

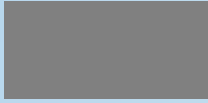
MINISTÈRE DE L'ÉNERGIE ET DES RESSOURCES NATURELLES
PROJET N° : 201-00652-00

RESTAURATION DE L'ANCIEN SITE MINIER ST-LAWRENCE COLOMBIUM, OKA (QUÉBEC)

ÉTUDE SISMIQUE DES DÉPÔTS STÉRILES - MASW 2D & RÉFRACTION

DÉCEMBRE 2020





RESTAURATION DE L'ANCIEN SITE MINIER ST-LAWRENCE COLOMBIUM, OKA (QUÉBEC)

ÉTUDE SISMIQUE DES DÉPÔTS STÉRILES - MASW 2D & RÉFRACTION

MINISTÈRE DE L'ÉNERGIE ET DES
RESSOURCES NATURELLES

PROJET N° : 201-00652-00
DATE : DÉCEMBRE 2020

WSP CANADA INC.
1135, BOULEVARD LEBOURGNEUF
QUÉBEC (QUÉBEC) G2K 0M5
CANADA

TÉLÉPHONE : +1 418 623-2254
TÉLÉCOPIEUR : +1 418 624-1857
WSP.COM

SIGNATURES

PRÉPARÉ PAR

53-54

RÉVISÉ PAR

53-54

WSP Canada Inc. (WSP) a préparé ce rapport uniquement pour son destinataire MINISTÈRE DE L'ÉNERGIE ET DES RESSOURCES NATURELLES, conformément à la convention de consultant convenue entre les parties. Advenant qu'une convention de consultant n'ait pas été exécutée, les parties conviennent que les Modalités Générales à titre de consultant de WSP régiront leurs relations d'affaires, lesquelles vous ont été fournies avant la préparation de ce rapport.

Ce rapport est destiné à être utilisé dans son intégralité. Aucun extrait ne peut être considéré comme représentatif des résultats de l'évaluation. Les conclusions présentées dans ce rapport sont basées sur le travail effectué par du personnel technique, entraîné et professionnel, conformément à leur interprétation raisonnable des pratiques d'ingénierie et techniques courantes et acceptées au moment où le travail a été effectué.

Le contenu et les opinions exprimées dans le présent rapport sont basés sur les observations et/ou les informations à la disposition de WSP au moment de sa préparation, en appliquant des techniques d'investigation et des méthodes d'analyse d'ingénierie conformes à celles habituellement utilisées par WSP et d'autres ingénieurs/techniciens travaillant dans des conditions similaires, et assujettis aux mêmes contraintes de temps, et aux mêmes contraintes financières et physiques applicables à ce type de projet.

WSP dénie et rejette toute obligation de mise à jour du rapport si, après la date du présent rapport, les conditions semblent différer considérablement de celles présentées dans ce rapport ; cependant, WSP se réserve le droit de modifier ou de compléter ce rapport sur la base d'informations, de documents ou de preuves additionnels.

WSP ne fait aucune représentation relativement à la signification juridique de ses conclusions.

La divulgation de tout renseignement faisant partie du présent rapport relève uniquement de la responsabilité de son destinataire. Si un tiers utilise, se fie, ou prend des décisions ou des mesures basées sur ce rapport, ledit tiers en est le seul responsable. WSP n'accepte aucune responsabilité quant aux dommages que pourrait subir un tiers suivant l'utilisation de ce rapport ou quant aux dommages pouvant découler d'une décision ou mesure prise basée sur le présent rapport.

WSP a exécuté ses services offerts au destinataire de ce rapport conformément à la convention de consultant convenue entre les parties tout en exerçant le degré de prudence, de compétence et de diligence dont font habituellement preuve les membres de la même profession dans la prestation des mêmes services ou de services comparables à l'égard de projets de nature analogue dans des circonstances similaires. Il est entendu et convenu entre WSP et le destinataire de ce rapport que WSP n'offre aucune garantie, expresse ou implicite, de quelque nature que ce soit. Sans limiter la généralité de ce qui précède, WSP et le destinataire de ce rapport conviennent et comprennent que WSP ne fait aucune représentation ou garantie quant à la suffisance de sa portée de travail pour le but recherché par le destinataire de ce rapport.

En préparant ce rapport, WSP s'est fié de bonne foi à l'information fournie par des tiers, tel qu'indiqué dans le rapport. WSP a raisonnablement présumé que les informations fournies étaient correctes et WSP ne peut donc être tenu responsable de l'exactitude ou de l'exhaustivité de ces informations.

Les bornes et les repères d'arpentage utilisés dans ce rapport servent principalement à établir les différences d'élévation relative entre les emplacements de prélèvement et/ou d'échantillonnage et ne peuvent servir à d'autres fins. Notamment, ils ne peuvent servir à des fins de nivelage, d'excavation, de construction, de planification, de développement, etc.

WSP nie toute responsabilité financière quant aux effets du rapport sur une transaction subséquente ou sur la dépréciation de la valeur des biens qu'il peut entraîner, ou encore qui peuvent découler des mesures, des actions et des coûts qui en résultent.]

Les recommandations de conception fournies dans ce rapport s'appliquent uniquement au projet et aux zones décrites dans le texte, et uniquement si elles sont construites conformément aux détails indiqués dans le présent rapport. Les commentaires fournis dans ce rapport sur les problèmes potentiels pouvant subvenir lors de la construction et sur les différentes méthodologies possibles sont uniquement destinés à guider le concepteur. Le nombre d'emplacements de prélèvement et/ou d'échantillonnage peut ne pas être suffisant pour évaluer l'ensemble des facteurs pouvant affecter la construction, les méthodologies et les coûts. WSP nie toute responsabilité pouvant découler de décisions ou actions prises découlant de ce rapport, sauf si WSP en est spécifiquement informé et y participe. Advenant une telle situation, la responsabilité de WSP sera déterminée et convenue à ce moment.

Les conditions générales d'un site ne peuvent être extrapolées au-delà des zones définies et des emplacements de prélèvement et d'échantillonnage. Les conditions d'un site entre les emplacements de prélèvement et d'échantillonnage peuvent différer des conditions réelles. La précision et l'exactitude de toute extrapolation et spéculation au-delà des emplacements des prélèvements et d'échantillonnage dépendent des conditions naturelles, de l'historique de développement du site et des changements entraînés par la construction et des autres activités sur le site. De plus, l'analyse a été effectuée pour les paramètres chimiques et physiques déterminés seulement, et il ne peut pas être présumé que d'autres substances chimiques ou conditions physiques ne sont pas présentes. WSP ne fournit aucune garantie et ne fait aucune représentation contre les risques environnementaux non décelés ou contre des effets négatifs causés à l'extérieur de la zone définie.

L'original du fichier électronique que nous vous transmettons sera conservé par WSP pour une période minimale de dix ans. WSP n'assume aucune responsabilité quant à l'intégrité du fichier qui vous est transmis et qui n'est plus sous le contrôle de WSP. Ainsi, WSP n'assume aucune responsabilité quant aux modifications faites au fichier électronique suivant sa transmission au destinataire.

Ces limitations sont considérées comme faisant partie intégrante du présent rapport.

ÉQUIPE DE RÉALISATION

MINISTÈRE DE L'ÉNERGIE ET DES RESSOURCES NATURELLES

Chargée de projet

Mme Karine Dallaire, ing. M. Env.

Chargé de projet

M. Gaétan Veillette, ing

WSP CANADA INC. (WSP)

53-54

Référence à citer :

WSP, 2020. *RESTAURATION DE L'ANCIEN SITE MINIER ST-LAWRENCE COLOMBIUM, OKA (QUÉBEC). ÉTUDE SISMIQUE DES DÉPÔTS STÉRILES - MASW 2D & RÉFRACTION. RAPPORT PRODUIT POUR MINISTÈRE DE L'ÉNERGIE ET DES RESSOURCES NATURELLES. 15 PAGES ET ANNEXES.*

TABLE DES MATIÈRES

1	DESCRIPTION DU SITE INVESTIGUÉ	1
1.1	CONTEXTE	1
1.1.1	PLAN DU LEVÉ.....	1
2	MÉTHODOLOGIE	2
3	RÉSULTATS	3
3.1	RÉSULTATS DU PROFIL L1	3
3.1.1	DONNÉES DE SISMIQUE RÉFRACTION	3
3.1.2	DONNÉES MASW 2D.....	4
3.1.3	SISMIQUE PASSIVE	4
3.1.4	RAPPORT DE VITESSES ONDES P / ONDES S	4
3.2	RÉSULTATS PROFIL L2	6
3.2.1	SISMIQUE RÉFRACTION	6
3.2.2	RÉSULTATS MASW 2D	7
3.2.3	SISMIQUE PASSIVE	7
3.2.4	RAPPORT ONDES P / ONDES S	8
3.3	RÉSULTATS PROFIL L3	9
3.3.1	RÉFRACTION SISMIQUE	9
3.3.2	RÉSULTATS MASW 2D	10
3.3.3	RAPPORT DE VITESSES ONDES P / ONDES S	10
4	INTERPRÉTATION	11
4.1	INTERPRÉTATION DU PROFIL L1	11
4.2	INTERPRÉTATION DU PROFIL L2	12
4.1	INTERPRÉTATION DU PROFIL L3	13
5	CONCLUSION	14
	RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES	15

TABLE DES MATIÈRES

FIGURES

FIGURE 1	CARTE DE POSITIONNEMENT DES PROFILS SISMQUES ET DES FORAGES.....	1
FIGURE 2	MODÈLE 2D DE VITESSES VP AVEC LA PROFONDEUR POUR LE PROFIL L1	3
FIGURE 3	MODÈLE 2D DE VITESSES VS SUR LE PROFIL L1	4
FIGURE 4	MODÈLE 1D DES VITESSES VS POUR LE PROFIL L1 ; COURBE DE DISPERSION OBSERVÉE (POINTS EN VERT) ET COURBE THÉORIQUE INVERSÉE (TRAIT NOIR)	5
FIGURE 5	MODÈLE 2D DES RAPPORTS DE VITESSES VP/VS POUR LE PROFIL L1	5
FIGURE 6	MODÈLE 2D DE VITESSES VP POUR LA LIGNE L2	6
FIGURE 7	MODÈLE 2D DE VITESSE VS SUR LE PROFIL L2	7
FIGURE 8	MODÈLE 1D DES VITESSES VS SUR LE PROFIL L2	8
FIGURE 9	MODÈLE 2D DES RAPPORT DE VITESSES VP/VS POUR LA LIGNE L2.....	8
FIGURE 10	MODÈLE 2D DES VITESSES VP POUR LA LIGNE L3	9
FIGURE 11	MODÈLE 2D DE VITESSE VS AVEC LA PROFONDEUR POUR LA LIGNE L3	10
FIGURE 12	MODÈLE 2D DU RAPPORT DE VITESSES VP/VS POUR LA LIGNE L3.....	10
FIGURE 13	PROFONDEUR ESTIMÉE DES ZONES PLUS COMPACTES	11
FIGURE 14	PHOTO DU TERRAIN RENCONTRÉ SUR LA ZONE DE LA LIGNE L2.....	12
FIGURE 15	ESTIMATION DES ZONES PLUS COMPACTES EN PROFONDEUR	13



TABLE DES MATIÈRES

ANNEXE

A	LOG DE FORAGE 20-F04
B	LOG DE FORAGE 20-F05
C	LOG DE FORAGE 20-F06
D	LOG DE FORAGE 20-F07
E	LOG DE FORAGE 20-F10
F	LOG DU Puits D'OBSERVATION PO-01
G	CLASSIFICATION DES SITES EN FONCTION DE LA RÉPONSE SISMIQUE
H	EXEMPLES TYPIQUES DES RAPPORTS DE VITESSES VP/VS

1 DESCRIPTION DU SITE INVESTIGUÉ

1.1 CONTEXTE

Dans le cadre de l'étude géotechnique de la zone de dépôts de stériles au sud du site minier St-Lawrence Columbium (Oka, Québec), une campagne de forages a été menée afin de caractériser la nature des dépôts et d'évaluer la profondeur du roc. Certaines zones du site n'étant pas accessibles à l'équipement de forage, trois lignes de levés sismiques d'une longueur de 46 m ont été effectuées afin de faciliter la caractérisation physique de certaines zones de dépôt.

1.1.1 PLAN DU LEVÉ

Les profils L1 et L2 (2D) sont situés sur un talus de blocs et de dépôts grossiers inaccessibles par foreuse en raison du dénivelé du terrain et de l'angle des pentes. L'orientation des dispositifs a été choisie de manière à permettre une longueur de ligne maximale.

La ligne L3 commence en zone accessible au niveau du forage 2018 PO-01 et s'étend jusqu'à la limite du talus de déposition de 16 à 48 m à l'ouest du forage. La position des profils MASW et des forages est indiquée sur la figure 1.



Figure 1 Carte de positionnement des profils sismiques et des forages

2 MÉTHODOLOGIE

Des levés de sismique réfraction et de MASW 2D ont été réalisés pour chaque ligne (3). Des levés sismiques passifs (MAM) ont aussi été effectués pour les lignes L1 et L2.

