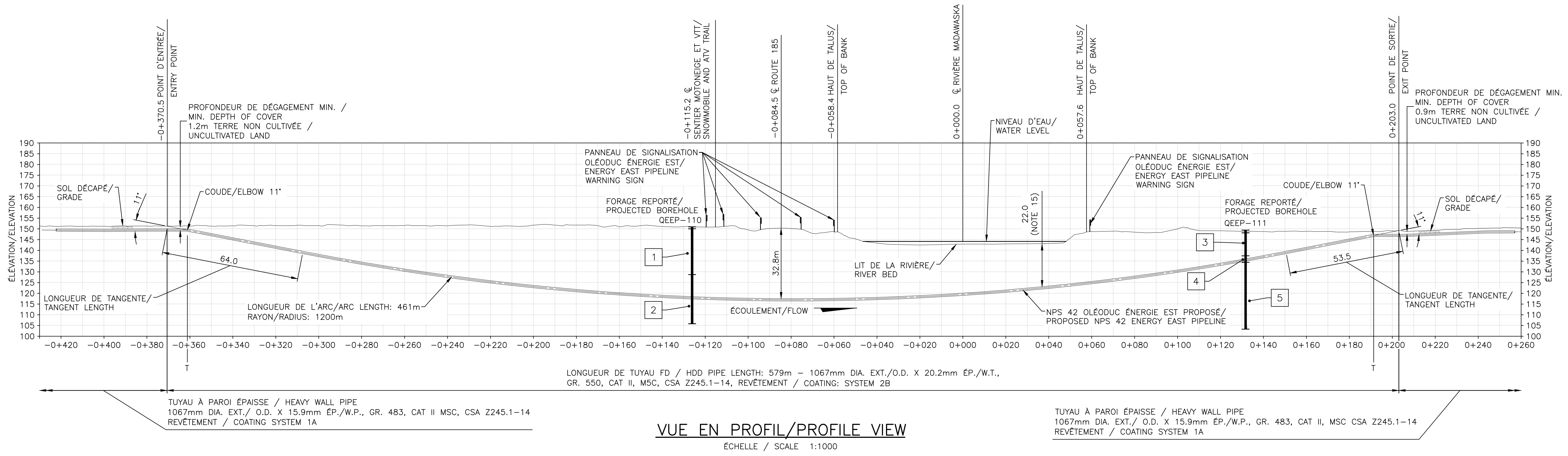
Plan de conception



VUE EN PLAN / PLAN VIEW
ÉCHELLE / SCALE 1:1000



MUNICIPALITÉ DE / MUNICIPALITY OF TÉMISCOUATA
LAT. 47° 30' 25.08" LONG. -68° 30' 47.22"
AU / AT RIVIÈRE MADAWASKA
PLAN DE LOCALISATION / LOCATION PLAN
ÉCHELLE / SCALE 1:10,000



VUE EN PROFIL / PROFILE VIEW
ÉCHELLE / SCALE 1:1000

RAPPORT DE FORAGE / BOREHOLE LOG		
No. FORAGE / BOREHOLE No.	REPERE / TAG	DESCRIPTION
QEEP-110	1	SABLE GRIS, TRACES À UN PEU DE SILT, TRACES À UN PEU DE GRAVIER / GREY SAND, TRACES TO SOME SILT, TRACES TO SOME GRAVEL
	2	SILT SABLEUX GRIS / GREY SANDY SILT
QEEP-111	3	SABLE GRIS, UN PEU DE GRAVIER, UN PEU DE SILT / GREY SAND, SOME GRAVEL, SOME SILT
	4	SABLE ET SILT GRIS / GREY SAND AND SILT
	5	SILT SABLEUX GRIS, TRACES À UN PEU D'ARGILE / GREY SANDY SILT, TRACES TO SOME CLAY

DESSINS DE RÉFÉRENCE / REFERENCE DRAWINGS	
DESSIN / DRAWING No	TITRE / TITLE
4930-03-ML-SK-524F	PANNEAU DE SIGNALISATION POUR OLÉODUC À HAUTE PRESSION / HIGH PRESSURE OIL PIPELINE WARNING SIGN
4930-03-ML-SK-517F	DÉTAIL TYPIQUE DE TRANSITION DE TUYAUTERIE / TYPICAL PIPE TRANSITION DETAIL
4930-03-ML-SK-514F	DESSIN TYPIQUE DE COUDE 3D / TYPICAL DRAWING 3D ELBOW DETAIL
16327-03-ML-03-043	RIVIÈRE MADAWASKA - TRAVERSE PAR FORAGE DIRECTIONNEL / HDD CROSSING
16327-03-ML-03-020	RIVIÈRE MADAWASKA - TRAVERSE EN TRANCHÉE (OUVERTE) / TRENCHED CROSSING (OPEN CUT) (ALTERNATIVE)
16327-03-ML-03-039	RIVIÈRE MADAWASKA - TRAVERSE EN TRANCHÉE (OUVERTE) / TRENCHED CROSSING (OPEN CUT) (ALTERNATIVE)

RÉVISION / REVISION		APPROBATION / APPROVAL	
REV / REV	DATE / DATE	DESCRIPTION / DESCRIPTION	
A	2015-02-12	ANC.ÉMIS COMME 16327-03-ML-03-019A - ÉMIS POUR INFORMATION / PREVIOUSLY ISSUED AS 16327-03-ML-03-019A - ISSUED FOR INFORMATION	

CODE PROJET / PROJECT CODE	DESSINATEUR / DRAFTER	VÉRIFICATEUR / CHECKER	CONCEPTEUR / DESIGNER	VÉRIF. CONCEPTEUR / DESIGN CHK.	CHARGE PROJET / PROJECT MGR	COMPAGNIE / COMPANY
2.229206	JCS	CS	SZ	AL	JN	ENTEC

INGÉNIEUR / RPT / PROFESSIONAL ENGINEER / RPT	PERMIS / APP. ING. / PERMIT / ENG. APPROVAL

**PRÉLIMINAIRE
NON POUR CONSTRUCTION/
PRELIMINARY ONLY
NOT FOR CONSTRUCTION**

TransCanada		Stantec	
INFORMATION GÉNÉRALE OLÉODUC ÉNERGIE EST / ENERGY EAST GENERAL INFORMATION PIPELINE			
FIA / FIA	16327	CHAÎNAGE / CHAINAGE	DISCIPLINE / DISCIPLINE
			03
RIVIÈRE MADAWASKA TRAVERSE PAR FORAGE DIRECTIONNEL / HDD CROSSING QUÉBEC			
ÉCH. / SCALE	DESSIN / DRAWING	16327-03-ML-03-019	REV / REV
T.Q.I. / A.S.			A

NOTES:
ARPENTAGE / SURVEYING:
 1. TOUTES LES MESURES SONT EN MÈTRES SAUF INDICATION CONTRAIRE. / ALL MEASUREMENTS ARE IN METRES UNLESS OTHERWISE SPECIFIED.
 2. TOUS LES CHAINAGES SONT HORIZONTAUX SAUF INDICATION CONTRAIRE. / ALL CHAINAGES ARE HORIZONTAL UNLESS OTHERWISE SPECIFIED.

GÉNÉRAL / GENERAL:
 3. LA TRAVERSE DEVRA ÊTRE CONSTRUITE ET ÉPROUVÉE EN RESPECTANT AU MINIMUM TOUS LES RÉGLEMENTS FÉDÉRAUX, PROVINCIAUX, MUNICIPAUX ET RÉGIONAUX APPLICABLES. / AS A MINIMUM, THE CROSSING SHALL BE CONSTRUCTED AND TESTED IN ACCORDANCE WITH ALL APPLICABLE FEDERAL, PROVINCIAL, MUNICIPAL AND REGIONAL REGULATIONS.
 4. LA CONSTRUCTION DE LA CONDUITE ET LE PROGRAMME D'ESSAIS DE PRESSION HYDROSTATIQUE DOIVENT ÊTRE CONFORMES À LA NORME CSA Z662-11, AUX SPÉCIFICATIONS DE CONSTRUCTION TES-PROJ-PCS ET TES-PROJ-HDD DE TRANSCANADA ET AUX EXIGENCES DU PERMIS DE TRAVERSE. / PIPELINE CONSTRUCTION AND HYDROSTATIC TESTING PROGRAM SHALL COMPLY WITH CSA Z662-11 STANDARD AND TRANSCANADA CONSTRUCTION SPECIFICATIONS TES-PROJ-PCS, TES-PROJ-HDD AND MEET REQUIREMENTS IN THE CROSSING AGREEMENTS.

ALIGNEMENT DE LA CONDUITE ET INSTALLATION / PIPE ALIGNMENT AND INSTALLATION:
 5. L'ENTREPRENEUR DU FORAGE DIRECTIONNEL DOIT VÉRIFIER LA PROFONDEUR ET L'EMPLACEMENT DES INSTALLATIONS SOUTERRAINES EXISTANTES AVANT LA CONSTRUCTION. / THE HDD CONTRACTOR SHALL VERIFY THE LOCATION AND DEPTH OF EXISTING UNDERGROUND INSTALLATIONS PRIOR TO CONSTRUCTION.

6. LES ALIGNEMENTS DE LA CONDUITE, TELS QU'INDIQUÉS SUR LE PLAN ET PROFIL, INDIQUENT LES EXIGENCES MINIMALES REQUISES POUR L'OLÉODUC ÉNERGIE EST; L'ENTREPRENEUR PEUT À SA DISCRETION ET À SES FRAIS, PROPOSER UN PROFIL ALTERNATIF AU MOMENT DE LA SOUMISSION. LES PROPOSITIONS ALTERNATIVES DOIVENT ÊTRE APPROUVÉES PAR TRANSCANADA ET LES AUTORITÉS DE RÉGLEMENTATION CONCERNÉES. / PIPELINE ALIGNMENTS, AS INDICATED ON THE PLAN AND PROFILE, REFLECT ENERGY EAST PIPELINE MINIMUM REQUIREMENTS. THE CONTRACTOR MAY, AT THEIR DISCRETION AND COST, PROPOSE AN ALTERNATIVE PROFILE AT THE TIME OF TENDER, ALTERNATIVE PROPOSALS MUST BE APPROVED BY TRANSCANADA AND APPLICABLE REGULATORY AGENCIES.
 7. EN AUCUN CAS LA CONDUITE NE PEUT ÊTRE INSTALLÉE À L'EXTÉRIEUR DE L'EMPRISE D'OLÉODUC ÉNERGIE EST. / UNDER NO CIRCUMSTANCES SHALL THE PIPELINE BE INSTALLED OUTSIDE OF THE ENERGY EAST R.O.W.
 8. LA CONDUITE DOIT ÊTRE MISE EN PLACE SUR LE SOL NATUREL NON-REMANIÉ AVEC LA PROTECTION APPROPRIÉE. LES PENTES LATÉRALES D'EXCAVATION TEMPORAIRE DEVRONT RESPECTER LA SPÉCIFICATION DE CONSTRUCTION TES-PROJ-PCS DE TRANSCANADA. / PIPELINE SHALL BE PLACED ON NATURAL UNDISTURBED SOIL WITH APPROPRIATE PROTECTION. TEMPORARY SIDE SLOPES SHALL MEET TRANSCANADA CONSTRUCTION SPECIFICATION TES-PROJ-PCS.

