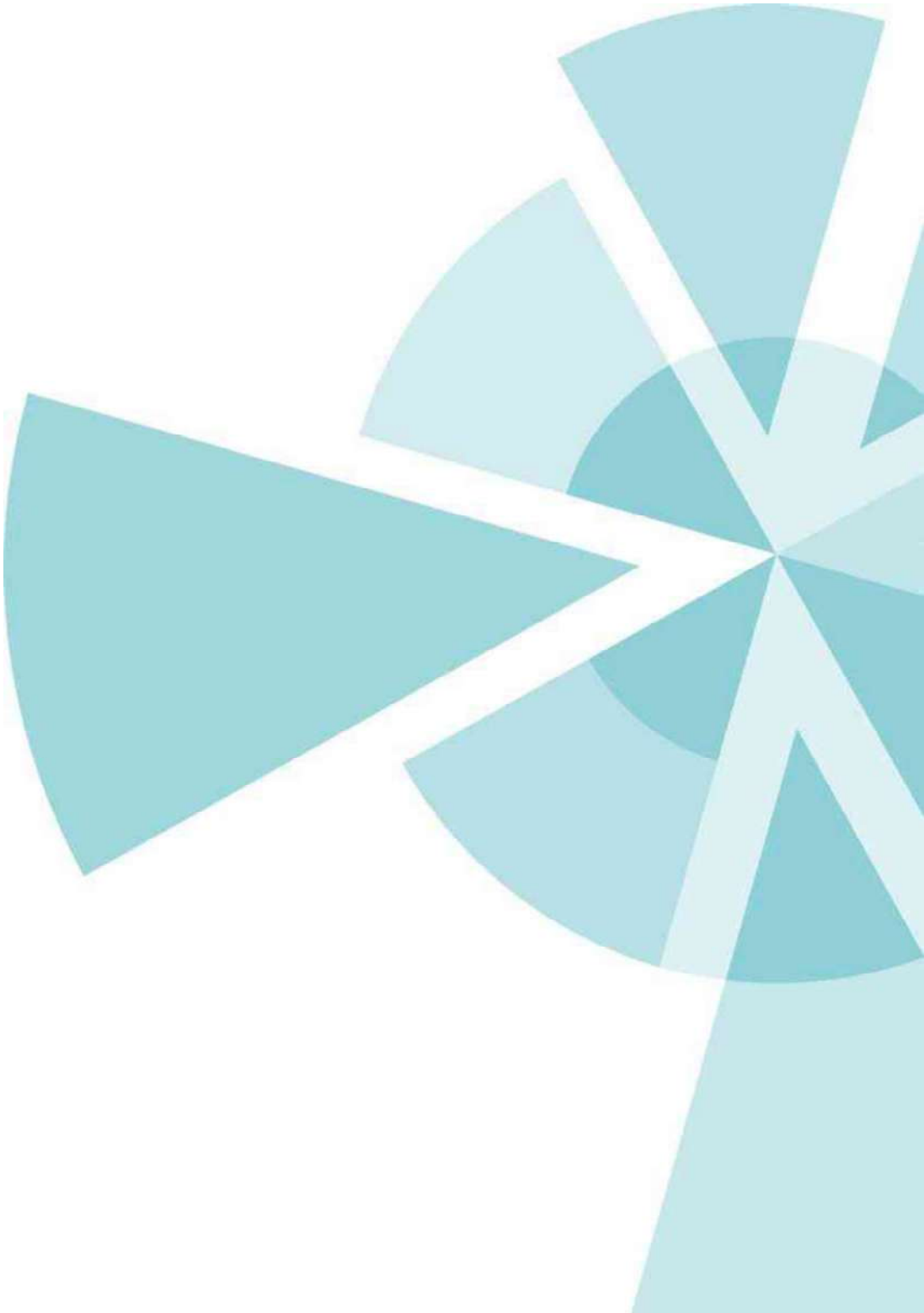
Annexe 1
Restrictions s’appliquant au présent rapport



Restrictions s'appliquant au présent rapport

Amec Foster Wheeler Environnement et Infrastructure, une division d'Amec Foster Wheeler Amériques limitée (« Amec Foster Wheeler ») a préparé ce document à l'usage exclusif de Métanor pour le projet Révision du concept de gestion des résidus et de l'eau du parc à résidus Bachelor. Amec Foster Wheeler a préparé le présent Rapport selon les modalités et conditions générales de l'offre de service QP-7980 faisant partie intégrante de son contrat avec Métanor.

Les données, les interprétations et l'information ne visent que le projet décrit dans le présent rapport et ne s'appliquent à aucun autre projet sur le site.

Les conclusions et recommandations formulées dans le présent rapport sont basées sur l'information acquise aux emplacements des essais, accessibles à ce moment. L'information contenue aux présentes ne décrit aucunement les aspects environnementaux du projet, à moins que ce ne soit autrement précisé. L'état du sous-sol et des eaux souterraines entre les emplacements d'essais et au-delà de ceux-ci peut différer de l'état observé aux emplacements des essais et cet état peut devenir apparent lors de la construction, sans avoir au préalable été décelé ou anticipé au moment de l'investigation du site. Il est recommandé de retenir les services de l'ingénieur-conseil responsable de la géotechnique pendant la construction afin de confirmer que les conditions souterraines sur l'ensemble du site ne dévient pas de façon substantielle de celles observées aux emplacements des essais.

Si des changements sont apportés à l'élévation, à l'implantation, à la conception ou à la nature du projet, les conclusions et recommandations formulées dans notre rapport ne devront pas être traitées comme étant valides à moins que l'impact de cesdits changements soit évalué par Amec Foster Wheeler et que les conclusions du rapport soient modifiées ou corroborées par écrit. Il pourrait être requis d'effectuer de nouveaux essais et de publier un rapport complémentaire.

Les recommandations relatives à la conception et mentionnées dans le présent rapport sont applicables uniquement pour le projet décrit dans le texte et seulement si ce projet est construit en majeure partie selon les détails énoncés dans le présent rapport. Puisque certains détails de conception peuvent être inconnus, il est recommandé que les services d'Amec Foster Wheeler soient retenus au cours de l'étape de conception définitive afin de vérifier que la conception est harmonisée aux recommandations formulées par Amec Foster Wheeler et de valider les hypothèses faites dans l'analyse d'Amec Foster Wheeler.

Les commentaires faits dans le présent rapport quant aux problèmes de construction potentiels et aux méthodes de construction possibles représentent des lignes directrices à l'intention du concepteur uniquement. Le nombre de puits d'essais pourrait ne pas être suffisant pour déterminer tous les facteurs pouvant influer sur les méthodes de construction et les coûts. Par exemple, l'épaisseur de l'horizon superficiel ou des couches de remplissage peut varier grandement et de façon imprévisible. Les entrepreneurs soumissionnant pour ce projet ou réalisant la construction devraient par conséquent interpréter l'information factuelle présentée et en tirer leurs propres conclusions quant à la façon dont l'état de la couche superficielle peut influer sur leurs travaux. Le présent travail a été réalisé en conformité aux pratiques de génie géotechnique généralement reconnues. Il n'y a aucune autre garantie, explicite ou implicite.

Toute utilisation de ce rapport ou prise de décision sur la base de celui-ci par une tierce partie est faite aux risques de cette tierce partie. Amec Foster Wheeler ne sera aucunement responsable de quelque dommage que ce soit, subi par une tierce partie à la suite d'une prise de décision ou de mesures, basée sur le présent rapport.

Annexe 2
Options d’entreposage des résidus proposés

Option 1 : Déposition conventionnelle, et expansion des côtés Ouest et Est et vers le Nord

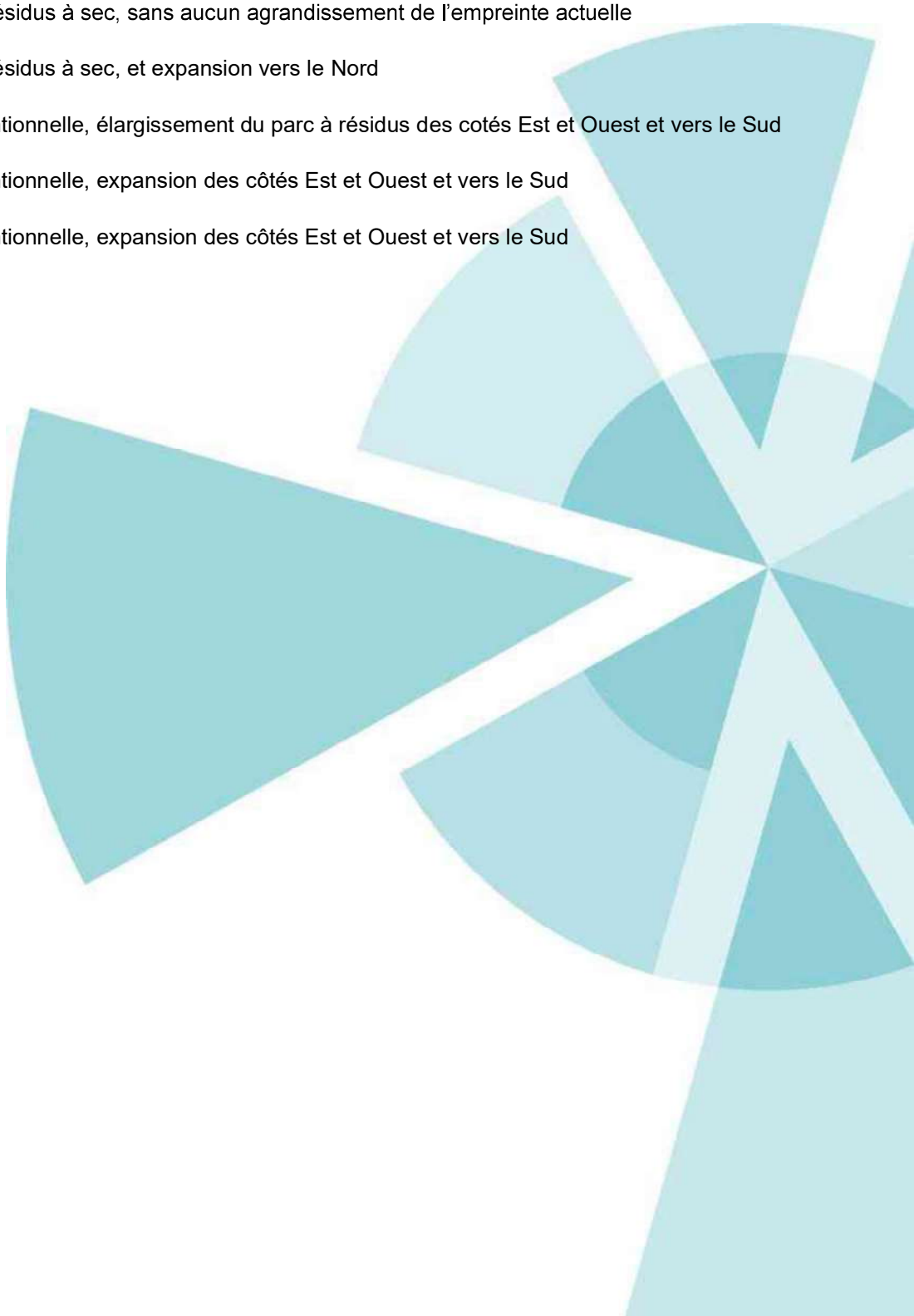
Option 2 : Empilement des résidus à sec, sans aucun agrandissement de l’empreinte actuelle

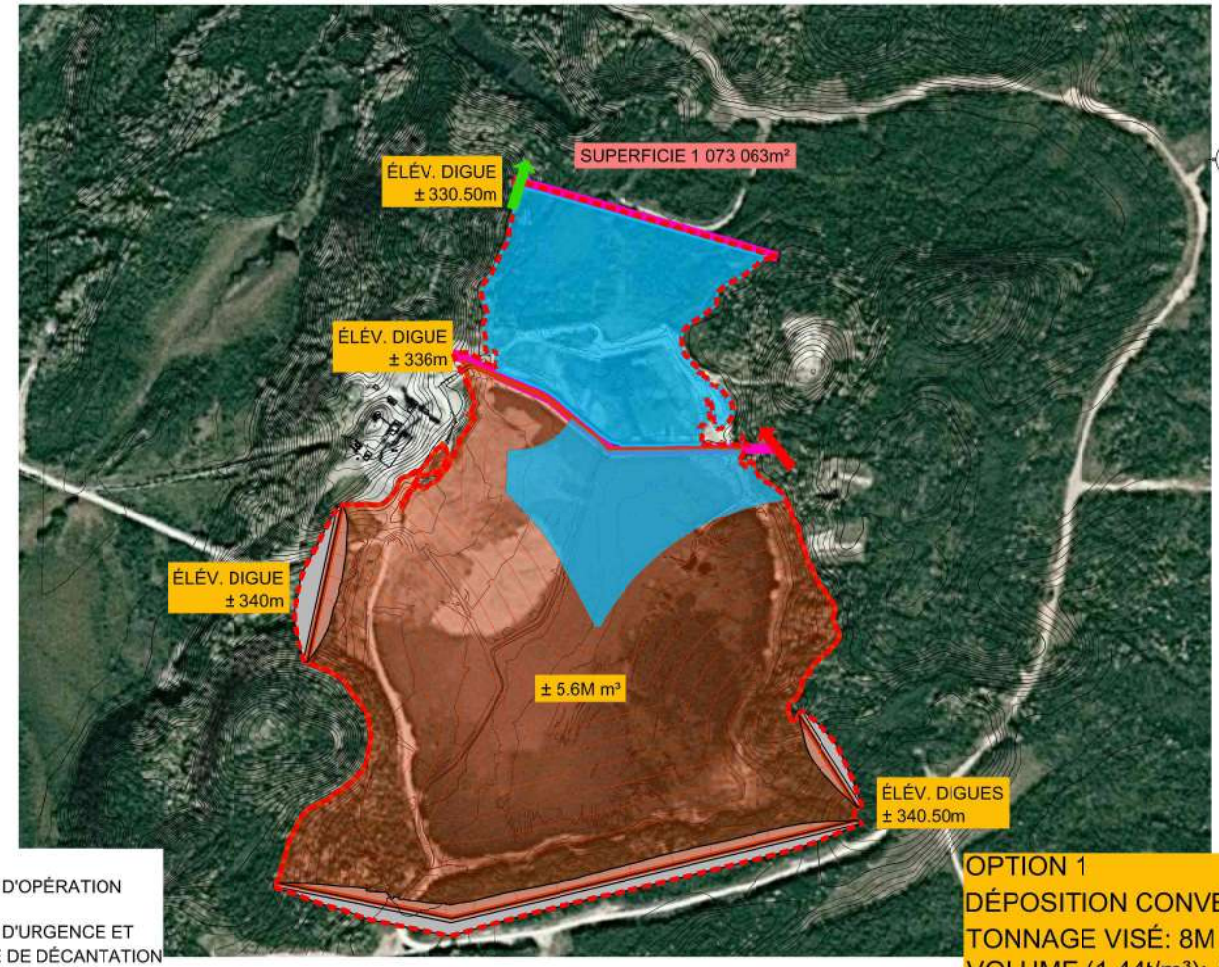
Option 3 : Empilement des résidus à sec, et expansion vers le Nord

Option 4 : Déposition conventionnelle, élargissement du parc à résidus des cotés Est et Ouest et vers le Sud

Option 5 : Déposition conventionnelle, expansion des côtés Est et Ouest et vers le Sud

Option 6 : Déposition conventionnelle, expansion des côtés Est et Ouest et vers le Sud



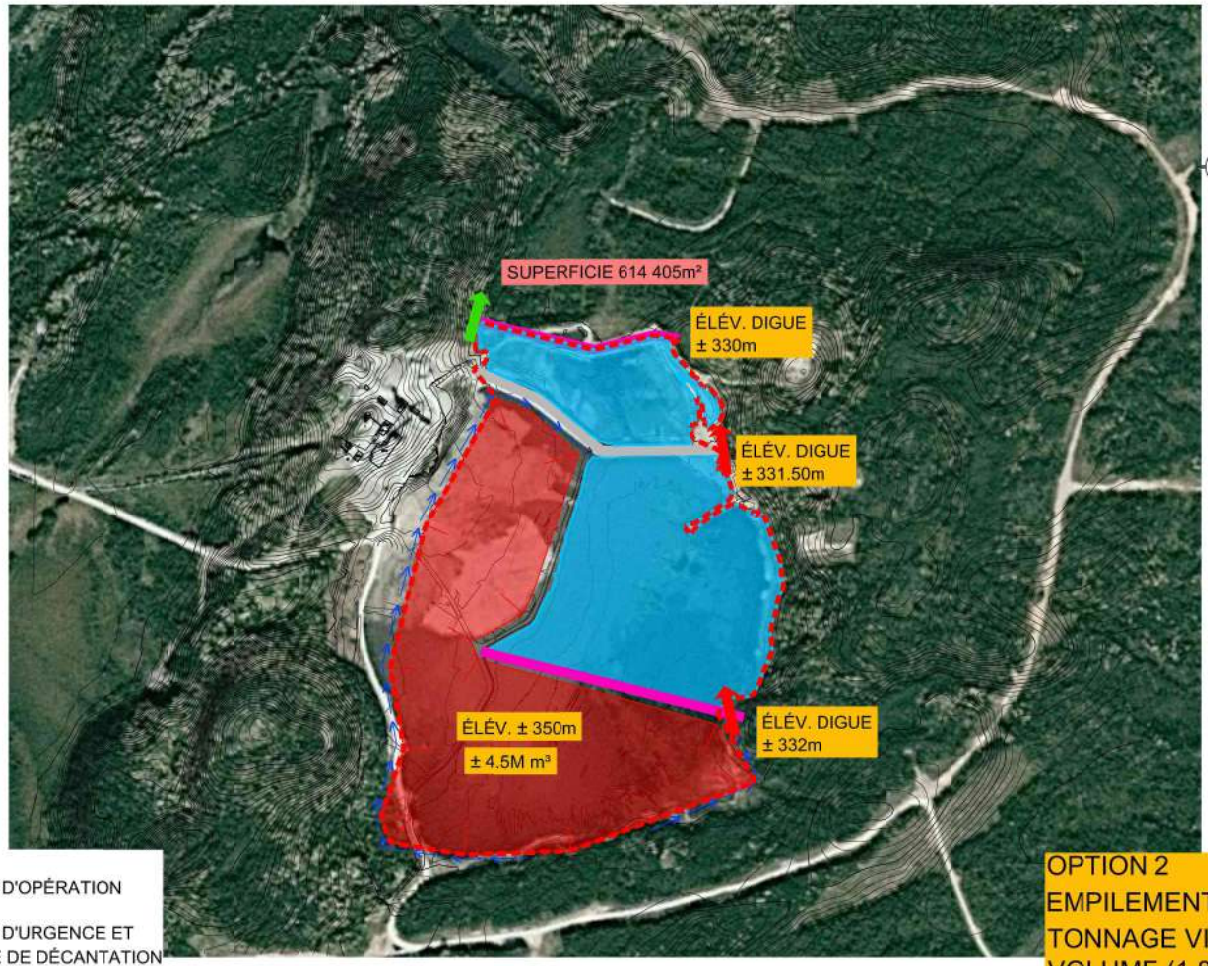


LÉGENDE:

DÉVERSOIR D'OPÉRATION

DÉVERSOIR D'URGENCE ET STRUCTURE DE DÉCANTATION

OPTION 1
DÉPOSITION CONVENTIONNELLE
TONNAGE VISÉ: 8M t
VOLUME (1.44t/m³): ± 5.6M m³

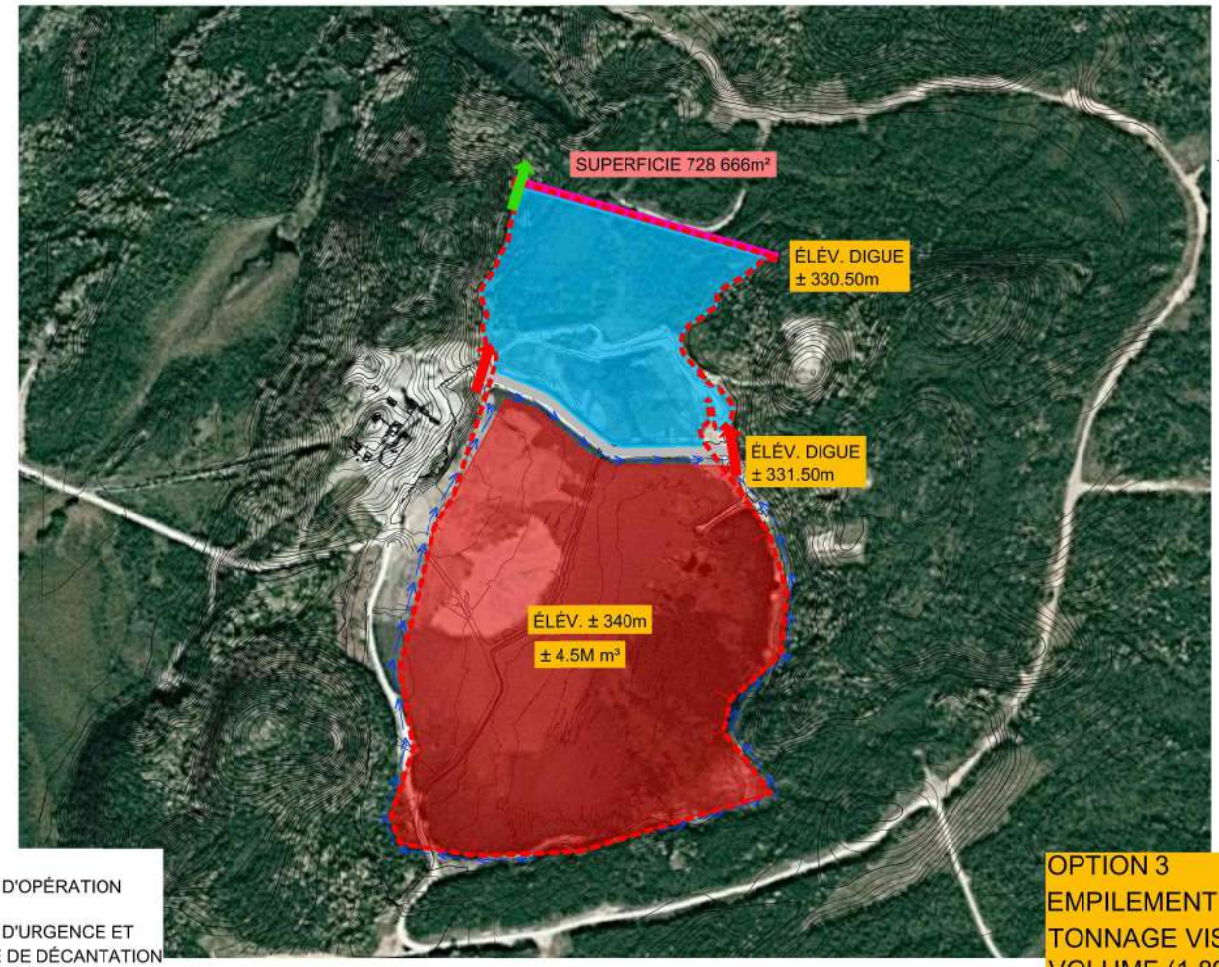


LÉGENDE:

DÉVERSOIR D'OPÉRATION

DÉVERSOIR D'URGENCE ET STRUCTURE DE DÉCANTATION

OPTION 2
EMPILEMENT À SEC
TONNAGE VISÉ: 8M t
VOLUME (1.80t/m³): 4.5M m³

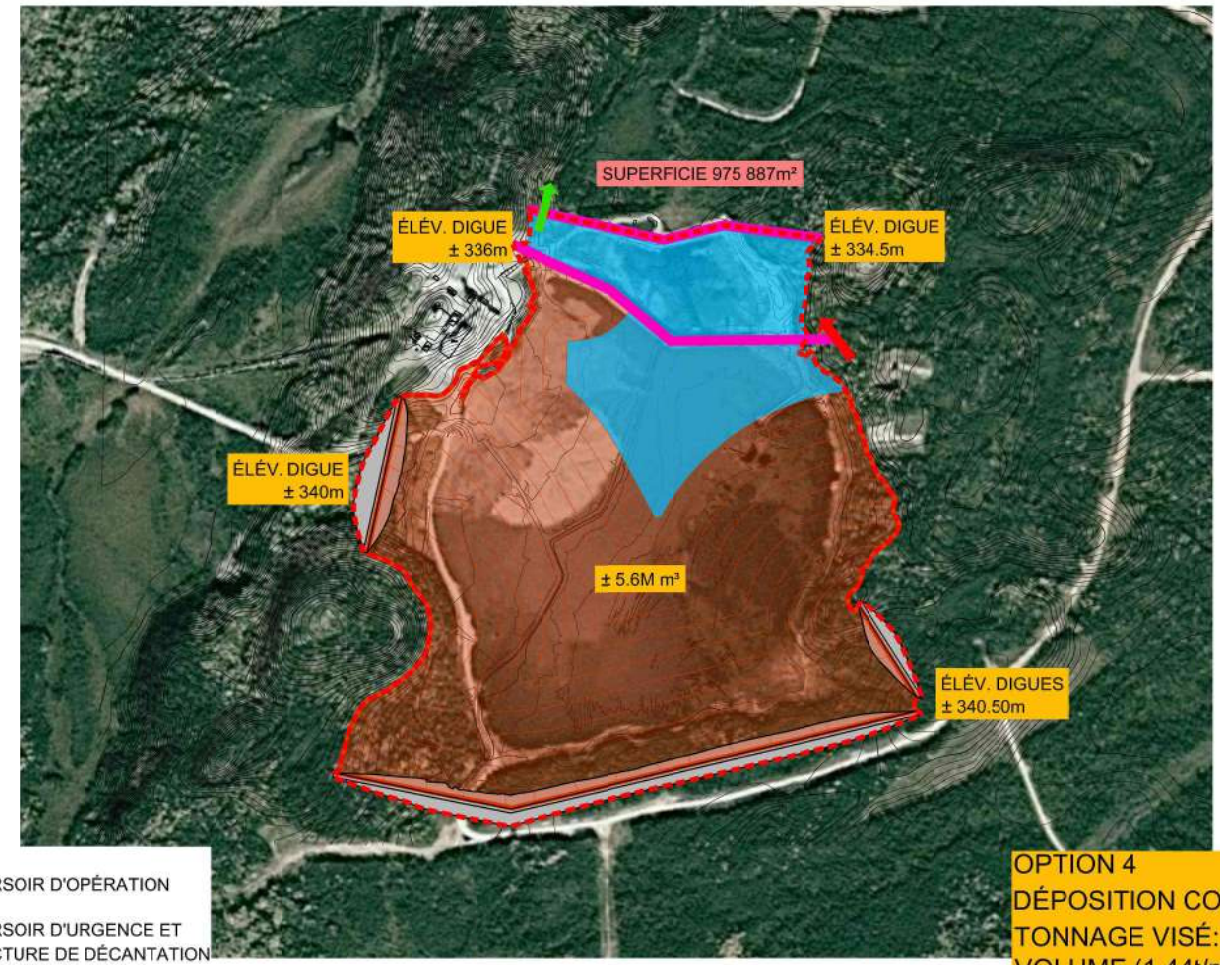


LÉGENDE:

DÉVERSOIR D'OPÉRATION

DÉVERSOIR D'URGENCE ET STRUCTURE DE DÉCANTATION

OPTION 3
EMPILEMENT À SEC
TONNAGE VISÉ: 8M t
VOLUME (1.80t/m³): 4.5M m³

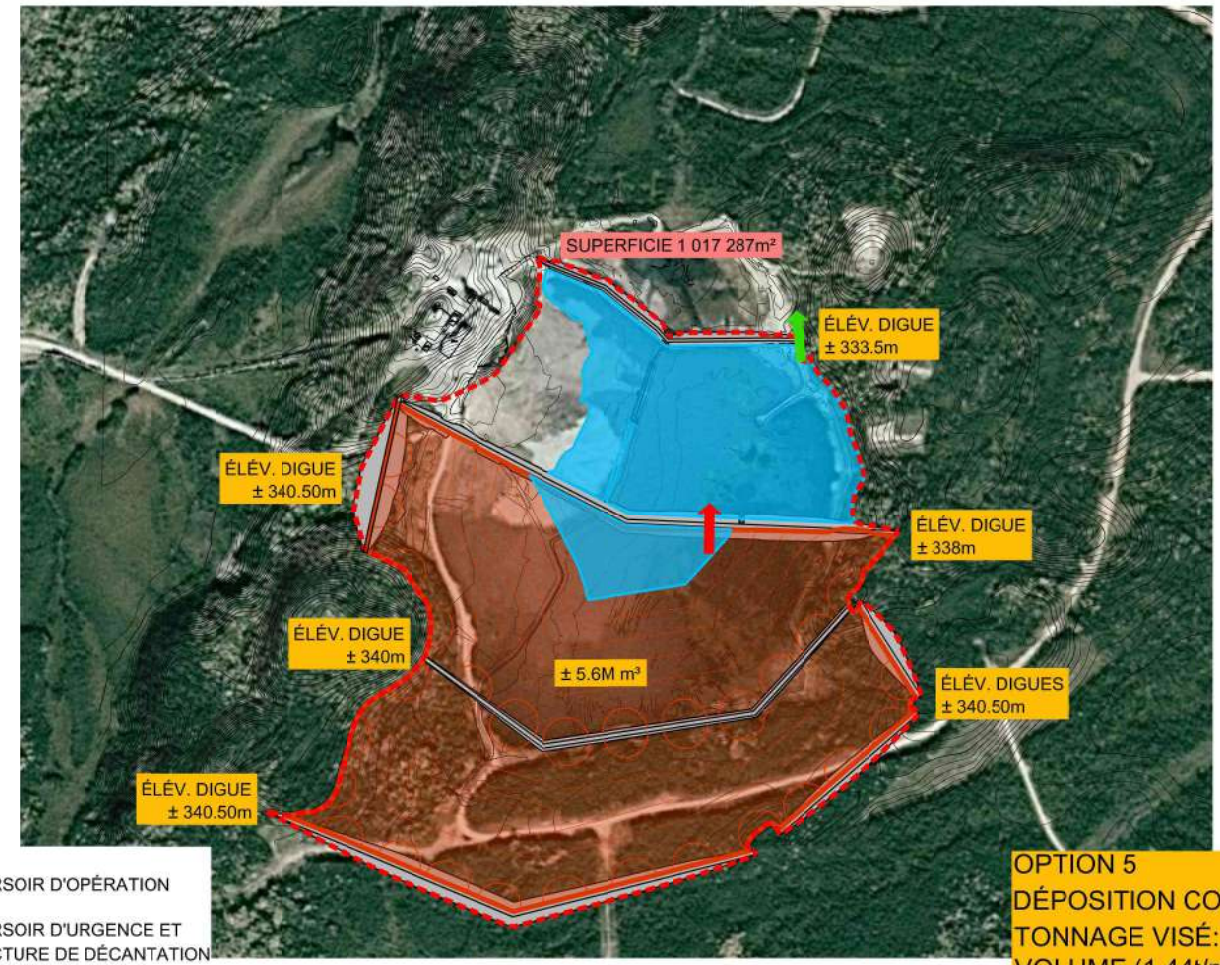


LÉGENDE:

DÉVERSOIR D'OPÉRATION

DÉVERSOIR D'URGENCE ET STRUCTURE DE DÉCANTATION

OPTION 4
DÉPOSITION CONVENTIONNELLE
TONNAGE VISÉ: 8M t
VOLUME (1.44t/m³): ± 5.6M m³

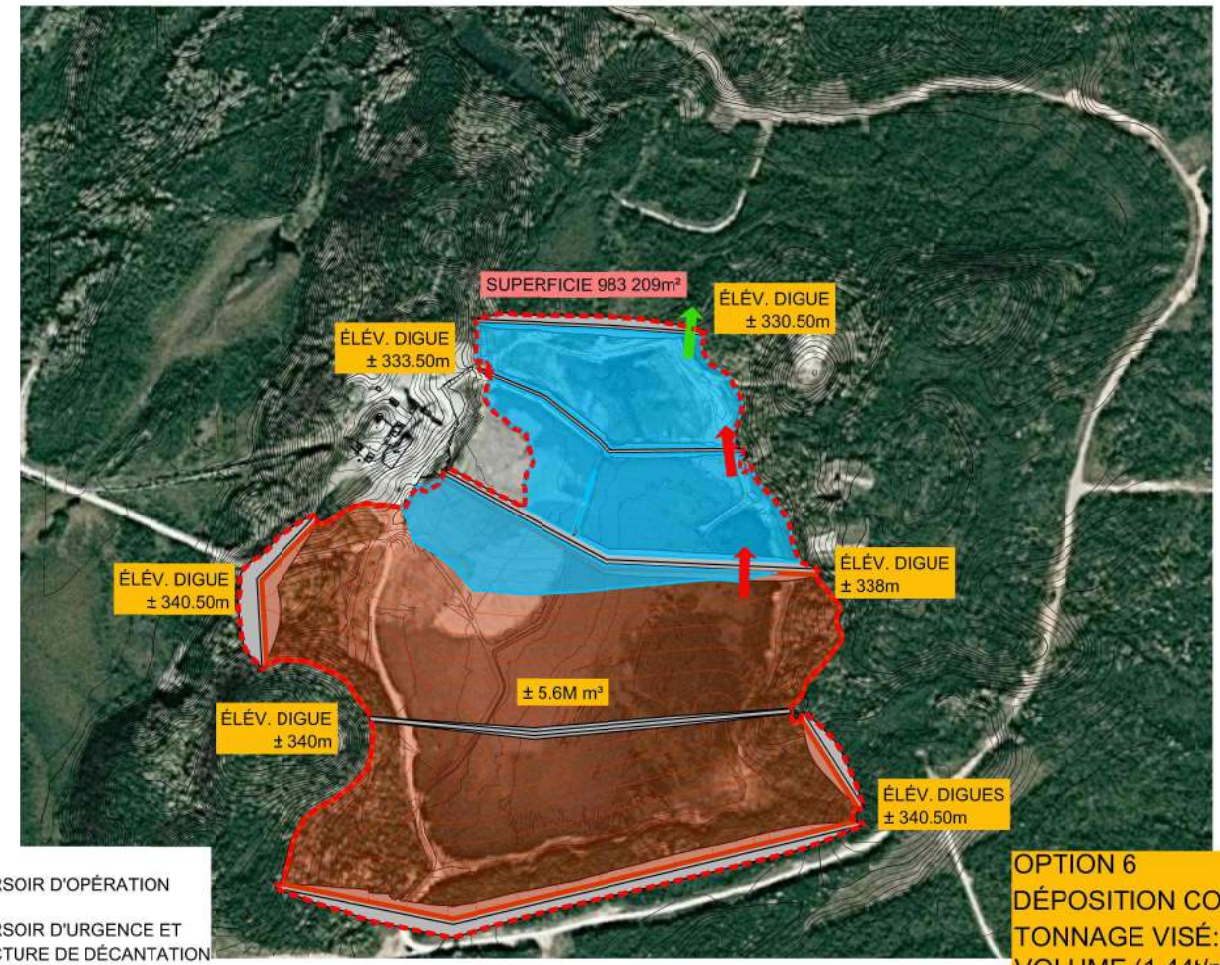


LÉGENDE:

DÉVERSOIR D'OPÉRATION

DÉVERSOIR D'URGENCE ET STRUCTURE DE DÉCANTATION

OPTION 5
DÉPOSITION CONVENTIONNELLE
TONNAGE VISÉ: 8M t
VOLUME (1.44t/m³): ± 5.6M m³

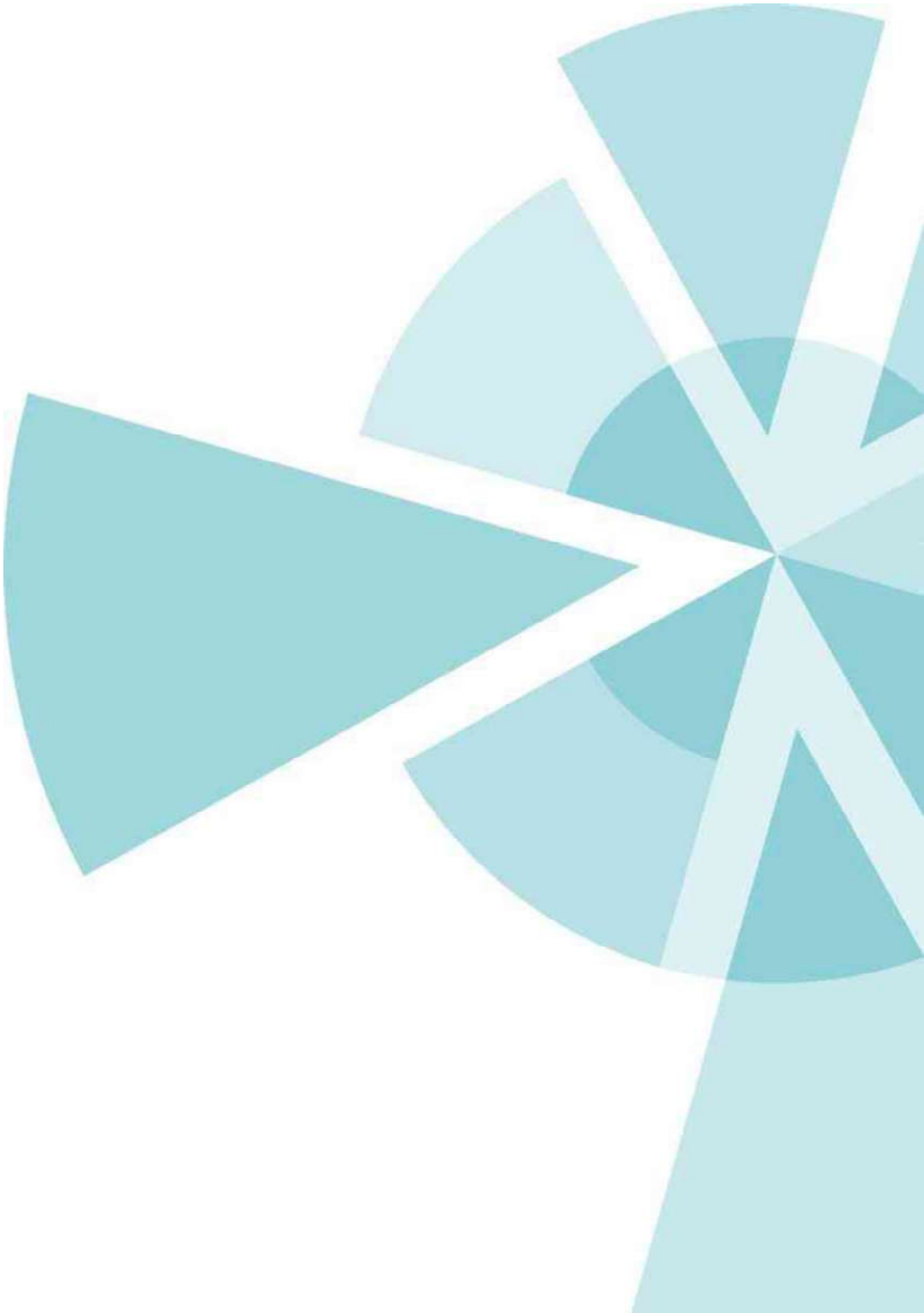


LÉGENDE:

- DÉVERSOIR D'OPÉRATION
- DÉVERSOIR D'URGENCE ET STRUCTURE DE DÉCANTATION

OPTION 6
DÉPOSITION CONVENTIONNELLE
TONNAGE VISÉ: 8M t
VOLUME (1.44t/m³): ± 5.6M m³

Annexe 3
Matrice décisionnelle



Client Ressources Métanor
Projet TX 17 0113 03 Phase 6000
Objet Matrice d'analyse décisionnelle multicritères pour parc à résidus

	Conventionnel Élargir est/ouest Expansion nord	Empilement sec Ne pas élargir Pas d'expansion	Empilement sec Ne pas élargir Expansion nord	Conventionnel Élargir est/ouest Pas d'expansion nord ou sud	Conventionnel Élargir est/ouest Expansion sud	Conventionnel Élargir est/ouest Expansion sud

Compte	Pondération du compte	Compte auxiliaire	Sous-compte / Indicateurs	Pondération du sous-compte	Variante 1		Variante 2		Variante 3		Variante 4		Variante 5		Variante 6	
					Cote	Pointage	Cote	Pointage	Cote	Pointage	Cote	Pointage	Cote	Pointage	Cote	Pointage
Économique	5	Coût d'investissement	Plus les investissements initiaux coûteraient cher (par ex. équipements spécialisés, stations de pompage, conduites, systèmes de traitement d'eau, aménagement de fossés et de digues), plus élevée sera la cote.	5	3	15	4	20	5	25		0	2	10	1	5
		Coût en investissement de maintien (*sustaining capital*)	Plus l'investissement pourrait être échelonné sur la durée de vie de la mine (par ex. rehaussements des digues), plus élevée sera la cote.	3	5	15	1	3	2	6		0	4	12	3	9
		Coût d'exploitation	Plus l'exploitation anticipée du parc à résidus coûterait cher (par ex. coûts annuels de pompage, coûts d'entretien), moins élevée sera la cote.	4	5	20	1	4	2	8		0	5	20	4	16
		Coût de compensation de l'habitat	Plus la compensation de milieux humides ou d'habitat du poisson coûterait cher, moins élevée sera la cote.	4	1	4	5	20	1	4		0	4	16	5	20
		Coût de réhabilitation et de fermeture	Plus la restauration progressive et la fermeture coûteraient cher (par ex. revégétalisation, gestion de l'eau de surface à long terme, démantèlement des infrastructures), moins élevée sera la cote.	2	1	2	4	8	5	10		0	2	4	3	6
		Cote du compte (Σ pointage / Σ pondération des sous-comptes)			**3.1**		**3.1**		**2.9**		**0.0**		**3.4**		**3.1**	
Réglementaire	5	Autorisations : complexité	Plus la complexité du processus réglementaire applicable (par ex. nombre et nature des autorisations requises) serait grande, moins la cote sera élevée. Considérer REMM Annexe 2, art. 35(2) LP, effluents, etc.	4	1	4	3	12	1	4		0	4	16	4	16
		Autorisations : échéancier	Plus l'échéancier pour obtenir les autorisations serait long, moins la cote sera élevée. Considérer d'éventuels relevés complémentaires.	5	1	5	5	25	1	5		0	4	20	4	20
		Cote du compte (Σ pointage / Σ pondération des sous-comptes)			**1.0**		**4.1**		**1.0**		**0.0**		**4.0**		**4.0**	
Technique	4	Modalités de construction	Plus complexe serait l'exécution de la stratégie de construction (par ex. efforts requis, nécessité de retenir des contracteurs spécialisés) et plus long serait l'échéancier, moins la cote sera élevée.	2	2	4	1	2	3	6		0	5	10	5	10
		Modalités d'exploitation	Plus complexe serait l'exploitation (par ex. fréquence du terrassement et des excavations, fréquence des travaux d'entretien), moins élevée sera la cote.	3	5	15	1	3	1	3		0	4	12	3	9
		Sources de matériaux	Plus grande serait la distance des sources de matériaux connues ou potentielles et plus difficile serait l'accès à celles-ci, moins élevée sera la cote.	4	3	12	4	16	5	20		0	2	8	1	4
		Utilisation des infrastructures existantes	Plus la possibilité d'utiliser les infrastructures existantes (par ex. route d'accès, ligne de transport d'énergie) serait grande, plus la cote sera élevée.	2	1	2	4	8	2	4		0	5	10	3	6
		Interférence avec des infrastructures existantes	Plus le degré d'interférence serait grande (par ex. nécessité de déplacer des infrastructures), moins la cote sera élevée.	2	1	2	4	8	2	4		0	5	10	3	6
		Flexibilité opérationnelle	Plus grande serait la flexibilité pour faire face aux changements / imprévus (par ex. nouvelle composition géochimique), plus élevée sera la cote.	3	4	12	1	3	3	9		0	5	15	4	12
		Capacité d'expansion	Plus le volume d'entreposage pourrait être facilement augmenté, plus élevée sera la cote. Indicateurs à considérer : topographie, complexité de l'évolutivité.	4	3	12	1	4	3	12		0	5	20	4	16
		Considérations géochimiques	Plus le contrôle de la qualité de l'eau via la gestion des résidus en fonction de leurs caractéristiques géochimiques serait assuré, meilleure sera la cote.	4	5	20	1	4	1	4		0	5	20	5	20
		Gestion des eaux de surface	Plus la gestion des eaux de surface serait simplifiée (par ex. système intégré de gestion, écoulement gravitaire), meilleure sera la cote.	5	5	25	2	10	4	20		0	4	20	3	15
		Cote du compte (Σ pointage / Σ pondération des sous-comptes)			**3.8**		**2.0**		**2.8**		**0.0**		**4.3**		**3.4**	
Environne-mental	3	Qualité de l'air	Plus les émissions de poussières seraient élevées, moins la cote sera élevée. Considérer, par exemple, la superficie de l'empreinte, l'élévation maximale, le kilométrage parcouru, l'orientation des vents dominants, la topographie (collines environnantes).	1	5	5	1	1	1	1		0	5	5	5	5
		Eau de surface	Plus la quantité de l'eau de surface serait négativement affectée, moins la cote sera élevée. Considérer la réduction de superficie de bassins versants.	1	5	5	5	5	5	5		0	1	1	5	5
		Eau souterraine	Plus l'eau souterraine serait potentiellement négativement affectée, moins la cote sera élevée. Indicateurs à considérer : vulnérabilité des aquifères à la contamination (par ex. présence de failles), potentiel de résurgence.	1	5	5	5	5	5	5		0	2	2	5	5
		Milieux humides	Plus les milieux humides seraient négativement affectés, moins la cote sera élevée. Considérer la valeur écologique (diversité des organismes qui y vivent et rôles écologiques).	4	1	4	5	20	1	4		0	3	12	4	16
		Faune aquatique	Plus la faune aquatique serait négativement affectée, moins la cote sera élevée. Indicateurs à considérer : superficie d'habitat du poisson, cours d'eau intermittents affectés (contribuent à alimenter saisonnièrement l'habitat du poisson en aval).	4	1	4	5	20	1	4		0	5	20	5	20
		Habitat terrestre	Plus l'habitat terrestre serait négativement affecté, moins la cote sera élevée. Indicateurs à considérer : superficie forestière, superficie d'habitat riverain.	3	3	9	5	15	5	15		0	1	3	3	9
		Biodiversité	Plus la biodiversité serait négativement affectée, moins la cote sera élevée. Indicateurs à considérer : fragmentation des milieux naturels, espèces à statut particulier.	1	3	3	3	3	3	3		0	3	3	3	3
		Conséquences de défaillances	Les conséquences de défaillances peuvent varier selon les caractéristiques du territoire (en aval du parc à résidus) qui serait affecté par la rupture, y compris les habitats naturels qui s'y retrouvent. La sévérité des conséquences potentielles sur l'environnement naturel est inversement proportionnelle à la cote.	5	4	20	5	25	5	25		0	1	5	3	15
		Restauration progressive	Plus une variante permettrait la restauration progressive, plus élevée sera sa cote.	2	1	2	4	8	5	10		0	3	6	3	6
		Revalorisation	Plus une variante favoriserait la revalorisation du site à la fermeture, plus élevée sera sa cote.	2	5	10	1	2	2	4		0	5	10	5	10
		Cote du compte (Σ pointage / Σ pondération des sous-comptes)			**2.8**		**4.3**		**3.2**		**0.0**		**2.8**		**3.9**	
Socio-économique	2	Usages récréatifs ou économiques du territoire	Plus les usages récréatifs ou économiques du territoire (par ex. villégiature, récréotourisme, pistes de motoneige) seraient négativement affectés, moins la cote sera élevée.	2	4	8	4	8	4	8		0	4	8	4	8
		Utilisation traditionnelle du territoire par les Cris de Waswanipi et perception des impacts potentiels	Plus l'utilisation traditionnelle du territoire (par ex. lignes de piégeage, sites sacrés) serait négativement affectée, moins élevée sera la cote. Plus la perception des impacts serait négative, moins élevée sera la cote.	4	2	8	2	8	1	4		0	3	12	5	20
		Conséquences de défaillances	Se rapporte aux conséquences de défaillances sur les composantes socio-économiques du territoire (en aval du parc à résidus) qui serait affecté par la rupture (par ex. infrastructures, habitations humaines, santé et sécurité des travailleurs). La sévérité des conséquences potentielles sur l'environnement socio-économique est inversement proportionnelle à la cote.	5	4	20	5	25	5	25		0	1	5	3	15
		Archéologie	Plus les sites archéologiques connus ou potentiels seraient négativement affectés, moins élevée sera la cote.	2	4	8	5	10	4	8		0	1	2	4	8
		Climat sonore	Plus le niveau sonore serait augmenté, moins élevée sera la cote.	1	5	5	1	1	2	2		0	5	5	5	5
		Paysage	Plus la qualité du paysage serait perturbée, moins élevée sera la cote. Considérer, par exemple, la hauteur des digues et la proximité des résidences.	2	5	10	1	2	1	2		0	3	6	5	10
		Cote du compte (Σ pointage / Σ pondération des sous-comptes)			**3.7**		**3.4**		**3.1**		**0.0**		**2.4**		**4.1**	
		Cote alternative			**43.8**		**57.3**		**40.9**		**0.0**		**63.2**		**61.4**	

ÉCHELLE

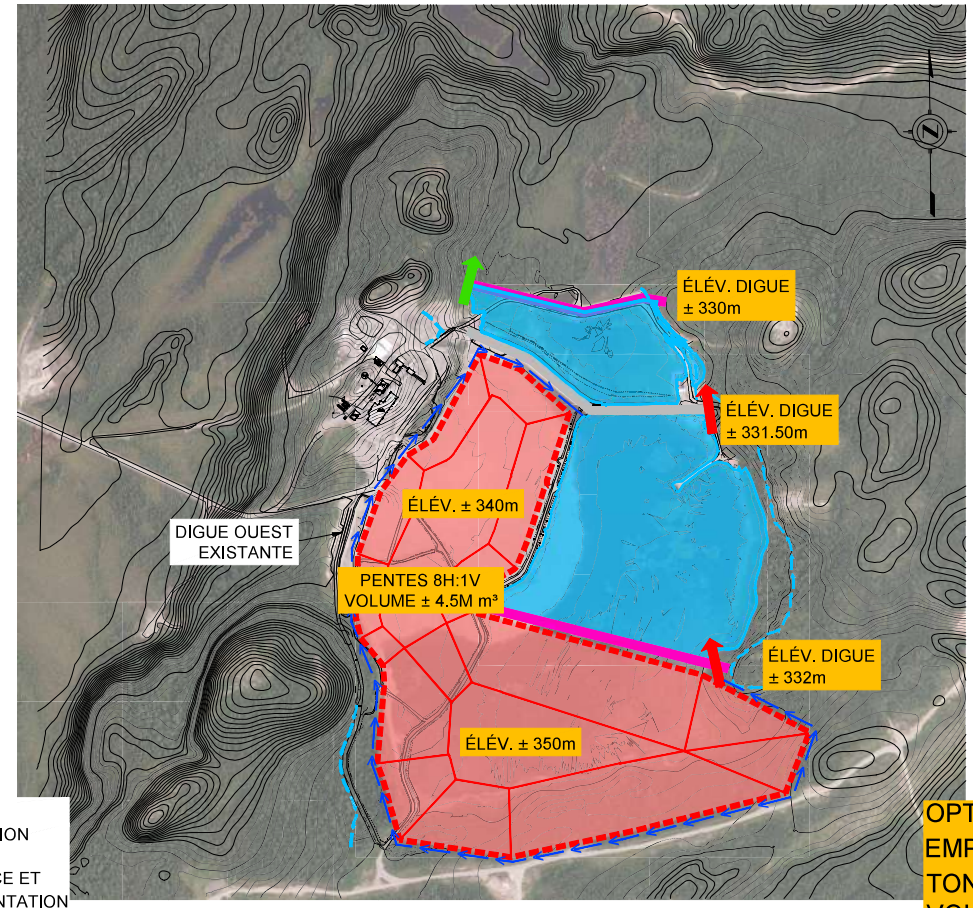
Pondération	Critère
5	**Forte pondération** – Importance majeure du compte par rapport aux autres comptes / Importance majeure du sous-compte relativement aux autres sous-comptes du compte
4	**Pondération moyenne à forte** – Importance notable du compte par rapport aux autres comptes / Importance notable du sous-compte relativement aux autres sous-
3	**Pondération moyenne** – Importance équivalente du compte par rapport aux autres comptes / Importance équivalente du sous-compte relativement aux autres sous-
2	**Pondération faible à moyenne** – Importance moindre du compte par rapport aux autres comptes / Importance moindre du sous-compte relativement aux autres sous-
1	**Pondération faible** – Importance mineure du compte par rapport aux autres comptes / Importance mineure du sous-compte relativement aux autres sous-comptes du compte

Cote	Critère
5	C'est la meilleure des variantes. Ceci n'implique pas qu'il n'y a aucun impact, mais qu'ils sont moins sévères que ceux des autres variantes.
4	Les impacts de cette variante sont légèrement plus sévères que ceux de la meilleure variante.
3	Entre 2 et 4.
2	Les impacts sont considérablement plus sévères que ceux de la meilleure variante.
1	Les impacts négatifs sont majeurs par rapport à ceux de la meilleure variante.

