

Annexe Vol 1-3

Étude de faisabilité Rivière Ouelle

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

Numéro du document : EEX16327-STCP-C-RP-0006-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 Ouelle 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 projetée est située approximativement à 7 km au sud de Saint-Onésime au Québec. À l'emplacement projeté, la rivière mesure approximativement 50 m de largeur. Il y a une diminution d'élévation approximative de 10 m entre le point d'entrée du côté ouest de la traverse et le point de sortie du côté est. 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-101

Profondeur (m)	Description du sous-sol
0	
	Aucun matériel récupéré
1,5	
	Silt graveleux, sable
3,9	
	Blocs de grès, gravier
4,5	
	Socle rocheux, principalement du grès, stratification d'argilite, fractures abondantes
40,3	

Tableau 2 : Forage QEEP-103

Profondeur	Description du sous-sol
0	
	Aucun matériel récupéré
1,5	
	Sable graveleux et silt
4,3	
	Socle rocheux, principalement du grès, stratification d'argilite, plans de stratification variables, quelques fractures
42,2	

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. La PME spécifique de ce site, déterminée par la différence d'élévation entre la station de pompage en amont et le point le plus bas de la traverse, est moins élevée que cette pression. Les calculs de FD pour cette traverse utilisent la PME de 8 450 kPa du projet, puisqu'elle est plus conservatrice que la PME spécifique de l'emplacement. La température de conception minimale est de 5 °C et la température d'exploitation maximale est de 60 °C. Une pression d'essai de 10 563 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	8 450	kPa
Pression d'essai (PE)	10 563	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 91,12 % 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 toutes les exigences

de la norme CSA Z662-11 sous les conditions spécifiées. La détermination finale des conditions d'exploitation de l'oléoduc et des matériaux des canalisations sera effectuée lors de 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 à l'emplacement, un forage directionnel 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. L'angle d'entrée a été conçu à 11 degrés afin de trouver un bon équilibre entre la profondeur de recouvrement et la longueur totale de la traverse, et l'angle de sortie a été conçu à 12 degrés afin d'équilibrer la longueur de la traverse et la hauteur de levage nécessaire du tuyau au point de sortie. Il en résulte une trajectoire de forage d'une longueur de 597,9 m et une profondeur de recouvrement de 28,0 m sous la rivière. Reportez-vous au plan 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. Du sable, du gravier et des blocs non consolidés ont été identifiés au-dessus du socle rocheux dans les deux forages d'exploration. Ces matériaux augmentent les risques de perte de fluide, d'effondrement du trou de forage, de coincement de la canalisation et d'endommagement du revêtement, et ils devraient être isolés du trou de forage. Une gaine de forage d'environ 25 m sera nécessaire pour atteindre le socle rocheux à 4,3 m de profondeur. Du côté sortie, une partie ou la totalité des 4,5 m du terrain de couverture devrait être excavée après la réalisation du trou pilote afin d'atténuer ces risques. 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 forage directionnel (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 252 467 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 afin 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. Ultimement, 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 assez 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 trou de forage est habituellement forée à nouveau pour permettre d'effectuer des ajustements à la trajectoire du trou de 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 aléateur et plusieurs configurations d'angle de cintrage soient nécessaires pour compléter le trou pilote à l'intérieur des tolérances prescrites.

4.2 Perte de circulation et fuites de fluide

Le risque de perte de fluide est à son niveau le plus élevé lors du forage du trou pilote, alors que la petite taille du trou de forage entraîne une pression circulatoire plus élevée et que ce trou plus petit peut plus facilement être bouché 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. Des fractures naturelles ainsi que mécaniques ont été identifiées dans les forages d'étude géotechnique. Certaines pertes de fluide ont aussi été observées pendant les essais de pression. Toutefois, les forages ont permis une récupération presque complète et obtenu des valeurs de désignation de qualité de roche (RQD) élevées. On présume que les pertes de fluides se sont produites à travers certaines fractures qui peuvent être colmatées à l'aide de pratiques de FD communes, à l'aide d'additifs pour fluide de forage typiques. 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 le 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 un adjuvant antiperte sont importants pour le succès d'un FD.

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 cailloux peuvent aussi s'avérer problématiques. L'effondrement d'un trou de forage peut coincer l'équipement et en causer la perte ainsi que l'abandon du trou. Une gaine de forage au point d'entrée et l'excavation au point de sortie devraient atténuer suffisamment le risque d'effondrement du trou de forage. Asseoir complètement la gaine de forage sur le socle rocheux ou cimenter la transition aidera à atténuer les risques d'une canalisation coincée pendant la procédure de tirage.

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 morceaux 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 de la tête de forage. 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 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 l'extrémité d'une gaine de forage ou celle entre le sous-sol rocheux et le terrain de couverture. La cause la plus commune de canalisation coincée est le contact entre l'aléreur et 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. Ceci, toutefois, a un impact important sur les coûts et le calendrier, en raison de l'augmentation du diamètre de tous les segments de la gaine de forage télescopée spécifiée. 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 aléreur se coince à l'extrémité de la gaine de forage, l'entrepreneur peut tenter de faire tourner l'aléreur dans la gaine ou de retirer la gaine en conjonction avec le tirage de la canalisation. Exercer une force trop grande sur le trépan aléreur 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.

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 trousse 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

résidants 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. Un forage horizontal (sans tranchée) et une méthode de traverse en tranchée sont considérés à cette étape; reportez-vous à l'annexe C pour les plans de conception préliminaire. Ceux-ci seront analysés de nouveau lors de l'ingénierie détaillée.

5. Conclusion

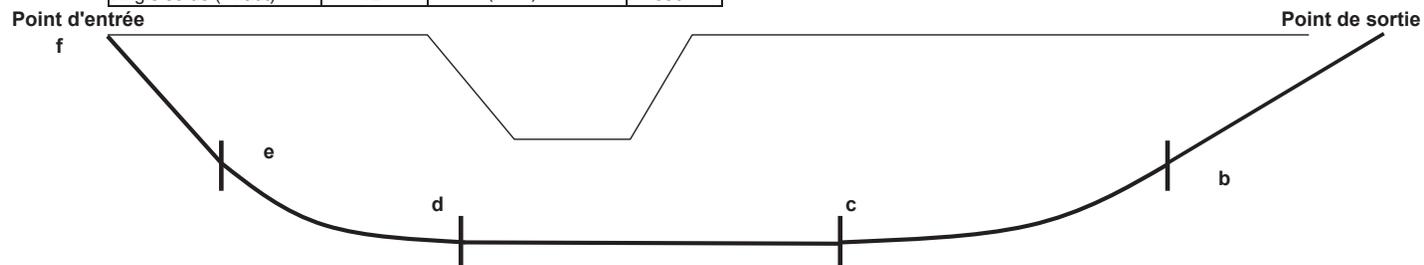
Selon l'information dont Entec disposait au moment de la rédaction de ce rapport, la traverse par FD proposée de la rivière Ouelle est jugée techniquement faisable. Les contraintes auxquelles sera assujéti le tuyau ont été examinées par Entec et le rayon de conception de 1 200 m a été confirmé. Les risques pourraient comprendre les difficultés de guidage, l'effondrement 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-125
RIVIÈRE OUELLE

Données de conception		Données de tuyau		Données de procédé		Critères de contrainte			
Longueur forée (m)	597.9	Dia ext. tuyau (mm)	1 067.0	PME (kPa)	8 450	Contraintes de cisaillement admissible			
Longueur horizontale (m)	592.3	Épais. nominale (mm)	20.2	Pr. essai (kPa)	10 563	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	Tolérance épais. (%)	0	T2 (°C)	60	Essai (MPa)	302.5	Essai (MPa)	302.5
Angle entrée (° bas)	11	Épaisseur d'essai (mm)	20.2	T1 (°C)	5				
Angle sortie (° haut)	12	Grade (MPa)	550						