9. L'ENTREPRENEUR DU FORAGE DIRECTIONNEL DOIT VÉRIFIER L'EMPLACEMENT DES POINTS D'ENTRÉE/SORTIE ET LE SENS DU FORAGE EN SE BASANT SUR LES CONDITIONS DU SITE RENCONTRÉES AU MOMENT DE LA CONSTRUCTION. / THE HDD CONTRACTOR SHALL VERIFY APPROVED ENTRY/EXIT LOCATIONS AND DRILLING DIRECTION BASED ON THE SITE CONDITIONS DURING CONSTRUCTION.

10. LA SECTION DU TUYAU SOUDÉE DOIT ÊTRE SUPPORTÉE ADEQUATEMENT EN TOUT TEMPS LORS DE L'OPÉRATION DE TIRAGE AFIN DE S'ASSURER QUE LE TUYAU NE SUBISSE PAS DE CONTRAINTES EXCESSIVES. / THE PIPE PULL SECTION SHALL BE ADEQUATELY SUPPORTED AT ALL TIMES DURING PULLBACK TO ENSURE THE PIPE IS NOT OVERSTRESSED.
 11. AFIN D'INSPECTER VISUELLEMENT TOUT DOMMAGE AU TUYAU OU À SON REVÊTEMENT, L'ENTREPRENEUR EST TENU DE TIRER AU MINIMUM L'ÉQUIVALENT D'UNE LONGUEUR DE TUYAU À L'EXTÉRIEUR DU TROU DE FORAGE SELON LES SPÉCIFICATIONS DU FORAGE TES-PROJ-HDD. / IN ORDER TO VISUALLY ASSESS ANY PIPE OR PIPE COATING DAMAGE, THE CONTRACTOR IS REQUIRED TO PULL AT LEAST ONE LENGTH OF PIPE JOINT COMPLETELY THROUGH THE BOREHOLE AS PER THE HDD SPECIFICATIONS TES-PROJ-HDD.
 12. UN PLAN ET UN PROFIL «TEL-QUE-CONSTRUIT» DOIVENT ÊTRE FOURNIS À OLÉODUC ÉNERGIE EST APRÈS L'ACHÈVEMENT DES TRAVAUX. / A FINAL «AS-BUILT» PLAN AND PROFILE SHALL BE PROVIDED TO ENERGY EAST PIPELINE AFTER THE COMPLETION OF THE WORK.

13. L'ENTREPRENEUR EN PIPELINE FOURNIRA L'ASSISTANCE À LA PRÉPARATION DU SITE ET À SON ACCÈS, À LA MISE EN PLACE DE L'ÉQUIPEMENT DE FORAGE, À L'INSTALLATION DU TUYAU, AU RETRAIT DE L'ÉQUIPEMENT DE FORAGE, ET À LA REMISE EN ÉTAT DU SITE / THE PIPELINE CONTRACTOR WILL PROVIDE ASSISTANCE IN PREPARING THE SITE, GRADING FOR SITE ACCESS, SETTING UP HDD EQUIPMENT, INSTALLATION OF THE PIPE, REMOVAL OF HDD EQUIPMENT, AND RESTORATION OF THE SITE.

14. L'ENTREPRENEUR DOIT DISPOSER DES OUTILS DE SURVEILLANCE POUR UN SUIVI CONSTANT DE LA PRESSION ANNULAIRE ET DE LA TURBIDITÉ DU COURS D'EAU AFIN D'ÉVITER LE DÉVERSEMENT DE BOUE DE FORAGE DANS LE COURS D'EAU. / THERE SHALL BE A CONSTANT MONITORING TOOL FOR ANNULAR PRESSURE AND WATERCOURSE TURBIDITY BY THE HDD CONTRACTOR TO MONITOR FRAC-OUT OF DRILLING FLUID INTO THE WATERCOURSE.
 15. LA PROFONDEUR DE RECOUVREMENT SERA DÉTERMINÉE À LA PHASE D'INGÉNIERIE DÉTAILLÉE. / DEPTH OF COVER WILL BE FINALIZED DURING THE DETAILED ENGINEERING PHASE.

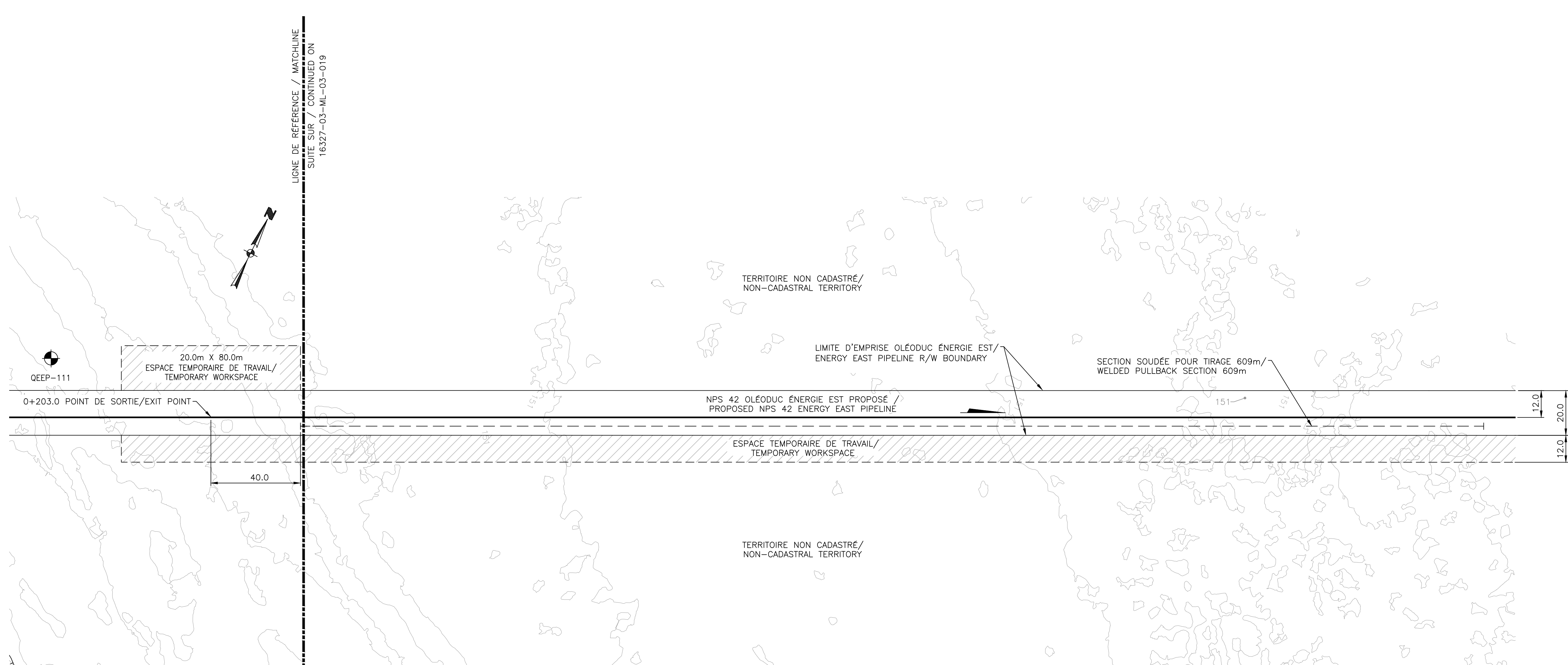
ENVIRONNEMENT / ENVIRONMENTAL:
 16. VOIR LES CLAUSES ENVIRONNEMENTALES DÉTAILLÉES (À ÊTRE COMPLÉTÉES À L'INGÉNIERIE DÉTAILLÉE) / SEE DETAILED ENVIRONMENTAL CONDITIONS (TO BE DEFINED IN DETAILED ENGINEERING)

SPÉCIFICATIONS DE L'OLÉODUC / PIPELINE SPECIFICATIONS

- TUYAU À PAROI ÉPAISSE / HW PIPE : _____ 1067mm DIA. EXT. / O.D. (NPS 42) x 15.9mm ÉP./W.T. GR. 483, CAT II, MSC CSA Z245.1-14
 TUYAU À PAROI ÉPAISSE / HW PIPE : _____ 1067mm DIA. EXT. / O.D. (NPS 42) x 20.2mm ÉP./W.T. GR. 550, CAT II, MSC CSA Z245.1-14
- TEMPÉRATURE D'OPÉRATION MAX. / MAX. OPERATING TEMPERATURE : _____ 60°C
- TEMPÉRATURE D'OPÉRATION MIN. / MIN. OPERATING TEMPERATURE : _____ 5°C
- TYPE DE JOINT / TYPE OF JOINT : _____ SOUDÉ / WELDED
- REVÊTEMENT CONDUITE / LINE PIPE COATING : _____ SYSTÈME / SYSTEM 1A
 TUYAU FD / HDD PIPE : _____ SYSTÈME / SYSTEM 2B
- MÉTHODE DE TRAVERSE / CROSSING METHOD : _____ FORAGE DIRECTIONNEL / HDD
 MÉTHODE DE TRAVERSE ALTERNATIVE / ALTERNATE CROSSING METHOD : _____ TRANCHÉE / TRENCHED
- TEST DE PRESSION MIN. (SECTION DE TRAVERSE)/MIN. TEST PRESSURE (CROSSING SECTION) : _____ 13 729 kPa
- PRESSION MAX. D'EXPLOITATION* / MAX. OPERATING PRESSURE* : _____ 10 983 kPa
- PRODUIT TRANSPORTÉ / PRODUCT CARRIED : _____ PÉTROLE BRUT / CRUDE OIL

*LA VALEUR FINALE DE LA PME SERA DÉTERMINÉE À LA PHASE D'INGÉNIERIE DÉTAILLÉE / FINAL MOP WILL BE DETERMINED DURING DETAILED ENGINEERING.