Afin de créer une onde sismique, une masse de 18 lb reliée à un sismographe GEODE de Geometrics et à 24 géophones a été utilisée. Les géophones ont été installés à intervalle de 2 m le long des trois lignes de levé, d'une longueur de 46 m chacune. Les tirs ont été effectués à l'aide de la masse entre chaque couple de géophones ainsi qu'aux extrémités des lignes. La durée d'enregistrement du signal (ondes sismiques P et S) par le sismographe a été fixée à une seconde pour chaque tir.

Les enregistrements bruts sont sommés sur plusieurs tirs (stacks) et traités en fréquence (vitesse de phase en fonction de la fréquence du signal), avant d'être utilisés pour la modélisation sismique 2D à l'aide du logiciel SeisImager. Les modèles 2D sont ensuite corrigés en fonction de la topographie du terrain.

3 RÉSULTATS

3.1 RÉSULTATS DU PROFIL L1

3.1.1 DONNÉES DE SISMOLOGIE RÉFRACTION

Le marqueur 0 de la ligne 1 correspond à l'extrémité nord, et le marqueur 46 correspond à l'extrémité sud (figure 2).

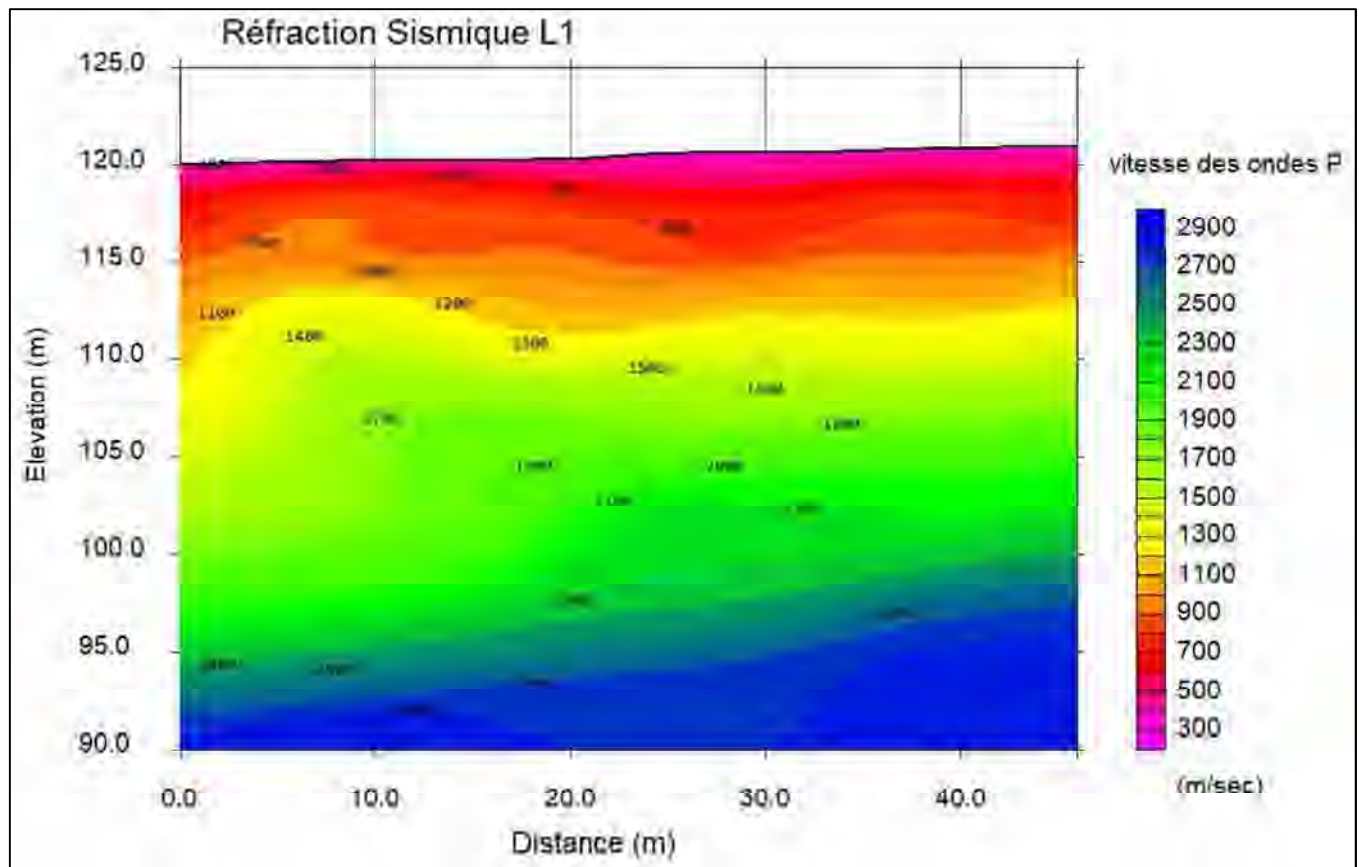


Figure 2 Modèle 2D de vitesses Vp avec la profondeur pour le profil L1

Les vitesses des ondes P rencontrées sur ce profil varient de 300 à 2 800 m/sec.

On peut observer la distribution des vitesses suivantes :

- inférieures à 1 000 m/s sur les 5 premiers mètres;
- de 1 000 à 2 200 m/s sur 15-20 m;
- de 2 200 m/s à 2 800 m/s jusqu'à 30 m de profondeur.

3.1.2 DONNÉES MASW 2D

La propagation des ondes S (ondes de cisaillement) ne peut pas être modélisée ici de façon optimale. En effet, les ondes de Rayleigh sont limitées en profondeur par une forte dispersion ou une forte atténuation. L'énergie des ondes de Rayleigh est limitée principalement dans la tranche 0-15 m de profondeur (figure 3).

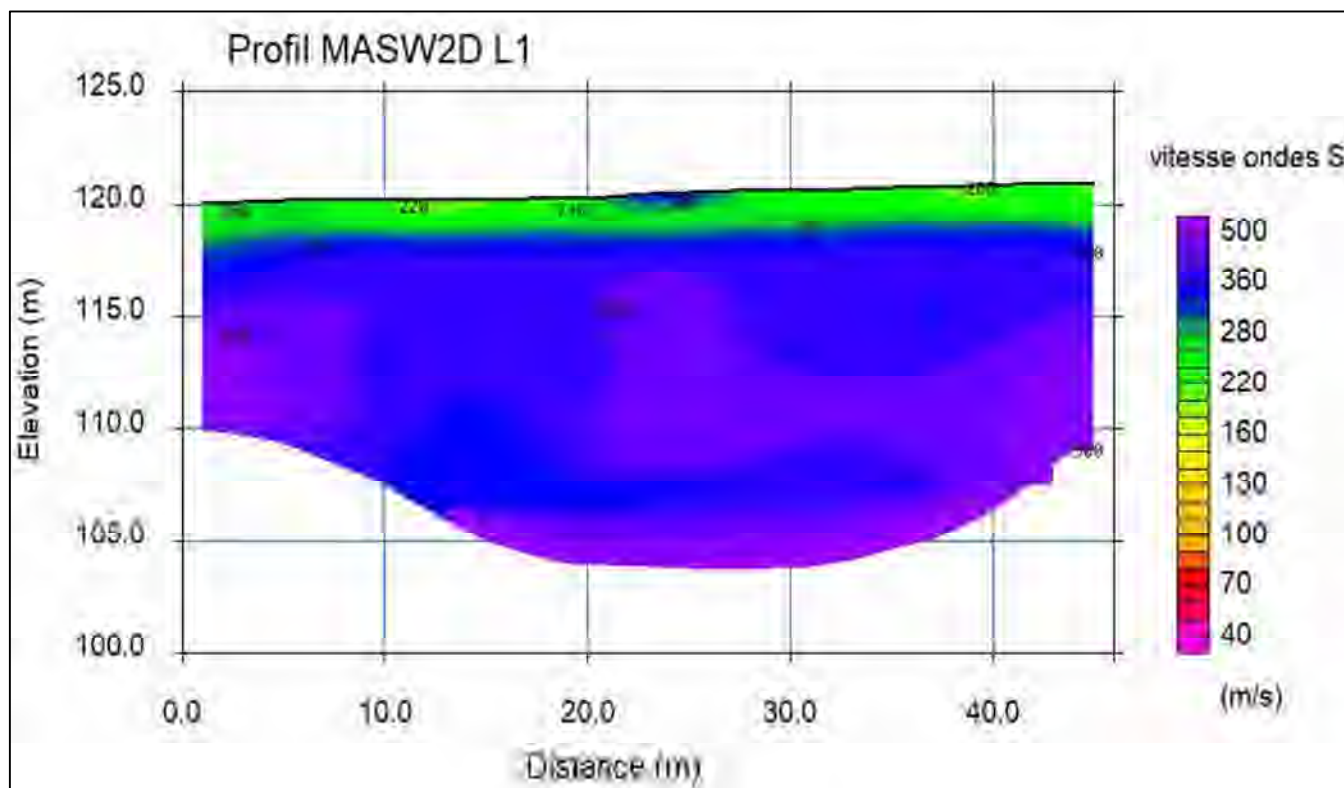


Figure 3 Modèle 2D de vitesses Vs sur le profil L1

3.1.3 SISMOLOGIE PASSIVE

Le dispositif de sismologie passive (MAM) consiste à enregistrer le bruit de fond ambiant (sans source active comme le marteau), ce qui permet d'utiliser des fréquences plus basses et d'atteindre ainsi des profondeurs plus importantes. Le modèle 1D obtenu ici (figure 4) indique des vitesses en ondes S inférieures à 760 m/s (sol très dense ou roche tendre) sur les 25 premiers mètres, avec une inversion de vitesse vers 20 m (500 m/s). Les vitesses commencent à être plus élevées à partir de 30 m de profondeur (vitesses Vs > 760 m/s ; roche). Un sol consistant (180-360 m/s) semble présent dans les 3 à 5 premiers mètres.

3.1.4 RAPPORT DE VITESSES ONDES P / ONDES S

Le rapport de vitesses Vp/Vs peut nous apporter des indications sur les matériaux rencontrés. De fortes valeurs de Vp/Vs sont rencontrées à partir de 8-10 m de profondeur. Des valeurs supérieures à 3.0 indiquent des terrains non isotropes ou présentant des anomalies en termes de propagation d'ondes (figure 5).

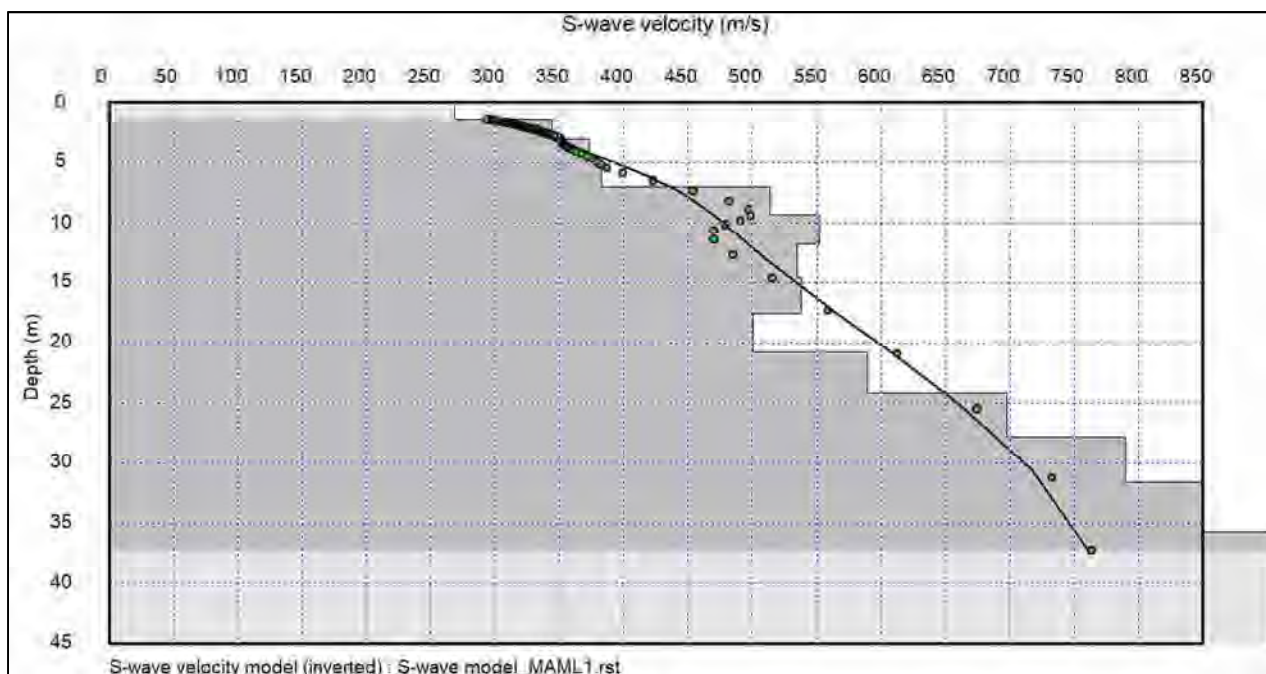


Figure 4 Modèle 1D des vitesses V_s pour le profil L1 ; courbe de dispersion observée (points en vert) et courbe théorique inversée (trait noir)

