

Annexe Vol 2-1

Étude de faisabilité – Rivière Etchemin

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

Numéro de document : EEX16327-STCP-C-RP-0012-Fr

Numéro de révision : 1

Numéro du contrat : 4600006270



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

Version	Date rév. aaaa-mm-jj	Raison de l'émission	Auteur de l'entrepreneur	Réviser de l'entrepreneur	Réviser de l'entrepreneur	Approbateur de l'entrepreneur
0	2015-02-24	Émis pour information	Bertus Vos	Steve Federko	Gabriel Pop	Chuck Middleton
1	2015-11-20	Réémis pour information	Bruce Skibsted	Bertus Vos	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 :

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

Rapport révisé par :

Bertus Vos, MBA, ing., CAPM
Directeur de projets, installations sans
tranchée
N° OIQ PT01909

1. Introduction

Engineering Technology Inc. (Entec) a évalué un projet de traverse par forage directionnel (FD) de la rivière Etchemin 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 données géologiques, Entec considère qu'une traverse par FD n'est pas faisable à cet emplacement. La logique menant à cette conclusion est expliquée dans ce rapport.

2. Caractéristiques de l'emplacement

2.1 Topographie

La traverse est située approximativement à 6 km au nord-ouest de Saint-Henri, au Québec. La rivière mesure approximativement 65 m de largeur à cet endroit, incluse dans une vallée d'une profondeur d'environ 20 m. Le chemin des Îles suit parallèlement la bordure nord-est de la rivière et celui-ci sera compris dans la traverse par FD proposée. Le terrain de chaque côté de la vallée, qui mesure environ 350 m de largeur, est généralement plat et composé de terres cultivées.

2.2 Conditions souterraines

L'étude géotechnique se compose de cinq forages : trois à l'emplacement proposé pour la traverse (QEEP-140, QEEP-140A et QEEP-141) et deux autres à un emplacement de traverse alternatif, environ 250 m en amont (QEEP-136 et QEEP-137). Suite à l'évaluation des forages d'étude géotechnique, il a été conclu qu'une traverse par FD n'est pas faisable. Voir la section 3.2 pour plus de détails. La stratigraphie est présentée dans les tableaux 1 à 5. Le rapport géotechnique final est fourni à l'annexe D.

Tableau 1. Forage QEEP-136

Profondeur (m)	Description du sous-sol
0	Aucun matériel récupéré
1,2	Silt, un peu de sable, traces d'argile
2,7	Silt et argile, traces de gravier, traces de sable
10,4	Sable silteux, un peu de gravier, présence de blocs
19,7	Socle rocheux, argilite à schale ardoisier gris
22,9	Zone de transition : schale ardoisier gris à mudshale très meuble
25,0	Mudshale
39,6	Argilite/schale ardoisier
47,4	Mélange tectonique, matrice de mudshale meuble avec clastes et blocs de grès et de schale ardoisier gris
52,2	

Tableau 2. Forage QEEP-137

Profondeur (m)	Description du sous-sol
0	
	Aucun matériel récupéré
1,3	
	Sable silteux , traces d'argile
5,8	
	Silt et argile , traces de gravier, traces de sable
11,0	
	Sable silteux , un peu de gravier
15,0	
	Socle rocheux , mélange tectonique
24,4	
	Mudslate , blocs de grès feldspathique, très fissuré de 25,41 à 25,56 m
27,0	
	Flysch tectonique avec matrice de schale ardoisier-schale
37,7	
	Flysch tordu ou mélange contenant des fragments de grès et des veines de calcite dans l'ensemble du segment
46,9	
	Flysch tectonique avec matrice stratifiée de schale ardoisier-schale
51,4	

Tableau 3. Forage QEEP-140

Profondeur (m)	Description du sous-sol
0	
	Silt , un peu d'argile, traces de sable
1,8	
	Silt argileux , traces de sable
9,2	
	Sable graveleux et silt (till)
10,5	

Tableau 4. Forage QEEP-140A

Profondeur (m)	Description du sous-sol
0	
	Silt , un peu d'argile et traces de sable
1,7	
	Silt sablonneux et graveleux
1,9	
	Sable et gravier , un peu de silt
4,1	
	Silt et sable , traces de gravier
5,6	
	Sable et silt , un peu de gravier à graveleux, traces d'argile (till)
17,3	
	Mudshale , fissile, facilement fissuré mécaniquement
29,2	

Tableau 5. Forage QEEP-141

Profondeur (m)	Description du sous-sol
0	
	Remblai : sable silteux avec matières organiques
1,0	
	Sable et silt
2,8	
	Sable et silt , un peu de gravier, traces d'argile (till), présence de gravier, de cailloux et d'un bloc de granite de 345 mm
12,5	
	Schiste ardoisier-schale tectonique et calcaire argileux en alternance, petites veines de calcite et de quartz, zones consolidées et bréchiques
14,9	
	Grès feldspathique , quelques fragments de calcaire, de schale ardoisier et de conglomérat
18,2	
	Schale ardoisier-schale tectonique et calcaire argileux en alternance, petites veines de calcite et de quartz, zones consolidées et bréchiques, zones fissurées et concassées
23,0	

3. Considérations sur la conception des FD

3.1 Contraintes exercées sur la canalisation

La traverse par FD étant jugée infaisable en raison des conditions géotechniques, cette section est sans objet. Les spécifications de l'oléoduc sont incluses ci-dessous afin de fournir les données de conception.

Tableau 6. 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 (ÉPN)	25,4	mm
Grade/Limite élastique minimale spécifiée (LEMS)	483	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	8 743	kPa
Pression d'essai (PE)	10 929	kPa
Rayon minimal	530	m
Rayon de conception	1 200	m

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

3.2 Géométrie

Le socle rocheux a été identifié à des élévations allant de 12,5 à 19,6 mètres sous la surface. La composition du socle rocheux est très variable et est constituée de mudshale, de grès, de calcaire et de schale ardoisier. Des zones bréchiques, fissurées et concassées sont présentes à divers endroits. Les forages d'étude géotechnique ont identifié plusieurs zones mécaniquement fissurées avec des valeurs de qualité de roche (RQD : Rock Quality Designation) allant jusqu'à zéro. Ces zones présentent un risque plus élevé de perte de fluide et de difficultés de guidage. Il est aussi improbable qu'un socle rocheux de cette qualité et de cette variabilité soit capable de maintenir un trou de forage par FD ouvert, car il entraîne des risques plus élevés d'effondrement, de bris des outils de forage et de coincement de tuyau.

Le terrain de couverture est principalement constitué de silt, de sable et de gravier. Des cailloux et des blocs de granite ont aussi été identifiés. Ces matériaux non consolidés ne sont pas souhaitables pour le forage et n'ont pas la capacité de maintenir ouvert un trou de forage par FD. Un forage à travers ces matériaux présenterait un risque élevé de coincement de tuyau, de difficultés de guidage, de bris des outils de forage et de pertes de fluide. Habituellement, ces matériaux sont isolés du trou de forage à l'aide d'une gaine de forage. Cette technique nécessiterait cependant que la trajectoire de forage passe par le socle rocheux fissuré et de piètre qualité. Le socle rocheux de mauvaise qualité est considéré impossible à éviter pour un FD. Puisque l'élévation du socle rocheux est semblable à l'élévation du fond de la rivière, on s'attend à ce qu'il y ait très peu ou pas de terrain de couverture sous la rivière dans lequel une trajectoire de forage peu profonde pourrait être conçue.

Il est impossible d'éviter les géologies non désirables étant donnée la géométrie requise par la trajectoire de forage. Donc, une traverse par FD n'est pas jugée faisable à cet emplacement.

Puisqu'un FD n'est pas faisable à cet emplacement, une méthode de traverse alternative doit être considérée. Selon l'élévation du socle rocheux identifié dans les trous de forage d'étude géotechnique, on s'attend à ce que le fond de la rivière soit contrôlé par le socle rocheux. Les méthodes de forage ne sont pas considérées appropriées pour le socle rocheux trouvé à l'emplacement de cette traverse. Une traverse en tranchée devrait être considérée comme méthode alternative préférable pour cet emplacement; consulter l'annexe C pour les plans de conception préliminaire.

3.3 Gaine de forage

Voir le commentaire sur les gaines de forage à la section 3.2.

3.4 Dimensions de l'équipement

La traverse par FD étant jugée infaisable, cette section est sans objet.

3.5 Diamètre du trou du FD

La traverse par FD étant jugée infaisable, cette section est sans objet.

3.6 Levage et insertion de la canalisation

La traverse par FD étant jugée infaisable, cette section est sans objet.

3.7 Contrôle de la flottabilité

La traverse par FD étant jugée infaisable, cette section est sans objet.

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

4.1 Perte de contrôle du guidage

Le terrain de couverture contient des inclusions, principalement de gravier, de cailloux et de blocs, dans une matrice de sable et de silt. La dureté variable de ces matériaux présente un risque élevé de déviations de guidage. L'intersection de formations plus dures, 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. Le socle rocheux à cet endroit est hautement variable et comprend des couches de flysch tordu, des zones bréchiques, des clastes, des veines de quartz et de calcite et des conglomérats. Il peut être difficile de forer dans une géologie hétérogène de la sorte, car elle n'offre pas une résistance régulière au trépan, ce qui rend le guidage imprévisible. Certaines zones de socle rocheux très fissuré et concassé ont aussi été identifiées. Ce socle rocheux de piètre qualité avec des valeurs de RQD allant jusqu'à zéro peut rendre le guidage imprévisible. Si des déviations dépassant les tolérances sont mesurées, une courte portion du FD 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. Il est peu probable que le fait de cimenter ou forer à nouveau s'avère

une méthode fructueuse à cet emplacement, en raison de la prévalence d'une géologie inadéquate pour un forage.