K
J
H
G
F
E
D
C
B
A



VUE EN PLAN / PLAN VIEW
 ÉCHELLE / SCALE 1:1000

DESSINS DE RÉFÉRENCE / REFERENCE DRAWINGS

DESSIN / DRAWING No	TITRE / TITLE
4930-03-ML-SK-524F	PANNEAU DE SIGNALISATION POUR OLÉODUC À HAUTE PRESSION / HIGH PRESSURE OIL PIPELINE WARNING SIGN
4930-03-ML-SK-517F	DÉTAIL TYPIQUE DE TRANSITION DE TUYAUTERIE / TYPICAL PIPE TRANSITION DETAIL
4930-03-ML-SK-514F	DESSIN TYPIQUE DE COUDE 3D / TYPICAL DRAWING 3D ELBOW DETAIL
16327-03-ML-03-019	RIVIÈRE MADAWASKA - TRAVERSE PAR FORAGE DIRECTIONNEL / HDD CROSSING
16327-03-ML-03-020	RIVIÈRE MADAWASKA - TRAVERSE EN TRANCHÉE (OUVERTE) / TRENCHED CROSSING (OPEN CUT) (ALTERNATIVE)
16327-03-ML-03-039	RIVIÈRE MADAWASKA - TRAVERSE EN TRANCHÉE (OUVERTE) / TRENCHED CROSSING (OPEN CUT) (ALTERNATIVE)

RÉVISION / REVISION

REV / REV	DATE / DATE	DESCRIPTION / DESCRIPTION
A	2015-02-12	ANC.ÉMIS COMME 16327-3-ML-03-019B - ÉMIS POUR INFORMATION / PREVIOUSLY ISSUED AS 16327-03-ML-03-019B

APPROBATION / APPROVAL

CODE PROJET / PROJECT CODE	DESSINATEUR / DRAFTER	VÉRIFICATEUR / CHECKER	CONCEPTEUR / DESIGNER	VÉRIF. CONCEPTEUR / DESIGN CHK.	CHARGE PROJET / PROJECT MGR	COMPAGNE / COMPANY
2.229206	JCS	CS	SCZ	NZ	JP	JV / ENTEC

INGÉNIEUR / RPT / PROFESSIONAL ENGINEER / RPT
PERMIS / APP. / ING. / PERMIT / ENG. / APPROVAL

DATE / DATE

PRÉLIMINAIRE / NON POUR CONSTRUCTION / PRELIMINARY ONLY / NOT FOR CONSTRUCTION

REV / REV DATE / DATE PERMIS / PERMIT No.

TransCanada **Stantec** **entec** **JOHNSTON-VERMETTE**

INFORMATION GÉNÉRALE OLÉODUC ÉNERGIE EST / ENERGY EAST GENERAL INFORMATION PIPELINE

FIA / FIA 16327 CHAINAGE / CHAINAGE DISCIPLINE / DISCIPLINE 03

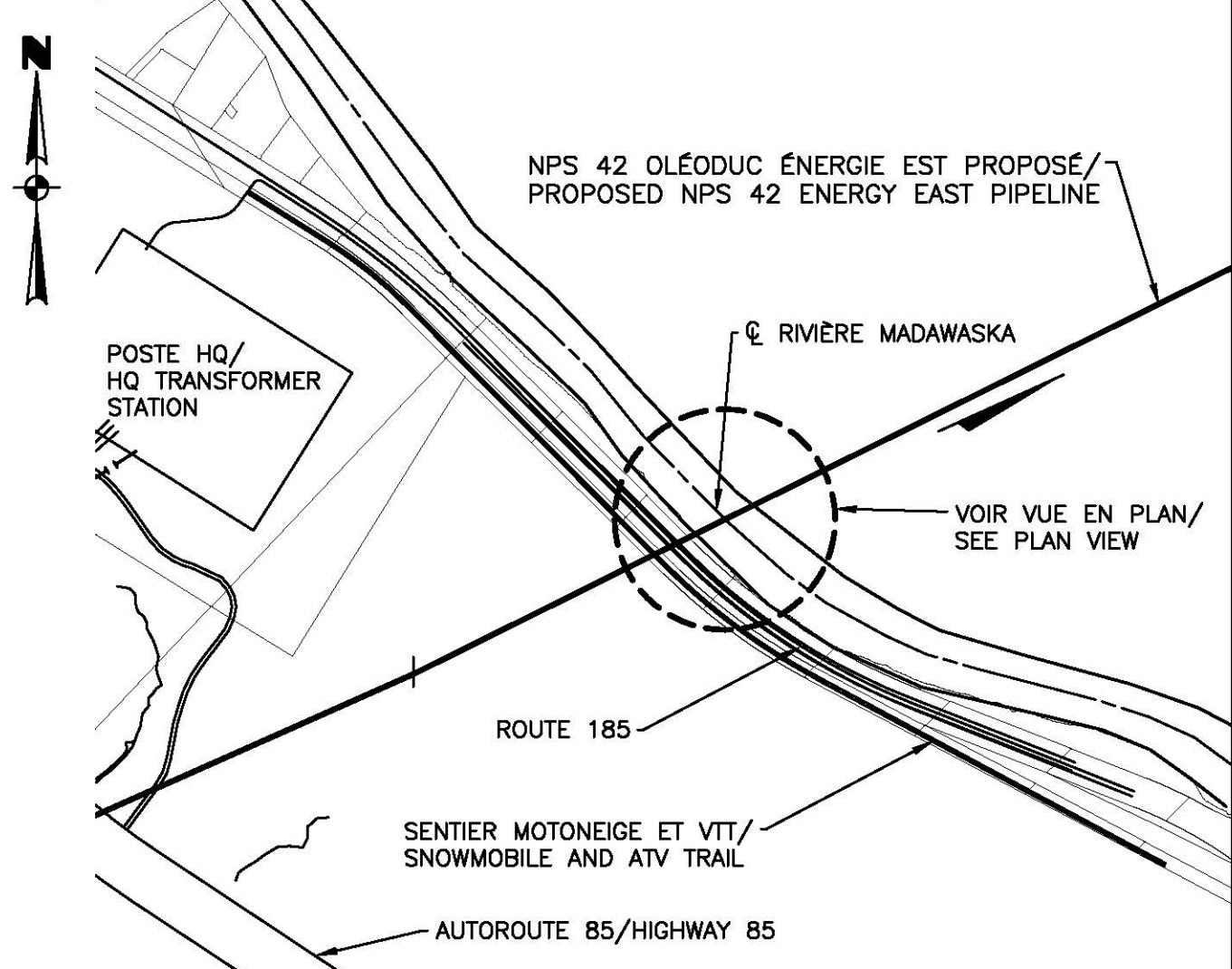
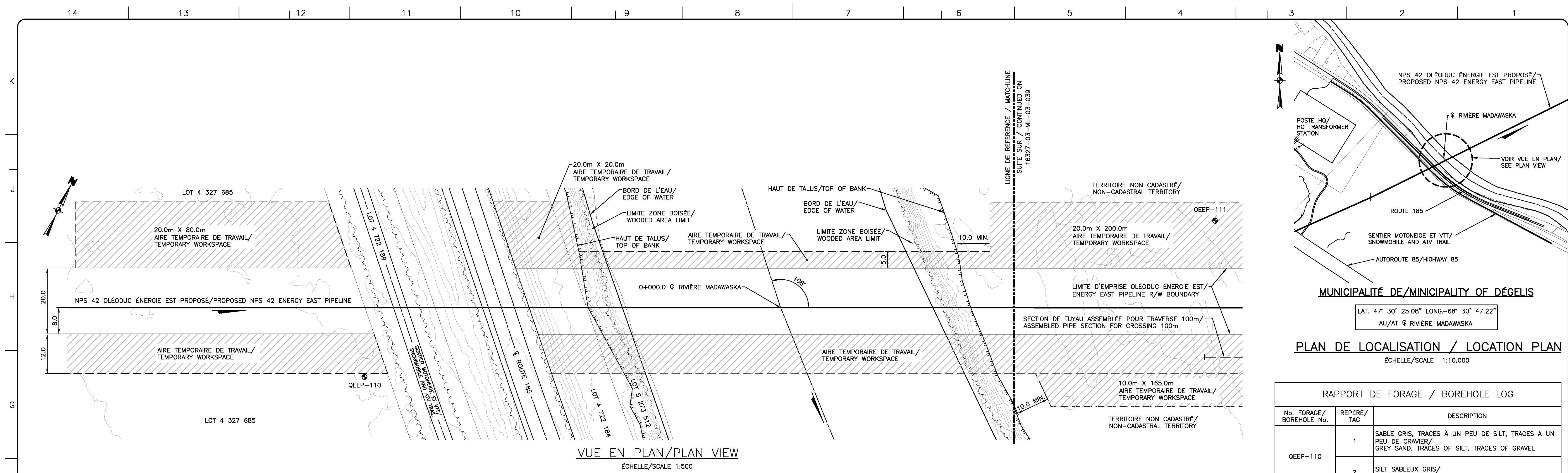
RIVIÈRE MADAWASKA TRAVERSE PAR FORAGE DIRECTIONNEL / HDD CROSSING QUÉBEC

ÉCH. / SCALE T.Q.I. / A.S. 16327-03-ML-03-043

REV / REV A

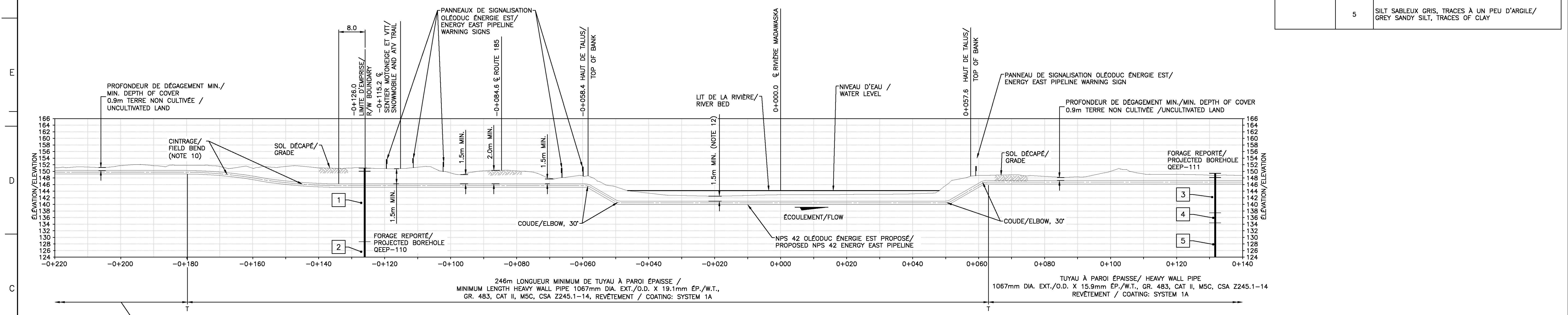
Annexe C

Plan de traverse alternative



MUNICIPALITÉ DE/MINICIPALITY OF DÉGELIS
 LAT. 47° 30' 25.08" LONG.-68° 30' 47.22"
 AU/AT RIVIÈRE MADAWASKA
 ÉCHELLE/SCALE 1:10,000

RAPPORT DE FORAGE / BOREHOLE LOG		
No. FORAGE/BOREHOLE No.	REPÈRE/TAG	DESCRIPTION
QEEP-110	1	SABLE GRIS, TRACES À UN PEU DE SILT, TRACES À UN PEU DE GRAVIER/ GREY SAND, TRACES OF SILT, TRACES OF GRAVEL
	2	SILT SABLEUX GRIS/ GREY SANDY SILT
QEEP-111	3	SABLE GRIS, UN PEU DE GRAVIER, UN PEU DE SILT/ GREY SAND, TRACES OF GRAVEL, TRACES OF SILT
	4	SABLE ET SILT GRIS/ GREY SAND AND SILT
	5	SILT SABLEUX GRIS, TRACES À UN PEU D'ARGILE/ GREY SANDY SILT, TRACES OF CLAY