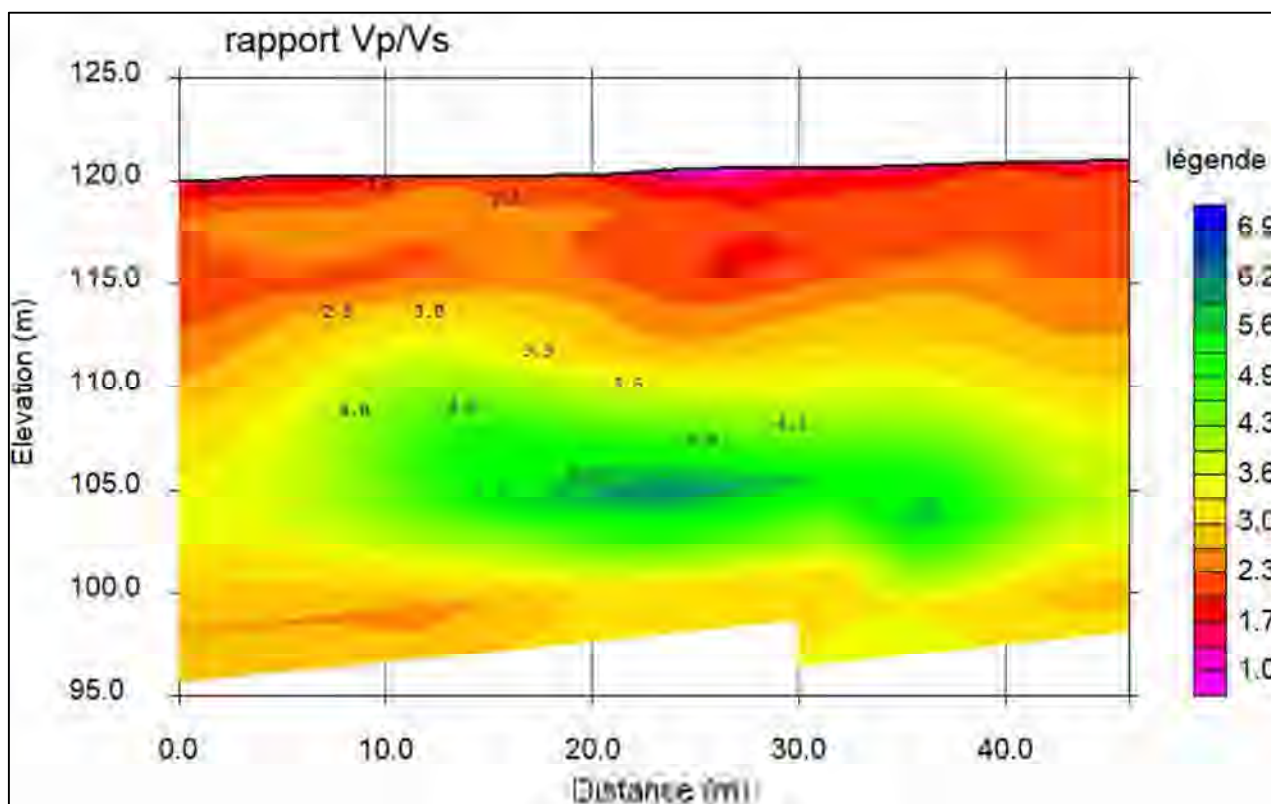


Figure 5 Modèle 2D des rapports de vitesses V_p/V_s pour le profil L1

3.2 RÉSULTATS PROFIL L2

3.2.1 SISMOLOGIE RÉFRACTION

Le marqueur 0 de la ligne 2 correspond à l'extrémité ouest et le marqueur 46 correspond à l'extrémité est.

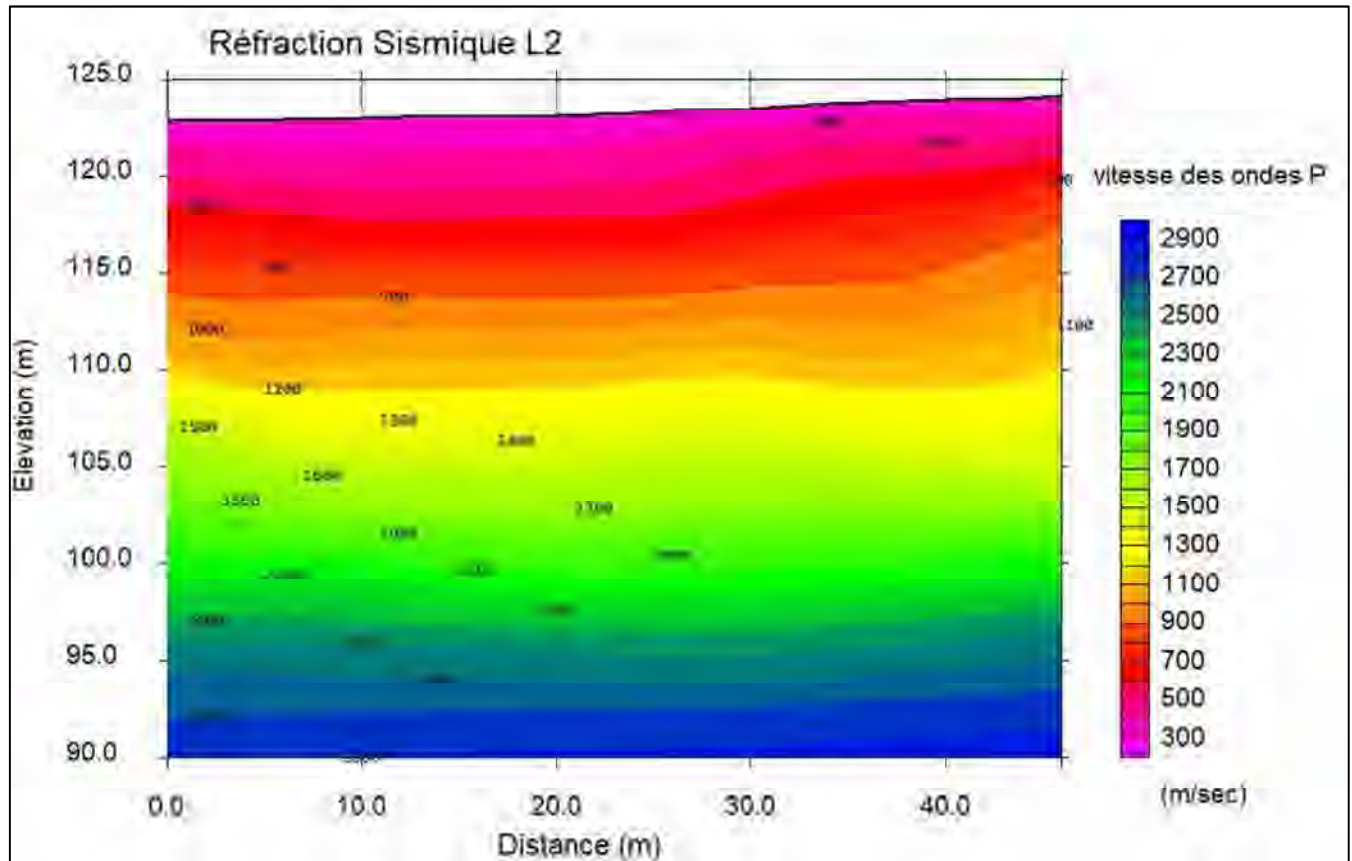


Figure 6 Modèle 2D de vitesses Vp pour la ligne L2

Les vitesses des ondes P rencontrées sur ce profil varient de 300 à 2 800 m/sec.

On peut observer la distribution des vitesses suivantes :

- inférieures à 1 000 m/s sur les 10 premiers mètres (niveau plus épais par rapport au profil L1);
- de 1 000 à 2 200 m/s sur 12-15 mètres;
- de 2 200 m/s à 2 800 m/s de 25 à 30 m de profondeur.

3.2.2 RÉSULTATS MASW 2D

La pénétration des ondes de Rayleigh est beaucoup plus profonde par rapport au profil L1; on peut constater une zone hétérogène avec des inversions de vitesse dans les 20 premiers mètres. La propagation des ondes de Rayleigh permet ici d'atteindre une profondeur de 25-30 m pour le modèle (figure 7).

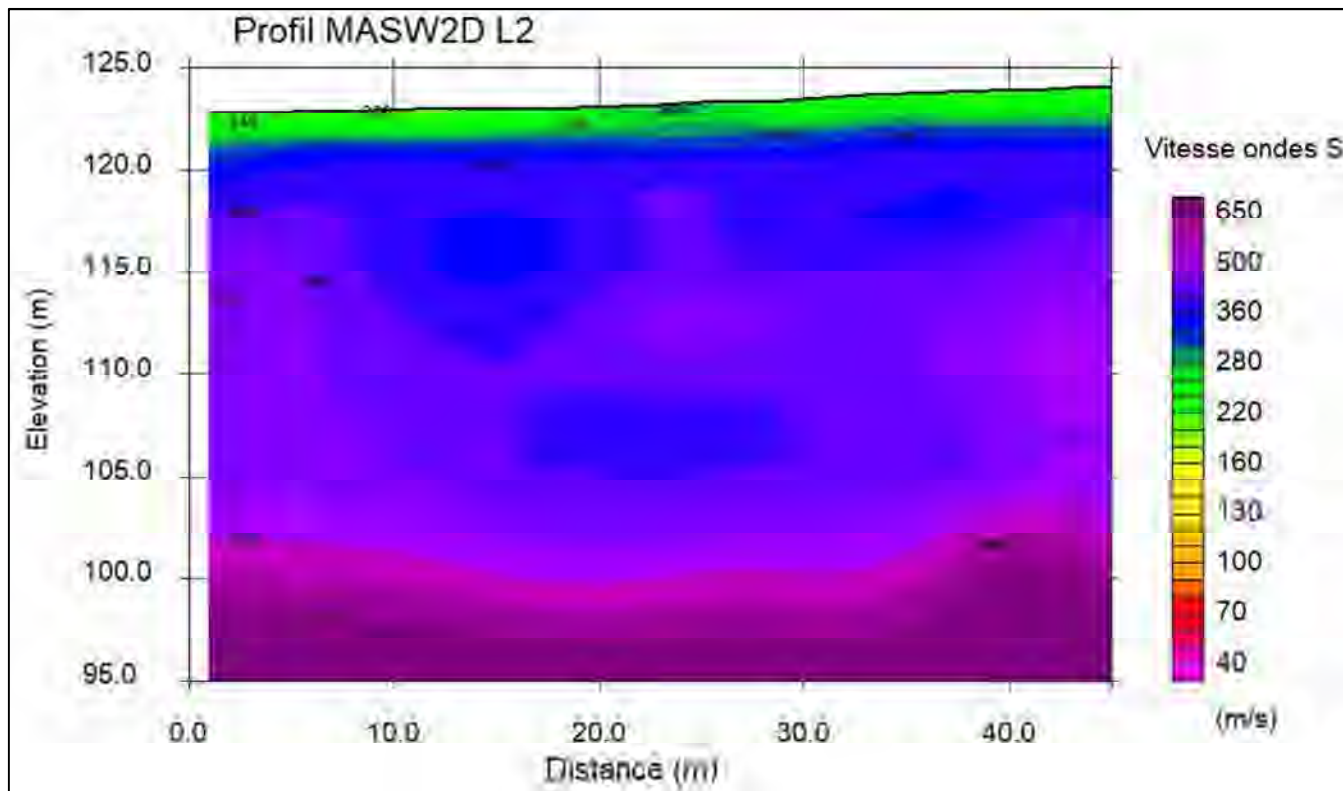


Figure 7 Modèle 2D de vitesse Vs sur le profil L2

3.2.3 SISMIQUE PASSIVE

Le modèle 1D obtenu ici (figure 8) indique des vitesses en ondes S inférieures à 760 m/s (sol très dense ou roche tendre) sur les 35 premiers mètres, avec une inversion de vitesse vers 15 m (460 m/s). Les vitesses commencent à être plus élevées à partir de 35 m de profondeur (vitesses $V_s > 760$ m/s; roche). Un sol consistant ($V_s = 180-360$ m/s) semble être présent dans les 3 premiers mètres.

Le modèle 1D des vitesses sismique V_s nous indique un site correspondant à une classe sismique C (460 m/s ; figure 8).