Lieu	Construction					Contrainte d'essai (après tirage)			Post-assèchement pré-exploit. (PAPE)			Contrainte d'exploitation		
	Charge (lb)	(N)	(psi)	(MPa)	(% SA)	(psi)	(MPa)	(% SA)	(psi)	(MPa)	(% SA)	(psi)	(MPa)	(% SA)
Point A	102 439	457 316	995	6.86	2.49	29 272	201.8	66.72	15 110	104.2	34.44	36 344	250.6	91.12
Point B	109 126	487 168	15 615	107.66	39.15	29 297	202.0	66.78	15 231	105.0	34.72	36 223	249.8	90.82
Point C	158 040	705 535	15 915	109.73	39.90	29 235	201.6	66.63	15 638	107.8	35.64	35 817	246.9	89.80
Point D	158 040	705 536	15 915	109.73	39.90	29 235	201.6	66.63	15 638	107.8	35.64	35 817	246.9	89.80
Point E	227 422	1 015 275	16 199	111.69	40.61	29 287	201.9	66.75	15 296	105.5	34.86	36 158	249.3	90.66
Point F	252 467	1 127 085	16 293	112.33	40.85	29 316	202.1	66.82	15 110	104.2	34.44	36 344	250.6	91.12

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	Émis pour 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 8 450 kPa, survenant aux sorties des stations de pompage. La PME spécifique du site, qui est déterminée par la différence d'élévation entre la station de pompage en amont et le point le plus bas de la traverse, est inférieure à cette pression. Les calculs de FD pour cette traverse utilisent la PME du projet (8 450 kPa), puisque celle-ci est plus conservatrice que la PME spécifique du site. La PME finale sera déterminée lors de l'ingénierie détaillée.

LISTE DES HYPOTHÈSES DE CALCUL

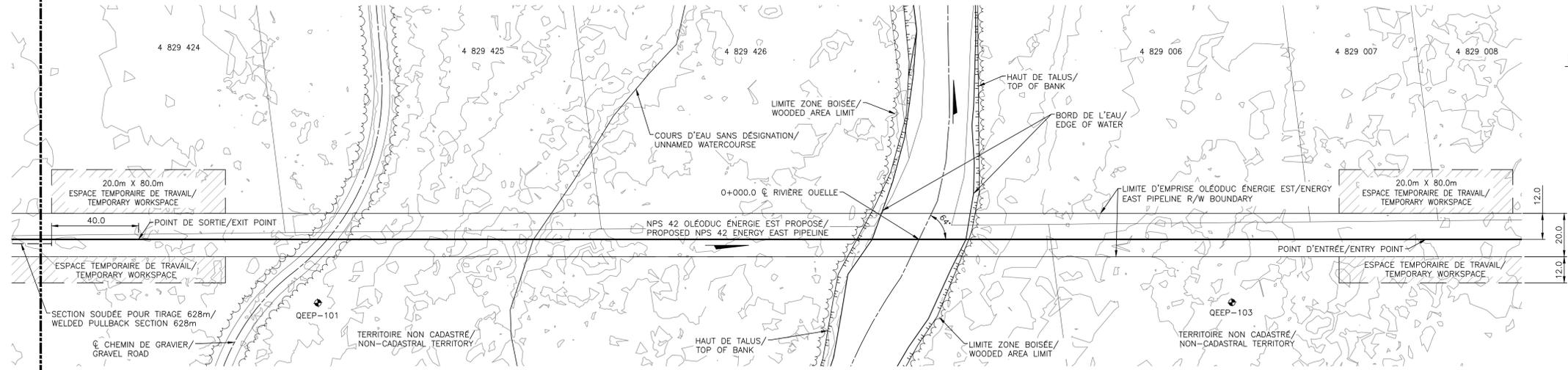
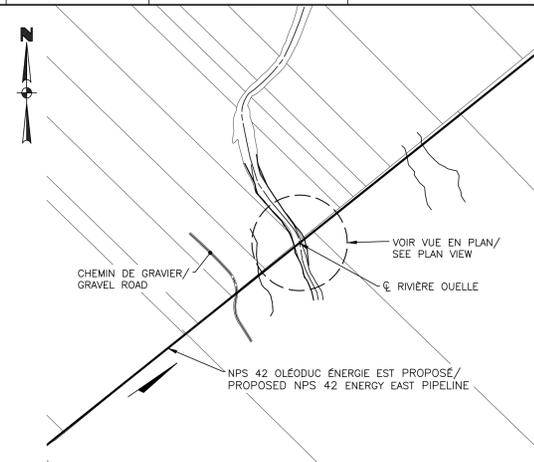
Densité du matériau (acier) :	7 800 kg/m ³
Taux d'expansion thermique (acier) :	12,0 x 10 ⁻⁶ m/m°C)
Coefficient de Poisson (acier) :	0,30
Module d'élasticité de Young (acier) :	207 GPa
Épaisseur du revêtement :	0 mm *
Type de revêtement :	non disponible *
Densité de la boue :	1 180 kg/m ³
Coefficient 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.

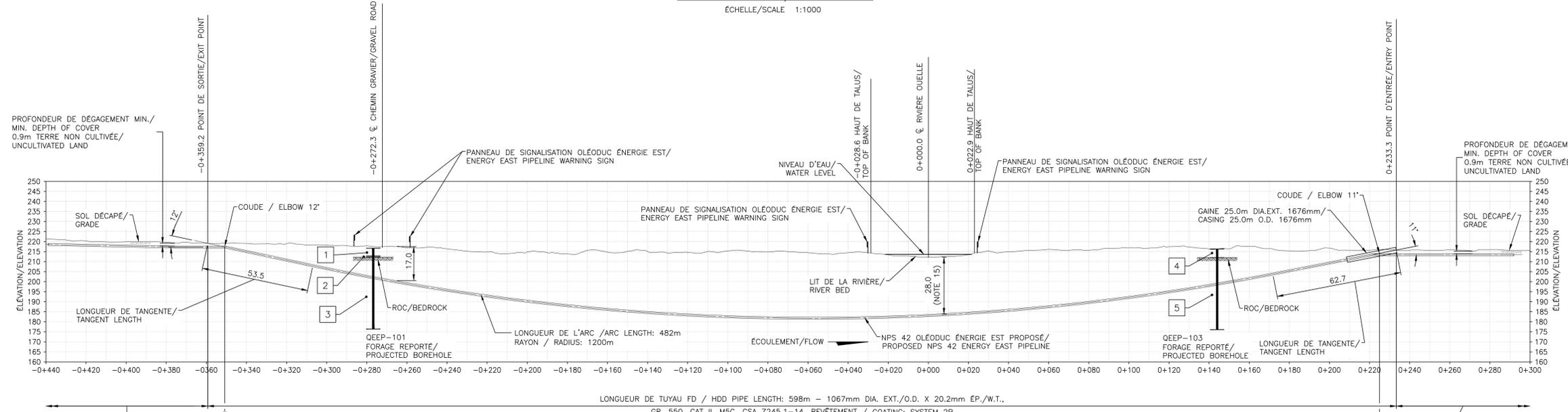
Annexe B

Plan de conception

RAPPORT DE FORAGE / BOREHOLE LOG		
No. FORAGE / BOREHOLE No.	REPÈRE / TAG	DESCRIPTION
QEEP-101	1	SILT ET SABLE GRAVELEUX GRIS / GEY GRAVELLY SILT AND SAND
	2	GRAVIER ET BLOCS / GRAVEL AND BOULDERS
	3	ROC / ROCK
QEEP-103	4	SABLE ET SILT / SAND AND SILT
	5	ROC / BEDROCK