DESSIN/DRAWING No	TITRE/TITLE	REVISION/REVISION	DESCRIPTION/DESCRIPTION	APPROBATION/APPROVAL
4930-03-ML-SK-524F	PANNEAU DE SIGNALISATION POUR OLÉODUC À HAUTE PRESSION/HIGH PRESSURE OIL PIPELINE WARNING SIGN	A	2014-04-25	ÉMIS POUR RÉVISION (JOHNSTON-VERMETTE) / ISSUED FOR REVIEW (JOHNSTON-VERMETTE)
4930-03-ML-SK-517F	DÉTAIL TYPIQUE DE TRANSITION DE TUYAU/TYPICAL PIPE TRANSITION DETAIL	B	2014-04-29	ÉMIS POUR RÉVISION (STANTEC) / ISSUED FOR REVIEW (STANTEC)
STDS-03-ML-05-608F	REMBLAI TRAVERSE DE RIVIERE, PROTECTION CONTRE L'ÉROSION/WATERCROSSING BANK EROSION PROTECTION	C	2014-05-16	ÉMIS POUR RÉVISION (CLIENT) / ISSUED FOR REVIEW (CLIENT)
4930-03-ML-SK-514F	DESSIN TYPIQUE DE COUDE 3D/TYPICAL DRAWING 3D ELBOW DETAIL	D	2014-08-09	ÉMIS POUR INGÉNIERIE DE BASE / ISSUED FOR FEED
16327-03-ML-03-019	RIVIÈRE MADAWASKA - TRAVERSE PAR FORAGE DIRECTIONNEL/HDD CROSSING	E	2014-12-12	ÉMIS POUR RÉVISION CLIENT / ISSUED FOR CLIENT REVIEW
16327-03-ML-03-043	RIVIÈRE MADAWASKA - TRAVERSE PAR FORAGE DIRECTIONNEL/HDD CROSSING	F	2015-02-12	ÉMIS POUR INFORMATION / ISSUED FOR INFORMATION

DESSIN/DRAWING No	TITRE/TITLE
4930-03-ML-SK-524F	PANNEAU DE SIGNALISATION POUR OLÉODUC À HAUTE PRESSION/HIGH PRESSURE OIL PIPELINE WARNING SIGN
4930-03-ML-SK-517F	DÉTAIL TYPIQUE DE TRANSITION DE TUYAU/TYPICAL PIPE TRANSITION DETAIL
STDS-03-ML-05-608F	REMBLAI TRAVERSE DE RIVIERE, PROTECTION CONTRE L'ÉROSION/WATERCROSSING BANK EROSION PROTECTION
4930-03-ML-SK-514F	DESSIN TYPIQUE DE COUDE 3D/TYPICAL DRAWING 3D ELBOW DETAIL
16327-03-ML-03-019	RIVIÈRE MADAWASKA - TRAVERSE PAR FORAGE DIRECTIONNEL/HDD CROSSING
16327-03-ML-03-043	RIVIÈRE MADAWASKA - TRAVERSE PAR FORAGE DIRECTIONNEL/HDD CROSSING
16327-03-ML-03-039	RIVIÈRE MADAWASKA - TRAVERSE EN TRANCHÉE (OUVERTE)/TRENCHED CROSSING (OPEN CUT) (ALTERNATIVE)

REV/REV	DATE/DATE	DESCRIPTION/DESCRIPTION	CODE PROJET/PROJECT CODE	DESSINATEUR/DRAWER	VÉRIFICATEUR/CHECKER	CONCEPTEUR/DESIGNER	VÉRIF. CONCEP./DESIGN CHK.	CHARGE PROJET/PROJECT MGR.	COMPAGNIE/COMPANY
A	2014-04-25	ÉMIS POUR RÉVISION (JOHNSTON-VERMETTE) / ISSUED FOR REVIEW (JOHNSTON-VERMETTE)	2223824	GD	MT	CT	AB	SM	JOHNSTON-VERMETTE
B	2014-04-29	ÉMIS POUR RÉVISION (STANTEC) / ISSUED FOR REVIEW (STANTEC)	2223824	GD	MT	CT	AB	SM	JOHNSTON-VERMETTE
C	2014-05-16	ÉMIS POUR RÉVISION (CLIENT) / ISSUED FOR REVIEW (CLIENT)	2.229208	GD	MT	CT	AB	SM	JOHNSTON-VERMETTE
D	2014-08-09	ÉMIS POUR INGÉNIERIE DE BASE / ISSUED FOR FEED	2.229208	MT	CS	NG	AB	SM	JOHNSTON-VERMETTE
E	2014-12-12	ÉMIS POUR RÉVISION CLIENT / ISSUED FOR CLIENT REVIEW	2.229208	MT	CS	NG	AB	GP	JOHNSTON-VERMETTE
F	2015-02-12	ÉMIS POUR INFORMATION / ISSUED FOR INFORMATION	2.229208	JCS	CS	NG	AB	GP	JOHNSTON-VERMETTE

INGÉNIEUR/RPT. PROFESSIONAL ENGINEER/RPT. PERMIS/APP. ING. PERMIT/ENG. APPROVAL

**PRÉLIMINAIRE
NON POUR CONSTRUCTION/
PRELIMINARY ONLY
NOT FOR CONSTRUCTION**

REV/REV DATE/DATE PERMIS/PERMIT No:

TransCanada **Stantec**

INFORMATION GÉNÉRALE OLÉODUC ÉNERGIE EST / ENERGY EAST GENERAL INFORMATION PIPELINE

FIA/FIA 16327 CHAINAGE/CHAINAGE DISCIPLINE/DISCIPLINE 03

RIVIÈRE MADAWASKA
TRAVERSE EN TRANCHÉE (OUVERTE) / TRENCHED CROSSING (OPEN CUT) (ALTERNATIVE)
QUÉBEC

ÉCH./SCALE T.O.I./A.S. DESSIN/DRAWING 16327-03-ML-03-020 REV/REV F

NOTES:
ARPENTAGE / SURVEYING:
 1. TOUTES LES MESURES SONT EN MÈTRES SAUF INDICATION CONTRAIRE. / ALL MEASUREMENTS ARE IN METRES UNLESS OTHERWISE SPECIFIED.
 2. TOUS LES CHAINAGES SONT HORIZONTAUX SAUF INDICATION CONTRAIRE. / ALL CHAINAGES ARE HORIZONTAL UNLESS OTHERWISE SPECIFIED.
GENERAL / GENERAL:
 3. LA TRAVERSE DEVRA ÊTRE CONSTRUITE ET ÉPROUVÉE EN RESPECTANT AU MINIMUM TOUS LES RÈGLEMENTS FÉDÉRAUX, PROVINCIAUX, MUNICIPAUX ET RÉGIONAUX APPLICABLES. / AS A MINIMUM, THE CROSSING SHALL BE CONSTRUCTED AND TESTED IN ACCORDANCE WITH ALL APPLICABLE FEDERAL, PROVINCIAL, MUNICIPAL AND REGIONAL REGULATIONS.
 4. LA CONSTRUCTION DE LA CONDUITE ET LE PROGRAMME D'ESSAIS DE PRESSION HYDROSTATIQUE DOIVENT ÊTRE CONFORMES À LA NORME CSA Z662-11, AUX SPÉCIFICATIONS DE CONSTRUCTION TES-PROJ-PCS ET AUX EXIGENCES DU PERMIS DE TRAVERSE. / PIPELINE CONSTRUCTION AND HYDROSTATIC TESTING PROGRAM SHALL COMPLY WITH CSA Z662-11 STANDARD AND TRANSCANADA CONSTRUCTION SPECIFICATIONS TES-PROJ-PCS AND MEET REQUIREMENTS IN THE CROSSING AGREEMENTS.
 5. LA MÉTHODE DE TRAVERSÉ ET D'INSTALLATION DU PIPELINE SERA CONFIRMÉE À L'INGÉNIEUR DÉTAILLÉE. / METHOD FOR RIVER CROSSING AND PIPE INSTALLATION TO BE CONFIRMED DURING DETAILED ENGINEERING.
INSTALLATION DE LA CONDUITE ET ALIGNEMENT / PIPE ALIGNMENT AND INSTALLATION:
 6. L'ENTREPRENEUR PIPELINE DOIT VÉRIFIER LA PROFONDEUR ET L'EMPLACEMENT DES INSTALLATIONS SOUTERRAINES EXISTANTES AVANT LA CONSTRUCTION. / THE PIPELINE CONTRACTOR SHALL VERIFY THE LOCATION AND DEPTH OF EXISTING UNDERGROUND INSTALLATIONS PRIOR TO CONSTRUCTION.

7. EN AUCUN CAS LA CONDUITE NE PEUT ÊTRE INSTALLÉE À L'EXTÉRIEUR DE L'EMPRISE D'OLÉODUC ÉNERGIE EST. / UNDER NO CIRCUMSTANCES SHALL THE PIPELINE BE INSTALLED OUTSIDE OF THE ENERGY EAST R.O.W.
 8. LES ALIGNEMENTS DE LA CONDUITE, TELS QU'INDIQUÉS SUR LE PLAN ET PROFIL, INDICENT LES EXIGENCES MINIMALES REQUISES POUR L'OLÉODUC ÉNERGIE EST; L'ENTREPRENEUR PEUT À SA DISCRÉTION ET À SES FRAIS, PROPOSER UN PROFIL ALTERNATIF AU MOMENT DE LA SOUMISSION. LES PROPOSITIONS ALTERNATIVES DOIVENT ÊTRE APPROUVÉES PAR TRANSCANADA ET LES AUTORITÉS DE RÉGLEMENTATION CONCERNÉES. / PIPELINE ALIGNMENTS, AS INDICATED ON THE PLAN AND PROFILE, REFLECT ENERGY EAST PIPELINE MINIMUM REQUIREMENTS. THE CONTRACTOR MAY, AT THEIR DISCRETION AND COST, PROPOSE AN ALTERNATIVE PROFILE AT THE TIME OF TENDER, ALTERNATIVE PROPOSALS MUST BE APPROVED BY TRANSCANADA AND APPLICABLE REGULATORY AGENCIES.
 9. LA CONDUITE DOIT ÊTRE MISE EN PLACE SUR LE SOL NATUREL NON-REMANIÉ AVEC LA PROTECTION APPROPRIÉE. LES PENTES LATÉRALES D'EXCAVATION TEMPORAIRE DEVONT RESPECTER LA SPÉCIFICATION DE CONSTRUCTION TES-PROJ-PCS DE TRANSCANADA. / PIPELINE SHALL BE PLACED ON NATURAL, UNDISTURBED SOIL WITH APPROPRIATE PROTECTION. TEMPORARY SIDE SLOPES SHALL MEET TRANSCANADA CONSTRUCTION SPECIFICATION TES-PROJ-PCS.
 10. L'ANGLE DE COURBURE MAXIMALE DE LA CONDUITE SUR LE TERRAIN EST DE 1.0 DEGRÉ PAR DIAMÈTRE DE LONGUEUR. / THE MAXIMUM PIPE FIELD BEND ANGLE IS 1.0 DEGREE PER DIAMETER LENGTH.
 11. UN PLAN ET UN PROFIL «TEL-QUE-CONSTRUIT» DOIVENT ÊTRE FOURNIS À OLÉODUC ÉNERGIE EST APRÈS L'ACHÈVEMENT DES TRAVAUX. / A FINAL «AS-BUILT» PLAN AND PROFILE SHALL BE PROVIDED TO ENERGY EAST PIPELINE AFTER THE COMPLETION OF THE WORK.
 12. LA PROFONDEUR DE RECouvreMENT SERA DÉTERMINÉE À LA PHASE D'INGÉNIEURIE DE DÉTAIL. / DEPTH OF COVER WILL BE FINALIZED DURING THE DETAILED ENGINEERING PHASE.