Annexe 4
Plans de remplissage optimisés – Option 2

Plan de remplissage optimisé avec des pentes de 8H : 1V

Plan de remplissage optimisé avec des pentes de 10H : 1V

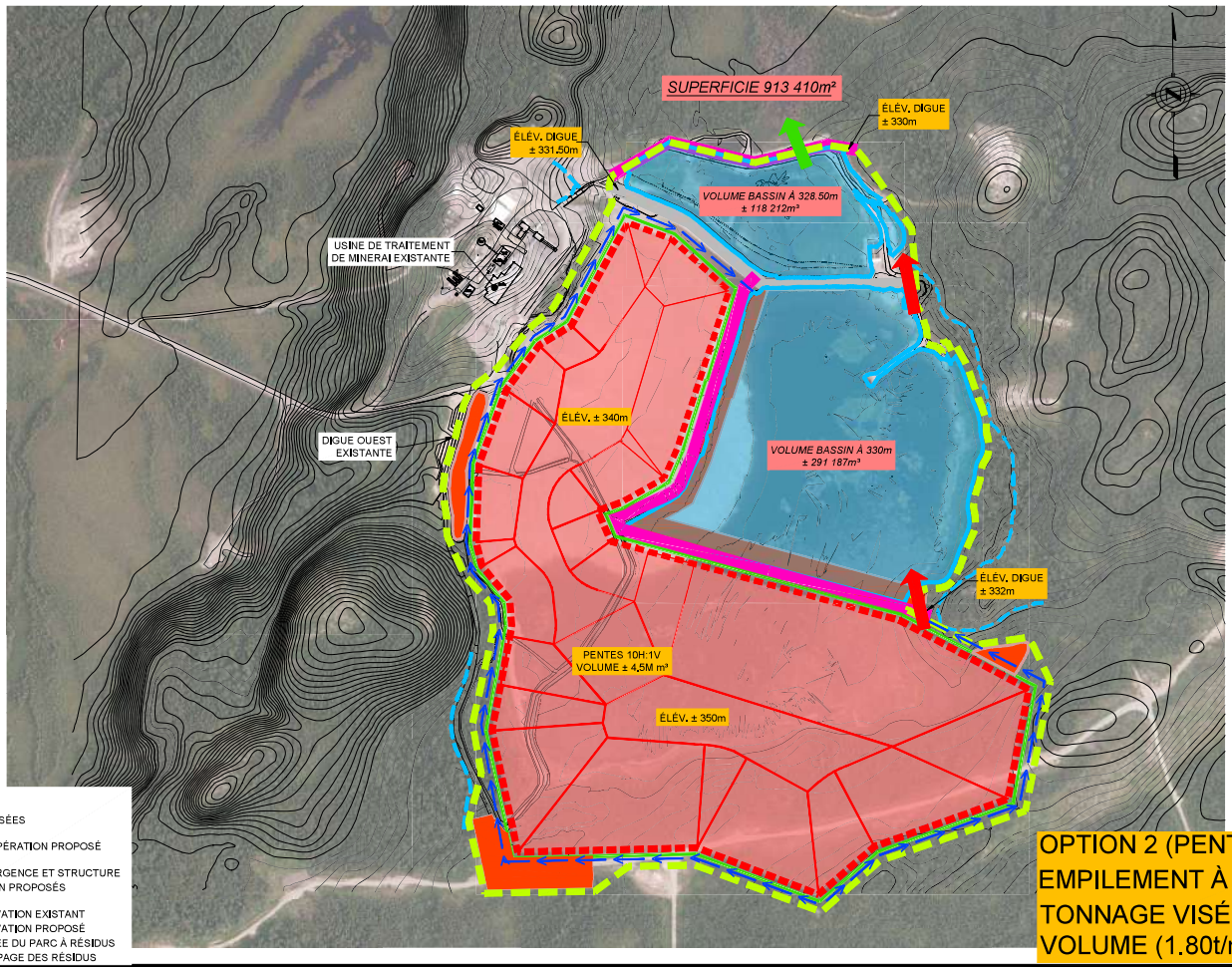


LÉGENDE:

DÉVERSOIR D'OPÉRATION

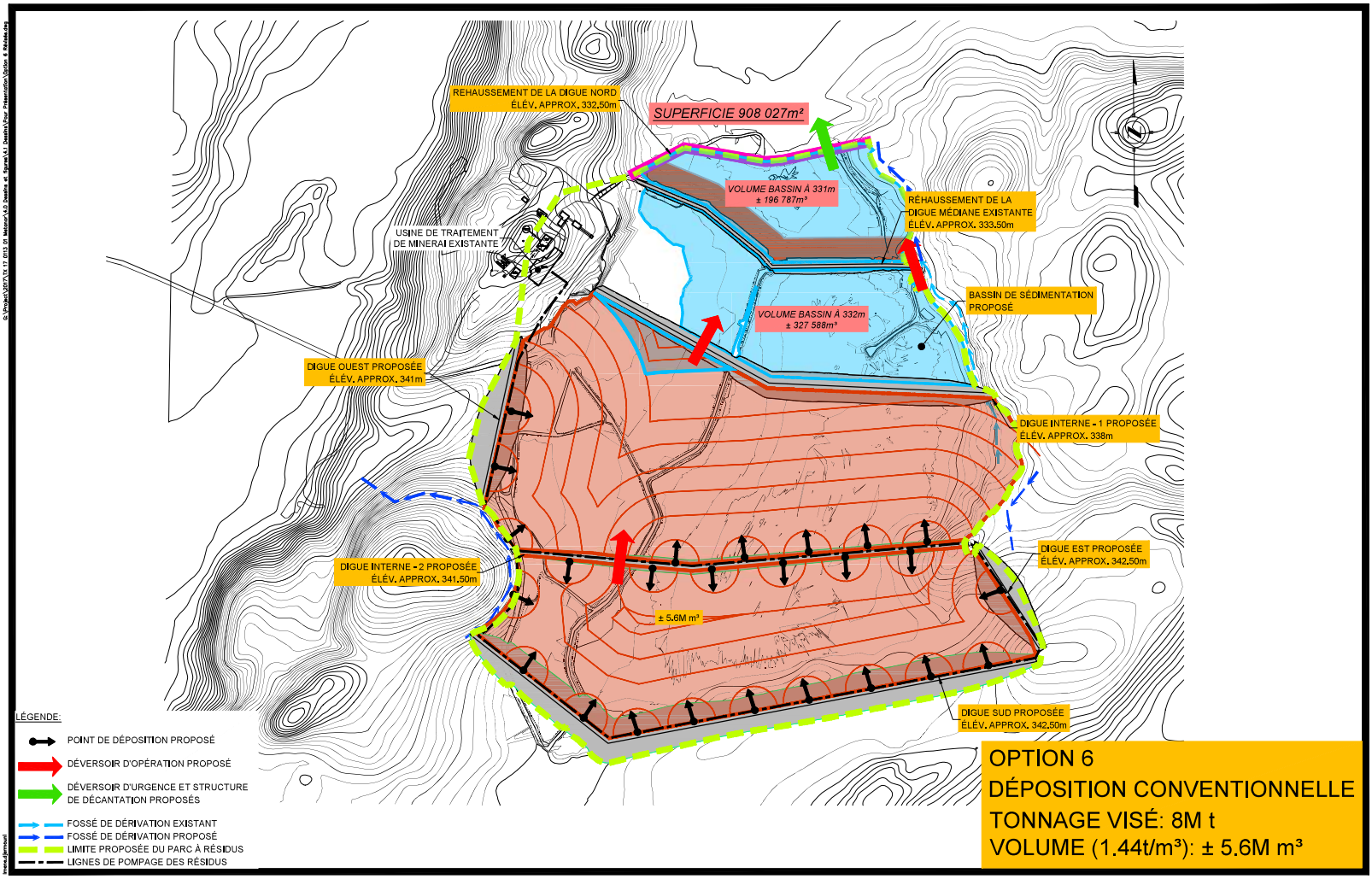
DÉVERSOIR D'URGENCE ET
STRUCTURE DE DÉCANTATION

OPTION 2 (PENTES 8H:1V)
EMPILEMENT À SEC
TONNAGE VISÉ: 8M t
VOLUME (1.80t/m³): 4.5M m³



OPTION 2 (PENTES 10H:1V)
EMPILEMENT À SEC
TONNAGE VISÉ: 8M t
VOLUME (1.80t/m³): 4.5M m³

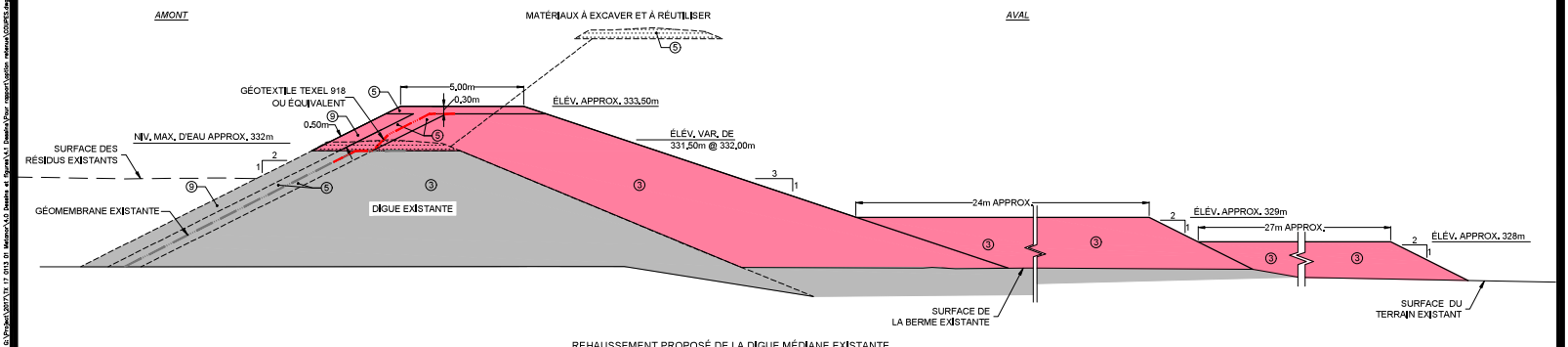
Annexe 5 Plan de remplissage long terme


REHAUSSEMENT DE LA DIGUE NORD
ÉLÉV. APPROX. 332.50m
SUPERFICIE 908 027m²
VOLUME BASSIN À 331m
± 196 787m³
RÉHAUSSEMENT DE LA
DIGUE MÉDIANE EXISTANTE
ÉLÉV. APPROX. 333.50m
USINE DE TRAITEMENT
DE MINERAI EXISTANTE
BASSIN DE SÉDIMENTATION
PROPOSÉ
VOLUME BASSIN À 332m
± 327 588m³
DIGUE OUEST PROPOSÉE
ÉLÉV. APPROX. 341m
DIGUE INTERNE - 1 PROPOSÉE
ÉLÉV. APPROX. 338m
DIGUE EST PROPOSÉE
ÉLÉV. APPROX. 342.50m
DIGUE INTERNE - 2 PROPOSÉE
ÉLÉV. APPROX. 341.50m
± 5.6M m³
DIGUE SUD PROPOSÉE
ÉLÉV. APPROX. 342.50m
LÉGENDE:
POINT DE DÉPOSITION PROPOSÉ
DÉVERSOIR D'OPÉRATION PROPOSÉ
DÉVERSOIR D'URGENCE ET STRUCTURE
DE DÉCANTATION PROPOSÉS
FOSSÉ DE DÉRIVATION EXISTANT
FOSSÉ DE DÉRIVATION PROPOSÉ
LIMITE PROPOSÉE DU PARC À RÉSIDUS
LIGNES DE POMPAGE DES RÉSIDUS
OPTION 6
DÉPOSITION CONVENTIONNELLE
TONNAGE VISÉ: 8M t
VOLUME (1.44t/m³): ± 5.6M m³

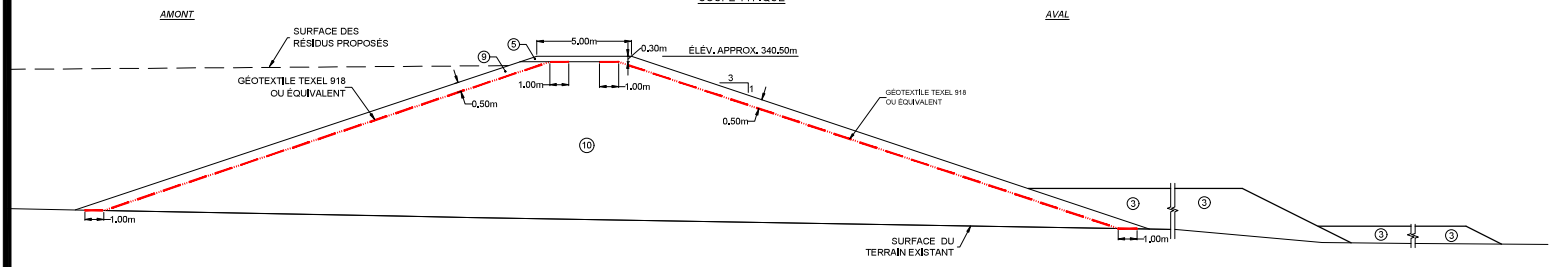
Annexe 6
Coupes conceptuelles des nouvelles infrastructures à construire et du rehaussement de la digue médiane

Coupes typiques des digues Nord, Sud-1, Sud-2, Est et Ouest

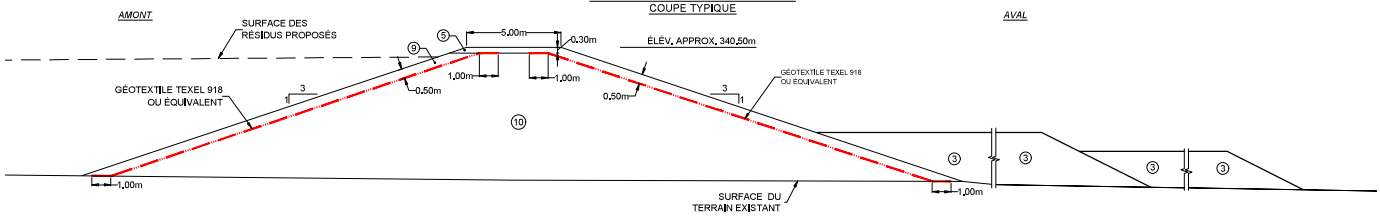
Coupes typiques de la digue médiane et des digues internes 1 et 2



REHAUSSEMENT PROPOSÉ DE LA DIGUE MÉDIANE EXISTANTE
COUPE TYPIQUE



DIGUES SUD - 1 ET OUEST PROPOSÉES
COUPE TYPIQUE



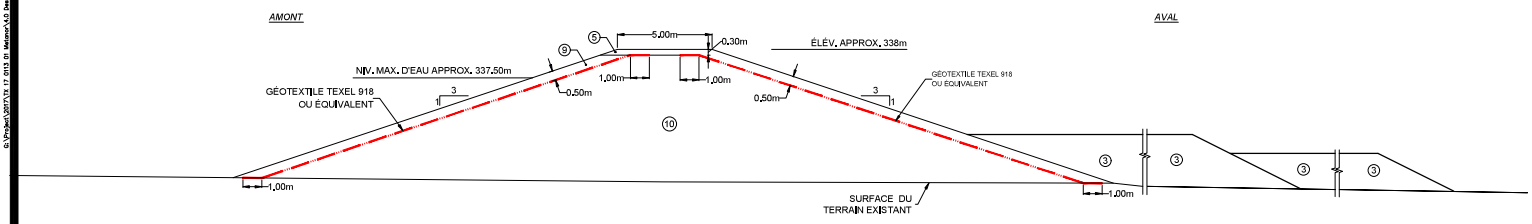
DIGUES SUD - 2 ET EST PROPOSÉES
COUPE TYPIQUE

MATÉRIAUX UTILISÉS:

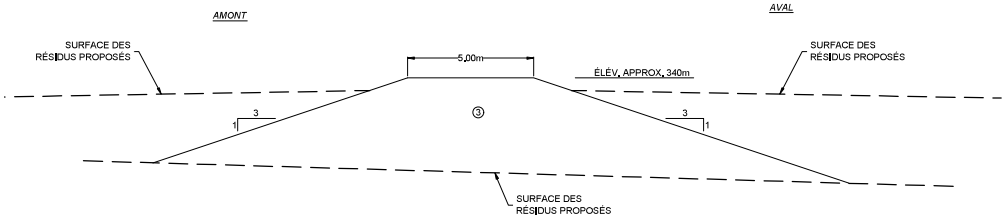
③ ENROCHEMENT (STÉRILES)
⑤ SABLE ET GRAVIER
⑨ ENROCHEMENT (100-300mm)
⑩ MORAINE

PARC À RÉSIDUS BACHELOR
DIGUES MÉDIANE , SUD -1 ,SUD - 2, EST ET OUEST - COUPES TYPIQUES

G:\Projet\2017\17-0113-01 Metanor\4.0 Dessins et figures\4.1 Dessins\Pour rapport\petits mineaux\COUPES.dwg



DIGUE INTERNE - 1 PROPOSÉE
COUPE TYPIQUE



DIGUE INTERNE - 2 PROPOSÉE
COUPE TYPIQUE

MATÉRIAUX UTILISÉS:

- (3) ENROCHEMENT (STÉRILES)
- (5) SABLE ET GRAVIER
- (9) ENROCHEMENT (100-300mm)
- (10) MORAINE

PARC À RÉSIDUS BACHELOR
DIGUES INTERNES -1 ET 2 - COUPES TYPIQUES

Imene.Ejjmoumi

Annexe 7
Analyses de stabilité pour l'optimisation de l'Option 2

Figure A7- 1. Facteur de sécurité amont de la digue médiane condition drainé à l'élévation 332 m. Dry stack 8 :1 à 350 m. Avec bermes

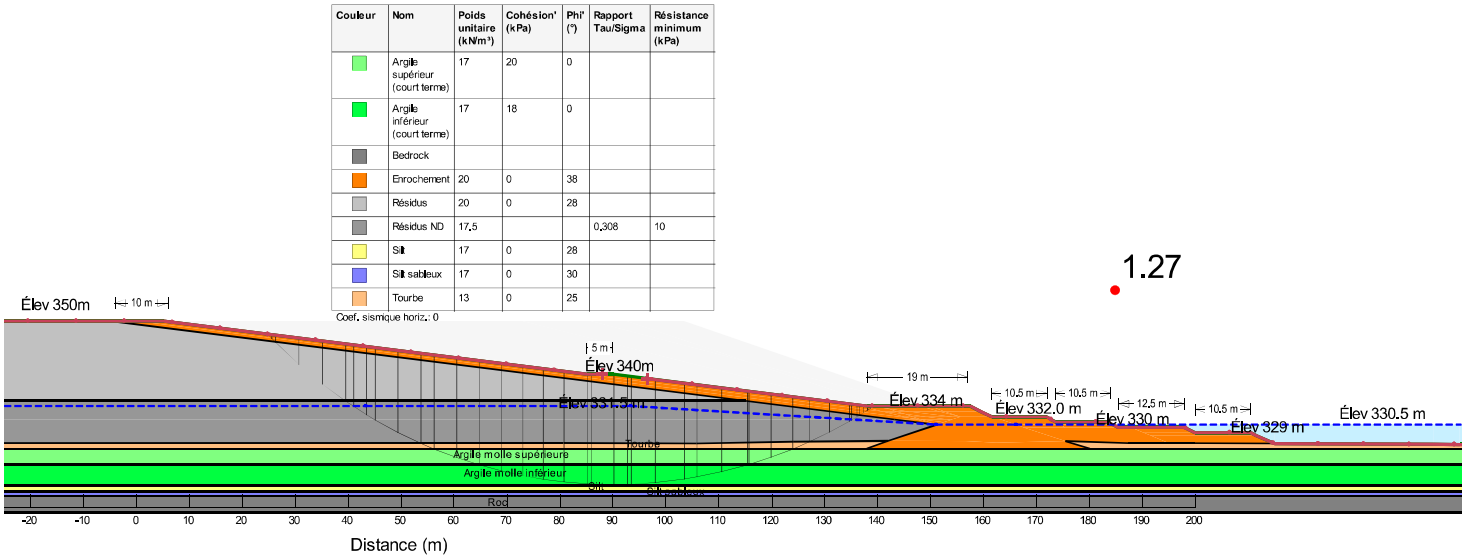


Figure A7-2. Facteur de sécurité local aval de la digue en condition pseudo à l'élévation 332 m. Dry stack 8 :1 à 350 m. Avec bermes

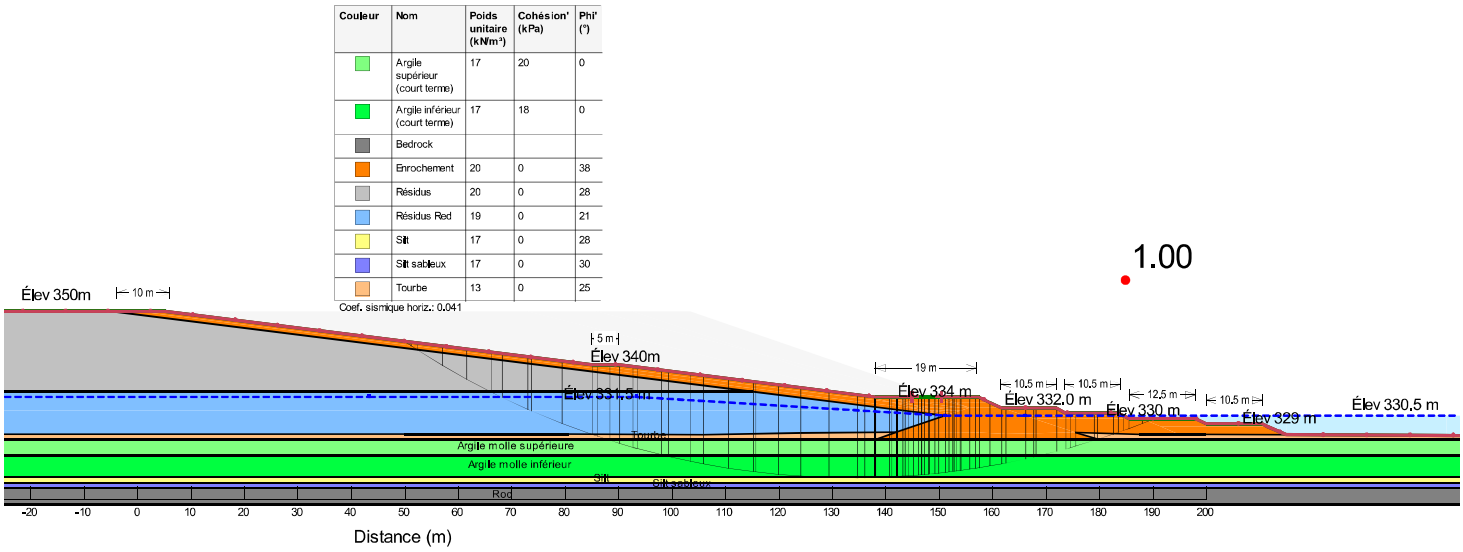


Figure A7-3. Facteur de sécurité local aval de la digue en condition pseudo à l'élévation 332 m. Dry stack 10 :1 à 350 m. Avec bermes. Nappe 330.5

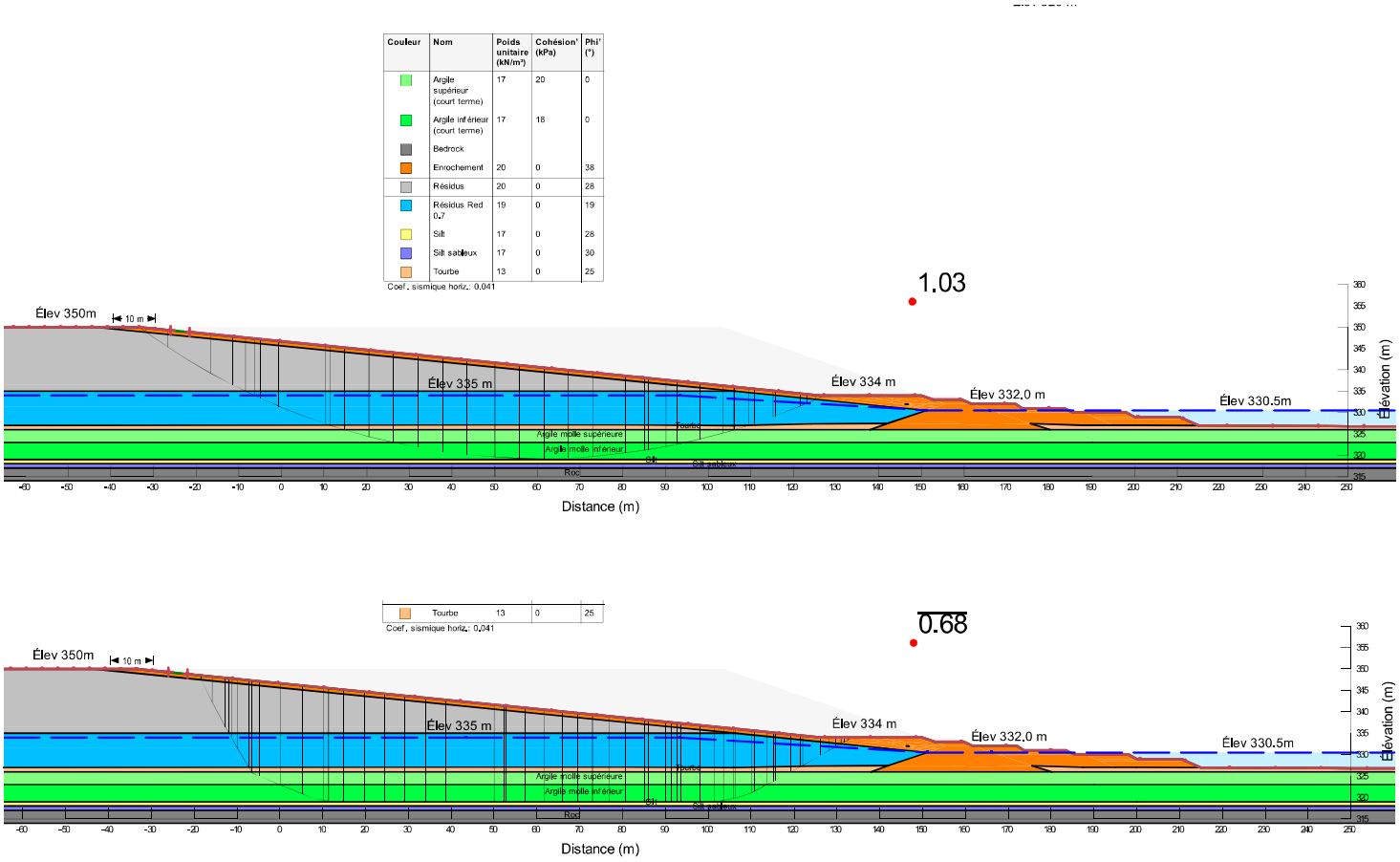
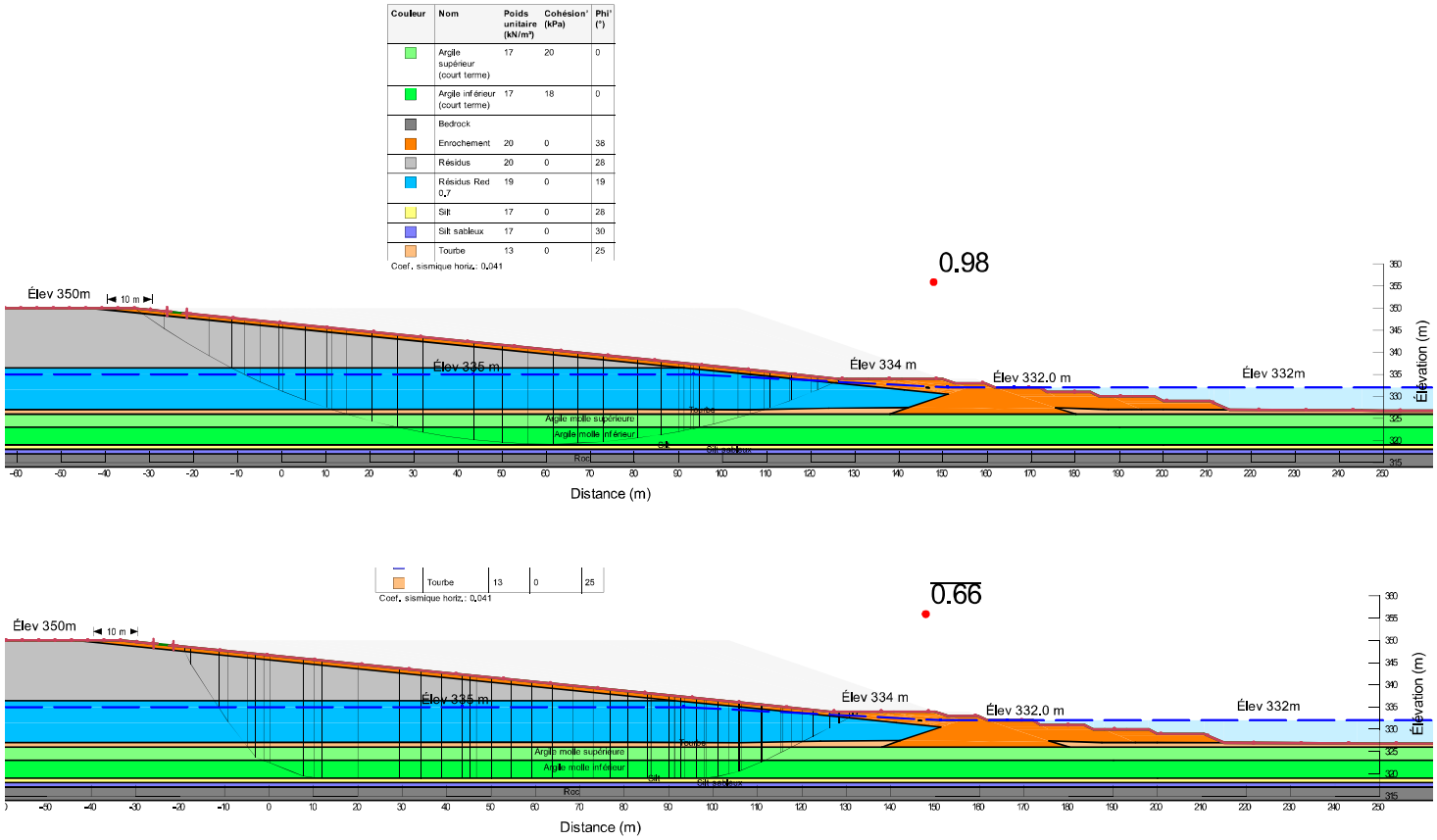


Figure A7-4. Facteur de sécurité local aval de la digue en condition pseudo à l'élévation 332 m. Dry stack 10 :1 à 350 m. Avec bermes. Nappe 332 m



Annexe 8
Analyses de stabilité pour le rehaussement des digues, Option 6

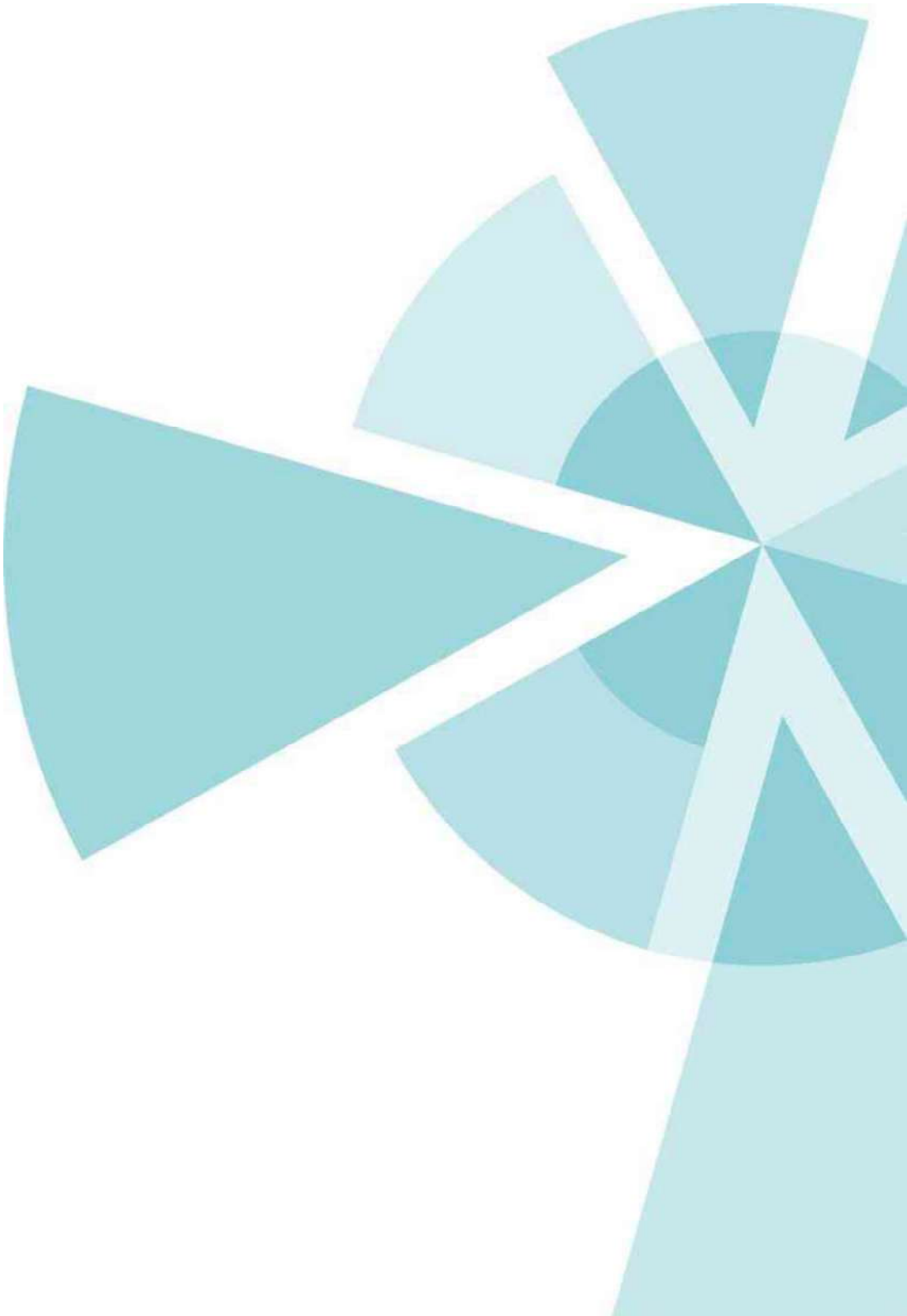


Figure A8-1. Facteur de sécurité aval de la digue médiane en condition drainée à l'élévation 333.5 m

Couleur	Nom	Poids unitaire (kN/m³)	Cohésion' (kPa)	Phi' (°)
	Argile inférieur (long terme)	17	0	25
	Argile supérieur (long terme)	17	0	28
	Bedrock			
	Enrochement	20	0	38
	Résidus	20	0	28
	Silt	17	0	28
	Silt sableux	17	0	30
	Tourbe	13	0	25

Coef. sismique horiz.: 0

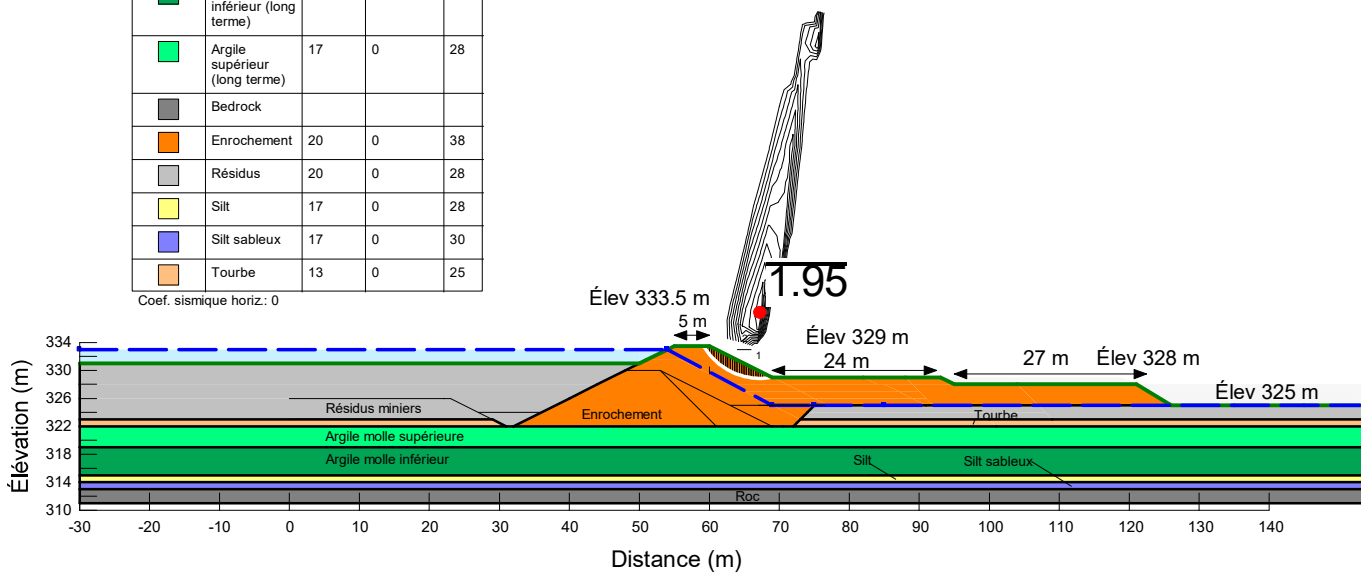


Figure A8-2. Facteur de sécurité amont de la digue médiane en condition drainée à l'élévation 333.5 m

Couleur	Nom	Poids unitaire (kN/m³)	Cohésion' (kPa)	Phi' (°)
	Argile inférieur (long terme)	17	0	25
	Argile supérieur (long terme)	17	0	28
	Bedrock			
	Enrochement	20	0	38
	Résidus	20	0	28
	Silt	17	0	28
	Silt sableux	17	0	30
	Tourbe	13	0	25

Coef. sismique horiz.: 0

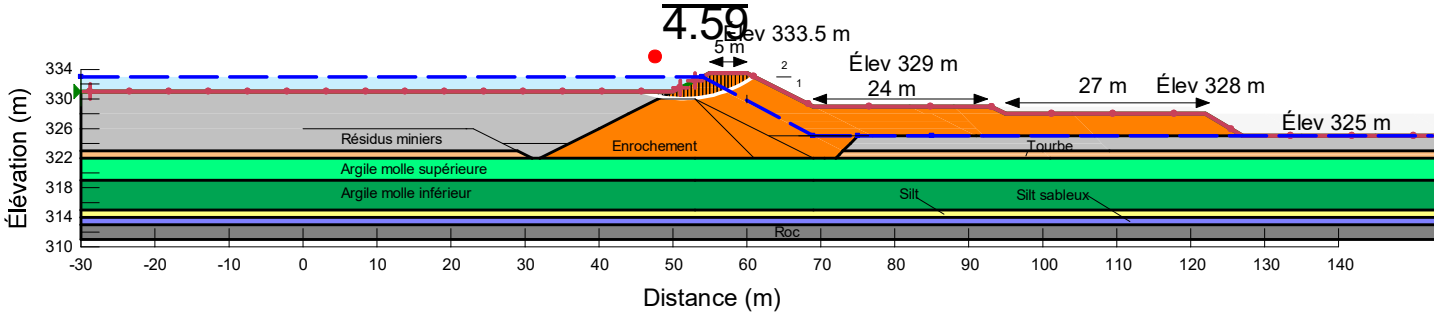


Figure A8-3. Facteur de sécurité local aval de la digue médiane en condition non drainée à l'élévation 333.5 m

Couleur	Nom	Poids unitaire (kN/m³)	Cohésion' (kPa)	Phi' (°)	Rapport Tau/Sigma	Résistance minimum (kPa)
	Argile supérieur (court terme)	17	20	0		
	Argile inférieur (court terme)	17	18	0		
	Bedrock					
	Enrochement	20	0	38		
	Résidus ND	17.5			0.268	10
	Silt	17	0	28		
	Silt sableux	17	0	30		
	Tourbe	13	0	25		

Coef. sismique horiz.: 0

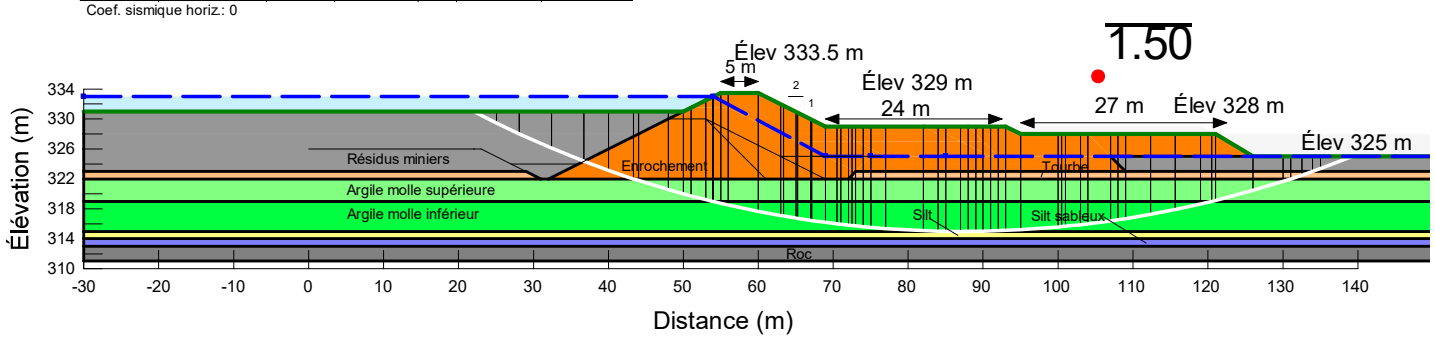
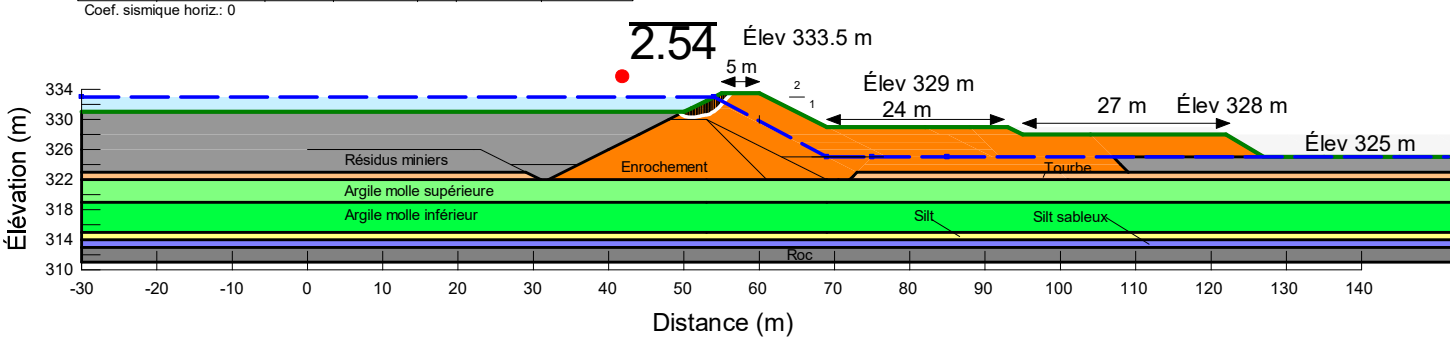


Figure A8-4. Facteur de sécurité local amont de la digue médiane en condition non drainée à l'élévation 333.5 m

Couleur	Nom	Poids unitaire (kN/m³)	Cohésion' (kPa)	Phi' (°)	Rapport Tau/Sigma	Résistance minimum (kPa)
	Argile supérieur (court terme)	17	20	0		
	Argile inférieur (court terme)	17	18	0		
	Bedrock					
	Enrochement	20	0	38		
	Résidus ND	17.5			0.268	10
	Silt	17	0	28		
	Silt sableux	17	0	30		
	Tourbe	13	0	25		

Coef. sismique horiz.: 0



B. RAPPORT TECHNIQUE DESCRIPTION DU MODE DE GESTION DES RÉSIDUS PRÉVU POUR LE SITE MINIER LAC BACHELOR (BBA, 2018)

Ressources Métanor - Une filiale de Bonterra
Projet Lac Bachelor

Desmaraisville , QC

Rapport technique

Description du mode de gestion des résidus prévu pour le site minier Lac Bachelor

N° document BBA / Rév. : 6098002-000000-4E-ERA-0001 / R00

16 novembre 2018

BBA

L'ingénierie
pour un monde en changement

bba.ca

BONTERRA

Ressources Métanor - Une filiale de Bonterra Projet Lac Bachelor

Desmaraisville , QC

Rapport technique

Description du mode de gestion des résidus prévu pour le site minier Lac Bachelor

N° document BBA / Rév. : 6098002-000000-4E-ERA-0001 / R00

16 novembre 2018

FINAL

Préparé par :
Yves Thomassin

Vérifié par :
Luciano Piciacchia, ing.
OIQ n° 35911

2020 Boul. Robert-Bourassa, bureau 300
Montréal, QC H3A 2A5
T +1 514.866.2111 F +1 514.866.2116
bba.ca All rights reserved. © BBA

HISTORIQUE DES RÉVISIONS

Révision	État du document – Description de la révision	Date
R00	Final	2018-11-16

Ce document est préparé par BBA pour le seul bénéfice de son Client et ne peut être utilisé par aucune autre partie et pour aucune autre fin sans le consentement préalable écrit de BBA. BBA ne sera en aucun cas responsable des dommages, pertes, réclamations ou frais quels qu'ils soient découlant ou en relation avec l'utilisation de ce document par toute autre personne que le Client.

Bien que les informations contenues dans ce document soient fiables sous réserve des conditions et limitations qui y sont prévues, ce document est fondé sur des informations qui ne sont pas sous le contrôle de BBA ou que BBA n'a pu vérifier; par conséquent, BBA ne peut en garantir la suffisance et l'exactitude. Les commentaires contenus dans ce document reflètent l'opinion de BBA à la lumière des informations disponibles au moment de la préparation du document.

L'utilisation de ce document confirme l'acceptation de ces conditions.

TABLE DES MATIÈRES

1. Mise en contexte 1
2. Description du mode de gestion optimisé 1
3. Rehaussement dans le secteur de l'aire d'entreposage de résidus secs 1
4. Digue ouest 2
5. Digue sud 2
6. Digue interne 3
7. Digue médiane 3
8. Digue nord 4

1. MISE EN CONTEXTE

Afin d'entreposer les résidus générés à partir de 2019, un mode de gestion modifié avait été présenté par Métanor en 2017. Ce mode de gestion a été autorisé par le MELCC dans le Certificat d'autorisation délivré le 19 mai 2017. Ce mode de gestion comprenait :

- la construction d'un empilement de résidus secs au droit la cellule n° 1 du parc à résidus miniers;
- l'excavation de résidus miniers secs dans les cellules n° 2 et 3 du parc à résidus miniers;
- la déposition en bout de tuyau de la pulpe de résidus miniers dans les cellules n° 2 et 3 du parc à résidus miniers.

Ce mode de gestion prévoyait l'entreposage des résidus à l'intérieur des limites du parc existant. Ledit mode de gestion a été optimisé et est décrit ci-dessous.

2. DESCRIPTION DU MODE DE GESTION OPTIMISÉ

Le nouveau mode de gestion permettra d'augmenter la capacité de stockage à environ 5,82 Mm³. L'empreinte du nouveau parc à résidus est plus grande et elle s'étend surtout en direction est. Toutefois, l'extension de l'empreinte du parc demeure à l'intérieur du même bassin versant.

Ultimement, le parc à résidus couvrira :

- l'actuelle cellule n° 1 qui recevra les résidus excavés des cellules n° 2 et 3 et entreposés sous forme de résidus secs (méthode de déposition dite empilement à sec ou *dry-stack*);
- les actuelles cellules n° 2 et 3, ainsi que l'aire occupée par l'aire d'entreposage temporaire;
- une nouvelle aire d'entreposage localisée à l'est des cellules n° 2 et 3 actuelles.

En fait, cette nouvelle aire constituera une seule cellule (pas de digue interne), de sorte que l'on trouvera ultimement uniquement deux cellules sur le site : la cellule n° 1 qui sera comblée par les résidus secs relocalisés et la nouvelle cellule qui aura une superficie environ trois fois supérieure à la cellule n° 1.

3. REHAUSSEMENT DANS LE SECTEUR DE L'AIRE D'ENTREPOSAGE DE RÉSIDUS SECS

Dans un premier temps, les résidus des cellules n° 2 et n° 3 seront acheminés dans la cellule n° 1 pour être disposés sous forme de résidus secs. Le volume de résidus relocalisés est estimé à environ 380 000 m³. La digue actuelle séparant la cellule n° 1 et la cellule n° 2 et se poursuivant au sud-est de la cellule n° 1 sera rehaussée en une seule séquence afin de permettre l'entreposage de l'ensemble des résidus secs.

Suite au transfert d'anciens résidus de la cellule n° 2 dans l'aire d'entreposage de résidus secs, un poids supplémentaire sera exercé sur la digue existante. De plus, une dépression sera créée au pied de la digue. Ainsi, afin de maintenir la stabilité de celle-ci, un rehaussement de la digue sera réalisé sur les nouveaux résidus secs après que des résidus frais auront été déposés dans l'ouverture créée au pied de la digue.

Ce rehaussement sera réalisé en une seule séquence avec des résidus frais qui seront mis en place par de la machinerie (bouteurs, etc.). Le rehaussement sera réalisé de manière à toujours maintenir une revanche d'un mètre entre la surface des résidus secs relocalisés et le haut du rehaussement.

Le rehaussement sera réalisé sur une longueur d'environ 575 m. La crête du rehaussement sera à l'élévation 344,5 m à la jonction avec la digue ouest et atteindra l'élévation 339,5 m à la jonction avec la digue interne. La hauteur du rehaussement variera ainsi d'environ 5 m à la jonction avec la digue ouest pour atteindre 1,5 m à la jonction avec la digue interne.

4. DIGUE OUEST

Les nouveaux résidus produits seront déversés par la méthode classique de lance à robinet dite «spigottage» à partir de la digue Ouest en direction du sud-est. Cette digue sera construite par étapes successives avec des résidus miniers ou des matériaux provenant de bancs d'emprunt.

La digue aura une longueur d'environ 400 m et une hauteur maximale de 16,4 m. La crête de la digue variera de l'élévation 344,2 m à l'élévation 344,9 m. La digue s'étendra de la jonction avec la digue précédente et un point haut localisé plus au sud.

La digue sera munie d'une géomembrane sur sa face interne et une revanche de 1,5 m sera conservée en tout temps. La géomembrane sera recouverte d'un enrochement. La face externe de la digue sera aussi recouverte d'un enrochement.

5. DIGUE SUD

Une longue digue sera également construite au sud et à l'est de l'aire d'entreposage. Cette digue sera construite par étapes avec des résidus à l'aide de machinerie (bouteurs, etc.). Elle sera utilisée pour la déposition des résidus frais par spigottage. La digue aura une longueur d'environ 1 600 m et une hauteur maximale de 13,2 m. La digue s'étendra d'un point haut localisé au sud-ouest de l'aire d'entreposage à un point haut localisé à l'est de l'aire d'entreposage. La crête de la digue variera de l'élévation 345,6 m à l'élévation 343,2 m.

La digue sera munie d'une géomembrane sur sa face interne et une revanche de 1,5 m sera conservée en tout temps. La géomembrane sera recouverte d'un enrochement. La face externe de la digue sera aussi recouverte d'un enrochement.

6. DIGUE INTERNE

Les eaux contenues dans la pulpe de résidus qui ne seront pas retenues dans les vides des résidus en place et les précipitations s'écouleront par gravité en direction de la digue interne. Cette digue séparera donc l'aire d'entreposage des résidus et le bassin de recirculation des eaux vers le concentrateur. Cette nouvelle digue sera construite avec des roches et/ou des stériles miniers et sera donc perméable. Des bermes en enrochement seront mises en place en aval de la digue afin d'augmenter la stabilité de la digue. La digue aura une longueur de près d'un kilomètre et une hauteur maximale de 11,70 m. La digue s'étendra de la jonction avec la digue de la cellule n° 1 à un point haut localisé à l'est de l'aire d'entreposage. La crête de la digue variera de l'élévation 336,9 m à l'élévation 346.

7. DIGUE MÉDIANE

Les eaux contenues dans le bassin de recirculation seront traitées en aval de la digue médiane afin de contrôler les concentrations en cyanures puis acheminées au bassin de polissage avant d'être rejetées dans l'environnement. Le bassin de polissage sera aménagé entre la digue médiane et la digue nord.

Dans sa portion est, la digue médiane séparera donc le bassin de recirculation et le bassin de polissage. Cette portion de la digue médiane sera construite avec des résidus et sera munie d'une géomembrane sur sa face amont qui sera en contact avec les eaux du bassin de recirculation. La géomembrane sera recouverte d'un enrochement. Des bermes en enrochement seront mises en place en aval de la digue afin d'augmenter la stabilité de la digue. La portion est de la digue médiane aura une longueur de près d'environ 300 m et une hauteur maximale de 8,80 m. La crête de la digue sera à l'élévation 335 m.

La portion ouest de la digue médiane sera localisé entre le bassin de polissage et la pile de résidus secs relocalisés. La face amont de la digue (donc au contact des eaux du bassin de recirculation) sera munie d'une géomembrane. La digue sera construite avec des résidus qui seront recouverts d'une géomembrane puis d'un enrochement. Des roches seront également mises en place entre cette portion de la digue et la pile de résidus secs relocalisés.

8. DIGUE NORD

La digue nord sera construite au nord du bassin de polissage. Cette digue sera construite à sa pleine hauteur dès le début avec des résidus . La digue aura une longueur d'environ 600 m et une hauteur maximale de 7,90 m. La digue s'étendra de la jonction avec la portion ouest de la digue médiane à un point haut localisé à l'est du bassin de polissage. La crête de la digue sera à l'élévation 335 m.

La digue sera munie d'une géomembrane sur sa face interne et une revanche de 1,5 m sera conservée en tout temps. La géomembrane sera recouverte d'un enrochement. La face externe de la digue sera recouverte d'un enrochement.

Le point de rejet dans l'environnement aménagé dans la digue nord sera le même que celui-ci utilisé actuellement.


BBA

C. RÉVISION DU CONCEPT DE GESTION DES RÉSIDUS ET DE L'EAU DU PARC À RÉSIDUS DU SITE BACHELOR – RAPPORT TECHNIQUE (RICHELIEU, 2018)

METANOR RESOURCES INC.
PROJET BACHELOR, DESMARAISVILLE (QUEBEC)
ÉTUDE HYDROGEOLOGIQUE ET GEOTECHNIQUE





Pour

Metanor Ressources inc.

200, chemin de la mine

Desmaraisville (Québec)

J0Y 1H0

Par

Richelieu Hydrogéologie Inc.

219, 15ième avenue, Richelieu (Québec)

J3L 3V7

Et

Groupe RD Consultants

38, chemin Marie-Louise

Lac-Saint-Paul, Québec

J0W 1K0

Septembre 2018

Richelieu, le 21 septembre 2018

Metanor Ressources inc.
200, chemin de la mine
Desmaraisville (Québec)
J0Y 1H0

À l'attention de M. Steve Gaudreault, coordonnateur en environnement

Objet : Étude hydrogéologique et géotechnique, version préliminaire
Site Bachelor, Desmaraisville (Québec)

Monsieur,

J'ai le plaisir de vous faire parvenir les résultats de l'étude hydrogéologique et géotechnique pour le site Bachelor, situé à Desmaraisville, Québec. L'étude visait déterminer les propriétés géotechniques des matériaux présents sur le site, et aussi à faire le calcul du flux d'eau par unité de surface à partir d'un futur parc à résidus miniers, en direction de l'aquifère sous-jacent.

Ce document présente le contexte géotechnique et hydrogéologique du site, une description des travaux et essais réalisés en chantier et en laboratoire, les résultats obtenus, puis une description des calculs effectués afin d'atteindre les objectifs. Enfin, des conclusions et recommandations vous sont présentés.

En espérant que le tout vous conviendra, veillez agréer, Monsieur Gaudreault, l'expression de mes sentiments les meilleurs.



Yves Leblanc, ing. géo.
M.Sc. Hydrogéologue



Richard Dufour, ing.
Ingénieur en géologie

RICHELIEU HYDROGEOLOGIE INC.
219, 15IEME AVENUE, RICHELIEU (QUEBEC) J3L 3V7
tél : (450) 658-3233 courriel : yvesl@sympatico.ca

METANOR RESOURCES INC.
PROJET BACHELOR, DESMARAISVILLE (QUEBEC)
ÉTUDE HYDROGEOLOGIQUE ET GEOTECHNIQUE





Pour

Metanor Ressources inc.

200, chemin de la mine

Desmaraisville (Québec)

J0Y 1H0

Par

Richelieu Hydrogéologie Inc.

219, 15ième avenue, Richelieu (Québec)

J3L 3V7

Et

Groupe RD Consultants

38, chemin Marie-Louise

Lac-Saint-Paul, Québec

J0W 1K0

Septembre 2018

TABLE DES MATIERES

Liste des Figures ii
Liste des tableaux ii
Liste des Annexes iii
1 Introduction 1
2 Contexte hydrogéologique et géotechnique 2
2.1 Localisation 2
2.2 Contexte physiographique, topographie et drainage superficiel 2
2.3 Climat 2
2.4 Géologie 3
2.5 Hydrogéologie et géotechnique 4
3 Description des Travaux effectués 10
3.1 Forage et aménagement de puits d'observation 10
3.2 Essais hydrogéologiques *in-situ* 11
3.3 Essais géotechniques *in-situ* 11
3.3.1 Essais de pénétration standard (SPT) 14
3.3.2 Essais de résistance au cisaillement in-situ 15
3.4 Essais géotechniques en laboratoire 15
3.5 Relevé d'arpentage et de nivellement 16
4 Résultats 18
4.1 Stratigraphies 18
4.2 Propriétés géotechniques 20
4.2.1 Résultats des essais de pénétration standards 20
4.2.2 Résultats des essais de résistance au cisaillement *in-situ* 21
4.2.3 Résultats des analyses granulométriques, sédimentométriques et teneurs en eau 21
4.2.4 Résultats d'analyses sur les tubes Shelby 23
4.3 Propriétés hydrogéologiques 25
4.3.1 Résultats des essais de perméabilité 25
4.4 Piézométrie 26
5 Modélisation Tridimensionnelle de l'écoulement 27
5.1 Description du modèle numérique 27
5.2 Description des simulations effectuées 30
5.2.1 Écoulement souterrain avant les travaux de construction des bassins 30
5.2.2 Écoulement souterrain à la suite de la mise en place des bassins 30
5.2.3 Analyse de sensibilité des paramètres du modèle 32
6 Conclusions et recommandations 34
6.1 Partie géotechnique 34
6.2 Partie hydrogéologique 35

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Localisation du site à l'étude
Figure 2 : Topographie du site à l'étude
Figure 3 : Photographie aérienne du site
Figure 4 : Géologie du socle rocheux
Figure 5 : Géologie des formations superficielles
Figure 6 : Localisation des puits et forages
Figure 7 : Profils stratigraphiques simplifiés
Figure 8 : Piézométrie initiale modélisée pour le socle rocheux
Figure 9 : Piézométrie finale modélisée pour le socle rocheux (parc rempli à 100%)
Figure 10 : Flux modélisé au travers la couche d'argile (conductivité du roc à 2 x 10^{-5} cm/sec)
Figure 11 : Flux modélisé au travers la couche d'argile (conductivité du roc à 2 x 10^{-4} cm/sec)

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Propriétés hydrogéologiques et géotechniques selon *Laboratoires Ville-Marie*, 1981 4
Tableau 2 Propriétés hydrogéologiques et géotechniques selon Golder, 2007 5
Tableau 3: Calendrier de réalisation des travaux 10
Tableau 4 : Résumé des essais et analyses effectués sur les échantillons 12
Tableau 5 : Relation entre la compacité et le résultat de l'indice N évalué 14
Tableau 6 : Coordonnées et élévation des puits d'observation 16
Tableau 7 : Stratigraphies rencontrées 18
Tableau 8 : Résultats des essais de pénétration standards 20
Tableau 9 : Résultats des essais de résistance au cisaillement *in-situ* 21
Tableau 10 : Résultats des analyses granulométriques et sédimentométriques 22
Tableau 11 : Essais réalisés sur les tubes Shelby 23
Tableau 12 : Niveau de consolidation calculé de l'unité d'argile 23
Tableau 13 : Détermination de la sensibilité des argiles 24
Tableau 14 : Classification de la sensibilité des argiles échantillonnées 24
Tableau 15 : Classification de la plasticité des argiles 25
Tableau 16 : Détermination de la plasticité des argiles échantillonnées 25
Tableau 17: Résultats des essais de perméabilité 26
Tableau 18 : Mesures de la piézométrie 26
Tableau 19 : Conductivités hydrauliques assignées au modèle 28

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1 : Figures

Annexe 2 : Dossier photographique

Annexe 3 : Rapports de forage

Annexe 4 : Interprétation des essais de perméabilité à charge variable

Annexe 5 : Analyses granulométriques, sédimentométriques et de teneurs en eau

Annexe 6 : Diagrammes de perméabilité interprétés selon les analyses granulométriques

Annexe 7 : Résultats des essais réalisés sur les tubes Shelby

1 INTRODUCTION

Metanor Ressources inc. planifie de tripler la production de son usine de traitement de minerai à la mine Bachelor à Desmaraisville, soit de 800 à 2 400 tonnes métriques par jour, pour y traiter du minerai supplémentaire provenant de la mine Barry pour une période estimée à 10 ans. Le tonnage total projeté a été évalué à au moins 8 millions tonnes métriques.

Afin de pouvoir contenir les résidus additionnels qui seraient produits par l'usine de traitement de minerai, le parc à résidus actuel devra être agrandi considérablement. Plusieurs options conceptuelles d'agrandissement ont été projetées, dont un rehaussement du parc à résidus actuel incluant une expansion vers le secteur sud. Puisque les eaux qui seront accumulées dans ces bassins contiendront potentiellement des contaminants dissous, le site doit rencontrer les exigences des mesures d'étanchéité de niveau A décrites dans la Directive 19 sur l'industrie minière. Ces mesures d'étanchéité doivent permettre de respecter un débit de percolation quotidien maximal de 3,3 l/m² à partir du fond de l'aire d'accumulation.

Dans ce contexte, *Metanor Ressources inc* a mandaté le consortium formé par *Richelieu Hydrogéologie inc* et *Groupe RD Consultants*, afin d'effectuer une étude hydrogéologique et géotechnique préliminaire visant à supporter l'ingénierie et la conception des infrastructures de retenue du parc à résidus agrandi. Plus spécifiquement, les activités suivantes sont requises :

- Une investigation géotechnique et hydrogéologique afin d'obtenir et d'évaluer les données géotechniques et hydrogéologiques des sols de fondation des nouvelles infrastructures de retenue et les infrastructures existantes à rehausser ;
- Une modélisation hydrogéologique dans le but de démontrer que la fondation du parc à résidus actuel et des secteurs d'expansion est suffisante pour éviter une dégradation notable de la qualité de l'eau souterraine et que le débit de percolation quotidien au fond de l'aire d'accumulation respecte le critère énoncé dans la Directive 019.

Ce document fait la description du contexte hydrogéologique et géotechnique, la description des travaux réalisés, la description des résultats obtenus et la description du modèle hydrogéologique conceptuel ainsi que la grille, les conditions limites et les propriétés hydrogéologiques du modèle numérique, puis, les résultats des analyses prédictives effectuées.

2 CONTEXTE HYDROGÉOLOGIQUE ET GÉOTECHNIQUE

2.1 Localisation

Le site Bachelor se situe à Desmaraisville, dans la municipalité de la Baie James, à environ 93 km au nord-est de Lebel-sur-Quévillon. On y accède par la route 113 via un chemin privé d'environ 5 km. Ses coordonnées géographiques sont les suivantes :

- 76° 8'46.50" Ouest
- 49°29'52.73" Nord

La figure 1 de l'annexe 1 présente un extrait des feuillets cartographiques 32F08 et 32F09 à l'échelle 1 : 50 000 du ministère des ressources Naturelles du Canada.

2.2 Contexte physiographique, topographie et drainage superficiel

La propriété à l'étude se situe dans la région physiographique du bouclier canadien, caractérisée dans le secteur par une plaine argileuse entrecoupée de petits reliefs formés d'affleurements de till glaciaire ou d'affleurements rocheux.

La topographie locale est peu accidentée. Le terrain possède une altitude moyenne de l'ordre de 330 mètres. Le drainage superficiel du site s'effectue via un affluent de la rivière Bachelor, laquelle fait partie du bassin versant de la Baie James.

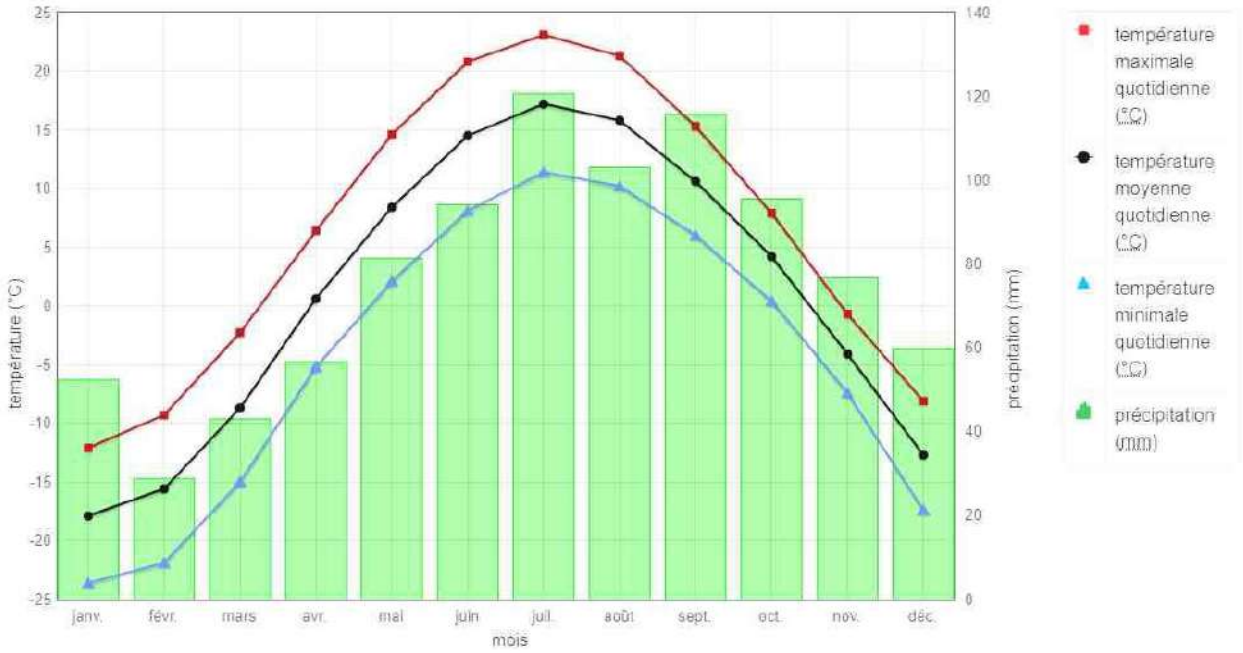
La figure 2 de l'annexe 1 présente un extrait des feuillets cartographiques 32F08-202 et 32F09-102 à l'échelle 1 : 20 000 du ministère de l'énergie et des ressources Naturelles du Québec, tandis que la figure 3 présente une imagerie aérienne tirée de Google Earth.

2.3 Climat

Les statistiques mensuelles de température et précipitation provenant de la station météorologique de Lebel-sur-Quévillon ont été compilées entre 1981 et 2010 par Environnement Canada.

Selon les données de cette station, les chutes de pluie atteignent 702,3 mm, tandis que les chutes de neige sont, en moyenne, de 226,2 cm. Les précipitations totales par unité de surface sont de 927,8 mm. La température moyenne annuelle est de 1,0°C avec une moyenne mensuelle variant de 17,2°C en juillet à –17,9°C en janvier. L'illustration 1 présente un graphique des normales climatiques de la station Lebel-sur-Quévillon.

Illustration 1 : Normales climatiques de la station Lebel-sur-Quévilllon



2.4 Géologie

Le site à l'étude est situé dans le contexte géologique de la ceinture de roches vertes Archéennes de l'Abitibi. Plus spécifiquement, la propriété à l'étude est située à l'intérieur d'une bande de roches volcaniques et plutoniques d'âge Archéen et font partie de la formation de Obatogamau, laquelle est composée de roches volcaniques mafiques et intermédiaires composées de basalte, andésite et roches volcanoclastiques, ainsi qu'une intrusion de granodiorite. Au plan structural, le site à l'étude se situe près de l'axe d'un pli synforme dont l'orientation est selon l'axe NE-SO. Quelques failles locales sont subparallèles à l'axe de ce pli.