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 qu'il 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. Il y a un risque non négligeable de perte de fluide à cet emplacement, en raison de la nature fissurée du socle rocheux mis à jour par les forages d'étude géotechnique. 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 du FD 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).

4.3 Instabilité du trou du FD

La faible valeur de qualité de roche (RQD) et le sous-sol mécaniquement fissuré peuvent entraîner l'effondrement de trou du FD de grande taille. Sont aussi problématiques le sable, le gravier et les blocs trouvés dans le terrain de couverture, qui ont le potentiel de se détacher de la paroi et de tomber dans le trou de forage. Si les matériaux qui se détachent sont trop gros pour être suspendus dans le fluide de forage, ils peuvent s'accumuler dans le trou de forage. Ces matériaux peuvent causer le coincement de l'équipement lors du tirage, la défaillance du train de forage, le bris de l'outillage et, ultimement, l'abandon du trou.

4.4 Infiltration d'eau

La traverse par FD étant jugée infaisable, cette section est sans objet.

4.5 Dommages au revêtement ou à la canalisation

La traverse par FD étant jugée infaisable, cette section est sans objet.

4.6 Canalisation coincée

Voir les commentaires dans la section 4.3.

4.7 Usure et défaillance des outils de forage

La traverse par FD étant jugée infaisable, cette section est sans objet.

4.8 Risques environnementaux

La traverse par FD étant jugée infaisable, cette section est sans objet.

4.9 Autres risques à considérer

La traverse par FD étant jugée infaisable, cette section est sans objet.

5. Conclusion

La traverse par FD proposée de la rivière Etchemin est jugée techniquement infaisable en raison du socle rocheux fissuré hétérogène et du terrain de couverture non consolidé révélés par l'étude géotechnique. Les risques encourus à cet emplacement comprennent les difficultés de guidage, les pertes de fluide, les pertes par fracturation, l'effondrement du trou de forage, le bris de l'outillage et le coincement de la canalisation. Procéder à une traverse par FD à cet emplacement n'est pas recommandé, car cela entraînerait probablement des retards et des impacts environnementaux, ainsi qu'un risque élevé d'échec de la traverse. En guise d'alternative, un plan préliminaire de traverse en tranchée est inclus à l'annexe C. Un plan final sera émis lors de l'ingénierie détaillée.

Annexe A

Sommaire des calculs

La traverse par FD étant jugée infaisable, cette annexe est sans objet.

Annexe B

Plan de conception

La traverse par FD étant jugée infaisable, cette annexe est sans objet.

Annexe C

Plan de traverse alternative

Annexe D

Information géotechnique

Annexe D – Rivière Etchemin

D1. 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_t) 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_t)</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_t)</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>			Argile		Gravier		Silt		Sols organiques		Sable		Calcaire ou dolomie		Roche ignée		Shale ou ardoise		Grès		Roche métamorphique
<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_t)</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																																																																														
<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_t</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>			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	<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>																																	
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																																																																															



RAPPORT DE FORAGE

Forage N° : QEEP-136
Dossier : JOVS-00216917-115500

Projet : Oléoduc Énergie Est - Exploration géotechnique
Traverses de rivières majeures - Segment II
Endroit : Rivière Etchemin
Foreur : Forage SL inc.
Date du forage : 2014-05-24

Compilé par : M. Létourneau
Technicien : V. Lhémy
Approuvé par : D. Giguère
Date du rapport : 2014-06-20

Coordonnées géographiques
Latitude : 46.7183°
Longitude : -71.1293°

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	État de l'échantillon
CF : Cuillère fendue	Remanié
TM : Tube à paroi mince	Intact
CR : Carotte (forage au diamant)	Perdu
ET : Tarière	Forage au diamant
EM : Manuel	

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	
			85.01	Niveau actuel du sol																	
			0.00	Descente des tubages en destruction jusque vers 1,2 mètre de profondeur.																	
	1		83.79	Silt gris, un peu de sable, traces d'argile.				CF-1	100	17											
	5		1.22																		
	2		82.27	Silt et argile gris, traces de gravier, traces de sable.				CF-2	63	8											
	10		2.74																		
	15																				
	5																				
	20			Sable silteux gris, un peu de gravier.				CF-4	100	6											
	6																				
	7																				
	25			Sable silteux gris, un peu de gravier.				CF-5	100	3											
	8																				
	30			Sable silteux gris, un peu de gravier.				CF-6	83	47											
	9																				
	10			Sable silteux gris, un peu de gravier.				CF-6	83	47											
	35																				
	11																				

Remarques :



RAPPORT DE FORAGE

Forage N° : QEEP-136
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	
27																				
90							CR-25	100	0											
28							CR-26	100	0											
							CR-27	100	24					0.00						
95		29					CR-28	100	68											
30																				
100																				
31							CR-29	100	43											
			À 31,50 m : Quelques joints obliques dans le mudshale rouge. Direction 130° avec l'axe.																	
105		32					CR-30	100	23					0.40						
33																				
110							CR-31	100	50											
34																				
			À 34,40 m : Quelques joints parallèles à 140° avec l'axe.																	
115		35					CR-32	100	33											
36							CR-33	100	43											
120																				
37							CR-34	100	67					0.38						
			À 36,44 m : Retour graduel du mudshale rouge au shale ardoisier gris (mélange tectonique à matrice argileuse grise). Zone de transition de 36,44 à 39,55 mètres de profondeur. Fractures mécaniques.																	
125		38					CR-35	100	78											
39																				
130		45.46 39.55																		
40							CR-36	100	56					0.00						
			Mélange tectonique à matrice argileuse grise, litage non-défini, laminations de siltstone et veines de calcite convolutées, clastes de grès feldspathique gris verdâtre. Fissures naturelles aléatoires. Roc à résistance variable, de moyenne à mauvaise qualité. Foliation variable.																	
41																				



RAPPORT DE FORAGE

Forage N° : QEEP-136

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	
42							CR-37	100	44											
43							CR-38	74	16						0.00					
44			À 43,69 m : Horizon de mudshale rouge mou de 75 cm d'épaisseur.																	
45							CR-39	100	35											
46			Mélange tectonique à matrice argileuse grise avec litage convoluté et fragments de grès. Peu résistant.				CR-40	83	15						0.05					
47							CR-41	100	17											
48		37.36 47.65	Mélange tectonique à matrice de mudshale rouge très mou contenant des blocs de grès feldspathique gris-vert et quelques blocs de shale ardoisier gris. Présence de quelques veines de calcite. Roc généralement mou.				CR-42	100	36						0.01					
49							CR-43	100	74											
50							CR-44	100	66											
51																				
52		32.84 52.17	Fin du forage à 52,17 mètres de profondeur.																	
53																				
54																				
55																				
56																				



RAPPORT DE FORAGE

Forage N° : QEEP-137
Dossier : JOVS-00216917-115500

Projet : Oléoduc Énergie Est - Exploration géotechnique
Traverses de rivières majeures - Segment II
Endroit : Rivière Etchemin
Foreur : Forage SL inc.
Date du forage : 2014-05-20

Compilé par : M. Létourneau
Technicien : V. Lhémy
Approuvé par : D. Giguère
Date du rapport : 2014-06-20

Coordonnées géographiques
Latitude : 46.7221°
Longitude : -71.1236°

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	État de l'échantillon
CF : Cuillère fendue	Remanié
TM : Tube à paroi mince	Intact
CR : Carotte (forage au diamant)	Perdu
ET : Tarière	Forage au diamant
EM : Manuel	

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	Élev. Prof.	Description	Strat.	Eau	État	Type - No	Réc. %	N / RQD	FAIBLE	MOYENNE	FORTE	Essais	Cu Cur Nc	20	40	60	80	100
			86.81	Niveau actuel du sol																
			0.00	Descente des tubages en destruction jusque vers 1,3 mètre de profondeur.																
1			85.54	Silt sableux gris, traces d'argile.				CF-1	96	26										
5			1.27																	
2				Deviens silt gris, un peu d'argile et de sable vers 3,0 mètres de profondeur.				CF-2	100	14										
10																				
3																				
4				Silt et argile gris, traces de gravier, traces de sable.				CF-3	100	15										
15																				
5																				
6			80.97	Deviens avec des traces à un peu de gravier.				CF-4	71	10										
20			5.84																	
7				Sable silteux gris, un peu de gravier.				CF-5	100	3			AG, Sed							
25																				
8																				
9								CF-6	100	1										
30																				
10								CF-7	100	14										
35																				
11			75.84																	
			10.97																	

Remarques :



RAPPORT DE FORAGE

Forage N° : QEEP-137
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	
12																				
40							CF-8	46	40											
13																				
45							CF-9	50	58				K = 4,5 x 10 ⁻⁶ m/s							
14													AG							10.9
15		71.82																		
50		14.99	Socle rocheux : Mélange tectonique à matrice argileuse gris et vert contenant des morceaux et blocs de dimensions variées de grès feldspathique gris verdâtre. Litage convoluté. Plans de foliation variables. Alternance de schiste argileux à ardoisiers vert et rouge. Fractures mécaniques fréquentes (causées par l'action de la foreuse) le long des plans de lithologies à dureté variables (au contact de blocs de siltstone et grès). Plan de schistosité de 10° à 40° avec l'axe de la carotte (ou de 40° à 80° avec l'horizontale).				CR-10	100	42											
16							CR-11	96	74											
55							CR-12	97	21											
17							CR-13	100	64											
18																				
19			Présence de plans de décrochements inclinés (miroirs de faille) à 18,72 mètres de profondeur (50° avec l'horizontale) et à 22,68 mètres de profondeur (45° avec l'horizontale).				CR-14	100	56											
65																				
20							CR-15	100	92											1.33
21																				
70																				
22							CR-16	100	95											
75																				
23		63.64	De 23,17 à 24,13 m : Séquence argileuse gris-vert très convolutive, friable, contenant de petites masses de pyrite.				CR-17	98	39											
24		23.17	Roc fracturé mécaniquement de 23,36 à 23,59 mètres de profondeur.																	
80		62.44	Mudslate rouge à fragments de grès feldspathique vert, massif.				CR-18	100	62											0.44
25		24.37	Roc désagrégé de 25,41 à 25,56 mètres de profondeur.				CR-19	100	97				com = 15,1 MPa							
85																				
26																				