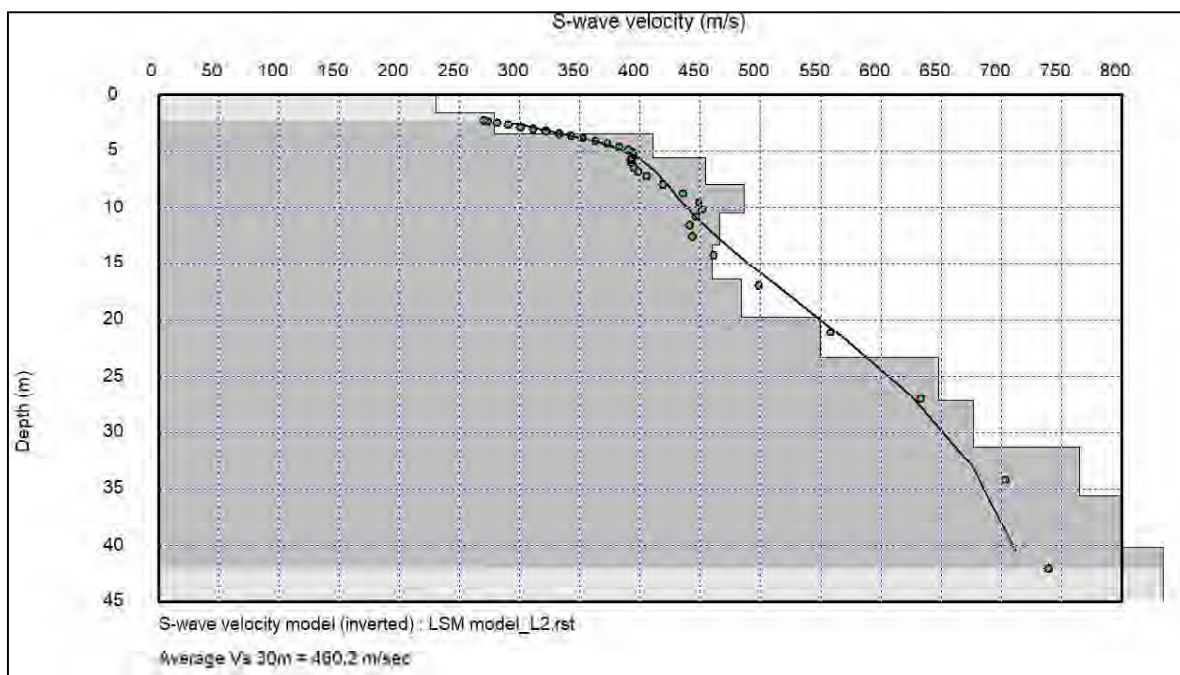


Figure 8 Modèle 1D des vitesses Vs sur le profil L2

3.2.4 RAPPORT ONDES P / ONDES S

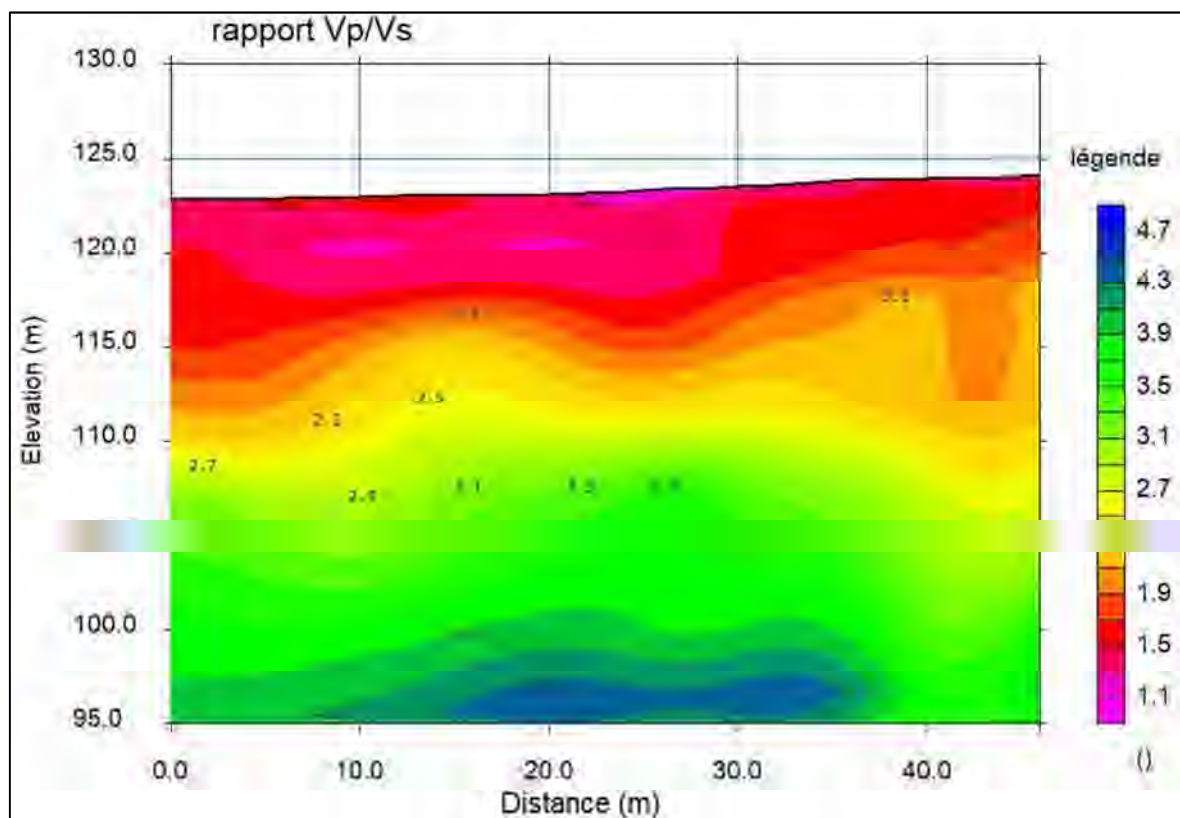


Figure 9 Modèle 2D des rapport de vitesses Vp/Vs pour la ligne L2

3.3 RÉSULTATS PROFIL L3

3.3.1 RÉFRACTION SISMIQUE

Le marqueur 0 de la ligne 3 correspond à l'extrémité est et au forage 2018 PO-01 et le marqueur 46 correspond à l'extrémité ouest (figure 10).

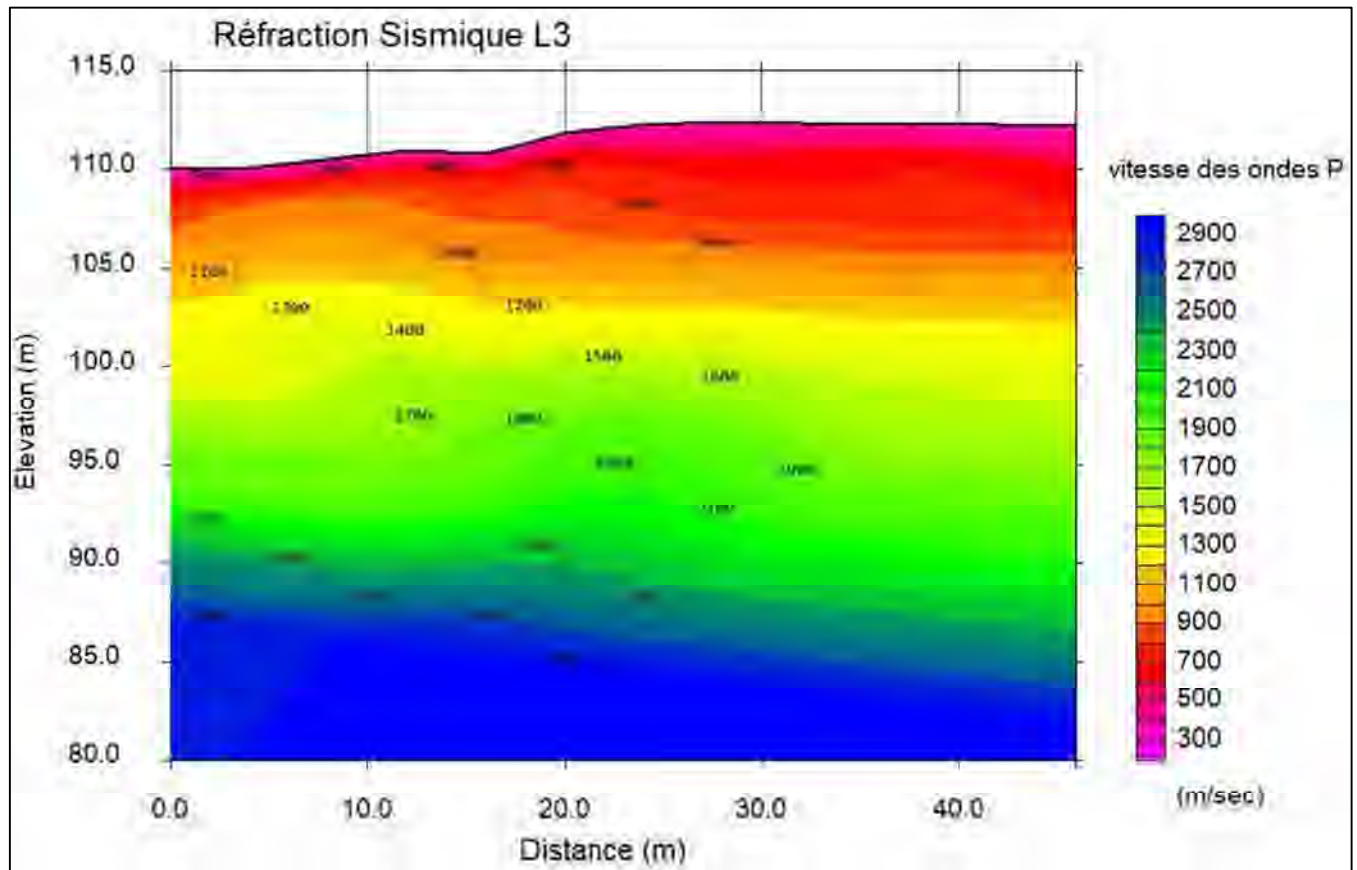


Figure 10 Modèle 2D des vitesses V_p pour la ligne L3

Les vitesses des ondes P rencontrées sur ce profil varient de 300 à 2 800 m/sec.

On peut observer la distribution des vitesses suivantes :

- inférieures à 1 000 m/s sur les 4-5 premiers mètres (niveau similaire au profil L1);
- de 1 000 à 2 200 m/s sur 12-15 m;
- de 2 200 m/s à 2 800 m/s jusqu'à 30 m de profondeur.

3.3.2 RÉSULTATS MASW 2D

La pénétration des ondes S (cisaillement) ne peut pas être ici modélisée de façon optimale; la propagation des ondes de Rayleigh est perturbée en profondeur par une forte dispersion ou une atténuation. Les ondes de Rayleigh sont ainsi limitées dans la tranche 0-20 m de profondeur (figure 11).

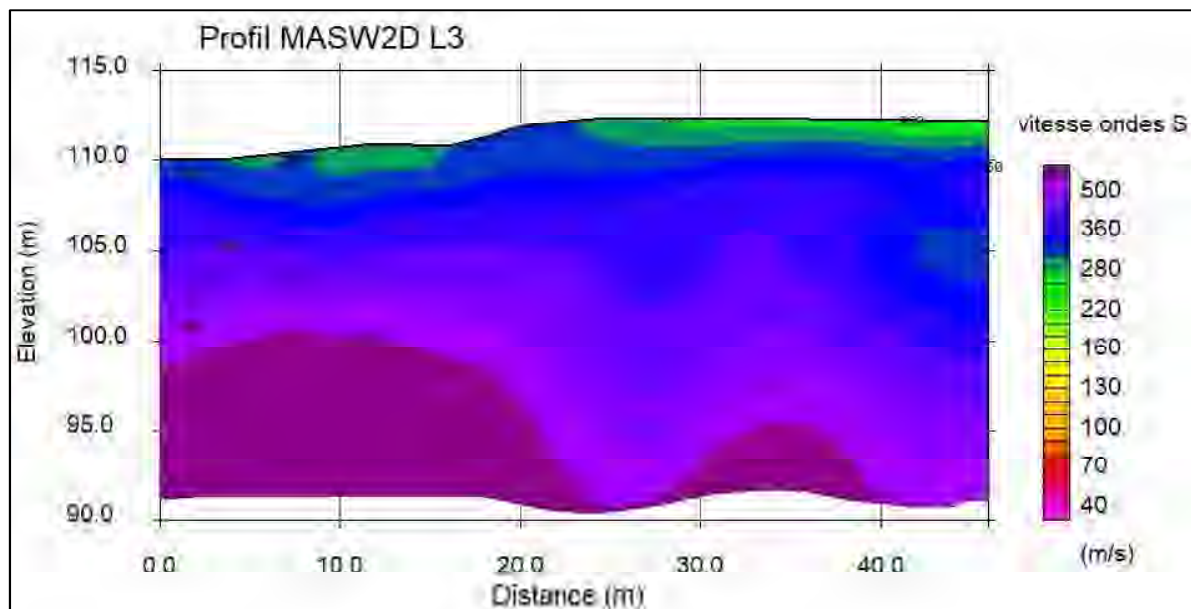


Figure 11 Modèle 2D de vitesse Vs avec la profondeur pour la ligne L3

3.3.3 RAPPORT DE VITESSES ONDES P / ONDES S

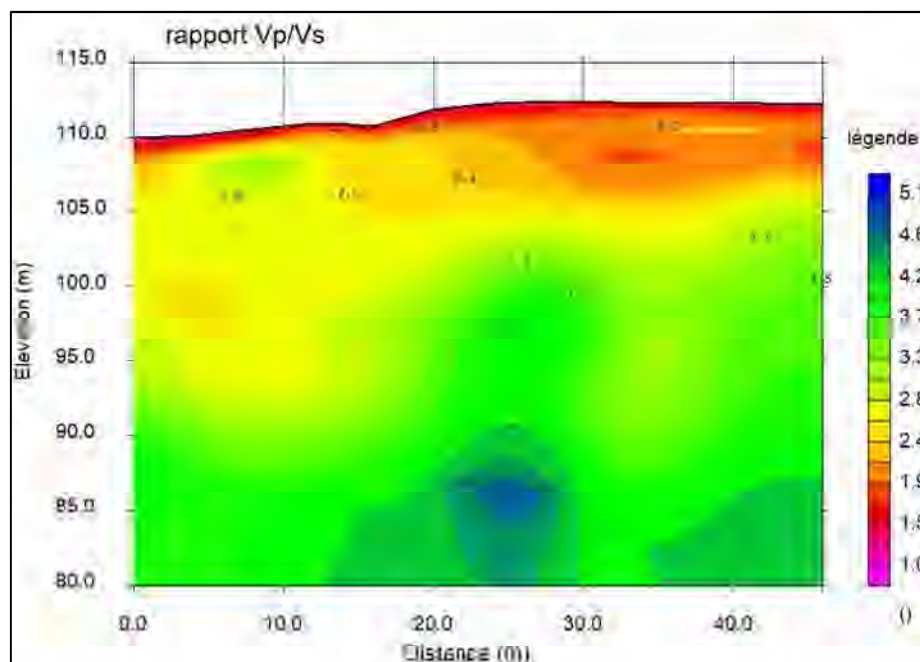


Figure 12 Modèle 2D du rapport de vitesses Vp/Vs pour la ligne L3

4 INTERPRÉTATION

4.1 INTERPRÉTATION DU PROFIL L1

Les résultats de sismique réfraction indiquent une augmentation des vitesses des ondes P au-delà de 2300 m.s^{-1} entre 20 et 25 m de profondeur.