Les dépôts meubles qui recouvrent le socle rocheux dans le secteur de la propriété à l'étude sont principalement formés d'une séquence composée de till glaciaire et de sédiments fluvioglaciaires à la base, surmontés de sédiments glacio-lacustres composés d'argile et de silt, puis de sédiments alluvionnaires composés de sable et de sable silteux. La séquence est complétée par des dépôts organiques de tourbe. L'unité cartographiée à l'endroit du site à l'étude est composée de till glaciaire, laquelle est bordée de part et d'autre par des zones d'affleurement rocheux.

Les figures 4 et 5 de l'annexe 1 présentent, respectivement, les extraits de la carte géologique du SIGEOM et de la carte des formations superficielles de la CGC.

2.5 Hydrogéologie et géotechnique

En 1981, *Les Laboratoires Ville-Marie inc*. réalisait une étude géotechnique pour faire la conception d'une digue de retenue de rejets miniers. Au cours de cette étude, deux forages et cinq tranchées exploratoires ont été réalisés, ainsi que des essais au scissomètre Nilcon en forage et des analyses granulométriques, de teneurs en eau naturelle et de limites liquides et plastiques avec résistance au cisaillement au moyen du cône suédois sur des échantillons non remaniés et remaniés.

L'étude a permis d'identifier deux zones où les caractéristiques des dépôts de surface étaient différentes, soit une zone où un till était affleurant et une zone où une argile varvée de 7 à 8 mètres d'épaisseur recouvrait le till. Les deux zones étaient recouvertes d'une mince couche de sédiments organiques. Les propriétés hydrogéologiques et géotechniques des unités sont résumées au tableau 1 :

Tableau 1 : Propriétés hydrogéologiques et géotechniques selon *Laboratoires Ville-Marie*, 1981

	Argile	**Sable et/ou gravier**
Épaisseur	7 à 8 m	indéterminée
Résistance au cisaillement	26,2 à 64,3 kPa en surface 13,7 à 14,2 kPa en profondeur	n/a
Teneur en eau	32 à 65% (argile et silt)	n/a
Densité	n/a	Lâche à dense
Indice de pénétration	n/a	14 à 22
Consolidation	Normalement consolidée (évaluée)	n/a
K *in-situ*	1 x 10^{-6} à 1 x 10^{-8} cm/s (évaluée)	n/a
K laboratoire	n/a	n/a

Selon les caractéristiques de l'argile rencontrée, il était recommandé de construire la digue en deux étapes séparées de quelques années, afin de permettre une dissipation des pressions interstitielles soumises à l'argile lors de la construction de la première étape. De plus, étant donné un risque élevé de tassement différentiel en raison de la nature différente des sols de surface passant de granulaires à argileux, il était recommandé de faire un choix des matériaux en conséquence pour la construction de la digue et une construction séquentielle en rehaussant de temps en temps la crête de la digue.

En 2007, *Golder Associés Ltée* réalisait une étude géotechnique et hydrogéologique pour la conception du parc à résidus de la mine du lac Bachelor. Cette étude comprenait la réalisation de 15 forages avec échantillonnage de sols, essais in-situ et en laboratoire, l'installation de 6 puits d'observation, la réalisation d'analyses chimiques, l'interprétation des résultats et la préparation d'un rapport synthèse. Les essais in situ ont consisté en des essais de pénétration standard avec la récupération de tubes Shelby, ainsi que des profils de résistance au cisaillement non drainés au scissomètre Nilcon. Dans les piézomètres, des essais de perméabilité ont été réalisés. Les essais en laboratoire sur les échantillons à la cuillère fendue et tubes Shelby ont été effectués pour les teneurs en eau naturelle, les granulométries et sédimentométries, les limites d'Atterberg, le contenu en matières organiques, les essais de consolidation et les essais de perméabilité.

L'étude a permis d'identifier des unités de remblai composé de résidus miniers, surmontant un sol organique naturel, puis un dépôt d'argile molle, suivi d'une zone de transition constituée principalement de silt, puis d'un horizon de till composé de sable, silt et gravier déposée sur le socle rocheux. Les propriétés hydrogéologiques et géotechniques des unités sont résumées au tableau 2 :

Tableau 2 Propriétés hydrogéologiques et géotechniques selon Golder, 2007

	Résidus miniers	**Argile**	**Sable et/ou gravier**
Épaisseur	0,6 à 3,9 m	0,6 à 8,5 m	indéterminée
Résistance au cisaillement	n/a	30 à 80 kPa en surface 20 à 22 kPa en profondeur 6 à 9 kPa par endroits	n/a
Teneur en eau	n/a	28 à 69%	n/a
Densité	Lâche à très lâche	n/a	Lâche à très dense
Indice de pénétration	0 à 8	n/a	2 à 57
Consolidation	n/a	76 kPa à 7,6 m 73 kPa à 10,1 m	n/a
K *in-situ*	n/a	1 x 10^{-6} cm/s	n/a
K laboratoire	n/a	7 x 10^{-8} à 4 x10^{-7} cm/s	n/a

Selon les analyses effectuées sur les résidus miniers, les résidus miniers seraient faiblement lixiviables pour le cuivre en l'absence de de conditions acidogènes. Ils sont cependant cyanurés. L'étude indique que selon la Directive 19 sur l'industrie minière, des mesures d'étanchéité de niveau A seront requises pour le parc à résidus.

Cette même étude présentait une modélisation effectuée afin de déterminer le flux de percolation de l'ensemble du parc à résidus en direction du socle rocheux. Les résultats obtenus permettent d'obtenir, selon les hypothèses retenues, des débits de 1,9 x 10^{-6} à 3,0 x 10^{-5} m³/m² par jour.

En 2016, la firme *GHD* a effectué une investigation géotechnique dans le but d'échantillonner les remblais, les sols naturels et les résidus miniers afin de déterminer la nature et les caractéristiques géotechniques et aider le concepteur dans la réalisation d'études de capacité portante des sols de soutien et de stabilité des talus à construire à la cellule no 1 du parc à résidus de la mine. Au cours de cette étude, cinq forages géotechniques et huit sondages au piézocône ont été réalisés. Ces forages ont atteint des profondeurs entre 12.40 et 17.49 m.

Une stratigraphie fut déduite à partir de l'échantillonnage à la cuillère fendue en continu et les essais de pénétration standard ont montré le degré de compaction sur les rapports de forage. De plus, des tubes Shelby ont été récoltés à des profondeurs jugées pertinentes. Deux piézomètres Casagrande ont aussi été installés dans des forages choisis afin de donner les observations sur l'eau souterraine et deux essais de perméabilité in situ ont été réalisés afin d'établir la perméabilité des sols. Finalement, des mesures de résistance au cisaillement dans les sols cohérents ont été effectuées au moyen d'un scissomètre Nilcon.

Lors des essais, les paramètres suivants ont été mesurés et enregistrés par intervalle d'enfoncement de 1 cm :

- la résistance à la pointe brute, *qc* (kPa);
- le frottement latéral s'appliquant sur le manchon, *fs* (kPa);
- la pression interstitielle à la base du cône, *u* (kPa).

De plus, dans chacun des sondages, un ou des essais de dissipation ont été réalisés. Les sondages au piézocône ont atteint des profondeurs allant jusqu'à 18,91 m à la suite de la confirmation d'un refus d'enfoncement.

Des échantillons représentatifs des sols en place ont été sélectionnés afin de procéder aux analyses en laboratoire suivantes : quatre analyses granulométriques par tamisage, cinq analyses granulométriques par sédimentométrie, six déterminations des limites d'Atterberg, vingt et une déterminations de la teneur en eau, une détermination de la densité relative, deux essais de consolidation, deux essais de perméabilité à l'oedomètre (durant la consolidation), six

déterminations de la résistance au cisaillement à l'aide du pénétromètre à cône, dix déterminations du poids volumique, deux (2) essais de conductivité hydraulique d'échantillons granulaires.

Le client a transmis des échantillons de stériles et de résidus miniers afin de réaliser des essais sur les matériaux qui seront utilisés lors des travaux. Ainsi, les analyses en laboratoire suivantes ont été réalisées sur les stériles : deux analyses granulométriques par tamisage, deux déterminations de la teneur en eau, une détermination de la densité relative, une détermination du Proctor standard, un essai de cisaillement horizontal.

Les analyses en laboratoire suivantes ont été réalisées sur les résidus : une analyse granulométrique par tamisage une analyse granulométrique par sédimentométrie, deux déterminations de la teneur en eau, une détermination de la densité relative, une détermination du Proctor standard, une mesure de la conductivité hydraulique au triaxial avec compression de type CIU, un essai de cisaillement horizontal.

La digue médiane :

Selon les résultats des analyses granulométriques et des teneurs en eau, les matériaux de remblai constituant la digue médiane sont dans un état qualifié de lâche à compact avec des valeurs d'indices « N » variant entre 9 et 24, mais généralement près de 10. Localement, ces derniers sont denses.

Un horizon organique a été identifié sous les matériaux de remblai sur des épaisseurs respectives de 60 mm et 250 mm. Celui-ci est composé d'une tourbe fibreuse de couleur brune. Dans la tourbe, une teneur en eau de 110 % a été mesurée.

Sous l'horizon organique, une couche naturelle de silt avec des traces de sable a été rencontrée sur des épaisseurs respectives de 0,69 m et 1,20 m. Des valeurs d'indice « N » de 5 et 14 ont été mesurés.

Par la suite, un dépôt naturel cohésif varvé, composé de lits subhorizontaux d'argile et de silt a été noté sous les sols décrits précédemment jusqu'à des profondeurs variant entre 8,00 m et 12,45 m. La consistance de ce dépôt varie de raide à ferme en profondeur, mais certains horizons présentent des consistances molles. Selon les essais au scissomètre de chantier (Nilcon) et de laboratoire, le dépôt d'argile possède des résistances au cisaillement non drainées (Cu) oscillant majoritairement entre 20 kPa et 50 kPa. La classification unifiée des sols

indique que l'argile est classifiée « CL » et « CH », soit une argile silteuse inorganique de plasticité faible à élevée. Un essai de consolidation oedométrique et de perméabilité a été réalisé. D'après ces résultats de cet essai, il s'agit d'un dépôt d'argile normalement consolidé.

Un dépôt d'origine glaciaire, communément appelé till, composé d'une matrice sableuse a été rencontré directement sous le dépôt d'argile. De plus, des cailloux et/ou blocs sont présents au sein du dépôt de till. Le dépôt de till est dans un état qualifié généralement de compact avec des valeurs d'indices « N » variant entre 11 et 29. En profondeur, ce dernier devient dense à très dense. Les forages se sont terminés au sein du dépôt de till à des profondeurs respectives de 17,42 m, 12,40 m et 15,49 m avec des refus d'enfoncement sur roc probable.

La cellule no 1 :

En surface, à l'emplacement de tous les sondages, des matériaux de remblai ont été rencontrés sur des épaisseurs variables. Celui-ci est constitué de stériles miniers. Les matériaux de remblai de la digue interne principale sont considérés compact avec des valeurs d'indices « N » variant entre 15 et 29.

Les résidus miniers sont constitués majoritairement d'un silt avec des proportions variables en sable, gravier et argile. Ils ont été observés sur une épaisseur évaluée de l'ordre de 6 m. Une densité relative de 2,77 a été mesurée sur les résidus miniers. Ils sont dans un état qualifié de très lâche à lâche avec des valeurs d'indices « N » variant entre 1 et 7. Selon les essais de perméabilité réalisés en laboratoire et en chantier, ils possèdent une perméabilité de l'ordre de $1,0 \times 10^{-6}$ cm/s à $5,0 \times 10^{-6}$ cm/s.

Un horizon organique a été identifié sous les résidus miniers sur des épaisseurs respectives de 760 mm et 160 mm. Celui-ci est composé d'une tourbe fibreuse de couleur brune.

Par la suite, un dépôt naturel cohésif varvé, composé de lits subhorizontaux d'argile et de silt a été noté jusqu'à des profondeurs variant entre 11,4 m et 14,5 m. La consistance de ce dépôt s'avère ferme. Selon les essais au scissomètre de chantier (Nilcon), de laboratoire et des sondages au piézocône, le dépôt d'argile possède des résistances au cisaillement non drainées (Cu) oscillant majoritairement entre 25 kPa et 35 kPa. La classification unifiée des sols indique que l'argile est classifiée « CL » et « CH », soit une argile silteuse inorganique de plasticité faible à élevée. Un essai de consolidation oedométrique et de perméabilité a été réalisé. D'après ces résultats, il s'agit d'un dépôt d'argile surconsolidé.

Le dépôt de till sous jacent est dans un état qualifié généralement de compact avec des valeurs d'indices « N » variant entre 20 et 26. En profondeur, ce dernier devient dense à très dense. Les forages se sont terminés au sein du dépôt de till à des profondeurs respectives de 15,33 m et 17,49 m avec des refus d'enfoncement sur roc probable.

Stériles miniers :

Un essai pour déterminer la densité relative des grains sur un échantillon provenant des stériles miniers a été effectué. Une densité relative de 2,81 a été mesurée. Des teneurs en eau de 2 % e 3 % ont été obtenues sur deux échantillons différents. Un essai de cisaillement horizontal et une détermination du Proctor standard ont également été réalisés.

Résidus miniers :

Un essai pour déterminer la densité relative des grains sur un échantillon provenant des résidus miniers a été effectué. Une densité relative de 2,79 a été mesurée. Des teneurs en eau de 28 % à 29 % ont été obtenues sur deux échantillons différents. Selon l'essai de perméabilité réalisé en laboratoire, les résidus possèdent une perméabilité de l'ordre de 4,0 x 10^{-6} cm/s. Une compression triaxiale de type CIU, un essai de cisaillement horizontal et une détermination du Proctor standard ont également été réalisés.

Eau souterraine :

Des mesures du niveau de l'eau souterraine ont été prises le 3 octobre 2016 dans les installations laissées en place. Les niveaux d'eau mesurés sont les suivants :

- F-A-1-2016/PZ-01 2,72 (329,31)
- F-A-1-2016/PZ-02 8,83 (323,20)
- F-A-2-2016/PZ-01 5,29 (326,36)
- F-A-2-2016/PZ-02 9,83 (321,82)

Selon les mesures du niveau de l'eau souterraine dans les installations, il est possible de constater un fort gradient hydraulique vers le bas, tant dans les résidus que sur la digue médiane.

3 DESCRIPTION DES TRAVAUX EFFECTUÉS

Au cours de du mois de mai 2018, des travaux de forage ont été effectués, des essais géotechniques ont été réalisés *in-situ* et en laboratoire, des nids de puits d'observation ont été aménagés et enfin un relevé des niveaux d'eau et des essais hydrauliques ont été effectués.

Le tableau 2 présente le calendrier de réalisation des travaux. L'annexe 2 présente un dossier photographique montrant le déroulement des travaux effectués.

Tableau 3: Calendrier de réalisation des travaux

Date	Évènement
Du 10 au 21 mai 2018	Forage et aménagement de puits d'observation
21 mai 2018	Relevé piézométrique et essais de perméabilité
Juin-juillet 2018	Essais géotechniques en laboratoire

3.1 Forage et aménagement de puits d'observation

Neuf (9) forages géotechniques ont été réalisés avec une foreuse de type géotechnique (Geoprobe 7822 CDT) par l'entrepreneur en forages *Technofor* entre le 10 et le 21 mai 2018. Les forages ont été réalisés de manière à investiguer les sols en place à l'endroit du bassin de rétention de la mine Bachelor. Le forage GH-18-01 (le dixième prévu), situé dans le bassin de résidus solides n'a pas pu être réalisé en raison de l'impossibilité d'acheminer la foreuse sur le site prévu pour ce forage. L'emplacement des forages a été déterminé par *Ressources Métanor*. Ces emplacements sont indiqués sur la figure 6 de l'annexe 1. L'annexe 2 présente le dossier photographique et les rapports de forages sont disponibles à l'annexe 3.

Les forages ont été réalisés en employant des sections de tubage enfoncés par roto-percussion. Des échantillons de sols ont été prélevés en continu soit avec des cuillères fendues de 60 cm de longueur ou avec des tubes Shelby. Les échantillons prélevés ont fait l'objet d'une identification visuelle avant d'être mis en sac pour livraison au laboratoire d'analyses.

Mis à part le nid de puits non réalisé dans le bassin de résidus solides (l'emplacement GH-18-01), quatre autres nids de puits étaient au programme. Deux nids de puits ont été aménagés sur deux emplacements sur quatre (FH-18-01 et GH-18-03) indiqués par *Ressources Métanor,* étant donné que l'épaisseur des dépôts meubles le permettait. Les nids de puits sont constitués de deux puits distants de quelques mètres et dont les crépines recoupent des unités différentes, typiquement les dépôts meubles (MT) et le socle rocheux (R). Les deux autres emplacements prévus (GH-18-02 et GH-18-04) ne possédant pas d'épaisseur suffisante de dépôts meubles, les crépines dans le socle rocheux (R) ont été installées uniquement.

Les puits sont constitués d'un tubage et d'une crépine de PVC de 50 mm de diamètre et d'une longueur, selon le puits variant de 1,5 à 3 mètres. La crépine de chaque puits est enrobée d'un massif de sable de silice calibré, surmonté d'un bouchon de bentonite jusqu'en surface, de façon à éviter toute contamination provenant des eaux de surface le long de la paroi du tubage. Les puits sont protégés en surface par un tubage protecteur et un couvercle cadenassé.

3.2 Essais hydrogéologiques *in-situ*

Des essais de perméabilité à charge variable ont été réalisés dans les puits d'observation FH-18-01MT, FH-18-01R, GH-18-02R, GH-18-03MT, GH-18-03R et GH-18-04R afin de déterminer la conductivité hydraulique de chacune des unités hydrostratigraphiques en place.

Les essais ont été réalisés en retirant rapidement un petit volume d'eau de façon à faire descendre le niveau d'eau d'environ un demi-mètre dans les puits, puis en mesurant, à l'aide de capteurs de pression à enregistrement automatique, le retour vers le niveau d'eau de départ. Les essais ont été interprétés à l'aide du logiciel *Aquifer Test 8* et les données et graphiques d'interprétation sont présentés à l'annexe 4 de ce document.

3.3 Essais géotechniques *in-situ*

La méthodologie d'échantillonnage et d'essais géotechniques *in-situ* a été déterminée en fonction des couches de sol présentes. Chaque strate de sol rencontrée dans les forages a été échantillonnée séparément.

Des essais de pénétration standard, des essais au scissomètre Nilcon et un échantillonnage au tube Shelby ont été effectués. Ces essais ont permis de connaitre la granulométrie, la teneur en eau naturelle, la résistance au cisaillement, la consolidation ainsi que le type de sol qu'il soit pulvérulent ou cohérent.

Au droit des forages réalisés, quarante-six (46) échantillons de sols remaniés ont été prélevés en continu à l'aide d'une cuillère fendue standard de 51 mm de diamètre extérieur et de 610 mm de longueur à raison de deux (2) à neuf (9) échantillons par forage. Étant donné la difficulté d'accès au-dessus du bassin de rétention actuel avec une foreuse, quatre (4) échantillons ponctuels de surface ont été récoltés (Résidus 1 à Résidus 4). De plus, trois (3) échantillons de type tube Shelby ont été récoltés dans certains forages soit le FG-18-03, FG-18-05 et le GH-18-03R.

Tous les échantillons recueillis lors des travaux ont été transportés au laboratoire de *Groupe RD Consultants* de Lac-Saint-Paul pour les besoins d'analyses, d'identification et de classification. Ils ont tous fait l'objet d'un examen visuel attentif de la part d'un ingénieur géotechnicien.

Par la suite, trente-quatre (34) échantillons choisis ont été emballés et transportés selon les règles de l'art au laboratoire *Qualilab Inspection* de Saint-Eustache, soit de trois (3) à sept (7) échantillons par forage incluant les quatre (4) échantillons de surface nommés Résidus #1 à Résidus #4. Les tubes Shelby ont également été emballés et transportés selon les règles de l'art au laboratoire *Qualilab Inspection* de Saint-Eustache. Les rapports de forage (FG-18-01, FG-18-02, FG-18-03, FG-18-04, FG-18-05, FH-18-01R, GH-18-02R, GH-18-03R et GH-18-04R) en annexe 3 montrent entre autres, les différents échantillons et les intervalles de longueur.

Le tableau 4 résume pour chaque forage, les échantillons prélevés, leur profondeur, le pourcentage de récupération et les analyses effectuées.

Tableau 4 : Résumé des essais et analyses effectués sur les échantillons

Forage	Échantillon	Profondeur (m)		Récupération	Analyses effectuées
		De	À	(%)	
FG-18-01	CF-1	5,94	6,55	38	N/A
	CF-2	6,55	7,16	0	N/A
	CF-3	7,32	7,92	14	N/A
	CF-4	8,48	9,09	5	Granulométrie, sédimentométrie, teneur en eau
	CF-5	9,14	9,75	0	Granulométrie, sédimentométrie, teneur en eau
	SC-1	9,75	11,07	-	Essai au scissomètre Nilcon
	CF-6	11,07	11,68	12	Granulométrie, sédimentométrie, teneur en eau
	CF-7	12,14	12,75	0	N/A
FG-18-02	CF-1	0	0,61	54	Granulométrie, sédimentométrie, teneur en eau
	CF-2	0,61	1,22	75	Granulométrie, sédimentométrie, teneur en eau
	CF-3	1,62	2,23	67	Granulométrie, sédimentométrie, teneur en eau
	CF-4	2,36	2,97	21	N/A
FG-18-03	CF-1	2,92	3,53	8	N/A
	CF-2	3,66	4,27	21	N/A
	CF-3	4,27	4,88	100	Granulométrie, sédimentométrie, teneur en eau
	TS-01	5,26	5,87	-	Teneur en eau, poids volumique, résistance au cisaillement intact et remanié, sensibilité, limite et indice de liquidité, limite et indice de plasticité, pression de préconsolidation, densité, indice des vides, degré de saturation.
	CF-4	5,97	6,58	100	Granulométrie, sédimentométrie, teneur en eau
	SC-1	6,58	7,32	-	Essai au scissomètre Nilcon

Forage	Échantillon	Profondeur (m)		Récupération	Analyses effectuées
	CF-5	7,32	7,92	100	Granulométrie, sédimentométrie, teneur en eau
	CF-6A	8,28	8,51	100	Granulométrie, sédimentométrie, teneur en eau
	CF-6B	8,51	8,71	100	Granulométrie, sédimentométrie, teneur en eau
	CF-6C	8,71	10,52	100	Granulométrie, sédimentométrie, teneur en eau
	CF-7	10,52	11,13	50	Granulométrie, sédimentométrie, teneur en eau
FG-18-04	CF-1	0	0,61	13	Granulométrie, sédimentométrie, teneur en eau
	CF-2	0,61	1,22	11	Granulométrie, sédimentométrie, teneur en eau
	CF-3	1,37	1,98	12	Granulométrie, sédimentométrie, teneur en eau
	CF-4	2,13	2,74	13	Granulométrie, sédimentométrie, teneur en eau
	CF-5	2,94	3,56	45	Granulométrie, sédimentométrie, teneur en eau
	CF-6	3,66	4,27	48	Granulométrie, sédimentométrie, teneur en eau
FG-18-05	CF-1	0	0,61	41	N/A
	CF-2	0,61	1,22	57	Granulométrie, sédimentométrie, teneur en eau
	CF-3	1,22	1,83	100	Granulométrie, sédimentométrie, teneur en eau
	CF-4	1,98	2,59	100	Granulométrie, sédimentométrie, teneur en eau
	TS-01	2,8438	3,4534	-	Teneur en eau, poids volumique, résistance au cisaillement intact et remanié, sensibilité, limite et indice de liquidité, limite et indice de plasticité, pression de préconsolidation, densité, indice des vides ,degré de saturation.
	CF-5	3,51	4,11	87	Granulométrie, sédimentométrie, teneur en eau
	CF-6	4,34	4,95	70	Granulométrie, sédimentométrie, teneur en eau
	CF-7	7,47	8,08	56	Granulométrie, sédimentométrie, teneur en eau
	CF-8	8,92	9,53	79	Granulométrie, sédimentométrie, teneur en eau
FH-18-01R	CF-1	0	0,61	29	N/A
	CF-2	0,61	1,22	75	N/A
	CF-3	1,22	1,83	0	N/A
	CF-4	3,12	3,73	25	N/A
GH-18-02R	CF-1	0	0,61	58	Granulométrie, sédimentométrie, teneur en eau
	CF-2	0,61	1,22	50	Granulométrie, sédimentométrie, teneur en eau
GH-18-03R	CF-1	0	0,61	42	N/A
	CF-2	0,61	1,22	29	Granulométrie, sédimentométrie, teneur en eau
	TS-01	1,52	2,13	-	Teneur en eau, poids volumique, résistance au cisaillement intact et remanié, sensibilité, limite et indice de liquidité, limite et indice de plasticité, pression de préconsolidation, densité, indice des vides ,degré de saturation.
GH-18-04R	CF-1	0	0,61	50	N/A
	CF-2	0,61	1,22	79	Granulométrie, sédimentométrie, teneur en eau
	CF-3	1,54	2,13	12,5	N/A
	CF-4	2,13	2,74	12,5	N/A

3.3.1 Essais de pénétration standard (SPT)

Au droit des forages réalisés, des échantillons de sols remaniés ont été prélevés en continu à l'aide d'une cuillère fendue standard de 51 mm de diamètre extérieur et de 610 mm de longueur, permettant ainsi de déterminer la valeur de l'indice "N" de l'essai de pénétration standard (voir les rapports de forages présents en annexe 3). De cet indice, on peut déduire la compacité relative des sols pulvérulents et la consistance des sols cohérents.

L'essai de pénétration standard est probablement l'essai le plus utilisé en géotechnique pour la caractérisation des sols granulaires. Il consiste en l'enfoncement par battage d'une cuillère normalisée (cuillère fendue) attachée à l'extrémité inférieure des tiges. Le marteau (63,5 kg) et la hauteur de chute (760 mm) sont aussi normalisés.

La procédure de l'essai SPT tel que défini dans la norme ASTM D-1586 est la suivante :

1) Nettoyer par lavage jusqu'au fond du trou.
2) Enfoncer par battage la cuillère fendue.
3) Compter le nombre de coups requis pour un enfoncement de 15 cm – répéter 3 fois.
4) La valeur de N est la somme des deux derniers 15 cm.

En plus de procurer une indication sur la compacité du sol, l'essai permet de récupérer un échantillon. S'il y a refus avant que l'enfoncement soit complété on doit essayer de donner des précisions. On considère qu'il y a refus si plus de 30 coups sont requis pour une pénétration de 1 cm. Si le sol pénétré contient des cailloux et des blocs, les valeurs de N seront facilement faussées (plus élevées). Il faut utiliser ces valeurs avec discernement. L'essai doit se faire au moins à chaque 1,5 m. L'essai procure aussi des observations géologiques afin de connaître la stratigraphie des sols et la profondeur de l'eau souterraine.

Le tableau 5 montre la relation entre les degrés de compacité des échantillons et l'indice N mesuré lors de l'essai SPT.

Tableau 5 : Relation entre la compacité et le résultat de l'indice N évalué

Compacité	Indice de pénétration standard " N " (coups / 300 mm)
Très lâche	< 4
Lâche	4 -10
Compact	10 - 30
Dense	30 - 50
Très dense	> 50

3.3.2 Essais de résistance au cisaillement in-situ

Les essais de résistance au cisaillement *in-situ* ont été réalisés au moyen d'un appareil de marque *Nilcon* réalisé conformément à la norme NQ 2501-200. Ce type d'essai consiste à vérifier la résistance au cisaillement des sols cohérents par la rotation manuelle d'une hélice fixée sur une tige de fer, de dimension choisie en fonction de la texture du sol à des profondeurs choisies, jusqu'à la rupture. Le cadran de l'appareil montre alors la courbe de résistance jusqu'à cette rupture, tracée sur un feuillet à cet effet, avec laquelle il suffit de calculer la résistance au cisaillement (C_u) en kPa. Les essais, au nombre de deux (2), ont été exécutés dans les zones plus argileuses rencontrées lors des forages.

Il est à noter que seulement deux essais de résistance au cisaillement au scissomètre Nilcon ont été réalisés en raison d'un oubli de la part de la compagnie de location de l'appareil (Roctest). En effet, la pièce manquante qui aurait dû se trouver avec l'appareil et qui permettait de le fixer à la foreuse fut expédiée à notre demande lorsque le manque fut constaté à la première journée des travaux et celle-ci fut reçue au chantier une semaine après le début des travaux. Ceci a eu pour conséquences de limiter les essais de ce type à seulement deux.

3.4 Essais géotechniques en laboratoire

Dans le cadre de ce projet, les paramètres recherchés devant faire l'objet de travaux de laboratoire sur les échantillons récoltés sont : les descriptions mégascopiques, les analyses granulométriques et sédimentométriques, la teneur en eau naturelle, la perméabilité, la résistance au cisaillement, la résistance au cisaillement remanié et la pression de préconsolidation.

Sur les quarante-six (46) échantillons recueillis lors des forages, quatre (4) échantillons de surface, trente (30) cuillères fendues et trois (3) tubes Shelby ont fait l'objet des analyses de laboratoire mentionnées ci-haut.

Le laboratoire mandaté pour le projet est *Qualilab Inspection*, situé à Saint-Eustache, Québec. Ce laboratoire est membre de l'Association canadienne des laboratoires d'essais (ACLE).

Les analyses géotechniques suivantes ont été effectuées :

- Analyse granulométrique des sols inorganiques retenus au 80 µm avec lavage, norme : BNQ 2501–025;

- Analyse par sédimentométrie au 2 µm, norme : NQ 2501–025;
- Détermination de la teneur en eau naturelle, norme : CAN/BNQ 2501–170;

Le système de classification utilisé pour nommer les sols rencontrés est le Système unifié de classification des sols (*Unified Soil Classification* - USC) qui est actuellement considéré pour le génie civil comme le système de classification le plus utile.

Les résultats de ces analyses classifient l'échantillon selon la taille de son contenu granulaire, en déterminent sa teneur en eau naturelle et permettent de faire une corrélation entre la texture et la perméabilité du sol.

Les échantillonneurs à tubes Shelby sont des tubes d'acier creux à parois minces qui sont enfoncés dans le sol pour extraire un échantillon de sol relativement non perturbé destiné aux essais de laboratoire pour déterminer la densité, la perméabilité, la compressibilité et la résistance au cisaillement. Chaque tube possède une extrémité qui est chanfreinée pour former un bord de coupe et l'extrémité supérieure comprend des trous pour fixer le tube à une tête d'entrainement. Les tubes Shelby sont utiles pour la collecte des sols particulièrement sensibles aux perturbations d'échantillonnage, y compris les sols cohésifs fins et les argiles. Les tubes peuvent également être utilisés pour transporter des échantillons vers le laboratoire. Dans le cadre de l'étude, trois (3) tubes Shelby ont été récoltés et envoyés au laboratoire.

Les résultats des essais géotechniques en laboratoire sont présentés aux annexes 5, 6 et 7.

3.5 Relevé d'arpentage et de nivellement

Un relevé d'arpentage et de nivellement du terrain a été réalisé par le personnel de *Ressources Métanor* afin de déterminer l'élévation du terrain à l'endroit des forages réalisés dans le cadre du mandat.

Le tableau 6 présente les coordonnées des forages. Ceux-ci sont montrés sur la figure 6 en annexe.

Tableau 6 : Coordonnées et élévation des puits d'observation

Puits d'observation	Coordonnées UTM zone 18		Élévation du sol (m)	Élévation tubage (m)
FG-18-01	417486	5483462	331,53	-
FG-18-02	417270	5482549	333,01	-

Puits d'observation	Coordonnées UTM zone 18		Élévation du sol (m)	Élévation tubage (m)
FG-18-03	417354	5483545	326,80	-
FG-18-04	416729	5483197	330,35	-
FG-18-05	416840	5483221	329,42	-
FH-18-01MT	417549	5483625	327,14	328,09
FH-18-01R	417548	5483627	327,14	328,10
GH-18-02R	417938	5482781	340,04	341,17
GH-18-03MT	417702	5482676	333,06	334,02
GH-18-03R	417704	5482678	333,10	334,09
GH-18-04R	416877	5482511	331,90	332,94

* : *Coordonnées estimées selon les courbes de niveau en l'absence d'un relevé précis*

4 RÉSULTATS

4.1 Stratigraphies

Les neuf (9) forages réalisés sur le terrain ont mis en évidence quatre (4) unités de sols dominantes.

- En surface et jusqu'à une profondeur maximale de 8 mètres, on retrouve un sable avec des quantités variable de silt parfois recouvert d'un couvert végétal ou de résidus.
- Ensuite, on retrouve dans certains forages une couche d'argile silteuse à un peu de silt entre 1 et 10 mètres de profondeur dépendamment des forages.
- Finalement, on rencontre un till comportant des quantités variables de gravier, sable, silt et argile avec des cailloux et blocs jusqu'au socle rocheux.
- Le socle rocheux se situe entre 1,2 et 13,25 mètres de profondeur. La profondeur moyenne du socle rocheux à l'endroit des neuf (9) forages est de 6,35 mètres.

En ce qui concerne les échantillons récoltés sur le dessus du bassin de rétention, ceux-ci sont composés de silt avec un peu de sable et des traces à un peu d'argile. La stratigraphie des sols est représentée sur les rapports de forages à l'annexe 3 et au tableau 7. La figure 7 présente, quant à elle, des profils stratigraphiques simplifiés à l'échelle du site à l'étude.

Tableau 7 : Stratigraphies rencontrées

Forage	Profondeur (m)		Stratigraphie
	De	À	
FG-18-01	0	5,94	Digue de rétention constituée de pierre concassée de calibres variables
	5,94	8,23	Sable très fin à grossier et gravier, brun, compact à humidité moyenne
	8,23	10,97	Argile silteuse grise, traces de sable, molle à très molle, humidité élevée
	10,97	11,89	Silt avec un peu de sable très fin, gris, traces d'argile et de gravier, homogène, compact à humidité élevée
	11,89	13,41	Till : gravier sablonneux et cailloux, gris à noir, compact à humidité élevée (till)
	13,41	14,93	Socle rocheux : granite à feldspath alcalin, rosé, avec veinules millimétriques, de chlorite et quartz, très fracturé
FG-18-02	0	1,52	Silt sableux, brun à jaunâtre, avec un peu de sable, lâche à compact et à humidité faible
	1,52	3,05	Till : sable grossier graveleux gris-brun-noir, avec cailloux et blocs, un peu de silt et traces d'argile, dense et à humidité élevée
	3,05	4,72	Socle rocheux : basalte vert foncé, plus ou moins altéré, avec veinules millimétriques de chlorite et quartz
FG-18-03	0	3,50	Base de la digue de rétention côté extérieur, constituée de pierre concassée de calibres variables
	3,50	4,27	Sable et gravier naturel et cailloux, brun, compact à humidité faible
	4,27	7,87	Argile silteuse, grise, traces de sable, molle à très molle, humidité élevée à très élevée

Forage	Profondeur (m)		Stratigraphie
	7,87	7,93	Argile et silt avec un peu de sable
	7,92	8,51	Argile silteuse à traces de silt, grise, traces de sable, molle à très molle, humidité élevée à très élevée
	8,51	8,71	Argile silteuse avec traces de sable à silt avec un peu de sable et traces d'argile
	8,71	10,21	Argile silteuse à traces de silt, grise, traces de sable, molle à très molle, humidité élevée à très élevée
	10,21	11,28	Till : silt et sable moyen à grossier avec un peu de graveir et traces d'argile, gris et noir, compact à humidité très élevé
	11,28	13,26	Till : gravier sablonneux et cailloux, gris à noir, compact à humidité élevé
	13,26	13,92	Socle rocheux : granite à feldspath alcalin rosé, avec veinules millimétriques de chlorite et quartz, très fracturé
FG-18-04	0	1,29	Sable silteux et argileux, brun, compact à humidité élevée
	1,29	1,98	Silt et argile, brun, avec traces de sable à silt sableux avec traces d'argile et de gravier, homogène, compact à humidité élevée
	1,98	2,89	Sable grossier avec traces de silt, gravier et d'argile, gris-brun-noir, compact à humidité élevée
	2,89	5,05	Till : gravier et sable à gravier sableux avec traces d'argile et de silt, gris-brun-noir, avec cailloux et blocs, dense à humidité élevée
	5,05	7,03	Socle rocheux : basalte vert foncé, plus ou moins altéré, avec veinules millimétriques d'hématite, épidote et quartz
FG-18-05	0	1,22	Argile silteuse, brune, traces de sable, très lâche à humidité élevée
	1,22	3,88	Argile avec un peu de silt à silteuse, brune, très molle à humidité élevée
	3,88	4,80	Silt avec un peu de sable, brun, traces de gravier et d'argile, lâche, à humidité élevée
	4,80	4,95	Sable très fin silteux, brun, homogène, lâche, à humidité élevée
	4,95	7,47	Till : mélange de sable-gravier-silt-cailloux-blocs, cailloux granitiques et basaltiques
	7,47	9,52	Till : sable graveleux grossier brun et noir avec cailloux et un peu de silt, dense, à humidité élevée
	9,52	9,85	Till : cailloux et blocs avec un peu de sable et gravier
	9,85	10,77	Socle rocheux : Quartzite impure verdâtre à grisâtre (80% quartz), avec veinules millimétriques d'épidote et chlorite
FH-18-01R	0	1,22	Sable avec un peu de silt brun-roux, homogène, lâche à humidité moyenne
	1,22	2,44	Argile silteuse brune, traces de sable, molle à humidité élevée
	2,44	4,62	Sable grossier et gravier, beige, traces de silt, lâche à humidité élevée
	4,62	4,93	Till : sable grossier et gravier, avec cailloux, dense à humidité élevée
	4,93	7,72	Socle rocheux : granite à feldspath alcalin rosé, avec veinules milimétriques de chlorite et quartz, moyennement fissuré
GH-18-02R	0	1,22	Sable très fin, brun à jaunâtre, avec un peu de silt, traces à un peu de gravier, traces d'argile, lâche à humidité faible
	1,22	3,40	Socle rocheux : basalte vert foncé, plus ou moins altéré, avec veinules millimétriques de chlorite et quartz
GH-18-03R	0	3,35	Couvert végétal et matière organique noire, très lâche à humidité moyenne (0-2 pouces), par la suite, argile silteuse brune, traces de sable, très molle et humidité faible à moyenne
	3,35	3,66	Till : sable grossier et gravier, avec cailloux, dense à humidité élevée
	3,66	6,22	Socle rocheux : basalte vert foncé, plus ou moins altéré, avec veinules millimétriques de chlorite et quartz
GH-18-04R	0	1,22	Couvert végétal et matière organique noire, très lâche à humidité moyenne (0-3 pouces), par la suite, silt et sable avec un peu de gravier et traces d'argile, jaunâtre, très lâche à humidité faible
	1,22	2,74	Till : sable grossier et gravier, avec cailloux, dense à humidité élevée
	2,74	6,96	Socle rocheux : basalte vert foncé. plus ou moins altéré, avec veinules millimétriques d'hématite et quartz avec pyrite

4.2 Propriétés géotechniques

4.2.1 Résultats des essais de pénétration standards

Le tableau 8 présente les résultats des essais de pénétration standards réalisés lors des forages. De façon générale, les dépôts granulaires rencontrés près de la surface varient de lâches à compacts. Par la suite, l'unité glacio-lacustre d'argile et de silt varie de lâche à très lâche et enfin les unités sous-jacentes sont généralement compactes à très denses.

Tableau 8 : Résultats des essais de pénétration standards

Forage	Profondeur (m)		SPT et DPT	Compacité ou consistance
	De	À	Indice N	
FG-18-01	5,94	6,55	8	Lâche
	6,55	7,16	20	Compact
	7,32	7,92	14	
	8,48	9,09	5	Lâche
	0,91	9,75	0	Très lâche
	11,07	1,17	26	Compact
	12,14	12,75	12	
FG-18-02	0,00	0,61	4	Lâche
	0,61	1,22	10	
	1,62	2,23	40	Dense
	2,36	2,97	100	Très dense
FG-18-03	2,92	3,53	14	Compact
	3,66	4,27	6	Lâche
	4,27	4,88	3	Très lâche
	0,60	6,58	0	
	7,32	7,92	0	
	8,28	0,89	0	
	10,52	11,13	16	Compact
FG-18-04	0,00	0,61	13	Compact
	0,61	1,22	11	
	1,37	1,98	12	
	2,13	2,74	13	
	2,95	0,36	45	Dense
	3,66	4,27	48	
FG-18-05	0,00	0,61	2	Très lâche
	0,61	1,22	5	Lâche
	1,22	1,83	3	Très lâche

Forage	Profondeur (m)		SPT et DPT	Compacité ou consistance
	1,98	2,59	0	
	3,51	4,11	2	
	4,34	0,50	5	Lâche
	7,47	8,08	36	Dense
	8,92	0,95	100	Très dense
FH-18-01R	0,00	0,61	8	Lâche
	0,61	1,22	5	
	1,22	1,83	1	Très lâche
	3,12	3,73	18	Compact
GH-18-02R	0,00	0,61	2	Très lâche
	0,61	1,22	100	Très dense
GH-18-03R	0,00	0,61	4	Très lâche
	0,61	1,22	5	Lâche
GH-18-04R	0,00	0,61	0	Très lâche
	0,61	1,22	7	Lâche
	0,15	2,13	100	Très dense
	2,13	2,74	100	

4.2.2 Résultats des essais de résistance au cisaillement *in-situ*

Le tableau 9 présente les résultats calculés provenant des essais de résistance au cisaillement *in-situ* effectués ainsi que les degrés de consistance rencontrés.

Tableau 9 : Résultats des essais de résistance au cisaillement *in-situ*

Forage	Profondeur (m)	Type	Facteur K (kg.m/cm)	a_s (cm)	a_f (cm)	C (10^{-2} x cm^{-3})	Cu (kg/cm^2)	Cu (KPa)	Consistance
FG-18-03	6,86	3	1,0393	2,8	0,3	0,001	0,0025983	25,48	Ferme
FG-18-01	10,06	3	1,0393	4,85	0,4	0,001	0,0046249	45,35	Ferme

4.2.3 Résultats des analyses granulométriques, sédimentométriques et teneurs en eau

Les analyses granulométriques, sédimentométriques et de teneur en eau naturelle ont été réalisées en laboratoire. Les courbes granulométriques et sédimentométriques sont présentées à l'annexe 5, tandis que les diagrammes de perméabilité effectués à partir de ces analyses sont présentés à l'annexe 6. Le tableau 10 présente un résumé des résultats obtenus.

Tableau 10 : Résultats des analyses granulométriques et sédimentométriques

Échantillon	Profondeur (m)		Type de sol	Perméabilité (cm/s)	Temps de percolation (min/cm)	Teneur en eau naturelle (%)
	De :	À:				
FG-18-01/CF-04	8,48	9,09	Argile	$8 \times 10^{-6} > K$	T > 60	38,6
FG-18-01/CF-05	9,14	9,75	Argile	$8 \times 10^{-6} > K$	T > 60	63,3
FG-18-01/CF-06	11,07	11,68	Limon sablonneux	$1 \times 10^{-3} > K > 4 \times 10^{-4}$	10 < T < 15	18,1
FG-18-02/CF-01	0,00	0,61	Limon	$1 \times 10^{-3} > K > 4 \times 10^{-4}$	10 < T < 15	25,7
FG-18-02/CF-02	0,61	1,22	Sable limoneux	$4 \times 10^{-3} > K > 1 \times 10^{-3}$	4 < T < 10	18,5
FG-18-02/CF-03	1,63	2,24	Sable limoneux	$4 \times 10^{-3} > K > 1 \times 10^{-3}$	4 < T < 10	6,8
FG-18-03/CF-03	4,27	4,88	Argile	$8 \times 10^{-6} > K$	T > 60	38,0
FG-18-03/CF-04	5,97	6,58	Argile	$8 \times 10^{-6} > K$	T > 60	58,1
FG-18-03/CF-05	7,32	7,92	Argile	$8 \times 10^{-6} > K$	T > 60	42,4
FG-18-03/CF-06A	8,28	8,51	Argile	$8 \times 10^{-6} > K$	T > 60	45,9
FG-18-03/CF-06B	8,51	8,71	Argile	$8 \times 10^{-6} > K$	T > 60	43,4
FG-18-03/CF-06C	8,72	8,89	Silt-limon	$4 \times 10^{-4} > K > 2 \times 10^{-4}$	15 < T < 25	20,2
FG-18-03/CF-07	10,52	11,13	Limon sablonneux	$1 \times 10^{-3} > K > 4 \times 10^{-4}$	10 < T < 15	18,2
FG-18-04/CF-01	0,00	0,61	Argile sablonneuse limon	$4 \times 10^{-4} > K > 2 \times 10^{-4}$	15 < T < 25	29,2
FG-18-04/CF-02	0,61	1,22	Argile silteuse-limon	$6 \times 10^{-5} > K > 8 \times 10^{-6}$	45 < T < 60	25,6
FG-18-04/CF-03	1,37	1,98	Limon sablonneux	$1 \times 10^{-3} > K > 4 \times 10^{-4}$	10 < T < 15	18,9
FG-18-04/CF-04	2,13	2,74	Sable	$1 \times 10^{-2} > K > 4 \times 10^{-3}$	1,5 < T < 4	8,6
FG-18-04/CF-05	2,95	3,56	Sable	$1 \times 10^{-2} > K > 4 \times 10^{-3}$	1,5 < T < 4	6,0
FG-18-04/CF-06	3,66	4,27	Sable	$1 \times 10^{-2} > K > 4 \times 10^{-3}$	1,5 < T < 4	6,0
FG-18-05/CF-02	0,61	1,22	Argile	$8 \times 10^{-6} > K$	T > 60	34,8
FG-18-05/CF-03	1,22	1,83	Argile	$8 \times 10^{-6} > K$	T > 60	43,3
FG-18-05/CF-04	1,83	2,44	Argile	$8 \times 10^{-6} > K$	T > 60	53,6
FG-18-05/CF-05	3,35	3,96	Silt-limon	$6 \times 10^{-5} > K > 8 \times 10^{-6}$	45 < T < 60	36,0
FG-18-05/CF-06	4,34	4,95	Limon sablonneux	$1 \times 10^{-3} > K > 4 \times 10^{-4}$	10 < T < 15	24,2
FG-18-05/CF-07	7,47	8,08	Sable	$1 \times 10^{-2} > K > 4 \times 10^{-3}$	1,5 < T < 4	10,7
FG-18-05/CF-08	8,92	9,53	Limon sablonneux	$1 \times 10^{-3} > K > 4 \times 10^{-4}$	10 < T < 15	16,7
GH-18-02/CF-01	0,00	0,61	Sable limoneux	$4 \times 10^{-3} > K > 1 \times 10^{-3}$	4 < T < 10	37,8
GH-18-02/CF-02	0,61	1,22	Sable	$1 \times 10^{-2} > K > 4 \times 10^{-3}$	1,5 < T < 4	19,6
GH-18-03/CF-02	0,61	1,22	Argile	$8 \times 10^{-6} > K$	T > 60	32,9
GH-18-04/CF-02	0,61	1,22	Sable limoneux	$4 \times 10^{-3} > K > 1 \times 10^{-3}$	4 < T < 10	21,0
Résidus #1	Surface		Silt-limon	$4 \times 10^{-4} > K > 2 \times 10^{-4}$	15 < T < 25	21,8
Résidus #2	Surface		Silt-limon	$4 \times 10^{-4} > K > 2 \times 10^{-4}$	15 < T < 25	21,9
Résidus #3	Surface		Limon	$4 \times 10^{-4} > K > 2 \times 10^{-4}$	15 < T < 25	17,3
Résidus #4	Surface		Silt-limon	$4 \times 10^{-4} > K > 2 \times 10^{-4}$	15 < T < 25	17,6

4.2.4 Résultats d'analyses sur les tubes Shelby

Les résultats d'analyse des tubes Shelby sont présentés au tableau 11.

Tableau 11 : Essais réalisés sur les tubes Shelby

Échantillon		FG-18-03/TS-01	FG-18-05/TS-01	GH-18-03/TS-01
Profondeur (m)	De :	5,57	3,19	1,84
	À :	5,75	3,38	2,02
Teneur en eau (W, %)		31	41	52
Poids volumique (γ, kN/m3)		17 934	16 954	16 366
Cu (kPa)		137,8	30,9	13,9
Cur (kPa)		71,9	1,2	0,7
St		1,9	26,3	21,1
WL (%)		54	36	44
WP (%)		25	19	20
IP (%)		29	17	24
IL		0,21	1,29	1,33
Pression de préconsolidation apparente (σp, kPa)		71	106	85
Densité des particules		2,72	2,74	2,70
Indices des vides initial		1,31	1,47	1,56
Degré de saturation (Sr, %)		77,47	98,19	99,88

En utilisant le poids volumique et la profondeur moyenne de chacun des échantillons au tube Shelby, il est possible d'obtenir le niveau de consolidation de l'unité de sol. Pour ce faire, il suffit de comparer la pression de préconsolidation apparente (σ_p) avec la pression effectuée par le poids des terres (σ_{uv}). La pression effectuée par le poids des terres s'obtient en multipliant le poids volumique avec la profondeur de l'échantillonnage. Les résultats possibles sont les suivants :

- $\sigma_p < \sigma_{uv}$ alors le sol est sousconsolidé.
- $\sigma_p = \sigma_{uv}$ alors le sol est normalement consolidé.
- $\sigma_p > \sigma_{uv}$ alors le sol est surconsolidé.

Les résultats obtenus sont présentés au tableau 12.

Tableau 12 : Niveau de consolidation calculé de l'unité d'argile

Échantillon		FG-18-03/TS-01	FG-18-05/TS-01	GH-18-03/TS-01
Profondeur (m)	De :	5,57	3,19	1,84
	À :	5,75	3,38	2,02
Pression de préconsolidation apparente (σp, kPa)		71	106	85
Poids volumique (γ, kN/m3)		17,93	16,95	16,36
Profondeur moyenne		5,66	3,29	1,93
Pression effectuée par le poids des terres (σuv, kPa)		1,014,838	557,655	315,748
Situation		σuv > σp	σuv < σp	σuv < σp
Terme descriptif		Sousconsolidé	Surconsolidé	Surconsolidé

Le tableau 12 indique que l'échantillon d'argile prélevé au forage FG-18-03 à une profondeur de 5,66 mètres est sousconsolidé, tandis que pour les deux autres échantillons, l'argile est surconsolidée.

La résistance au cisaillement C_u obtenue en laboratoire à l'aide d'un scissomètre permet, entre autres, de déterminer la capacité portante mais également de déterminer, conjointement avec la résistance au cisaillement du sol remanié, le niveau de sensibilité de l'argile. Pour ce faire, il faut diviser la résistance au cisaillement du sol intact par la résistance au cisaillement du sol remanié. Une fois fait, il faut classer l'argile selon le tableau 13 :

Tableau 13 : Détermination de la sensibilité des argiles

Sensibilité	Cu/Cur
Faible	< 2
Moyenne	2 - 4
Forte	4 - 8
Très forte	8 - 16
Argile sensible	> 16

La classification obtenue est présentée au tableau 14.

Tableau 14 : Classification de la sensibilité des argiles échantillonnées

Échantillon		FG-18-03/TS-01	FG-18-05/TS-01	GH-18-03/TS-01
Profondeur (m)	De :	5,57	3,19	1,84
	À :	5,75	3,38	2,02
Cu (kPa)		137,8	30,9	13,9
Cur (kPa)		71,9	1,2	0,7
Sensibilité		1,9	26,3	21,1
Terme descriptif		Faible	Argile sensible	Argile sensible

Selon les résultats présentés au tableau 14, les argiles sont qualifiées de sensibles pour les échantillons des forages FG-18-05 et GH-18-03. Pour le forage FG-18-03, l'argile échantillonnée possède une faible sensibilité.

Le niveau de plasticité des argiles échantillonnées a été déterminé avec la relation présentée au tableau 15.

Tableau 15 : Classification de la plasticité des argiles

Indice de plasticité	Degré de plasticité
$0 < I_p < 5$	Non plastique (l'essai perd sa signification dans cette zone de valeurs)
$5 < I_p < 15$	Moyennement plastique
$15 < I_p < 40$	Plastique
$I_p > 40$	Très plastique

Les résultats de plasticité obtenus à partir des tubes Shelby sont présentés au tableau 16.

Tableau 16 : Détermination de la plasticité des argiles échantillonnées

Échantillon		FG-18-03/TS-01	FG-18-05/TS-01	GH-18-03/TS-01
Profondeur (m)	**De :**	**5,57**	**3,19**	**1,84**
	À :	**5,75**	**3,38**	**2,02**
Teneur en eau (W, %)		31	41	52
W_L (%)		54	36	44
W_P (%)		25	19	20
I_P (%)		29	17	24
I_L		0,21	1,29	1,33
Terme descriptif		Plastique	Plastique	Plastique

Selon les résultats présentés au tableau 14, les argiles échantillonnées dans les trois (3) tubes Shelby sont considérées comme étant plastiques.

4.3 Propriétés hydrogéologiques

4.3.1 Résultats des essais de perméabilité

Le tableau 17 présente les résultats d'interprétation des essais de perméabilité effectués à l'aide de la méthode de Hvorslev. Il est possible d'y faire les observations suivantes :

- La couche d'argile possède une conductivité hydraulique de l'ordre de 10^{-6} cm/s;
- La couche de till possède une conductivité hydraulique de l'ordre de 10^{-5} cm/s;
- Le socle rocheux possède une conductivité hydraulique variant de 9,4 x 10^{-6} à 2,4 x 10^{-4} cm/s, selon l'essai effectué. La valeur de 10^{-5} cm/s est cependant considérée comme

représentative de la conductivité hydraulique moyenne généralement obtenue pour le socle rocheux en Abitibi.

Tableau 17: Résultats des essais de perméabilité

Puits d'observation	Coordonnées UTM		Conductivité hydraulique (cm/s)	Unité recoupée
	Est	Nord		
FH-18-01MT	417549	5483625	$6,8 \times 10^{-5}$	Sable et gravier
FH-18-01R	417548	5483627	$9,4 \times 10^{-6}$	Socle rocheux
GH-18-02R	417938	5482781	$2,4 \times 10^{-4}$	Socle rocheux
GH-18-03MT	417702	5482676	$3,6 \times 10^{-6}$	Argile silteuse
GH-18-03R	417704	5482678	$1,1 \times 10^{-4}$	Socle rocheux
GH-18-04R	416877	5482511	$1,4 \times 10^{-5}$	Socle rocheux

4.4 Piézométrie

Le tableau 18 présente les élévations piézométriques mesurées le 21 mai 2018 avant de réaliser les essais de perméabilité. L'interprétation des données permet de faire les commentaires suivants :

- Dans la majorité des piézomètres, le niveau d'eau se situe à moins d'un mètre du sol;
- La composante verticale de la direction d'écoulement est vers le bas dans le nid de piézomètres FH-18-01, tandis qu'elle est nulle dans le nid GH-18-03;
- La composante horizontale de la direction d'écoulement varie principalement en fonction du relief du terrain.

Tableau 18 : Mesures de la piézométrie

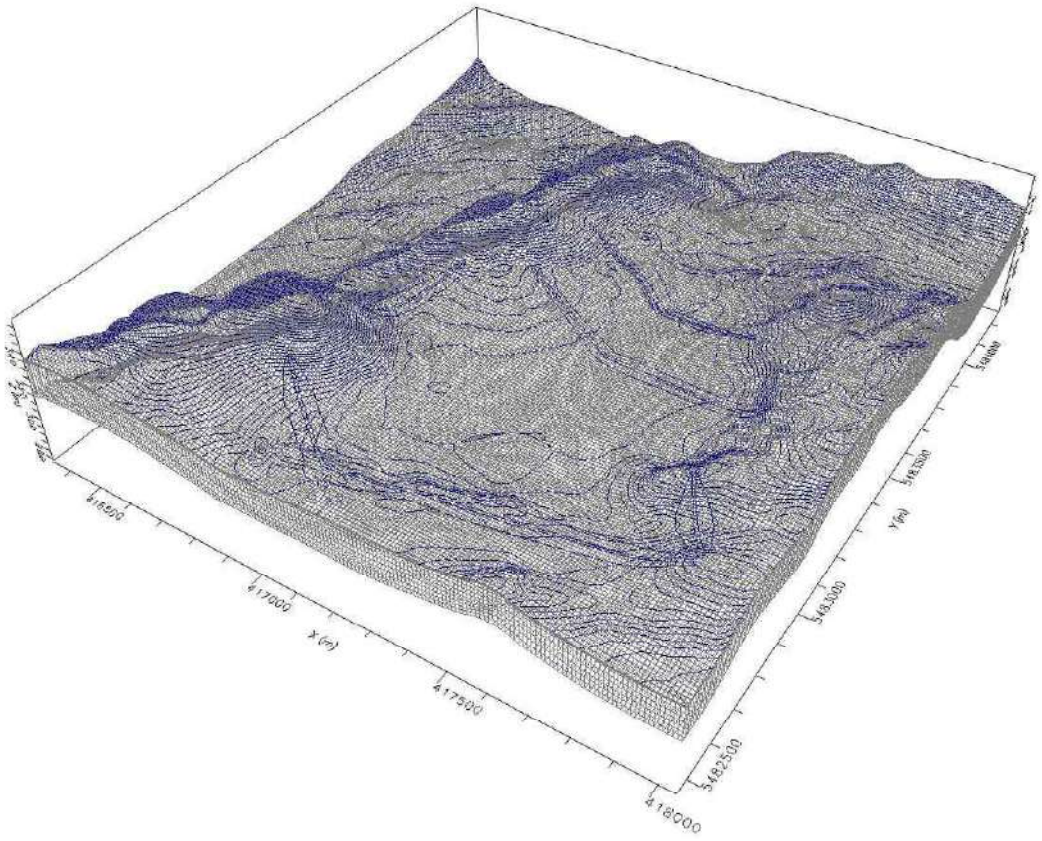
Puits d'observation	Coordonnées		Élévation du sol (m)	Profondeur par rapport au sol (m)	Élévation piézométrique (m)
	Est	Nord			
FH-18-01MT	417549	5483625	327,14	1,39	325,75
FH-18-01R	417548	5483627	327,14	4,60	322,54
GH-18-02R	417938	5482781	340,04	2,06	337,98
GH-18-03MT	417702	5482676	333,06	-0,11	333,17
GH-18-03R	417704	5482678	333,10	-0,10	333,20
GH-18-04R	416877	5482511	331,90	0,26	329,74
FH-18-01MT	417549	5483625	327,14	1,39	325,75

5 MODÉLISATION TRIDIMENSIONNELLE DE L'ÉCOULEMENT

5.1 Description du modèle numérique

Le logiciel *Visual MODFLOW 2018* a été choisi pour modéliser l'écoulement souterrain afin d'atteindre les objectifs de l'étude. Ce logiciel utilise le code *MODFLOW* qui permet de représenter de façon simplifiée l'écoulement des eaux souterraines à l'aide d'une grille tridimensionnelle utilisant la méthode des différences finies.

Le schéma ci-dessous présente la grille du modèle numérique utilisée pour le présent mandat. Le domaine modélisé couvre une superficie de 3,06 km². Les dimensions du domaine modélisé sont de 1700 m par 1800 m. Le maillage est parallèle à l'axe de coordonnées géodésiques UTM nad 83, zone 18. L'origine du système de maillage est située aux coordonnées suivantes: 416 340 m Ouest; 5 482 460 m Nord. Le domaine modélisé est subdivisé en 170 colonnes, 180 rangées et 5 couches. Les colonnes et rangées possèdent la forme d'un carré dont l'arête est de 10 mètres. Les surfaces délimitant les interfaces entre les unités hydrostratigraphiques ont été interpolées à partir des données altimétriques des contacts lithologiques observés dans les forages réalisés dans le cadre de ce mandat, ainsi que par le passé.



Des conditions limites de type « charge constante » ont été placées au pourtour du domaine modélisé afin de fixer les charges près de la surface du sol aux limites du modèle. Des limites de type « ETS » ont été placées dans la première couche du modèle à une élévation égale au niveau du terrain afin de limiter la surface piézométrique à la surface du sol.

Enfin, le parc à résidus projeté a été simulé par l'utilisation de conditions limites à charge imposée de type rivière qui permettent l'écoulement d'un flux d'eau au travers un lit de sédiments. L'ensemble du domaine modélisé a également été soumis à un flux de recharge uniforme de 195 mm/an, correspondant aux précipitations moyennes annuelles, moins un coefficient de ruissellement de 0,30 et moins une évapotranspiration théorique de 450 mm/an.

En ce qui concerne les propriétés hydrogéologiques, seulement les principales unités rencontrées sur le site à l'étude ont été représentées afin de simplifier le modèle géologique réel. Ainsi la séquence géologique typique est composée, de la surface vers le bas, de résidus miniers, d'argile, de sable, de till, puis de socle rocheux. Certaines de ces unités sont discontinues, puisqu'elles n'ont pas été observées dans tous les forages. Par conséquent, une interprétation géologique a été faite de façon à représenter cette discontinuité.

Les paramètres hydrauliques assignés à ces unités, ainsi que la justification du choix effectué sont présentés au tableau 19.