RAPPORT DE FORAGE

Forage N° : QEEP-137
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		
27	59.81	27.00	<p>Mélange tectonique à matrice de schiste ardoisier gris-vert, foliation subverticale à inclinée (70-90° avec l'horizontale) et parfois désagrégée au forage (28,15 à 28,25 m, 29,35 à 29,64 m et 35,83 à 36,18 mètres de profondeur). Plans de décrochements à 27,43 mètres de profondeur (80° avec l'horizontale) à 28,43 m (60°) et à 28,70 m (50°).</p> <p>De 30,40 à 31,80 m : Plans de foliations parallèles successifs à 60-70° avec l'horizontale. Présence de pyrite disséminée ou en petites masses au lentilles dans les séquences argileuses foliées.</p>				CR-19	100	97						0.44						
90									CR-20	100	58										
28									CR-21	100	71										
95									CR-22	100	51					0.00					
30									CR-23	100	30										
100									CR-24	100	0										
31									CR-25	100	100										
105									CR-26	100	100										
33									CR-27	100	93					0.46					
110									CR-28	100	65										
34			<p>Mélange tectonique à matrice de schiste ardoisier vert et noir. Foliation fortement inclinée à subverticale. Fracture mécanique le long de la foliation de 35,20 à 35,68 mètres de profondeur.</p> <p>Le mélange devient plus convoluté avec présence de blocs de grès et nombreuses veines de calcite. Mélange conglomératique à matrice argileuse vert et noir. Blocs de grès, calcaire et dolomie. Fractures mécaniques abondantes autour de blocs. Désagrégation plus facile dans les zones convolutées ou contenant des blocs.</p> <p>Roc plus facilement fracturé dans les intervalles suivants : 39,98 à 40,40 m, 40,74 à 41,45 m, 43,30 à 43,80 m, 44,34 à 44,60 m, 45,00 à 46,00 m et de 46,60 à 46,75 mètres de profondeur.</p>				CR-29	100	84												
115									CR-30	100	48					0.00					
36									CR-31	100	100										
120									CR-32	100	57										
37									CR-33	100	0					1.15					
40																					
125	49.11	37.70																			
38																					
39																					
130																					
41																					



RAPPORT DE FORAGE

Forage N° : QEEP-137
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	
42							CR-34	100	80											
							CR-35	100	59											
140							CR-36	100	82											
43							CR-37	100	30											
							CR-38	100	32											
145							CR-39	97	39											
45							CR-40	100	90											
46							CR-41	100	59											
150							CR-42	100	83											
47		39.92 46.89	Retour au mélange tectonique vert, gris et noir, à matrice de schiste argileux à ardoisier. Séquence massive, peu de blocs, foliation variable (70° vers 49,0 mètres de profondeur).																	
155																				
48																				
160																				
49																				
50			Mécaniquement fracturé ou désintégré facilement de 49,40 à 49,78 et de 51,12 à 51,34 mètres de profondeur. Présence de pyrite disséminée ou en petites masses dans les séquences massives argileuses.																	
165																				
51																				
170		35.37 51.44	Fin du forage à 51,45 mètres de profondeur.																	
52																				
175																				
53																				
54																				
180																				
55																				
56																				

D2. Photographies des carottes de roc

Photographies des carottes de roc (sec) : Rivière Etchemin - Forage QEEP-136



Photo 1. Forage QEEP-136: boîtes 1 à 4 / 8 (19,36 m à 35,36 m)



Photo 2. Forage QEEP-136: boîtes 5 à 8 / 8 (35,36 m à 52,17 m)

Photographies des carottes de roc (humide) : Rivière Etchemin - Forage QEEP-136



Photo 1. Forage QEEP-136: boîtes 1 à 4 / 8 (19,36 m à 35,36 m)



Photo 2. Forage QEEP-136: boîtes 5 à 8 / 8 (35,36 m à 52,17 m)

Photographies des carottes de roc (sec) : Rivière Etchemin - Forage QEEP-137



Photo 1. Forage QEEP-137: boîtes 1 à 3 / 9 (14,99 m à 27,43 m)



Photo 2. Forage QEEP-137: boîtes 4 à 6 / 9 (27,43 m à 43,94 m)



Photo 3. Forage QEEP-137: boîtes 7 à 9 / 9 (43,94 m à 51,44 m)

Photographies des carottes de roc (humide) : Rivière Etchemin - Forage QEEP-137



Photo 1. Forage QEEP-137: boîtes 1 à 3 / 9 (14,99 m à 27,43 m)



Photo 2. Forage QEEP-137: boîtes 4 à 6 / 9 (27,43 m à 43,94 m)



Photo 3. Forage QEEP-137: boîtes 7 à 9 / 9 (43,94 m à 51,44 m)

D3. Résultats d'essais in situ

Tableau D3.1. Synthèse des résultats d'essais de perméabilité dans les sols (riv. Etchemin)

Forage	Profondeur de l'essai (m)	Élévation de l'essai (m)	Perméabilité (m/s)
QEEP-136	11,7	73,31	7,5E-7
QEEP-137	13,3	73,51	4,5E-6

Tableau D3.2. Synthèse des résultats d'essais d'eau sous pression en rocher (riv. Etchemin)

Forage	Profondeur de l'essai (m)		Élévation de l'essai (m)		RQD (%)	Absorption ¹	
	Haut	Bas	Haut	Bas		(l/min-m)	(Lugeon) ²
QEEP-136	21,34	25,93	63,67	59,08	0 à 44	0,84	6
	25,91	30,51	59,1	54,5	0 à 68	0,00	0,0
	30,48	35,08	54,53	49,93	23 à 50	0,11	0,4
	35,05	39,65	49,96	45,36	33 à 78	0,13	0,4
	39,62	44,22	45,39	40,79	16 à 56	0,00	0,0
	44,20	48,79	40,81	36,22	15 à 35	0,02	0,0
	46,80	51,28	38,21	33,73	17 à 74	0,01	0,0
QEEP-137	18,35	22,9	68,46	63,95	13 à 50	0,17	1
	22,92	27,43	63,89	59,38	80 à 98	0,09	0,4
	27,03	32	59,78	54,81	63 à 79	0,00	0,0
	31,6	36,58	55,21	50,23	49 à 87	0,16	0,5
	36,17	41,15	50,64	45,66		0,00	0,0
	40,74	45,72	46,07	41,09	90 à 100	0,54	1
	45,31	50,32	41,5	36,49	90 à 96	0,00	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.

D4. Résultats d'essais en laboratoire



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

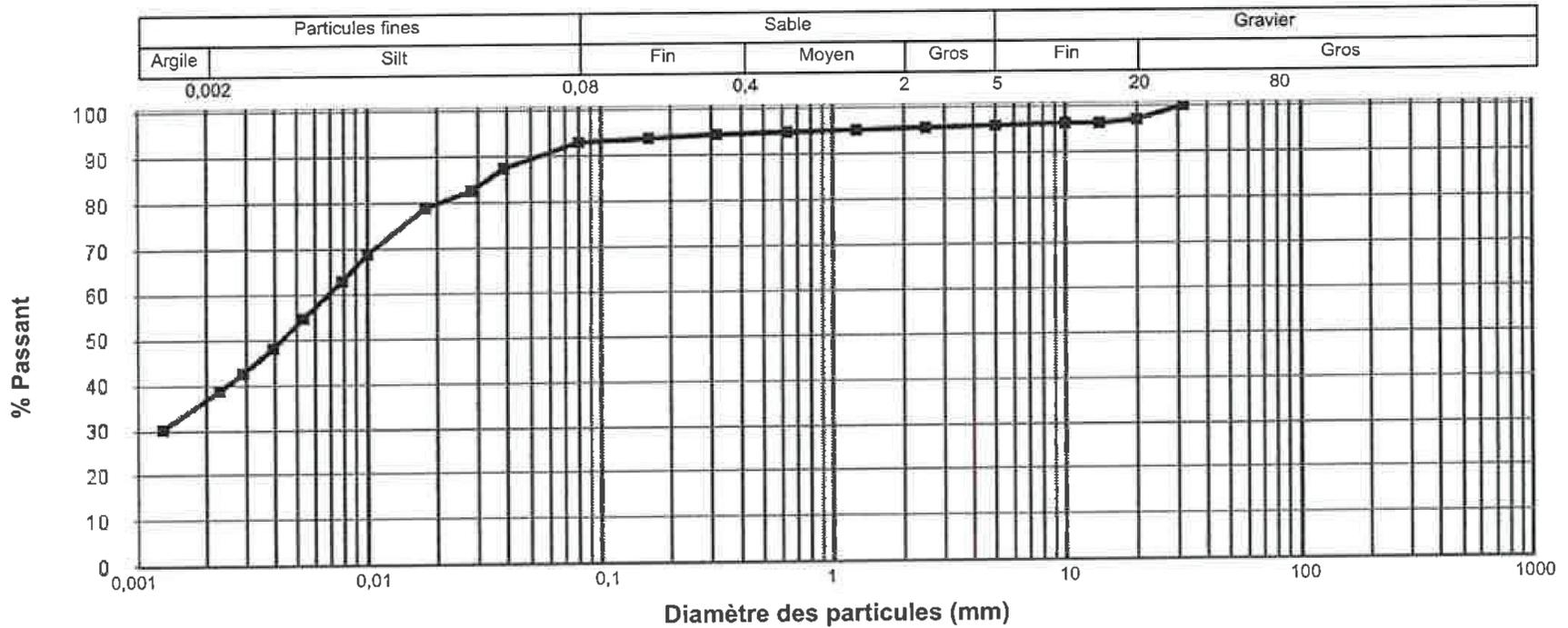
Certifié ISO 9001:2008

**ESSAIS SUR SOLS
 FORAGE ET SONDRAGE**

Client : Johnston-Vermette Dossier n° : JOVS-216917-115500
 Projet : Oléoduc Énergie Est Échantillon n° : DR-3915
 Segment II Réf. client :