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



VUE EN PROFIL / PROFILE 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 TUYAU / TYPICAL PIPE TRANSITION DETAIL
4930-03-ML-SK-514F	DÉTAIL TYPIQUE DE COUDE 3D / TYPICAL DRAWING 3D ELBOW DETAIL
16327-03-ML-03-041	RIVIÈRE OUELLE - TRAVERSE PAR FORAGE DIRECTIONNEL / HDD CROSSING
16327-03-ML-03-031	RIVIÈRE OUELLE - TRAVERSE PAR FORAGE HORIZONTAL / BORE CROSSING (ALTERNATIVE)
16327-03-ML-03-010	RIVIÈRE OUELLE - TRAVERSE EN TRANCHÉE (OUVERTE) / TRENCHED CROSSING (OPEN CUT) (ALTERNATIVE)

RÉVISION / REVISION		APPROBATION / APPROVAL	
REV / REV	DATE / DATE	DESCRIPTION / DESCRIPTION	COMPAGNIE / COMPANY
A	2015-02-12	ANC. ÉMIS COMME 16327-03-ML-03-009A - ÉMIS POUR INFORMATION / PREVIOUSLY ISSUED AS 16327-03-ML-03-009A - ISSUED FOR INFORMATION	JV / ENTEC

DESIGNATEUR / DRAFTER		VÉRIFICATEUR / CHECKER		CONCEPTEUR / DESIGNER		VÉRIF. CONCEPT / DESIGN CHK		CHARGE PROJET / PROJECT MGR		COMPAGNIE / COMPANY	
JCS		CS		SZ		NZ		JP		JV	ENTEC

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

JOHNSTON-VERMETTE

INFORMATION GÉNÉRALE OLÉODUC ÉNERGIE EST / ENERGY EAST GENERAL INFORMATION PIPELINE

FIA/FIA 16327 CHAÎNAGE/CHAINAGE DISCIPLINE/DISCIPLINE 03

RIVIÈRE OUELLE
TRAVERSE PAR FORAGE DIRECTIONNEL/HDD CROSSING
QUÉBEC

ÉCH./SCALE T.O.I./A.S. 16327-03-ML-03-009

REV/REV 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 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 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 CONSTRUCTION. / THE HDD CONTRACTOR SHALL VERIFY APPROVED ENTRY/EXIT LOCATIONS AND DRILLING DIRECTION BASED ON THE SITE CONDITIONS DURING 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. 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.

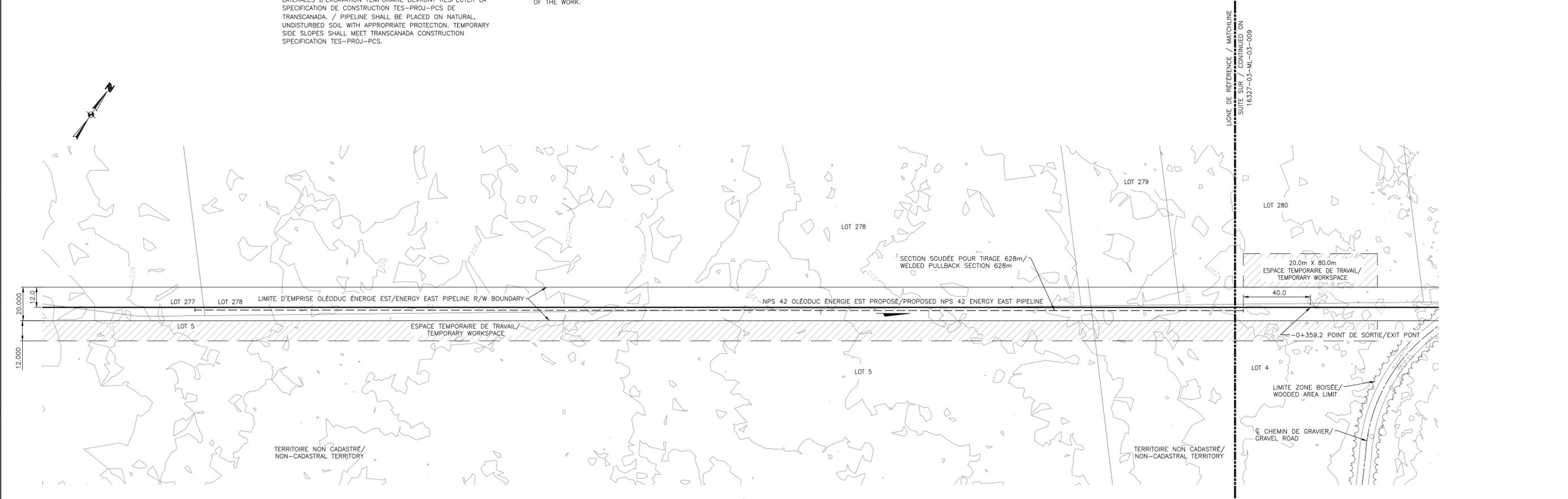
9. L'ENTREPRENEUR DU FORAGE DIRECTIONNEL DOIT VÉRIFIER L'EMPLACEMENT DES POINTS D'ENTRÉE/SORTIE ET LE SENS DU FORAGE EN SE BASANT SUR LES CONDITIONS DU SITE RENCONTRÉES AU MOMENT DE LA CONSTRUCTION / THE HDD CONTRACTOR SHALL VERIFY APPROVED ENTRY/EXIT LOCATIONS AND DRILLING DIRECTION BASED ON THE SITE 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'INGÉNIÉRIE 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'INGÉNIÉRIE DÉTAILLÉE) / SEE DETAILED ENVIRONMENTAL CONDITIONS (TO BE DEFINED IN DETAILED ENGINEERING)

SPÉCIFICATIONS DE L'OLÉODUC / PIPELINE SPECIFICATIONS

- CONDUITE / LINE PIPE: 1067mm DIA. EXT. / O.D. (NPS 42) x 11.9mm EP/W.T. GR. 483, CAT II, M5C CSA Z245.1-14
 TUYAU À PAROI ÉPAISSE / HW PIPE: 1067mm DIA. EXT. / O.D. (NPS 42) x 20.2mm EP/W.T. GR. 550, CAT II, M5C 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: SOUDEE / 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): 10 563 kPa
- PRESSION MAX. D'EXPLOITATION* / MAX. OPERATING PRESSURE*: 8 450 kPa
- PRODUIT TRANSPORTÉ / PRODUCT CARRIED: PÉTROLE BRUT / CRUDE OIL

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



VUE EN PLAN / PLAN VIEW
 ECHELLE / 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 TUYAU / TYPICAL PIPE TRANSITION DETAIL
4930-03-ML-SK-514F	DÉSSIN TYPIQUE DE COUDE 3D / TYPICAL DRAWING 3D ELBOW DETAIL
16327-03-ML-03-009	RIVIÈRE OUELLE - TRAVERSE PAR FORAGE DIRECTIONNEL / HDD CROSSING
16327-03-ML-03-031	RIVIÈRE OUELLE - TRAVERSE PAR FORAGE HORIZONTAL / BORE CROSSING (ALTERNATIVE)
16327-03-ML-03-010	RIVIÈRE OUELLE - TRAVERSE EN TRANCHÉE (OUVERTE) / TRENCHED CROSSING (OPEN CUT) (ALTERNATIVE)

REVISION / REVISION

REV / REV	DATE / DATE	DESCRIPTION / DESCRIPTION
A	2015-02-12	ANC. EMIS COMME 16327-03-ML-03-009B - EMIS POUR INFORMATION / PREVIOUSLY ISSUED AS 16327-03-ML-03-009B - ISSUED FOR INFORMATION

APPROBATION / APPROVAL

CODE PROJET / PROJECT CODE	DESSINATEUR / DRAFTER	VÉRIFICATEUR / CHECKER	CONCEPTEUR / DESIGNER	VÉRIF. CONCEPT / DESIGN CHK.	CHARGE PROJET / PROJECT MGR.	COMPAGNIE / COMPANY
2.229206	JCS	CS	SZ	ML	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 OUELLE
 TRAVERSE PAR FORAGE DIRECTIONNEL / HDD CROSSING
 QUÉBEC