Tableau 19 : Conductivités hydrauliques assignées au modèle

Unité	Conductivité hydraulique (cm/s)	Justification
Résidus miniers	$3,0 \times 10^{-4}$	Diagrammes de perméabilité d'après les granulométries
Argile	$1,0 \times 10^{-6}$	Golder (2007)
Sable	$5,0 \times 10^{-3}$	Diagrammes de perméabilité d'après les granulométries
Till	$3,7 \times 10^{-5}$	Moyenne géométrique des essais réalisés
Roc	$2,2 \times 10^{-5}$	Moyenne géométrique des essais réalisés

Il est à noter que la conductivité hydraulique verticale est d'un ordre de grandeur plus faible que la conductivité hydraulique horizontale pour les unités de résidus, d'argile et de sable, en raison de leur mode de déposition. Par ailleurs, les paramètres d'emmagasinement n'ont pas été considérés, puisque les simulations sont effectuées en régime permanent d'écoulement. Le schéma présenté à la page suivante présente la répartition de la conductivité hydraulique assignée aux couches du modèle. Le socle rocheux est représenté en bourgogne, le till en vert forêt, le sable en vert aqua, l'argile en bleu et enfin, les résidus miniers en gris pâle.

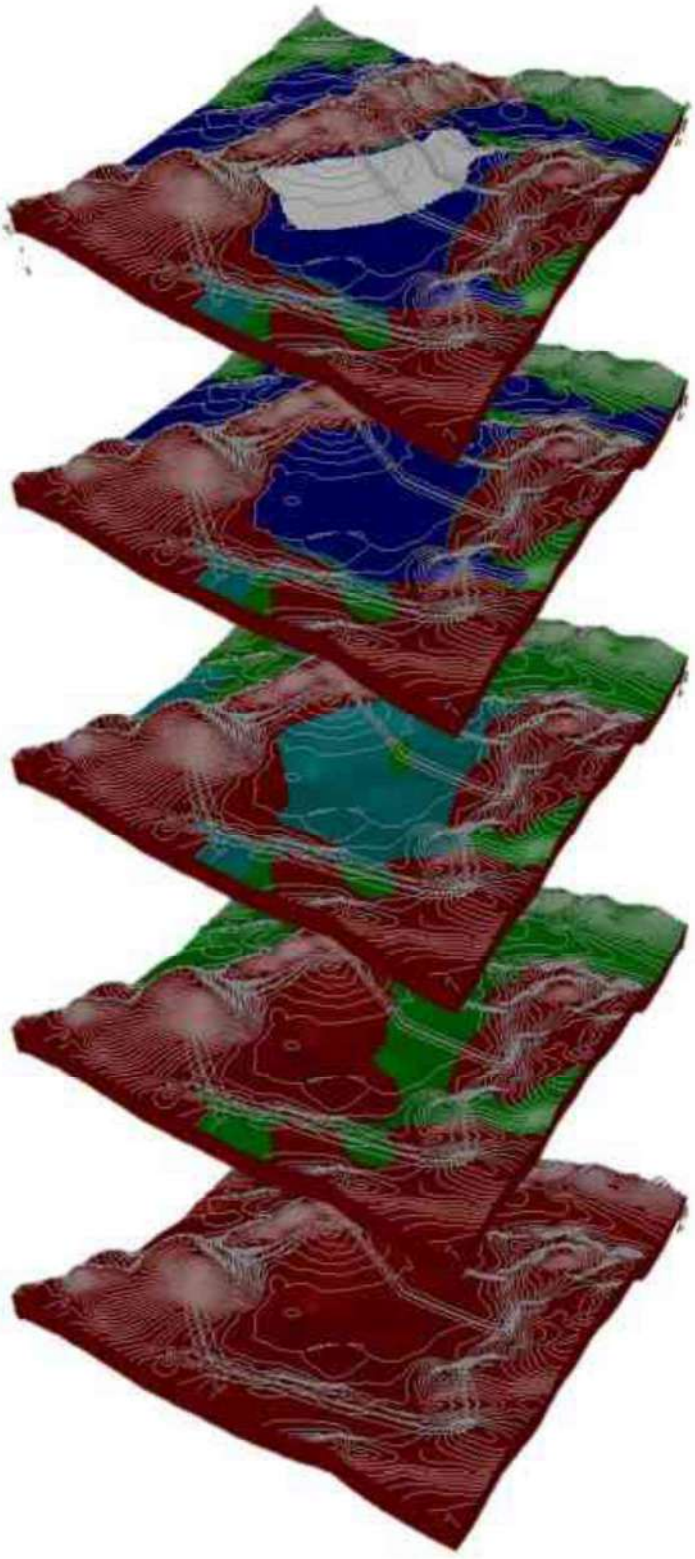
Couche 1 du modèle

Couche 2 du modèle

Couche 3 du modèle

Couche 4 du modèle

Couche 5 du modèle



5.2 Description des simulations effectuées

5.2.1 Écoulement souterrain avant les travaux de construction des bassins

La première simulation effectuée visait à calibrer le modèle et à établir une piézométrie de référence pour le calcul des flux d'eau qui seront causés par l'accumulation d'eau dans les bassins. Cette simulation a été effectuée en régime permanent d'écoulement.

La piézométrie du socle rocheux est montrée à la figure 8. Il est possible d'y observer que la piézométrie est caractérisée par un très faible gradient hydraulique à l'endroit du parc à résidus miniers. Les zones de recharge sont les flancs est, sud et ouest de la vallée, tandis que son exutoire s'effectue en direction nord, ainsi que dans une sous-vallée en direction ouest. Le même constat d'écoulement piézométrique avait été fait par *Golder* en 2007.

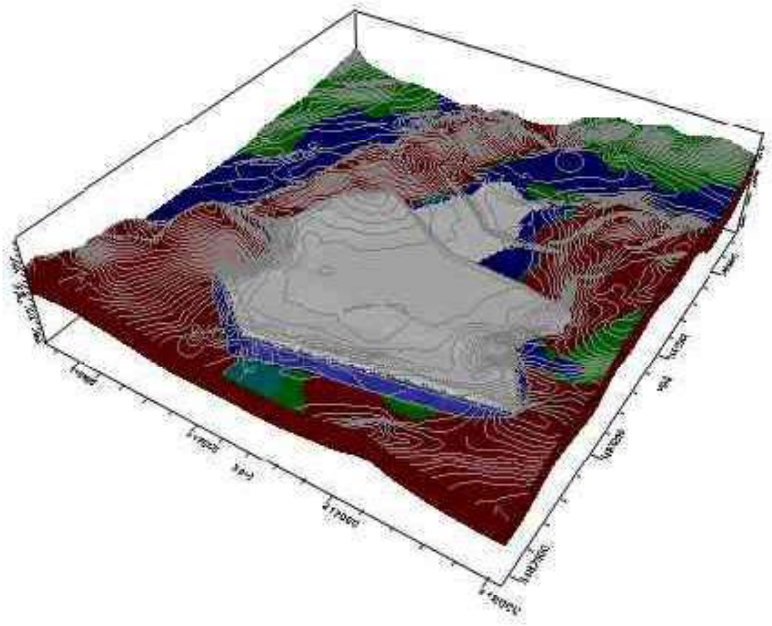
En termes de calibrage, la moyenne des écarts entre les charges calculées par le modèle et les observations effectuées est de 0,11 m, tandis que l'erreur absolue est de 1,54 m et la racine normalisée du carré des écarts est de 12,9%. Il est normal que les charges calculées par un modèle ne soient pas identiques aux charges observées car ces dernières fluctuent constamment et de plus, les phénomènes hydrogéologiques réels sont beaucoup plus complexes que les simplifications effectuées dans la création d'un modèle.

5.2.2 Écoulement souterrain à la suite de la mise en place des bassins

Les simulations prédictives qui ont été effectuées visaient à évaluer le flux d'eau qui percolerait au travers de la couche d'argile afin de parvenir aux couches de sable et de till, puis au socle rocheux. Ces simulations ont été effectuées en régime permanent d'écoulement.

Les simulations ont été faites en modifiant la surface de la première couche du modèle, de façon à représenter les digues et la surface topographique finale du parc à résidus miniers. Par la suite, une charge hydraulique égale aux courbes de niveau projetées dans le parc à résidus a été imposée au parc à résidus. Une conductivité hydraulique de 3×10^{-4} cm/s a été assignée aux résidus, tandis qu'une conductivité hydraulique de 1×10^{-6} cm/s a été assignée aux digues. En ce qui concerne les propriétés assignées aux unités hydrogéologiques, celles-ci ont été modifiées de façon à générer une série de scénarios qui sont décrits à la section 5.2.3, relative à la sensibilité des paramètres.

L'illustration suivante présente la nouvelle surface de la couche 1 du modèle, ainsi que la distribution des propriétés hydrogéologiques.



La figure 9 montre les charges hydrauliques au roc obtenues en utilisant les propriétés hydrogéologiques ayant mené au meilleur calibrage du modèle. Il est possible d'observer que les charges modélisées dans le socle rocheux sont affectées par la charge simulée à l'intérieur du parc à résidus.

La répartition des flux d'eau entre la couche d'argile et la couche de till pour ce scénario est montrée sur la figure 10. À l'intérieur des digues qui limitent le parc à résidus, les flux d'eau qui parviennent à l'aquifère sous-jacent y varient de 0 à près de 9 l/m² par jour. Les flux supérieurs à 3,3 l/m² par jour sont représentés sur la figure 10 par un code de couleur rouge. Ceux-ci sont localisés près des digues. Des flux plus importants sont également localisés aux endroits du parc où l'épaisseur d'argile s'amincit et/ou disparait. Les flux modélisés sont donc conformes par rapport au critère maximal (3,3 L/m²) de la directive 019 sur l'industrie minière sur 93% de la surface projetée du parc à résidus.

En termes de bilan hydrique, la simulation projette un débit de l'ordre de 680 m³/jour qui s'écoulerait des résidus vers les couches sous-jacentes.

La figure 11 présente la répartition des flux d'eau entre la couche d'argile et la couche de till pour le scénario utilisant une conductivité hydraulique de l'ordre de 10^{-4} cm/s. À l'intérieur des digues qui limitent le parc à résidus, les flux d'eau qui parviennent à l'aquifère sous-jacent y varient de 0 à près de 13 l/m² par jour. Les flux supérieurs à 3,3 l/m² par jour sont représentés sur la figure 11 par un code de couleur rouge. Ceux-ci sont localisés aux endroits où la couche d'argile s'amincit et/ou disparait. Les flux modélisés sont donc conformes par rapport au critère maximal (3,3 l/m²) de la directive 019 sur l'industrie minière sur 72% de la surface projetée du parc à résidus.

En termes de bilan hydrique, la simulation projette un débit de l'ordre de 1 575 m³/jour qui s'écoulerait des résidus vers les couches sous-jacentes.

Les surfaces affectées par des flux calculés supérieurs à 3,3 L/m² pourraient être atténuées par l'ajout d'une couche d'argile ou de membrane imperméable de type « Bentofix ».

5.2.3 Analyse de sensibilité des paramètres du modèle

L'évaluation qualitative de la sensibilité des paramètres utilisés pour la réalisation du modèle numérique a été effectuée afin d'évaluer son degré de fiabilité. Cette évaluation a été effectuée en modifiant les paramètres d'entrée du modèle, puis en notant l'effet des changements de paramètres sur le résultat obtenu. La norme de l'ASTM (American Society for Testing and Materials) nommée D 5611 – Sensitivity Analysis décrit les quatre types de sensibilité des paramètres:

- sensibilité de type 1 : la modification d'un paramètre n'a pas d'effet sur le calibrage, ni sur le résultat;
- sensibilité de type 2 : la modification d'un paramètre change le calibrage, pas le résultat;
- sensibilité de type 3 : la modification d'un paramètre change le calibrage ainsi que le résultat;
- sensibilité de type 4 : la modification d'un paramètre n'a pas d'effets sur le calibrage, mais change le résultat.

Les quatre types de sensibilité décrits ci-haut font référence au modèle calibré en régime permanent et au résultat obtenu en simulant les bassins projetés.

En ce qui concerne la conductivité hydraulique, celle-ci a été variée d'un ordre de grandeur pour chacune des unités, prises indépendamment lors du calibrage. Les résultats obtenus ont permis

d'obtenir des degrés de calibrage plus ou moins semblables. Lors des simulations prédictives, des variations de la conductivité hydraulique de l'argile et du roc ont été réalisées. Les résultats obtenus étaient alors considérablement différents. Ainsi, en augmentant la conductivité hydraulique de la couche d'argile par un facteur de 10, le flux total s'écoulant des résidus serait légèrement augmenté. Il s'agit d'un scénario hypothétique, puisqu'il est plutôt probable que la composante verticale de la conductivité hydraulique d'une couche d'argile lacustre soit d'un ordre de grandeur inférieure à sa composante horizontale.

Si, par ailleurs la conductivité hydraulique du socle rocheux est augmentée d'un ordre de grandeur, alors une surface importante du parc à résidus serait affectée par des flux supérieurs à 3,3 L/m²/jour dont notamment les secteurs non recouverts d'argile. Puisque trois des essais ont permis de mesurer une conductivité hydraulique de l'ordre du 10^{-4} cm/s pour le socle rocheux, nous sommes d'avis que ce scénario devrait être considéré comme réaliste, même s'il permet de moins bien calibrer le modèle sous les conditions actuelles. Ces constants permettent de croire que la sensibilité de la conductivité hydraulique serait de type 4.

La recharge, quant à elle, est peu sensible aux changements apportés, puisque des charges sont imposées via la condition limite de type « Rivière » au niveau du terrain dans le parc à résidus miniers. La sensibilité de ce paramètre est de type 1.

6 CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

6.1 Partie géotechnique

En ce qui concerne les investigations géotechniques proprement dites, les résultats des essais in situ et en laboratoire ont permis de dégager les conclusions suivantes :

- ✓ La profondeur du socle rocheux est faible dans la partie Sud de l'agrandissement projeté (entre 1,22 et 3,66 m) où les forages FG-18-02, GH-18-02, GH-18-03 et GH-18-04 ont été réalisés. La profondeur du socle est moyenne dans la partie Est, représentée par les forages FG-18-04 et FG-18-05 (entre 5,05 et 9,85 m). Au Nord du site, au droit des forages FG-18-01 et FG-18-03 respectivement sur le dessus et au pied de la digue médiane, le roc a été rencontré entre 7,47 et 9,73 m de profondeur si l'on soustrait l'épaisseur des matériaux constituant la digue. Enfin, au Nord du bassin de sédimentation, au forage FH-18-01, il fut atteint à 4,93 m.
- ✓ La qualité du socle rocheux (RQD) basée sur la densité des fissures rencontrées sur les premiers mètres d'épaisseur, est de moyenne à bonne dans la partie Sud de l'agrandissement projeté, moyenne à l'Est et pauvre dans la zone Nord de la digue médiane et du bassin de sédimentation.
- ✓ Le till sus-jacent au socle rocheux, dont la compacité varie de compact à très dense, est omniprésent dans tous les forages et on le rencontre au Sud entre 1,22 et 3,35 m de profondeur, pour une épaisseur moyenne de 1,5 m avant le socle rocheux, tandis qu'à l'Est on l'atteint entre 2,89 et 4,95 m de profondeur pour des épaisseurs de l'ordre de 2 à 5 m et au Nord, il est situé entre 4,62 et 6,71 m de profondeur pour une épaisseur variant entre 1 et 2 m.
- ✓ La partie Sud de l'agrandissement projeté est, de la surface jusqu'au till, soit d'une épaisseur entre 1,22 et 3,35 m, exempte d'argile à l'exception du forage GH-18-03 où le mélange d'argile et de silt est prédominant par rapport au sable. Les dépôts sont constitués de sable avec des pourcentages variables de particules fines, de compacité de lâche à très lâche avec des teneurs en eau et des granulométries variables.
- ✓ Du côté Est et Nord de l'agrandissement projeté, de la surface jusqu'au till, soit sur des épaisseurs entre 2,89 et 6,71 m, une couche d'argile avec des proportions variables de silt est sus-jacente à une couche de sable. Cette couche d'argile impure, accompagnée de quantités parfois importantes de silt et variables de sable en moindre quantité,

possède des propriétés physico-mécaniques très variables. En effet, à partir des résultats d'analyses en laboratoires, notamment en tubes Shelby, on s'aperçoit entre autres que les teneurs en eau, les limites d'Atterberg, les degrés de saturation, ainsi que les résistances au cisaillement sont très variables d'un extrême à l'autre, ce qui donne des sensibilités de faibles à extrêmes et une consolidation de sur-consolidé à sous-consolidé.

En raison de ce qui précède, il est donc conclu que lors de la construction des digues de l'agrandissement projeté du parc à résidu, des tassements différentiels sont anticipés, autant dans les zones avec des sols argileux en surface que dans celles sablonneuses. La conception devra donc tenir compte de ces différences marquées de propriétés des dépôts meubles présents.

La méthode d'échantillonnage par cuillère fendue en foreuse n'a pas permis de recueillir des échantillons assez volumineux des couches sablonneuses afin d'effectuer des analyses Proctor en laboratoire. Ces essais auraient permis de déduire la masse volumique maximale avec la teneur en eau optimum pour une compaction de ces matériaux à plus de 95% du Proctor modifié. Il est donc recommandé de planifier une série de tranchées à la pelle mécanique sur le site afin d'y recueillir les échantillons destinés à ce type d'essai. De cette façon, il serait possible de statuer autant sur la possibilité de récupération des matériaux en place pour la construction que sur la préparation des fonds d'excavation afin de minimiser le tassement différentiel anticipé.

6.2 Partie hydrogéologique

À l'aide des travaux de caractérisation géotechnique et hydrogéologique réalisés sur le site projeté pour l'aménagement d'un bassin de recirculation et d'un bassin de polissage, un modèle hydrogéologique tridimensionnel a été conçu et numérisé à l'aide du logiciel Visual MODFLOW. Le modèle vise à déterminer si le site est en mesure de respecter un débit de percolation quotidien maximal de 3,3 l/m² à partir du fond de l'aire d'accumulation, tel que décrit dans la directive 019 sur l'industrie minière. À cette fin, des simulations prédictives pour estimer le flux d'eau pouvant traverser la couche d'argile lacustre ont été réalisées.

Les résultats obtenus démontrent que pour les charges utilisées, les flux calculés respectent le critère de 3,3 l/m² par jour sur entre 72 et 93% de la surface du parc à résidus projeté. L'atteinte du critère est grandement attribuable à la présence de la couche d'argile sur le site.

La fiabilité du modèle est grandement tributaire de l'évaluation de la conductivité hydraulique des unités hydrostratigraphiques, particulièrement le socle rocheux. Bien que celles-ci aient été estimées à l'aide d'essais sur le terrain et qu'elles soient représentatives d'observations fréquemment effectuées en Abitibi pour des matériaux géologiques de nature similaire, les zones sans couverture d'argile apparaissent plus sensibles aux modifications qui ont été effectuées dans le cadre de l'analyse de sensibilité des paramètres du modèle. Il est donc recommandé d'améliorer la cartographie de la distribution de l'épaisseur de la couche d'argile qui tapisse le fond de la vallée qui sera utilisée pour aménager le parc à résidus miniers.

Le cas échéant, il est recommandé de tapisser les zones où la couverture d'argile est insuffisante à l'aide d'une couche d'argile ou d'une géomembrane de type « Bentofix » destinée à augmenter le degré d'imperméabilité du sol dans ce secteur.

Enfin, il est recommandé d'aménager des puits d'observation en aval piézométrique des digues projetés afin d'y effectuer un suivi de la qualité de l'eau conforme aux indications de la directive 019 sur l'industrie minière.

RÉFÉRENCES

Anderson, M.P., Woessner, W.W., 1992, Applied Groundwater Modelling: Simulation of Flow and Advective Transport, Academic Press.

Environnement Canada, 2013, Normales Climatiques au Canada de 1971 à 2000, Station Lebel-sur-Quévillon, http://climate.weather.gc.ca/climate_normals

GHD, 2017. Investigation environnementale, rehaussement de la cellule no 1 du parc à résidus, Métanor, Desmaraisville, Québec. 15 pages

Golder Associés Ltée, 2007. Étude géotechnique et hydrogéologique et conception du parc à résidus de la mine du lac Bachelor. Desmaraisville, Québec. Rapport présenté à Ressources Métanor Inc., 175 p.

Harbaugh, A.W. et Mc Donald, M.G., 1996, User'Documentation for MODFLOW-96, an update to the U.S. Geological Survey Modular Finite-Difference Ground-Water Flow Model, U.S. Geological Survey, Open-File Report 96-485

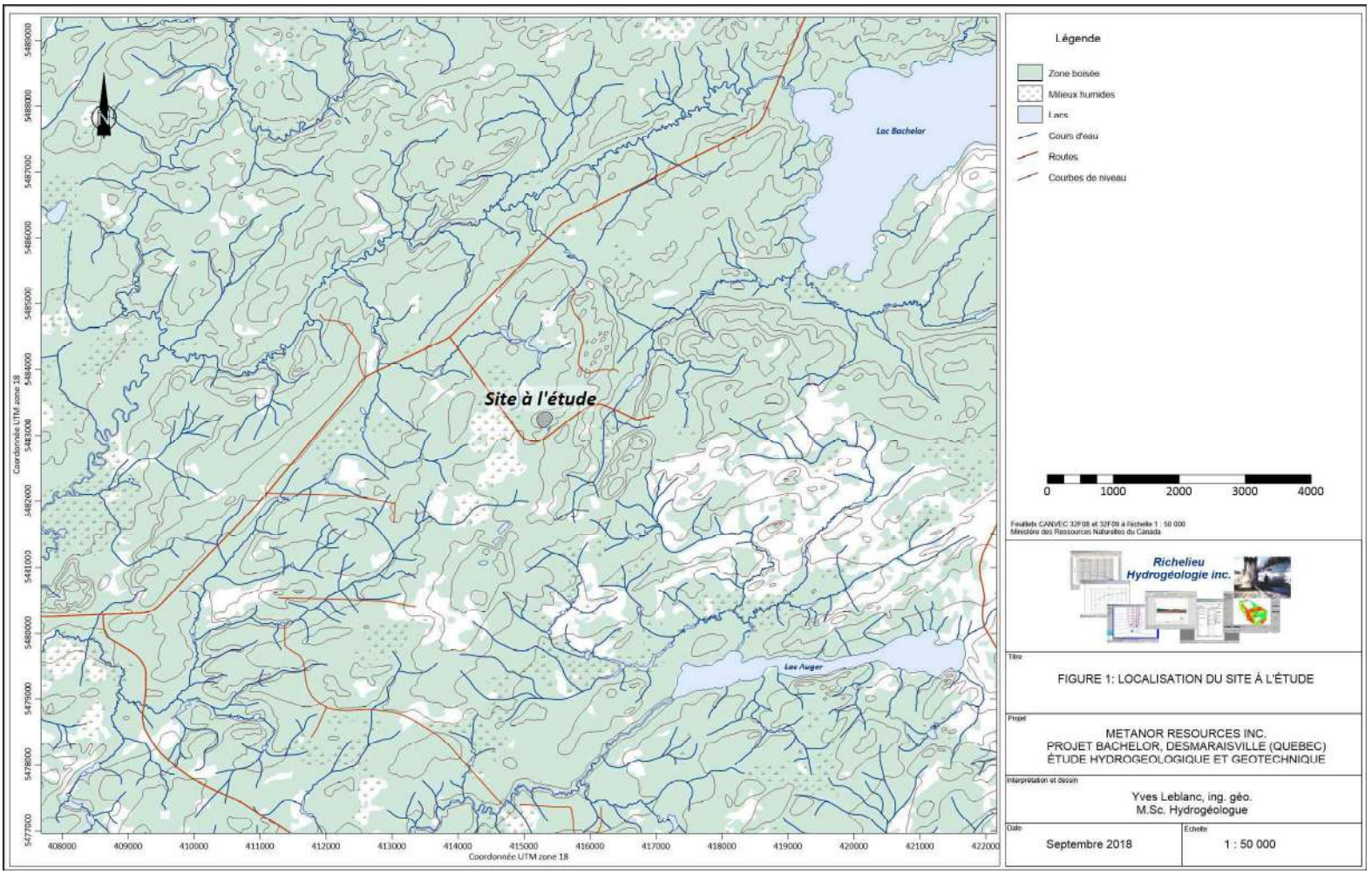
Les Laboratoires Ville-Marie Inc., 1981. Étude géotechnique et conception Digue de retenue de rejets miniers, Desmaraisville (Québec). Préparé pour Mine d'Or Bachelor Inc. 35 p.

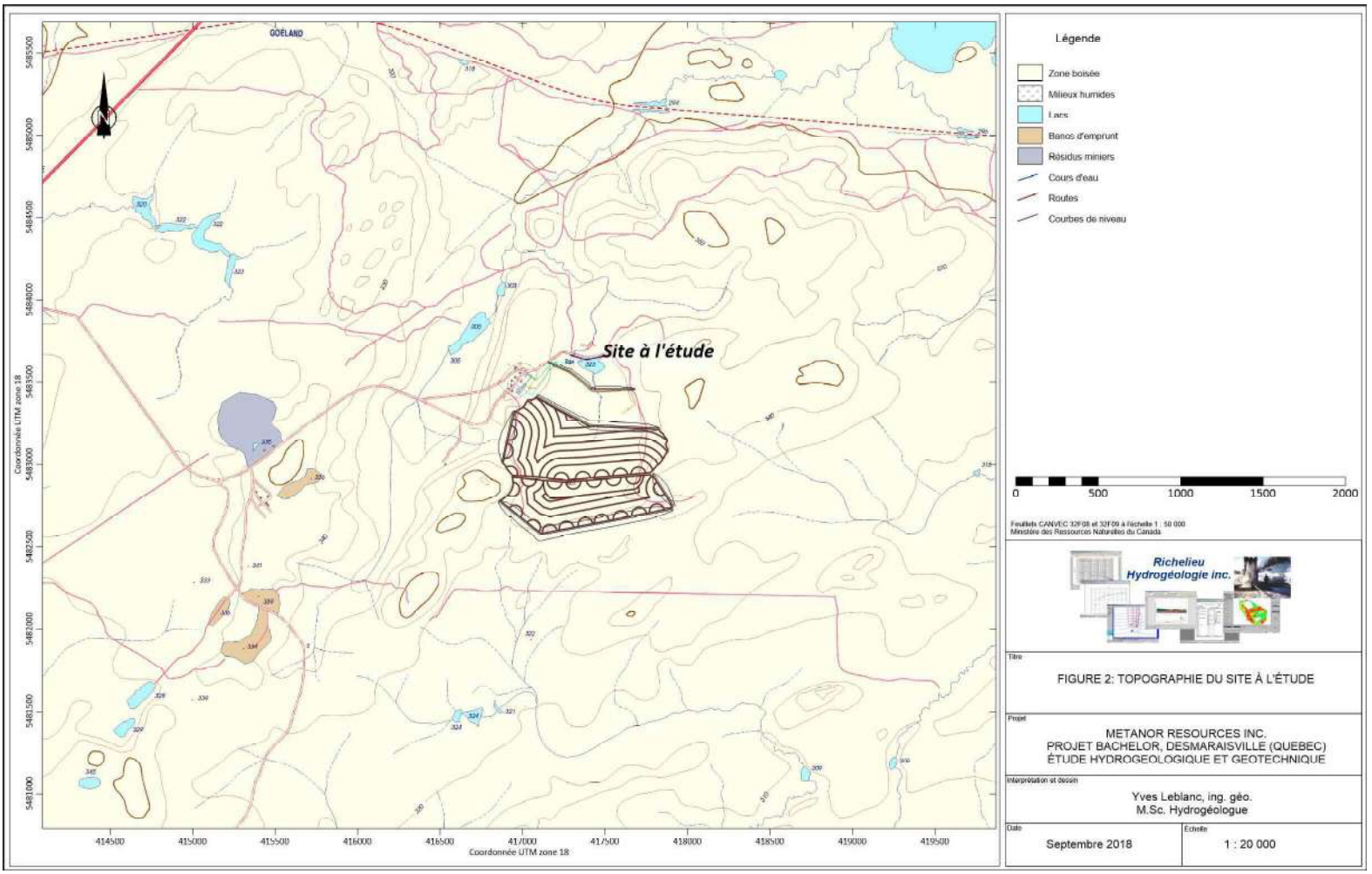
Ministère du développement durable, de l'environnement et des parcs du Québec, 2012, Directive 019 sur l'industrie minière. 105 p.
http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/milieu_ind/directive019/directive019.pdf

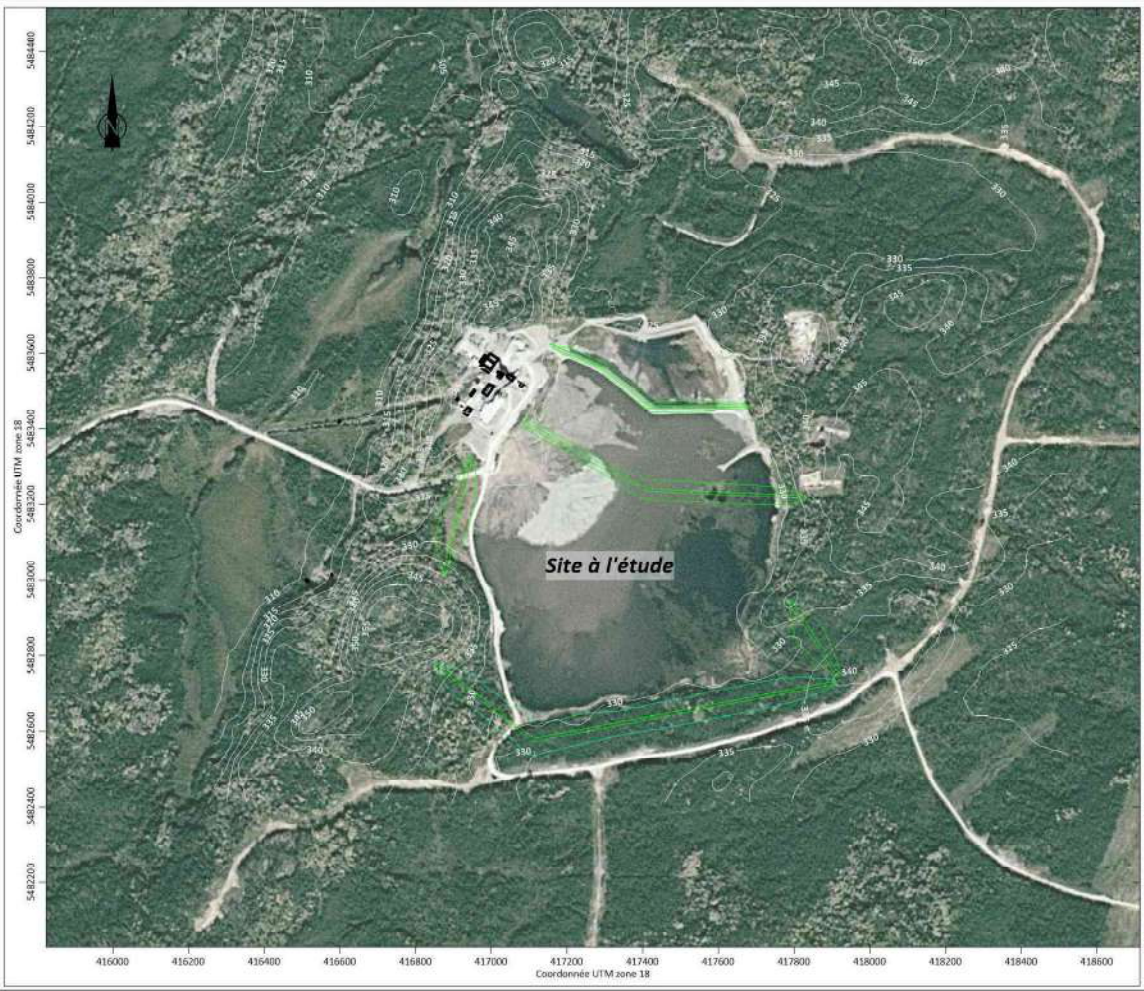
Ministère des ressources naturelles du Québec, Carte géologique interactive, http://sigeom.mrn.gouv.qc.ca

Veuillette, J.J., Paradis, S.J. et Thibodeau, P., 2010. Géologie des formations superficielles, Rouyn-Noranda-Senneterre, Commission géologique du Canada, Dossier public 6061, échelle 1/250 000

ANNEXE 1: FIGURES


Site à l'étude
Lac Bachelor
Lac Auger
Coordonnée UTM zone 18
Coordonnée UTM zone 18
408000
409000
410000
411000
412000
413000
414000
415000
416000
417000
418000
419000
420000
421000
422000
5477000
5478000
5479000
5480000
5481000
5482000
5483000
5484000
5485000
5486000
5487000
5488000
5489000
Légende
Zone boisée
Milieux humides
Lacs
Cours d'eau
Routes
Courbes de niveau
0
1000
2000
3000
4000
Feuillets CANVEC 32F08 et 32F09 à l'échelle 1 : 50 000
Ministère des Ressources Naturelles du Canada
Richelieu
Hydrogéologie inc.
Titre
FIGURE 1: LOCALISATION DU SITE À L'ÉTUDE
Projet
METANOR RESOURCES INC.
PROJET BACHELOR, DESMARAISVILLE (QUEBEC)
ÉTUDE HYDROGEOLOGIQUE ET GEOTECHNIQUE
Interprétation et dessin
Yves Leblanc, ing. géo.
M.Sc. Hydrogéologue
Date
Septembre 2018
Echelle
1 : 50 000


GOÉLAND
Site à l'étude
Coordonnée UTM zone 18
5485500
5485000
5484500
5484000
5483500
5483000
5482500
5482000
5481500
5481000
414500
415000
415500
416000
416500
417000
417500
418000
418500
419000
419500
Coordonnée UTM zone 18
Légende
Zone boisée
Milieux humides
Lacs
Banc d'emprunt
Résidus miniers
Cours d'eau
Routes
Courbes de niveau
0
500
1000
1500
2000
Feuillets CANVEC 32F08 et 32F09 à l'échelle 1 : 50 000
Ministère des Ressources Naturelles du Canada
Richelieu
Hydrogéologie inc.
Titre
FIGURE 2: TOPOGRAPHIE DU SITE À L'ÉTUDE
Projet
METANOR RESOURCES INC.
PROJET BACHELOR, DESMARAISVILLE (QUEBEC)
ÉTUDE HYDROGEOLOGIQUE ET GEOTECHNIQUE
Interprétation et dessin
Yves Leblanc, ing. géo.
M.Sc. Hydrogéologue
Date
Septembre 2018
Echelle
1 : 20 000



Légende

Digues projetées

Bâtiments

0 200 400 600 800 1000

Imagerie satellitaire par Google Earth

Richelieu Hydrogéologie inc.

Titre

FIGURE 3: PHOTOGRAPHIE AÉRIENNE DU SITE

Projet

METANOR RESOURCES INC.
PROJET BACHELOR, DESMARAISVILLE (QUEBEC)
ÉTUDE HYDROGEOLOGIQUE ET GEOTECHNIQUE

Interprétation et dessin

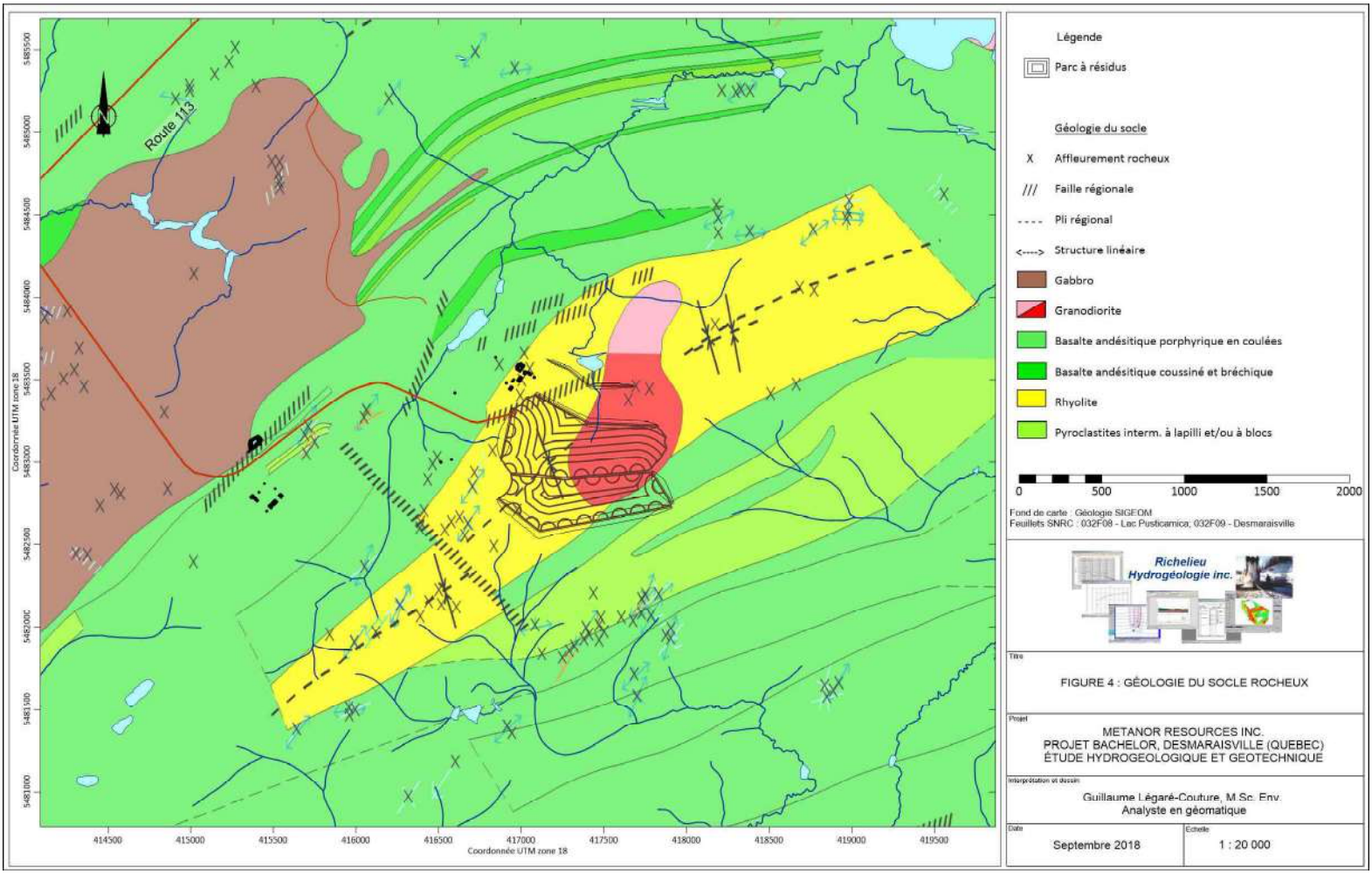
Yves Leblanc, ing. géo.
M.Sc. Hydrogéologue

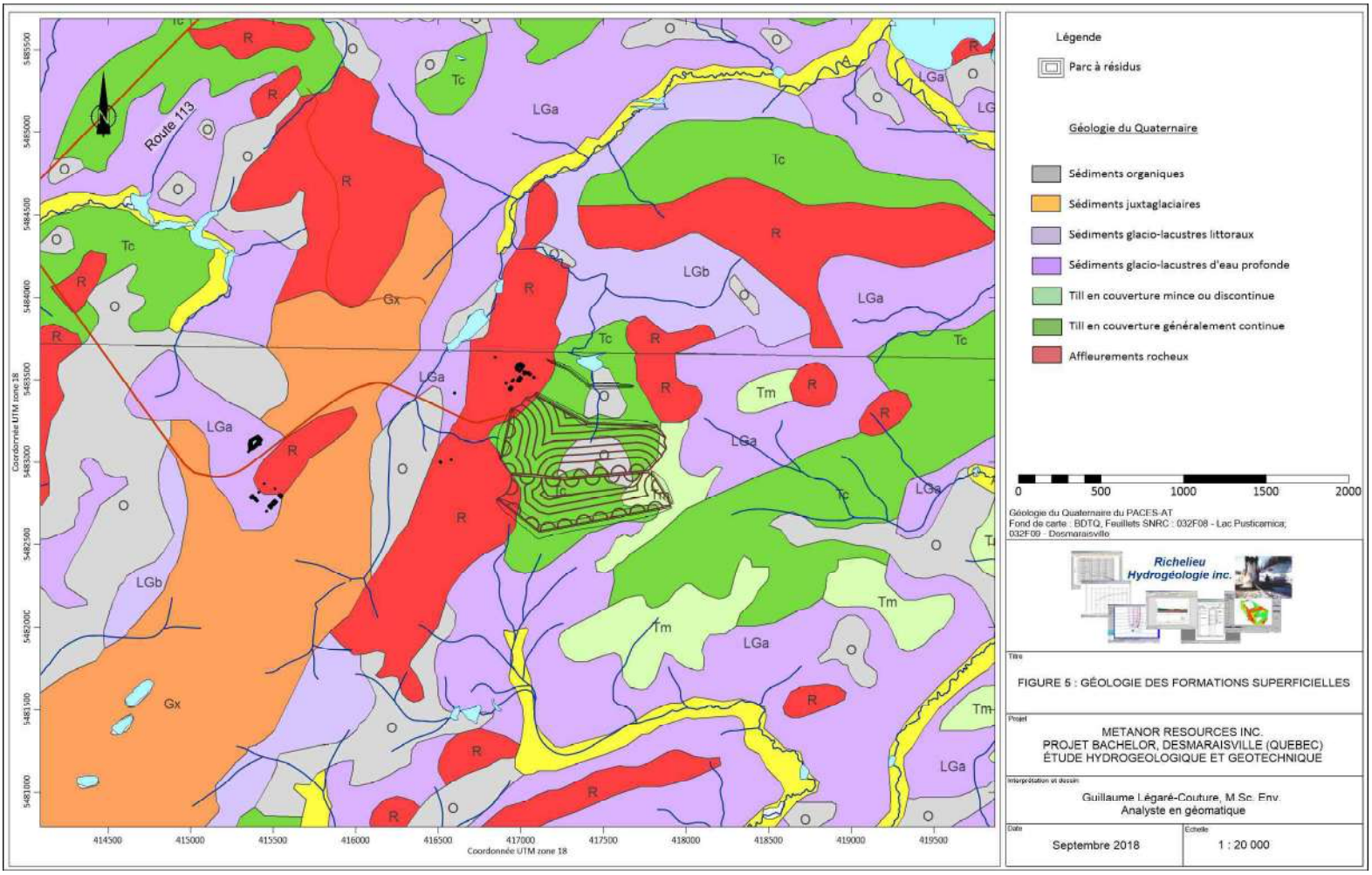
Date

Septembre 2018

Echelle

1 : 10 000


Route 113
Coordonnée UTM zone 18
5485500
5485000
5484500
5484000
5483500
5483000
5482500
5482000
5481500
5481000
414500
415000
415500
416000
416500
417000
417500
418000
418500
419000
419500
Coordonnée UTM zone 18
Légende
Parc à résidus
Géologie du socle
Affleurement rocheux
Faille régionale
Pli régional
Structure linéaire
Gabbro
Granodiorite
Basalte andésitique porphyrique en coulées
Basalte andésitique coussiné et bréchique
Rhyolite
Pyroclastites interm. à lapilli et/ou à blocs
0
500
1000
1500
2000
Fond de carte : Géologie SIGEOM
Feuillets SNRC : 032F08 - Lac Pusticamica; 032F09 - Desmaraisville
Richelieu Hydrogéologie inc.
Titre
FIGURE 4 : GÉOLOGIE DU SOCLE ROCHEUX
Projet
METANOR RESOURCES INC.
PROJET BACHELOR, DESMARAISVILLE (QUEBEC)
ÉTUDE HYDROGEOLOGIQUE ET GEOTECHNIQUE
Interprétation et dessin
Guillaume Légaré-Couture, M.Sc. Env.
Analyste en géomatique
Date
Septembre 2018
Échelle
1 : 20 000



Légende

Parc à résidus

Géologie du Quaternaire

- Sédiments organiques
- Sédiments juxtaglaciaires
- Sédiments glacio-lacustres littoraux
- Sédiments glacio-lacustres d'eau profonde
- Till en couverture mince ou discontinue
- Till en couverture généralement continue
- Affleurements rocheux

0 500 1000 1500 2000

Géologie du Quaternaire du PACES-AT
Fond de carte : BDTQ, Feuillets SNRC : 032F08 - Lac Pusticamica; 032F09 - Desmaraisville

Richelieu Hydrogéologie inc.

Titre

FIGURE 5 : GÉOLOGIE DES FORMATIONS SUPERFICIELLES

Projet

METANOR RESOURCES INC.
PROJET BACHELOR, DESMARAISVILLE (QUEBEC)
ÉTUDE HYDROGEOLOGIQUE ET GEOTECHNIQUE

Interprétation et dessin

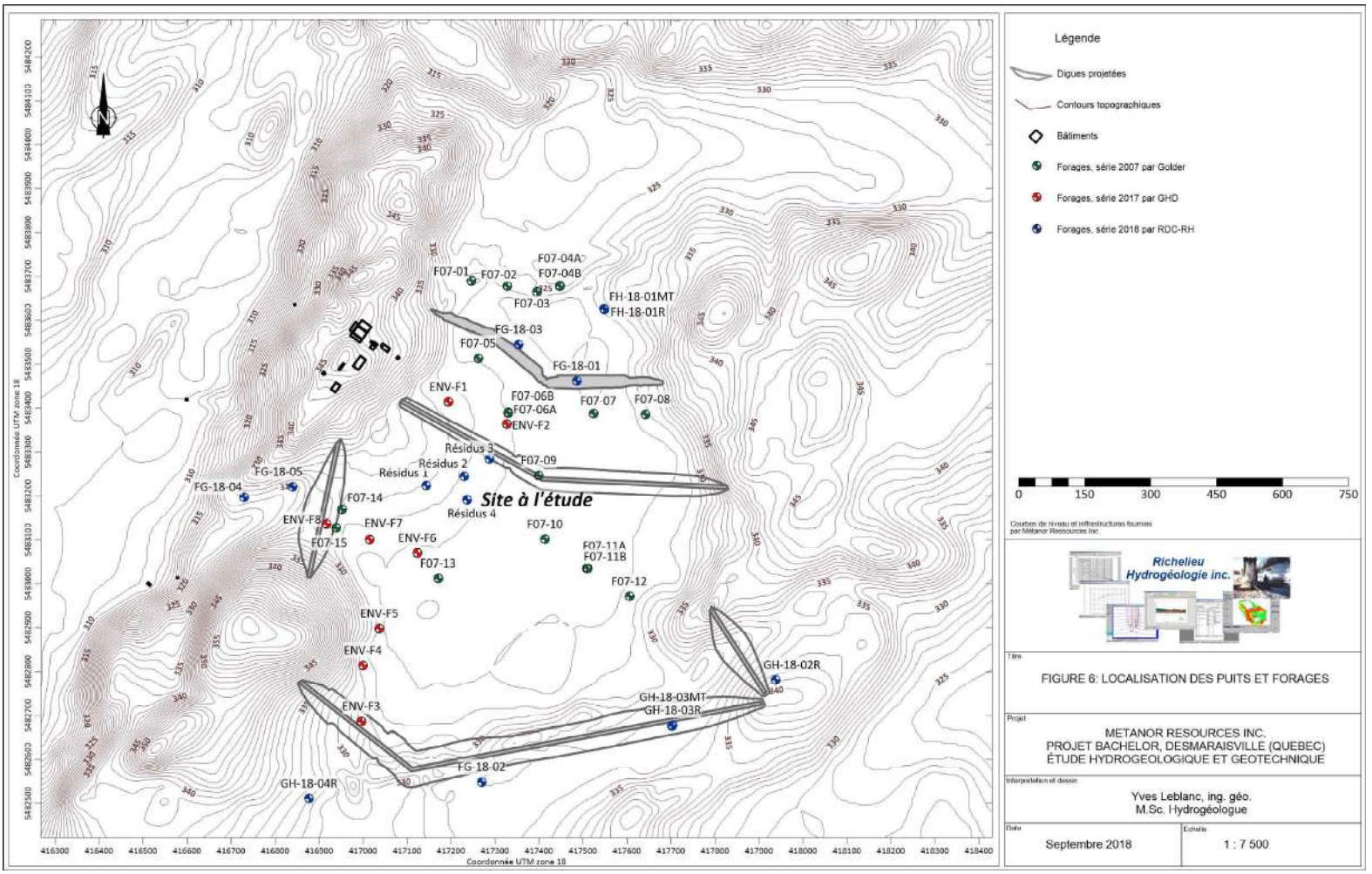
Guillaume Légaré-Couture, M.Sc. Env.
Analyste en géomatique

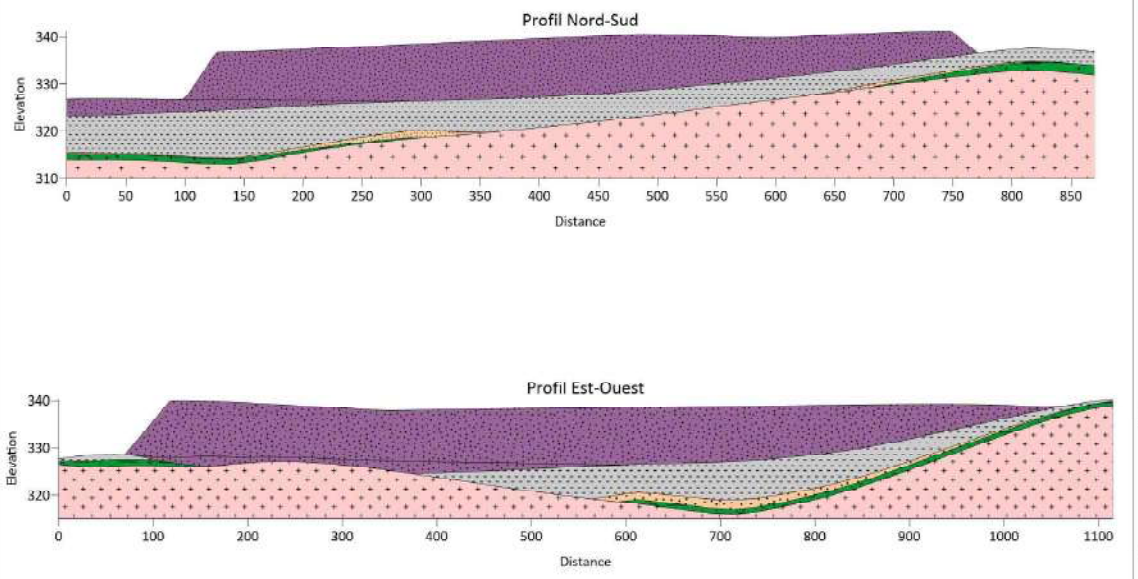
Date

Septembre 2018

Échelle

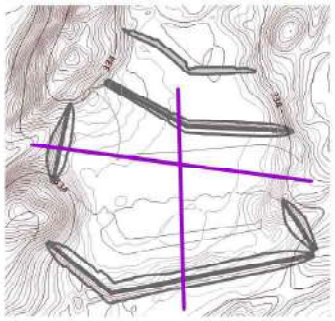
1 : 20 000


Légende
Digues projetées
Contours topographiques
Bâtiments
Forages, série 2007 par Golder
Forages, série 2017 par GHD
Forages, série 2018 par RDC-RH
F07-01
F07-02
F07-04A
F07-04B
F07-03
FH-18-01MT
FH-18-01R
FG-18-03
F07-05
FG-18-01
ENV-F1
F07-06B
F07-06A
ENV-F2
F07-07
F07-08
Résidus 3
Résidus 2
Résidus 1
Résidus 4
F07-09
Site à l'étude
FG-18-05
FG-18-04
F07-14
ENV-F8
ENV-F7
F07-15
ENV-F6
F07-13
F07-10
F07-11A
F07-11B
F07-12
ENV-F5
ENV-F4
ENV-F3
GH-18-04R
FG-18-02
GH-18-03MT
GH-18-03R
GH-18-02R
Coordonnée UTM zone 18
Coordonnée UTM zone 18
0
150
300
450
600
750
Courbes de niveau et infrastructures fournies par Métanor Ressources Inc.
Richelieu Hydrogéologie inc.
Titre
FIGURE 6: LOCALISATION DES PUITS ET FORAGES
Projet
METANOR RESOURCES INC.
PROJET BACHELOR, DESMARAISVILLE (QUEBEC)
ÉTUDE HYDROGEOLOGIQUE ET GEOTECHNIQUE
Interprétation et dessin
Yves Leblanc, ing. géo.
M.Sc. Hydrogéologue
Date
Septembre 2018
Échelle
1 : 7 500



Légende

- Résidus miniers
- Argile
- Sable
- Till
- Socle rocheux



Courbes de niveau et infrastructures fournies par Métanor Ressources Inc.

Richelieu Hydrogéologie inc.

Titre

FIGURE 7: PROFILS STRATIGRAPHIQUES SIMPLIFIÉS

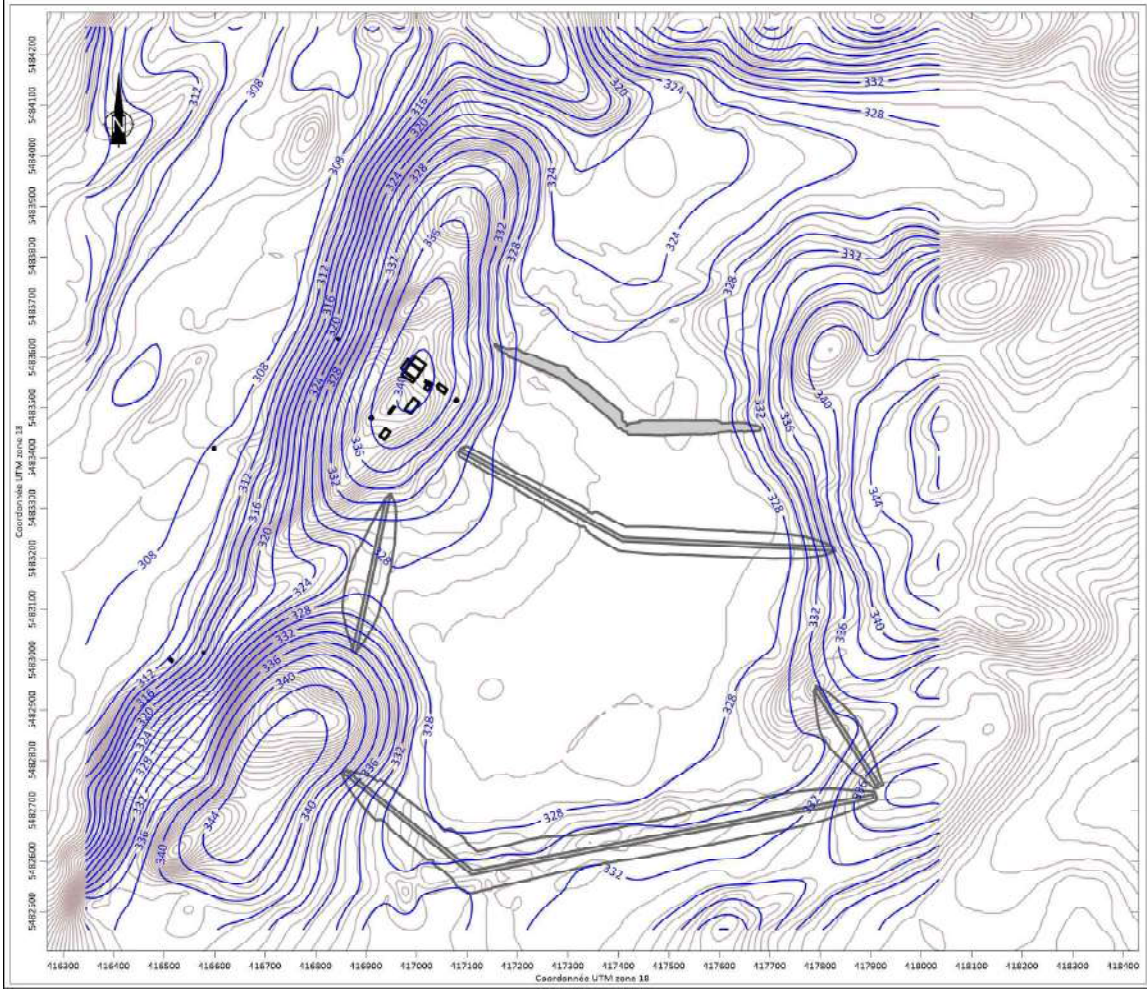
Projet

METANOR RESOURCES INC.
PROJET BACHELOR, DESMARAISVILLE (QUEBEC)
ÉTUDE HYDROGEOLOGIQUE ET GEOTECHNIQUE

Interprétation et dessin

Yves Leblanc, ing. géo.
M.Sc. Hydrogéologue

Date	Échelle
Septembre 2018	Voir dessin



Légende

Digues projetées

Contours topographiques

Contours piézométriques

Bâtiments

0 150 300 450 600 750

Courbes de niveau et infrastructures fournies par Métanor Ressources Inc.

Richelieu Hydrogéologie inc.

Titre

FIGURE 8: PIÉZOMÉTRIE INITIALE MODÉLISÉE POUR LE SOCLE ROCHEUX

Projet

MÉTANOR RESSOURCES INC.
PROJET BACHELOR, DESMARAISVILLE (QUÉBEC)
ÉTUDE HYDROGÉOLOGIQUE ET GÉOTECHNIQUE

Interprétation et dessin

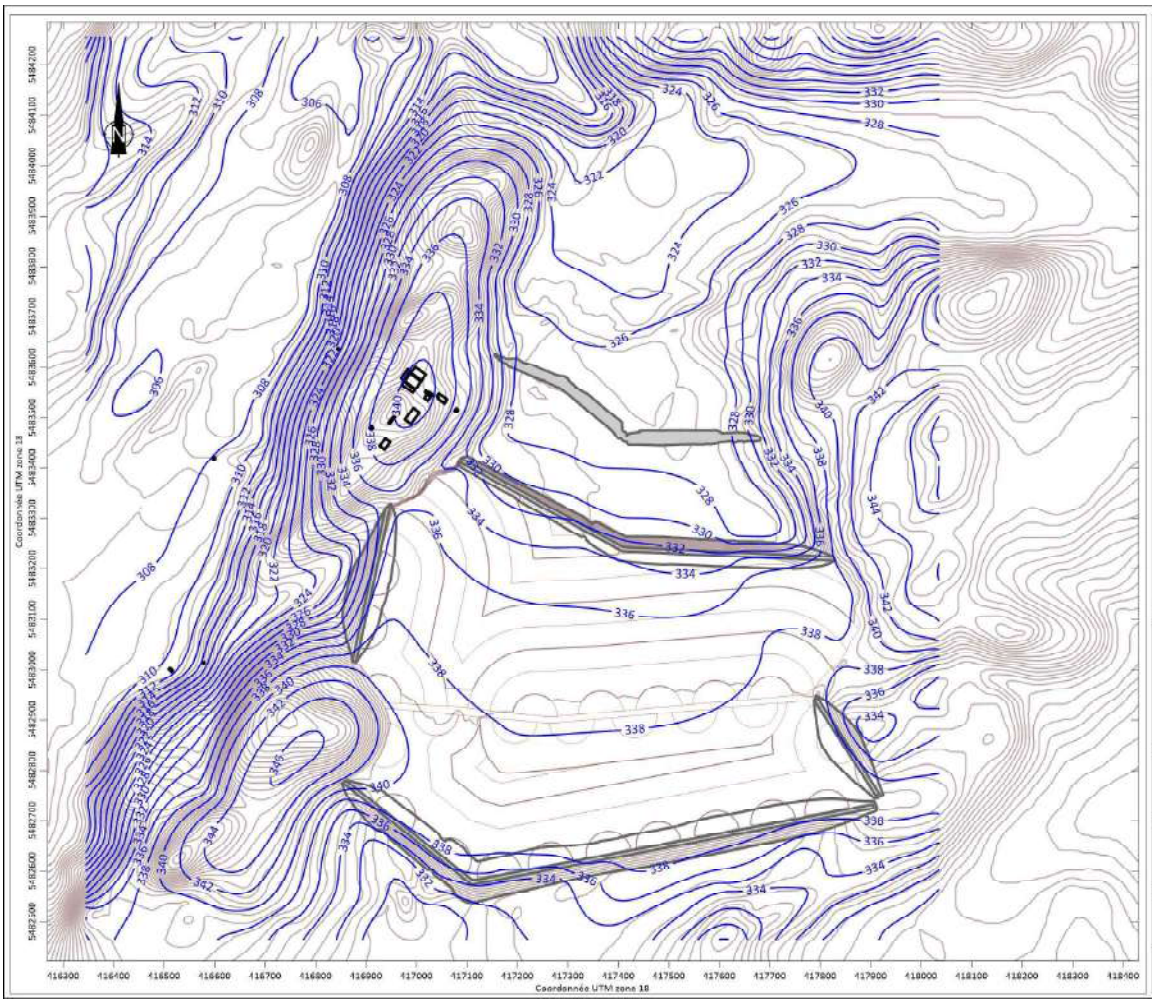
Yves Leblanc, ing. géo.
M.Sc. Hydrogéologue

Date

Septembre 2018

Échelle

1 : 7 500



Légende

Digues projetées

Contours topographiques

Contours piézométriques

Bâtiments

0 150 300 450 600 750

Courbes de niveau et infrastructures fournies par Métanor Ressources Inc.