Sondage n° : QEEP-137 Prélevé le : 2014-05-20 par EXP
 Échantillon : CF-5 Reçu le : 2014-05-30
 Profondeur : 7,3 à 7,9 mètres Localisation : Rivière Etchemin

Courbe granulométrique



Analyse granulométrique LC 21-040

Description

Tamis (mm)	Tamisat %passant mesuré	Tamis (mm)	Tamisat %passant mesuré
112		0.0385	87,6
80		0.0278	82,7
56		0.0178	78,9
40		0.0101	68,9
31,5	100	0.0078	63,0
20	97	0.0053	54,7
14	96	0.0039	48,0
10	96	0.0029	42,5
5	96	0.0023	38,6
2,5	96	0.0013	30,1
1,25	95		
0,630	95		
0,315	95		
0,160	94		
0,080	92,9		

D ₁₀ :	
D ₃₀ :	
D ₆₀ :	0,007 mm
Coefficient d'uniformité (Cu) :	
Coefficient de courbure (Cc) :	
Gravier:	4 %
Sable:	3 %
Silt:	57 %
Argile:	36 %
Description :	Silt et argile, traces de gravier, traces de sable
Classification unifiée :	

Teneur en eau	LC 21-201	25,9%
---------------	-----------	-------

Remarques :

Vérifié par : *Genevieve Boisclair*
 Genevieve Boisclair
 Auxiliaire technique

Approuvé par : *Michelle Létourneau* Date : 2014-06-03
 Michelle Létourneau, ing., M.Sc.A.



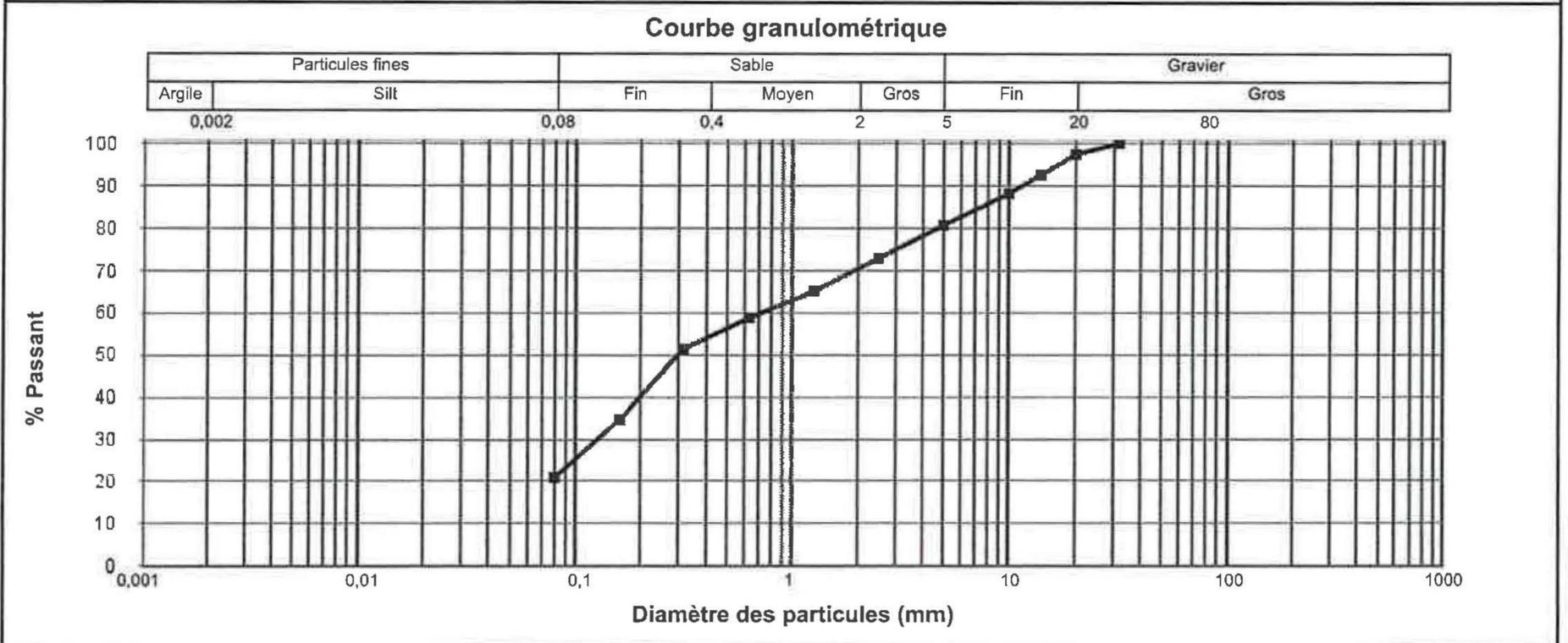
2555, rue Saint-Pierre
 Drummondville (QC) J2C 7Y2
 Téléphone: 819-477-3775
 www.exp.com

**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-3916
		Réf. client :	

Sondage n° :	QEEP-137	Prélevé le :	2014-05-20 par EXP
Échantillon :	CF-9	Reçu le :	2014-05-30
Profondeur :	13,5 à 14,1 mètres	Localisation :	Rivière Etchemin



Analyse granulométrique LC 21-040		Description	Autres essais	
Tamis (mm)	Tamiséat %passant mesuré		Teneur en eau	LC 21-201 10,9%
112		D ₁₀ :		
80		D ₃₀ :	0,132 mm	
56		D ₆₀ :	0,745 mm	
40		Coefficient d'uniformité (Cu) :		
31,5	100	Coefficient de courbure (Cc) :		
20	97			
14	93	Gravier:	19 %	
10	88	Sable:	60 %	
5	81	Silt et argile:	21 %	
2,5	73	Description :	Sable silteux, un peu de gravier	
1,25	65	Classification unifiée :	SM	
0,630	59			
0,315	52			
0,160	35			
0,080	20,8			

Remarques :

Vérifié par : Geneviève Boisclair
 Auxiliaire technique

Approuvé par : Michelle Létourneau
 Michelle Létourneau, ing., M.Sc.A.

Date : 2014-06-04

**Tableau D4.1. Synthèse des résultats d'essais de compression sur carottes de roc
 (rivière Etchemin)**

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-136	29,25	29,37	55,76	55,64	2 665	- (1)
	38,50	38,62	46,51	46,39	- (2)	- (2)
	45,83	45,93	39,18	39,08	- (2)	- (2)
QEEP-137	15,67	15,77	70,44	70,34	2 672	- (1)
	25,79	25,91	60,32	60,20	2 727	15,1
	34,99	35,11	51,12	51,00	2 669	- (1)
	42,95	43,06	43,16	43,05	- (2)	- (2)
	50,62	50,73	35,49	35,38	- (2)	- (2)

- (1) Échec lors de la réalisation de l'essai en compression (aucune lecture). Essai réalisé selon la méthode C de la norme ASTM D7012
 (2) Échantillon fracture lors de la préparation