ÉCH. / SCALE: T.O.I. / A.S. DESSIN / DRAWING: 16327-03-ML-03-041 REV / REV: A

Annexe C

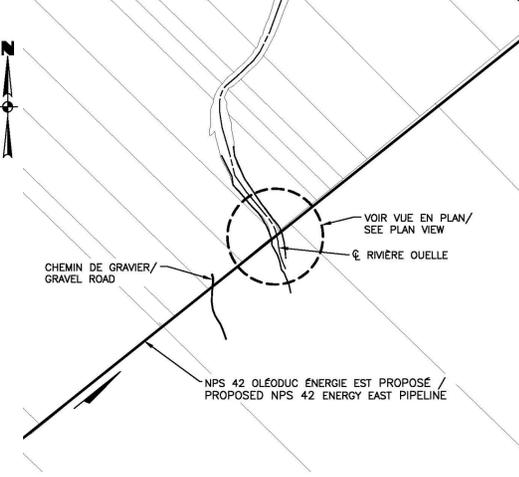
Plan de traverse alternative

NOTES:
ARPENTAGE / SURVEYING:
 1. TOUTES LES MESURES SONT EN MÈTRES SAUF INDICATION CONTRAIRE. / ALL MEASUREMENTS ARE IN METERS UNLESS OTHERWISE SPECIFIED.
 2. TOUTS 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 TOUTS 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, INDIQUENT 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'ACHEVEMENT 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'EMPECHENT 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 DEVRONT 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'INGÉNIEUR DÉTAILLÉE. / BUOYANCY CONTROL WILL BE DETERMINED IN DETAILED ENGINEERING.
ENVIRONNEMENT / ENVIRONMENTAL:
 20. VOIR LES CLAUSES ENVIRONNEMENTALES DÉTAILLÉES (À ÊTRE COMPLÉTÉES À L'INGÉNIEUR DÉTAILLÉE). / SEE DETAILED ENVIRONMENTAL CONDITIONS (TO BE DEFINED IN DETAILED ENGINEERING)



MUNICIPALITÉ DE/MINICIPALITY OF SAINTE-LOUISE

LAT. 47° 15' 46.01" LONG. -69° 57' 53.34"
 AU/AT RIVIÈRE OUELLE

PLAN DE LOCALISATION / LOCATION PLAN
 ÉCHELLE/SCALE 1:10,000

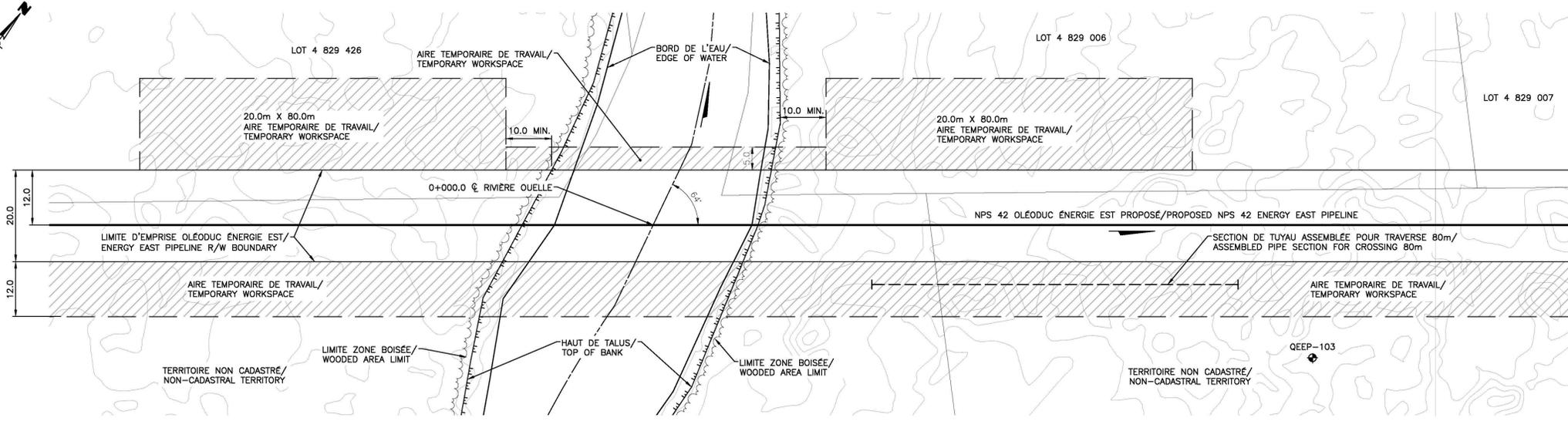
SPÉCIFICATIONS DE L'OLÉODUC / PIPELINE SPECIFICATIONS

- CONDUITE / LINE PIPE: 1067mm DIA. EXT. / O.D. (NPS 42) x 11.9mm EP./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 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): 10 563 kPa
- PRESSION MAX. D'EXPLOITATION* / MAX. OPERATING PRESSURE*: 8 450 kPa
- PRODUIT TRANSPORTÉ / PRODUCT CARRIED: PÉTROLE BRUT / CRUDE OIL

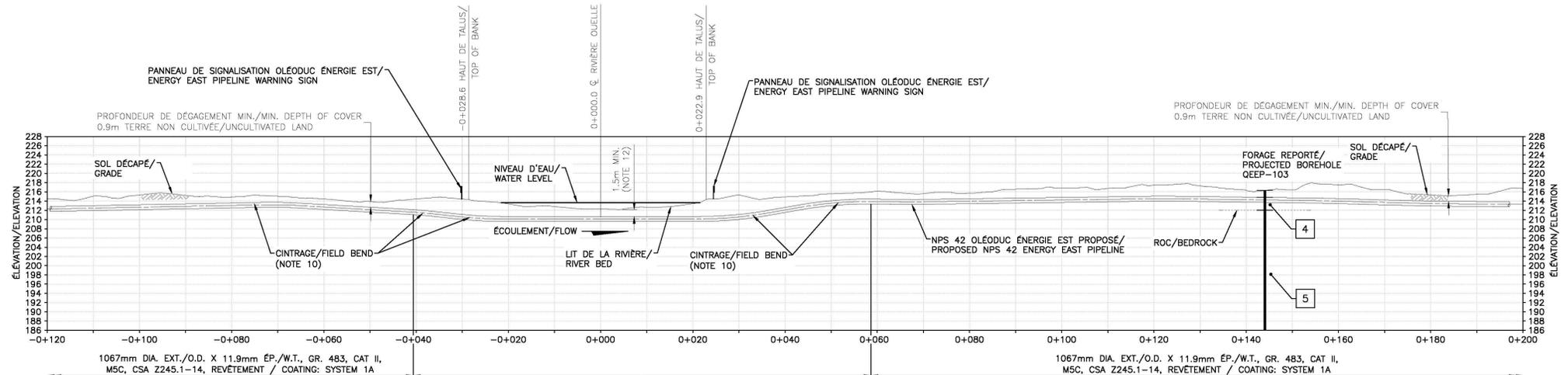
*LA VALEUR FINALE DE LA PME SERA DÉTERMINÉE À LA PHASE D'INGÉNIEUR DÉTAILLÉE / FINAL MOP WILL BE DETERMINED DURING DETAILED ENGINEERING.