Richelieu Hydrogéologie inc.

Titre

FIGURE 9: PIÉZOMÉTRIE FINALE MODÉLISÉE POUR LE SOCLE ROCHEUX (PARC REMPLI À 100%)

Projet

MÉTANOR RESSOURCES INC.
PROJET BACHELOR, DESMARAISVILLE (QUÉBEC)
ÉTUDE HYDROGÉOLOGIQUE ET GÉOTECHNIQUE

Interprétation et dessin

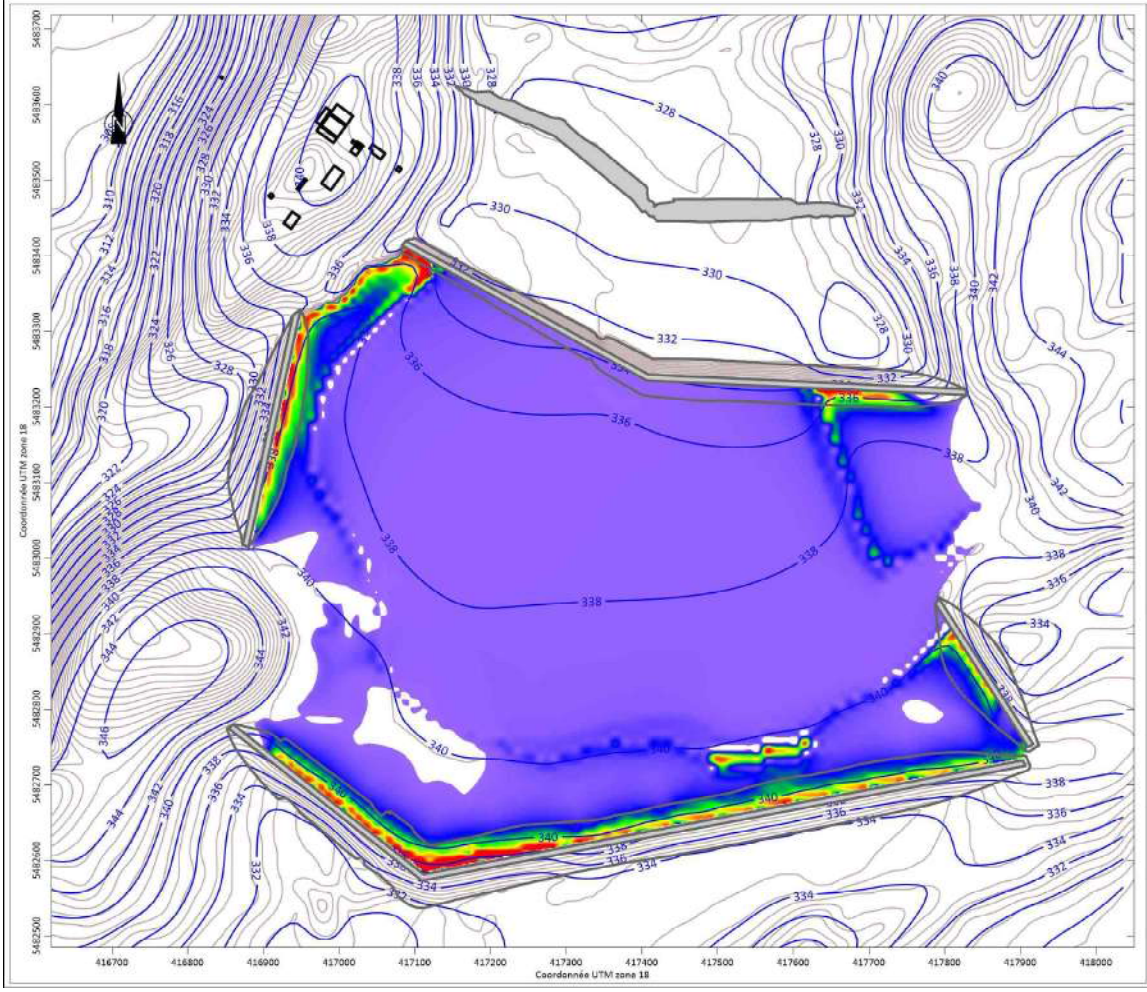
Yves Leblanc, ing. géo.
M.Sc. Hydrogéologue

Date

Septembre 2018

Échelle

1 : 7 500



Légende

Digues projetées

Contours topographiques

Contours piézométriques

Bâtiments

Flux en l/m² par jour

3.3
3
2.7
2.4
2.1
1.8
1.5
1.2
0.9
0.6
0.3
0

0 100 200 300 400 500

Courbes de niveau et infrastructures fournies par Métanor Ressources Inc.

Richelieu Hydrogéologie inc.

Titre

FIGURE 10: FLUX MODÉLISÉ
AU TRAVERS DE LA COUCHE D'ARGILE
CONDUCTIVITÉ DU ROC À 2 X 10⁻⁵ CM/SEC

Projet

METANOR RESOURCES INC.
PROJET BACHELOR, DESMARAISVILLE (QUEBEC)
ÉTUDE HYDROGEOLOGIQUE ET GEOTECHNIQUE

Interprétation et dessin

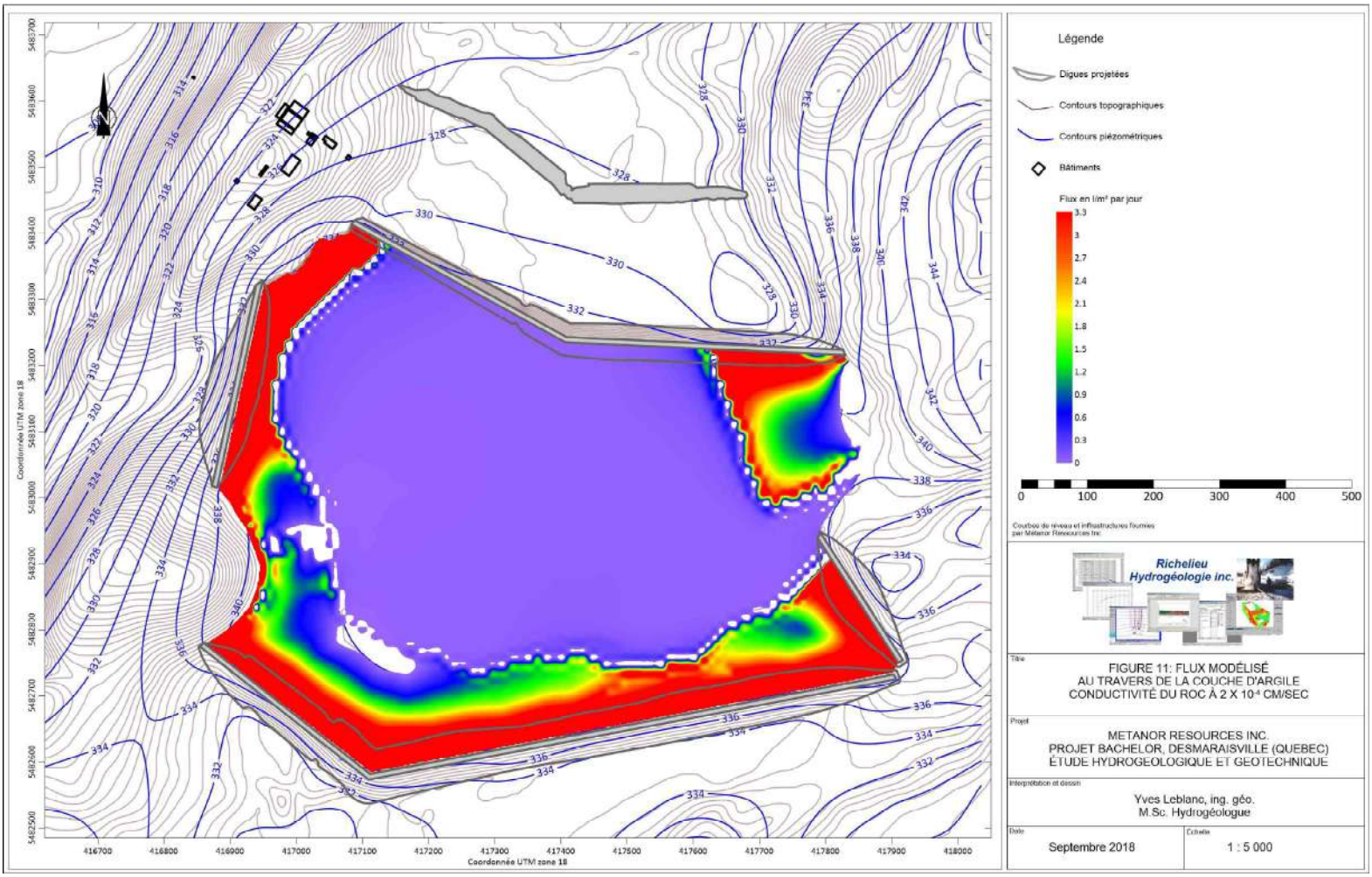
Yves Leblanc, ing. géo.
M.Sc. Hydrogéologue

Date

Septembre 2018

Échelle

1 : 5 000



Titre

FIGURE 11: FLUX MODÉLISÉ
AU TRAVERS DE LA COUCHE D'ARGILE
CONDUCTIVITÉ DU ROC À 2 X 10^{-4} CM/SEC

Projet

METANOR RESOURCES INC.
PROJET BACHELOR, DESMARAISVILLE (QUEBEC)
ÉTUDE HYDROGEOLOGIQUE ET GEOTECHNIQUE

Interprétation et dessin

Yves Leblanc, ing. géo.
M.Sc. Hydrogéologue

Date

Septembre 2018

Échelle

1 : 5 000

ANNEXE 2 : DOSSIER PHOTOGRAPHIQUE

CLIENT Ressources Métanor **N/D. :** HY18-010-2
PROJET Étude géotechnique et hydrogéologique pour l'agrandissement du parc à résidus
LIEU Mine Bachelor, 200, chemin de la mine, Desmaraisville, Qc

No 1 : Vue des installations minières de la mine Bachelor



No 2 : Vue de l'étang du parc à résidus liquides



No 3 : Vue du bassin de sédimentation



No 4 : Vue éloignée du site du forage FG-18-01 sur la digue médiane



No 5 : Installation des équipements au forage FG-18-01



No 6 : FG-18-01 - Installation de la foreuse



CLIENT Ressources Métanor **N/D. :** HY18-010-2
PROJET Étude géotechnique et hydrogéologique pour l'agrandissement du parc à résidus
LIEU Mine Bachelor, 200, chemin de la mine, Desmaraisville, Qc

No 7 : FG-18-01 - Début des travaux



No 8 : FG-18-01 - Cuillère fendue CF-01



No 9 : FG-18-01 - Échantillonnage de la cuillère fendue CF-01



No 10 : FG-18-01 - Cuillère fendue CF-04



No 11 : FG-18-01 - Échantillonnage de la cuillère fendue CF-04



No 12 : FG-18-01 - Cuillère fendue CF-05



CLIENT Ressources Métanor **N/D. :** HY18-010-2
PROJET Étude géotechnique et hydrogéologique pour l'agrandissement du parc à résidus
LIEU Mine Bachelor, 200, chemin de la mine, Desmaraisville, Qc

No 13 : FG-18-01 - Échantillonnage de la cuillère fendue CF-05



No 14 : FG-18-01 – Cuillère fendue CF-06



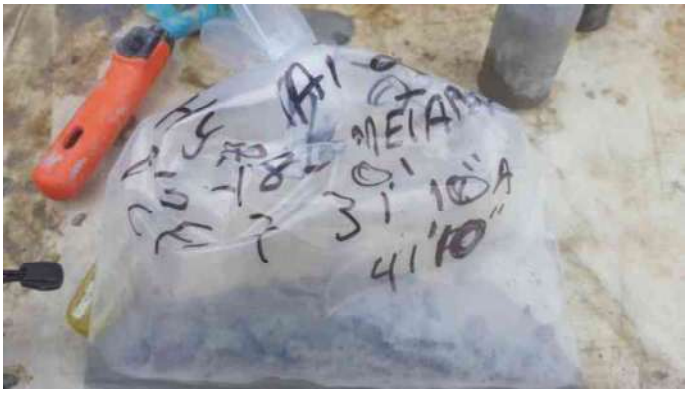
No 15 : FG-18-01 – Échantillonnage de la cuillère fendue CF-06



No 16 : FG-18-01 – Cuillère fendue CF-07



No 17 : FG-18-01 – Échantillonnage de la cuillère fendue CF-07



No 18 : FG-18-01 – Travaux d'échantillonnage



CLIENT Ressources Métanor **N/D. :** HY18-010-2
PROJET Étude géotechnique et hydrogéologique pour l'agrandissement du parc à résidus
LIEU Mine Bachelor, 200, chemin de la mine, Desmaraisville, Qc

No 19 : FG-18-01 – Tige et ailette pour l'essai au scissomètre Nilcon



No 20 : FG-18-01 - Vue de l'ailette pour l'essai au scissomètre Nilcon



No 21 : FG-18-01 – Équipement pour l'essai au scissomètre Nilcon



No 22 : FG-18-01 – Insertion de la tige pour l'essai au scissomètre Nilcon



No 23 : FG-18-01 – Échantillonnage du socle rocheux



No 24 : FG-18-01 – État des lieux à la fin des travaux



CLIENT Ressources Métanor **N/D. :** HY18-010-2
PROJET Étude géotechnique et hydrogéologique pour l'agrandissement du parc à résidus
LIEU Mine Bachelor, 200, chemin de la mine, Desmaraisville, Qc

No 1 : FG-18-02 – Vue éloignée du site du forage



No 2 : FG-18-02 – Début du forage



No 3 : FG-18-02 – Cuillère fendue CF-01



No 4 : FG-18-02 – Échantillonnage de la cuillère fendue CF-01



No 5 : FG-18-02 – Échantillonnage de la cuillère fendue CF-02



No 6 : FG-18-02 – Échantillonnage de la cuillère fendue CF-03



CLIENT Ressources Métanor **N/D. :** HY18-010-2
PROJET Étude géotechnique et hydrogéologique pour l'agrandissement du parc à résidus
LIEU Mine Bachelor, 200, chemin de la mine, Desmaraisville, Qc

No 7 : FG-18-02 – Échantillonnage de la cuillère fendue CF-04



No 8 : FG-18-02 – Échantillonnage du socle rocheux



No 9 : FG-18-02 – État des lieux à la fin des travaux



CLIENT Ressources Métanor **N/D. :** HY18-010-2
PROJET Étude géotechnique et hydrogéologique pour l'agrandissement du parc à résidus
LIEU Mine Bachelor, 200, chemin de la mine, Desmaraisville, Qc

No 1 : FG-18-03 – Vue éloignée du site des travaux



No 2 : FG-18-03 – Installation des équipements de forage au pied de la digue médiane



No 3 : FG-18-03 – Échantillonnage de la cuillère fendue CF-01



No 4 : FG-18-03 – Cuillère fendue CF-02



No 5 : FG-18-03 - Échantillonnage de la cuillère fendue CF-02



No 6 : FG-18-03 – Cuillère fendue CF-03



No 7 : FG-18-03 – Échantillonnage de la cuillère fendue CF-03



No 8 : FG-18-03 – Cuillère fendue CF-04



No 9 : FG-18-03 – Échantillonnage de la cuillère fendue CF-04



No 10 : FG-18-03 – Échantillonnage au tube Shelby



No 11 : FG-18-03 – Vue de l'extrémité du tube Shelby TS-01



No 12 : FG-18-03 – Essai au scissomètre Nilcon



CLIENT Ressources Métanor **N/D. :** HY18-010-2
PROJET Étude géotechnique et hydrogéologique pour l'agrandissement du parc à résidus
LIEU Mine Bachelor, 200, chemin de la mine, Desmaraisville, Qc

No 13 : FG-18-03 – Cuillère fendue CF-05



No 14 : FG-18-03 – Échantillonnage de la cuillère fendue CF-05



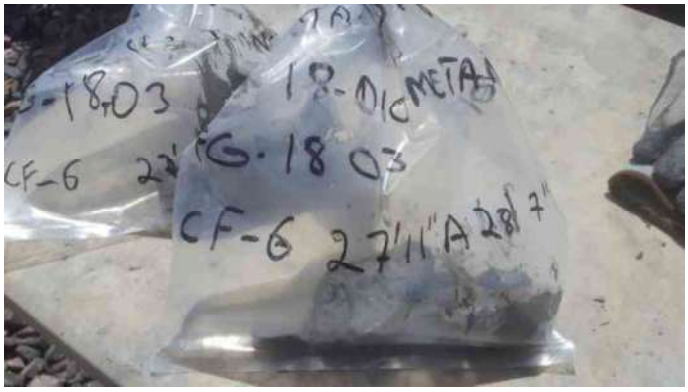
No 15 : FG-18-03 – Cuillère fendue CF-06



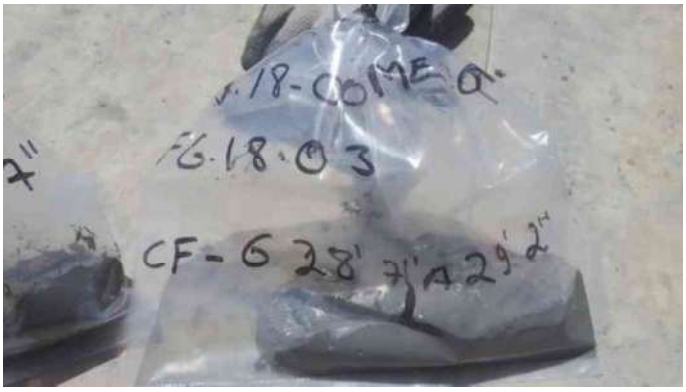
No 16 : FG-18-03 – Échantillonnage de la cuillère fendue CF-06A



No 17 : FG-18-03 – Échantillonnage de la cuillère fendue CF-06B



No 18 : FG-18-03 – Échantillonnage de la cuillère fendue CF-06C



CLIENT Ressources Métanor **N/D. :** HY18-010-2
PROJET Étude géotechnique et hydrogéologique pour l'agrandissement du parc à résidus
LIEU Mine Bachelor, 200, chemin de la mine, Desmaraisville, Qc

No 19 : FG-18-03 – Cuillère fendue CF-07



No 20 : FG-18-03 – Échantillonnage de la cuillère fendue CF-07



No 21 : FG-18-03 – Récupération de la carotte de roc forée



No 22 : FG-18-03 – Échantillonnage du socle rocheux



No 23 : FG-18-03 – État des lieux à la fin des travaux



CLIENT Ressources Métanor **N/D. :** HY18-010-2
PROJET Étude géotechnique et hydrogéologique pour l'agrandissement du parc à résidus
LIEU Mine Bachelor, 200, chemin de la mine, Desmaraisville, Qc

No 1 : FG-18-04 – Site du forage



No 2 : FG-18-04 – Arrivée de l'équipement



No 3 : FG-18-04 – Installation de la foreuse



No 4 : FG-18-04 – Mise à niveau de la foreuse



No 5 : FG-18-04 – Début de l'essai de pénétration standard



No 6 : FG-18-04 – Équipements d'échantillonnage



CLIENT Ressources Métanor **N/D. :** HY18-010-2
PROJET Étude géotechnique et hydrogéologique pour l'agrandissement du parc à résidus
LIEU Mine Bachelor, 200, chemin de la mine, Desmaraisville, Qc

No 7 : FG-18-04 – Cuillère fendue CF-01



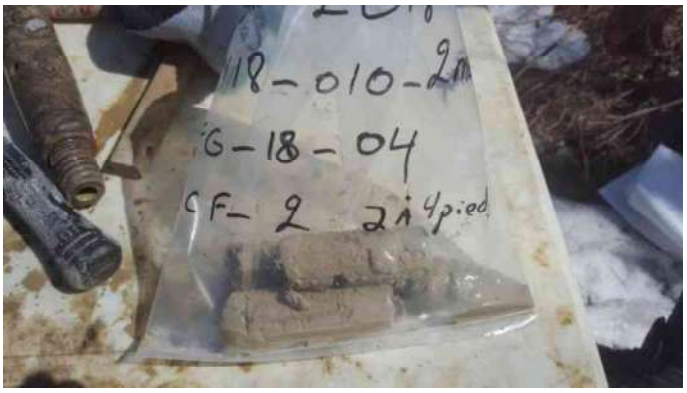
No 8 : FG-18-04 – Échantillonnage de la cuillère fendue CF-01



No 9 : FG-18-04 – Cuillère fendue CF-02



No 10 : FG-18-04 – Échantillonnage de la cuillère fendue CF-02



No 11 : FG-18-04 – Cuillère fendue CF-03



No 12 : FG-18-04 – Échantillonnage de la cuillère fendue CF-03

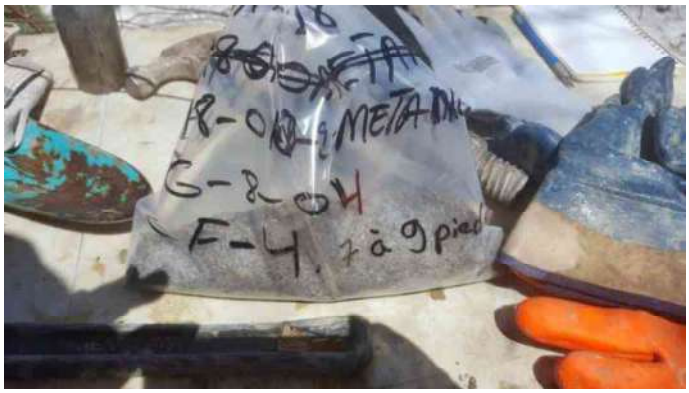


CLIENT Ressources Métanor **N/D. :** HY18-010-2
PROJET Étude géotechnique et hydrogéologique pour l'agrandissement du parc à résidus
LIEU Mine Bachelor, 200, chemin de la mine, Desmaraisville, Qc

No 13 : FG-18-04 – Cuillère fendue CF-04



No 14 : FG-18-04 – Échantillonnage de la cuillère fendue CF-04



No 15 : FG-18-04 – Cuillère fendue CF-05



No 16 : FG-18-04 – Cuillère fendue CF-06



No 17 : FG-18-04 – Échantillonnage du socle rocheux



No 18 : FG-18-04 – État des lieux à la fin du forage



CLIENT Ressources Métanor **N/D. :** HY18-010-2
PROJET Étude géotechnique et hydrogéologique pour l'agrandissement du parc à résidus
LIEU Mine Bachelor, 200, chemin de la mine, Desmaraisville, Qc

No 1 : FG-18-05 – Vue éloignée du site



No 2 : FG-18-05 – Échantillonnage de la cuillère fendue CF-04



No 3 : FG-18-05 – Équipements d'échantillonnage



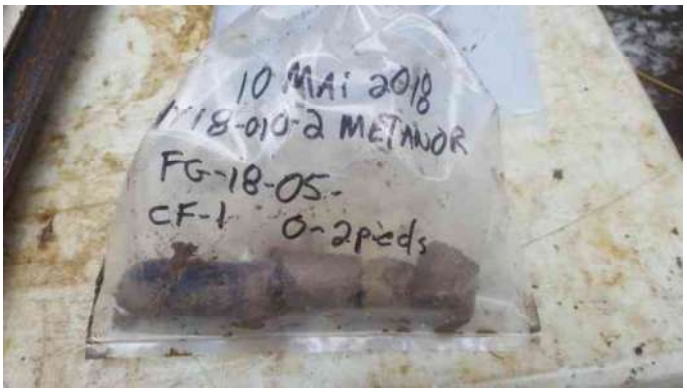
No 4 : FG-18-05 – Début du forage



No 5 : FG-18-05 – Cuillère fendue CF-01



No 6 : FG-18-05 – Échantillonnage de la cuillère fendue CF-01



CLIENT Ressources Métanor **N/D. :** HY18-010-2
PROJET Étude géotechnique et hydrogéologique pour l'agrandissement du parc à résidus
LIEU Mine Bachelor, 200, chemin de la mine, Desmaraisville, Qc

No 7 : FG-18-05 – Cuillère fendue CF-02



No 8 : FG-18-05 – Échantillonnage de la cuillère fendue CF-02



No 9 :FG-18-05 – Cuillère fendue CF-03



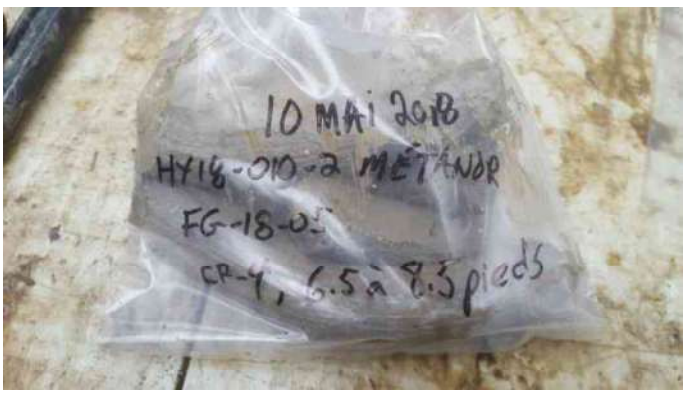
No 10 : FG-18-05 – Échantillonnage de la cuillère fendue CF-03



No 11 : FG-18-05 – Cuillère fendue CF-04



No 12 : FG-18-05 – Échantillonnage de la cuillère fendue CF-04



CLIENT Ressources Métanor **N/D. :** HY18-010-2
PROJET Étude géotechnique et hydrogéologique pour l'agrandissement du parc à résidus
LIEU Mine Bachelor, 200, chemin de la mine, Desmaraisville, Qc

No 13 : FG-18-05 – Récupération du tube Shelby



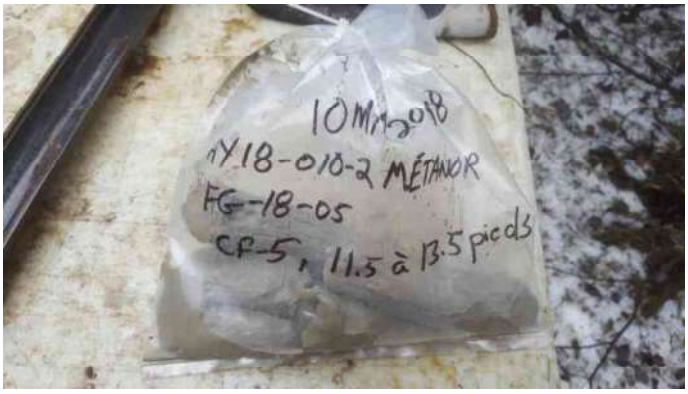
No 14 : FG-18-05 – Vue du tube Shelby préparé pour l'expédition



No 15 : FG-18-05 – Cuillère fendue CF-05



No 16 : FG-18-05 – Échantillonnage de la cuillère fendue CF-05



No 17 : FG-18-05 – Cuillère fendue CF-06



No 18 : FG-18-05 – Cuillère fendue CF-07



CLIENT Ressources Métanor **N/D. :** HY18-010-2
PROJET Étude géotechnique et hydrogéologique pour l'agrandissement du parc à résidus
LIEU Mine Bachelor, 200, chemin de la mine, Desmaraisville, Qc

No 19 : FG-18-05 – Échantillonnage de la cuillère fendue CF-07



No 20 : FG-18-05 – Cuillère fendue CF-08



No 21 : FG-18-05 – Récupération du roc foré



No 22 : FG-18-05 – Échantillonnage du socle rocheux



No 23 : FG-18-05 – Témoin du basalte foré



No 24 : FG-18-05 – État des lieux à la fin des travaux



CLIENT Ressources Métanor **N/D. :** HY18-010-2
PROJET Étude géotechnique et hydrogéologique pour l'agrandissement du parc à résidus
LIEU Mine Bachelor, 200, chemin de la mine, Desmaraisville, Qc

No 1 : FH-18-01 – Installation des équipements de forage



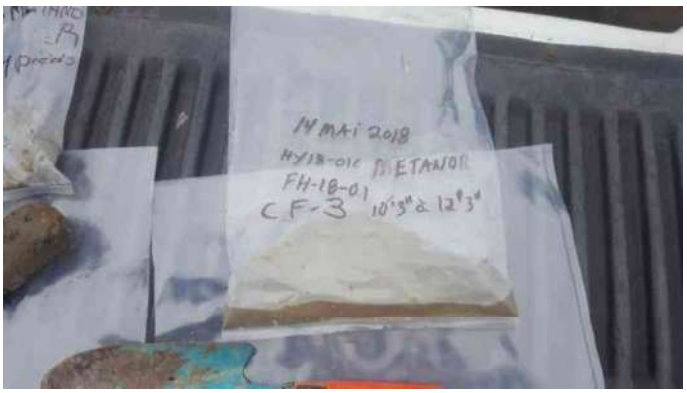
No 2 : FH-18-01R – Échantillonnage de la cuillère fendue CF-01



No 3 : FH-18-01R – Échantillonnage de la cuillère fendue CF-02



No 4 : FH-18-01R – Échantillonnage de la cuillère fendue CF-03



No 5 : FH-18-01R – Échantillonnage du socle rocheux



No 6 : FH-18-01R – Mesure De la profondeur du forage



CLIENT Ressources Métanor **N/D. :** HY18-010-2
PROJET Étude géotechnique et hydrogéologique pour l'agrandissement du parc à résidus
LIEU Mine Bachelor, 200, chemin de la mine, Desmaraisville, Qc

No 7 : FH-18-01R – Montage du piézomètre et application du sable filtrant



No 8 : FH-18-01R – Peltonite utilisée pour le montage du piézomètre



No 9 : FH-18-01R – Bentonite utilisée pour le montage du piézomètre



No 10 : FH-18-01 R– Application de la Peltonite



No 11 : FH-18-01R – Application de la Bentonite



No 12 : FH-18-01R – Montage du piézomètre terminé



CLIENT Ressources Métanor **N/D. :** HY18-010-2
PROJET Étude géotechnique et hydrogéologique pour l'agrandissement du parc à résidus
LIEU Mine Bachelor, 200, chemin de la mine, Desmaraisville, Qc

No 13 : FH-18-01R – Tubage protecteur installé



No 14 : FH-18-01R –Piézomètre terminé avec tubage protecteur et tertre



No 15 : FH-18-01MT – Installation de la foreuse sur le site du piézomètre



No 16 : FH-18-01MT – Remplissage et installation du piézomètre



No 17 : FH-18-01R et MT – Développement des piézomètres



No 18 : FH-18-01R – Eau pompée éclaircie lors du développement



CLIENT Ressources Métanor **N/D. :** HY18-010-2
PROJET Étude géotechnique et hydrogéologique pour l'agrandissement du parc à résidus
LIEU Mine Bachelor, 200, chemin de la mine, Desmaraisville, Qc

No 19 : FH-18-01MT – Eau pompée éclaircie lors du développement



No 20 : : FH-18-01R et MT – Prise de niveaux d'eau dans les piézomètres



No 21 : FH-18-01R et MT – Prise de mesures avec la sonde multi paramètres



No 22 : : FH-18-01R et MT – Essai de perméabilité dans les piézomètres



CLIENT Ressources Métanor **N/D. :** HY18-010-2
PROJET Étude géotechnique et hydrogéologique pour l'agrandissement du parc à résidus
LIEU Mine Bachelor, 200, chemin de la mine, Desmaraisville, Qc

No 1 : GH-18-02 – Cuillère fendue CF-01



No 2 : GH-18-02 – Échantillonnage de la cuillère fendue CF-01



No 3 : GH-18-02 – Échantillonnage de la cuillère fendue CF-02



No 4 : GH-18-02 – Échantillonnage du socle rocheux



No 5 : GH-18-02R – Vue du site après les travaux de forage et d'installation du piézomètre



No 6 : GH-18-02R – Développement du piézomètre



CLIENT Ressources Métanor **N/D. :** HY18-010-2
PROJET Étude géotechnique et hydrogéologique pour l'agrandissement du parc à résidus
LIEU Mine Bachelor, 200, chemin de la mine, Desmaraisville, Qc

No 7 : GH-18-02R – Vue rapprochée de l'eau lors du développement



No 8 : GH-18-02R – Eau de pompage éclaircie lors du développement



No 9 : GH-18-02R – Prise de niveaux d'eau dans le piézomètre



No 10 : GH-18-02R – Prise de mesures avec la sonde multi paramètres



CLIENT Ressources Métanor **N/D. :** HY18-010-2
PROJET Étude géotechnique et hydrogéologique pour l'agrandissement du parc à résidus
LIEU Mine Bachelor, 200, chemin de la mine, Desmaraisville, Qc

No 1 : GH-18-03 – Installation des équipements de forage



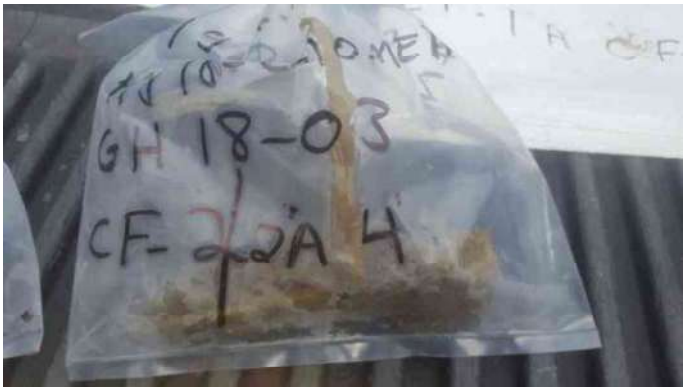
No 2 : GH-18-03 – Échantillonnage de la cuillère fendue CF-01



No 3 : GH-18-03 – Cuillère fendue CF-02



No 4 : GH-18-03 – Échantillonnage de la cuillère fendue CF-02



No 5 : GH-18-03 – Échantillonnage au tube Shelby



No 6 : GH-18-03 – Échantillonnage du socle rocheux



CLIENT Ressources Métanor **N/D. :** HY18-010-2
PROJET Étude géotechnique et hydrogéologique pour l'agrandissement du parc à résidus
LIEU Mine Bachelor, 200, chemin de la mine, Desmaraisville, Qc

No 7 : GH-18-03R et MT – Vue du tubage 50 mm utilisé



No 8 : GH-18-03R et MT – Vue rapprochée de la crépine 50 mm utilisée



No 9 : GH-18-03R et MT – Sable filtrant utilisé



No 10 : GH-18-03R et MT – Peltonite utilisée



No 11 GH-18-03R et MT– Bentonite utilisée



No 12 : GH-18-03R – Montage du piézomètre



CLIENT Ressources Métanor **N/D. :** HY18-010-2
PROJET Étude géotechnique et hydrogéologique pour l'agrandissement du parc à résidus
LIEU Mine Bachelor, 200, chemin de la mine, Desmaraisville, Qc

No 13 : GH-18-03R – Mesure de la profondeur



No 14 : GH-18-03R – Dépôt du sable filtrant au niveau de la crépine



No 15 : GH-18-03R – Dépôt de la peltonite au-dessus de la crépine



No 16 : GH-18-03R – Installation du tubage protecteur de 150 mm



No 17 : GH-18-03R – Application de la bentonite afin de terminer le montage



No 18 : GH-18-03MT – Installation de la foreuse



CLIENT Ressources Métanor **N/D. :** HY18-010-2
PROJET Étude géotechnique et hydrogéologique pour l'agrandissement du parc à résidus
LIEU Mine Bachelor, 200, chemin de la mine, Desmaraisville, Qc

No 19 : GH-18-03MT – Montage du piézomètre



No 20 : GH-18-03MT – Mesure de profondeur



No 21 : GH-18-03MT – Dépôt du sable au niveau de la crépine



No 22 : GH-18-03MT – Application de la Peltonite au-dessus de la crépine



No 23 : GH-18-03MT – Tiges de forage retirées



No 24 : GH-18-03MT – Insertion du tubage protecteur de 150 mm



CLIENT Ressources Métanor **N/D. :** HY18-010-2
PROJET Étude géotechnique et hydrogéologique pour l'agrandissement du parc à résidus
LIEU Mine Bachelor, 200, chemin de la mine, Desmaraisville, Qc

No 25 : GH-18-03R et MT – Vue des piézomètres terminés



No 26 : GH-18-03R et MT – Prise de niveaux d'eau dans les piézomètres



No 27 : GH-18-03R et MT – Développement des piézomètres



No 28 : GH-18-03R et MT – Fin du développement, eau éclaircie



No 29 : GH-18-03 – Prise de données avec la sonde multi paramètres



No 30 : GH-18-03R et MT – Vue du site après les travaux



CLIENT Ressources Métanor **N/D. :** HY18-010-2
PROJET Étude géotechnique et hydrogéologique pour l'agrandissement du parc à résidus
LIEU Mine Bachelor, 200, chemin de la mine, Desmaraisville, Qc

No 1 : GH-18-04 – Vue éloignée du site de forage



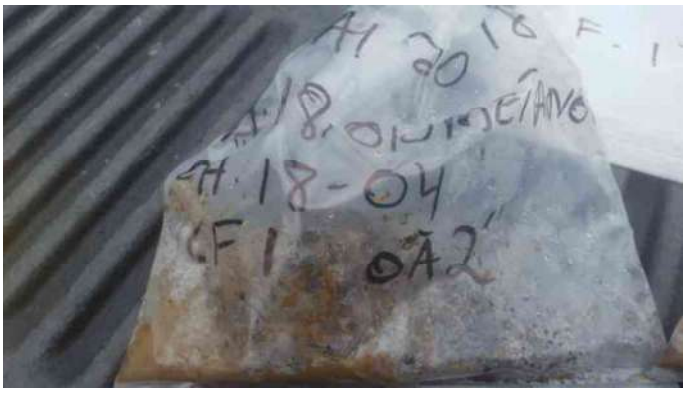
No 2 : GH-18-04 – Début des travaux



No 3 : GH-18-04 – Cuillère fendue CF-01



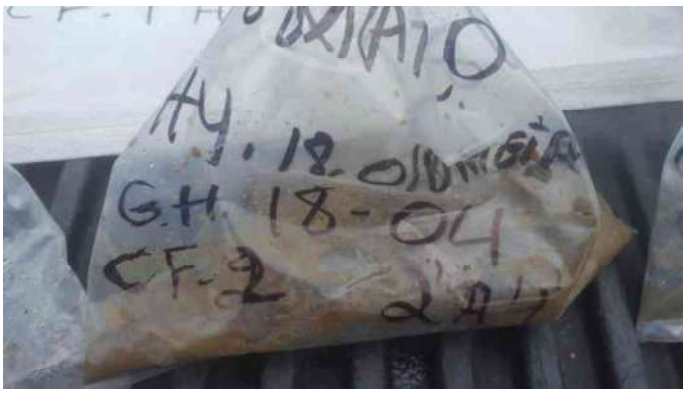
No 4 : GH-18-04 – Échantillonnage de la cuillère fendue CF-01



No 5 : GH-18-04 – Cuillère fendue CF-02



No 6 : GH-18-04 – Échantillonnage de la cuillère fendue CF-02

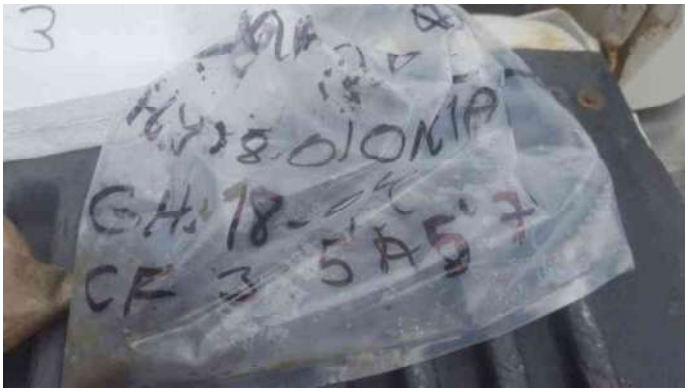


CLIENT Ressources Métanor **N/D. :** HY18-010-2
PROJET Étude géotechnique et hydrogéologique pour l'agrandissement du parc à résidus
LIEU Mine Bachelor, 200, chemin de la mine, Desmaraisville, Qc

No 7 : GH-18-04 – Cuillère fendue CF-03



No 8 : GH-18-04 – Échantillonnage de la cuillère fendue CF-03



No 9 : GH-18-04 – Cuillère fendue CF-04



No 10 : GH-18-04 – Échantillonnage du socle rocheux



No 11 : GH-18-04R – Vue du piézomètre terminé



No 12 : GH-18-04R – Prise de niveaux d'eau du piézomètre



No 13 : GH-18-04R – Essai de perméabilité sur le piézomètre



No 14 : GH-18-04 – Développement du piézomètre



No 15 : GH-18-04 – Prise de données avec la sonde multi paramètres



No 16 : GH-18-04 – Vue de l'eau claire à la fin du développement



No 17 : GH-18-04 – Vue de l'intérieur du piézomètre



No 18 : GH-18-04 – Vue du site après les travaux



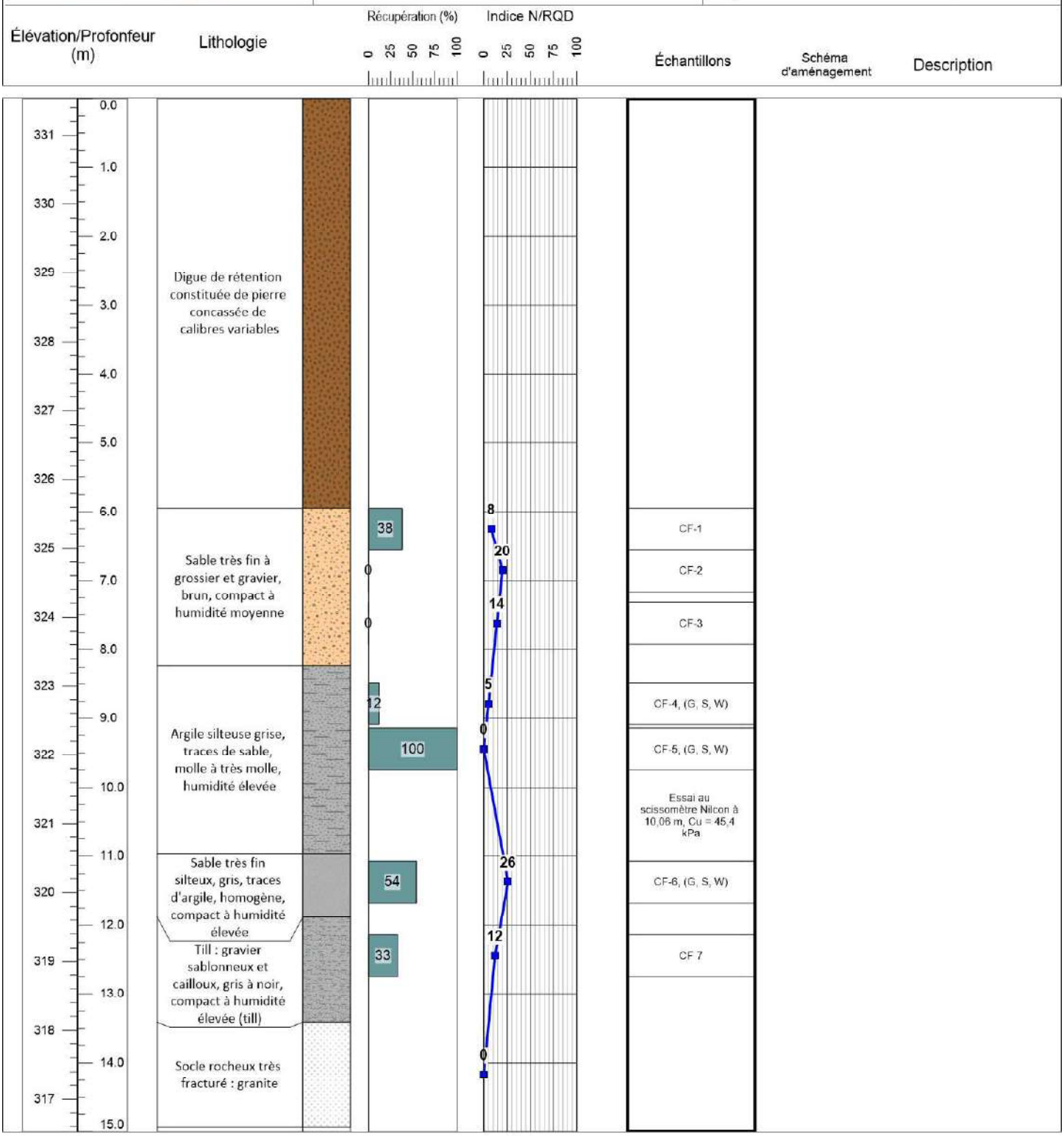
ANNEXE 3 : RAPPORTS DE FORAGE

Coupe géologique et technique

Richelieu Hydrogéologie inc.

Identification: FG-18-01
Localisation: Mine Bachelor, Démaraisville, QC
Date du forage: 16 mai 2018
Client: Richelieu Hydrogéologie
Projet: Étude géotechnique

Coordonnées
X: 417486
Y: 5483462
Z: 331.53
Système et fuseau: UTM, Nad83, Zone19



Entrepreneur: Technofor
Méthode de forage: Forage géotechnique

Description: Mathieu Dufour
Vérification: Richard Dufour, ing.

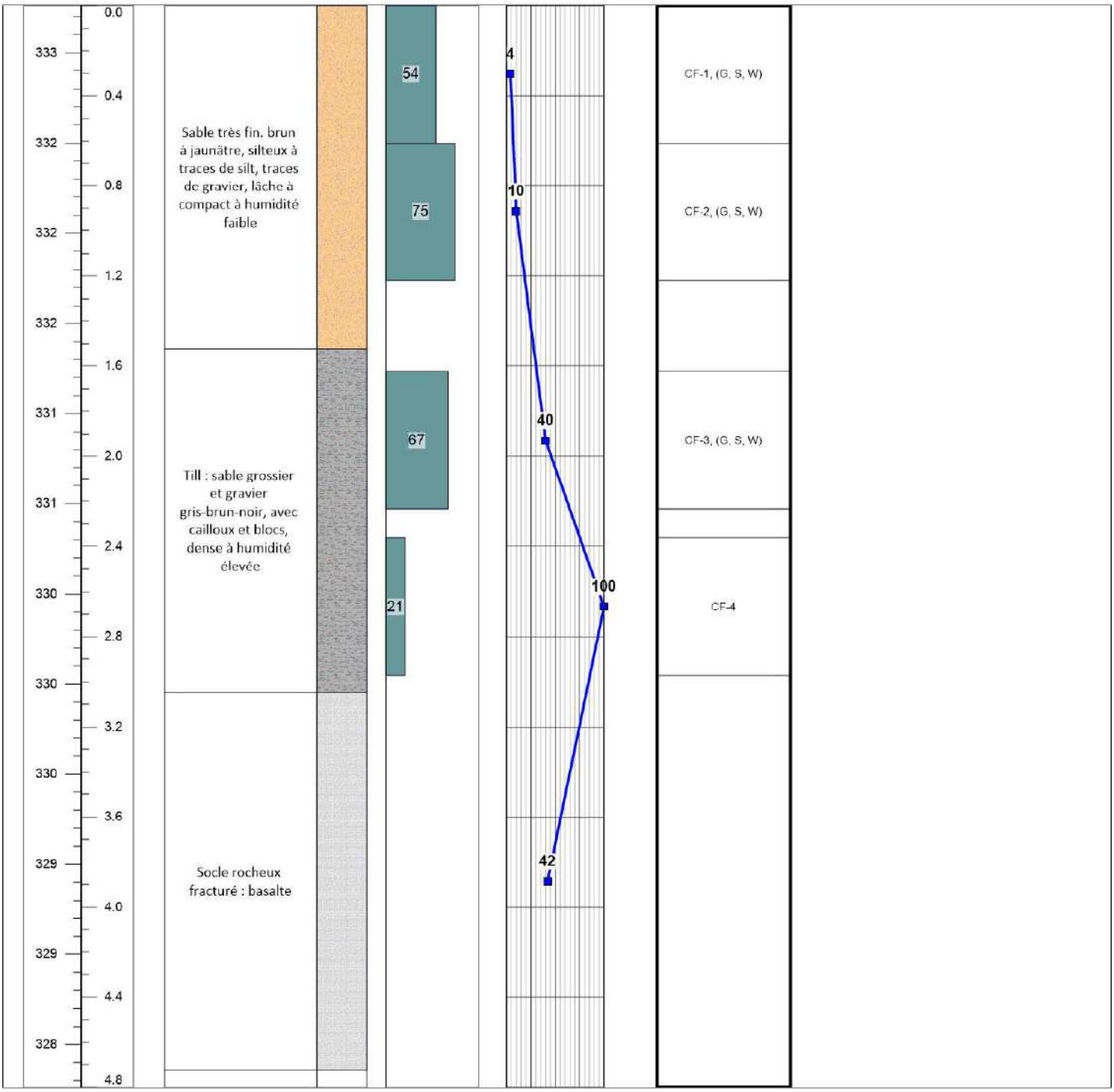
Matériaux
Couvercle
Tout venant
Bentonite
Tubage
Peltonite
Sable de silice

Coupe géologique et technique

Richelieu Hydrogéologie inc.

Identification: FG-18-02
Localisation: Mine Bachelor, Démaraisville, QC
Date du forage: 20 mai 2018
Client: Richelieu Hydrogéologie
Projet: Étude géotechnique

Coordonnées
X: 417270
Y: 5482549
Z: 333.01
Système et fuseau: UTM, Nad83, Zone19



Entrepreneur: Technofor
Méthode de forage: Forage géotechnique

Description: Mathieu Dufour
Vérification: Richard Dufour, ing.

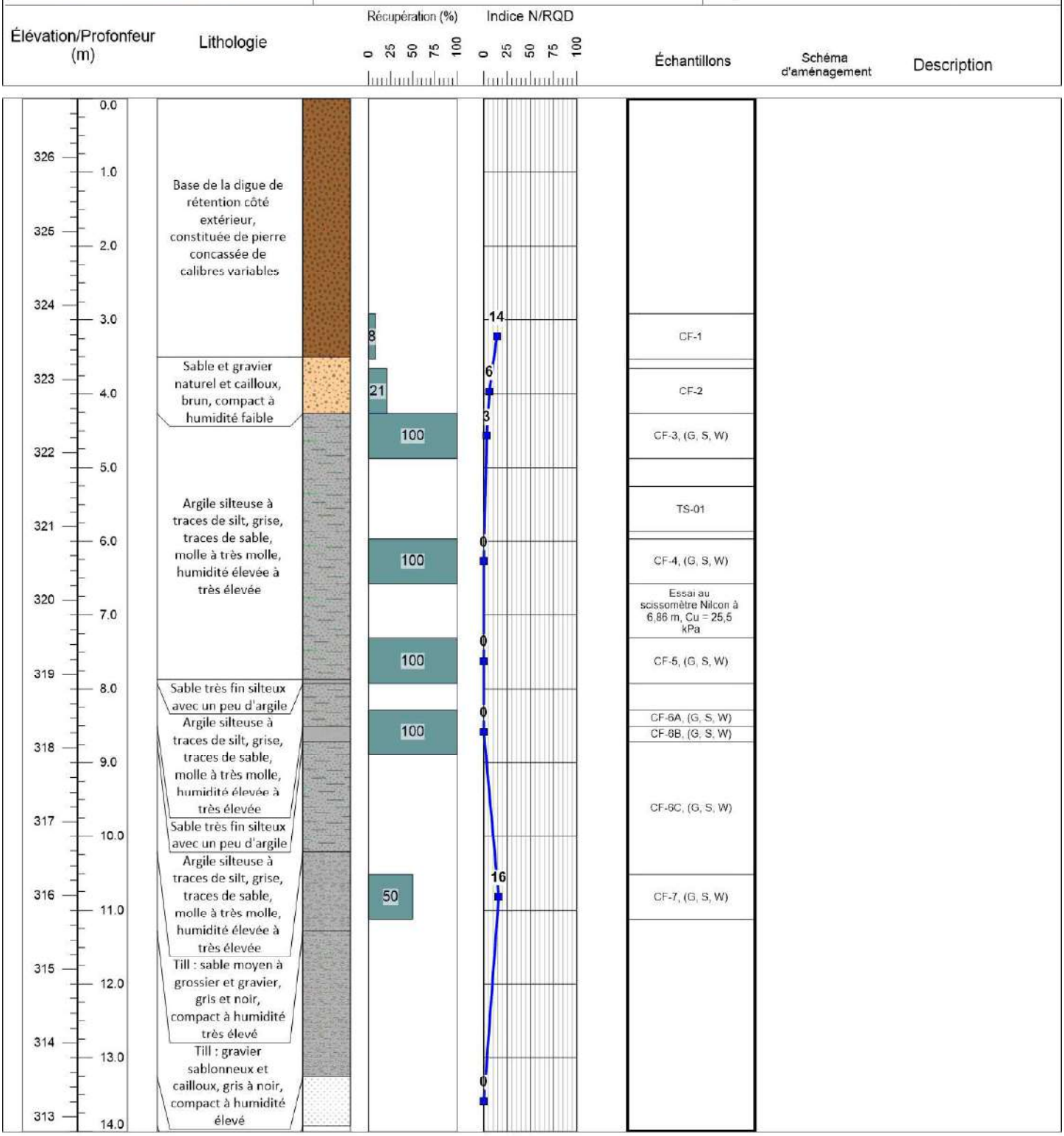
Matériaux
Couvercle
Tout venant
Bentonite
Tubage
Peltonite
Sable de silice

Coupe géologique et technique

Richelieu Hydrogéologie inc.

Identification: FG-18-03
Localisation: Mine Bachelor, Démaraisville, QC
Date du forage: 17 mai 2018
Client: Richelieu Hydrogéologie
Projet: Étude géotechnique

Coordonnées
X: 417354
Y: 5483545
Z: 326.8
Système et fuseau: UTM, Nad83, Zone19



Entrepreneur: Technofor
Méthode de forage: Forage géotechnique

Description: Mathieu Dufour
Vérification: Richard Dufour, ing.

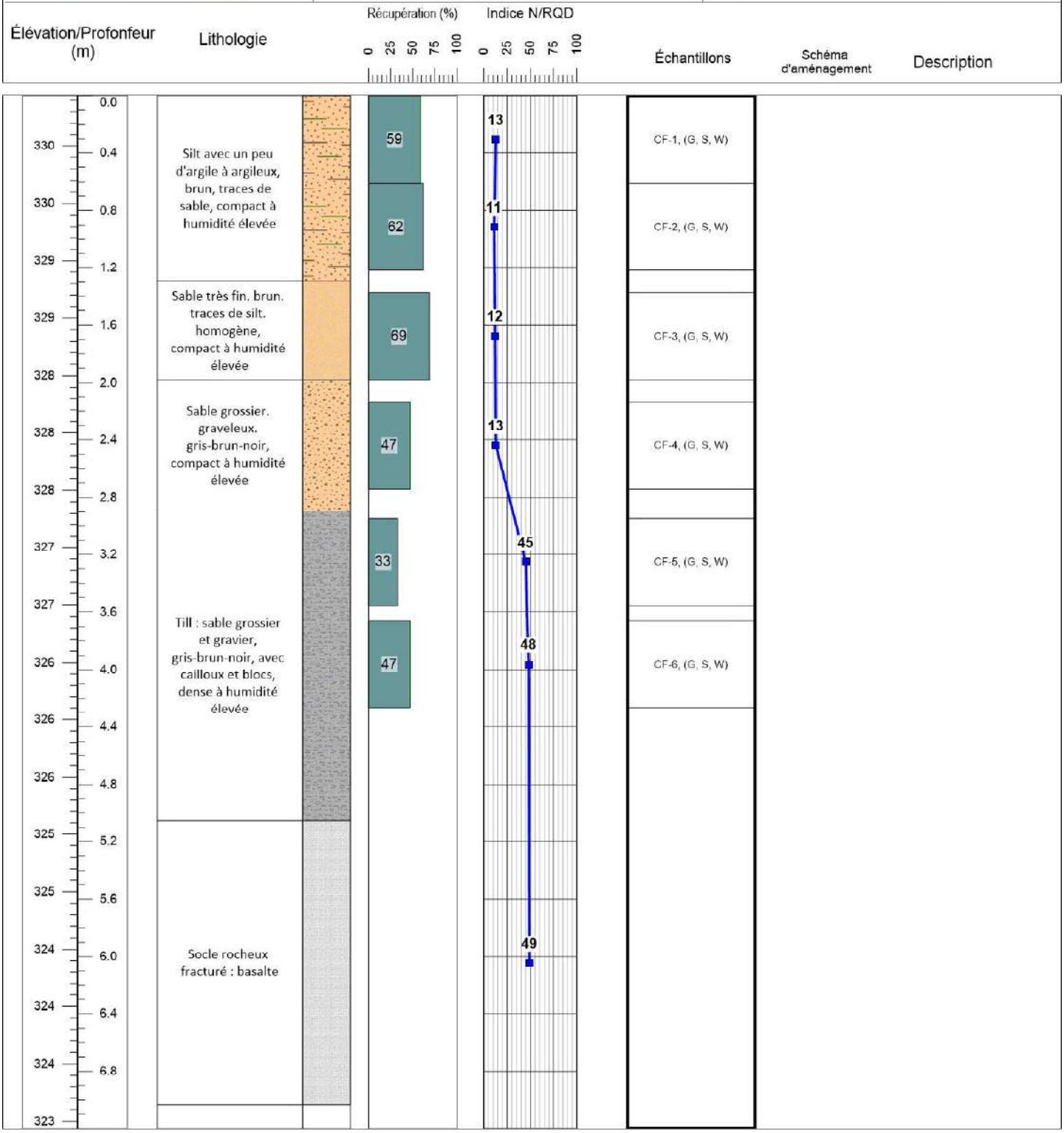
Matériaux
Couvercle, Tout venant, Bentonite
Tubage, Peltonite, Sable de silice

Coupe géologique et technique

Richelieu Hydrogéologie inc.

Identification: FG-18-04
Localisation: Mine Bachelor, Démaraisville, QC
Date du forage: 10 mai 2018
Client: Richelieu Hydrogéologie
Projet: Étude géotechnique

Coordonnées
X: 416729
Y: 5483197
Z: 330.35
Système et fuseau: UTM, Nad83, Zone19



Entrepreneur: Technofor
Méthode de forage: Forage géotechnique

Description: Mathieu Dufour
Vérification: Richard Dufour, ing.

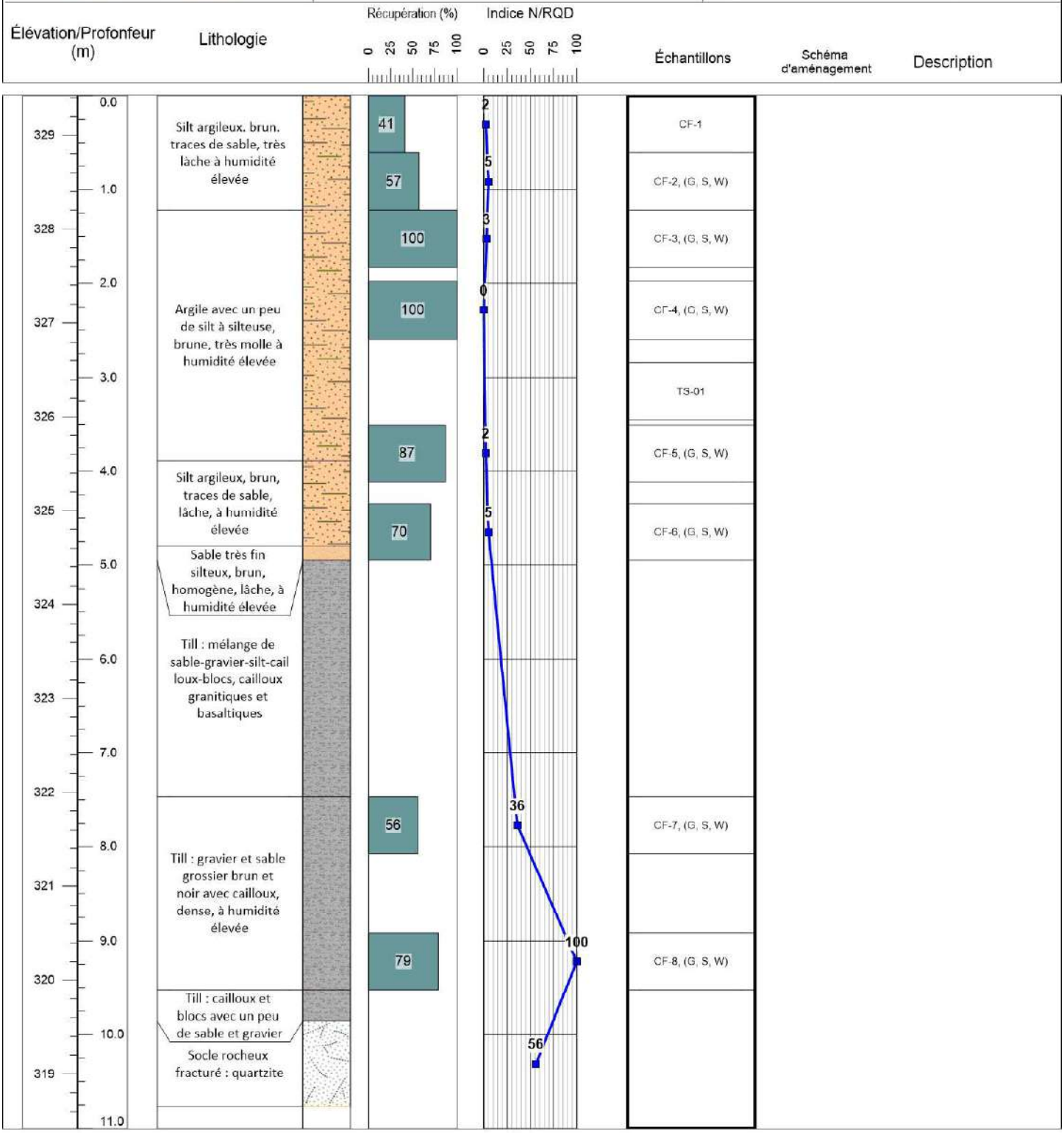
Matériaux
Couvercle | Tout venant | Bentonite
Tubage | Peltonite | Sable de silice

Coupe géologique et technique

Richelieu Hydrogéologie inc.