N1. 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>Terminologie</u></th> <th><u>Indice RQD</u></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Blocs</td> <td>> 300</td> <td>Très mauvaise</td> <td>0 % à 25 %</td> </tr> <tr> <td>Cailloux</td> <td>80 à 300</td> <td>Mauvaise</td> <td>25 % à 50 %</td> </tr> <tr> <td>Gravier</td> <td>5,0 à 80</td> <td>Moyenne</td> <td>50 % à 75 %</td> </tr> <tr> <td>Sable</td> <td>0,080 à 5,0</td> <td>Bonne</td> <td>75 % à 90 %</td> </tr> <tr> <td>Silt</td> <td>0,002 à 0,080</td> <td>Excellente</td> <td>90 % à 100 %</td> </tr> <tr> <td>Argile</td> <td>< 0,002</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2"><u>Proportion (en poids)</u></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Traces</td> <td>< 10 %</td> </tr> <tr> <td>Un peu</td> <td>10 % à 20 %</td> </tr> <tr> <td>Adjectif (ex. : sableux)</td> <td>20 % à 35 %</td> </tr> <tr> <td>Nom (ex. : et sable)</td> <td>> 35 %</td> </tr> </tbody> </table> <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>Terminologie</u>	<u>Dimensions (mm)</u>	<u>Terminologie</u>	<u>Indice RQD</u>	Blocs	> 300	Très mauvaise	0 % à 25 %	Cailloux	80 à 300	Mauvaise	25 % à 50 %	Gravier	5,0 à 80	Moyenne	50 % à 75 %	Sable	0,080 à 5,0	Bonne	75 % à 90 %	Silt	0,002 à 0,080	Excellente	90 % à 100 %	Argile	< 0,002			<u>Proportion (en poids)</u>		Traces	< 10 %	Un peu	10 % à 20 %	Adjectif (ex. : sableux)	20 % à 35 %	Nom (ex. : et sable)	> 35 %	<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>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>	
<u>Terminologie</u>	<u>Dimensions (mm)</u>	<u>Terminologie</u>	<u>Indice RQD</u>																																																																																																
Blocs	> 300	Très mauvaise	0 % à 25 %																																																																																																
Cailloux	80 à 300	Mauvaise	25 % à 50 %																																																																																																
Gravier	5,0 à 80	Moyenne	50 % à 75 %																																																																																																
Sable	0,080 à 5,0	Bonne	75 % à 90 %																																																																																																
Silt	0,002 à 0,080	Excellente	90 % à 100 %																																																																																																
Argile	< 0,002																																																																																																		
<u>Proportion (en poids)</u>																																																																																																			
Traces	< 10 %																																																																																																		
Un peu	10 % à 20 %																																																																																																		
Adjectif (ex. : sableux)	20 % à 35 %																																																																																																		
Nom (ex. : et sable)	> 35 %																																																																																																		
<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 %																																																																																																	
			STRATIGRAPHIE																																																																																																
			<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>			Argile		Gravier		Silt		Sols organiques		Sable		Calcaire ou dolomie		Roche ignée		Shale ou ardoise		Grès		Roche métamorphique																																																																											
	Argile		Gravier																																																																																																
	Silt		Sols organiques																																																																																																
	Sable		Calcaire ou dolomie																																																																																																
	Roche ignée		Shale ou ardoise																																																																																																
	Grès		Roche métamorphique																																																																																																
			ESSAIS																																																																																																
			<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>		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																																																		
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																																																																																																	
			COLONNE QUADRILLÉE																																																																																																
			<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>																																																																																																

Projet : Oléoduc Énergie Est - Exploration géotechnique

Compilé par : M. Létourneau

Endroit : Rivière Etchemin

Technicien : M. Boisvert

Foreur : Forage SL inc.

Approuvé par : D. Giguère

Date du forage : 2015-09-23

Date du rapport : 2015-10-07

Coordonnées géographiques

 Latitude : 46.7209°
 Longitude : -71.1301°

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	
		82.00	Niveau actuel du sol																	
		0.00	Silt brun-gris, un peu d'argile, traces de sable. Lâche. Humide.				CF-1	92	5											
1																				
5																				
		80.17	Silt argileux gris, traces de sable. Saturé. Plasticité moyenne. Consistance ferme à raide.				CF-2	100	7											
2		1.83																		
10																				
							CF-3	33	5				AG, Sed							
4																				
							TM-4	96					Ip = 16% IL = 0,38							
15																				
5							CF-5	25	5											
							CF-6	100	1				AG, Sed							
20																				
							CF-7	100	1				Ip = 18% IL = 0,71							
7																				
							CF-8	100	1											
							CF-9	100	1				Ip = 10% IL = 1,03							
25																				
8																				
							CF-10	100	1											
			Horizons plus sableux à partir de 8,4 mètres de profondeur.																	
							CF-11	29	22											
30																				
		73.01	Sable et silt graveleux gris (till). Saturé. Compact.																	
		8.99					CF-12	50	26											
10																				
		71.48	Fin du forage à 10,52 mètres de profondeur.																	
		10.52																		

 Remarques : - Refus à l'enfoncement des palettes du scissomètre Nilcon à 8,6 mètres de profondeur.
 - Poids volumique du sol argileux : 20,7 kN/m³ (TM-4)

Projet : Oléoduc Énergie Est - Exploration géotechnique

Compilé par : M. Létourneau / M. Martin

Endroit : Rivière Etchemin

Technicien : M. Boisvert

Foreur : Forage SL inc.

Approuvé par : D. Giguère

Date du forage : 2015-09-21

Date du rapport : 2015-10-02

Coordonnées géographiques

 Latitude : 46.7215°
 Longitude : -71.1297°

Niveau de référence

Géodésique

Niveau d'eau

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

Tubage : NW et BW

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	
		78.00	Niveau actuel du sol																	
		0.00	Silt beige-gris, un peu d'argile, traces à un peu de sable. Humide léger. Lâche.				CF-1	100	4											
	1																			
	5																			
		76.32	Silt sableux et graveleux brun. Humide. Dense.				CF-2	88	37											
	2	1.68	Sable et gravier brun, un peu de silt. Humide fort à saturé. Compact.																	
		76.15																		
		1.85																		
	10																			
		73.91	Silt et sable gris, traces de gravier. Saturé. Compact.				CF-3	42	29				AG							
	4	4.09																		
		72.36	Sable et silt gris, un peu de gravier à graveleux, traces d'argile (till). Saturé. Compact à très dense.				CF-4	58	13				AG							
	5	5.64																		
		72.36																		
		5.64																		
	20						CF-5	83	20											
	7																			
	25																			
	8						CF-6	75	43											
	9																			
	30						CF-7	71	57											
	10																			
	35						CF-8	75	70											

Remarques :



RAPPORT DE FORAGE

Forage N° : QEEP-140A
 Dossier : PLUS-00026280-045500

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	
85	26		(Suite) Socle rocheux : Musdshale rougeâtre, fissile et peu résistant. Litage mal défini, plan de foliation possiblement oblique. Fractures mécaniques faciles.				CR-21	100	87				com = 9,4 MPa		0.00					
90	28		Passage de schiste chloriteux gris verdâtre de 27,76 à 27,79 mètres de profondeur.				CR-22	100	48											
95	29	48.84 29.16	Fin du forage à 29,16 mètres de profondeur.				CR-23	94	68											
100	31																			
105	32																			
110	34																			
115	35																			
120	37																			
125	38																			
	39																			

Projet : Oléoduc Énergie Est - Exploration géotechnique

Compilé par : M. Létourneau / M. Martin

Endroit : Rivière Etchemin

Technicien : M. Boisvert

Foreur : Forage SL inc.

Approuvé par : D. Giguère

Date du forage : 2015-09-16

Date du rapport : 2015-10-02

Coordonnées géographiques

 Latitude : 46.7226°
 Longitude : -71.1276°

Niveau de référence

Géodésique

Niveau d'eau

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

 Tubage : NW et BW
 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	
		72.65	Niveau actuel du sol																	
		72.42	Remblai : Mélange de sable silteux brun et de sols organiques. Présence de débris de béton de ciment. Humide.				CF-1	54	6											
		0.23	Remblai possible : Silt gris, un peu d'argile, traces de sable. Humide.																	
1		71.61	Sable et silt gris. Saturé. Compact.				CF-2	63	11				AG							
		1.04																		
5																				
2																				
		69.83	Sable et silt gris, un peu de gravier, traces d'argile (till) avec résidus de till composés de graviers forés de 55 mm et d'un bloc avec granite de 345 mm. Saturé. Compact à très dense.				CR-3	34	0											
		2.82																		
10																				
15																				
20																				
		66.07	Résidus de till composés d'un caillou de 90 mm et de quelques graviers anguleux et/ou forés de 5 à 55 mm dans une matrice gris rougeâtre composée de sable silteux, traces d'argile.				CF-5	79	R				AG, Sed							
		6.58	Sable silteux à sable et silt graveleux gris, traces d'argile (till). Présence de blocs et de cailloux probable.				CR-6	21	0											
		65.33	Résidus de till composés de graviers anguleux et/ou forés variés de 5 à 50 mm dans une matrice de till gris rougeâtre par endroits composée de sable silteux, traces d'argile.				CF-7	80	R											
		7.32	Résidus de till composés de graviers anguleux et/ou forés de 5 à 50 mm et de cailloux de 100 et 140 mm dans une matrice de till gris rougeâtre par endroits composée de sable silteux, traces d'argile.				CR-8	26	0											
		64.90																		
		7.75																		
30																				
		63.81																		
		8.84																		
35																				
		62.29																		
		10.36																		

Remarques :

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	
			Résidus de till composés de graviers anguleux et/ou forés de 5 à 70 mm avec quelques légers dépôts de matrice de till gris rougeâtre.				CR-10	18	0											
40		60.76 11.89	Résidus de till composés de graviers variés anguleux et/ou forés de 5 à 30 mm.																	
		60.15 12.50	Socle rocheux probable : Mélange tectonique de schiste ardoisier verdâtre en alternance avec des passages de calcaire argileux recuit gris-noir et de quelques veinules blanches de calcite et de quartz. Présence de zones bréchiques consolidées par endroits avec veines blanches de calcite. Plan de foliation oblique à environ 45°. Zone très fracturée par endroits.				CR-11	84	30											
45		58.27 14.38	Socle rocheux : Mélange tectonique de schiste ardoisier verdâtre en alternance avec des passages de calcaire argileux recuit gris-noir et de quelques veinules blanches de calcite et de quartz. Présence de zones bréchiques consolidées par endroits avec veines blanches de calcite. Plan de foliation oblique à environ 45°. Zone fissurée, fracturée, altérée et broyée par endroits de 14,53 à 14,86 mètres de profondeur. Grès feldspathique gris verdâtre foncé avec quelques fragments anguleux de calcaire, ardoise et conglomérat.				CR-12	60	10											
50		57.74 14.91					CR-13	100	73					com = 68,0 MPa densité brute = 2,687 absorption = 0,87%						
55		54.39 18.26	Mélange tectonique de schiste ardoisier verdâtre en alternance avec des passages de calcaire argileux recuit gris-noir et de quelques veinules blanches de calcite et de quartz. Présence de zones bréchiques convultées et consolidées par endroits avec veines blanches de calcite. Plan de foliation oblique à environ 45°. Zone fissurée, fracturée, altérée et broyée par endroits de 19,25 à 21,46 mètres de profondeur.				CR-14	95	92											
60							CR-15	100	73				com = 8,0 MPa densité brute = 2,618 absorption = 2,27%							
65							CR-16	90	28											
70							CR-17	44	0											
75							CR-18	100	93					com = 8,9 MPa densité brute = 2,587 absorption = 2,83%						
80		49.69 22.96	Fin du forage à 22,96 mètres de profondeur.				CR-19	100	76											
85																				
90																				
95																				
100																				