RAPPORT DE FORAGE / BOREHOLE LOG

No. FORAGE/BOREHOLE No.	REPÈRE/TAG	DESCRIPTION
QEEP-103	4	SABLE ET SILT GRAVELEUX BRUN À GRIS/BROWN TO GREY GRAVELLY SAND AND SILT
	5	ROC/BEDROCK



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



VUE EN PROFIL/PROFILE VIEW
 ÉCH. HOR./HOR. SCALE 1:500
 ÉCH. VERT./VERT. SCALE 1:500

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 TUYAU/TYPICAL PIPE TRANSITION DETAIL
4930-03-ML-SK-514F	DESSIN TYPIQUE DE COUDE 3D/TYPICAL DRAWING 3D ELBOW DETAIL
STDS-03-ML-05-608F	REMBLAI TRAVERSE DE RIVIÈRE, PROTECTION CONTRE L'ÉROSION/WATERCROSSING BANK EROSION PROTECTION
STDS-03-ML-05-295	PONCEAU TEMPORAIRE AVEC BUSE / TEMPORARY FLUME CULVERT CROSSING
STDS-03-ML-05-296	TRAVERSE DE COURS D'EAU AVEC BUSE / FLUME WATERCOURSE CROSSING
16327-03-ML-03-009	RIVIÈRE OUELLE - TRAVERSE PAR FORAGE DIRECTIONNEL / HDD CROSSING
16327-03-ML-03-041	RIVIÈRE OUELLE - TRAVERSE PAR FORAGE DIRECTIONNEL / HDD CROSSING
16327-03-ML-03-031	RIVIÈRE OUELLE - TRAVERSE PAR FORAGE HORIZONTAL / BORE CROSSING (ALTERNATIVE)

RÉVISION/REVISION

REV/REV	DATE/DATE	DESCRIPTION/DESCRIPTION
A	2014-04-25	ÉMIS POUR RÉVISION (JOHNSTON-VERMETTE) / ISSUED FOR REVIEW (JOHNSTON-VERMETTE)
B	2014-04-29	ÉMIS POUR RÉVISION (STANTEC) / ISSUED FOR REVIEW (STANTEC)
C	2014-05-16	ÉMIS POUR RÉVISION (CLIENT) / ISSUED FOR REVIEW (CLIENT)
D	2014-06-09	ÉMIS POUR INGÉNIEURIE DE BASE / ISSUED FOR FEED
E	2014-12-12	ÉMIS POUR RÉVISION CLIENT / ISSUED FOR CLIENT REVIEW
F	2015-02-12	ÉMIS POUR INFORMATION / ISSUED FOR INFORMATION

APPROBATION/APPROVAL

CODE PROJET/PROJECT CODE	DESSINATEUR/DRAWER	VÉRIFICATEUR/CHECKER	CONCEPTEUR/DESIGNER	VÉRIF. DESIGN/CHK.	CHARGE PROJET/PROJECT MGR	COMPAGNIE/COMPANY
2223824	GD	MT	CT	AB	SM	JOHNSTON-VERMETTE
2223824	GD	MT	CT	AB	SM	JOHNSTON-VERMETTE
2.229206	GD	MT	CT	AB	SM	JOHNSTON-VERMETTE
2.229206	MT	CS	NG	AB	SM	JOHNSTON-VERMETTE
2.229206	MT	CS	NG	AB	GP	JOHNSTON-VERMETTE
2.229206	JCS	CS	NG	AB	GP	JOHNSTON-VERMETTE

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
 JOHNSTON-VERMETTE

INFORMATION GÉNÉRALE OLÉODUC ÉNERGIE EST / ENERGY EAST GENERAL INFORMATION PIPELINE

FA/FA 16327 CHAINAGE/CHAINAGE DISCIPLINE/DISCIPLINE 03

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

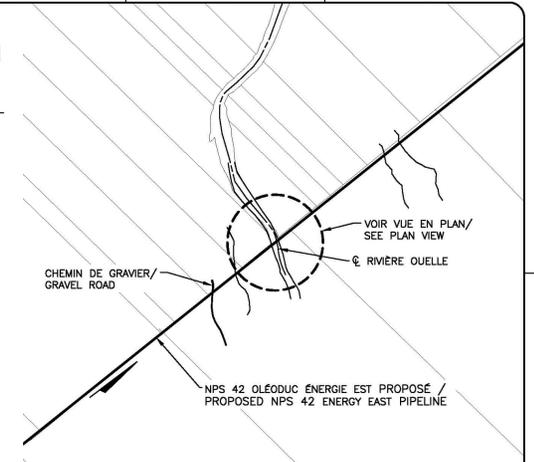
ÉCH./SCALE 1:Q.I./A.S. DESSIN/DRAWING 16327-03-ML-03-010 REV/REV F

NOTES:
ARPENTAGE / SURVEYING:
 1. TOUTES LES MESURES SONT EN MÈTRES SAUF INDICATION CONTRAIRE. / ALL MEASUREMENTS ARE IN METRES UNLESS OTHERWISE SPECIFIED.
 2. TOUS LES CHAÎNAGES 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 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 DE TRANSCANADA ET AUX EXIGENCES DU PERMIS DE TRAVERSE. / PIPELINE CONSTRUCTION AND HYDROSTATIC TESTING PROGRAM SHALL COMPLY WITH CSA Z662-11 STANDARD, TRANSCANADA CONSTRUCTION SPECIFICATION TES-PROJ-PCS AND MEET REQUIREMENTS IN THE CROSSING AGREEMENTS.

ALIGNEMENT DE LA CONDUITE ET INSTALLATION / PIPE ALIGNMENT AND INSTALLATION:
 5. L'ENTREPRENEUR DU FORAGE HORIZONTAL DOIT VÉRIFIER LA PROFONDEUR ET L'EMPLACEMENT DES INSTALLATIONS SOUTERRAINES EXISTANTES AVANT LA CONSTRUCTION. / THE BORING 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 HORIZONTAL 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 BORING CONTRACTOR SHALL VERIFY APPROVED ENTRY/EXIT LOCATIONS AND DRILLING DIRECTION BASED ON THE SITE CONDITIONS DURING CONSTRUCTION.
 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'ACHEVEMENT DES TRAVAUX. / A FINAL «AS-BUILT» PLAN AND PROFILE SHALL BE PROVIDED TO ENERGY EAST PIPELINE AFTER THE COMPLETION OF THE WORK.
 12. L'ENTREPRENEUR DU 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 BORING EQUIPMENT, INSTALLATION OF THE PIPE, REMOVAL OF BORING EQUIPMENT, AND RESTORATION OF THE SITE.
 13. LA PROFONDEUR DE RECOUVREMENT SERA DÉTERMINÉE À LA PHASE D'INGÉNIEURIE DÉTAILLÉE. / DEPTH OF COVER WILL BE FINALIZED DURING THE DETAILED ENGINEERING PHASE.

GESTION DES DÉBLAIS ET DES REMBLAIS TEMPORAIRES / SOIL PLACEMENT-TEMPORARY
 14. LES PENTES DU DÉBLAIS D'EXCAVATION DOIVENT ÊTRE CONFORMES À LES 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.
 15. 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'EMPECHENT 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.
ENVIRONNEMENT / ENVIRONMENTAL:
 16. VOIR LES CLAUSES ENVIRONNEMENTALES DÉTAILLÉES (À ÊTRE COMPLÉTÉES À L'INGÉNIEURIE DÉTAILLÉE) / SEE DETAILED ENVIRONMENTAL CONDITIONS (TO BE DEFINED IN DETAILED ENGINEERING)