Identification: FG-18-05
Localisation: Mine Bachelor, Démaraisville, QC
Date du forage: 11 mai 2018
Client: Richelieu Hydrogéologie
Projet: Étude géotechnique

Coordonnées
X: 416840
Y: 5483221
Z: 329.42
Système et fuseau: UTM, Nad83, Zone19



Entrepreneur: Technofor
Méthode de forage: Forage géotechnique

Description: Mathieu Dufour
Vérification: Richard Dufour, ing.

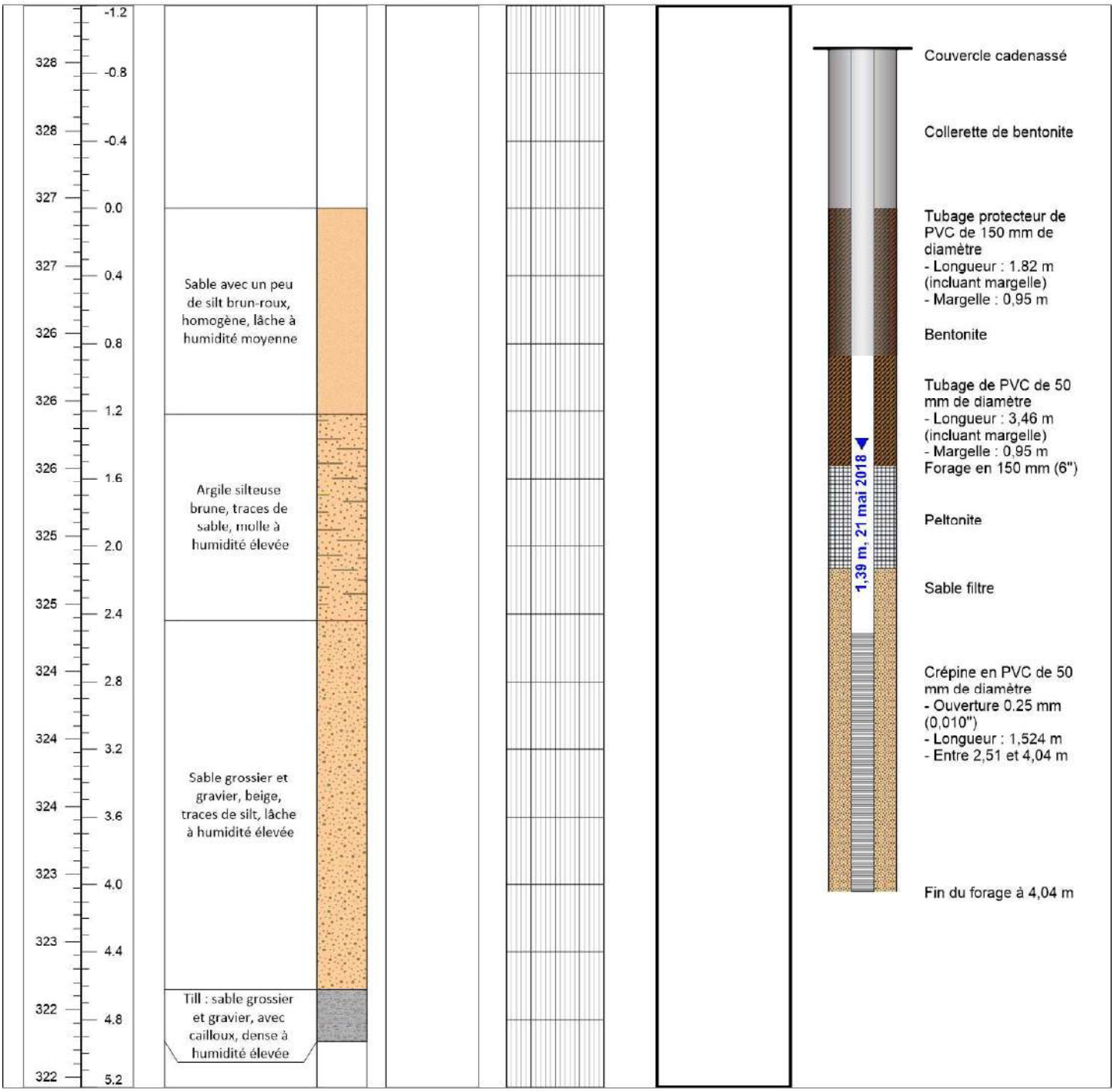
Matériaux
Couvercle, Tout venant, Bentonite
Tubage, Peltonite, Sable de silice

Coupe géologique et technique

Richelieu Hydrogéologie inc.

Identification: FH-18-01MT
Localisation: Mine Bachelor, Démaraisville, QC
Date du forage: 21 mai 2018
Client: Richelieu Hydrogéologie
Projet: Étude géotechnique

Coordonnées
X: 417549
Y: 5483625
Z: 327.14
Système et fuseau: UTM, Nad83, Zone19



Entrepreneur: Technofor
Méthode de forage: Forage géotechnique

Description: Mathieu Dufour
Vérification: Richard Dufour, ing.

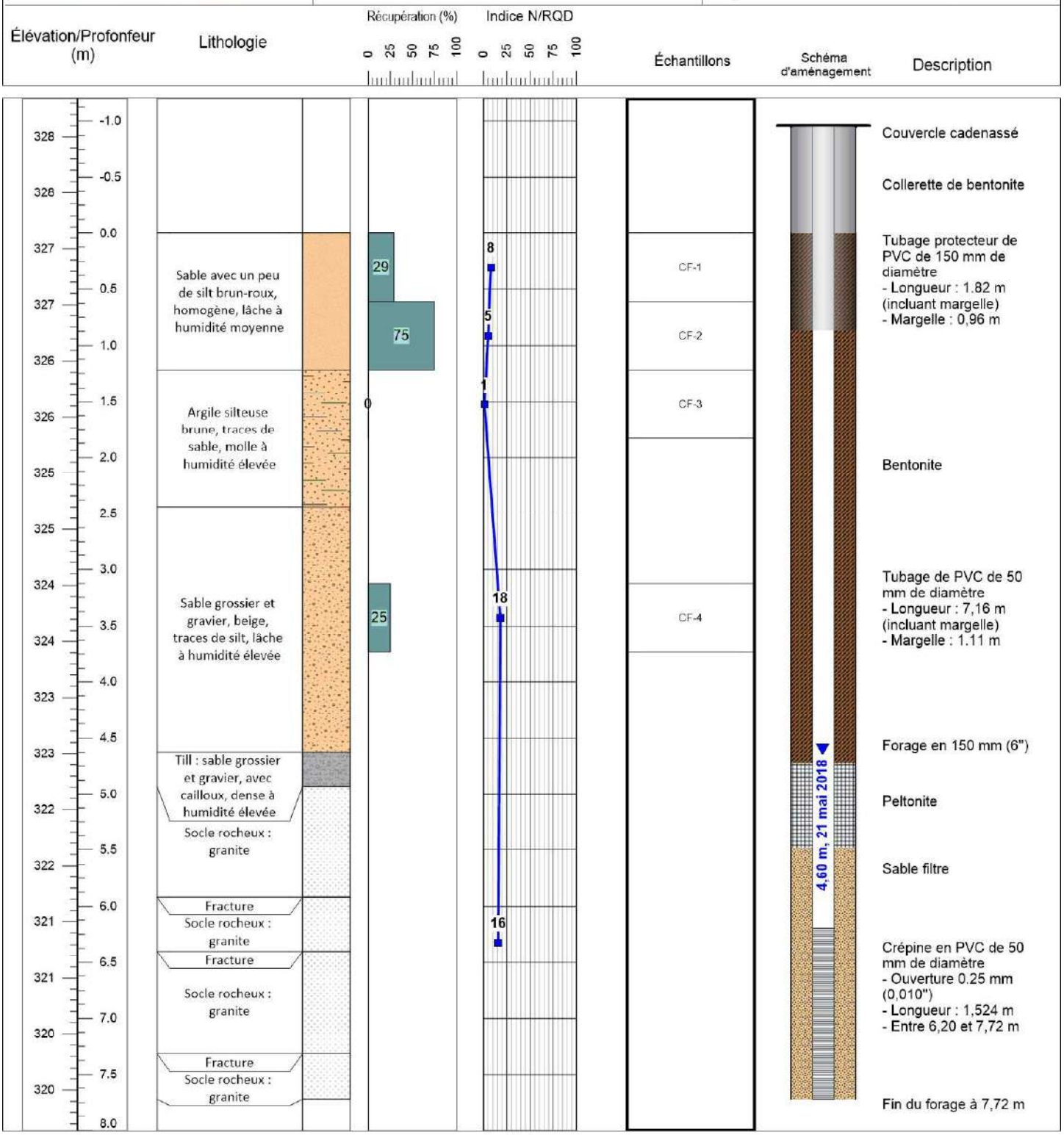
Matériaux
Couvercle | Tout venant | Bentonite
Tubage | Peltonite | Sable de silice

Coupe géologique et technique

Richelieu Hydrogéologie inc.

Identification: FH-18-01R
Localisation: Mine Bachelor, Démaraisville, QC
Date du forage: 21 mai 2018
Client: Richelieu Hydrogéologie
Projet: Étude géotechnique

Coordonnées
X: 417548
Y: 5483627
Z: 327.14
Système et fuseau: UTM, Nad83, Zone19



Entrepreneur: Technofor
Méthode de forage: Forage géotechnique

Description: Mathieu Dufour
Vérification: Richard Dufour, ing.

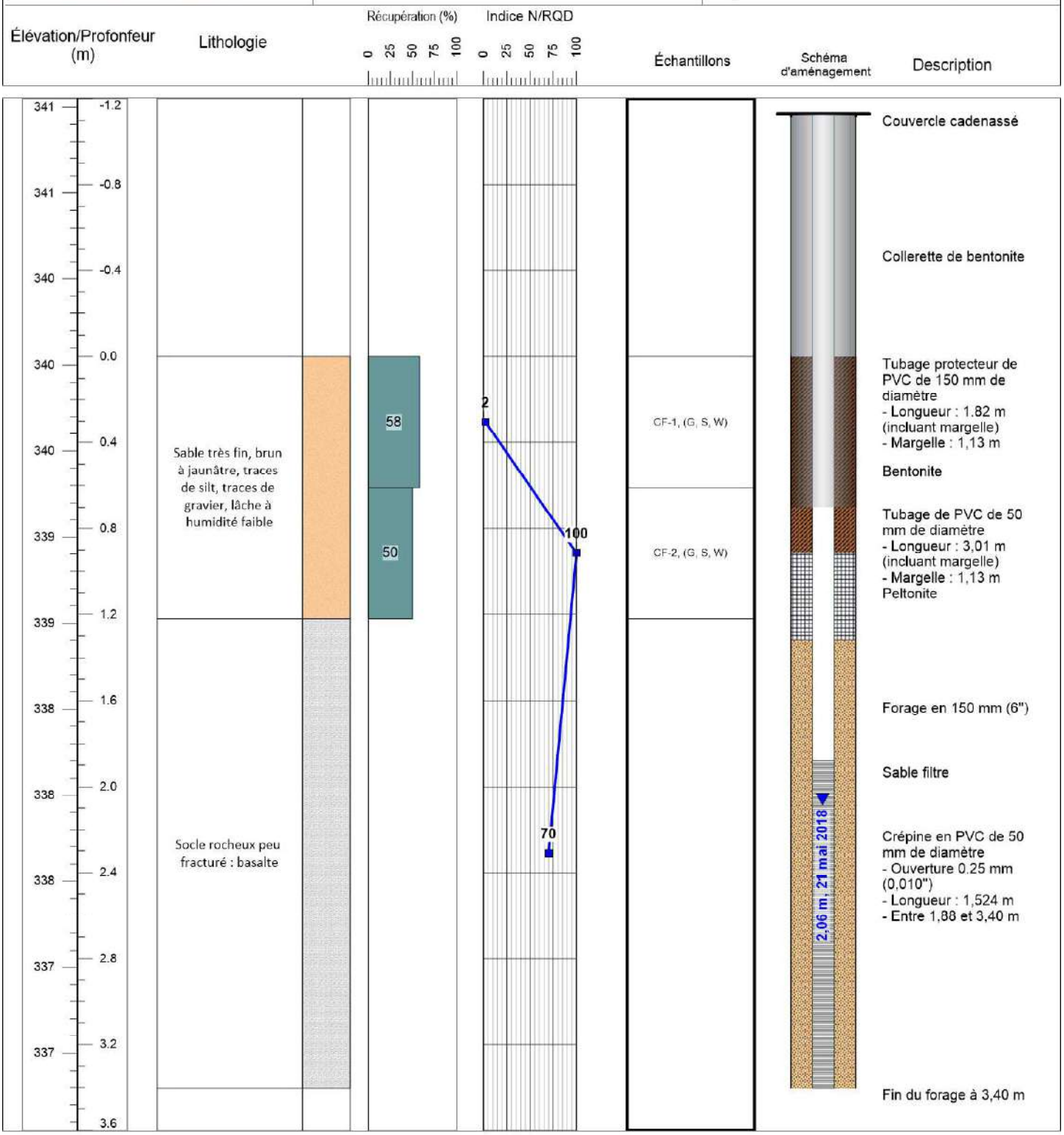
Matériaux
Couvercle | Tout venant | Bentonite
Tubage | Peltonite | Sable de silice

Coupe géologique et technique

Richelieu Hydrogéologie inc.

Identification: GH-18-02R
Localisation: Mine Bachelor, Démaraisville, QC
Date du forage: 20 mai 2018
Client: Richelieu Hydrogéologie
Projet: Étude géotechnique

Coordonnées
X: 417938
Y: 5482781
Z: 340.04
Système et fuseau: UTM, Nad83, Zone19



Entrepreneur: Technofor
Méthode de forage: Forage géotechnique

Description: Mathieu Dufour
Vérification: Richard Dufour, ing.

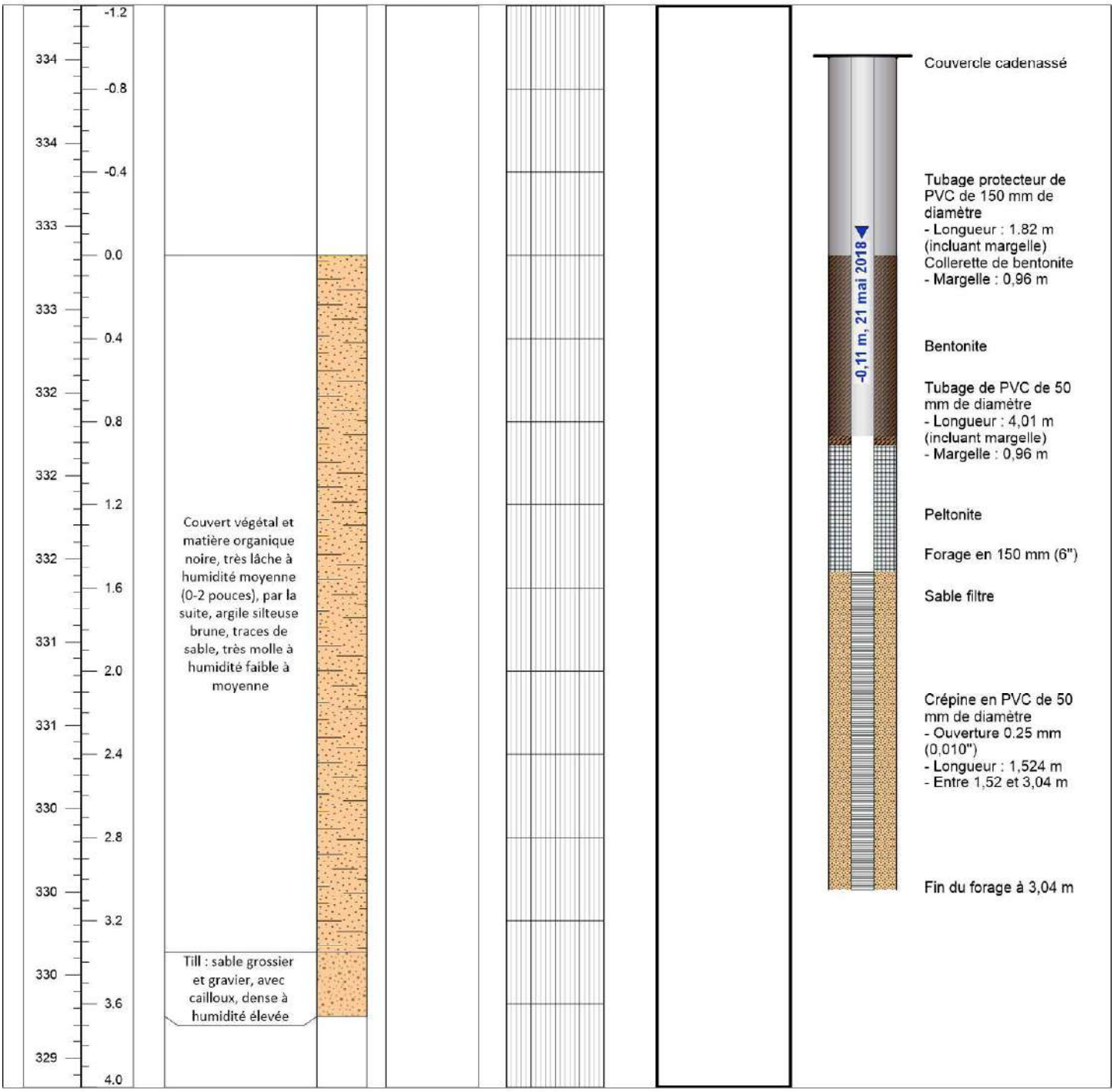
Matériaux
Couvercle | Tout venant | Bentonite
Tubage | Peltonite | Sable de silice

Coupe géologique et technique

Richelieu Hydrogéologie inc.

Identification: GH-18-03MT
Localisation: Mine Bachelor, Démaraisville, QC
Date du forage: 19 mai 2018
Client: Richelieu Hydrogéologie
Projet: Étude géotechnique

Coordonnées
X: 417702
Y: 5482676
Z: 333.06
Système et fuseau: UTM, Nad83, Zone19



Entrepreneur: Technofor
Méthode de forage: Forage géotechnique

Description: Mathieu Dufour
Vérification: Richard Dufour, ing.

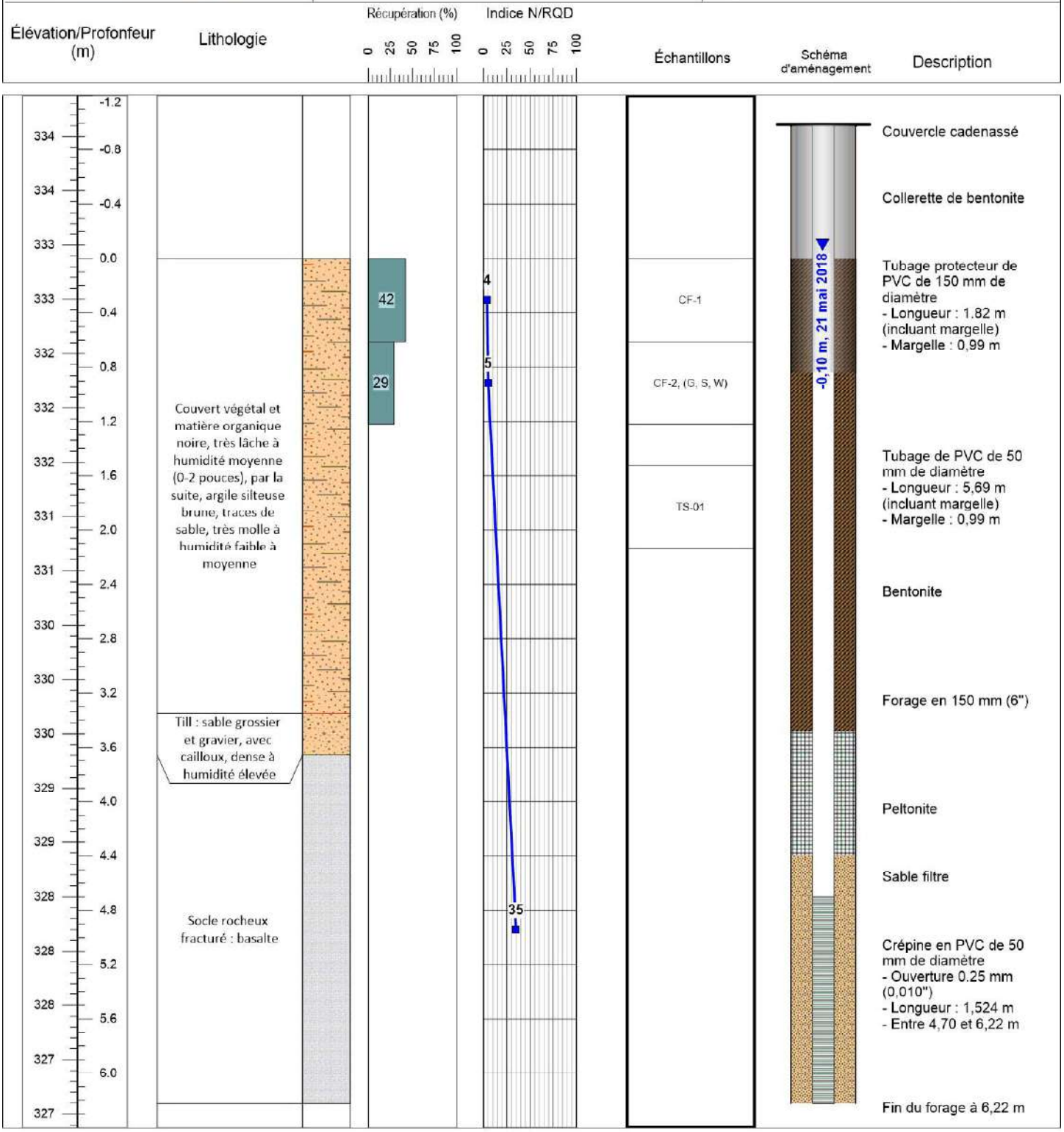
Matériaux
Couvercle | Tout venant | Bentonite
Tubage | Peltonite | Sable de silice

Coupe géologique et technique

Richelieu Hydrogéologie inc.

Identification: GH-18-03R
Localisation: Mine Bachelor, Démaraisville, QC
Date du forage: 19 mai 2018
Client: Richelieu Hydrogéologie
Projet: Étude géotechnique

Coordonnées
X: 417704
Y: 5482678
Z: 333.1
Système et fuseau: UTM, Nad83, Zone19



Entrepreneur: Technofor
Méthode de forage: Forage géotechnique

Description: Mathieu Dufour
Vérification: Richard Dufour, ing.

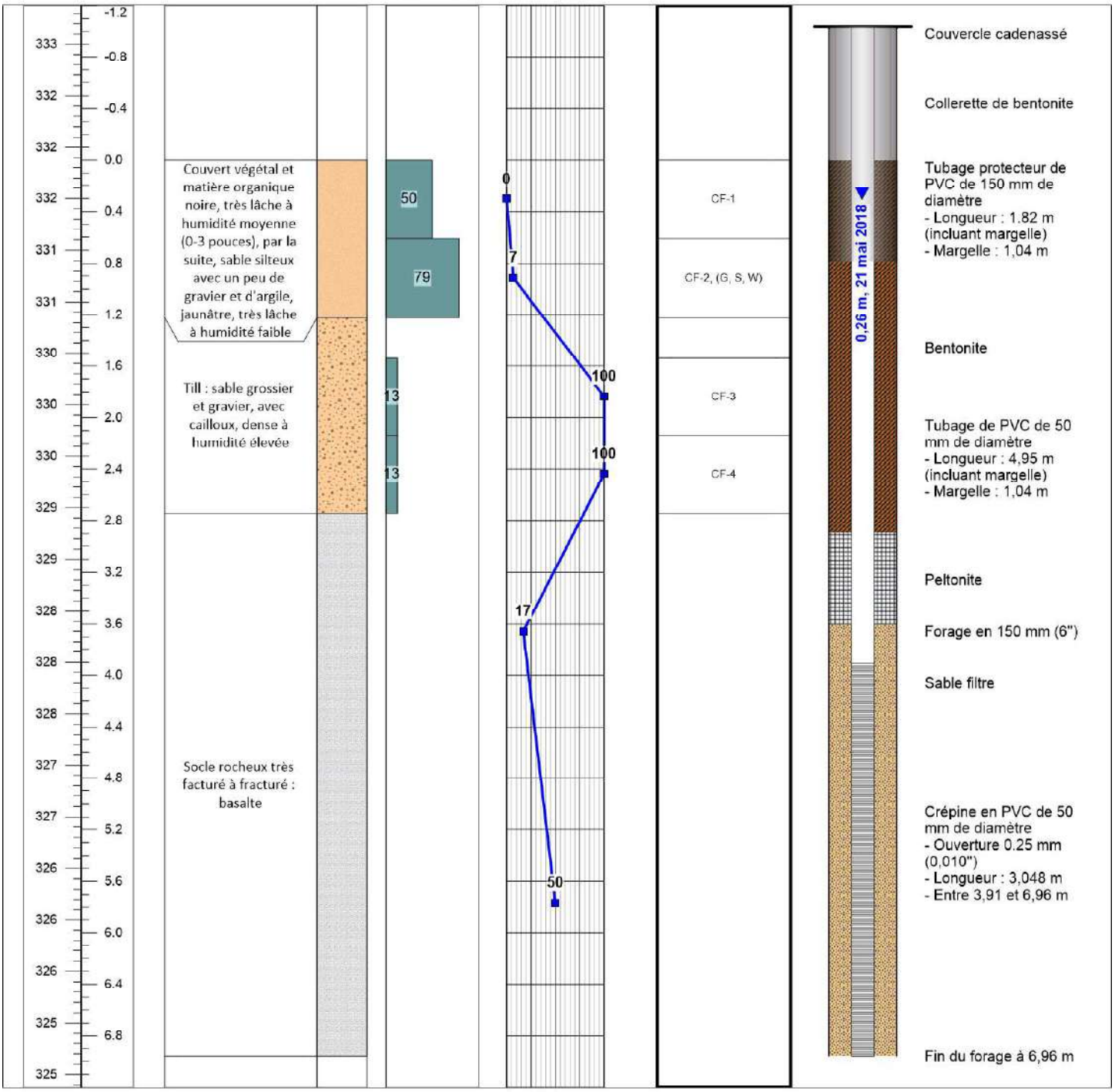
Matériaux
Couvercle | Tout venant | Bentonite
Tubage | Peltonite | Sable de silice

Coupe géologique et technique

Richelieu Hydrogéologie inc.

Identification: GH-18-04R
Localisation: Mine Bachelor, Démaraisville, QC
Date du forage: 18 mai 2018
Client: Richelieu Hydrogéologie
Projet: Étude géotechnique

Coordonnées
X: 416877
Y: 5482511
Z: 331.9
Système et fuseau: UTM, Nad83, Zone19



Entrepreneur: Technofor
Méthode de forage: Forage géotechnique

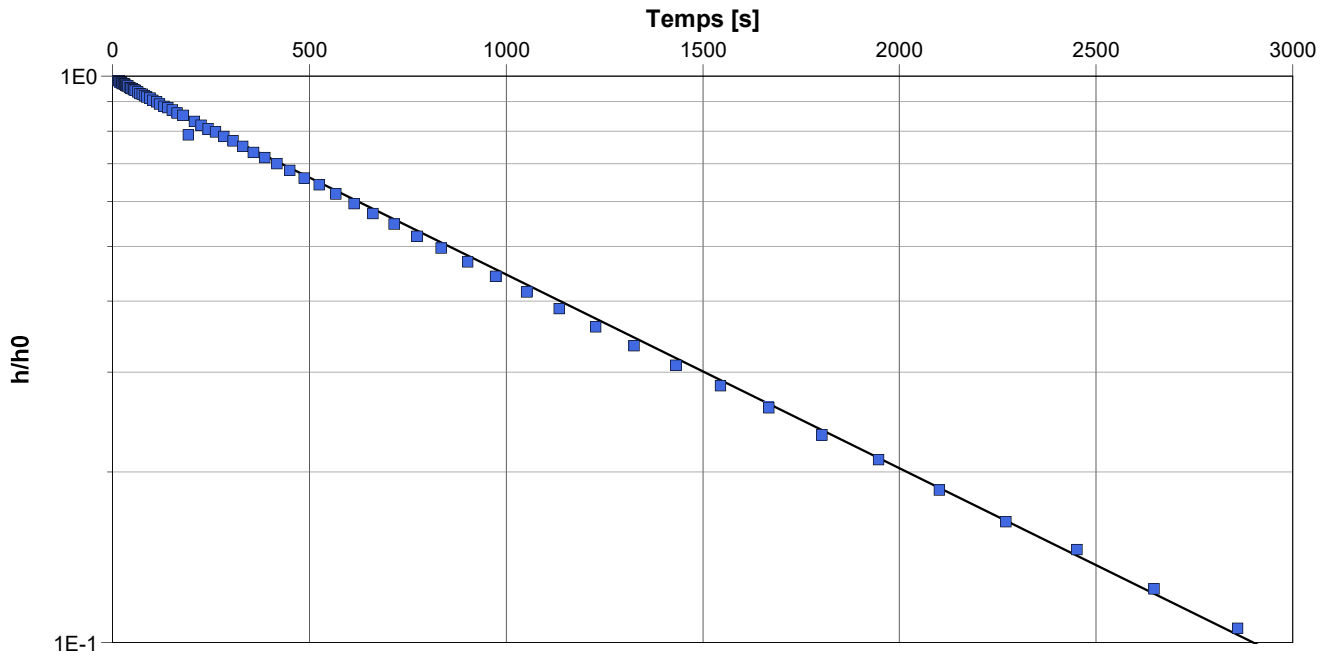
Description: Mathieu Dufour
Vérification: Richard Dufour, ing.

Matériaux
Couvercle | Tout venant | Bentonite
Tubage | Peltonite | Sable de silice

ANNEXE 3 : INTERPRÉTATION DES ESSAIS DE PERMÉABILITÉ À CHARGE VARIABLE

Richelieu Hydrogéologie inc.	**Slug Test Analysis Report**
	Project: Étude géotechnique et hydrogéologique
	Number:
	Client: Ressources Métanor

Location: Desmaraisville	Slug Test: FH-18-01MT	Test Well: FH-18-01MT
Test Conducted by: Richard Dufour		Test Date: 2018-05-21
Analysis Performed by: Yves Leblanc	Charge montante	Analysis Date: 2018-09-04
Aquifer Thickness: 1.50 m		

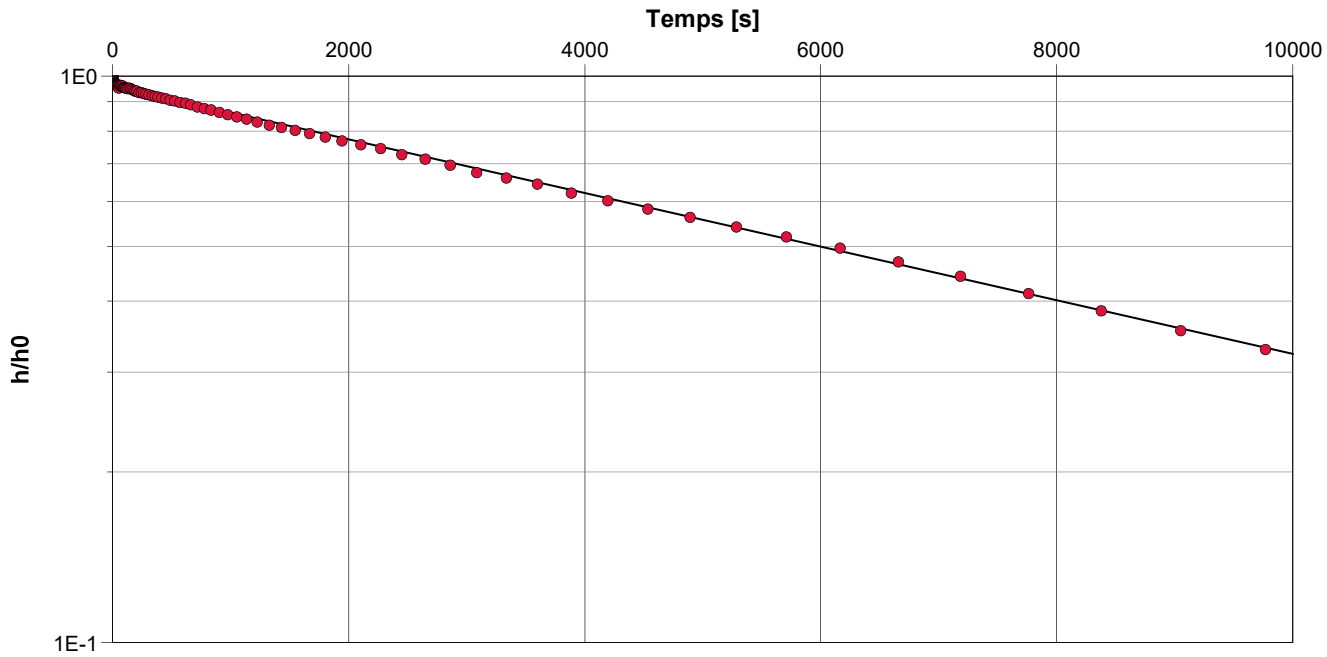


Calculation using Hvorslev

Observation Well	Hydraulic Conductivity [cm/s]	
FH-18-01MT	6.76×10^{-5}	

Richelieu Hydrogéologie inc.	**Slug Test Analysis Report**
	Project: Étude géotechnique et hydrogéologique
	Number:
	Client: Ressources Métanor

Location: Desmaraisville	Slug Test: FH-18-01R	Test Well: FH-18-01R
Test Conducted by: Rihard Dufour		Test Date: 2018-05-21
Analysis Performed by: Yves Leblanc	Charge montante	Analysis Date: 2018-09-04
Aquifer Thickness: 1.50 m		

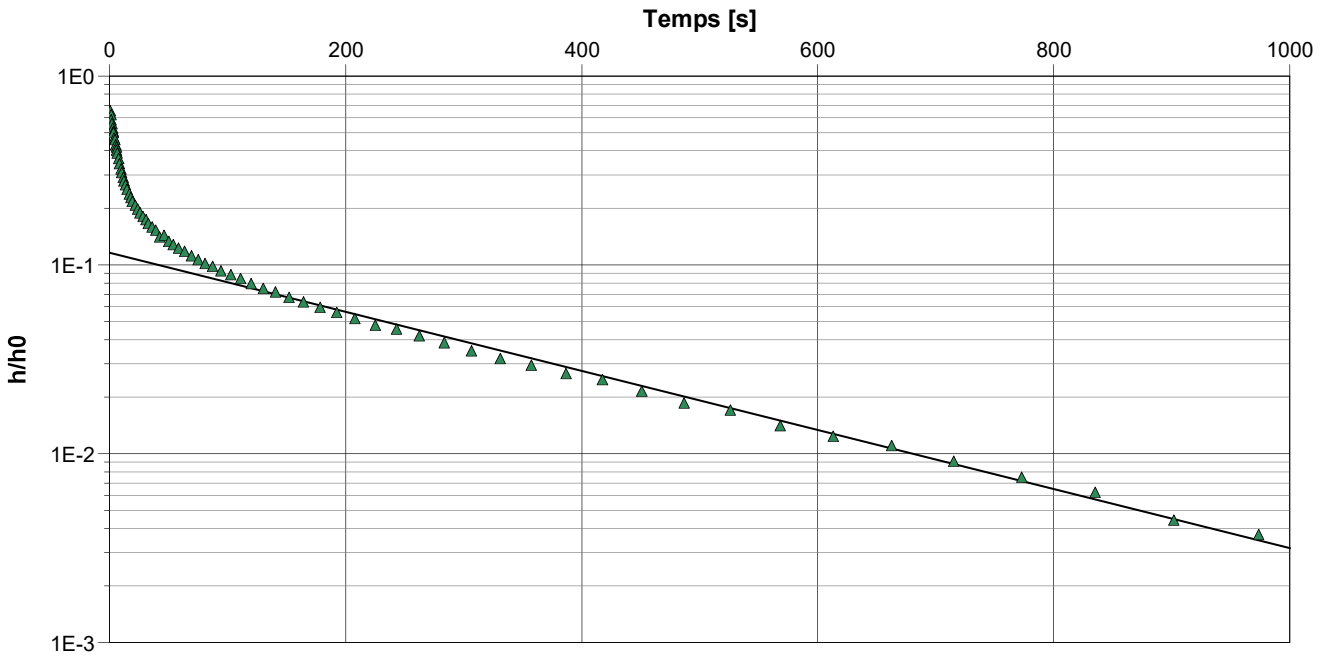


Calculation using Hvorslev

Observation Well	Hydraulic Conductivity [cm/s]	
FH-18-01R	9.36×10^{-6}	

Richelieu Hydrogéologie inc.	**Slug Test Analysis Report**
	Project: Étude géotechnique et hydrogéologique
	Number:
	Client: Ressources Métanor

Location: Desmaraisville	Slug Test: GH-18-02R	Test Well: GH-18-02R
Test Conducted by: Richard Dufour		Test Date: 2018-05-21
Analysis Performed by: Yves Leblanc	Charge montante	Analysis Date: 2018-09-04
Aquifer Thickness: 1.50 m		

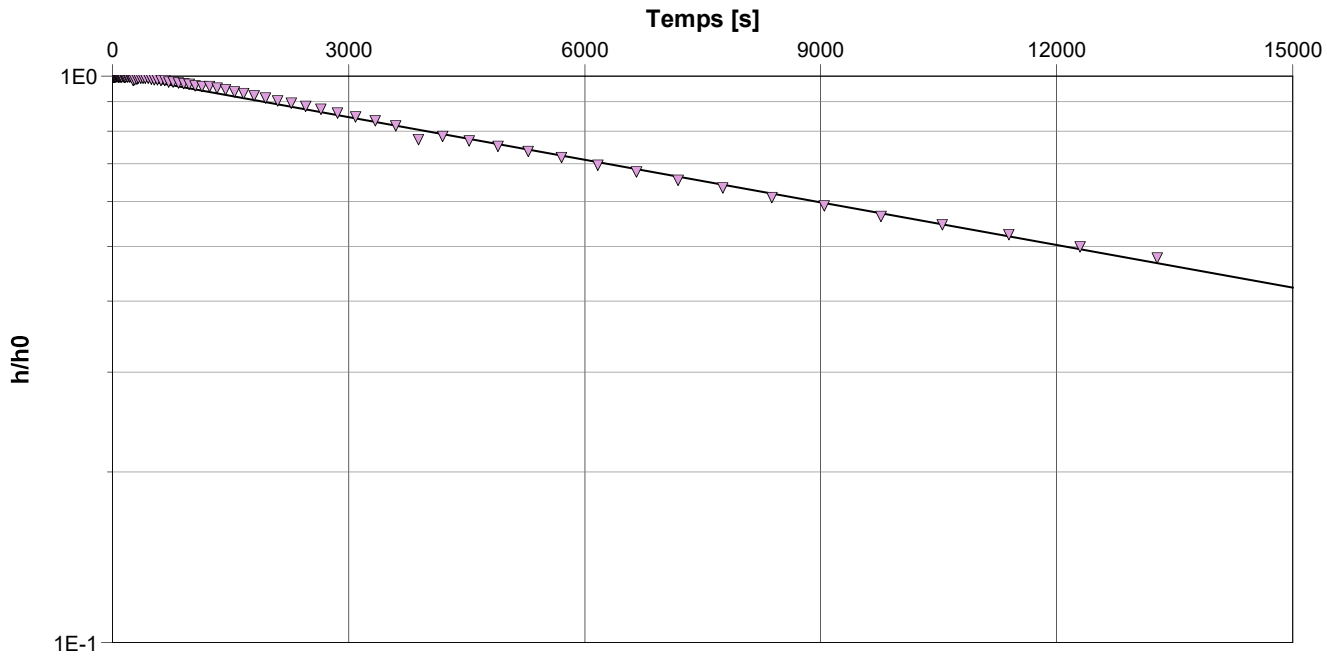


Calculation using Bouwer & Rice

Observation Well	Hydraulic Conductivity [cm/s]	
GH-18-02R	2.37×10^{-4}	

Richelieu Hydrogéologie inc.	**Slug Test Analysis Report**
	Project: Étude géotechnique et hydrogéologique
	Number:
	Client: Ressources Métanor

Location: Desmaraisville	Slug Test: GH-18-03MT	Test Well: GH-18-03MT
Test Conducted by: Richard Dufour		Test Date: 2018-05-21
Analysis Performed by: Yves Leblanc	Charge montante	Analysis Date: 2018-09-04
Aquifer Thickness: 1.50 m		

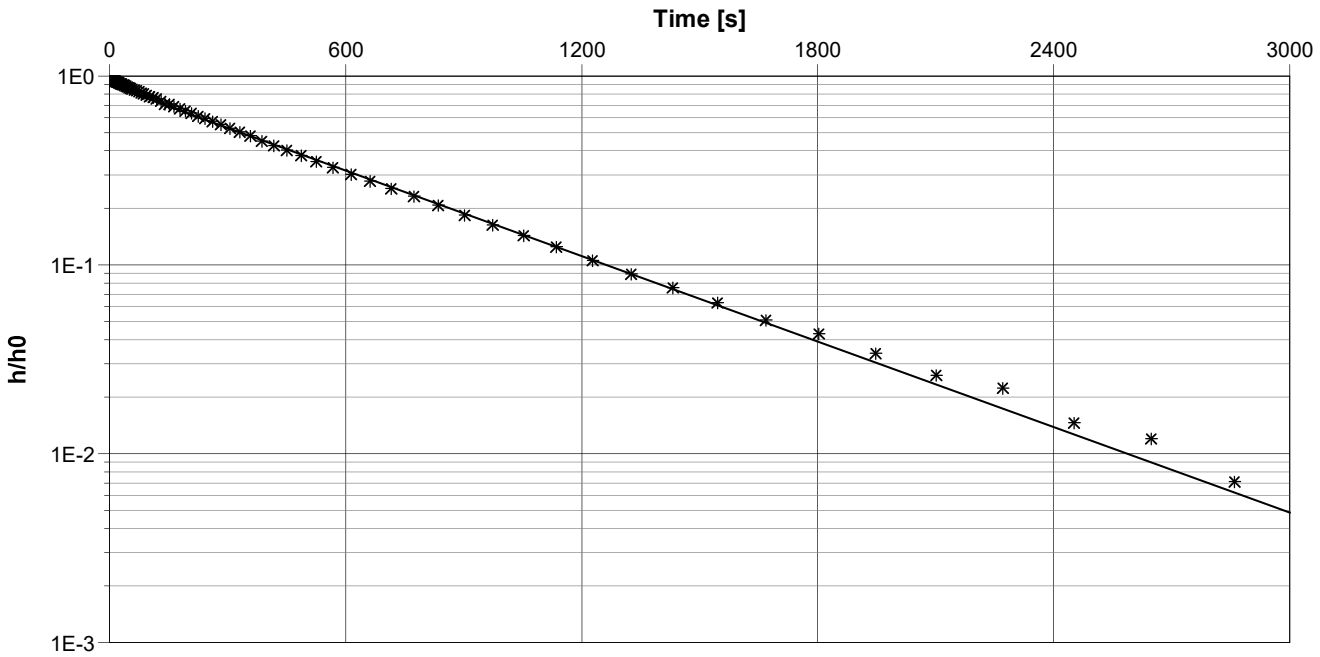


Calculation using Bouwer & Rice

Observation Well	Hydraulic Conductivity [cm/s]	
GH-18-03MT	3.80×10^{-6}	

Richelieu Hydrogéologie inc.	**Slug Test Analysis Report**
	Project: Étude géotechnique et hydrogéologique
	Number:
	Client: Ressources Métanor

Location: Desmaraisville	Slug Test: GH-18-03R	Test Well: GH-18-03R
Test Conducted by: Richard Dufour		Test Date: 2018-05-21
Analysis Performed by: Yves Leblanc	Charge montante	Analysis Date: 2018-09-04
Aquifer Thickness: 1.50 m		

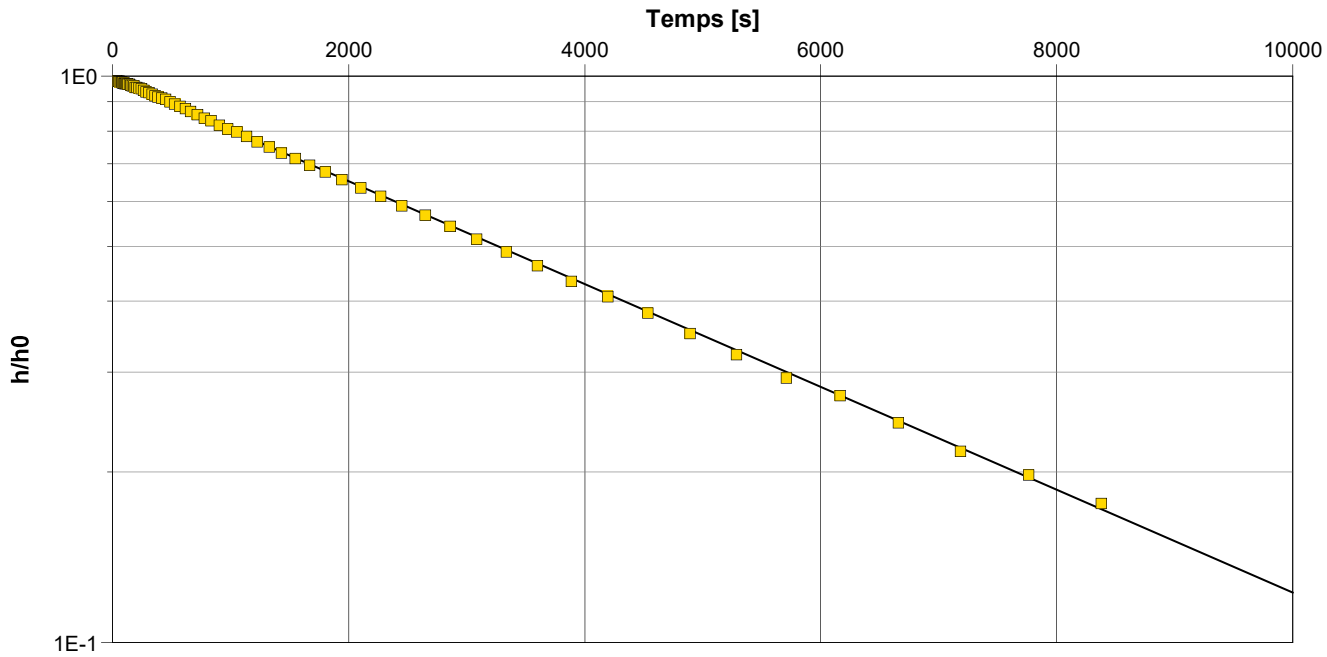


Calculation using Bouwer & Rice

Observation Well	Hydraulic Conductivity [cm/s]	
GH-18-03R	1.14×10^{-4}	

Richelieu Hydrogéologie inc.	**Slug Test Analysis Report**
	Project: Étude géotechnique et hydrogéologique
	Number:
	Client: Ressources Métanor

Location: Desmaraisville	Slug Test: GH-18-04R	Test Well: GH-18-04R
Test Conducted by: Richard Dufour		Test Date: 2018-05-21
Analysis Performed by: Yves Leblanc	Charge montante	Analysis Date: 2018-09-05
Aquifer Thickness: 1.50 m		



Calculation using Bouwer & Rice

Observation Well	Hydraulic Conductivity [cm/s]	
GH-18-04R	1.40×10^{-5}	



Slug Test - Water Level Data

Project: Étude géotechnique et hydrogéologique

Number:

Client: Ressources Métanor

Location: Desmaraisville	Slug Test: FH-18-01MT	Test Well: FH-18-01MT
Test Conducted by: Richard Dufour	Test Date: 2018-05-21	
Water level at t=0 [m]: 1.81	Static Water Level [m]: 1.37	Water level change at t=0 [m]: 0.44

	Time [s]	Water Level [m]	WL Change [m]
1	0.5	1.8065	0.4365
2	1	1.8061	0.4361
3	1.5	1.8057	0.4357
4	2	1.8054	0.4354
5	2.5	1.8049	0.4349
6	3	1.8048	0.4348
7	3.5	1.8045	0.4345
8	4	1.8041	0.4341
9	4.5	1.8039	0.4339
10	5	1.8038	0.4338
11	5.5	1.8034	0.4334
12	6	1.8032	0.4332
13	6.5	1.8025	0.4325
14	7.5	1.8022	0.4322
15	8.5	1.802	0.432
16	9.5	1.8014	0.4314
17	10.5	1.8009	0.4309
18	11.5	1.8006	0.4306
19	12.5	1.8001	0.4301
20	13.5	1.7997	0.4297
21	15	1.7989	0.4289
22	16.5	1.7981	0.4281
23	18	1.7975	0.4275
24	19.5	1.7966	0.4266
25	21.5	1.796	0.426
26	23.5	1.7953	0.4253
27	25.5	1.7943	0.4243
28	28	1.7935	0.4235
29	30.5	1.7923	0.4223
30	33	1.7915	0.4215
31	36	1.7903	0.4203
32	39	1.7894	0.4194
33	42.5	1.7879	0.4179
34	46	1.7867	0.4167
35	50	1.785	0.415
36	54	1.7836	0.4136
37	58.5	1.782	0.412
38	63.5	1.7802	0.4102
39	69	1.7779	0.4079
40	75	1.7761	0.4061
41	81	1.7736	0.4036
42	87.5	1.7714	0.4014
43	94.5	1.7694	0.3994
44	102.5	1.7666	0.3966
45	111	1.7635	0.3935
46	120	1.7606	0.3906
47	130	1.7571	0.3871
48	140.5	1.7537	0.3837
49	152	1.7502	0.3802
50	164.5	1.7458	0.3758
51	178	1.7423	0.3723
52	192.5	1.7145	0.3445



Slug Test - Water Level Data

Project: Étude géotechnique et hydrogéologique

Number:

Client: Ressources Métanor

	Time [s]	Water Level [m]	WL Change [m]
53	208	1.7333	0.3633
54	225	1.7284	0.3584
55	243	1.7222	0.3522
56	262.5	1.7178	0.3478
57	283.5	1.7122	0.3422
58	306.5	1.7061	0.3361
59	331	1.6986	0.3286
60	357.5	1.6907	0.3207
61	386.5	1.6835	0.3135
62	417.5	1.6764	0.3064
63	451	1.668	0.298
64	487	1.6591	0.2891
65	526	1.6505	0.2805
66	568	1.6406	0.2706
67	613.5	1.6305	0.2605
68	662.5	1.6199	0.2499
69	715.5	1.6095	0.2395
70	773	1.598	0.228
71	835	1.5871	0.2171
72	902	1.5756	0.2056
73	974	1.5637	0.1937
74	1052	1.5516	0.1816
75	1136	1.54	0.17
76	1227	1.5277	0.1577
77	1325	1.5162	0.1462
78	1431	1.505	0.135
79	1545.5	1.494	0.124
80	1669	1.4835	0.1135
81	1802.5	1.4716	0.1016
82	1946.5	1.462	0.092
83	2102	1.4513	0.0813
84	2270	1.4415	0.0715
85	2451.5	1.4337	0.0637
86	2647.5	1.4244	0.0544
87	2859	1.4163	0.0463
88	3087.5	1.4103	0.0403
89	3334	1.4056	0.0356
90	3600	1.3985	0.0285



Slug Test - Water Level Data

Project: Étude géotechnique et hydrogéologique

Number:

Client: Ressources Métanor

Location: Desmaraisville	Slug Test: FH-18-01R	Test Well: FH-18-01R
Test Conducted by: Rihard Dufour	Test Date: 2018-05-21	
Water level at t=0 [m]: 5.11	Static Elev (bench) [m] 13.12	Water level change at t=0 [m]: 0.38

	Time [s]	Water Level bench [m]	WL Change [m]
1	0.5	12.7418	0.3782
2	1	12.7422	0.3778
3	1.5	12.7427	0.3773
4	2	12.7428	0.3772
5	2.5	12.7434	0.3766
6	3	12.744	0.376
7	3.5	12.7448	0.3752
8	4	12.7453	0.3747
9	4.5	12.7466	0.3734
10	5	12.7475	0.3725
11	5.5	12.7483	0.3717
12	6	12.7491	0.3709
13	6.5	12.7497	0.3703
14	7.5	12.7506	0.3694
15	8.5	12.7509	0.3691
16	9.5	12.7512	0.3688
17	10.5	12.751	0.369
18	11.5	12.7521	0.3679
19	12.5	12.7525	0.3675
20	13.5	12.7523	0.3677
21	15	12.7523	0.3677
22	16.5	12.7535	0.3665
23	18	12.7534	0.3666
24	19.5	12.7538	0.3662
25	21.5	12.7538	0.3662
26	23.5	12.7543	0.3657
27	25.5	12.754	0.366
28	28	12.7548	0.3652
29	30.5	12.7545	0.3655
30	33	12.7547	0.3653
31	36	12.7553	0.3647
32	39	12.7553	0.3647
33	42.5	12.7554	0.3646
34	46	12.7551	0.3649
35	50	12.7564	0.3636
36	54	12.7594	0.3606
37	58.5	12.7559	0.3641
38	63.5	12.7554	0.3646
39	69	12.7567	0.3633
40	75	12.7562	0.3638
41	81	12.7567	0.3633
42	87.5	12.758	0.362
43	94.5	12.7583	0.3617
44	102.5	12.7588	0.3612
45	111	12.759	0.361
46	120	12.7598	0.3602
47	130	12.7603	0.3597
48	140.5	12.7595	0.3605
49	152	12.7611	0.3589
50	164.5	12.7618	0.3582
51	178	12.7628	0.3572
52	192.5	12.7643	0.3557



Slug Test - Water Level Data

Project: Étude géotechnique et hydrogéologique

Number:

Client: Ressources Métanor

	Time [s]	Water Level bench [m]	WL Change [m]
53	208	12.7641	0.3559
54	225	12.7656	0.3544
55	243	12.7662	0.3538
56	262.5	12.7674	0.3526
57	283.5	12.768	0.352
58	306.5	12.7694	0.3506
59	331	12.7702	0.3498
60	357.5	12.7718	0.3482
61	386.5	12.7727	0.3473
62	417.5	12.7738	0.3462
63	451	12.7746	0.3454
64	487	12.777	0.343
65	526	12.7784	0.3416
66	568	12.78	0.34
67	613.5	12.7809	0.3391
68	662.5	12.7834	0.3366
69	715.5	12.7857	0.3343
70	773	12.7878	0.3322
71	835	12.7903	0.3297
72	902	12.7933	0.3267
73	974	12.7962	0.3238
74	1052	12.7993	0.3207
75	1136	12.8022	0.3178
76	1227	12.8056	0.3144
77	1325	12.8096	0.3104
78	1431	12.8132	0.3068
79	1545.5	12.8167	0.3033
80	1669	12.8204	0.2996
81	1802.5	12.8244	0.2956
82	1946.5	12.8292	0.2908
83	2102	12.8339	0.2861
84	2270	12.8381	0.2819
85	2451.5	12.8448	0.2752
86	2647.5	12.8499	0.2701
87	2859	12.8563	0.2637
88	3087.5	12.8647	0.2553
89	3334	12.8702	0.2498
90	3600	12.8758	0.2442
91	3887.5	12.8847	0.2353
92	4198	12.8921	0.2279
93	4533	12.8997	0.2203
94	4895	12.9067	0.2133
95	5285.5	12.9149	0.2051
96	5707.5	12.9233	0.1967
97	6163	12.932	0.188
98	6655	12.9421	0.1779
99	7186	12.9523	0.1677
100	7759.5	12.9635	0.1565
101	8379	12.9741	0.1459
102	9047.5	12.9856	0.1344
103	9769.5	12.9955	0.1245



Slug Test - Water Level Data

Project: Étude géotechnique et hydrogéologique

Number:

Client: Ressources Métanor

Location: Desmaraisville	Slug Test: GH-18-02R	Test Well: GH-18-02R
Test Conducted by: Richard Dufour	Test Date: 2018-05-21	
Water level at t=0 [m]: 2.78	Static Elev (bench) [m] 11.35	Water level change at t=0 [m]: 0.72

	Time [s]	Water Level bench [m]	WL Change [m]
1	0.5	10.8793	0.4707
2	1	10.9015	0.4485
3	1.5	10.9267	0.4233
4	2	10.9473	0.4027
5	2.5	10.9687	0.3813
6	3	10.9816	0.3684
7	3.5	10.988	0.362
8	4	11.012	0.338
9	4.5	11.0175	0.3325
10	5	11.0372	0.3128
11	5.5	11.048	0.302
12	6	11.0587	0.2913
13	6.5	11.0685	0.2815
14	7.5	11.0866	0.2634
15	8.5	11.1027	0.2473
16	9.5	11.1169	0.2331
17	10.5	11.129	0.221
18	11.5	11.1401	0.2099
19	12.5	11.1496	0.2004
20	13.5	11.158	0.192
21	15	11.1691	0.1809
22	16.5	11.1782	0.1718
23	18	11.1863	0.1637
24	19.5	11.1932	0.1568
25	21.5	11.2009	0.1491
26	23.5	11.2076	0.1424
27	25.5	11.2134	0.1366
28	28	11.2201	0.1299
29	30.5	11.2253	0.1247
30	33	11.2302	0.1198
31	36	11.2356	0.1144
32	39	11.2404	0.1096
33	42.5	11.2484	0.1016
34	46	11.2471	0.1029
35	50	11.2544	0.0956
36	54	11.2574	0.0926
37	58.5	11.2614	0.0886
38	63.5	11.2653	0.0847
39	69	11.2693	0.0807
40	75	11.2732	0.0768
41	81	11.2767	0.0733
42	87.5	11.2794	0.0706
43	94.5	11.2829	0.0671
44	102.5	11.286	0.064
45	111	11.289	0.061
46	120	11.2928	0.0572
47	130	11.2958	0.0542
48	140.5	11.2984	0.0516
49	152	11.3016	0.0484
50	164.5	11.3041	0.0459
51	178	11.307	0.043
52	192.5	11.3097	0.0403



Slug Test - Water Level Data

Project: Étude géotechnique et hydrogéologique

Number:

Client: Ressources Métanor

	Time [s]	Water Level bench [m]	WL Change [m]
53	208	11.3124	0.0376
54	225	11.3155	0.0345
55	243	11.3172	0.0328
56	262.5	11.3197	0.0303
57	283.5	11.3222	0.0278
58	306.5	11.3248	0.0252
59	331	11.327	0.023
60	357.5	11.3288	0.0212
61	386.5	11.3309	0.0191
62	417.5	11.3322	0.0178
63	451	11.3345	0.0155
64	487	11.3366	0.0134
65	526	11.3377	0.0123
66	568	11.3399	0.0101
67	613.5	11.3411	0.0089
68	662.5	11.342	0.008
69	715.5	11.3434	0.0066
70	773	11.3446	0.0054
71	835	11.3455	0.0045
72	902	11.3468	0.0032
73	974	11.3473	0.0027



Slug Test - Water Level Data

Project: Étude géotechnique et hydrogéologique

Number:

Client: Ressources Métanor

Location: Desmaraisville	Slug Test: GH-18-03MT	Test Well: GH-18-03MT
Test Conducted by: Richard Dufour	Test Date: 2018-05-21	
Water level at t=0 [m]: 0.36	Static Elev (bench) [m] 13.19	Water level change at t=0 [m]: 0.46

	Time [s]	Water Level bench [m]	WL Change [m]
1	0.5	12.7221	0.4639
2	1	12.7224	0.4636
3	1.5	12.7223	0.4637
4	2	12.7229	0.4631
5	2.5	12.7227	0.4633
6	3	12.7229	0.4631
7	3.5	12.7232	0.4628
8	4	12.7232	0.4628
9	4.5	12.7233	0.4627
10	5	12.7236	0.4624
11	5.5	12.7236	0.4624
12	6	12.7233	0.4627
13	6.5	12.7237	0.4623
14	7.5	12.7237	0.4623
15	8.5	12.7239	0.4621
16	9.5	12.7233	0.4627
17	10.5	12.7231	0.4629
18	11.5	12.723	0.463
19	12.5	12.7229	0.4631
20	13.5	12.7227	0.4633
21	15	12.7225	0.4635
22	16.5	12.7224	0.4636
23	18	12.7226	0.4634
24	19.5	12.7229	0.4631
25	21.5	12.7228	0.4632
26	23.5	12.7228	0.4632
27	25.5	12.7227	0.4633
28	28	12.723	0.463
29	30.5	12.723	0.463
30	33	12.7227	0.4633
31	36	12.7228	0.4632
32	39	12.7223	0.4637
33	42.5	12.7227	0.4633
34	46	12.7223	0.4637
35	50	12.7224	0.4636
36	54	12.7223	0.4637
37	58.5	12.7225	0.4635
38	63.5	12.723	0.463
39	69	12.7232	0.4628
40	75	12.7231	0.4629
41	81	12.7235	0.4625
42	87.5	12.7232	0.4628
43	94.5	12.7234	0.4626
44	102.5	12.7239	0.4621
45	111	12.7236	0.4624
46	120	12.7235	0.4625
47	130	12.7234	0.4626
48	140.5	12.7239	0.4621
49	152	12.7241	0.4619
50	164.5	12.7237	0.4623
51	178	12.7238	0.4622
52	192.5	12.7236	0.4624