N2. Photographies des carottes de roc

Photographies des carottes de roc (sec) : Rivière Etchemin - Forage QEEP-140a



Photo 1. Forage QEEP-140a: boîtes 1 à 2 / 4 (12,93 m à 23,06 m)



Photo 2. Forage QEEP-140a: boîtes 3 à 4 / 4 (23,06 m à 29,16 m)

Photographies des carottes de roc (sec) : Rivière Etchemin - Forage QEEP-141



Photo 1. Forage QEEP-141: boîtes 1 à 4 / 4 (2,82 m à 18,26 m)



Photo 2. Forage QEEP-141: boîtes 3 à 4 / 4 (18,26 m à 22,96 m)

Photographies des carottes de roc (humide) : Rivière Etchemin - Forage QEEP-141



Photo 1. Forage QEEP-141: boîtes 1 à 2 / 4 (2,82 m à 18,26 m)



Photo 2. Forage QEEP-141: boîtes 3 à 4 / 4 (18,26 m à 22,96 m)

N3. Résultats d'essais in situ

**Tableau N3.1. Synthèse des résultats d'essais d'eau sous pression en rocher
 (rivière Etchemin)**

Forage	Profondeur de l'essai (m)		Élévation de l'essai (m)		RQD (%)	Absorption ¹	
	Haut	Bas	Haut	Bas		(l/min-m)	(Lugeon) ²
QEEP-140a	18,0	23,1	60,0	54,9	20 à 74	0,0	0,0
	22,9	28,0	55,1	50,0	38 à 87	0,0	0,0
QEEP-141	13,8	18,9	58,9	53,8	10 à 92	0,06	0,72
	16,7	21,8	56,0	50,9	0 à 93	1,00	8,03

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.

N4. Résultats d'essais en laboratoire



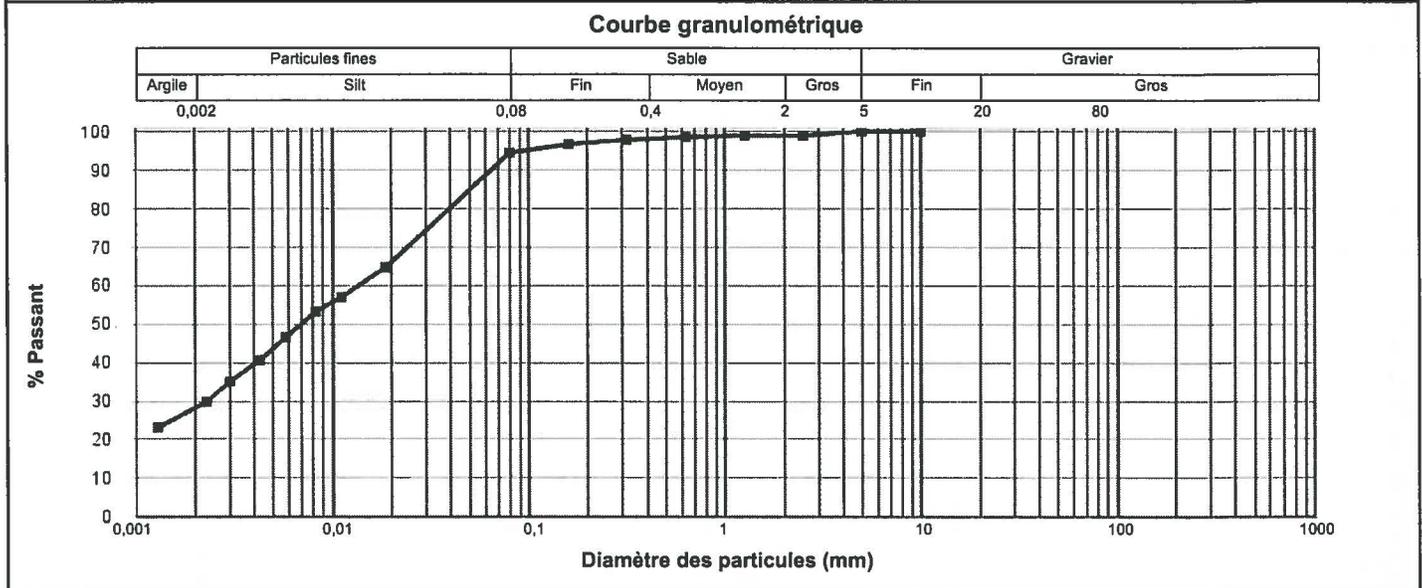
2555, rue Saint-Pierre
 Drummondville (QC) J2C 7Y2
 Téléphone: 819-477-3775
 www.exp.com

**ESSAIS SUR SOLS
 FORAGE ET SONDAGE**

Certifié ISO 9001:2008

Client :	Johnston-Vermette	Dossier n° :	PLUS-26280-365500
Projet :	Oleoduc Energie Est	Échantillon n° :	DR-5429
		Réf. client :	

Sondage n° :	QEEP-140	Prélevé le :	2015-09-23 par EXP
Échantillon :	CF-3	Reçu le :	2015-09-24
Profondeur :	3,0 à 3,7 m	Localisation :	Rivière Etchemin



Analyse granulométrique LC 21-040				Description
Tamis (mm)	Tamisat %passant mesuré	Tamis (mm)	Tamisat %passant mesuré	
112		0.0188	64,9	D ₁₀ :
80		0.0112	57,0	D ₃₀ :
56		0.0082	53,1	D ₆₀ :
40		0.0058	46,4	Coefficient d'uniformité (Cu) :
31,5		0.0043	40,6	Coefficient de courbure (Cc) :
20		0.0030	35,0	Gravier: 0 %
14		0.0023	29,9	Sable: 5 %
10		0.0013	23,2	Silt: 67 %
5	100			Argile: 28 %
2,5	99			Description : Silt argileux, traces de sable
1,25	99			Classification unifiée :
0,630	98			Teneur en eau LC 21-201 22,6%
0,315	98			
0,160	97			
0,080	94,6			

Remarques :

Vérifié par : Simon Tessier
 Simon Tessier
 Technicien, coordonnateur

Approuvé par : David Giguère
 David Giguère, Ing.

Date : 2015-09-30



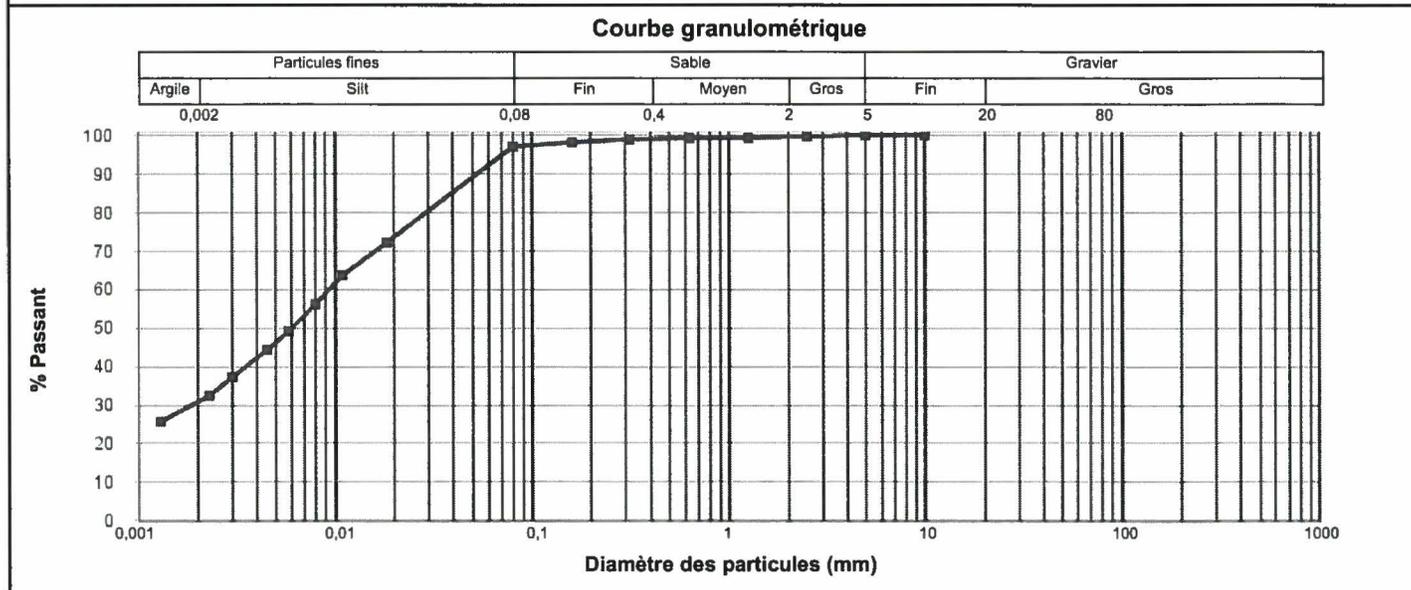
2555, rue Saint-Pierre
 Drummondville (QC) J2C 7Y2
 Téléphone: 819-477-3775
 www.exp.com