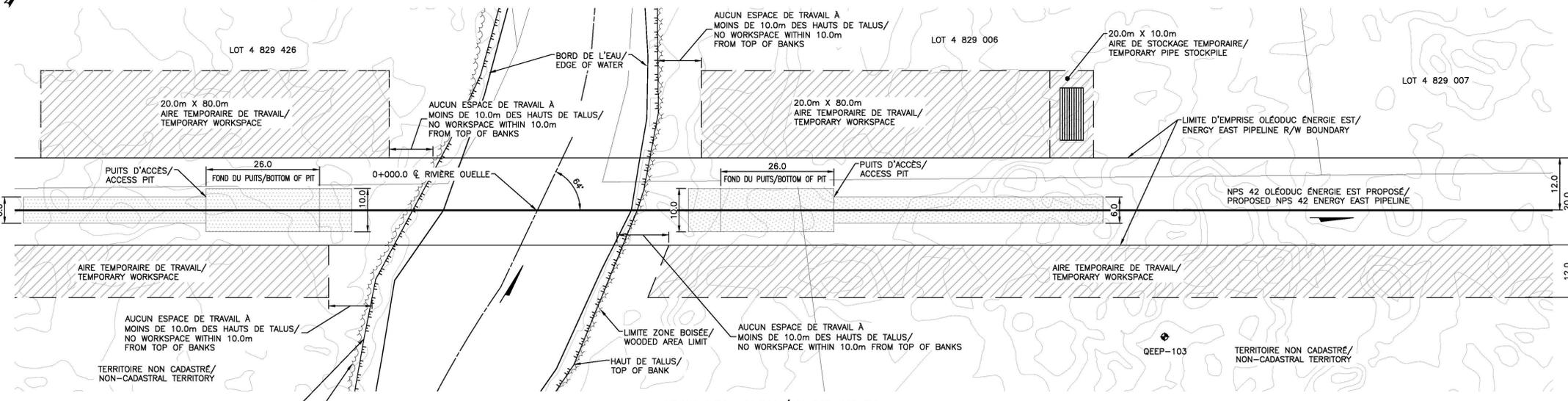


MUNICIPALITÉ DE/MINICIPALITY OF SAINTE-LOUISE
 LAT. 47° 15' 46.01" LONG. -69° 57' 53.34"
 AU/AT RIVIÈRE OUELLE
PLAN DE LOCALISATION / LOCATION PLAN
 ÉCHELLE/SCALE 1:10,000

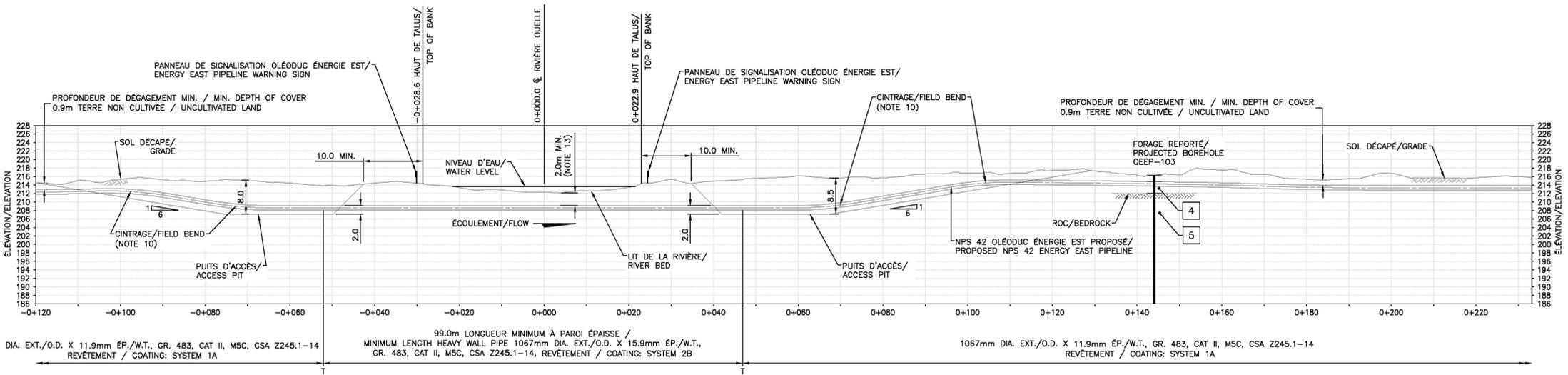
SPÉCIFICATIONS DE L'OLÉODUC / PIPELINE SPECIFICATIONS

- CONDUITE / LINE PIPE: 1067mm DIA. EXT. / O.D. (NPS 42) x 11.9mm 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
- MÉTHODE DE TRAVERSE / CROSSING METHOD: FORAGE HORIZONTAL / BORE
- MÉTHODE DE TRAVERSE ALTERNATIVE / ALTERNATE CROSSING METHOD: TRANCHÉE / TRENCHED
- TEST DE PRESSION MIN. (SECTION DE TRAVERSE)/MIN. TEST PRESSURE (CROSSING SECTION): 10 563 kPa
- PRESSION MAX. D'EXPLOITATION* / MAX. OPERATING PRESSURE*: 8 450 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



VUE EN PROFIL/PROFILE VIEW
 ECH. HOR./HOR. SCALE 1:500
 ECH. VERT./VERT. SCALE 1:500

RAPPORT DE FORAGE / BOREHOLE LOG

No. FORAGE / BOREHOLE No.	REPÈRE / TAG	DESCRIPTION
QEEP-103	4	SABLE ET SILT GRAVELEUX BRUN À GRIS / BROWN TO GREY GRAVELLY SAND AND SILT
	5	ROC/BEDROCK

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 TUYAU/TYPICAL PIPE TRANSITION DETAIL
4930-03-ML-SK-514F	DESSIN TYPIQUE DE COUDE 3D/TYPICAL DRAWING 3D ELBOW DETAIL
16327-03-ML-03-009	RIVIÈRE OUELLE - TRAVERSE PAR FORAGE DIRECTIONNEL / HDD CROSSING
16327-03-ML-03-041	RIVIÈRE OUELLE - TRAVERSE PAR FORAGE DIRECTIONNEL / HDD CROSSING
16327-03-ML-03-010	RIVIÈRE OUELLE - TRAVERSE EN TRANCHÉE (OUVERTE) / TRENCHED CROSSING (OPEN CUT) (ALTERNATIVE)

RÉVISION / REVISION

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

APPROBATION / APPROVAL

CODE PROJET / PROJECT CODE	DESSINATEUR / DRAWER	VÉRIFICATEUR / CHECKER	CONCEPTEUR / DESIGNER	VERIF. DESIGN / CHK.	CHARGE PROJET / PROJECT MGR	COMPAGNIE / COMPANY
2.229206	MT	CS	NG	AB	GP	JOHNSTON-VERMETTE
2.229206	JCS	CS	NG	AB	GP	JOHNSTON-VERMETTE

INGÉNIEUR/RPT PROFESSIONAL ENGINEER/RPT
 PERMIS/APP. INC. PERMIT/ENG. APPROVAL
 DATE/DATE
**PRÉLIMINAIRE
 NON POUR CONSTRUCTION/
 PRELIMINARY ONLY
 NOT FOR CONSTRUCTION**
 REV/REV DATE/DATE PERMIS/PERMIT No:

TransCanada
Stantec
 JOHNSTON-VERMETTE
 INFORMATION GÉNÉRALE OLÉODUC ÉNERGIE EST / ENERGY EAST GENERAL INFORMATION PIPELINE
 FA/FA 16327 CHAÎNAGE/CHAINAGE DISCIPLINE/DISCIPLINE 03
 RIVIÈRE OUELLE
 TRAVERSE PAR FORAGE HORIZONTAL / BORE CROSSING (ALTERNATIVE)
 QUÉBEC
 ECH./SCALE 1:500 DESSIN/DRAWING 16327-03-ML-03-031 REV/REV B

Annexe D

Information géotechnique

J1. Rapports de forage

Géotechnique et environnement

Notes explicatives sur les rapports de sondage



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.

DESCRIPTION

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.

Classification et dimension des particules

Terminologie	Dimensions (mm)	Proportion (en poids)
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	
Traces		< 10 %
Un peu		10 % à 20 %
Adjectif (ex. : sableux)		20 % à 35 %
Nom (ex. : et sable)		> 35 %

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.