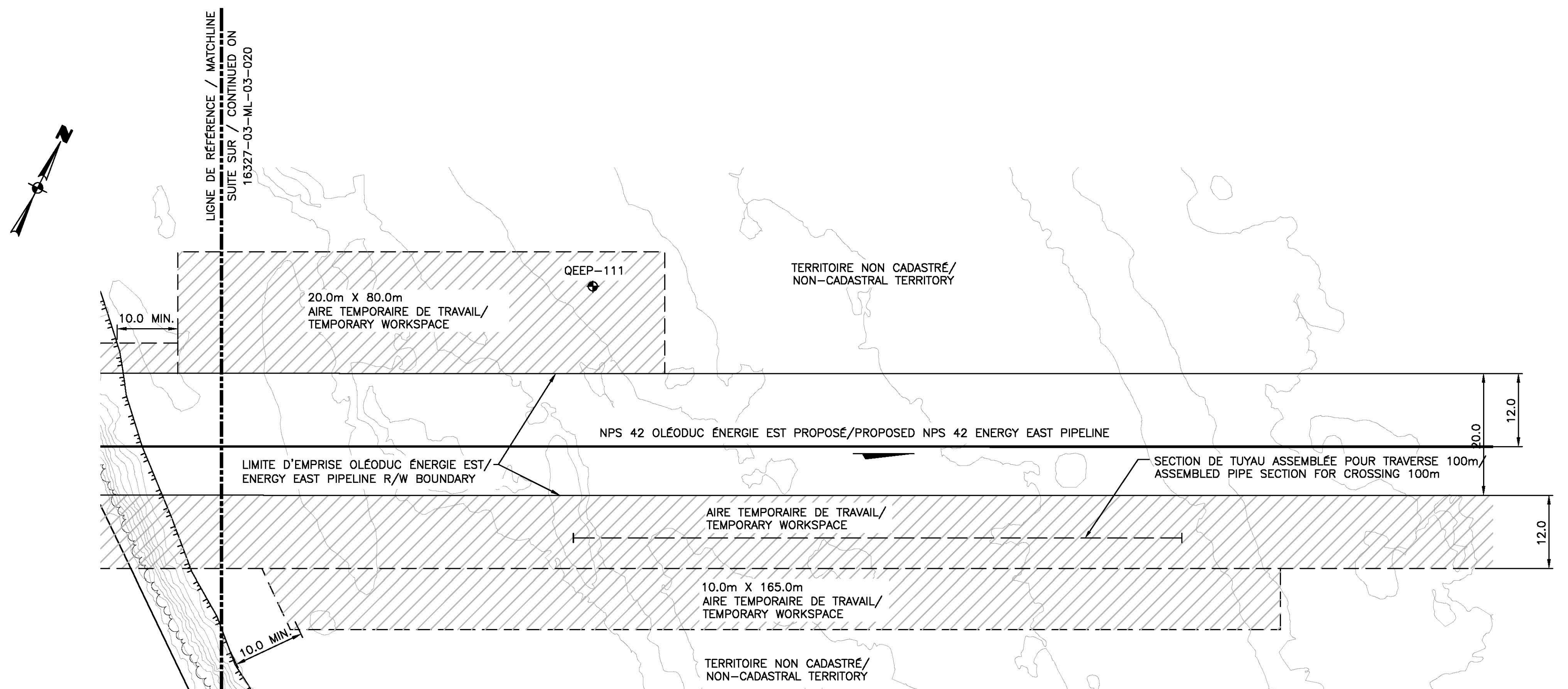
GESTION DES DÉBLAIS ET REMBLAIS TEMPORAIRES / SOIL PLACEMENT-TEMPORARY:
 13. LES PENTES DU DÉBLAIS D'EXCAVATION DOIVENT ÊTRE CONFORMES AUX NORMES TES-DV31-2333 ET TES-PROJ-EXC DE TRANSCANADA ET AUX NORMES LOCALE. / TEMPORARY SPOIL SLOPE FROM EXCAVATION SHALL CONFORM TO TRANSCANADA SPECIFICATIONS TES-DV31-2333, TES-PROJ-EXC AND LOCAL REQUIREMENTS.
 14. L'AIRE D'ENTREPOSAGE DES DÉBLAIS DOIT ÊTRE NIVELÉE POUR S'ASSURER QUE L'EAU NE S'ACCUMULE PAS À LA SURFACE ET QUE LES DÉBLAIS MIS EN TAS N'EMPÊCHENT PAS L'ÉCOULEMENT DE L'EAU. / SPOIL AREAS SHALL BE GRADED TO ENSURE THE WATER WILL NOT POND ON THE SURFACE OR BE TRAPPED BY THE SPOIL PILE.
GESTION DES DÉBLAIS ET REMBLAIS PERMANENTS / SOIL PLACEMENT-PERMANENT:
 15. LA TRANCHÉE DE LA CONDUITE TRAVERSANT LE COURS D'EAU DOIT ÊTRE REMBLAYÉE AVEC LES MATÉRIAUX EN PLACE JUSQU'AU NIVEAU APPROXIMATIF DU LIT ORIGINAL DE LA RIVIÈRE. / PIPE DITCH ACROSS MAIN CHANNEL SHALL BE BACKFILLED WITH NATIVE MATERIAL TO APPROXIMATELY THE ORIGINAL GRADE.
 16. LES MATÉRIAUX DES BERGES DOIVENT ÊTRE REPLACÉS DE FAÇON PERMANENTE PAR COUCHES DE 300mm D'ÉPAISSEUR DÔMENT COMPACTÉES. CES MATÉRIAUX DOIVENT ÊTRE EXEMPTS DE MATIÈRES ORGANIQUES ET DE DÉBRIS LIGNEUX. AVANT LE REMBLAYAGE SUR UNE SURFACE EN PENTE GELÉE, LA SURFACE GELÉE DEVRA ÊTRE SCARIFIÉE POUR FAVORISER L'ADHÉSION ENTRE CELLE-CI ET LE REMBLAI. / BANK MATERIALS MUST BE PERMANENTLY REPLACED IN LAYERS OF 300mm MAXIMUM, AND PROPERLY COMPACTED. THESE MATERIALS MUST BE FREE OF ORGANIC MATTER AND WOODY DEBRIS. PRIOR TO PLACING FILL ON FROZEN SLOPED SURFACES, THESE SURFACES MUST BE SCARIFIED TO MAXIMIZE ADHESION OF MATERIALS.

17. SI REQUIS, LE REMBLAI DANS LE TALUS DOIT ÊTRE MIS EN PLACE AVEC UNE PENTE MAXIMALE DE 2H:1V POUR OPTIMISER LA STABILITÉ DU TALUS. / IF REQUIRED, THE SOILS IN THE SAG BEND AND BANK AREA SHALL BE PLACED WITH A MAXIMUM SLOPE OF 2H:1V TO OPTIMIZE BANK STABILITY.
 18. LORS DE TRAVAUX HIVERNAUX, DES TASSEMENTS CONSIDÉRABLES PEUVENT SE PRODUIRE DANS LES BERGES REMBLAYÉES L'ÉTÉ SUIVANT LA CONSTRUCTION ET LES BERGES POURRAIENT NÉCESSITER UN REPROFILAGE FINAL SELON LA PENTE SPÉCIFIÉE. UNE QUANTITÉ DE REMBLAI SUPPLÉMENTAIRE POURRAIT ÊTRE REQUISE POUR COMPENSER CES TASSEMENTS. LES BERGES DEVONT ÊTRE PROFILÉES AFIN QUE L'EAU NE S'ACCUMULE PAS EN HAUT DE TALUS. / FOR WINTER CONSTRUCTION, CONSIDERABLE SETTLEMENT OF THE BANK FILL MAY OCCUR THE FIRST SUMMER AFTER CONSTRUCTION, AND THE BANK MAY REQUIRE FINAL GRADING TO THE SPECIFIED SLOPE. ADDITIONAL FILL MAY BE REQUIRED TO COMPENSATE FOR THE BACKFILL SETTLEMENT. BANKS SHALL BE GRADED SUCH THAT WATER DOES NOT POND AT THE TOP OF THE BANK.
CONTRÔLE DE LA FLOTTABILITÉ / BUOYANCY CONTROL:
 19. LE CONTRÔLE DE LA FLOTTABILITÉ SERA DÉTERMINÉE À L'INGÉNIEURIE DÉTAILLÉE. / BUOYANCY CONTROL WILL BE DETERMINED IN DETAILED ENGINEERING.
ENVIRONNEMENT / ENVIRONMENTAL:
 20. VOIR LES CLAUSES ENVIRONNEMENTALES DÉTAILLÉES (À ÊTRE COMPLÉTÉES À L'INGÉNIEURIE DÉTAILLÉE). / SEE DETAILED ENVIRONMENTAL CONDITIONS (TO BE DEFINED IN DETAILED ENGINEERING)

SPÉCIFICATIONS DE L'OLÉODUC / PIPELINE SPECIFICATIONS

- TUYAU À PAROI ÉPAISSE / HW PIPE : 1067mm DIA. EXT. / O.D. (NPS 42) x 15.9mm EP./W.T. GR. 483, CAT II, MSC CSA Z245.1-14
- TEMPÉRATURE D'OPÉRATION MAX. / MAX. OPERATING TEMPERATURE : 60°C
- TEMPÉRATURE D'OPÉRATION MIN. / MIN. OPERATING TEMPERATURE : -5°C
- TYPE DE JOINT / TYPE OF JOINT : SOUDÉ / WELDED
- REVÊTEMENT CONDUITE / LINE PIPE COATING : SYSTÈME / SYSTEM 1A
- TUYAU À PAROI ÉPAISSE / HW PIPE : SYSTÈME / SYSTEM 1A
- MÉTHODE DE TRAVERSE / CROSSING METHOD : TRANCHÉE / TRENCHED
- TEST DE PRESSION MIN. (SECTION DE TRAVERSE)/MIN. TEST PRESSURE (CROSSING SECTION) : 13 729 kPa
- PRESSION MAX. D'EXPLOITATION* / MAX. OPERATING PRESSURE* : 10 983 kPa
- PRODUIT TRANSPORTÉ / PRODUCT CARRIED : PÉTROLE BRUT / CRUDE OIL

*LA VALEUR FINALE DE LA PME SERA DÉTERMINÉE À LA PHASE D'INGÉNIEURIE DÉTAILLÉE / FINAL MOP WILL BE DETERMINED DURING DETAILED ENGINEERING.