**ESSAIS SUR SOLS
 FORAGE ET SONDAGE**

Certifié ISO 9001:2008

Client : Johnston-Vermette	Dossier n° : PLUS-26280-365500
Projet : Oleoduc Energie Est	Échantillon n° : DR-5430
	Réf. client :

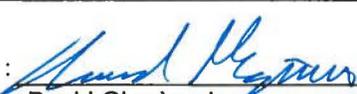
Sondage n° : QEEP-140	Prélevé le : 2015-09-23 par EXP
Échantillon : CF-6	Reçu le : 2015-09-24
Profondeur : 5,3 à 5,9 m	Localisation : Rivière Etchemin



Analyse granulométrique LC 21-040				Description	
Tamis (mm)	Tamisat %passant mesuré	Tamis (mm)	Tamisat %passant mesuré		
112		0.0183	72,1	D ₁₀ :	
80		0.0109	63,8	D ₃₀ :	0,002 mm
56		0.0079	56,4	D ₆₀ :	0,009 mm
40		0.0058	49,1	Coefficient d'uniformité (Cu) :	
31,5		0.0045	44,3	Coefficient de courbure (Cc) :	
20		0.0030	37,4	Gravier:	0 %
14		0.0023	32,3	Sable:	3 %
10		0.0013	25,6	Silt:	67 %
5	100			Argile:	30 %
2,5	100			Description :	Silt argileux, traces de sable
1,25	100			Classification unifiée :	
0,630	99			Teneur en eau	LC 21-201 28,5%
0,315	99				
0,160	98				
0,080	97,0				

Remarques :

Vérifié par : 
 Simon Tessier
 Technicien, coordonnateur

Approuvé par : 
 David Giguère, ing.

Date : 2015-09-30



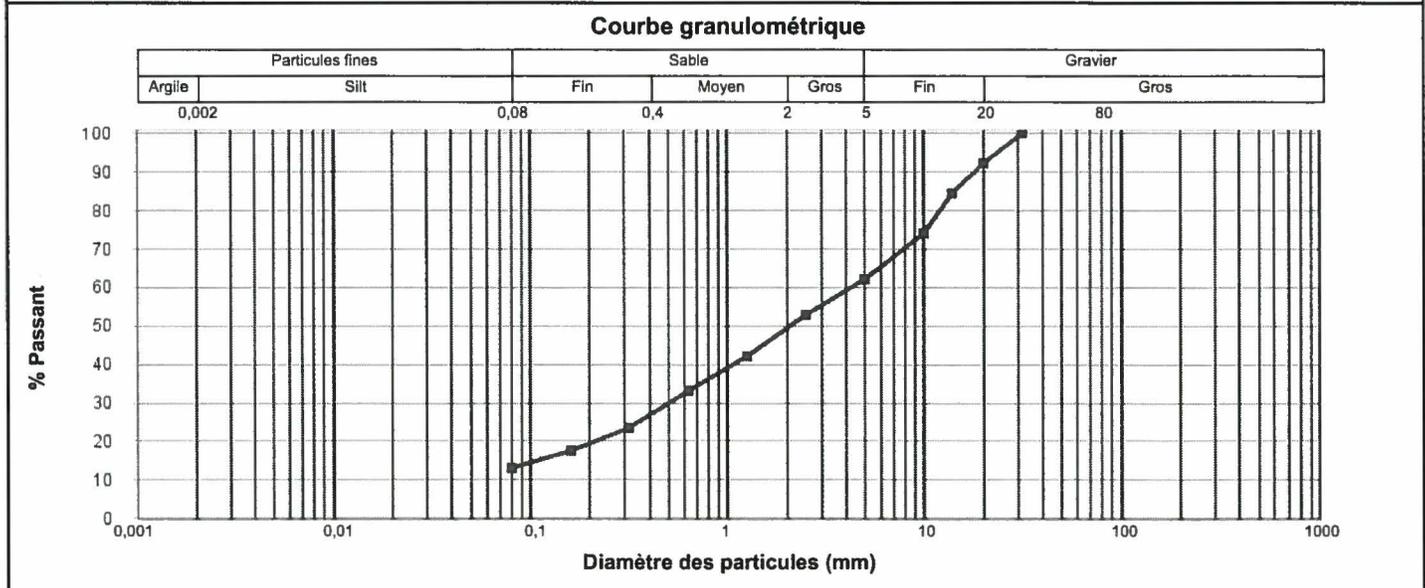
2555, rue Saint-Pierre
 Drummondville (QC) J2C 7Y2
 Téléphone: 819-477-3775
 www.exp.com

**ESSAIS SUR SOLS
 FORAGE ET SONDAGE**

Certifié: ISO 9001:2008

Client : Johnston-Vermette	Dossier n° : PLUS-26280-365500
Projet : Oleoduc Energie Est	Échantillon n° : DR-5427
	Réf. client :

Sondage n° : QEEP-140a	Prélevé le : 2015-09-21 par EXP
Échantillon : CF-3	Reçu le : 2015-09-24
Profondeur : 3,0 à 3,7 m	Localisation : Rivière Etchemin



Analyse granulométrique LC 21-040		Description	Autres essais	
Tamis (mm)	Tamisat %passant mesuré		Teneur en eau	LC 21-201 8,3%
112		D ₁₀ :		
80		D ₃₀ :	0,524 mm	
56		D ₆₀ :	4,443 mm	
40		Coefficient d'uniformité (Cu) :		
31,5	100	Coefficient de courbure (Cc) :		
20	92	Gravier:	38 %	
14	85	Sable:	49 %	
10	74	Silt et argile:	13 %	
5	62	Description :	Sable et gravier, un peu de silt	
2,5	53	Classification unifiée :	SM	
1,25	42			
0,630	33			
0,315	23			
0,160	18			
0,080	13,2			

Remarques :

Vérifié par : *Genevieve Boisclair*
 Genevieve Boisclair
 Auxiliaire technique

Approuvé par : *David Giguère*
 David Giguère, ing.

Date : 2015-09-28



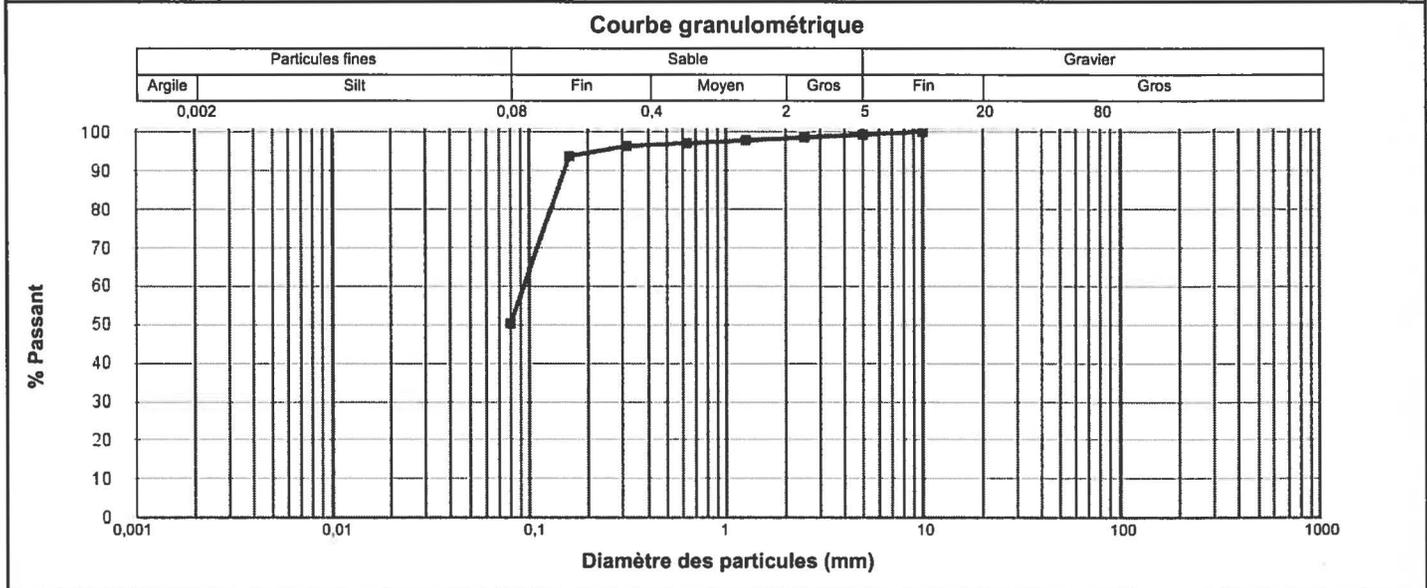
2555, rue Saint-Pierre
 Drummondville (QC) J2C 7Y2
 Téléphone: 819-477-3775
 www.exp.com

**ESSAIS SUR SOLS
 FORAGE ET SONDRAGE**

Certifié : ISO 9001:2008

Client : Johnston-Vermette	Dossier n° : PLUS-26280-365500
Projet : Oleoduc Energie Est	Échantillon n° : DR-5428
	Réf. client :

Sondage n° : QEEP-140a	Prélevé le : 2015-09-21 par EXP
Échantillon : CF-4	Reçu le : 2015-09-24
Profondeur : 4,6 à 5,2 m	Localisation : Rivière Etchemin



Analyse granulométrique LC 21-040		Description	Autres essais	
Tamis (mm)	Tamisé %passant mesuré		Teneur en eau	LC 21-201
112		D ₁₀ :		19,1 %
80		D ₃₀ :		
56		D ₆₀ :		
40		Coefficient d'uniformité (Cu) :		
31,5		Coefficient de courbure (Cc) :		
20				
14		Gravier:	1 %	
10	100	Sable:	49 %	
5	99	Silt et argile:	50 %	
2,5	98	Description :	Silt et sable, traces de gravier	
1,25	98			
0,630	97			
0,315	96			
0,160	94			
0,080	50,2			

Remarques :

Vérifié par : Geneviève Boisclair
 Auxiliaire technique

Approuvé par : David Giguère Ing.