Sols pulvérulents

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.

Compacité	Indice « N »
Très lâche	< 4
Lâche	4 à 10
Compact ou moyenne	10 à 30
Dense	30 à 50
Très dense	> 50

Sols cohérents

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_t) est définie par le rapport de la résistance au cisaillement du matériau intact (C_u) sur celle du matériau remanié (C_{ur}).

Consistance	Résistance (C_u , kPa)	Indice « N »
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
Sensibilité (S_t)		C_u / C_{ur}
Insensible		< 2
Sensibilité moyenne		2 à 4
Sensible		4 à 8
Très sensible		8 à 16
Extrêmement sensible		> 16
Plasticité	Limite de liquidité (w_l)	Indice de plasticité (I_p)
Faible	< 30	< 10 %
Moyenne	30 à 50	10 % à 25 %
Élevée	> 50	> 25 %

Socle rocheux

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.

Terminologie	Indice RQD
Très mauvaise	0 % à 25 %
Mauvaise	25 % à 50 %
Moyenne	50 % à 75 %
Bonne	75 % à 90 %
Excellente	90 % à 100 %

STRATIGRAPHIE

Les symboles suivants sont utilisés, seuls ou associés, pour illustrer la stratigraphie; un X indique qu'il s'agit de matériaux de remblai.

	Argile		Gravier
	Silt		Sols organiques
	Sable		Calcaire ou dolomie
	Roche ignée		Shale ou ardoise
	Grès		Roche métamorphique

ESSAIS

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.

N	:	Essai de pénétration standard
C_u	:	Résistance au cisaillement
C_{ur}	:	Résistance au cisaillement (remanié)
S_t	:	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

COLONNE QUADRILLÉE

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.



RAPPORT DE FORAGE

Forage N° : QEEP-101
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	
85	26		À 25,15 mètres de profondeur : Fracture naturelle potentiellement ouverte, partiellement cristallisée sur environ 5 centimètres.																	
27			Grès fracturé à 26,62 mètres de profondeur. Présence de placage ardoisier avec traces de glissement. Faille possible. Perte de 15 centimètres (entre 26,62 et 26,77 mètres de profondeur).				CR-18	90	72											
90		189.30 27.40	Quelques fissures et fractures naturelles entre 27,00 et 27,25 mètres de profondeur.				CR-19	100	28						4.20					
28			Séquence d'argilite rouge avec quelques écailles de grès. Zone perturbée, plissée. Litage variable. Plan de foliation "luisants" subverticaux rouge à noir. Roc très fracturé (mécaniquement).																	
95	29	187.98 28.72	Grès feldspathique à grain grossier, gris-vert massif. Fragment de feldspath blancs et roses. Veines de calcite abondantes jusqu'à 30,70 mètres de profondeur. Évidence de perturbation. Fracture naturelle à 29,80 m et fissure à 30,00 mètres de profondeur.				CR-20	100	97											
30																				
100		186.00 30.70	Argilite rouge avec minces interlits de grès. Résistance moyenne. Fracturé à 30,75 mètres de profondeur.				CR-21	100	67											
31		185.40 31.30	Séquence massive de grès gris à grain moyen à grossier. Peu de fissures. Présence de placage ardoisiers minces avec stries de glissement minces orientés à 40° à 32,00 m, 32,10 m et 32,35 mètres de profondeur.				CR-22	100	89							4.34				
105	32																			
33																				
110			Base conglomératique de lit de 33,35 à 33,45 mètres de profondeur. Mince lit d'argilite rouge à 33,45 mètres de profondeur. Lits massifs de grès à grain grossier rouge avec passages gris.				CR-23	100	86											
34																				
115	35																			
36			Stries de glissement à pendage de 60° et 50° entre 36,00 et 36,05 mètres de profondeur. Joint à 20° de l'axe de la carotte à 36,26 mètres de profondeur (fracture mécanique).				CR-24	100	93				Com = 100,2 MPa							
120																0.58				
37			Fissure naturelle fracturée à 37,28 mètres de profondeur. Zone de fissures fracturées ou calcifiées dans le grès entre 37,40 et 37,75 mètres de profondeur.				CR-25	100	90											
38																				
125	38																			
39			Quelques interlits fissurés d'argilite rouge entre 38,93 et 39,07 mètres de profondeur (fracture mécanique).				CR-26	100	93											



RAPPORT DE FORAGE

Forage N° : QEEP-103
Dossier : JOVS-00216917-115500

Projet : Oléoduc Énergie Est - Exploration géotechnique
Traverses de rivières majeures - Segment II
Endroit : Rivière Ouelle
Foreur : Forage SL inc.
Date du forage : 2014-06-17

Compilé par : M. Létourneau
Technicien : M. Boisvert
Approuvé par : D. Giguère
Date du rapport : 2014-07-18

Coordonnées géographiques

Latitude : 47.2634°
Longitude : -69.9631°

Niveau de référence

Géodésique

Niveau d'eau

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

Tubage : NW
Carottier : NQ
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
			216.32	Niveau actuel du sol																
		0.00		Descente des tubages en destruction jusqu'à vers 1,5 mètre de profondeur. Présence possible de gravier grossier / cailloux.																
5		214.80	1.52	Sable et silt graveleux brun.				CF-1	63	28										
10		213.27	3.05	Silt et sable graveleux gris.				CF-2	20	R										
15		212.03	4.29	Socle rocheux : Grès feldspathique à grain moyen à grossier, gris rougeâtre à gris verdâtre, massif. Fractures mécaniques occasionnelles le long de fissures naturelles, notamment à 4,37 m (15-20° de l'axe de la carotte) à 4,56 m (20° de l'axe de la carotte) à 5,95 m (20° de l'axe de la carotte) et à 6,75 m (30° de l'axe de la carotte).				CR-3	100	76				Com = 196,1 MPa						
20								CR-4	100	100										
25								CR-5	100	92										
30				Mince lit (2 cm) d'argilite à 8,42 mètres de profondeur avec litage apparent à pendage de 70°.				CR-6	97	97										
35				Roc généralement très sain.				CR-7	100	91										

Remarques :



RAPPORT DE FORAGE

Forage N° : QEEP-103
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													
		205.14 11.18	Alternance d'argilite rouge avec lits de grès gris-rougeâtre et siltstone gris. Moins résistant que les grès massifs. Fracture mécanique le long du litage à pendage de 70°.				CR-8	100	72																							
12	40																															
		203.47 12.85	Reprise des lits massifs de grès à grain moyen à grossier, parfois conglomératique (exemple, entre 14,15 m et 14,45 mètres de profondeur) contenant des fissures naturelles et dissolution dans les veines de calcite. Quelques fissures naturelles à 12,98 m, à 13,06 m, à 13,14 m (15° de l'axe de la carotte, avec stries de glissement), à 14,55 m, à 15,0 m et à 16,46 mètres de profondeur, tous à 50° de l'axe de la carotte.				CR-9	100	78						0.00																	
13	45																															
14	50																															
15	55																															
			De 19,15 à 19,40 mètres de profondeur, le grès contient quelques fissures et fractures naturelles. Joints à 20° avec l'axe de la carotte.				CR-11	100	100				Com = 215,3 MPa	✘																		
16	60																															
			Vers 19,87 mètres de profondeur, le grès massif gris verdâtre change de couleur à rouge. Présence de fragments (clastes) et minces lits d'argilite rouge et quelques veines de calcite. Fractures mécaniques dans les argilites moins résistantes.				CR-12	100	100						3.48																	
17	65																															
			À 21,15 mètres de profondeur, retour au grès massif gris verdâtre.				CR-13	100	87																							
18	70																															
			De 19,15 à 19,40 mètres de profondeur, le grès contient quelques fissures et fractures naturelles. Joints à 20° avec l'axe de la carotte.				CR-14	100	86																							
19	75																															
			Vers 19,87 mètres de profondeur, le grès massif gris verdâtre change de couleur à rouge. Présence de fragments (clastes) et minces lits d'argilite rouge et quelques veines de calcite. Fractures mécaniques dans les argilites moins résistantes.				CR-15	100	100																							
20	80																															
			De 22,70 à 22,80 mètres de profondeur : Fracture naturelle oxydée.				CR-16	100	95				Com = 184,8 MPa	✘	4.94																	
21	85																															
			Vers 23,40 mètres de profondeur : Grès rouge.																													
22	90																															
			Lit d'argilite rouge de 23,76 à 23,86 mètres de profondeur à pendage de 60°.																													
23	95																															
			De 24,02 à 24,10 mètres de profondeur : Fracture naturelle, grès altéré, veine de calcite, argilite.																													
24	100																															
			De 24,10 à 29,45 mètres de profondeur : Grès rougeâtre à verdâtre très sain, massif. Peu de fissures, joints ou fractures.																													
25	105																															
															8.62																	