VUE EN PLAN / PLAN VIEW
 ÉCHELLE / SCALE 1:500

DESSIN/DRAWING No	TITRE/TITLE
4930-03-ML-SK-524F	PANNEAU DE SIGNALISATION POUR OLÉODUC À HAUTE PRESSION/HIGH PRESSURE OIL PIPELINE WARNING SIGN
4930-03-ML-SK-517F	DÉTAIL TYPIQUE DE TRANSITION DE TUYAU/TYPICAL PIPE TRANSITION DETAIL
STDS-03-ML-05-608F	REMBLI TRAVERSE DE RIVIÈRE, PROTECTION CONTRE L'ÉROSION/WATERCROSSING BANK EROSION PROTECTION
4930-03-ML-SK-514F	DESSIN TYPIQUE DE COUDE 3D/TYPICAL DRAWING 3D ELBOW DETAIL
16327-03-ML-03-019	RIVIÈRE MADAWASKA - TRAVERSE PAR FORAGE DIRECTIONNEL/HDD CROSSING
16327-03-ML-03-043	RIVIÈRE MADAWASKA - TRAVERSE PAR FORAGE DIRECTIONNEL/HDD CROSSING
16327-03-ML-03-020	RIVIÈRE MADAWASKA - TRAVERSE EN TRANCHÉE (OUVERTE)/TRENCHED CROSSING (OPEN CUT) (ALTERNATIVE)

REV/REV	DATE/DATE	DESCRIPTION/DESCRIPTION
A	2014-12-12	ÉMIS POUR RÉVISION CLIENT / ISSUED FOR CLIENT REVIEW
B	2015-02-12	ÉMIS POUR INFORMATION / ISSUED FOR INFORMATION

APPROBATION/APPROVAL	
INGÉNIEUR/RPT PROFESSIONAL ENGINEER/RPT	PERMIS/APP. ING. PERMIT/ENG. APPROVAL
DATE/DATE	DATE/DATE

**PRÉLIMINAIRE
 NON POUR CONSTRUCTION/
 PRELIMINARY ONLY
 NOT FOR CONSTRUCTION**

TransCanada

INFORMATION GÉNÉRALE OLÉODUC ÉNERGIE EST / ENERGY EAST GENERAL INFORMATION PIPELINE

FIA/FIA 16327	CHAINAGE/CHAINAGE	DISCIPLINE/DISCIPLINE 03
---------------	-------------------	--------------------------

RIVIÈRE MADAWASKA
 TRAVERSE EN TRANCHÉE (OUVERTE) / TRENCHED CROSSING (OPEN CUT) (ALTERNATIVE)
 QUÉBEC





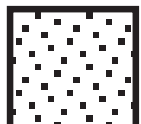
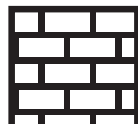
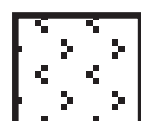

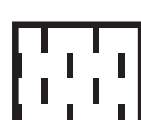





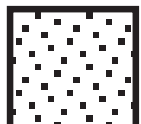
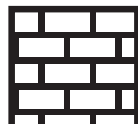
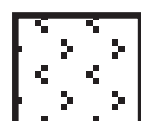

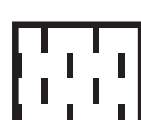





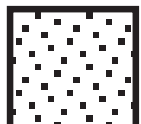
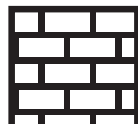
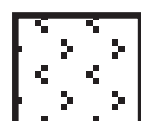

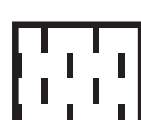

ECH/SCALE T.O.I./A.S.	DESSIN/DRAWING 16327-03-ML-03-039	REV/REV B
-----------------------	-----------------------------------	-----------

Annexe D

Information géotechnique

A1. Rapports de forage

Les rapports de forages et/ou sondage, placés en annexe, contiennent une description des sols et du roc rencontrés, incluant la profondeur et l'élévation de chacune des couches et le type, la profondeur et la récupération de chacun des échantillons prélevés lors des travaux sur le terrain.

<u>DESCRIPTION</u>			<u>Socle rocheux</u>																																																																																																																											
<p>La description des sols est basée sur la classification selon la dimension des particules, l'importance relative de chacun des constituants et les résultats des divers essais réalisés sur le terrain ou en laboratoire.</p> <p>Classification et dimension des particules (ASTM D2487)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th><u>Terminologie</u></th> <th><u>Dimensions (mm)</u></th> <th><u>Proportion (en poids)</u></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Blocs</td> <td>> 300</td> <td>< 10 %</td> </tr> <tr> <td>Cailloux</td> <td>80 à 300</td> <td>10 % à 20 %</td> </tr> <tr> <td>Gravier</td> <td>5,0 à 80</td> <td>20 % à 35 %</td> </tr> <tr> <td>Sable</td> <td>0,080 à 5,0</td> <td>> 35 %</td> </tr> <tr> <td>Silt</td> <td>0,002 à 0,080</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Argile</td> <td>< 0,002</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>Traces Un peu Adjectif (ex. : sableux) Nom (ex. : et sable)</p>			<u>Terminologie</u>	<u>Dimensions (mm)</u>	<u>Proportion (en poids)</u>	Blocs	> 300	< 10 %	Cailloux	80 à 300	10 % à 20 %	Gravier	5,0 à 80	20 % à 35 %	Sable	0,080 à 5,0	> 35 %	Silt	0,002 à 0,080		Argile	< 0,002		<p>La description du roc est le résultat de l'examen pétrographique des échantillons recueillis. Le degré de fracturation du roc est exprimé par l'indice de qualité du roc (RQD), qui est le résultat du rapport de la sommation des longueurs des échantillons de plus de 100 millimètres de longueur sur la longueur totale de la course.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th><u>Terminologie</u></th> <th><u>Indice RQD</u></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Très mauvaise</td> <td>0 % à 25 %</td> </tr> <tr> <td>Mauvaise</td> <td>25 % à 50 %</td> </tr> <tr> <td>Moyenne</td> <td>50 % à 75 %</td> </tr> <tr> <td>Bonne</td> <td>75 % à 90 %</td> </tr> <tr> <td>Excellente</td> <td>90 % à 100 %</td> </tr> </tbody> </table>		<u>Terminologie</u>	<u>Indice RQD</u>	Très mauvaise	0 % à 25 %	Mauvaise	25 % à 50 %	Moyenne	50 % à 75 %	Bonne	75 % à 90 %	Excellente	90 % à 100 %																																																																																									
<u>Terminologie</u>	<u>Dimensions (mm)</u>	<u>Proportion (en poids)</u>																																																																																																																												
Blocs	> 300	< 10 %																																																																																																																												
Cailloux	80 à 300	10 % à 20 %																																																																																																																												
Gravier	5,0 à 80	20 % à 35 %																																																																																																																												
Sable	0,080 à 5,0	> 35 %																																																																																																																												
Silt	0,002 à 0,080																																																																																																																													
Argile	< 0,002																																																																																																																													
<u>Terminologie</u>	<u>Indice RQD</u>																																																																																																																													
Très mauvaise	0 % à 25 %																																																																																																																													
Mauvaise	25 % à 50 %																																																																																																																													
Moyenne	50 % à 75 %																																																																																																																													
Bonne	75 % à 90 %																																																																																																																													
Excellente	90 % à 100 %																																																																																																																													
<p>Un matériau décrit comme un « till » ou « moraine » est susceptible de contenir des cailloux et/ou des blocs de façon erratique. La proportion de cailloux et de blocs est donc évaluée de façon distincte.</p> <p>Sols pulvérulents</p> <p>Dans le cas des sols pulvérulents (silt, sable et gravier), l'état de densité du sol, ou compacité, est qualifié d'après l'indice « N » de l'essai de pénétration standard.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th><u>Compacité</u></th> <th><u>Indice « N »</u></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Très lâche</td> <td>< 4</td> </tr> <tr> <td>Lâche</td> <td>4 à 10</td> </tr> <tr> <td>Compact ou moyenne</td> <td>10 à 30</td> </tr> <tr> <td>Dense</td> <td>30 à 50</td> </tr> <tr> <td>Très dense</td> <td>> 50</td> </tr> </tbody> </table> <p>Sols cohérents</p> <p>Pour les sols cohérents (silt argileux à argile), la consistance du sol est évaluée à partir des essais de résistance au cisaillement (C_u) ou, à défaut, de l'indice « N ». La sensibilité au remaniement (S_r) est définie par le rapport de la résistance au cisaillement du matériau intact (C_u) sur celle du matériau remanié (C_{ur}).</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th><u>Consistance</u></th> <th><u>Résistance (C_u, kPa)</u></th> <th><u>Indice « N »</u></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Très molle</td> <td>< 12</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Molle</td> <td>12 à 25</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Ferme</td> <td>25 à 50</td> <td>4 à 8</td> </tr> <tr> <td>Raide</td> <td>50 à 100</td> <td>8 à 15</td> </tr> <tr> <td>Très raide</td> <td>100 à 200</td> <td>15 à 30</td> </tr> <tr> <td>Dure</td> <td>> 200</td> <td>> 30</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1"> <thead> <tr> <th><u>Sensibilité (S_r)</u></th> <th><u>C_u / C_{ur}</u></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Faible</td> <td>< 2</td> </tr> <tr> <td>Moyenne</td> <td>2 à 4</td> </tr> <tr> <td>Sensible</td> <td>4 à 8</td> </tr> <tr> <td>Très sensible</td> <td>8 à 16</td> </tr> <tr> <td>Liquide</td> <td>> 16</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1"> <thead> <tr> <th><u>Plasticité</u></th> <th><u>Limite de liquidité (w_l)</u></th> <th><u>Indice de plasticité (I_p)</u></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Faible</td> <td>< 30</td> <td>< 10 %</td> </tr> <tr> <td>Moyenne</td> <td>30 à 50</td> <td>10 % à 25 %</td> </tr> <tr> <td>Élevée</td> <td>> 50</td> <td>> 25 %</td> </tr> </tbody> </table>			<u>Compacité</u>	<u>Indice « N »</u>	Très lâche	< 4	Lâche	4 à 10	Compact ou moyenne	10 à 30	Dense	30 à 50	Très dense	> 50	<u>Consistance</u>	<u>Résistance (C_u, kPa)</u>	<u>Indice « N »</u>	Très molle	< 12		Molle	12 à 25		Ferme	25 à 50	4 à 8	Raide	50 à 100	8 à 15	Très raide	100 à 200	15 à 30	Dure	> 200	> 30	<u>Sensibilité (S_r)</u>	<u>C_u / C_{ur}</u>	Faible	< 2	Moyenne	2 à 4	Sensible	4 à 8	Très sensible	8 à 16	Liquide	> 16	<u>Plasticité</u>	<u>Limite de liquidité (w_l)</u>	<u>Indice de plasticité (I_p)</u>	Faible	< 30	< 10 %	Moyenne	30 à 50	10 % à 25 %	Élevée	> 50	> 25 %	<p>STRATIGRAPHIE</p> <p>Les symboles suivants sont utilisés, seuls ou associés, pour illustrer la stratigraphie; un X indique qu'il s'agit de matériaux de remblai.</p> <table border="1"> <tbody> <tr> <td></td> <td>Argile</td> <td></td> <td>Gravier</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Silt</td> <td></td> <td>Sols organiques</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Sable</td> <td></td> <td>Calcaire ou dolomie</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Roche ignée</td> <td></td> <td>Shale ou ardoise</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Grès</td> <td></td> <td>Roche métamorphique</td> </tr> </tbody> </table> <p>ESSAIS</p> <p>Dans cette colonne sont indiqués les résultats des essais réalisés sur le terrain et en laboratoire, aux profondeurs correspondantes. Les symboles suivants indiquent les essais couramment réalisés.</p> <table border="1"> <tbody> <tr> <td>N</td> <td>:</td> <td>Essai de pénétration standard</td> </tr> <tr> <td>C_u</td> <td>:</td> <td>Résistance au cisaillement</td> </tr> <tr> <td>C_{ur}</td> <td>:</td> <td>Résistance au cisaillement (remanié)</td> </tr> <tr> <td>S_r</td> <td>:</td> <td>Sensibilité au remaniement</td> </tr> <tr> <td>RQD</td> <td>:</td> <td>Indice de qualité du roc en laboratoire</td> </tr> <tr> <td>Inj</td> <td>:</td> <td>Injection d'eau sous pression</td> </tr> <tr> <td>w</td> <td>:</td> <td>Teneur en eau naturelle</td> </tr> <tr> <td>w_l / w_p</td> <td>:</td> <td>Limites d'Atterberg</td> </tr> <tr> <td>k</td> <td>:</td> <td>Perméabilité</td> </tr> <tr> <td>AG</td> <td>:</td> <td>Analyse granulométrique (tamisage)</td> </tr> <tr> <td>AC</td> <td>:</td> <td>Analyse chimique</td> </tr> <tr> <td>Com</td> <td>:</td> <td>Résistance en compression (roc)</td> </tr> <tr> <td>Dos</td> <td>:</td> <td>Dosage par lavage au tamis de 80 μm</td> </tr> <tr> <td>Oed</td> <td>:</td> <td>Consolidation oedométrique</td> </tr> <tr> <td>Sed</td> <td>:</td> <td>Sédimentométrie</td> </tr> </tbody> </table> <p>COLONNE QUADRILLÉE</p> <p>La colonne quadrillée de l'extrême droite du rapport de forage permet l'expression graphique des résultats de terrain ou de laboratoire tels que le profil de résistance au cisaillement ou l'essai de pénétration dynamique. Les valeurs de terrain sont généralement représentées par un cercle et les résultats de laboratoire par un triangle renversé. Le quadrillage peut être remplacé par un croquis d'installation de piézomètre et/ou de tube d'observation.</p>			Argile		Gravier		Silt		Sols organiques		Sable		Calcaire ou dolomie		Roche ignée		Shale ou ardoise		Grès		Roche métamorphique	N	:	Essai de pénétration standard	C_u	:	Résistance au cisaillement	C_{ur}	:	Résistance au cisaillement (remanié)	S_r	:	Sensibilité au remaniement	RQD	:	Indice de qualité du roc en laboratoire	Inj	:	Injection d'eau sous pression	w	:	Teneur en eau naturelle	w_l / w_p	:	Limites d'Atterberg	k	:	Perméabilité	AG	:	Analyse granulométrique (tamisage)	AC	:	Analyse chimique	Com	:	Résistance en compression (roc)	Dos	:	Dosage par lavage au tamis de 80 μ m	Oed	:	Consolidation oedométrique	Sed	:	Sédimentométrie
<u>Compacité</u>	<u>Indice « N »</u>																																																																																																																													
Très lâche	< 4																																																																																																																													
Lâche	4 à 10																																																																																																																													
Compact ou moyenne	10 à 30																																																																																																																													
Dense	30 à 50																																																																																																																													
Très dense	> 50																																																																																																																													
<u>Consistance</u>	<u>Résistance (C_u, kPa)</u>	<u>Indice « N »</u>																																																																																																																												
Très molle	< 12																																																																																																																													
Molle	12 à 25																																																																																																																													
Ferme	25 à 50	4 à 8																																																																																																																												
Raide	50 à 100	8 à 15																																																																																																																												
Très raide	100 à 200	15 à 30																																																																																																																												
Dure	> 200	> 30																																																																																																																												
<u>Sensibilité (S_r)</u>	<u>C_u / C_{ur}</u>																																																																																																																													
Faible	< 2																																																																																																																													
Moyenne	2 à 4																																																																																																																													
Sensible	4 à 8																																																																																																																													
Très sensible	8 à 16																																																																																																																													
Liquide	> 16																																																																																																																													
<u>Plasticité</u>	<u>Limite de liquidité (w_l)</u>	<u>Indice de plasticité (I_p)</u>																																																																																																																												
Faible	< 30	< 10 %																																																																																																																												
Moyenne	30 à 50	10 % à 25 %																																																																																																																												
Élevée	> 50	> 25 %																																																																																																																												
	Argile		Gravier																																																																																																																											
	Silt		Sols organiques																																																																																																																											
	Sable		Calcaire ou dolomie																																																																																																																											
	Roche ignée		Shale ou ardoise																																																																																																																											
	Grès		Roche métamorphique																																																																																																																											
N	:	Essai de pénétration standard																																																																																																																												
C_u	:	Résistance au cisaillement																																																																																																																												
C_{ur}	:	Résistance au cisaillement (remanié)																																																																																																																												
S_r	:	Sensibilité au remaniement																																																																																																																												
RQD	:	Indice de qualité du roc en laboratoire																																																																																																																												
Inj	:	Injection d'eau sous pression																																																																																																																												
w	:	Teneur en eau naturelle																																																																																																																												
w_l / w_p	:	Limites d'Atterberg																																																																																																																												
k	:	Perméabilité																																																																																																																												
AG	:	Analyse granulométrique (tamisage)																																																																																																																												
AC	:	Analyse chimique																																																																																																																												
Com	:	Résistance en compression (roc)																																																																																																																												
Dos	:	Dosage par lavage au tamis de 80 μ m																																																																																																																												
Oed	:	Consolidation oedométrique																																																																																																																												
Sed	:	Sédimentométrie																																																																																																																												