Les résultats MASW2D montrent un sol végétal dense entre 0 et 2 m de profondeur. Entre 2 et 15 m de profondeur, on observe une zone irrégulière où les vitesses modélisées vont de 350 m.s^{-1} à 500 m.s^{-1} , avec des zones d'inversion de vitesses. On ne reçoit qu'une faible quantité de données au-delà de cette profondeur.

Les données MAM confirment la présence de la zone irrégulière avec des vitesses oscillant entre 400 m.s^{-1} et 550 m.s^{-1} , entre 5 et 20 m. On observe aussi une zone plus dense au-delà de 25 m de profondeur avec des vitesses allant de 600 m.s^{-1} à 750 m.s^{-1} .

Le rapport V_p/V_s présente des valeurs élevées entre 10 et 20 m de profondeur. Les valeurs supérieures à 2 ne sont pas compatibles avec un milieu isotropique. On en conclut que le milieu est anisotropique entre 10 et 20 m de profondeur, probablement dû à un milieu hétérogène de blocs et de sols non consolidés. Les vitesses sismiques obtenues par sismique réfraction nous permettent d'estimer la présence d'un horizon dense entre 20 et 25 m de profondeur, sans toutefois pouvoir confirmer la présence de roc avec certitude (voir zone rouge, figure 13).

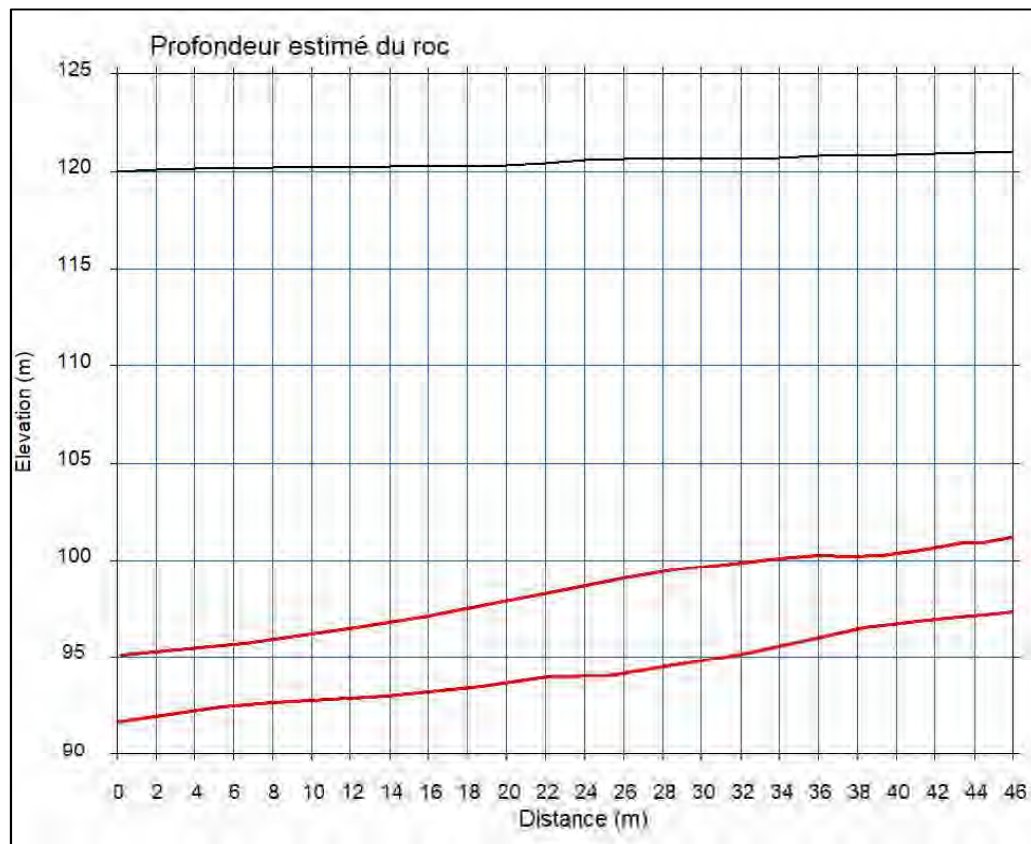


Figure 13 Profondeur estimée des zones plus compactes

4.2 INTERPRÉTATION DU PROFIL L2

La mesure des ondes P par réfraction sismique nous a permis d'obtenir des données jusqu'à 30 m de profondeur. La modélisation 2D montre une zone plus dense avec des vitesses au-dessus de 2 300 m.s-1 à partir de 25 m de profondeur.

Les résultats MASW2D montrent une zone irrégulière avec des inversions de vitesses entre 2 et 20 m de profondeur et une densité du sol qui augmente fortement au-delà de 20-25 m de profondeur, avec des vitesses des ondes de cisaillement au-delà de 600 m.s-1. Les résultats du MAM confirment les résultats obtenus par MASW 2D.

Le rapport V_p/V_s indique des valeurs élevées (+ 1,9) au-delà de 7m de profondeur et de très fortes valeurs (+4) à 25 m de profondeur. Les très fortes valeurs observées à plus de 25 m indiquent la limite maximale au-delà de laquelle on ne peut plus interpréter les données sismiques MASW (vitesses V_s erronées).

Le sol dans les 25 premiers mètres montre une grande hétérogénéité, probablement due à la présence de vides et de sols non consolidés. La figure 14 correspond au versant nord le long de la ligne L2. On constate que le substrat est composé d'une matrice comportant des cailloux et des blocs de stériles, ainsi que des résidus grossiers de plus faible granulométrie (gravier, sable). L'anisotropie élevée de ce type de sol explique les rapports V_p/V_s supérieurs à 1,9 (Wang & al., 2012).



Figure 14 Photo du terrain rencontré sur la zone de la ligne L2

Les vitesses modélisées permettent de conclure à un horizon dense au-delà de 25 m de profondeur, mais il ne s'agit pas de roc sain; il est possible que ce soit un roc altéré avec de nombreuses failles.

4.1 INTERPRÉTATION DU PROFIL L3

Le changement de vitesse des ondes P mesuré par sismique réfraction suggère un horizon plus dense à 18 m de profondeur au début de la ligne, qui plonge graduellement à 25 m de profondeur vers la fin de la ligne.

Lors du levé MASW2D, les ondes de Rayleigh n'ont pas pénétré au-delà de 20 m de profondeur. On observe le même phénomène que pour la réfraction, un horizon plus dense dont la profondeur augmente graduellement du début à la fin de la ligne. L'horizon observé se situe à 10 m de profondeur au marqueur 0 m et vers 15-17 m de profondeur au marqueur 46 m.

Les valeurs élevées du rapport V_p/V_s montrent qu'il ne s'agit pas d'un sol homogène. Comme sur le reste du terrain, on peut suspecter une matrice de blocs, de cailloux, de graviers, de sable avec présence de vides.

Les vitesses sismiques obtenues par réfraction nous permettent d'estimer la présence d'un horizon dense entre 18 et 30 m de profondeur, sans toutefois pouvoir confirmer la présence de roc (zone rouge sur la figure 15).

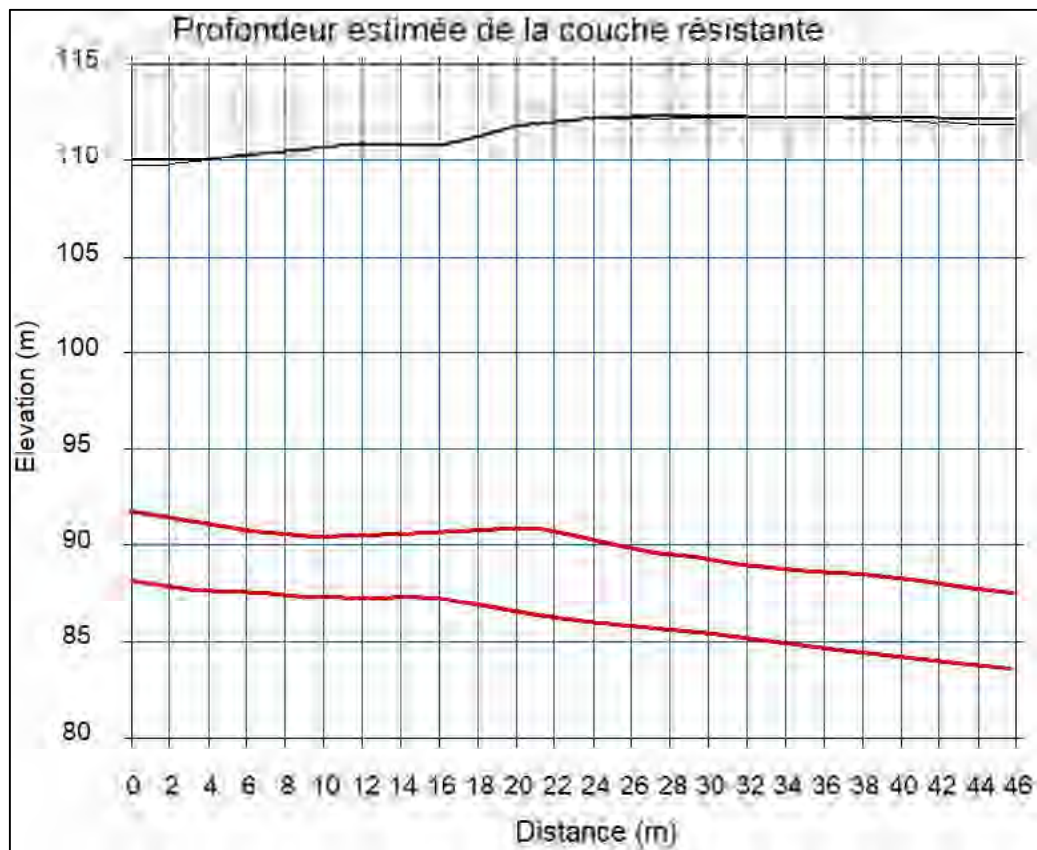


Figure 15 Estimation des zones plus compactes en profondeur

5 CONCLUSION

Les résultats des analyses sismiques des trois lignes de levé révèlent plusieurs points concernant la zone de dépôt de stériles :

- 1 Les vitesses sismiques sont similaires pour les trois lignes; le type de dépôt semble donc le même.
- 2 Les rapports V_p/V_s sont élevés et la pénétration des ondes de cisaillement est limitée, ce qui nous pousse à conclure à un milieu très hétérogène sur les 20 premiers mètres, avec la présence de fissures et de cavité (Wang & al, 2012). Ces résultats correspondent aux observations faites en 2018 dans le forage 18-PO01.
- 3 Pour L1 et L2, un horizon plus dense avec des vitesses sismiques élevées se situe au-delà de 25 m de profondeur. Ce même horizon se retrouve entre 18 et 30 m de profondeur sur la ligne 3.
- 4 Il est impossible de confirmer ou d'infirmer la présence de roc. Toutefois, les vitesses sismiques sont trop faibles pour correspondre à un roc sain. Il s'agit probablement d'une roche fracturée ou altérée.

Les logs de forages réalisés dans la zone sont présentés en annexe.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Wang, X.-Q & Schubnel, A. & Fortin, Jerome & David, E. & GuÃ©guen, Y. & Ge, H.-K. (2012). High Vp/Vs ratio: Saturated cracks or anisotropy effects? Geophysical Research Letters. 39. 11307-. 10.1029/2012GL051742.