RAPPORT DE FORAGE

Forage N° : QEEP-103
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	
85	26						CR-17	100	95						×					
90	28						CR-18	100	100							8.62				
95	29						CR-19	100	97											
		186.87 29.45	Présence de quelques lits d'argilite avec le grès rouge. Résistance moyenne. Pendage des lits à environ 60°.												×	×				
		186.46 29.86	Grès massif à grain grossier, gris rougeâtre. Très sain.				CR-20	100	100											
100	31						CR-21	100	72											
105	32	184.12 32.20	Grès rouge avec multiples passées argileuses rouge, moins résistantes à la fracture. Pendage des lits à 70°, veines de calcite.				CR-22	100	93							0.64				
110	33	183.17 33.15	Grès rouge massif, grain moyen à grossier (à la base des lits). Mince lit d'argilite rouge (1 cm) à 35,65 mètres de profondeur définissant le pendage à 70°.				CR-23	100	100				Com = 221,5 MPa		×					
			Long joint à 20° de l'axe de la carotte à 35,8 m et à 30° de l'axe de la carotte à 37,0 mètres de profondeur.				CR-24	100	92						×					
115	35						CR-25	100	92											
120	36						CR-26	100	94											
		179.24 37.08	Grès rouge avec passées argileuses aléatoires, moins résistantes à la fracture mécanique. Quelques lits minces d'argilite rouge à pendage variable.												×					
125	38																			
			Zone de litage perturbé avec plis et nombreuses veines de calcite de 39,1 à 39,3 mètres de																	



RAPPORT DE FORAGE

Forage N° : QEEP-103
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	
			profondeur, principalement dans l'argillite.																	
		176.09	Fracture mécanique sur un mince lit d'argillite à 40,0 mètres de profondeur.																	
		40.24	Fin du forage à 40,2 mètres de profondeur.																	
40																				
41																				
135																				
42																				
140																				
43																				
145																				
44																				
145																				
45																				
150																				
46																				
155																				
47																				
155																				
48																				
160																				
49																				
165																				
50																				
170																				
51																				
170																				
52																				
175																				
53																				
175																				

J2. Photographies des carottes de roc

Photographies des carottes de roc (sec) : Riv. Ouelle - Forage QEEP-101



Photo 1. Forage QEEP-101: boîtes 1 à 4 / 10 (3,91 m à 19,30 m)



Photo 2. Forage QEEP-101: boîtes 5 à 7 / 10 (19,30 m à 30,66 m)



Photo 3. Forage QEEP-101: boîtes 8 à 10 / 10 (30,66 m à 40,28 m)

Photographies des carottes de roc (humide) : Riv. Ouelle - Forage QEEP-101



Photo 1. Forage QEEP-101: boîtes 1 à 4 / 10 (3,91 m à 19,30)



Photo 2. Forage QEEP-101: boîtes 5 à 7 / 10 (19,30 m à 30,66 m)



Photo 3. Forage QEEP-101: boîtes 8 à 10 / 10 (30,66 m à 40,28 m)

Photographies des carottes de roc (sec) : Riv. Ouelle - Forage QEEP-103



Photo 1. Forage QEEP-103: boîtes 1 à 3 / 9 (4,29 m à 16,22 m)



Photo 2. Forage QEEP-103: boîtes 4 à 6 / 9 (16,22 m à 28,67 m)



Photo 3. Forage QEEP-103: boîtes 7 à 9 / 9 (28,67 m à 40,23 m)

Photographies des carottes de roc (humide) : Riv.Ouelle - Forage QEEP-103



Photo 1. Forage QEEP-103: boîtes 1 à 3 / 9 (4,29 m à 16,22 m)



Photo 2. Forage QEEP-103: boîtes 4 à 6 / 9 (16,22 m à 28,67 m)



Photo 3. Forage QEEP-103: boîtes 7 à 9 / 9 (28,67 m à 40,23 m)

J3. Résultats d'essais in situ

Tableau J3.1. Synthèse des résultats d'essais d'eau sous pression en rocher (Ouelle)

Forage	Profondeur de l'essai (m)		Élévation de l'essai (m)		RQD (%)	Absorption ¹	
	Haut	Bas	Haut	Bas		(l/min-m)	(Lugeon) ²
QEEP-101	5,62	10,46	211,08	206,24	42 à 62	0,9	20,1
	10,46	15,30	206,24	201,40	67 à 89	0,0	0,0
	15,30	20,14	201,40	196,56	67 à 92	1,0	5,1
	20,14	24,98	196,56	191,72	90 à 100	1,7	6,6
	24,98	29,82	191,72	186,88	28 à 100	1,4	4,2
	29,82	34,66	186,88	182,04	67 à 97	1,8	4,3
	33,93	38,77	182,77	177,93	86 à 93	0,3	0,6
QEEP-103	5,50	10,34	210,83	205,98	91 à 100	0,0	0,0
	10,34	15,18	205,98	201,14	72 à 97	0,0	0,0
	15,18	20,02	201,14	196,30	87 à 100	0,6	3,5
	20,02	24,86	196,30	191,46	87 à 100	1,3	4,9
	24,86	29,70	191,47	186,62	95 à 100	2,8	8,6
	29,70	34,54	186,63	181,78	72 à 100	0,3	0,6
	33,66	38,50	182,67	177,82	92 à 100	0,0	0,0

Note 1. Les résultats d'essais dans le roc ne fournissent qu'une valeur indicative de l'absorptivité du roc puisqu'un seul palier de pression est appliqué, au lieu des neuf paliers de pression de l'essai Lugeon complet.

Note 2. Les valeurs exprimées en Lugeon permettent de normaliser les résultats par rapport à la pression d'injection utilisée. Toutefois, la pression d'injection étant mesurée seulement en surface dans cet essai, les valeurs fournies en Lugeon ne sont pas corrigées pour la pression nette d'injection au niveau testé et sont donc approximatives.

J4. Résultats d'essais en laboratoire

Tableau J4.1. Synthèse des résultats d'essais de compression sur carottes de roc (Ouelle)

Forage	Profondeur de l'échantillon (m)		Élévation de l'échantillon (m)		Masse volumique (kg/m ³)	Résistance en compression (MPa)
	Haut	Bas	Haut	Bas		
QEEP-101	5,30	5,42	211,40	211,28	2750	227,3
	15,07	15,17	201,63	201,53	2744	212,0
	25,43	25,55	191,27	191,15	2705	188,2
	35,73	35,85	180,97	180,85	2739	100,2
QEEP-103	4,81	4,93	211,51	211,39	2710	196,1
	14,83	14,95	201,49	201,37	2719	215,3
	24,60	24,72	191,72	191,60	2701	184,8
	34,83	34,95	181,49	181,37	2711	221,5