RAPPORT DE FORAGE

Forage N° : QEEP-110
Dossier : JOVS-00216917-115500

Projet : Oléoduc Énergie Est - Exploration géotechnique
Traverses de rivières majeures - Segment II
Endroit : Rivière Madawaska
Foreur : Forage SL inc.
Date du forage : 2014-05-05

Compilé par : M. Létourneau
Technicien : F. Gaumond
Approuvé par : D. Giguère
Date du rapport : 2014-06-05

Coordonnées géographiques

Latitude : 47.5063°
Longitude : -68.5145°

Niveau de référence

Géodésique

Niveau d'eau

Prof.: m Date:
Prof.: m Date:

Tubage : NW
Carottier :
Marteau : Masse : 63.5 kg Chute : 0.76 m

Type d'échantillon

- CF : Cuillère fendue
- TM : Tube à paroi mince
- CR : Carotte (forage au diamant)
- ET : Tarière
- EM : Manuel

État de l'échantillon

- Remanié
- Intact
- Perdu
- Forage au diamant

Graphique

- : Cu (scissomètre au chantier) (kPa)
- : Cu (cône suédois) (kPa)
- : Absorption (essai d'eau) (Lugeon)
- : Teneur en eau (w)
- : Limites (wp et wl)

Prof.	Coupe stratigraphique				Échantillons				Odeur			Essais		Graphique							
	pi	m	Élév. Prof.	Description	Strat.	Eau	État	Type - No	Réc. %	N / RQD	FAIBLE	MOYENNE	FORTE	Essais	Cu Cur Nc	20	40	60	80	100	
			150.96	Niveau actuel du sol																	
			0.00	Descente des tubages en destruction jusqu'à 0,9 mètre de profondeur.																	
	1		150.05	Sable gris, traces à un peu de silt, traces à un peu de gravier.										K = 2,5 x 10 ⁻⁶ m/s							
			0.91																		
	5																				
	2																				
	10	3																			
	4																				
	15	5																			
	20	6																			
	7																				
	25	8																			
	30	9																			
	10																				
	35	11																			
	40	12																			

Remarques :

NOTE : CE RAPPORT DE FORAGE EST UNE REPRÉSENTATION DES CONDITIONS DE SOLS ET D'EAU SOUTERRAINE, INTERPRÉTÉE SELON LA PRATIQUE COURANTE, ET NE S'APPLIQUE QU'À L'EMPLACEMENT DE CE SONDRAGE ET AU MOMENT DE SON EXÉCUTION. CE RAPPORT DOIT ÊTRE LU AVEC LE TEXTE QU'IL ACCOMPAGNE. CE RAPPORT NE DOIT PAS ÊTRE REPRODUIT, SINON EN ENTIER, SANS L'AUTORISATION ÉCRITE DU LABORATOIRE.



RAPPORT DE FORAGE

Forage N° : QEEP-110
Dossier : JOVS-00216917-115500

Prof.		Coupe stratigraphique			Échantillons				Odeur			Essais		Graphique							
pi	m	Élev. Prof.	Description	Strat.	Eau	État	Type - No	Réc. %	N / RQD	FAIBLE	MOYENNE	FORTE	Essais	Cu Cur Nc	20	40	60	80	100		
45	14		Devient silteux vers 16,2 mètres de profondeur.			×	CF-9	50	12												
50	15						×	CF-10	46	20											
55	16						×	CF-11	71	9											
60	18						×	CF-12	83	14											
65	19						×	CF-13	79	8											
70	21		Silt sableux gris.			×	CF-14	79	8												
75	22	128.71 22.25					×	CF-15	25	4											
80	24						×	CF-16	67	21				SA							25.8
85	25						×	CF-17	75	6				K = 1,9 x 10-6 m/s							
90	27		Devient avec des traces à un peu d'argile vers 28 mètres de profondeur..			×	CF-18	75	9												
95	28						×	CF-19	92	8											



RAPPORT DE FORAGE

Forage N° : QEEP-110
Dossier : JOVS-00216917-115500

Prof.		Coupe stratigraphique			Échantillons				Odeur			Essais		Graphique						
pi	m	Élév. Prof.	Description	Strat.	Eau	État	Type - No	Réc. %	N / RQD	FAIBLE	MOYENNE	FORTE	Essais	Cu Cur Nc	20	40	60	80	100	
30						X	CF-20	100	9											
100																				
31																				
105																				
32																				
33						X	CF-21	75	14											
110																				
34																				
115																				
35																				
36						X	CF-22	75	12											
120																				
37																				
125																				
38																				
39																				
130						X	CF-23	75	12											
40																				
135																				
41																				
42																				
140						X	CF-24	100	10											
43																				
145																				
44																				
45		105.84 45.12	Fin du forage à 45,1 mètres de profondeur.			X	CF-25	100	12											
150																				
46																				



RAPPORT DE FORAGE

Forage N° : QEEP-111
Dossier : JOVS-00216917-115500

Prof.		Coupe stratigraphique			Échantillons			Odeur			Essais		Graphique										
pi	m	Élév. Prof.	Description	Strat.	Eau	État	Type - No	Réc. %	N / RQD	FAIBLE	MOYENNE	FORTE	Essais	Cu Cur Nc	20	40	60	80	100				
45	14					X	CF-9	75	19														
50	15	134.42	Silt sableux gris, traces d'argile.			X	CF-10	83	8				K = 1,7 x 10 ⁻⁷ m/s										
55	16	14.99					X	CF-11	38	6													
60	17						X	CF-12	71	11													
65	18						X	CF-13	100	12													
70	19						X	CF-14	75	12													
75	20						X	CF-15	100	11													
80	21						X	CF-16	83	13													
85	22						X	CF-17	100	12													
90	23						X	CF-18	92	13													
95	24			Devient avec un peu d'argile vers 28,7 mètres de profondeur.			X	CF-19	25	8													



RAPPORT DE FORAGE

Forage N° : QEEP-111
Dossier : JOVS-00216917-115500

Prof.		Coupe stratigraphique			Échantillons				Odeur			Essais		Graphique						
pi	m	Élev. Prof.	Description	Strat.	Eau	État	Type - No	Réc. %	N / RQD	FAIBLE	MOYENNE	FORTE	Essais	Cu Cur Nc	20	40	60	80	100	
30																				
100																				
31																				
105																				
32																				
33																				
110																				
34																				
115																				
35																				
36																				
120																				
37																				
125																				
38																				
39																				
130																				
40																				
135																				
41																				
42																				
140																				
43																				
145																				
44																				
45																				
150																				
46		103.32 46.09	Fin du forage à 46,1 mètres de profondeur.																	