ANNEXE

A

LOG DE FORAGE 20-F04



Nom du consultant:		Nom du client :		Page 1 de 3								
<h2 style="margin: 0;">RAPPORT DE FORAGE</h2>				Sondage N° 20-F04								
Nom du projet: Restauration de l'ancien site minier St Lawrence Colombium, OKA				Coordonnées géodésiques (m) X: MTM 8 (NAD83) Y: Z:								
Nom du requérant : Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles (MERN)				No. de projet : 201-00652-00 Plan de localisation No. : ANNEXE B Date du début du sondage : 2020-10-08 Profondeur du sondage : 16.71 m								
Localisation civile : Rang Sainte-Sophie, OKA, Québec Entrepreneur en forage: Succession Forage George Downing Ltée. Type de forage : Forage au tubage Inclinaison : 90 Azimut : Diamètre du forage: NW Diamètre du carottier: NQ Préparé par : 53-54 Vérifié par :												
TYPE D'ÉCHANTILLON CF Cuillère fendue CR Échantillon par forage au diamant EM Manuel TA Tarière TE Tube d'échantillonnage TM Tube à paroi mince		TERMINOLOGIE "traces" 1-10% "un peu" 10-20% adjectif (...eux) 20-35% "et" 35-50%		INDICE DE QUALITÉ DU ROC % RQD QUALIFICATIF <25 Très mauvais 25-50 Mauvais 50-75 Moyen 75-90 Bon 90-100 Excellent								
		COMPACITÉ Très lâche 0-4 Lâche 4-10 Compact 10-30 Dense 30-50 Très dense >50		INDICE "N" 0-4 4-10 10-30 30-50 >50								
				NEVEAU D'EAU Date: Date: Prof.: Prof.:								
ÉTAT DE L'ÉCHANTILLON Remanié Intact (tube à paroi mince) Perdu Forage au diamant		SYMBOLES N: Indice de pénétration standard R: Refus (N > 100) PM: Poids du marteau / 61 cm R.Q.D: Indice de qualité du roc % R.Q.D = $\frac{\Sigma \text{Carottes} > 4 \text{ po. (10 cm)}}{\text{longueur forée}}$		CLASSIFICATION DES SOLS Argile < 0,002 mm Silt 0,002 à 0,080 mm Sable 0,080 à 5 mm Gravier 5 à 80 mm Cailloux 80 à 300 mm Blocs > 300mm								
		CONSISTANCE Très molle Molle Ferme Raide Très raide Dure		RÉSISTANCE AU CISAILEMENT (Cu) <12 kPa 12-25 kPa 25-50 kPa 50-100 kPa 100-200 kPa >200 kPa								
PROFONDEUR (m)	PROF - pi	STRATIGRAPHIE		ÉCHANTILLONS			COUPS/15cm FRAGMENTATION (mm)	GRAPHIQUE 	INSTALLATION	ESSAIS AG : analyse granulométrique AC : analyse chimique WL : limite liquide Wp : limite plastique w : teneur en eau Cu : cisaillement non drainé Cur : cisaillement remanié P _c : préconsolidation Cc : Résistance en comp. uniaxiale sur car. de roc Dup : éch. duplicata prélevé		
		NIVEAU (m)/ PROFONDEUR	DESCRIPTION DU SOL ET DU ROC	SYMBOLES	TYPE NO	SOUS-ÉCH.					ÉTAT	RÉCUPÉRATION
1 5 2	10	0.00	Niveau		CF-1	A	B	49	46	4-31-15-15		
		-0.39 0.39	Remblai : Sable graveleux, un peu de silt, brun, humide, très dense. Stériles miniers: Gravier et sable altérés (particules blanches d'un diamètre inférieur à 5 mm), un peu de silt, gris-blanc, humide, compact. Présence de cailloux altérés.			B	B	46	23	17-8-15-31		
		5				B	B	64	23	24-12-11-6		
		10				B	0	20	9-15-5-3			
		15				N	0	R	50 /pour 3 cm			
		-3.81 3.81	Stériles miniers : Cailloux et blocs, un peu de sable, gris, humide, très dense. Présence d'altération (particules blanches d'un diamètre inférieur à 5 mm).			N	80	R	17-50 /pour 5 cm			
		15				N	14	R	8-6-50 /pour 7 cm			
Remarque(s):												

RAPPORT DE FORAGE

Sondage N°

20-F04

PROFONDEUR (m)	PROF - pi	STRATIGRAPHIE			ÉCHANTILLONS				COUPS/15cm FRAGMENTATION (mm)	GRAPHIQUE		INSTALLATION	ESSAIS
		NIVEAU (m)/ PROFONDEUR	DESCRIPTION DU SOL ET DU ROC	SYMBLES	TYPE NO	SOUS - ÉCH.	ÉTAT	RÉCUPÉRATION					
										2N (pen, standard) 2Nc (pen, dynamique) Cu (laboratoire) Cur (laboratoire) Cu (chantier) Cur (chantier)			AG : analyse granulométrique AC : analyse chimique WL : limite liquide Wp : limite plastique w : teneur en eau Cu : cisaillement non drainé Cur : cisaillement remanié Pc : préconsolidation Cc : Résistance en comp. uniaxiale sur car. de roc Dup : éch, duplicata prélevé
6	20				CF-8		N	38	34	20-15-19-50 /pour 5 cm			
					CF-9		N		R	50 /sans enfoncement			
7					CF-10		N	68	R	19-50 /pour 7 cm			
	25				CF-11		N		R	50 /sans enfoncement			
8		-7.93 7.93	Sol naturel : Silt argileux, un peu de sable, traces de gravier, girs, humide, d'apparance raide à très raide.		CF-12		N	61	26	6-11-15-26			
	30				CF-13		N	100	R	8-50 /sans enfoncement			
10					CF-14		N	41	39	18-19-20-27			
	35				CF-15	A B C	N	100	35	5-12-23-41			
11		-11.19 11.19 -11.43 11.43 -11.56 11.56	Sable graveleux, un peu de silt, traces d'argile, girs, humide, très dense. Présence de cailloux. Gravier sableux, traces d'argile, gris, humide, très dense. Cailloux et blocs, un peu de sable et silt, gris, humide, très dense.		CF-16		N	100	R	50 /sans enfoncement			
12	40				CR-17		NQ	35	0				
13					CR-18		NQ	16	0				
14	45				CR-19		NQ						
15	50				CR-20		NQ	27	0				

Nom du consultant: <div></div>		Nom du client : <div></div>		Page 3 de 3									
RAPPORT DE FORAGE													
Sondage N° 20-F04													
PROFONDEUR (m)	PROF - pi	STRATIGRAPHIE		ÉCHANTILLONS				COUPS/15cm FRAGMENTATION (mm)	GRAPHIQUE		INSTALLATION	ESSAIS	
		NIVEAU (m)/ PROFONDEUR	DESCRIPTION DU SOL ET DU ROC	SYMBOLES	TYPE NO	SOUS - ÉCH.	ÉTAT		RÉCUPÉRATION	N, Nc ou RQD			<div><div><div><div><div>ΔN (pen, standard)</div><div>ΔNc (pen, dynamique)</div><div>\bulletCu (laboratoire)</div><div>σCur (laboratoire)</div><div>\timesCu (chantier)</div><div>\pmCur (chantier)</div></div></div><div><div><div>w_p</div><div>w</div><div>w_l</div></div></div><div><div>20</div><div>40</div><div>60</div><div>80</div></div></div></div>
55	-16.71 16.71	Fin du forage.	<div></div>										
17													
18													
60													
19													
20													
65													
21													
70													
22													
23													
75													
24													
80													
25													
26													
85													

ANNEXE

B

LOG DE FORAGE 20-F05



Nom du consultant:

Nom du client :

Page 1 de 5

RAPPORT DE FORAGE

Sondage N°20-F05

Nom du projet:Restauration de l'ancien site minier St Lawrence Colombium, OKA

Nom du requérant :Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles (MERN)

Localisation civile :Rang Sainte-Sophie, OKA, Québec

Entrepreneur en forage:Succession Forage George Downing Ltée.

Type de forage :Forage au tubage

Diamètre du forage: NW 53-54

Préparé par :

Coordonnées géodésiques (m) X: MTM 8 (NAD83)

Y:

Z:

No. de projet :201-00652-00

Plan de localisation No. :ANNEXE B

Date du début du sondage :2020-10-05

Profondeur du sondage :42.11 m

TYPE D'ÉCHANTILLON

CF Cuillère fendue

CR Échantillon par forage au diamant

EM Manuel

TA Tarière

TE Tube d'échantillonnage

TM Tube à paroi mince

TERMINOLOGIE

"traces" 1-10%

"un peu" 10-20%

adjectif (...eux) 20-35%

"et" 35-50%

INDICE DE QUALITÉ DU ROC

% RQD

QUALIFICATIF

<25 Très mauvais

25-50 Mauvais

50-75 Moyen

75-90 Bon

90-100 Excellent

COMPACITÉ

Très lâche 0-4

Lâche 4-10

Compact 10-30

Dense 30-50

Très dense >50

INDICE "N"

Date:

Prof.:

NEVEAU D'EAU

Date:

Prof.:

ÉTAT DE L'ÉCHANTILLON

Remanié

Intact (tube à paroi mince)

Perdu

Forage au diamant

SYMBOLES

N: Indice de pénétration standard

R: Refus (N > 100)

PM: Poids du marteau / 61 cm

R.Q.D: Indice de qualité du roc

% R.Q.D = $\frac{\sum \text{Carottes} > 4 \text{ po. (10 cm)}}{\text{longueur forée}}$

CLASSIFICATION DES SOLS

Argile < 0,002 mm

Silt 0,002 à 0,080 mm

Sable 0,080 à 5 mm

Gravier 5 à 80 mm

Cailloux 80 à 300 mm

Blocs > 300mm

CONSISTANCE

Très molle <12 kPa

Molle 12-25 kPa

Ferme 25-50 kPa

Raide 50-100 kPa

Très raide 100-200 kPa

Dure >200 kPa

RÉSISTANCE AU CISAILEMENT (Cu)

Date:

Prof.:

STRATIGRAPHIE

PROFONDEUR (m)

PROF - pi

NIVEAU (m)/PROFONDEUR

DESCRIPTION DU SOL ET DU ROC

SYMBOLES

ÉCHANTILLONS

TYPE NO

SOUS-ÉCH.

ÉTAT

RÉCUPÉRATION

N, Nc ou RQD

COUPS/15cm FRAGMENTATION (mm)

GRAPHIQUE

N (pen, standard)

Nc (pen, dynamique)

Cu (laboratoire)

sCur (chantier)

xCur (chantier)

qCur (chantier)

Wp

w

Wl

20 40 60 80

INSTALLATION

ESSAIS

AG : analyse granulométrique

AC : analyse chimique

WL : limite liquide

Wp : limite plastique

w : teneur en eau

Cu : cisaillement non drainé

Cur : cisaillement remanié

Pc : préconsolidation

Cc : Résistance en comp, uniaxiale sur car, de roc

Dup : éch, duplicata prélevé

0.00

Niveau

Remblai : Sable silteux et graveleux, brun-gris, lâche à compact. Présence de stériles miniers altérés (particules blanches d'un diamètre inférieur à 5 mm).

CF-1

B

57

30

6-17-13-12

1

5

CF-2

B

39

16

8-9-7-8

2

10

CF-3

B

43

9

8-4-5-7

3

15

CF-4

B

28

12

20-8-4-2

4

20

CF-5

N

15

11

9-5-6-6

5

25

CF-6

N

39

11

6-7-4-5

6

30

CF-7

N

21

9

5-3-6-7

Remarque(s): Les indices de N sont les valeurs brutes enregistrées lors des travaux de forage.

Date de production 2020-10-13

Nom du consultant:

Nom du client :

Page 2 de 5

RAPPORT DE FORAGE

Sondage N°

20-F05

PROFONDEUR (m)	PROF - pi	STRATIGRAPHIE			ÉCHANTILLONS				COUPS/15cm FRAGMENTATION (mm)	GRAPHIQUE	INSTALLATION	ESSAIS
		NIVEAU (m)/ PROFONDEUR	DESCRIPTION DU SOL ET DU ROC	SYMBLES	TYPE NO	SOUS - ÉCH.	ÉTAT	RÉCUPÉRATION				
										2N (pen, standard) 2Nc (pen, dynamique) Cu (laboratoire) Cur (laboratoire) Cu (chantier) Cur (chantier)		
6	20				CF-8		N	23	11	6-7-4-11		
					CF-9		N	3	R	4-8-50 /pour 5 cm		
7					CF-10		N	28	8	2-3-5-5		
	25				CF-11		N	0	17	7-8-9-8		
8					CF-12		N	38	3	14-2-1-2		
	30				CF-13		N	0	5	9-3-2-50 /pour 5 cm		
9					CF-14		N			50 /sans enfoncement		
10												
	35	-10.67 10.67	Sol naturel : Sable silteux, traces de gravier, brun, très humide, compact à dense. Présence de coquillage.		CF-15		N	36	11	6-4-7-11		
11		-11.43 11.43	Devenant très dense.		CF-16		N	57	R	26-20-50 /pour 5 cm		
12	40				CF-17		N		R	50 /sans enfoncement		
13					CR-18		NQ	39	0			
	45	-13.42 13.42	Gravier silteux, un peu de sable, traces d'argile, gris, très humide, très dense. (Till) Présence de cailloux et blocs.		CR-19		NQ	27	0			
14					CR-20		NQ	34	0			
15	50											