Date : 2015-09-28



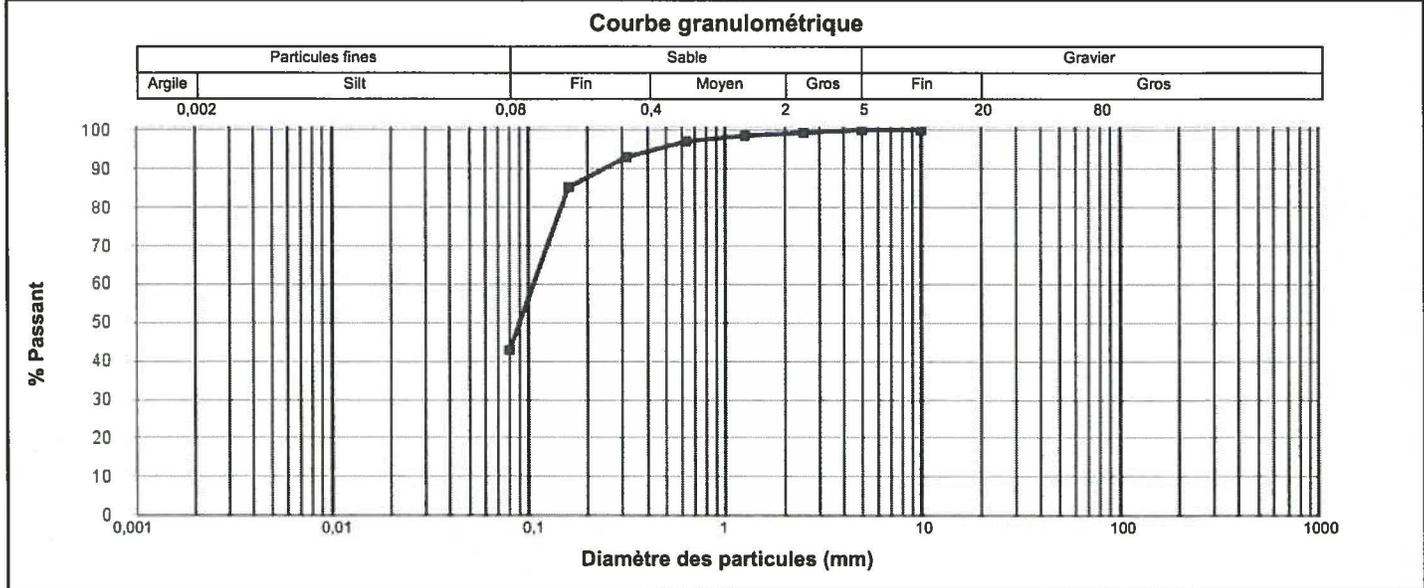
2555, rue Saint-Pierre
 Drummondville (QC) J2C 7Y2
 Téléphone: 819-477-3775
 www.exp.com

**ESSAIS SUR SOLS
 FORAGE ET SONDAGE**

Certifié: ISO 9001:2008

Client : Johnston-Vermette	Dossier n° : PLUS-26280-365500
Projet : Oleoduc Energie Est	Échantillon n° : DR-5400
	Réf. client :

Sondage n° : QEEP-141	Prélevé le : 2015-09-17 par EXP
Échantillon : CF-2	Reçu le : 2015-09-21
Profondeur : 1,5 à 2,1 m	Localisation : Rivière Etchemin



Analyse granulométrique LC 21-040		Description	Autres essais	
Tamais (mm)	Tamisat %passant mesuré		Teneur en eau	LC 21-201
112		D ₁₀ :		22,2%
80		D ₃₀ :		
56		D ₆₀ :		
40		Coefficient d'uniformité (Cu) :		
31,5		Coefficient de courbure (Cc) :		
20				
14		Gravier:	0 %	
10	100	Sable:	57 %	
5	100	Silt et argile:	43 %	
2,5	99	Description :	Sable et silt	
1,25	99	Classification unifiée :	SM	
0,630	97			
0,315	93			
0,160	85			
0,080	42,9			

Remarques :

Vérifié par : 
 Simon Tessier
 Technicien, coordonnateur

Approuvé par : 
 David Giguère, Ing.

Date : 2015-09-23



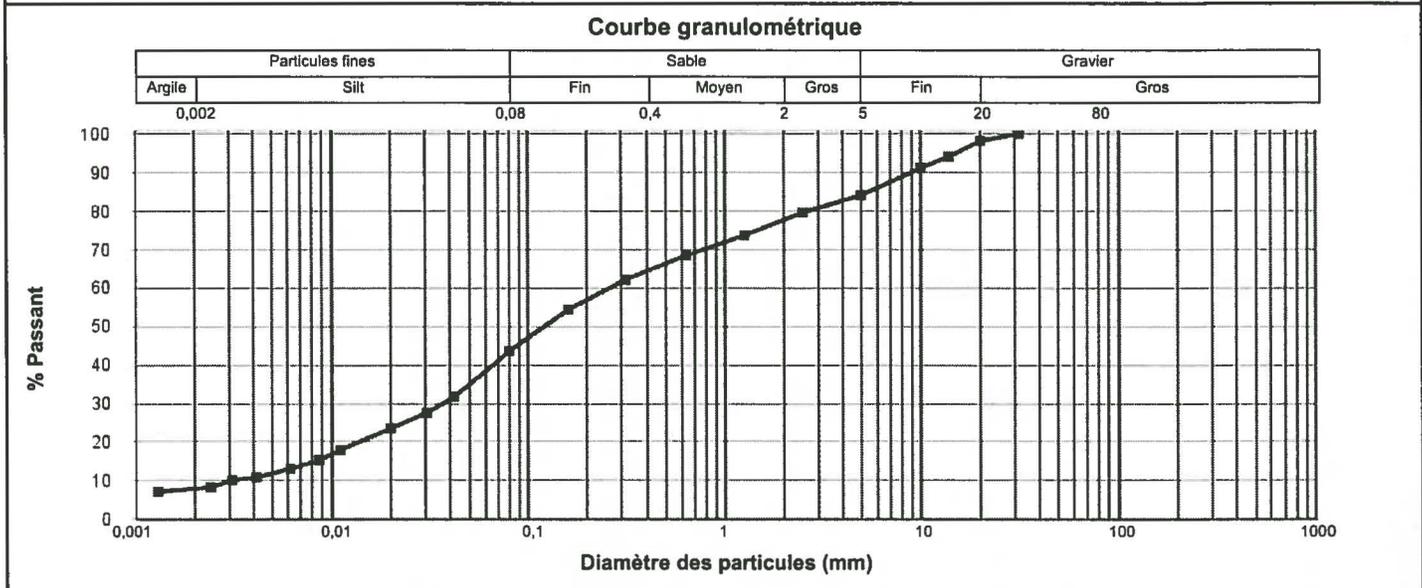
2555, rue Saint-Pierre
 Drummondville (QC) J2C 7Y2
 Téléphone: 819-477-3775
 www.exp.com

ESSAIS SUR SOLS FORAGE ET SONDAGE

Certifié ISO 9001:2008

Client : Johnston-Vermette	Dossier n° : PLUS-26280-365500
Projet : Oleoduc Energie Est	Échantillon n° : DR-5401
	Réf. client :

Sondage n° : QEEP-141	Prélevé le : 2015-09-17 par EXP
Échantillon : CF-5	Reçu le : 2015-09-21
Profondeur : 6,1 à 6,6 m	Localisation : Rivière Etchemin



Analyse granulométrique LC 21-040				Description	
Tamis (mm)	Tamisat %passant mesuré	Tamis (mm)	Tamisat %passant mesuré		
112		0.0417	31,6	D ₁₀ :	0,003 mm
80		0.0304	27,8	D ₃₀ :	0,037 mm
56		0.0199	23,4	D ₆₀ :	0,270 mm
40		0.0112	17,9	Coefficient d'uniformité (Cu) :	
31,5	100	0.0086	15,5	Coefficient de courbure (Cc) :	
20	98	0.0062	13,1	Gravier:	16 %
14	94	0.0041	10,9	Sable:	40 %
10	91	0.0031	10,0	Silt:	36 %
5	84	0.0024	8,2	Argile:	8 %
2,5	80	0.0013	7,0	Description :	Sable et silt, un peu de gravier, traces d'argile
1,25	74			Classification unifiée :	SM
0,630	68			Teneur en eau	LC 21-201 8,4%
0,315	62				
0,160	54				
0,080	43,7				

Remarques :

Vérifié par : 
 Simon Tessier
 Technicien, coordonnateur

Approuvé par : 
 David Giguère, ing.

Date : 2015-09-24

**Tableau N4.1. Synthèse des résultats d'essais de compression sur carottes de roc
(rivière Etchemin)**

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-140a	22,50	24,03	55,50	53,97	-	11,2
	25,55	27,08	52,45	50,92	-	9,4
QEEP-141	14,94	16,46	57,71	56,19	2687	68,0
	17,98	19,48	54,67	53,17	2618	8,0
	21,46	22,53	51,19	50,12	2587	8,9