A2. Résultats d'essais in situ

Tableau A2.1. Synthèse des résultats d'essais de perméabilité dans les sols (riv. Madawaska)

Forage	Profondeur de l'essai (m)	Élévation de l'essai (m)	Perméabilité (m/s)
QEEP-110	3,7	147,3	2,5E-6
QEEP-110	25,0	126,0	1,9E-6
QEEP-111	8,8	140,6	3,3E-5
QEEP-111	16,5	132,9	1,7E-7

A3. Résultats d'essais en laboratoire



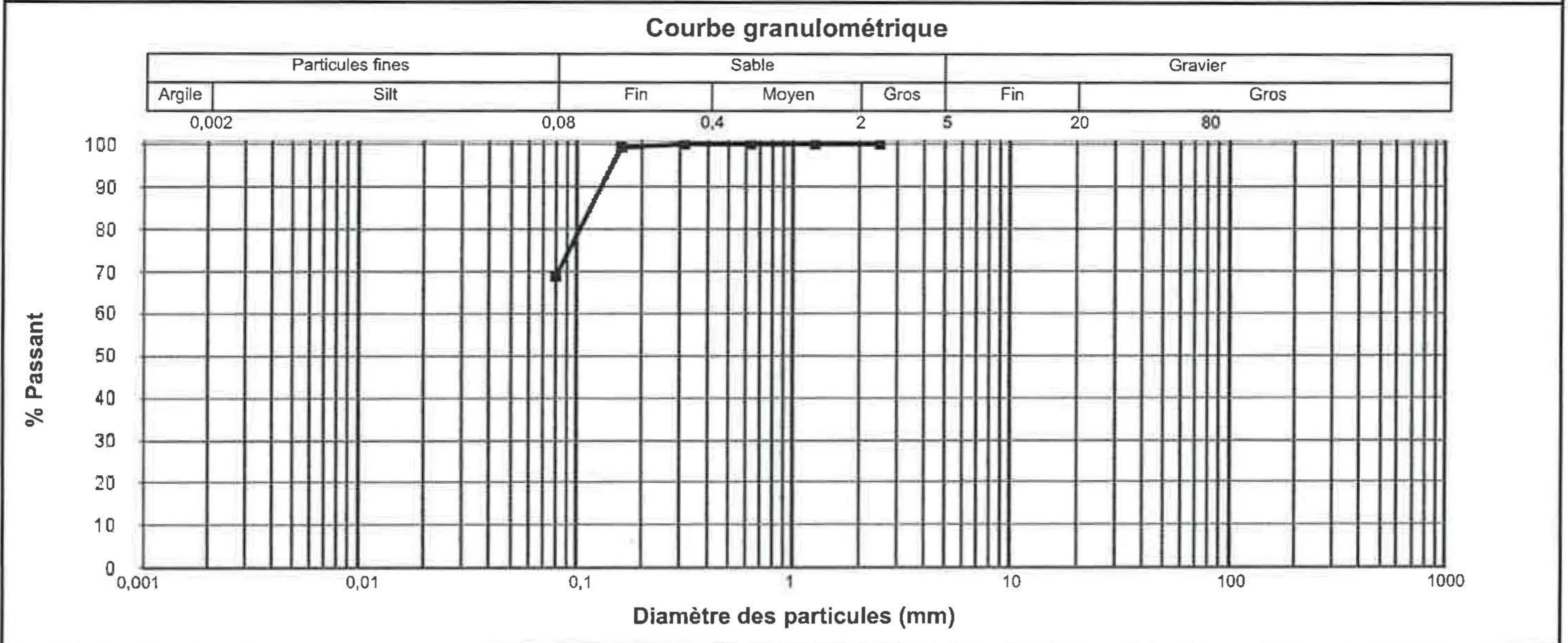
2555, rue Saint-Pierre
 Drummondville (QC) J2C 7Y2
 Téléphone: 819-477-3775
www.exp.com

**ESSAIS SUR SOLS
 FORAGE ET SONDAGE**

Certifié: ISO 9001:2008

Client : Johnston-Vermette	Dossier n° : JOVS-216917-115500
Projet : Oléoduc Énergie Est Segment II	Échantillon n° : DR-3852
	Réf. client :

Sondage n° : QEEP-110	Prélevé le : 2014-05-07 par EXP
Échantillon : CF-16	Reçu le : 2014-05-21
Profondeur : 23,8 à 24,4 mètres	Localisation : Rivière Madawaska



Analyse granulométrique LC 21-040		Description	Autres essais	
Tamis (mm)	Tamisat %passant mesuré		Teneur en eau	LC 21-201
112		D ₁₀ :		25,8%
80		D ₃₀ :		
56		D ₆₀ :		
40		Coefficient d'uniformité (Cu) :		
31,5		Coefficient de courbure (Cc) :		
20				
14		Gravier:	0 %	
10		Sable:	31 %	
5		Silt et argile:	69 %	
2,5		Description : Silt sableux		
1,25				
0,630	100			
0,315	100			
0,160	99			
0,080	68,9			

Remarques :

Vérifié par : *Genevieve Boisclair*
 Genevieve Boisclair
 Auxiliaire technique

Approuvé par : *Michelle Létourneau* Date : 2014-05-23
 Michelle Létourneau, ing., M.Sc.A.



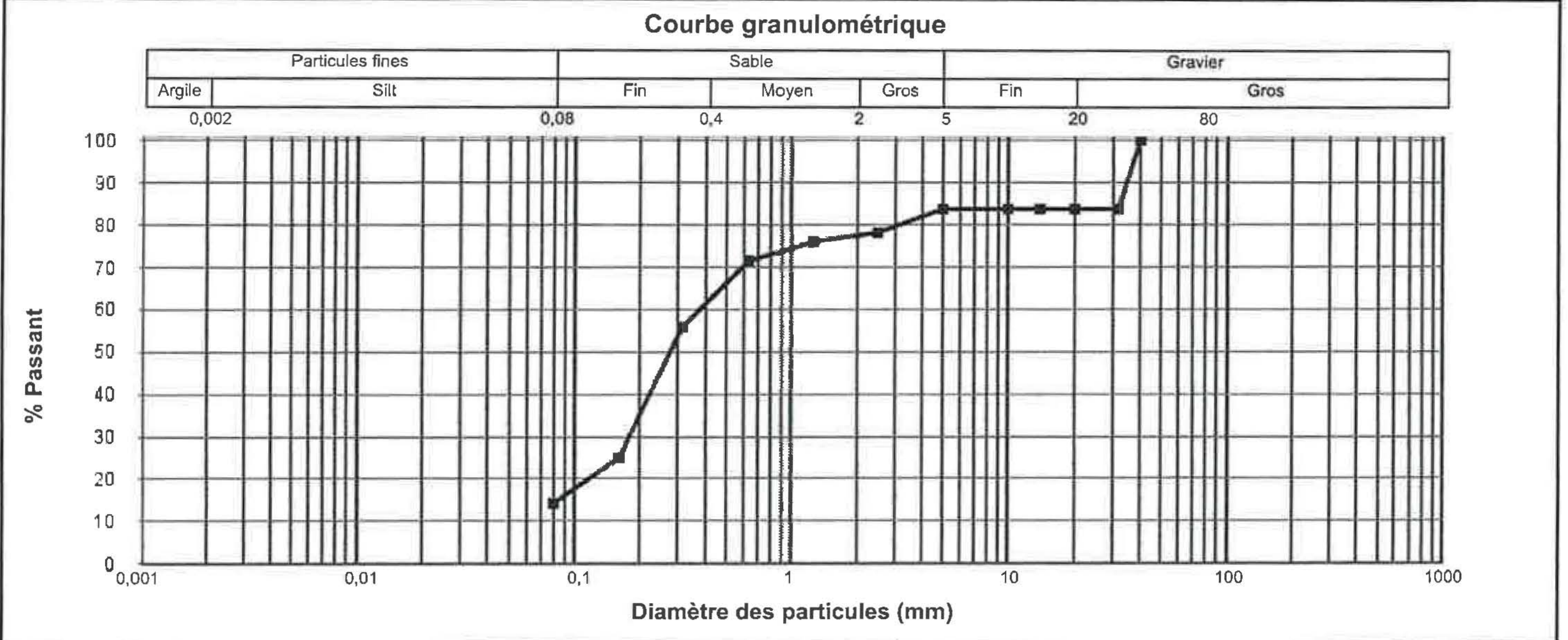
2555, rue Saint-Pierre
 Drummondville (QC) J2C 7Y2
 Téléphone: 819-477-3775
www.exp.com

**ESSAIS SUR SOLS
 FORAGE ET SONDAGE**

Certifié: ISO 9001:2008

Client :	Johnston-Vermette	Dossier n° :	JOVS-216917-115500
Projet :	Oléoduc Énergie Est Segment II	Échantillon n° :	DR-3884
		Réf. client :	

Sondage n° :	QEEP-111	Prélevé le :	2014-05-14 par EXP
Échantillon :	CF-5	Reçu le :	2014-05-27
Profondeur :	7,3 à 7,9 mètres	Localisation :	Rivière Madawaska



Analyse granulométrique LC 21-040		Description	Autres essais	
Tamis (mm)	Tamisat %passant mesuré		Teneur en eau	LC 21-201 15,5%
112		D ₁₀ :		
80		D ₃₀ :	0,185 mm	
56		D ₆₀ :	0,397 mm	
40	100	Coefficient d'uniformité (Cu) :		
31,5	84	Coefficient de courbure (Cc) :		
20	84			
14	84	Gravier:	16 %	
10	84	Sable:	70 %	
5	84	Silt et argile:	14 %	
2,5	78	Description :	Sable, un peu de gravier, un peu de silt	
1,25	76	Classification unifiée :	SM	
0,630	72			
0,315	56			
0,160	25			
0,080	14,1			

Remarques :

Vérifié par : *Geneviève Boisclair*
 Geneviève Boisclair
 Auxiliaire technique

Approuvé par : *Michelle Létourneau* Date : 2014-05-29
 Michelle Létourneau, ing., M.Sc.A.