RAPPORT DE FORAGE

Sondage N°

20-F05

PROFONDEUR (m)		STRATIGRAPHIE			ÉCHANTILLONS				COUPS/15cm FRAGMENTATION (mm)		GRAPHIQUE		INSTALLATION		ESSAIS	
PROF	- pi	NIVEAU (m)/ PROFONDEUR	DESCRIPTION DU SOL ET DU ROC	SYMBOLES	TYPE NO	SOUS - ÉCH.	ÉTAT	RÉCUPÉRATION	N, Nc ou RQD			<div>▲N (pen, standard) ▲Nc (pen, dynamique) ●Cu (laboratoire) ✕Cur (laboratoire) ✕Cu (chantier) ✕Cur (chantier)</div> <div><div>W_p</div><div>○</div><div>W_l</div><div>20 40 60 80</div></div>			AG : analyse granulométrique AC : analyse chimique WL : limite liquide Wp : limite plastique w : teneur en eau Cu : cisaillement non drainé Cur : cisaillement remanié P _c : préconsolidation Cc : Résistance en comp. uniaxiale sur car. de roc Dup : éch., duplicata prélevé	
55	17															
60		-18.29 18.29	Cailloux et blocs, girs.		CR-21		NQ	52	0							
65	19				CR-22		NQ	23	0							
70	20				CR-23		NQ	20	0							
75	21				CR-24		NQ	24	0							
80	22				CR-25		NQ	39	0							
85	23				CR-26		NQ	19	0							
	24				CR-27		NQ	14	0							

Nom du consultant:



Nom du client :



Page 4 de 5

RAPPORT DE FORAGE

Sondage N°

20-F05

PROFONDEUR (m)	PROF - pi	STRATIGRAPHIE		ÉCHANTILLONS				COUPS/15cm FRAGMENTATION (mm)	GRAPHIQUE		INSTALLATION	ESSAIS
		NIVEAU (m)/ PROFONDEUR	DESCRIPTION DU SOL ET DU ROC	SYMBLES	TYPE NO	SOUS - ÉCH.	ÉTAT	RÉCUPÉRATION	N, Nc ou RQD	2N (pen, standard) 2Nc (pen, dynamique) Cu (laboratoire) Cu (chantier) Cu (chantier)		
90												
28					CR-28		NQ	7	0			
29												
95					CR-29		NQ	10	0			
30												
100		-30.48 30.48	Silt argileux, traces de sable, gris, humide, d'apparence dure.									
31					CR-30		NQ	92	0			
32												
105					CR-31		NQ	97	0			
33												
110												
34					CR-32		NQ	33	0			
35												
115												
36					CR-33		NQ	61	0			
120												
37					CR-34		NQ	72	0			

Nom du consultant:



Nom du client :



Page 5 de 5

RAPPORT DE FORAGE

Sondage N°

20-F05

PROFONDEUR (m)	PROF - pi	STRATIGRAPHIE			ÉCHANTILLONS				COUPS/15cm FRAGMENTATION (mm)	GRAPHIQUE				INSTALLATION	ESSAIS
		NIVEAU (m)/ PROFONDEUR	DESCRIPTION DU SOL ET DU ROC	SYMBLES	TYPE NO	SOUS - ÉCH.	ÉTAT	RÉCUPÉRATION	N, Nc ou RQD						
39		-38.96 38.96	Socle rocheux: ,mauvaise qualité.		CR-35	A	NQ	100	0						
						B	NQ	100	45						
40					CR-36		NQ	100	45						
41							NQ	79	33						
42		-42.11 42.11	Fin du forage.		CR-37		NQ								
43															
44															
45															
46															
47															
48															

ANNEXE

C

LOG DE FORAGE 20-F06



Nom du consultant:		Nom du client :		Page 1 de 3						
<h2 style="margin: 0;">RAPPORT DE FORAGE</h2>				Sondage N° 20-F06						
Nom du projet: Restauration de l'ancien site minier St Lawrence Colombium, OKA				Coordonnées géodésiques (m) X: 263151.5 MTM 8 (NAD83) Y: 5040215.0 Z: 105.87						
Nom du requérant : Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles (MERN)				No. de projet : Plan de localisation No. : ANNEXE B Date du début du sondage : 2020-10-02 Profondeur du sondage : 18.06 m						
Localisation civile : Rang Sainte-Sophie, OKA, Québec Entrepreneur en forage: Succession Forage George Downing Ltée. Type de forage : Forage au tubage Inclinaison : 90 Azimut : Diamètre du forage: NW Diamètre du carottier: NQ Préparé par : 53-54 Vérifié par :										
TYPE D'ÉCHANTILLON CF Cuillère fendue CR Échantillon par forage au diamant EM Manuel TA Tarière TE Tube d'échantillonnage TM Tube à paroi mince		TERMINOLOGIE "traces" 1-10% "un peu" 10-20% adjectif (...eux) 20-35% "et" 35-50%		INDICE DE QUALITÉ DU ROC % RQD QUALIFICATIF <25 Très mauvais 25-50 Mauvais 50-75 Moyen 75-90 Bon 90-100 Excellent						
		COMPACITÉ Très lâche 0-4 Lâche 4-10 Compact 10-30 Dense 30-50 Très dense >50		INDICE "N" 0-4 4-10 10-30 30-50 >50						
				NEVEAU D'EAU Date: Date: Prof.: Prof.:						
ÉTAT DE L'ÉCHANTILLON Remanié Intact (tube à paroi mince) Perdu Forage au diamant		SYMBOLES N: Indice de pénétration standard R: Refus (N > 100) PM: Poids du marteau / 61 cm R.Q.D: Indice de qualité du roc % R.Q.D = $\frac{\sum \text{Carottes} > 4 \text{ po. (10 cm)}}{\text{longueur forée}}$		CLASSIFICATION DES SOLS Argile < 0,002 mm Silt 0,002 à 0,080 mm Sable 0,080 à 5 mm Gravier 5 à 80 mm Cailloux 80 à 300 mm Blocs > 300mm						
		CONSISTANCE Très molle Molle Ferme Raide Très raide Dure		RÉSISTANCE AU CISAILEMENT (Cu) <12 kPa 12-25 kPa 25-50 kPa 50-100 kPa 100-200 kPa >200 kPa						
PROFONDEUR (m)	PROF - pi	STRATIGRAPHIE		ÉCHANTILLONS			COUPS/15cm FRAGMENTATION (mm)	GRAPHIQUE 	INSTALLATION	ESSAIS AG : analyse granulométrique AC : analyse chimique WL : limite liquide Wp : limite plastique w : teneur en eau Cu : cisaillement non drainé Cur : cisaillement remanié P'c : préconsolidation Cc : Résistance en comp. uniaxiale sur car. de roc Dup : éch. duplicata prélevé
		NIVEAU (m)/ PROFONDEUR	DESCRIPTION DU SOL ET DU ROC	SYMBOLES	TYPE NO	SOUS-ÉCH.				
		105.87	Niveau							
1 5		0.00 105.79 0.08 105.67 0.20	Terre végétale, brune, humide. Remblai : Sable graveleux, un peu de silt, brun, humide. Présence de stériles miniers. Stériles miniers altérés : Blocs et cailloux artérés (particules blanches d'un diamètre inférieur à 5 mm), un peu de gravier et sable, gris, humide, très dense avec des horizons compacts.	CF-01	A B	B	85	R	1-50 /pour 5 cm	
				CF-02		B	46	R	12-50 /pour 13 cm	
				CF-03		B	52	29	28-17-12-14	
				CF-04		B	100	R	50 /pour 5 cm	
				CF-05		B	100	R	50 /pour 10 cm	
3 10				CF-06		B	30	R	8-16-50 /sans enfoncement	
		101.97 3.90	Sol naturel : Silt, un peu d'argile, traces de sable, brun, humide, très dense.	CF-06		B	30	R	8-16-50 /sans enfoncement	
4 15				CF-07		B	100	R	50 /pour 12 cm	
Remarque(s):										

Nom du consultant:

Nom du client :

Page 2 de 3

RAPPORT DE FORAGE

Sondage N°

20-F06

PROFONDEUR (m)	PROF - pi	STRATIGRAPHIE			ÉCHANTILLONS				COUPS/15cm FRAGMENTATION (mm)	GRAPHIQUE	INSTALLATION	ESSAIS
		NIVEAU (m)/ PROFONDEUR	DESCRIPTION DU SOL ET DU ROC	SYMBLES	TYPE NO	SOUS - ÉCH.	ÉTAT	RÉCUPÉRATION				
		100.54 5.33	Cailloux et blocs, gris.		CR-08		NQ	61	0			
6	20				CR-09		NQ	13	0			
7					CR-10		NQ	12	0			
8	25				CR-11		NQ	12	0			
9	30				CR-12		NQ	49	0			
10		94.44 11.43	Argile silteuse, traces de sable, humide, d'apparence dure. Présence de cailloux.		CR-13		NQ	18	0			
11	35				CR-14	A	NQ	42	24			
12	40	93.68 12.19	Cailloux et blocs, gris.		CR-15		NQ	100	96			
13												
14	45											
15	50	91.13 14.74 90.81 15.06	Socle rocheux : de très mauvaise qualité. Devenant d'excellente qualité.			B						

Nom du consultant:

Nom du client :

Page 3 de 3

RAPPORT DE FORAGE

Sondage N°20-F06

PROFONDEUR (m)	PROF - pi	STRATIGRAPHIE		ÉCHANTILLONS					COUPS/15cm FRAGMENTATION (mm)	GRAPHIQUE	INSTALLATION	ESSAIS
		NIVEAU (m)/ PROFONDEUR	DESCRIPTION DU SOL ET DU ROC	SYMBOLES	TYPE NO	SOUS - ÉCH.	ÉTAT	RÉCUPÉRATION		N, Nc ou RQD		
55	89.31 16.56	Devenant de bonne qualité.		CR-16		NQ	98	87				
17												
18	87.81 18.06	Fin du forage.										
60												
19												
20												
21												
22												
23												
24												
25												
26												

ANNEXE

D

LOG DE FORAGE 20-F07



ANNEXE

E

LOG DE FORAGE 20-F10



Nom du consultant:

Nom du client :

Page 1 de 2

RAPPORT DE FORAGE

Sondage N°20-F10

Nom du projet:Restauration de l'ancien site minier St Lawrence Colombium, OKA

Nom du requérant :Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles (MERN)

Localisation civile :Rang Sainte-Sophie, OKA, Québec

Entrepreneur en forage:Succession Forage George Downing Ltée.

Type de forage :Forage au tubage

Diamètre du forage: NW 53-54

Préparé par :

Inclinaison :90

Azimut :NQ

Diamètre du carottier: NQ

Vérifié par :

Coordonnées géodésiques (m) X:MTM 8 (NAD83)

Y:

Z:

No. de projet :201-00652-00

Plan de localisation No. :ANNEXE B

Date du début du sondage :2020-10-15

Profondeur du sondage :10.52 m

TYPE D'ÉCHANTILLON

CF Cuillère fendue

CR Échantillon par forage au diamant

EM Manuel

TA Tarière

TE Tube d'échantillonnage

TM Tube à paroi mince

TERMINOLOGIE

"traces" 1-10%

"un peu" 10-20%

adjectif (...eux) 20-35%

"et" 35-50%

INDICE DE QUALITÉ DU ROC

% RQD

QUALIFICATIF

<25 Très mauvais

25-50 Mauvais

50-75 Moyen

75-90 Bon

90-100 Excellent

COMPACITÉ

Très lâche

Lâche

Compact

Dense

Très dense

INDICE "N"

0-4

4-10

10-30

30-50

>50

NEVEAU D'EAU

Date:

Prof.:

ÉTAT DE L'ÉCHANTILLON

Remanié

Intact (tube à paroi mince)

Perdu

Forage au diamant

SYMBOLES

N: Indice de pénétration standard

R: Refus (N > 100)

PM: Poids du marteau / 61 cm

R.Q.D: Indice de qualité du roc

% R.Q.D = $\frac{\sum \text{Carottes} > 4 \text{ po. (10 cm)}}{\text{longueur forée}}$

CLASSIFICATION DES SOLS

Argile < 0,002 mm

Silt 0,002 à 0,080 mm

Sable 0,080 à 5 mm

Gravier 5 à 80 mm

Cailloux 80 à 300 mm

Blocs > 300mm

CONSISTANCE

Très molle

Molle

Ferme

Raide

Très raide

Dure

RÉSISTANCE AU CISAILEMENT (Cu)

<12 kPa

12-25 kPa

25-50 kPa

50-100 kPa

100-200 kPa

>200 kPa

PROFONDEUR (m)

PROF - pi

NIVEAU (m)/PROFONDEUR

DESCRIPTION DU SOL ET DU ROC

SYMBOLES

TYPE NO

SOUS-ÉCH.

ÉTAT

RÉCUPÉRATION

N, Nc ou RQD

COUPS/15cm FRAGMENTATION (mm)

GRAPHIQUE

N (pen, standard)

Nc (pen, dynamique)

Cu (laboratoire)

sCur (laboratoire)

xCur (chantier)

aCur (chantier)

Wp

w

Wi

20 40 60 80

INSTALLATION

ESSAIS

AG : analyse granulométrique

AC : analyse chimique

WL : limite liquide

Wp : limite plastique

w : teneur en eau

Cu : cisaillement non drainé

Cur : cisaillement remanié

Pc : préconsolidation

Cc : Résistance en comp. uniaxiale sur car. de roc

Dup : éch. duplicata prélevé

0.00

-0.11

0.11

1

5

2

3

10

-3.05

3.05

4

15

Niveau

Terre végétale, brune, humide.

Remblai :

Silt sableux, un peu de gravier à graveleux, brun, humide, compact.

Présence de stériles miniers et d'altération (particules blanches d'un diamètre inférieur à 5 mm).

Sol naturel :

Silt sableux, un peu de gravier, traces d'argile, humide, très dense. Présence de cailloux et blocs.

CF-1

CF-2

CF-3

CF-4

CF-5

CF-6

A

B

A

B

N

N

66

32

28

36

96

100

47

R

R

7-21-26-24

20-21-11-10

16-10-23-16

14-15-21-29

36-50 /pour 10 cm

21-50 /pour 5 cm

Graphique

Installation

Essais

Remarque(s): Les indices de N sont les valeurs brutes enregistrées lors des travaux de forage.

Date de production 2020-10-16

Nom du consultant:



Nom du client :



Page 2 de 2

RAPPORT DE FORAGE

Sondage N°

20-F10

PROFONDEUR (m)	PROF - pi	STRATIGRAPHIE			ÉCHANTILLONS				COUPS/15cm FRAGMENTATION (mm)	GRAPHIQUE		INSTALLATION	ESSAIS
		NIVEAU (m)/ PROFONDEUR	DESCRIPTION DU SOL ET DU ROC	SYMBOLES	TYPE NO	SOUS - ÉCH.	ÉTAT	RÉCUPÉRATION		N, Nc ou RQD	<div><div><div>▲N (pen, standard)</div><div>▲Nc (pen, dynamique)</div><div>●Cu (laboratoire)</div><div>✕Cur (laboratoire)</div><div>✕Cu (chantier)</div><div>✕Cur (chantier)</div></div><div><div><div><div><div><div><div></div><div>W_p</div></div><div><div><div></div><div>w</div></div></div><div><div><div></div><div>W_I</div></div></div><div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div>20</div><div>40</div><div>60</div><div>80</div></div></div></div></div></div></div>		
6	20				CR-7		NQ	34	0				<div>AG : analyse granulométrique</div> <div>AC : analyse chimique</div> <div>WI : limite liquide</div> <div>Wp : limite plastique</div> <div>w : teneur en eau</div> <div>Cu : cisaillement non drainé</div> <div>Cur : cisaillement remanié</div> <div>P'c : préconsolidation</div> <div>Cc : Résistance en comp.</div> <div>uniauxiale sur car. de roc</div> <div>Dup : éch, duplicata prélevé</div>
7					CR-8		NQ	36	0				
25		-7.62 7.62	Cailloux et blocs, gris.		CR-9		NQ	7	0				
8					CR-10		NQ	45	0				
9	30												
10													
35		-10.52 10.52	Fin du forage.										
11													
12	40												
13													
14	45												
15	50												

ΔN (pen, standard)
 ΔNc (pen, dynamique)
 ● Cu (laboratoire)
 ○ Cu (chantier)
 x Cu (chantier)
 + Cu (chantier)

W_p w W_l
 20 40 60 80

AG : analyse granulométrique
 AC : analyse chimique
 WL : limite liquide
 Wp : limite plastique
 w : teneur en eau
 Cu : cisaillement non drainé
 Cur : cisaillement remanié
 P_c : préconsolidation
 Cc : Résistance en comp.
 uniaxiale sur car. de roc
 Dup : éch, duplicata prélevé

ANNEXE

F

**LOG DU Puits D'OBSERVATION
PO-01**



RAPPORT DE PUIXS D'OBSERVATION : PO-01

53-54

Page 1 de 2
Date début : 2017-05-21
Date fin : 2017-05-21

Nom du projet : **Caractérisation environnementale**

Numéro du projet : 171-03521-00

Site : Site minier St-Lawrence Columbiun, Oka (Québec)

Secteur : Ancienne halde à stériles

Client : **Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles**

Coordonnées géographiques : X = 263198 m E

$$Y = 5040112 \text{ m N}$$

Élévation de la surface du sol : 108.68 m (Géodésique)

Élévation de la margelle : 109.51 m

STATISTICS.TILL.COM



Entrepreneur : Forges Boissonneault inc.

Type de foreuse : Foreuse rotative sur chenille

Équipement de forage : Tarière évidée / Marteau fond de trou

Diamètre du forage : 203 mm

Fluide de forage : Aucun

ODORUR
F - Făcile odori
M - Odoare moderate
P - Odoare persistente

VALORI
D - Produs de încredere
S - Soluții pentru producție

TYPE OF CHAMBERLAIN
CR - Candler & Clematis
CF - Cullins families
PS - Escudillo-Clematis & pastor
TC - Tule Creek
TM - Tule Mountain
TR - Tule
TS - Tule Street
TT - Tule (Tule Creek)

ANALYSES CHIMIQUES	
BPC	Banquettes polystyrénée
BTDX	Benzène, toluène, éthylbenzène, xylène
COT	Carbone organique total
CN	Cyanure
CP	Composé phénolique
COV	HM et HAP
CLC	

HPF	Hydrocarbures aromatiques polycycliques
HP C ₁₂ -C ₂₀	Hydrocarbures pétroliers C ₁₂ -C ₂₀
HP F1-F4	Hydrocarbures pétroliers F1-F4
IPP	Identification de produits pétroliers
TCLP	Essai de lixiviation TCLP

1

Un. Page: 100

LDH	Cholestérol et Triglycérides
HbC	Hydrocarbures aliphatiques chlorés
HbA	Hydrocarbures aromatiques

1982

		GÉOLOGIE / STRATIGRAPHIE		OBSERVATIONS				ÉCHANTILLONS					PUITS D'OBSERVATION			
PROFONDEUR ÉLEVATION (m)	STRATIGRAPHIE	DESCRIPTION	CONC. VARIER (ppm ou % U.S.)	COULEUR			VISUEL	TYPE ÉCHANTILLON	ÉTAT	% RÉGULARISATION (ou % RAO)	N (Coupage)	NUMÉRO	ANALYSES	DUPLICATE	DIAGRAMME	DESCRIPTION
				F	P	C/S										
108.69		Surface du terrain.														
0.5		Remblai : Sable et gravier, brun.						TA		100		PO-01 TA1				
107.92		Aucune description disponible (descente au marteau fond de trou).														
1.5																
107.16		Sol naturel : Silt sableux, un peu de gravier, brun.						CF		30		PO-01 CF2				
2.0																
2.29																
106.39		Sol naturel : Silt sableux, un peu de gravier, brun, humide.						CF		40		PO-01 CF3	Mécanique			
2.5																
3.0																
3.5								CF		100		PO-01 CF4				
4.0																
4.5																
5.0								CF		60	23 50/57	PO-01 CF5				
5.5																
6.0								CF		70	11 50/57	PO-01 CF6				
6.5																
102.56		Sol naturel : Silt et gravier, gris.						CF		100	23 50/57	PO-01 CF7				
6.8																
101.82																

Nom du projet : **Caractérisation environnementale**

Numéro du projet : 171-03521-00

Site: Site minier St-Lawrence Columbiar, Oka (Québec)

Secteur : Ancienne halde à stériles.

Client : **Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles**

Coordonnées géographiques : X = 263186 m E

$$Y = 5040112 \text{ m N}$$

Élévation de la surface du sol : 108.68 m (Géodésique)

Élévation de la margelle :	109.51 m
----------------------------	----------

STATISCHWANTILLON



Entrepreneur : Forges Boissonneault Inc.

Type de foreuse : Foreuse relative sur chenille

Équipement de forage : Tarière évidée / Marteau fond de trou

Diamètre du forage : 203 mm

Fluide de forage : Aucun

ODOR:
F - Faint odor
M - Odor moderate
S - Odor persistent

D - Produs distribuit
S - Sesi pentru de produs

[illegible]

7. **RESEARCH DESIGN**

TYPE D'ÉCHANTILLON
 CR - Carotier à diamants
 CF - Cuillère fondue
 PL - Échantillonneur à piston

TC - Tube cream
TM - Tareira manzanilla
TR - Tartelette
TS - Tube shirley

TT - Taktungsparameter
T_h - Takt der Taktung

Stress

ANALYSES CHIMIQUES	
EPIC	Biphényles polychlorés
BTX	Benzène, toluène, xylène

COT	Carbone organique total
CN	Cytrures
CP	Composés phénoliques
Cox	Carbone oxydé

1994-1995: *Chrysomelidae*

H98C	<i>Hydrocarbonus apicatus</i> (Stål)
H98J	<i>Hydrocarbonus anomatus</i>

H25 *Hydroartemus ornatus*
ornatus

14: C ₁₂ -C ₁₆	Hydrocarbons, petroleum C ₁₂ -C ₁₆
15: E1-E4	Hydrocarbons, petroleum E1-E4

IPP Identification de produits pétroliers
Règles de fabrication TQ12

TCLP **Extrait de lixiviation TCLP²**

[illegible]

ANNEXE

G

**CLASSIFICATION DES SITES
EN FONCTION DE LA
RÉPONSE SISMIQUE**

Tableau 4.1
Classification des sites en fonction de la réponse sismique
(voir les articles 4.4.3.1 à 4.4.3.3)

Classe du site	Nom du profil du sol	Propriétés moyennes dans les 30 m supérieurs		
		Vitesse moyenne de l'onde de cisaillement, \bar{V}_s (m/s)	Résistance à la pénétration, standard, \bar{N}_{60}	Résistance du sol non drainé au cisaillement, s_u
A	Roche dure ^(1,2)	$\bar{V}_s > 1500$	Sans objet	Sans objet
B	Roche ⁽¹⁾	$760 < \bar{V}_s \leq 1500$	Sans objet	Sans objet
C	Sol très dense et roche tendre	$360 < \bar{V}_s < 760$	$\bar{N}_{60} > 50$	$s_u > 100$ kPa
D	Sol consistant	$180 < \bar{V}_s < 360$	$15 \leq \bar{N}_{60} \leq 50$	$50 < s_u \leq 100$ kPa
E	Sol meuble	$\bar{V}_s < 180$	$\bar{N}_{60} < 15$	$s_u < 50$ kPa
Tout profil de plus de 3 m d'épaisseur et dont le sol possède les caractéristiques suivantes : <ul style="list-style-type: none"> • indice de plasticité $PI > 20$; • teneur en eau $w \geq 40\%$; et • résistance du sol non drainé au cisaillement $s_u < 25$ kPa 				
F	Autre sol ⁽³⁾	Évaluation requise sur le site		

Notes :

- 1) Les sites des classes A et B, soit roche dure et roche, ne doivent pas être utilisées s'il y a plus de 3 m de matériaux plus mous entre la roche et le dessous des fondations du pont. L'ingénieur géotechnique et l'ingénieur de structures doivent identifier ce niveau. La classe de site appropriée dans ce cas-ci est établie en fonction des propriétés moyennes de la couche totale des matériaux plus mous.
- 2) Si \bar{V}_s a été mesuré sur place, les valeurs de $F(T)$ pour Classe du site A obtenues dans les tableaux 4.2 à 4.7 peuvent être multipliées par le facteur $0,04 + (1500/\bar{V}_s)^{1/2}$.
- 3) Parmi les autres types de sol, on compte notamment :
 - a) les sols liquéfiables, les argiles très sensibles et extrasensibles, les sols peu consolidés susceptibles d'affaissement et d'autres sols susceptibles d'affaissement ou de défaillance sous l'effet de charges sismiques ;
 - b) la tourbe et (ou) les argiles à haute teneur en matières organiques dont l'épaisseur est supérieure à 3 m ;
 - c) les argiles ayant une grande plasticité ($PI > 75$) dont l'épaisseur est supérieure à 8 m ; et
 - d) les argiles meubles à moyennement rigides dont l'épaisseur est supérieure à 30 m.

ANNEXE

H

EXEMPLES TYPIQUES DES
RAPPORTS DE VITESSES VP/VS



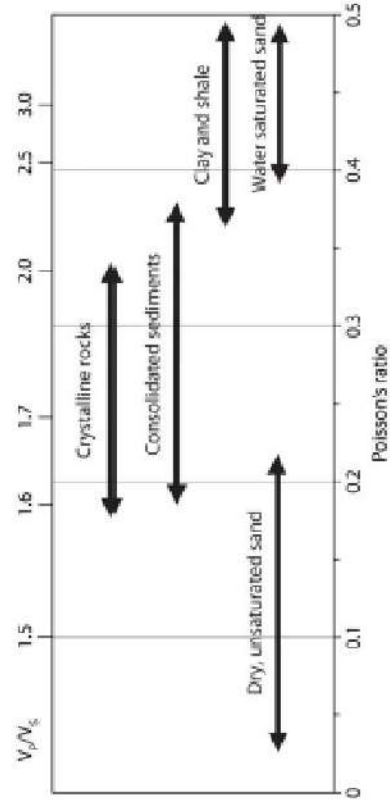


Tableau 1.1 : Paramètres élastiques pour différents matériaux présents dans la subsurface (d'après Schön, 2011).

	ρ (kg/m ³)	k (GPa)	μ (GPa)	V_P (m/s)	V_S (m/s)	V_P/V_S	ν
Granite	2500-2700	20-35	17-24	4200-5900	2600-3300	1.6-1.8	0.19-0.27
Basalte	2200-2800	25-65	13-32	4500-6200	2400-3400	1.8-1.9	0.28-0.30
Calcaire	2600-2800	20-60	10-38	3700-6300	2000-3700	1.7-1.85	0.23-0.29
Grès	1900-2600	10-55	2-19	2700-5600	1200-2700	2-2.25	0.35-0.38
Marnes	2000-2400	5-45	2-10	2000-5000	1000-2000	2-2.5	0.33-0.4
Sols	1700-2000	0.01-10	0.005-0.5	100-2000	50-400	2-5	0.35-0.49