Slug Test - Water Level Data

Project: Étude géotechnique et hydrogéologique

Number:

Client: Ressources Métanor

	Time [s]	Water Level bench [m]	WL Change [m]
53	208	12.7234	0.4626
54	225	12.7236	0.4624
55	243	12.7239	0.4621
56	262.5	12.7305	0.4555
57	283.5	12.7285	0.4575
58	306.5	12.7271	0.4589
59	331	12.7263	0.4597
60	357.5	12.7263	0.4597
61	386.5	12.7266	0.4594
62	417.5	12.7261	0.4599
63	451	12.7264	0.4596
64	487	12.7279	0.4581
65	526	12.7291	0.4569
66	568	12.7294	0.4566
67	613.5	12.7301	0.4559
68	662.5	12.731	0.455
69	715.5	12.7327	0.4533
70	773	12.7335	0.4525
71	835	12.7347	0.4513
72	902	12.7363	0.4497
73	974	12.737	0.449
74	1052	12.7399	0.4461
75	1136	12.7415	0.4445
76	1227	12.742	0.444
77	1325	12.7443	0.4417
78	1431	12.7468	0.4392
79	1545.5	12.7507	0.4353
80	1669	12.7535	0.4325
81	1802.5	12.7577	0.4283
82	1946.5	12.7617	0.4243
83	2102	12.766	0.42
84	2270	12.771	0.415
85	2451.5	12.7758	0.4102
86	2647.5	12.7809	0.4051
87	2859	12.7866	0.3994
88	3087.5	12.7929	0.3931
89	3334	12.7988	0.3872
90	3600	12.8068	0.3792
91	3887.5	12.8271	0.3589
92	4198	12.8229	0.3631
93	4533	12.8297	0.3563
94	4895	12.8369	0.3491
95	5285.5	12.8447	0.3413
96	5707.5	12.8532	0.3328
97	6163	12.8625	0.3235
98	6655	12.8718	0.3142
99	7186	12.8823	0.3037
100	7759.5	12.8915	0.2945
101	8379	12.9027	0.2833
102	9047.5	12.9126	0.2734
103	9769.5	12.9241	0.2619
104	10549	12.9326	0.2534
105	11391	12.9428	0.2432
106	12300	12.9539	0.2321
107	13281.5	12.9644	0.2216



Slug Test - Water Level Data

Project: Étude géotechnique et hydrogéologique

Number:

Client: Ressources Métanor

Location: Desmaraisville	Slug Test: GH-18-03R	Test Well: GH-18-03R
Test Conducted by: Richard Dufour	Test Date: 2018-05-21	
Water level at t=0 [m]: 0.35	Static Elev (bench) [m] 16.33	Water level change at t=0 [m]: 0.39

	Time [s]	Water Level bench [m]	WL Change [m]
1	0.5	15.9365	0.3895
2	1	15.9382	0.3878
3	1.5	15.9393	0.3867
4	2	15.9403	0.3857
5	2.5	15.9414	0.3846
6	3	15.9421	0.3839
7	3.5	15.9427	0.3833
8	4	15.9436	0.3824
9	4.5	15.9445	0.3815
10	5	15.9449	0.3811
11	5.5	15.9457	0.3803
12	6	15.9463	0.3797
13	6.5	15.9467	0.3793
14	7.5	15.948	0.378
15	8.5	15.9488	0.3772
16	9.5	15.9498	0.3762
17	10.5	15.9511	0.3749
18	11.5	15.9521	0.3739
19	12.5	15.9531	0.3729
20	13.5	15.9544	0.3716
21	15	15.9557	0.3703
22	16.5	15.9572	0.3688
23	18	15.9584	0.3676
24	19.5	15.9596	0.3664
25	21.5	15.9614	0.3646
26	23.5	15.963	0.363
27	25.5	15.9646	0.3614
28	28	15.9674	0.3586
29	30.5	15.9688	0.3572
30	33	15.971	0.355
31	36	15.973	0.353
32	39	15.9751	0.3509
33	42.5	15.978	0.348
34	46	15.9806	0.3454
35	50	15.9842	0.3418
36	54	15.9871	0.3389
37	58.5	15.9903	0.3357
38	63.5	15.9933	0.3327
39	69	15.9974	0.3286
40	75	16.0013	0.3247
41	81	16.0052	0.3208
42	87.5	16.0092	0.3168
43	94.5	16.0143	0.3117
44	102.5	16.019	0.307
45	111	16.0244	0.3016
46	120	16.0297	0.2963
47	130	16.0357	0.2903
48	140.5	16.0461	0.2799
49	152	16.0479	0.2781
50	164.5	16.0547	0.2713
51	178	16.0618	0.2642
52	192.5	16.0688	0.2572



Slug Test - Water Level Data

Project: Étude géotechnique et hydrogéologique

Number:

Client: Ressources Métanor

	Time [s]	Water Level bench [m]	WL Change [m]
53	208	16.0763	0.2497
54	225	16.0843	0.2417
55	243	16.0923	0.2337
56	262.5	16.1009	0.2251
57	283.5	16.1095	0.2165
58	306.5	16.1187	0.2073
59	331	16.1282	0.1978
60	357.5	16.1374	0.1886
61	386.5	16.1477	0.1783
62	417.5	16.1573	0.1687
63	451	16.167	0.159
64	487	16.1774	0.1486
65	526	16.1873	0.1387
66	568	16.1974	0.1286
67	613.5	16.2074	0.1186
68	662.5	16.2169	0.1091
69	715.5	16.2266	0.0994
70	773	16.2355	0.0905
71	835	16.2451	0.0809
72	902	16.2539	0.0721
73	974	16.262	0.064
74	1052	16.27	0.056
75	1136	16.2772	0.0488
76	1227	16.2846	0.0414
77	1325	16.2908	0.0352
78	1431	16.2963	0.0297
79	1545.5	16.3012	0.0248
80	1669	16.3059	0.0201
81	1802.5	16.3091	0.0169
82	1946.5	16.3126	0.0134
83	2102	16.3158	0.0102
84	2270	16.3173	0.0087
85	2451.5	16.3203	0.0057
86	2647.5	16.3213	0.0047
87	2859	16.3232	0.0028



Slug Test - Water Level Data

Project: Étude géotechnique et hydrogéologique

Number:

Client: Ressources Métanor

Location: Desmaraisville	Slug Test: GH-18-04R	Test Well: GH-18-04R
Test Conducted by: Richard Dufour	Test Date: 2018-05-21	
Water level at t=0 [m]: 0.79	Static Elev (bench) [m] 16.58	Water level change at t=0 [m]: 0.44

	Time [s]	Water Level bench [m]	WL Change [m]
1	0.5	16.1403	0.4397
2	1	16.1414	0.4386
3	1.5	16.142	0.438
4	2	16.1424	0.4376
5	2.5	16.1432	0.4368
6	3	16.1433	0.4367
7	3.5	16.1436	0.4364
8	4	16.1437	0.4363
9	4.5	16.1441	0.4359
10	5	16.1443	0.4357
11	5.5	16.1443	0.4357
12	6	16.1445	0.4355
13	6.5	16.1444	0.4356
14	7.5	16.1451	0.4349
15	8.5	16.1452	0.4348
16	9.5	16.1453	0.4347
17	10.5	16.1456	0.4344
18	11.5	16.1455	0.4345
19	12.5	16.146	0.434
20	13.5	16.1458	0.4342
21	15	16.146	0.434
22	16.5	16.1463	0.4337
23	18	16.1464	0.4336
24	19.5	16.1463	0.4337
25	21.5	16.1469	0.4331
26	23.5	16.1469	0.4331
27	25.5	16.147	0.433
28	28	16.1475	0.4325
29	30.5	16.1476	0.4324
30	33	16.1476	0.4324
31	36	16.1479	0.4321
32	39	16.148	0.432
33	42.5	16.1479	0.4321
34	46	16.1481	0.4319
35	50	16.1484	0.4316
36	54	16.1486	0.4314
37	58.5	16.149	0.431
38	63.5	16.1494	0.4306
39	69	16.1493	0.4307
40	75	16.1501	0.4299
41	81	16.1506	0.4294
42	87.5	16.1508	0.4292
43	94.5	16.1509	0.4291
44	102.5	16.1519	0.4281
45	111	16.1518	0.4282
46	120	16.1528	0.4272
47	130	16.1536	0.4264
48	140.5	16.1542	0.4258
49	152	16.1551	0.4249
50	164.5	16.156	0.424
51	178	16.1567	0.4233
52	192.5	16.1583	0.4217



Slug Test - Water Level Data

Project: Étude géotechnique et hydrogéologique

Number:

Client: Ressources Métanor

	Time [s]	Water Level bench [m]	WL Change [m]
53	208	16.1592	0.4208
54	225	16.1607	0.4193
55	243	16.1621	0.4179
56	262.5	16.1637	0.4163
57	283.5	16.1662	0.4138
58	306.5	16.1678	0.4122
59	331	16.1705	0.4095
60	357.5	16.1726	0.4074
61	386.5	16.1753	0.4047
62	417.5	16.1772	0.4028
63	451	16.1796	0.4004
64	487	16.1828	0.3972
65	526	16.1867	0.3933
66	568	16.1904	0.3896
67	613.5	16.1941	0.3859
68	662.5	16.1986	0.3814
69	715.5	16.2031	0.3769
70	773	16.2082	0.3718
71	835	16.2123	0.3677
72	902	16.2184	0.3616
73	974	16.2241	0.3559
74	1052	16.2289	0.3511
75	1136	16.2355	0.3445
76	1227	16.2423	0.3377
77	1325	16.2497	0.3303
78	1431	16.2578	0.3222
79	1545.5	16.2649	0.3151
80	1669	16.2732	0.3068
81	1802.5	16.281	0.299
82	1946.5	16.2906	0.2894
83	2102	16.3002	0.2798
84	2270	16.3092	0.2708
85	2451.5	16.3202	0.2598
86	2647.5	16.3293	0.2507
87	2859	16.3406	0.2394
88	3087.5	16.353	0.227
89	3334	16.3645	0.2155
90	3600	16.376	0.204
91	3887.5	16.3889	0.1911
92	4198	16.4002	0.1798
93	4533	16.4121	0.1679
94	4895	16.4254	0.1546
95	5285.5	16.4382	0.1418
96	5707.5	16.451	0.129
97	6163	16.4598	0.1202
98	6655	16.4724	0.1076
99	7186	16.484	0.096
100	7759.5	16.4928	0.0872
101	8379	16.5024	0.0776
102	9047.5	16.5044	0.0756

ANNEXE 5 : ANALYSES GRANULOMÉTRIQUES, SÉDIMENTOMÉTRIQUES ET DE TENEUR EN EAU

QUALILAB INSPECTION INC.

CERTIFICAT DE LABORATOIRE - SOL

ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE DES SOLS INORGANIQUES

BNQ 2501-025/2013

CLIENT: Groupe RDC Consultants **DOSSIER:** G-18-384

PROJET: HY18-010-02 **ANALYSE NO:** 18-384-35

DONNÉES GÉNÉRALES			
Description:	Argile silteuse avec traces de sable	Prélevé le: -	Par: Client
Provenance:	FG-18-01 / CF-04 (27'-10" à 29'-10")	Analysé le: 2018-06-13	Par: A. P.

ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE	
112 mm	100
80 mm	100
56 mm	100
40 mm	100
28 mm	100
20 mm	100
14 mm	100
10 mm	100
5 mm	100
2,5 mm	100
1,25 mm	100
630 µm	100
315 µm	100
160 µm	100
80 µm	94,3

RÉSUMÉ DES ESSAIS	
Argile %	69
Silt %	25
Sable %	6
Gravier %	0

REMARQUES

Teneur en eau : 38,6 %

SÉDIMENTOMÉTRIE

TEMPS (MIN)	DIAMÈTRE (MM)	% PASSANT
0,5	0,059	93,4
1	0,043	87,3
2	0,030	85,5
5	0,019	83,7
15	0,011	80,6
30	0,008	78,8
60	0,006	76,4
120	0,004	75,2
240	0,003	72,8
480	0,002	70,3
1440	0,001	64,9

COURBE GRANULOMÉTRIQUE



Préparé par: Joël Martin

Vérifié par : Mustapha Mahouche, ing. jr.

CERTIFICAT DE LABORATOIRE - SOL

ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE DES SOLS INORGANIQUES

BNQ 2501-025/2013

CLIENT: Groupe RDC Consultants
DOSSIER: G-18-384
PROJET: HY18-010-02
ANALYSE NO: 18-384-36

DONNÉES GÉNÉRALES

Description:	Argile silteuse avec traces de sable	Prélevé le:	-	Par: Client
Provenance:	FG-18-01 / CF-05 (30 à 32 pieds)	Analysé le:	2018-06-13	Par: A. P.

ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE

112 mm	100
80 mm	100
56 mm	100
40 mm	100
28 mm	100
20 mm	100
14 mm	100
10 mm	100
5 mm	100
2,5 mm	100
1,25 mm	100
630 µm	100
315 µm	100
160 µm	100
80 µm	99,5

RÉSUMÉ DES ESSAIS

Argile %	77
Silt %	22
Sable %	1
Gravier %	0

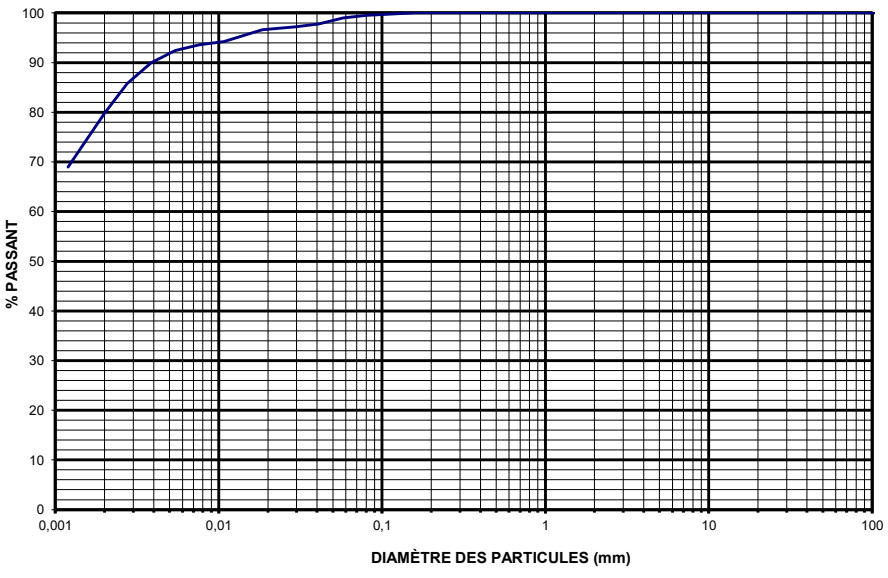
REMARQUES

Teneur en eau : 63,3 %

SÉDIMENTOMÉTRIE

TEMPS (MIN)	DIAMÈTRE (MM)	% PASSANT
0,5	0,058	99,0
1	0,041	97,8
2	0,029	97,2
5	0,018	96,6
15	0,011	94,2
30	0,008	93,6
60	0,005	92,4
120	0,004	90,0
240	0,003	85,8
480	0,002	79,8
1440	0,001	69,0

COURBE GRANULOMÉTRIQUE



Préparé par: Joël Martin

Vérifié par : Mustapha Mahouche, ing. jr.

QUALILAB INSPECTION INC.

CERTIFICAT DE LABORATOIRE - SOL

ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE DES SOLS INORGANIQUES

BNQ 2501-025/2013

CLIENT: Groupe RDC Consultants **DOSSIER:** G-18-384

PROJET: HY18-010-02 **ANALYSE NO:** 18-384-37

DONNÉES GÉNÉRALES			
Description:	Silt avec un peu de sable et traces d'argile et de gravier	Prélevé le: -	Par: Client
Provenance:	FG-18-01 / CF-06 (36'-4" à 38'-4")	Analysé le: 2018-06-13	Par: A. P.

ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE	
112 mm	100
80 mm	100
56 mm	100
40 mm	100
28 mm	100
20 mm	100
14 mm	100
10 mm	100
5 mm	97
2,5 mm	97
1,25 mm	96
630 µm	96
315 µm	96
160 µm	94
80 µm	84,8

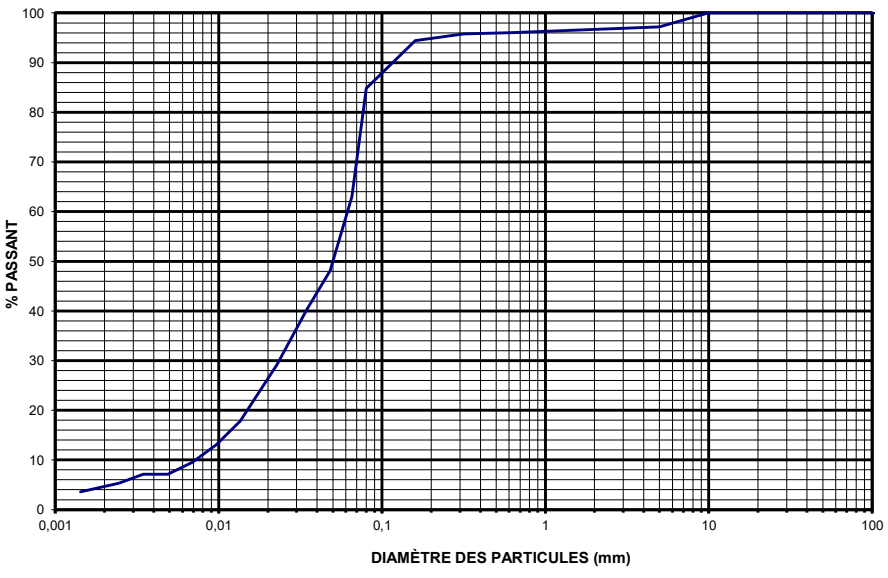
RÉSUMÉ DES ESSAIS	
Argile %	5
Silt %	79
Sable %	12
Gravier %	3

REMARQUES
Teneur en eau : 18,1 %

SÉDIMENTOMÉTRIE

TEMPS (MIN)	DIAMÈTRE (MM)	% PASSANT
0,5	0,065	63,0
1	0,048	48,1
2	0,035	40,4
5	0,023	29,1
15	0,014	17,8
30	0,010	13,1
60	0,007	9,5
120	0,005	7,1
240	0,003	7,1
480	0,002	5,3
1440	0,001	3,6

COURBE GRANULOMÉTRIQUE



Préparé par: Joël Martin

Vérifié par : Mustapha Mahouche, ing. jr.

CERTIFICAT DE LABORATOIRE - SOL

ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE DES SOLS INORGANIQUES

BNQ 2501-025/2013

CLIENT: Groupe RDC Consultants
PROJET: HY18-010-02
DOSSIER: G-18-384
ANALYSE NO: 18-384-38

DONNÉES GÉNÉRALES

Description:	Silt sableux avec un peu d'argile	Prélevé le:	-	Par: Client
Provenance:	FG-18-02 / CF-01 (0 à 2 pieds)	Analysé le:	2018-06-13	Par: A. P.

ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE

112 mm	100
80 mm	100
56 mm	100
40 mm	100
28 mm	100
20 mm	100
14 mm	100
10 mm	100
5 mm	100
2,5 mm	99
1,25 mm	97
630 µm	94
315 µm	91
160 µm	88
80 µm	79,3

SÉDIMENTOMÉTRIE

TEMPS (MIN)	DIAMÈTRE (MM)	% PASSANT
0,5	0,064	65,4
1	0,048	49,6
2	0,034	45,1
5	0,022	33,8
15	0,013	24,8
30	0,009	22,5
60	0,007	18,6
120	0,005	16,3
240	0,003	14,1
480	0,002	11,3
1440	0,001	9,0

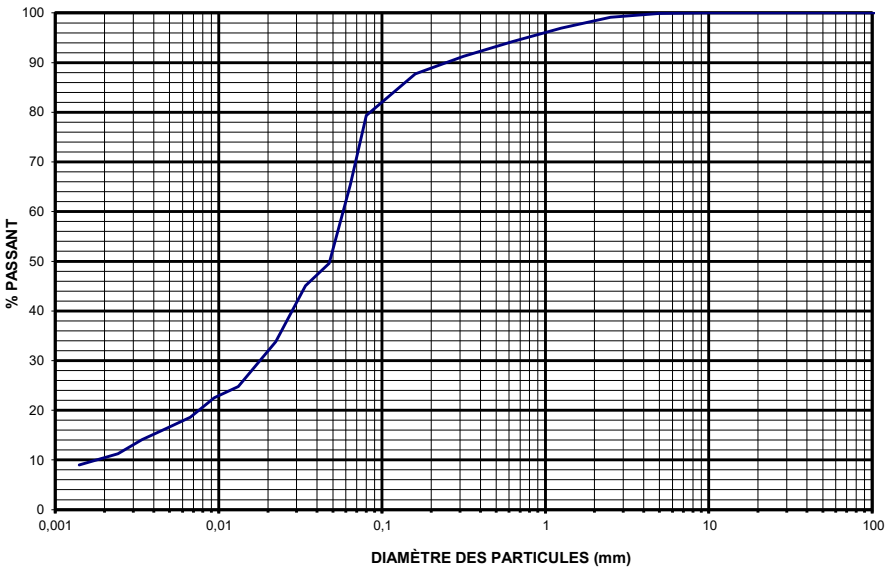
RÉSUMÉ DES ESSAIS

Argile %	12
Silt %	68
Sable %	21
Gravier %	0

REMARQUES

Teneur en eau : 25,7 %

COURBE GRANULOMÉTRIQUE



Préparé par: Joël Martin

Vérifié par : Mustapha Mahouche, ing. jr.

CERTIFICAT DE LABORATOIRE - SOL

ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE DES SOLS INORGANIQUES

BNQ 2501-025/2013

CLIENT: Groupe RDC Consultants **DOSSIER:** G-18-384

PROJET: HY18-010-02 **ANALYSE NO:** 18-384-39

DONNÉES GÉNÉRALES			
Description:	Silt sableux	Prélevé le: -	Par: Client
Provenance:	FG-18-02 / CF-02 (2 à 4 pieds)	Analysé le: 2018-06-13	Par: A. P.

ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE	
112 mm	100
80 mm	100
56 mm	100
40 mm	100
28 mm	100
20 mm	100
14 mm	100
10 mm	100
5 mm	100
2,5 mm	100
1,25 mm	99
630 µm	98
315 µm	95
160 µm	90
80 µm	78,2

RÉSUMÉ DES ESSAIS	
Argile %	0
Silt %	78
Sable %	21
Gravier %	0

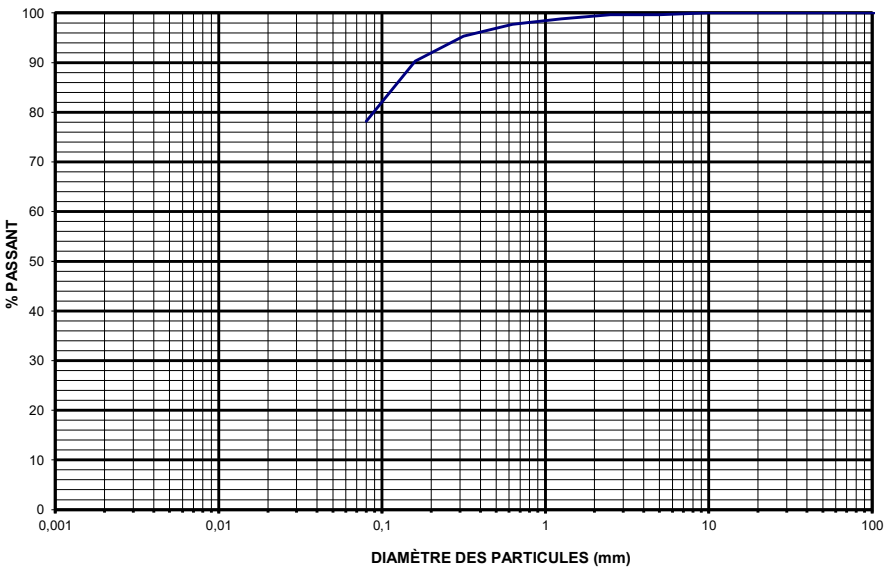
REMARQUES

Teneur en eau : 18,5 %

SÉDIMENTOMÉTRIE

TEMPS (MIN)	DIAMÈTRE (MM)	% PASSANT
0,5		
1		
2		
5		
15		
30		
60		
120		
240		
480		
1440		

COURBE GRANULOMÉTRIQUE



Préparé par: Joël Martin

Vérifié par : Mustapha Mahouche, ing. jr.

QUALILAB INSPECTION INC.

CERTIFICAT DE LABORATOIRE - SOL

ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE DES SOLS INORGANIQUES

BNQ 2501-025/2013

CLIENT: Groupe RDC Consultants **DOSSIER:** G-18-384

PROJET: HY18-010-02 **ANALYSE NO:** 18-384-40

DONNÉES GÉNÉRALES

Description:	Sable graveleux avec un peu de silt et traces d'argile	Prélevé le:	-	Par: Client
Provenance:	FG-18-02 / CF-03 (5'-4" à 7'4")	Analysé le:	2018-06-13	Par: A. P.

ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE

112 mm	100
80 mm	100
56 mm	100
40 mm	100
28 mm	100
20 mm	95
14 mm	90
10 mm	80
5 mm	68
2,5 mm	59
1,25 mm	50
630 µm	42
315 µm	36
160 µm	29
80 µm	21,9

RÉSUMÉ DES ESSAIS

Argile %	3
Silt %	19
Sable %	46
Gravier %	32

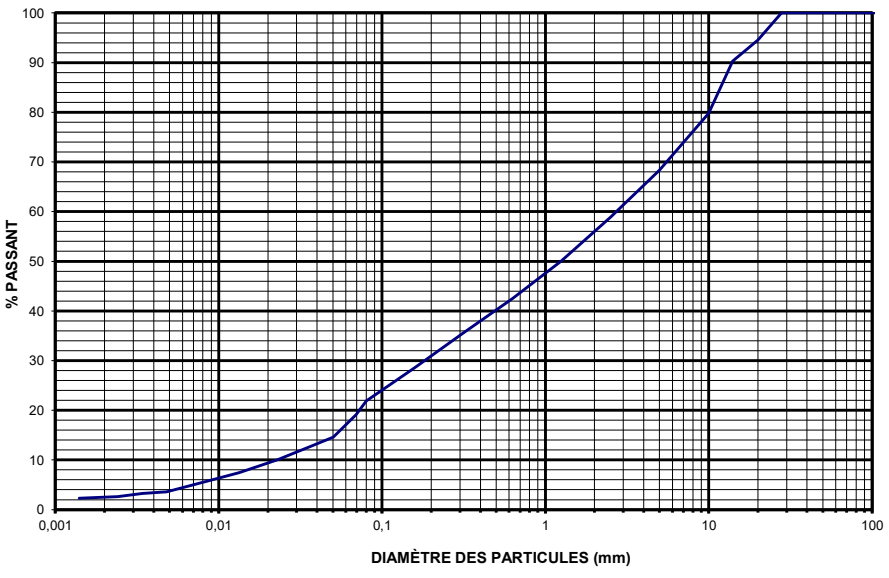
REMARQUES

Teneur en eau : 6,8 %

SÉDIMENTOMÉTRIE

TEMPS (MIN)	DIAMÈTRE (MM)	% PASSANT
0,5	0,069	19,1
1	0,050	14,6
2	0,036	12,6
5	0,023	10,0
15	0,013	7,4
30	0,010	6,2
60	0,007	4,9
120	0,005	3,6
240	0,003	3,2
480	0,002	2,6
1440	0,001	2,3

COURBE GRANULOMÉTRIQUE



Préparé par: Joël Martin

Vérifié par : Mustapha Mahouche, ing. jr.

CERTIFICAT DE LABORATOIRE - SOL

ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE DES SOLS INORGANIQUES

BNQ 2501-025/2013

CLIENT: Groupe RDC Consultants **DOSSIER:** G-18-384

PROJET: HY18-010-02 **ANALYSE NO:** 18-384-41

DONNÉES GÉNÉRALES

Description:	Sable avec un peu de silt et traces d'argile et de gravier	Prélevé le:	-	Par: Client
Provenance:	GH-18-02 / CF-01 (0 à 2 pieds)	Analysé le:	2018-06-13	Par: A. P.

ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE

112 mm	100
80 mm	100
56 mm	100
40 mm	100
28 mm	100
20 mm	100
14 mm	96
10 mm	96
5 mm	95
2,5 mm	95
1,25 mm	94
630 µm	92
315 µm	86
160 µm	56
80 µm	22,6

RÉSUMÉ DES ESSAIS

Argile %	5
Silt %	17
Sable %	73
Gravier %	5

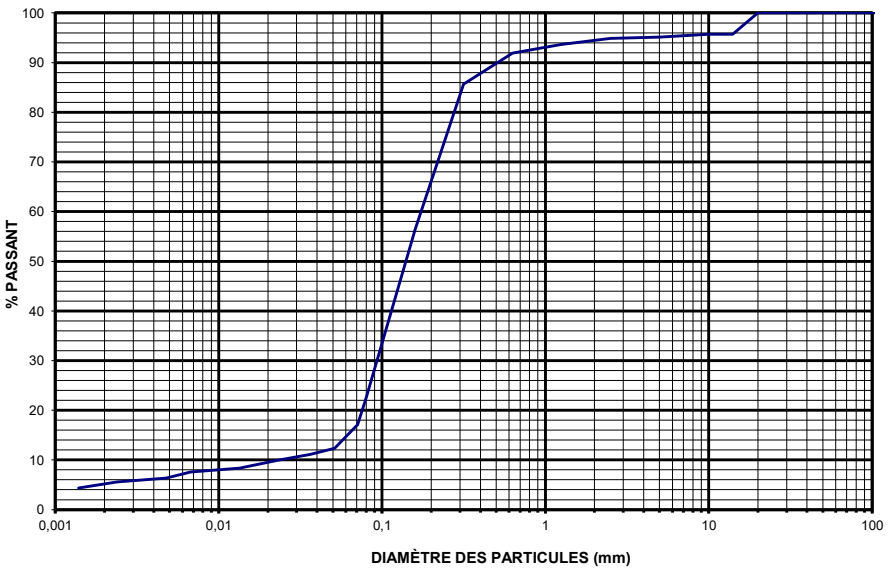
REMARQUES

Teneur en eau : 37,8 %

SÉDIMENTOMÉTRIE

TEMPS (MIN)	DIAMÈTRE (MM)	% PASSANT
0,5	0,071	17,1
1	0,051	12,3
2	0,036	11,1
5	0,023	9,9
15	0,013	8,4
30	0,010	8,0
60	0,007	7,6
120	0,005	6,4
240	0,003	6,0
480	0,002	5,6
1440	0,001	4,4

COURBE GRANULOMÉTRIQUE



Préparé par: Joël Martin

Vérifié par : Mustapha Mahouche, ing. jr.

CERTIFICAT DE LABORATOIRE - SOL

ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE DES SOLS INORGANIQUES

BNQ 2501-025/2013

CLIENT: Groupe RDC Consultants **DOSSIER:** G-18-384

PROJET: HY18-010-02 **ANALYSE NO:** 18-384-42

DONNÉES GÉNÉRALES

Description:	Sable avec un peu de silt et de gravier et traces d'argile	Prélevé le:	-	Par: Client
Provenance:	GH-18-02 / CF-02 (2 à 4 pieds)	Analysé le:	2018-06-13	Par: A. P.

ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE

112 mm	100
80 mm	100
56 mm	100
40 mm	100
28 mm	100
20 mm	96
14 mm	90
10 mm	89
5 mm	88
2,5 mm	88
1,25 mm	86
630 µm	84
315 µm	80
160 µm	53
80 µm	19,1

RÉSUMÉ DES ESSAIS

Argile %	5
Silt %	15
Sable %	69
Gravier %	12

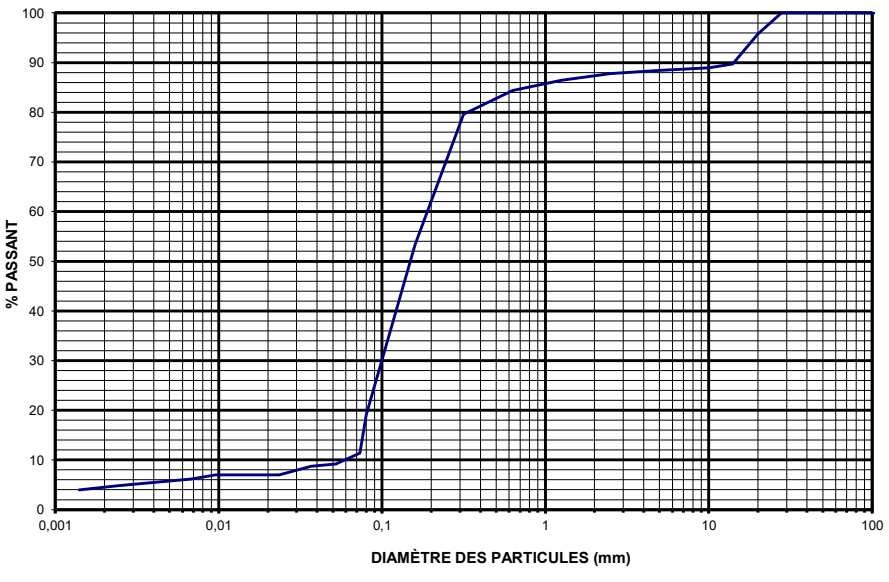
REMARQUES

Teneur en eau : 19,6 %

SÉDIMENTOMÉTRIE

TEMPS (MIN)	DIAMÈTRE (MM)	% PASSANT
0,5	0,073	11,4
1	0,052	9,2
2	0,037	8,8
5	0,023	7,0
15	0,014	7,0
30	0,010	7,0
60	0,007	6,1
120	0,005	5,7
240	0,003	5,3
480	0,002	4,8
1440	0,001	3,9

COURBE GRANULOMÉTRIQUE



Préparé par: Joël Martin

Vérifié par : Mustapha Mahouche, ing. jr.

QUALILAB INSPECTION INC.

CERTIFICAT DE LABORATOIRE - SOL

ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE DES SOLS INORGANIQUES

BNQ 2501-025/2013

CLIENT: Groupe RDC Consultants **DOSSIER:** G-18-384

PROJET: HY18-010-02 **ANALYSE NO:** 18-384-43

DONNÉES GÉNÉRALES			
Description:	Sable silteux et argileux	Prélevé le: -	Par: Client
Provenance:	FG-18-04 / CF-01 (0 à 2 pieds)	Analysé le: 2018-06-13	Par: A. P.

ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE	
112 mm	100
80 mm	100
56 mm	100
40 mm	100
28 mm	100
20 mm	100
14 mm	100
10 mm	100
5 mm	100
2,5 mm	100
1,25 mm	100
630 µm	95
315 µm	78
160 µm	59
80 µm	45,3

RÉSUMÉ DES ESSAIS	
Argile %	22
Silt %	23
Sable %	55
Gravier %	0

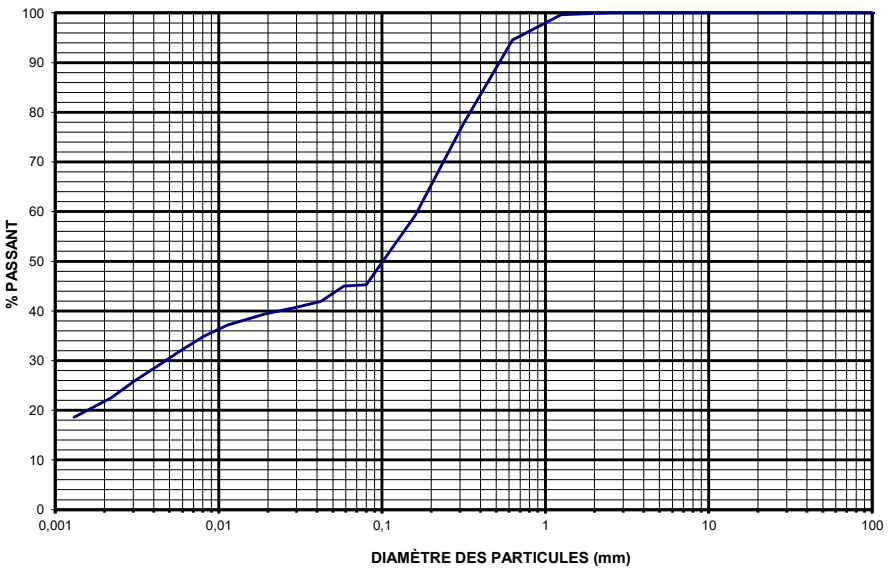
REMARQUES

Teneur en eau : 29,2 %

SÉDIMENTOMÉTRIE

TEMPS (MIN)	DIAMÈTRE (MM)	% PASSANT
0,5	0,058	45,0
1	0,042	41,9
2	0,030	40,8
5	0,019	39,4
15	0,011	37,1
30	0,008	34,9
60	0,006	32,1
120	0,004	29,0
240	0,003	25,9
480	0,002	22,5
1440	0,001	18,6

COURBE GRANULOMÉTRIQUE



Préparé par: Joël Martin

Vérifié par : Mustapha Mahouche, ing. jr.

CERTIFICAT DE LABORATOIRE - SOL

ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE DES SOLS INORGANIQUES

BNQ 2501-025/2013

CLIENT: Groupe RDC Consultants
DOSSIER: G-18-384
PROJET: HY18-010-02
ANALYSE NO: 18-384-44

DONNÉES GÉNÉRALES

Description:	Silt et argile avec traces de sable	Prélevé le:	-	Par: Client
Provenance:	FG-18-04 / CF-02 (2 à 4 pieds)	Analysé le:	2018-06-13	Par: A. P.

ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE

112 mm	100
80 mm	100
56 mm	100
40 mm	100
28 mm	100
20 mm	100
14 mm	100
10 mm	100
5 mm	100
2,5 mm	100
1,25 mm	100
630 µm	100
315 µm	100
160 µm	100
80 µm	99,0

RÉSUMÉ DES ESSAIS

Argile %	39
Silt %	60
Sable %	1
Gravier %	0

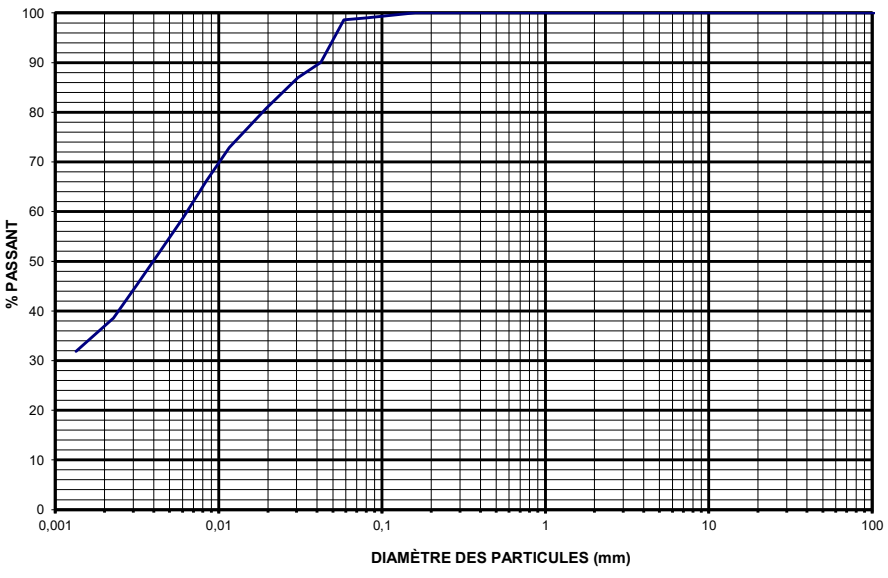
REMARQUES

Teneur en eau : 25,6 %

SÉDIMENTOMÉTRIE

TEMPS (MIN)	DIAMÈTRE (MM)	% PASSANT
0,5	0,058	98,6
1	0,042	90,0
2	0,031	87,0
5	0,020	80,9
15	0,012	72,9
30	0,008	66,2
60	0,006	58,8
120	0,004	52,1
240	0,003	45,3
480	0,002	38,6
1440	0,001	31,9

COURBE GRANULOMÉTRIQUE



Préparé par: Joël Martin

Vérifié par : Mustapha Mahouche, ing. jr.

QUALILAB INSPECTION INC.

CERTIFICAT DE LABORATOIRE - SOL

ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE DES SOLS INORGANIQUES

BNQ 2501-025/2013

CLIENT: Groupe RDC Consultants **DOSSIER:** G-18-384

PROJET: HY18-010-02 **ANALYSE NO:** 18-384-45

DONNÉES GÉNÉRALES			
Description:	Silt sableux avec traces d'argile et de gravier	Prélevé le: -	Par: Client
Provenance:	FG-18-04 / CF-03 (4'-6" à 6'-6")	Analysé le: 2018-06-13	Par: A. P.

ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE	
112 mm	100
80 mm	100
56 mm	100
40 mm	100
28 mm	100
20 mm	100
14 mm	100
10 mm	100
5 mm	99
2,5 mm	99
1,25 mm	96
630 µm	92
315 µm	88
160 µm	83
80 µm	70,2

RÉSUMÉ DES ESSAIS	
Argile %	5
Silt %	65
Sable %	29
Gravier %	1

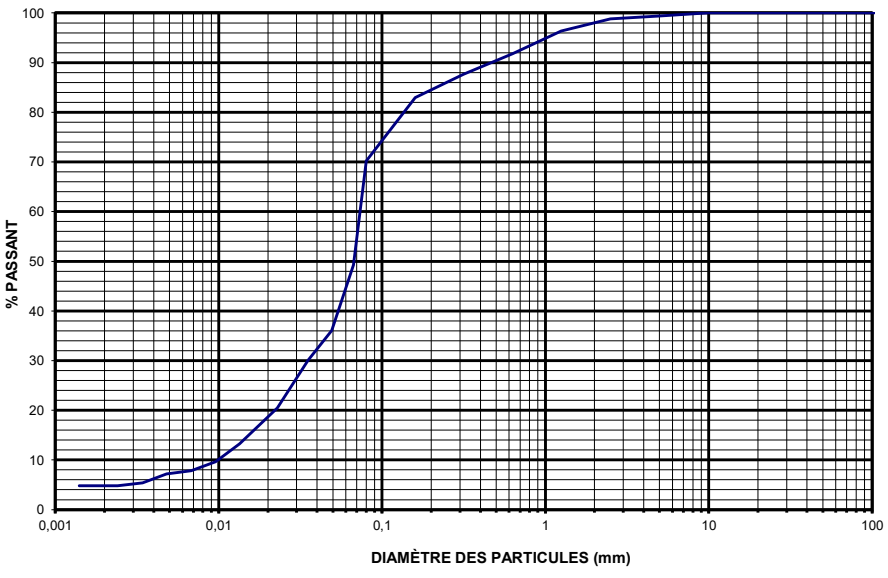
REMARQUES

Teneur en eau : 18,9 %

SÉDIMENTOMÉTRIE

TEMPS (MIN)	DIAMÈTRE (MM)	% PASSANT
0,5	0,067	49,3
1	0,049	36,1
2	0,035	30,0
5	0,023	20,4
15	0,013	13,2
30	0,010	9,6
60	0,007	7,8
120	0,005	7,2
240	0,003	5,4
480	0,002	4,8
1440	0,001	4,8

COURBE GRANULOMÉTRIQUE



Préparé par: Joël Martin

Vérifié par : Mustapha Mahouche, ing. jr.

CERTIFICAT DE LABORATOIRE - SOL

ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE DES SOLS INORGANIQUES

BNQ 2501-025/2013

CLIENT: Groupe RDC Consultants **DOSSIER:** G-18-384

PROJET: HY18-010-02 **ANALYSE NO:** 18-384-46

DONNÉES GÉNÉRALES

Description:	Sable avec traces de silt et de gravier et d'argile	Prélevé le:	-	Par: Client
Provenance:	FG-18-04 / CF-04 (7 à 9 pieds)	Analysé le:	2018-06-13	Par: A. P.

ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE

112 mm	100
80 mm	100
56 mm	100
40 mm	100
28 mm	100
20 mm	100
14 mm	100
10 mm	99
5 mm	95
2,5 mm	86
1,25 mm	68
630 µm	46
315 µm	30
160 µm	17
80 µm	9,8

RÉSUMÉ DES ESSAIS

Argile %	4
Silt %	6
Sable %	86
Gravier %	5

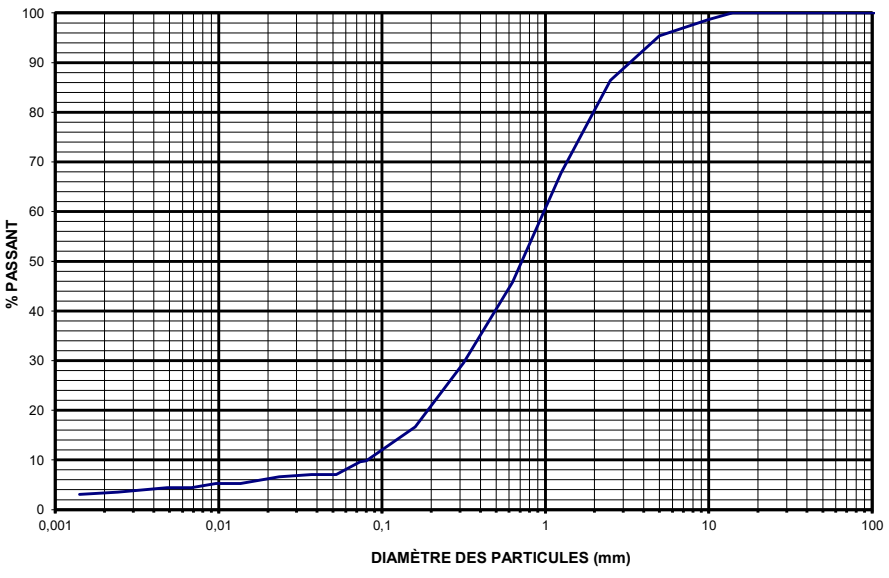
REMARQUES

Teneur en eau : 8,6 %

SÉDIMENTOMÉTRIE

TEMPS (MIN)	DIAMÈTRE (MM)	% PASSANT
0,5	0,074	9,7
1	0,052	7,0
2	0,037	7,0
5	0,024	6,6
15	0,014	5,3
30	0,010	5,3
60	0,007	4,4
120	0,005	4,4
240	0,003	4,0
480	0,002	3,5
1440	0,001	3,1

COURBE GRANULOMÉTRIQUE



Préparé par: Joël Martin

Vérifié par : Mustapha Mahouche, ing. jr.

QUALILAB INSPECTION INC.

CERTIFICAT DE LABORATOIRE - SOL

ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE DES SOLS INORGANIQUES

BNQ 2501-025/2013

CLIENT: Groupe RDC Consultants **DOSSIER:** G-18-384

PROJET: HY18-010-02 **ANALYSE NO:** 18-384-47

DONNÉES GÉNÉRALES			
Description:	Gravier et sable avec traces de silt et d'argile	Prélevé le: -	Par: Client
Provenance:	FG-18-04 / CF-05 (9'-8" à 11'-8")	Analysé le: 2018-06-13	Par: A. P.

ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE	
112 mm	100
80 mm	100
56 mm	100
40 mm	100
28 mm	92
20 mm	75
14 mm	66
10 mm	58
5 mm	46
2,5 mm	35
1,25 mm	26
630 µm	19
315 µm	15
160 µm	11
80 µm	8,3

RÉSUMÉ DES ESSAIS	
Argile %	1
Silt %	7
Sable %	37
Gravier %	54

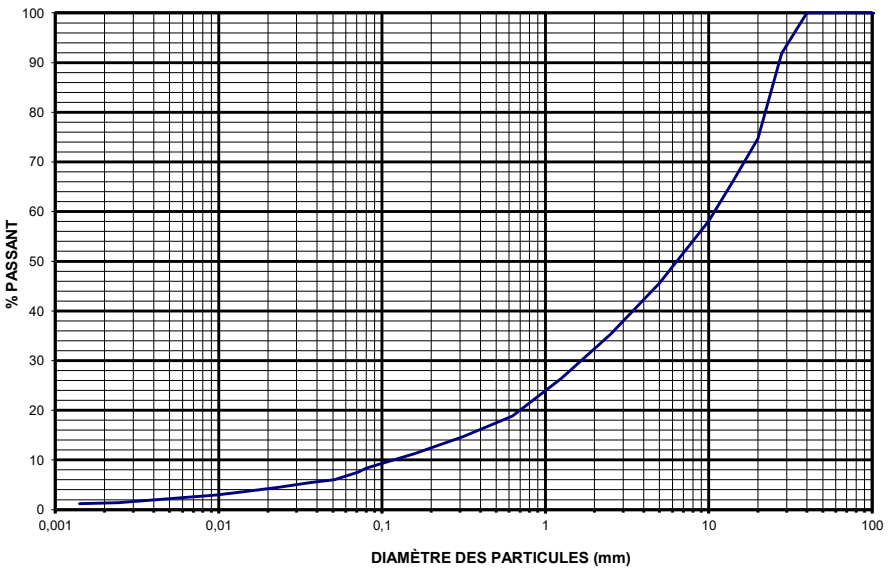
REMARQUES

Teneur en eau : 6 %

SÉDIMENTOMÉTRIE

TEMPS (MIN)	DIAMÈTRE (MM)	% PASSANT
0,5	0,072	7,6
1	0,051	6,0
2	0,037	5,5
5	0,023	4,5
15	0,014	3,5
30	0,010	2,9
60	0,007	2,5
120	0,005	2,1
240	0,003	1,8
480	0,002	1,4
1440	0,001	1,2

COURBE GRANULOMÉTRIQUE



Préparé par: Joël Martin

Vérifié par : Mustapha Mahouche, ing. jr.

QUALILAB INSPECTION INC.

CERTIFICAT DE LABORATOIRE - SOL

ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE DES SOLS INORGANIQUES

BNQ 2501-025/2013

CLIENT: Groupe RDC Consultants **DOSSIER:** G-18-384

PROJET: HY18-010-02 **ANALYSE NO:** 18-384-48

DONNÉES GÉNÉRALES			
Description:	Gravier sableux avec traces de silt et d'argile	Prélevé le: -	Par: Client
Provenance:	FG-18-04 / CF-06 (12 à 14 pieds)	Analysé le: 2018-06-13	Par: A. P.

ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE	
112 mm	100
80 mm	100
56 mm	100
40 mm	100
28 mm	100
20 mm	77
14 mm	62
10 mm	53
5 mm	40
2,5 mm	30
1,25 mm	24
630 µm	20
315 µm	15
160 µm	12
80 µm	9,0

RÉSUMÉ DES ESSAIS	
Argile %	1
Silt %	8
Sable %	31
Gravier %	60

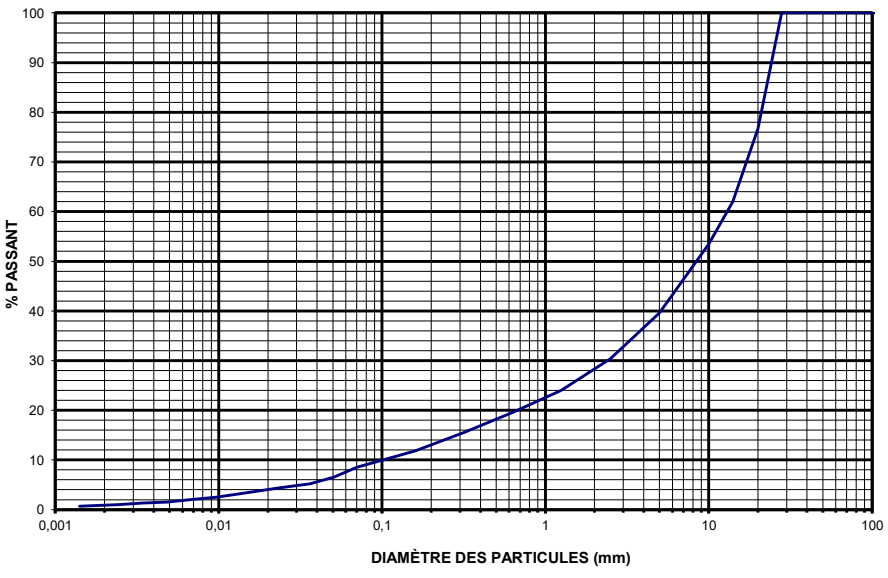
REMARQUES

Teneur en eau : 6 %

SÉDIMENTOMÉTRIE

TEMPS (MIN)	DIAMÈTRE (MM)	% PASSANT
0,5	0,070	8,5
1	0,051	6,5
2	0,036	5,2
5	0,023	4,4
15	0,013	3,2
30	0,010	2,5
60	0,007	2,0
120	0,005	1,5
240	0,003	1,3
480	0,002	1,0
1440	0,001	0,7

COURBE GRANULOMÉTRIQUE



Préparé par: Joël Martin

Vérifié par : Mustapha Mahouche, ing. jr.

QUALILAB INSPECTION INC.

CERTIFICAT DE LABORATOIRE - SOL

ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE DES SOLS INORGANIQUES

BNQ 2501-025/2013

CLIENT: Groupe RDC Consultants **DOSSIER:** G-18-384

PROJET: HY18-010-02 **ANALYSE NO:** 18-384-49

DONNÉES GÉNÉRALES			
Description:	Argile silteuse avec traces de sable	Prélevé le: -	Par: Client
Provenance:	FG-18-03 / CF-03 (14 à 16 pieds)	Analysé le: 2018-06-13	Par: A. P.

ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE	
112 mm	100
80 mm	100
56 mm	100
40 mm	100
28 mm	100
20 mm	100
14 mm	100
10 mm	100
5 mm	100
2,5 mm	100
1,25 mm	100
630 µm	100
315 µm	100
160 µm	100
80 µm	98,0

RÉSUMÉ DES ESSAIS	
Argile %	70
Silt %	28
Sable %	2
Gravier %	0

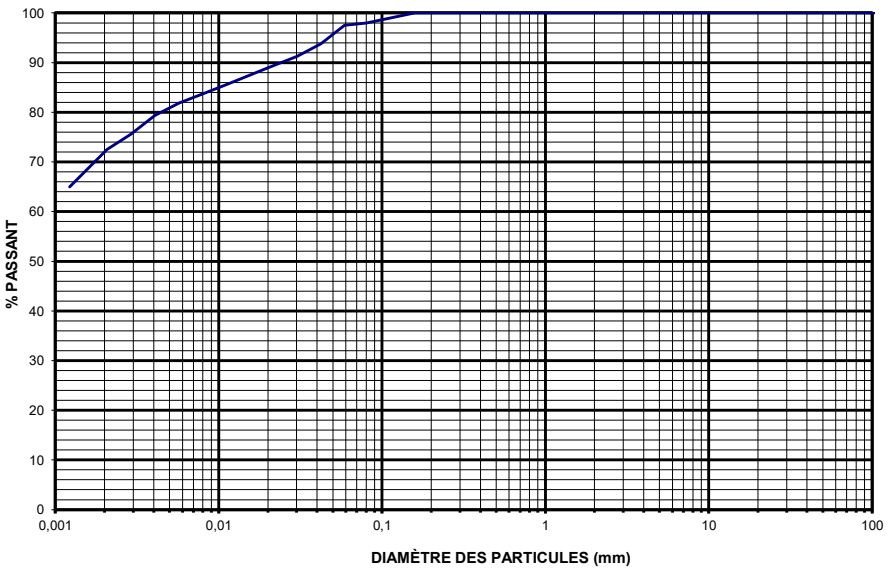
REMARQUES

Teneur en eau : 38 %

SÉDIMENTOMÉTRIE

TEMPS (MIN)	DIAMÈTRE (MM)	% PASSANT
0,5	0,059	97,5
1	0,042	93,8
2	0,030	91,3
5	0,019	88,8
15	0,011	85,6
30	0,008	83,8
60	0,006	81,9
120	0,004	79,4
240	0,003	75,6
480	0,002	72,5
1440	0,001	65,0

COURBE GRANULOMÉTRIQUE



Préparé par: Joël Martin

Vérifié par : Mustapha Mahouche, ing. jr.

QUALILAB INSPECTION INC.

CERTIFICAT DE LABORATOIRE - SOL

ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE DES SOLS INORGANIQUES

BNQ 2501-025/2013

CLIENT: Groupe RDC Consultants **DOSSIER:** G-18-384

PROJET: HY18-010-02 **ANALYSE NO:** 18-384-50

DONNÉES GÉNÉRALES			
Description:	Argile silteuse avec traces de sable	Prélevé le: -	Par: Client
Provenance:	FG-18-03 / CF-04 (19'-7" à 21'-7")	Analysé le: 2018-06-13	Par: A. P.

ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE	
112 mm	100
80 mm	100
56 mm	100
40 mm	100
28 mm	100
20 mm	100
14 mm	100
10 mm	100
5 mm	100
2,5 mm	100
1,25 mm	100
630 µm	100
315 µm	100
160 µm	100
80 µm	99,0

RÉSUMÉ DES ESSAIS	
Argile %	78
Silt %	21
Sable %	1
Gravier %	0

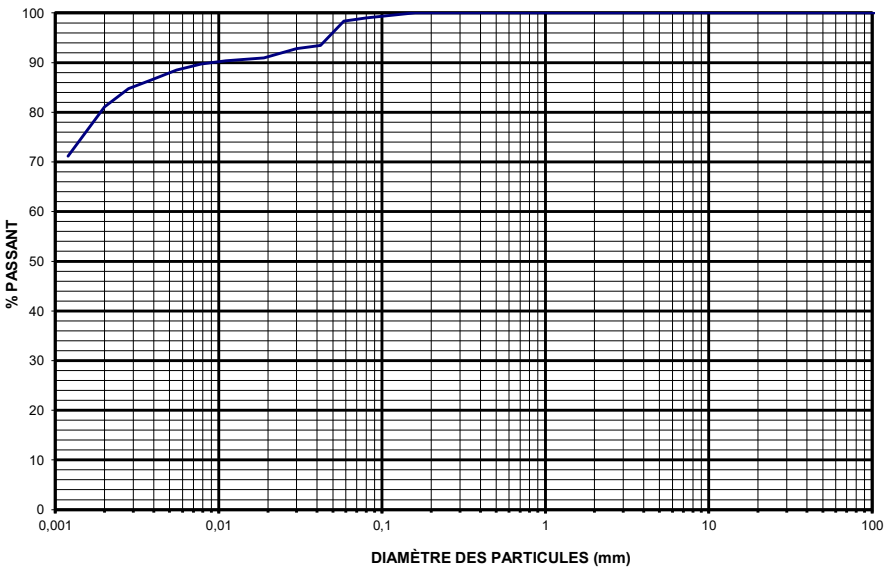
REMARQUES

Teneur en eau : 58,1 %

SÉDIMENTOMÉTRIE

TEMPS (MIN)	DIAMÈTRE (MM)	% PASSANT
0,5	0,058	98,4
1	0,042	93,4
2	0,030	92,8
5	0,019	91,0
15	0,011	90,3
30	0,008	89,7
60	0,006	88,5
120	0,004	86,6
240	0,003	84,8
480	0,002	81,1
1440	0,001	71,2

COURBE GRANULOMÉTRIQUE



Préparé par: Joël Martin

Vérifié par : Mustapha Mahouche, ing. jr.

CERTIFICAT DE LABORATOIRE - SOL

ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE DES SOLS INORGANIQUES

BNQ 2501-025/2013

CLIENT: Groupe RDC Consultants **DOSSIER:** G-18-384

PROJET: HY18-010-02 **ANALYSE NO:** 18-384-51

DONNÉES GÉNÉRALES			
Description:	Argile et silt avec un peu de sable	Prélevé le: -	Par: Client
Provenance:	FG-18-03 / CF-05 (24 à 26 pieds)	Analysé le: 2018-06-13	Par: A. P.

ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE	
112 mm	100
80 mm	100
56 mm	100
40 mm	100
28 mm	100
20 mm	100
14 mm	100
10 mm	100
5 mm	100
2,5 mm	100
1,25 mm	100
630 µm	100
315 µm	100
160 µm	100
80 µm	88,0

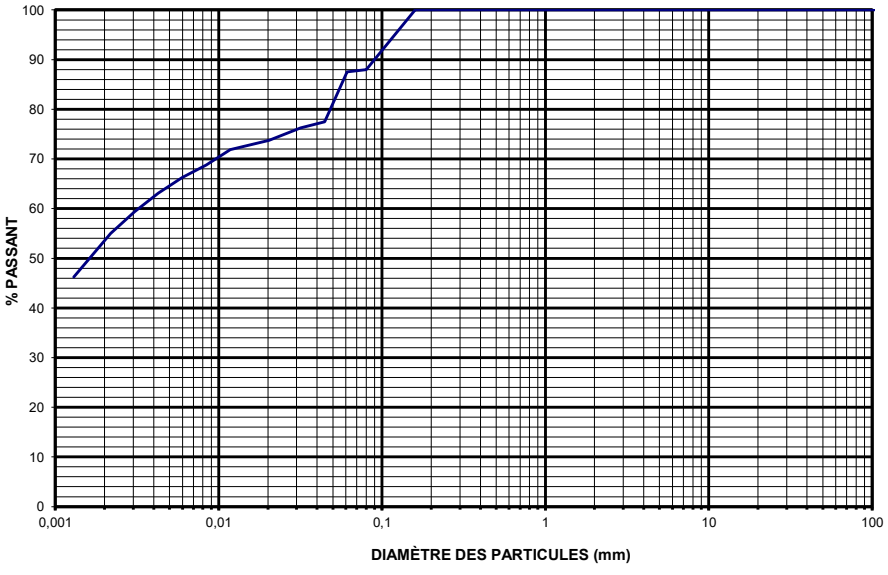
RÉSUMÉ DES ESSAIS	
Argile %	53
Silt %	35
Sable %	12
Gravier %	0

REMARQUES
Teneur en eau : 42,4 %

SÉDIMENTOMÉTRIE

TEMPS (MIN)	DIAMÈTRE (MM)	% PASSANT
0,5	0,061	87,5
1	0,045	77,5
2	0,032	76,3
5	0,020	73,8
15	0,012	71,9
30	0,008	68,8
60	0,006	66,3
120	0,004	63,1
240	0,003	59,4
480	0,002	55,0
1440	0,001	46,3

COURBE GRANULOMÉTRIQUE



Préparé par: Joël Martin

Vérifié par : Mustapha Mahouche, ing. jr.

CERTIFICAT DE LABORATOIRE - SOL

ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE DES SOLS INORGANIQUES

BNQ 2501-025/2013

CLIENT: Groupe RDC Consultants
DOSSIER: G-18-384
PROJET: HY18-010-02
ANALYSE NO: 18-384-52

DONNÉES GÉNÉRALES

Description:	Argile et silt avec traces de sable	Prélevé le:	-	Par: Client
Provenance:	FG-18-03 / CF-06A (27'-2" à 27'-11")	Analysé le:	2018-06-14	Par: A. P.

ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE

112 mm	100
80 mm	100
56 mm	100
40 mm	100
28 mm	100
20 mm	100
14 mm	100
10 mm	100
5 mm	100
2,5 mm	100
1,25 mm	100
630 µm	100
315 µm	100
160 µm	100
80 µm	90,3

RÉSUMÉ DES ESSAIS

Argile %	54
Silt %	36
Sable %	10
Gravier %	0

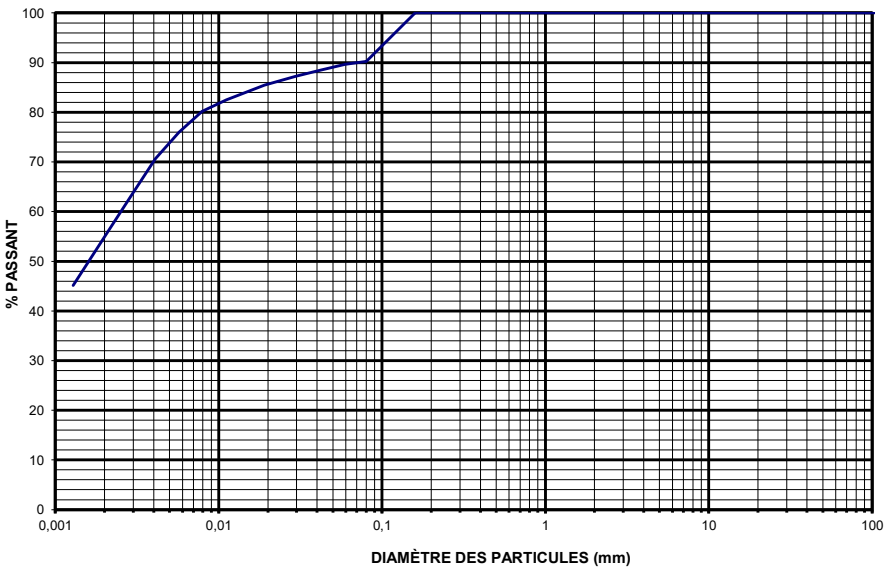
REMARQUES

Teneur en eau : 45,9 %

SÉDIMENTOMÉTRIE

TEMPS (MIN)	DIAMÈTRE (MM)	% PASSANT
0,5	0,059	89,7
1	0,042	88,5
2	0,030	87,3
5	0,019	85,5
15	0,011	82,5
30	0,008	80,2
60	0,006	76,0
120	0,004	70,7
240	0,003	63,5
480	0,002	56,4
1440	0,001	45,1

COURBE GRANULOMÉTRIQUE



Préparé par: Joël Martin

Vérifié par : Mustapha Mahouche, ing. jr.

QUALILAB INSPECTION INC.

CERTIFICAT DE LABORATOIRE - SOL

ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE DES SOLS INORGANIQUES

BNQ 2501-025/2013

CLIENT: Groupe RDC Consultants **DOSSIER:** G-18-384

PROJET: HY18-010-02 **ANALYSE NO:** 18-384-53

DONNÉES GÉNÉRALES			
Description:	Argile et silt avec traces de sable	Prélevé le: -	Par: Client
Provenance:	FG-18-03 / CF-06B (27'-11 à 28'-7")	Analysé le: 2018-06-14	Par: A. P.

ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE	
112 mm	100
80 mm	100
56 mm	100
40 mm	100
28 mm	100
20 mm	100
14 mm	100
10 mm	100
5 mm	100
2,5 mm	100
1,25 mm	100
630 µm	100
315 µm	100
160 µm	100
80 µm	90,8

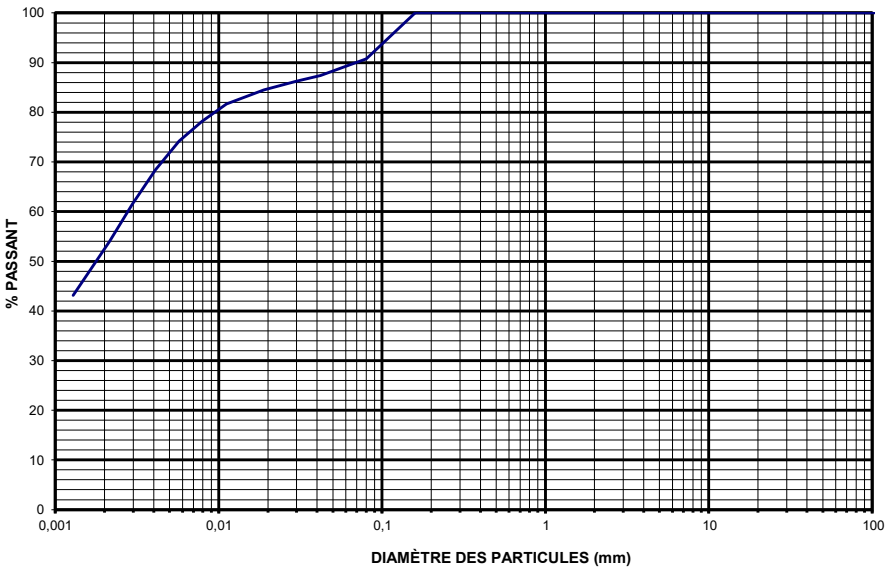
RÉSUMÉ DES ESSAIS	
Argile %	52
Silt %	38
Sable %	9
Gravier %	0

REMARQUES
Teneur en eau : 43,4 %

SÉDIMENTOMÉTRIE

TEMPS (MIN)	DIAMÈTRE (MM)	% PASSANT
0,5	0,059	89,1
1	0,042	87,4
2	0,030	86,3
5	0,019	84,5
15	0,011	81,7
30	0,008	78,2
60	0,006	74,2
120	0,004	68,4
240	0,003	61,5
480	0,002	54,1
1440	0,001	43,1

COURBE GRANULOMÉTRIQUE



Préparé par: Joël Martin

Vérifié par : Mustapha Mahouche, ing. jr.

CERTIFICAT DE LABORATOIRE - SOL

ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE DES SOLS INORGANIQUES

BNQ 2501-025/2013

CLIENT: Groupe RDC Consultants **DOSSIER:** G-18-384

PROJET: HY18-010-02 **ANALYSE NO:** 18-384-54

DONNÉES GÉNÉRALES			
Description:	Silt avec un peu de sable et traces d'argile	Prélevé le: -	Par: Client
Provenance:	FG-18-03 / CF-06C (28'-7" à 29'-2")	Analysé le: 2018-06-14	Par: A. P.

ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE	
112 mm	100
80 mm	100
56 mm	100
40 mm	100
28 mm	100
20 mm	100
14 mm	100
10 mm	100
5 mm	100
2,5 mm	100
1,25 mm	100
630 µm	99
315 µm	97
160 µm	95
80 µm	89,5

RÉSUMÉ DES ESSAIS	
Argile %	8
Silt %	81
Sable %	10
Gravier %	0

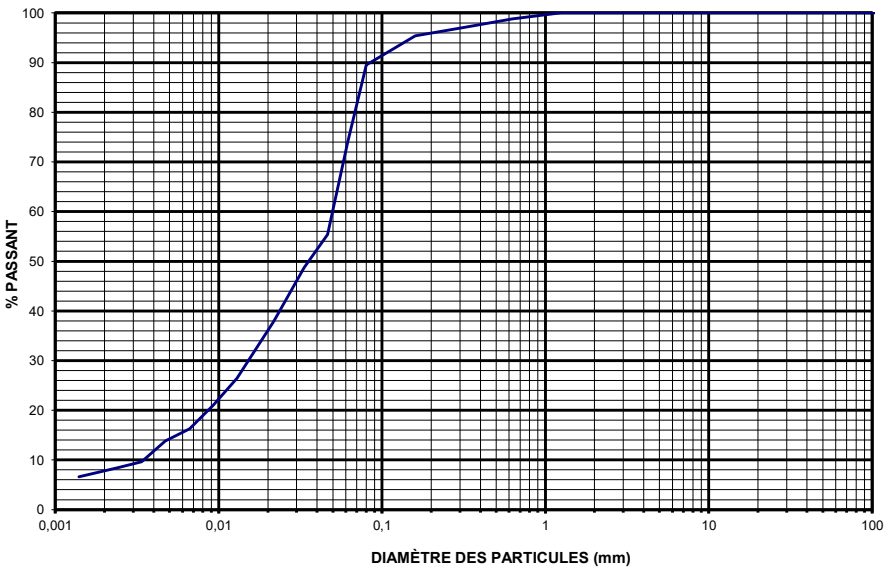
REMARQUES

Teneur en eau : 20,2 %

SÉDIMENTOMÉTRIE

TEMPS (MIN)	DIAMÈTRE (MM)	% PASSANT
0,5	0,062	74,0
1	0,046	55,4
2	0,033	48,7
5	0,022	37,9
15	0,013	26,5
30	0,009	21,1
60	0,007	16,2
120	0,005	13,8
240	0,003	9,6
480	0,002	8,4
1440	0,001	6,6

COURBE GRANULOMÉTRIQUE



Préparé par: Joël Martin

Vérifié par : Mustapha Mahouche, ing. jr.

QUALILAB INSPECTION INC.

CERTIFICAT DE LABORATOIRE - SOL

ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE DES SOLS INORGANIQUES

BNQ 2501-025/2013

CLIENT: Groupe RDC Consultants **DOSSIER:** G-18-384

PROJET: HY18-010-02 **ANALYSE NO:** 18-384-55

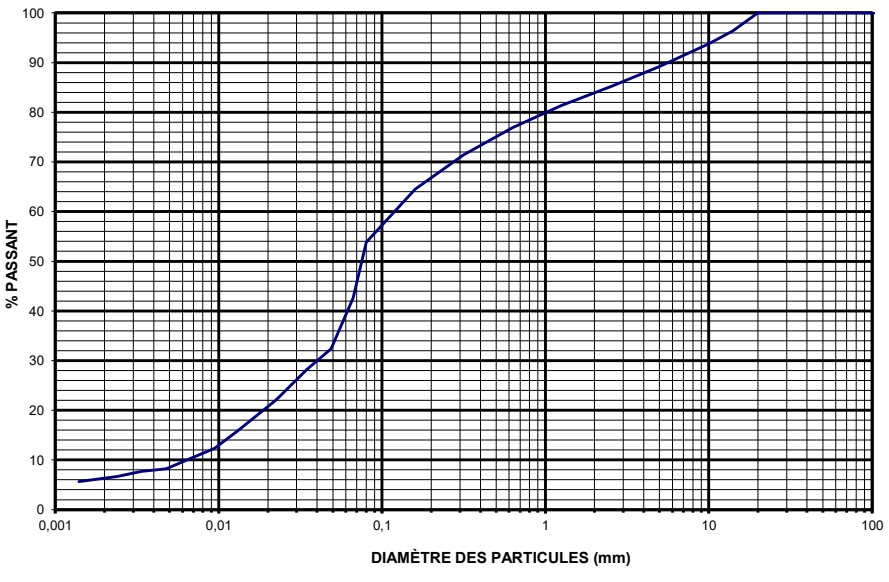
DONNÉES GÉNÉRALES			
Description:	Silt et sable avec un peu de gravier et traces d'argile	Prélevé le: -	Par: Client
Provenance:	FG-18-03 / CF-07 (34'-6" à 36'-6")	Analysé le: 2018-06-14	Par: A. P.

ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE	
112 mm	100
80 mm	100
56 mm	100
40 mm	100
28 mm	100
20 mm	100
14 mm	96
10 mm	94
5 mm	89
2,5 mm	85
1,25 mm	81
630 µm	77
315 µm	71
160 µm	65
80 µm	53,8

SÉDIMENTOMÉTRIE

TEMPS (MIN)	DIAMÈTRE (MM)	% PASSANT
0,5	0,067	42,6
1	0,049	32,4
2	0,035	28,2
5	0,022	22,1
15	0,013	15,9
30	0,009	12,3
60	0,007	10,3
120	0,005	8,2
240	0,003	7,7
480	0,002	6,7
1440	0,001	5,6

COURBE GRANULOMÉTRIQUE



RÉSUMÉ DES ESSAIS	
Argile %	7
Silt %	47
Sable %	35
Gravier %	11

REMARQUES

Teneur en eau : 18,2 %

Préparé par: Joël Martin

Vérifié par : Mustapha Mahouche, ing. jr.

CERTIFICAT DE LABORATOIRE - SOL

ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE DES SOLS INORGANIQUES

BNQ 2501-025/2013

CLIENT: Groupe RDC Consultants **DOSSIER:** G-18-384

PROJET: HY18-010-02 **ANALYSE NO:** 18-384-56

DONNÉES GÉNÉRALES

Description:	Silt et sable avec un peu de gravier et traces d'argile	Prélevé le:	-	Par: Client
Provenance:	GH-18-04 / CF-02 (2 à 4 pieds)	Analysé le:	2018-06-14	Par: A. P.

ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE

112 mm	100
80 mm	100
56 mm	100
40 mm	100
28 mm	100
20 mm	88
14 mm	88
10 mm	86
5 mm	82
2,5 mm	80
1,25 mm	78
630 µm	75
315 µm	69
160 µm	57
80 µm	45,4

SÉDIMENTOMÉTRIE

TEMPS (MIN)	DIAMÈTRE (MM)	% PASSANT
0,5	0,067	35,3
1	0,049	26,5
2	0,035	24,2
5	0,023	17,2
15	0,013	11,2
30	0,010	7,9
60	0,007	7,0
120	0,005	6,0
240	0,003	5,1
480	0,002	4,2
1440	0,001	3,7

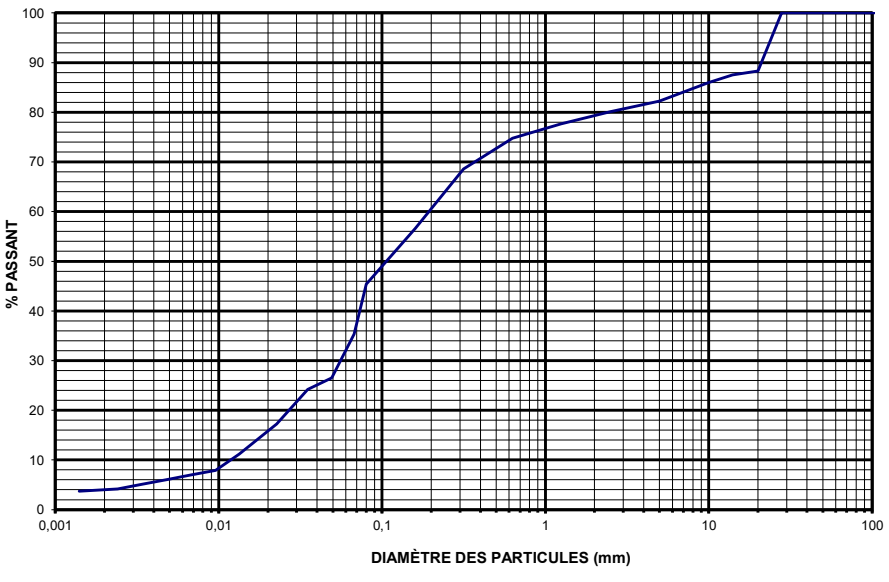
RÉSUMÉ DES ESSAIS

Argile %	4
Silt %	41
Sable %	37
Gravier %	18

REMARQUES

Teneur en eau : 21 %

COURBE GRANULOMÉTRIQUE



Préparé par: Joël Martin

Vérifié par : Mustapha Mahouche, ing. jr.

QUALILAB INSPECTION INC.

CERTIFICAT DE LABORATOIRE - SOL

ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE DES SOLS INORGANIQUES

BNQ 2501-025/2013

CLIENT: Groupe RDC Consultants
PROJET: HY18-010-02
DOSSIER: G-18-384
ANALYSE NO: 18-384-57

DONNÉES GÉNÉRALES

Description:	Argile silteuse avec traces de sable	Prélevé le: -	Par: Client
Provenance:	GH-18-03 / CF-02 (2 à 4 pieds)	Analysé le: 2018-06-14	Par: A. P.

ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE

112 mm	100
80 mm	100
56 mm	100
40 mm	100
28 mm	100
20 mm	100
14 mm	100
10 mm	100
5 mm	100
2,5 mm	100
1,25 mm	100
630 µm	100
315 µm	100
160 µm	100
80 µm	97,5

RÉSUMÉ DES ESSAIS

Argile %	64
Silt %	34
Sable %	3
Gravier %	0

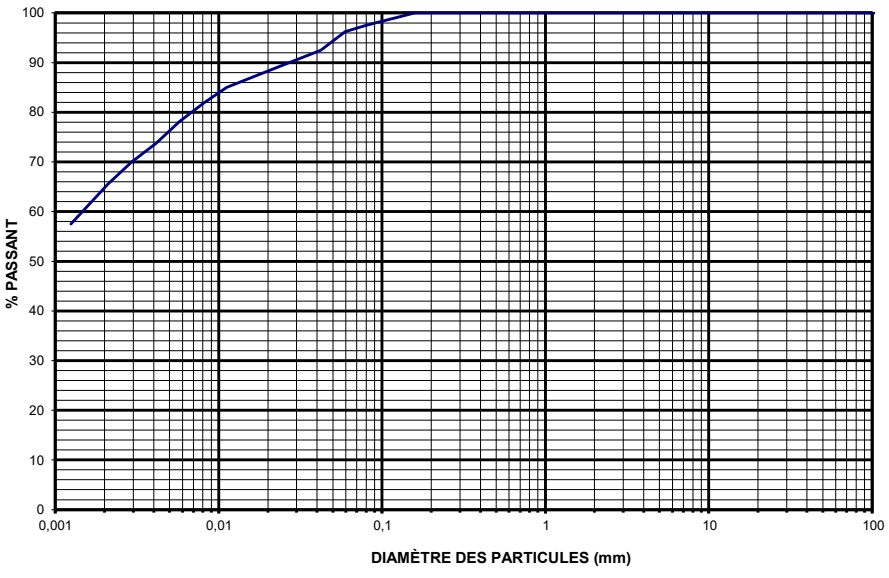
REMARQUES

Teneur en eau : 32,9 %

SÉDIMENTOMÉTRIE

TEMPS (MIN)	DIAMÈTRE (MM)	% PASSANT
0,5	0,059	96,3
1	0,042	92,5
2	0,030	90,6
5	0,019	88,1
15	0,011	85,0
30	0,008	81,9
60	0,006	78,1
120	0,004	73,8
240	0,003	70,0
480	0,002	65,6
1440	0,001	57,5

COURBE GRANULOMÉTRIQUE



Préparé par: Joël Martin

Vérifié par : Mustapha Mahouche, ing. jr.

QUALILAB INSPECTION INC.

CERTIFICAT DE LABORATOIRE - SOL

ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE DES SOLS INORGANIQUES

BNQ 2501-025/2013

CLIENT: Groupe RDC Consultants **DOSSIER:** G-18-384

PROJET: HY18-010-02 **ANALYSE NO:** 18-384-59

DONNÉES GÉNÉRALES			
Description:	Silt avec un peu de sable et traces d'argile et de gravier	Prélevé le: -	Par: Client
Provenance:	Résidus #1	Analysé le: 2018-06-14	Par: A. P.

ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE	
112 mm	100
80 mm	100
56 mm	100
40 mm	100
28 mm	100
20 mm	100
14 mm	100
10 mm	99
5 mm	99
2,5 mm	98
1,25 mm	98
630 µm	98
315 µm	97
160 µm	97
80 µm	85,8

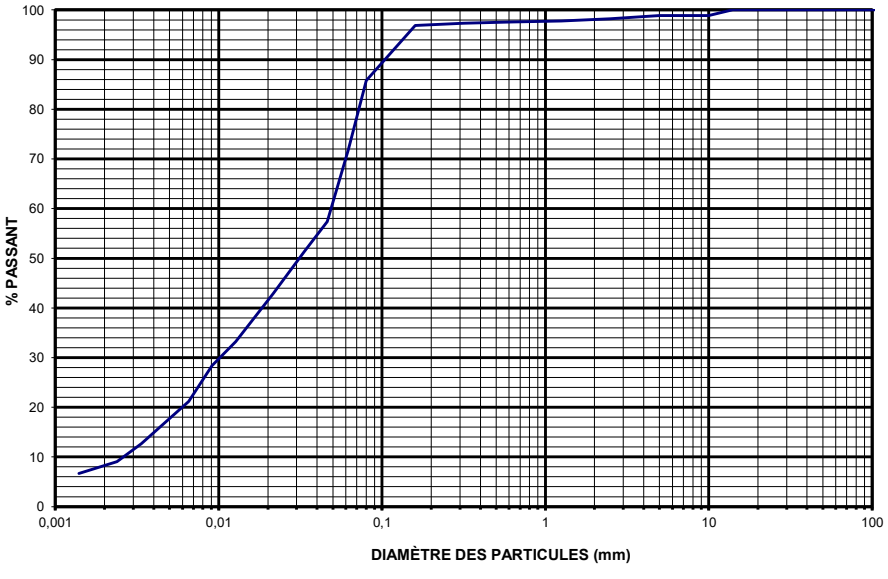
RÉSUMÉ DES ESSAIS	
Argile %	10
Silt %	76
Sable %	13
Gravier %	1

REMARQUES
Teneur en eau : 21,8 %

SÉDIMENTOMÉTRIE

TEMPS (MIN)	DIAMÈTRE (MM)	% PASSANT
0,5	0,062	71,9
1	0,046	57,4
2	0,033	51,3
5	0,021	42,9
15	0,013	33,2
30	0,009	28,4
60	0,007	21,1
120	0,005	16,9
240	0,003	12,7
480	0,002	9,1
1440	0,001	6,6

COURBE GRANULOMÉTRIQUE



Préparé par: Joël Martin

Vérifié par : Mustapha Mahouche, ing. jr.

CERTIFICAT DE LABORATOIRE - SOL

ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE DES SOLS INORGANIQUES

BNQ 2501-025/2013

CLIENT: Groupe RDC Consultants
DOSSIER: G-18-384
PROJET: HY18-010-02
ANALYSE NO: 18-384-60

DONNÉES GÉNÉRALES

Description:	Silt avec un peu de sable et d'argile	Prélevé le:	-	Par: Client
Provenance:	Résidus #2	Analysé le:	2018-06-14	Par: A. P.

ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE

112 mm	100
80 mm	100
56 mm	100
40 mm	100
28 mm	100
20 mm	100
14 mm	100
10 mm	100
5 mm	100
2,5 mm	100
1,25 mm	100
630 µm	100
315 µm	100
160 µm	100
80 µm	88,3

RÉSUMÉ DES ESSAIS

Argile %	11
Silt %	78
Sable %	12
Gravier %	0

REMARQUES

Teneur en eau : 21,9 %

SÉDIMENTOMÉTRIE

TEMPS (MIN)	DIAMÈTRE (MM)	% PASSANT
0,5	0,062	75,0
1	0,047	56,9
2	0,033	52,5
5	0,022	42,5
15	0,013	32,5
30	0,009	27,5
60	0,007	21,3
120	0,005	16,9
240	0,003	13,1
480	0,002	10,0
1440	0,001	8,1

COURBE GRANULOMÉTRIQUE



Préparé par: Joël Martin

Vérifié par : Mustapha Mahouche, ing. jr.

CERTIFICAT DE LABORATOIRE - SOL

ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE DES SOLS INORGANIQUES

BNQ 2501-025/2013

CLIENT: Groupe RDC Consultants **DOSSIER:** G-18-384

PROJET: HY18-010-02 **ANALYSE NO:** 18-384-61

DONNÉES GÉNÉRALES			
Description:	Silt avec un peu de sable et traces d'argile	Prélevé le: -	Par: Client
Provenance:	Résidus #3	Analysé le: 2018-06-14	Par: A. P.

ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE	
112 mm	100
80 mm	100
56 mm	100
40 mm	100
28 mm	100
20 mm	100
14 mm	100
10 mm	100
5 mm	100
2,5 mm	100
1,25 mm	100
630 µm	100
315 µm	100
160 µm	99
80 µm	85,6

RÉSUMÉ DES ESSAIS	
Argile %	10
Silt %	76
Sable %	14
Gravier %	0

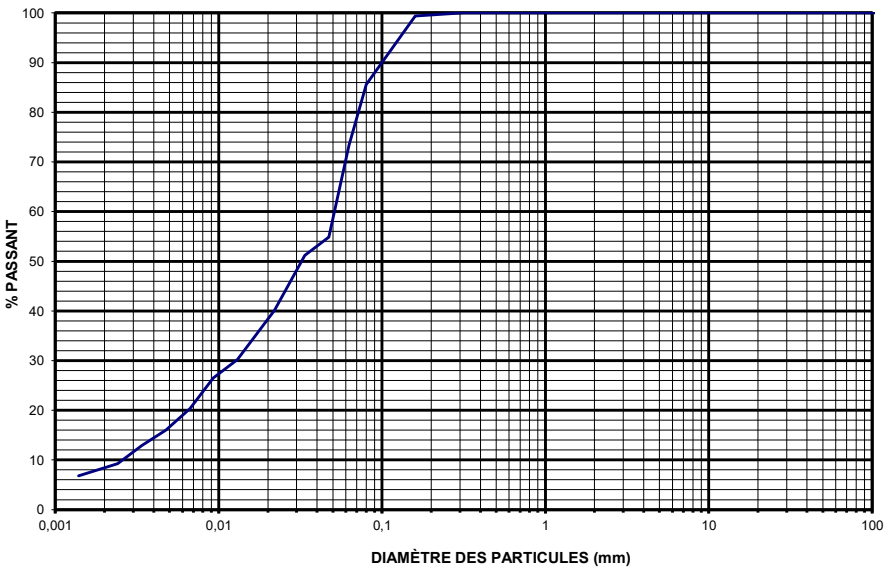
REMARQUES

Teneur en eau : 17,3 %

SÉDIMENTOMÉTRIE

TEMPS (MIN)	DIAMÈTRE (MM)	% PASSANT
0,5	0,063	73,4
1	0,047	54,9
2	0,034	51,2
5	0,022	40,1
15	0,013	30,2
30	0,009	26,5
60	0,007	20,4
120	0,005	16,0
240	0,003	13,0
480	0,002	9,3
1440	0,001	6,8

COURBE GRANULOMÉTRIQUE



Préparé par: Joël Martin

Vérifié par : Mustapha Mahouche, ing. jr.

QUALILAB INSPECTION INC.

CERTIFICAT DE LABORATOIRE - SOL

ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE DES SOLS INORGANIQUES

BNQ 2501-025/2013

CLIENT: Groupe RDC Consultants **DOSSIER:** G-18-384

PROJET: HY18-010-02 **ANALYSE NO:** 18-384-62

DONNÉES GÉNÉRALES

Description:	Silt avec un peu de sable et traces d'argile	Prélevé le:	-	Par: Client
Provenance:	Résidus #4	Analysé le:	2018-06-14	Par: A. P.

ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE

112 mm	100
80 mm	100
56 mm	100
40 mm	100
28 mm	100
20 mm	100
14 mm	100
10 mm	100
5 mm	100
2,5 mm	99
1,25 mm	99
630 µm	99
315 µm	99
160 µm	98
80 µm	88,8

RÉSUMÉ DES ESSAIS

Argile %	9
Silt %	79
Sable %	11
Gravier %	0

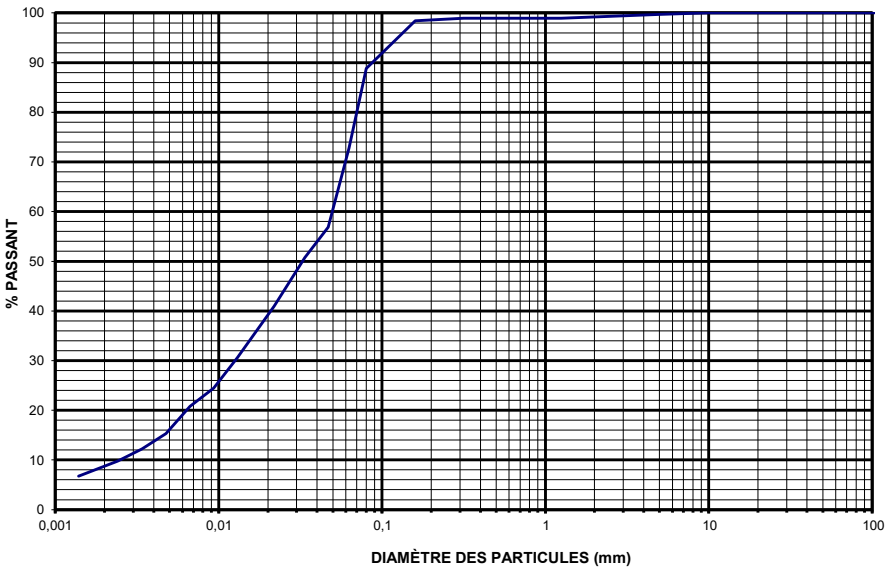
REMARQUES

Teneur en eau : 17,6 %

SÉDIMENTOMÉTRIE

TEMPS (MIN)	DIAMÈTRE (MM)	% PASSANT
0,5	0,063	72,8
1	0,047	56,9
2	0,034	50,8
5	0,022	41,0
15	0,013	30,6
30	0,009	24,5
60	0,007	20,8
120	0,005	15,3
240	0,003	12,2
480	0,002	9,8
1440	0,001	6,7

COURBE GRANULOMÉTRIQUE



Préparé par: Joël Martin

Vérifié par : Mustapha Mahouche, ing. jr.

CERTIFICAT DE LABORATOIRE - SOL

ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE DES SOLS INORGANIQUES

BNQ 2501-025/2013

CLIENT: Groupe RDC Consultants
PROJET: HY18-010-02
DOSSIER: G-18-384
ANALYSE NO: 18-384-63

DONNÉES GÉNÉRALES

Description:	Argile silteuse avec traces de sable	Prélevé le: -	Par: Client
Provenance:	FG-18-05 / CF-02 (2 à 4 pieds)	Analysé le: 2018-06-14	Par: A. P.

ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE

112 mm	100
80 mm	100
56 mm	100
40 mm	100
28 mm	100
20 mm	100
14 mm	100
10 mm	100
5 mm	100
2,5 mm	100
1,25 mm	100
630 µm	100
315 µm	100
160 µm	100
80 µm	95,8

RÉSUMÉ DES ESSAIS

Argile %	69
Silt %	26
Sable %	4
Gravier %	0

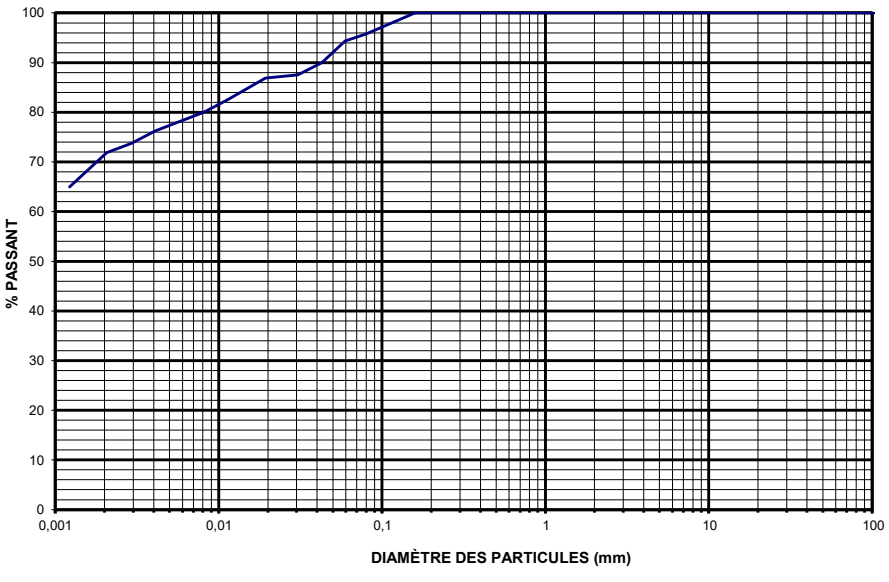
REMARQUES

Teneur en eau : 34,8 %

SÉDIMENTOMÉTRIE

TEMPS (MIN)	DIAMÈTRE (MM)	% PASSANT
0,5	0,059	94,4
1	0,043	90,0
2	0,031	87,5
5	0,019	86,9
15	0,011	82,5
30	0,008	80,0
60	0,006	78,1
120	0,004	76,3
240	0,003	73,8
480	0,002	71,9
1440	0,001	65,0

COURBE GRANULOMÉTRIQUE



Préparé par: Joël Martin

Vérifié par : Mustapha Mahouche, ing. jr.

CERTIFICAT DE LABORATOIRE - SOL

ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE DES SOLS INORGANIQUES

BNQ 2501-025/2013

CLIENT: Groupe RDC Consultants
PROJET: HY18-010-02
DOSSIER: G-18-384
ANALYSE NO: 18-384-64

DONNÉES GÉNÉRALES

Description:	Argile avec un peu de silt et traces de sable	Prélevé le: -	Par: Client
Provenance:	FG-18-05 / CF-03 (4 à 6 pieds)	Analysé le: 2018-06-14	Par: A. P.

ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE

112 mm	100
80 mm	100
56 mm	100
40 mm	100
28 mm	100
20 mm	100
14 mm	100
10 mm	100
5 mm	100
2,5 mm	100
1,25 mm	100
630 µm	100
315 µm	100
160 µm	100
80 µm	99,3

RÉSUMÉ DES ESSAIS

Argile %	80
Silt %	19
Sable %	1
Gravier %	0

REMARQUES

Teneur en eau : 43,3 %

SÉDIMENTOMÉTRIE

TEMPS (MIN)	DIAMÈTRE (MM)	% PASSANT
0,5	0,058	98,7
1	0,042	95,7
2	0,029	95,1
5	0,019	94,5
15	0,011	92,6
30	0,008	92,0
60	0,005	90,8
120	0,004	88,4
240	0,003	85,9
480	0,002	82,9
1440	0,001	74,3

COURBE GRANULOMÉTRIQUE



Préparé par: Joël Martin

Vérifié par : Mustapha Mahouche, ing. jr.

CERTIFICAT DE LABORATOIRE - SOL

ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE DES SOLS INORGANIQUES

BNQ 2501-025/2013

CLIENT: Groupe RDC Consultants
DOSSIER: G-18-384
PROJET: HY18-010-02
ANALYSE NO: 18-384-65

DONNÉES GÉNÉRALES

Description:	Argile silteuse avec traces de sable	Prélevé le:	-	Par:	Client
Provenance:	FG-18-05 / CF-04 (6 à 8 pieds)	Analysé le:	2018-06-14	Par:	A. P.

ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE

112 mm	100
80 mm	100
56 mm	100
40 mm	100
28 mm	100
20 mm	100
14 mm	100
10 mm	100
5 mm	100
2,5 mm	100
1,25 mm	100
630 µm	100
315 µm	100
160 µm	100
80 µm	99,0

RÉSUMÉ DES ESSAIS

Argile %	69
Silt %	30
Sable %	1
Gravier %	0

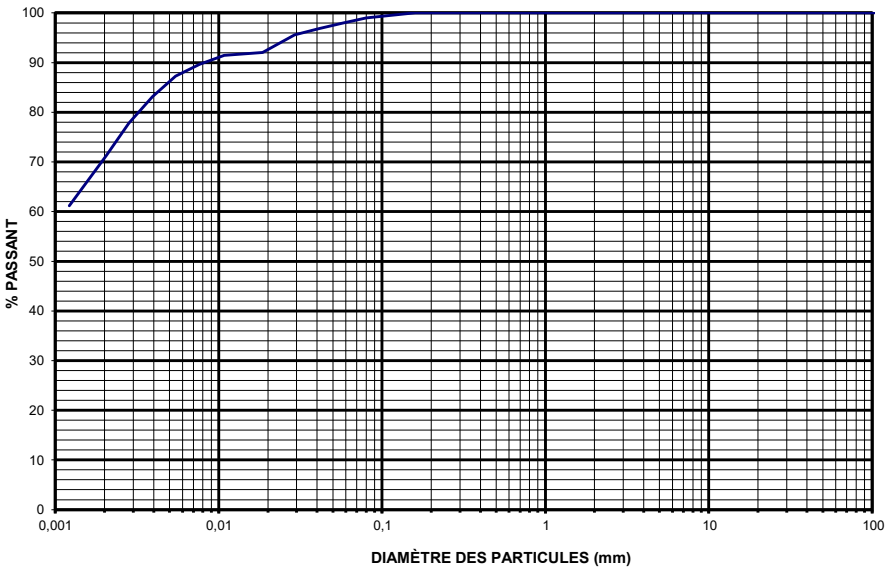
REMARQUES

Teneur en eau : 53,6 %

SÉDIMENTOMÉTRIE

TEMPS (MIN)	DIAMÈTRE (MM)	% PASSANT
0,5	0,058	98,0
1	0,041	96,8
2	0,029	95,6
5	0,019	92,0
15	0,011	91,4
30	0,008	89,7
60	0,005	87,3
120	0,004	83,1
240	0,003	77,8
480	0,002	71,3
1440	0,001	61,2

COURBE GRANULOMÉTRIQUE



Préparé par: Joël Martin

Vérifié par : Mustapha Mahouche, ing. jr.

QUALILAB INSPECTION INC.

CERTIFICAT DE LABORATOIRE - SOL

ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE DES SOLS INORGANIQUES

BNQ 2501-025/2013

CLIENT: Groupe RDC Consultants
PROJET: HY18-010-02
DOSSIER: G-18-384
ANALYSE NO: 18-384-66

DONNÉES GÉNÉRALES

Description:	Silt argileux avec traces de sable	Prélevé le: -	Par: Client
Provenance:	FG-18-05 / CF-05 (11 à 13 pieds)	Analysé le: 2018-06-14	Par: A. P.

ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE

112 mm	100
80 mm	100
56 mm	100
40 mm	100
28 mm	100
20 mm	100
14 mm	100
10 mm	100
5 mm	100
2,5 mm	100
1,25 mm	100
630 µm	100
315 µm	100
160 µm	100
80 µm	99,0

RÉSUMÉ DES ESSAIS

Argile %	28
Silt %	71
Sable %	1
Gravier %	0

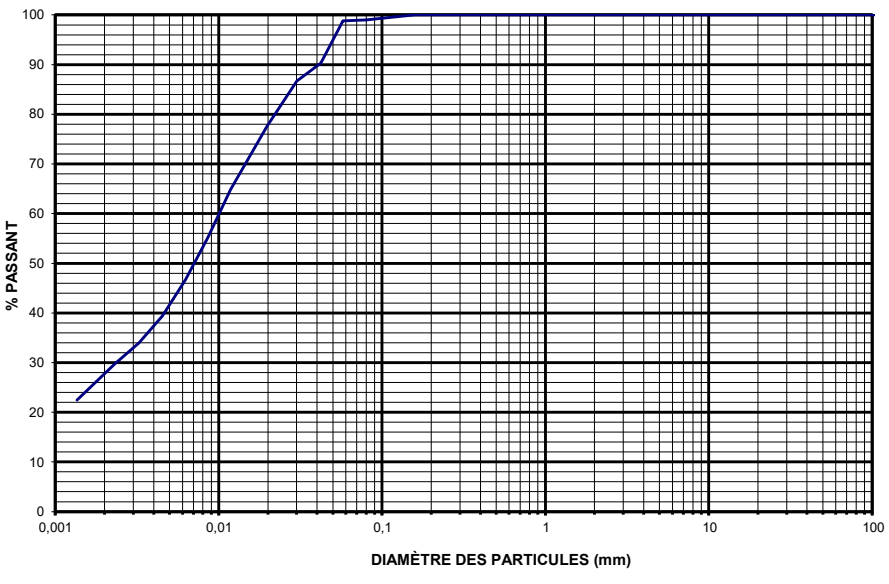
REMARQUES

Teneur en eau : 36 %

SÉDIMENTOMÉTRIE

TEMPS (MIN)	DIAMÈTRE (MM)	% PASSANT
0,5	0,058	98,8
1	0,042	90,3
2	0,030	86,7
5	0,020	77,6
15	0,012	64,9
30	0,009	55,2
60	0,006	46,7
120	0,005	39,4
240	0,003	34,0
480	0,002	29,7
1440	0,001	22,4

COURBE GRANULOMÉTRIQUE



Préparé par: Joël Martin

Vérifié par : Mustapha Mahouche, ing. jr.

QUALILAB INSPECTION INC.

CERTIFICAT DE LABORATOIRE - SOL

ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE DES SOLS INORGANIQUES

BNQ 2501-025/2013

CLIENT: Groupe RDC Consultants **DOSSIER:** G-18-384

PROJET: HY18-010-02 **ANALYSE NO:** 18-384-67

DONNÉES GÉNÉRALES

Description:	Silt avec un peu de sable et traces de gravier et d'argile	Prélevé le:	-	Par: Client
Provenance:	FG-18-05 / CF-06 (14'-3" à 16'-3")	Analysé le:	2018-06-14	Par: A. P.

ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE

112 mm	100
80 mm	100
56 mm	100
40 mm	100
28 mm	100
20 mm	96
14 mm	96
10 mm	96
5 mm	95
2,5 mm	95
1,25 mm	94
630 µm	94
315 µm	93
160 µm	91
80 µm	83,3

SÉDIMENTOMÉTRIE

TEMPS (MIN)	DIAMÈTRE (MM)	% PASSANT
0,5	0,063	67,9
1	0,048	46,8
2	0,034	41,0
5	0,023	26,9
15	0,013	16,4
30	0,010	11,7
60	0,007	8,2
120	0,005	7,0
240	0,003	5,9
480	0,002	5,3
1440	0,001	3,5

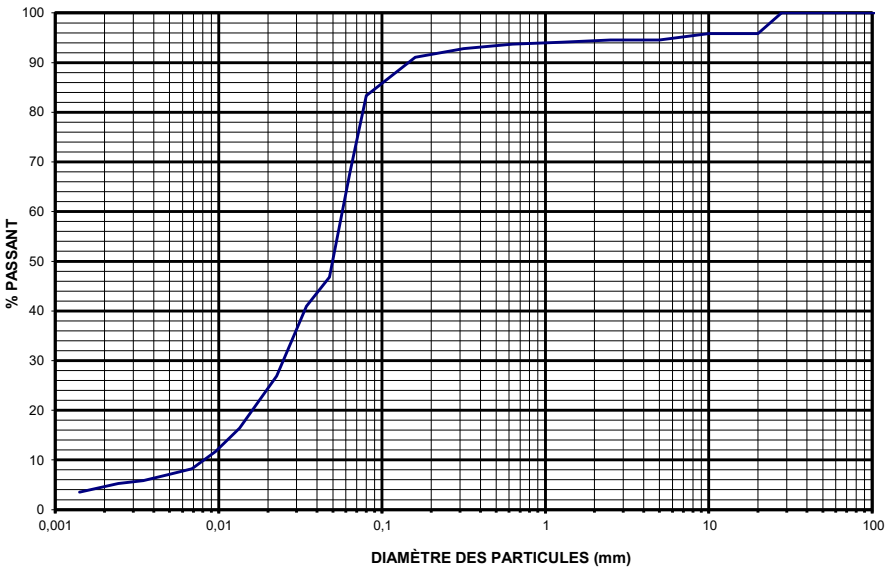
RÉSUMÉ DES ESSAIS

Argile %	5
Silt %	79
Sable %	11
Gravier %	5

REMARQUES

Teneur en eau : 24,2 %

COURBE GRANULOMÉTRIQUE



Préparé par: Joël Martin

Vérifié par : Mustapha Mahouche, ing. jr.

QUALILAB INSPECTION INC.

CERTIFICAT DE LABORATOIRE - SOL

ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE DES SOLS INORGANIQUES

BNQ 2501-025/2013

CLIENT: Groupe RDC Consultants
DOSSIER: G-18-384
PROJET: HY18-010-02
ANALYSE NO: 18-384-68

DONNÉES GÉNÉRALES

Description:	Sable graveleux avec un peu de silt	Prélevé le: -	Par: Client
Provenance:	FG-18-05 / CF-07 (24'-6" à 26'-6")	Analysé le: 2018-06-14	Par: A. P.

ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE

112 mm	100
80 mm	100
56 mm	100
40 mm	100
28 mm	94
20 mm	91
14 mm	85
10 mm	77
5 mm	68
2,5 mm	63
1,25 mm	55
630 µm	44
315 µm	34
160 µm	23
80 µm	11,6

RÉSUMÉ DES ESSAIS

Argile %	0
Silt %	11
Sable %	57
Gravier %	32

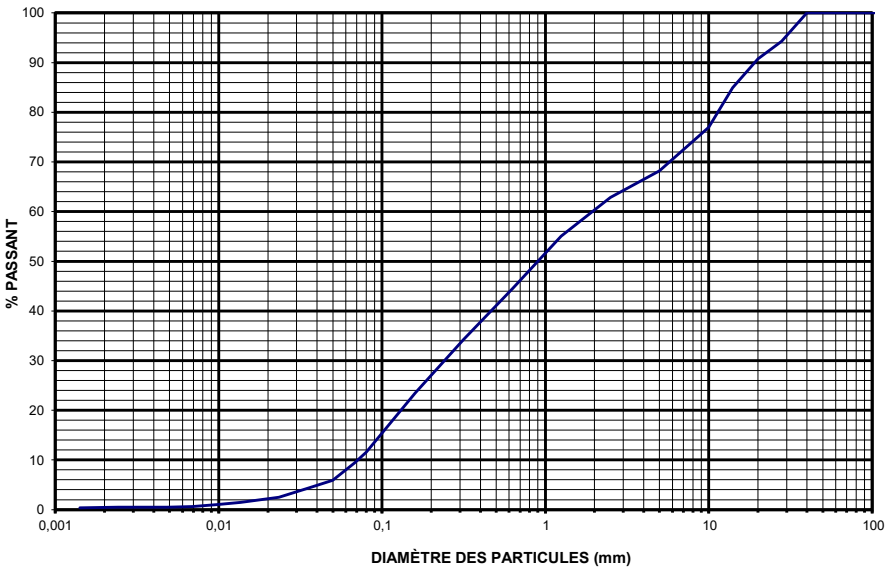
REMARQUES

Teneur en eau : 10,7 %

SÉDIMENTOMÉTRIE

TEMPS (MIN)	DIAMÈTRE (MM)	% PASSANT
0,5	0,068	9,4
1	0,050	5,9
2	0,036	4,4
5	0,023	2,5
15	0,014	1,5
30	0,010	1,0
60	0,007	0,6
120	0,005	0,5
240	0,003	0,5
480	0,002	0,5
1440	0,001	0,4

COURBE GRANULOMÉTRIQUE



Préparé par: Joël Martin

Vérifié par : Mustapha Mahouche, ing. jr.

QUALILAB INSPECTION INC.

CERTIFICAT DE LABORATOIRE - SOL

ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE DES SOLS INORGANIQUES

BNQ 2501-025/2013

CLIENT: Groupe RDC Consultants
PROJET: HY18-010-02
DOSSIER: G-18-384
ANALYSE NO: 18-384-69

DONNÉES GÉNÉRALES

Description:	Silt et sable avec un peu d'argile et traces de gravier	Prélevé le: -	Par: Client
Provenance:	FG-18-05 / CF-08 (29'-3" à 31'-3")	Analysé le: 2018-06-14	Par: A. P.

ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE

112 mm	100
80 mm	100
56 mm	100
40 mm	100
28 mm	100
20 mm	98
14 mm	98
10 mm	96
5 mm	93
2,5 mm	92
1,25 mm	88
630 µm	80
315 µm	74
160 µm	66
80 µm	52,6

RÉSUMÉ DES ESSAIS

Argile %	10
Silt %	42
Sable %	41
Gravier %	7

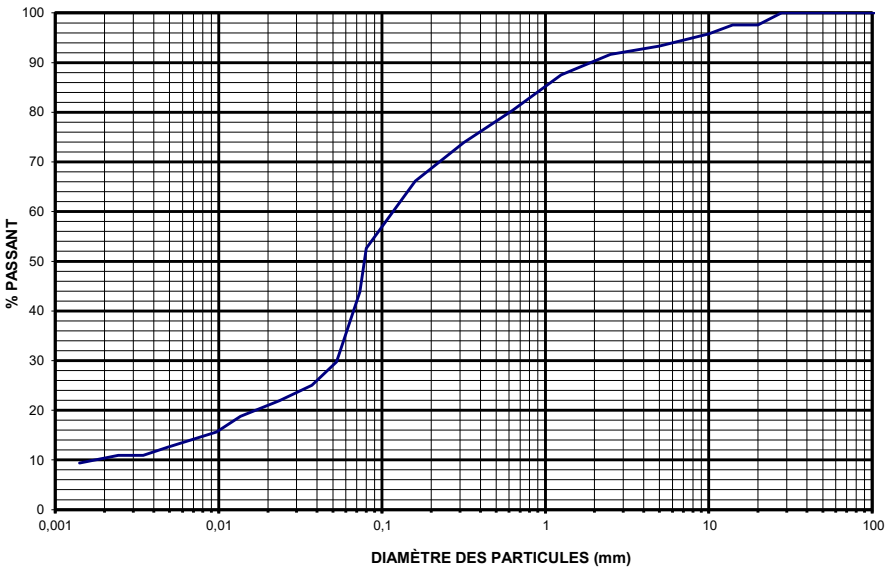
REMARQUES

Teneur en eau : 16,7 %

SÉDIMENTOMÉTRIE

TEMPS (MIN)	DIAMÈTRE (MM)	% PASSANT
0,5	0,073	43,8
1	0,053	29,7
2	0,037	25,0
5	0,024	21,9
15	0,014	18,8
30	0,010	15,7
60	0,007	14,1
120	0,005	12,5
240	0,003	11,0
480	0,002	11,0
1440	0,001	9,4

COURBE GRANULOMÉTRIQUE

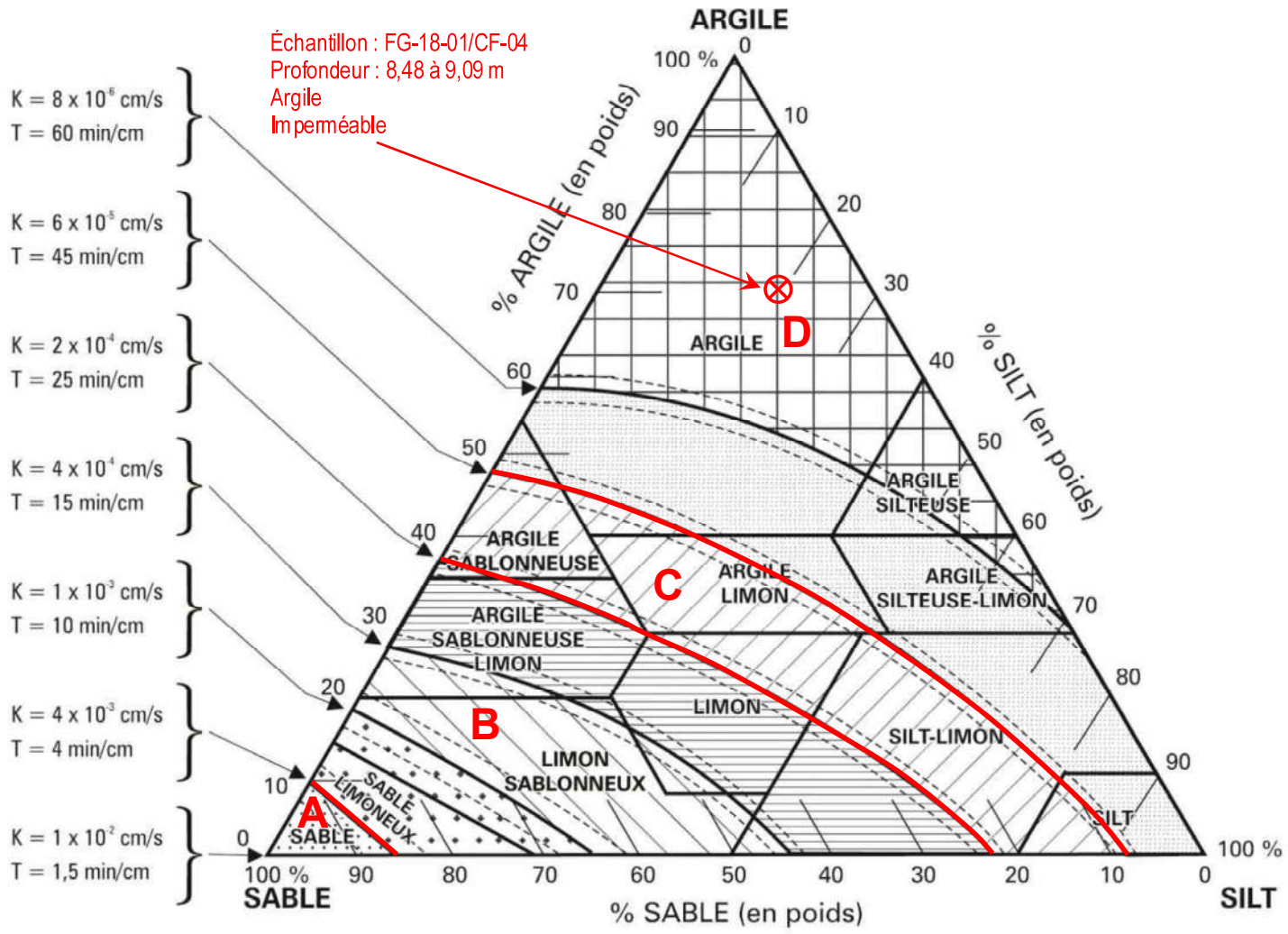


Préparé par: Joël Martin

Vérifié par : Mustapha Mahouche, ing. jr.

ANNEXE 6 : DIAGRAMMES DE PERMÉABILITÉ INTERPRÉTÉS SELON LES GRANULOMÉTRIES

CORRÉLATION ENTRE LA TEXTURE DU SOL ET LA PERMÉABILITÉ



Source : *tiré du Guide pour l'étude des technologies conventionnelles du traitement des eaux usées d'origine domestique du MDDELCC, édition février 2001 à février 2017*

1 : Pour chaque 10 % (en poids) de contenu en gravier et cailloux de l'échantillon, on doit ajouter un équivalent en poids de sable de 1 %.

2 : Le trait continu entre chaque classe de conductivité hydraulique relative (en termes de « K » et de « T »), représente une valeur moyenne approximative pour chacune des textures de sol représentées. Les traits pointillés indiquent un écart moyen en raison des caractéristiques fondamentales de l'échantillon analysé (structure, densité, etc.).

3 : Se déplacer d'un équivalent de 15 % d'augmentation de contenu en argile pour les sols compacts (limon ou sols plus fins ayant une densité relative supérieure à 1,5 ou sable ayant une densité relative supérieure à 1,7).

A : Zone très perméable
B : Zone perméable
C : Zone peu perméable
D : Zone imperméable

SABLE : Particules dont le diamètre est compris entre 0,05 mm et 2 mm

SILT : Particules dont le diamètre est compris entre 0,05 mm et 0,002 mm

ARGILE : Particules dont le diamètre est inférieur à 0,002mm

% (en poids)

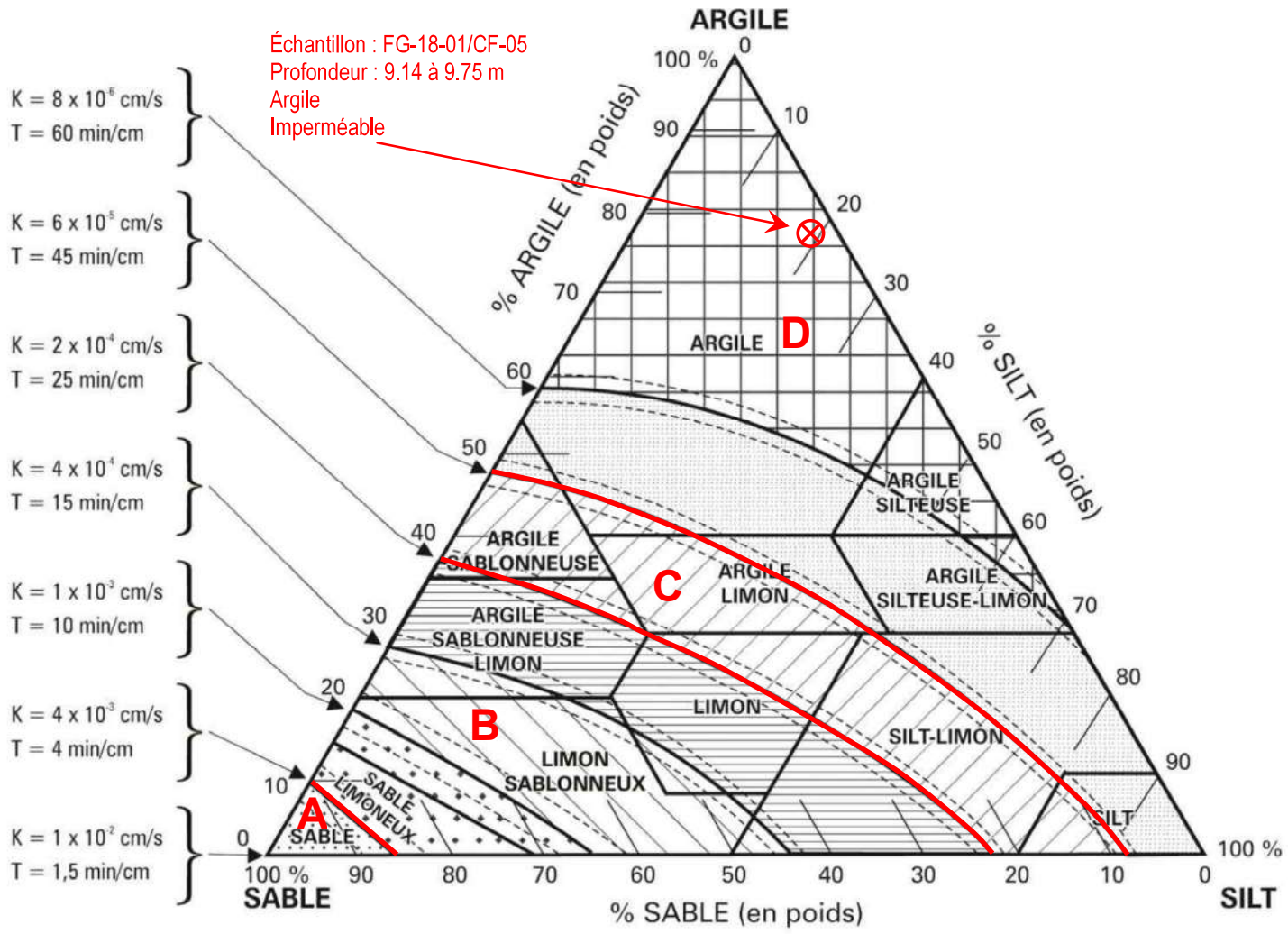
⊗ **Échantillon :** FG-18-01/CF-04
Gravier : 0.0%
Sable : 10.0%
Silt : 19.7%
Argile : 70.3%

Perméabilité : 8 x 10^{-6} cm/s > K
Temps de percolation : T > 60 min/cm

Titre : DIAGRAMME DE PERMÉABILITÉ	**Client :** Métanor	**N/D :** HY18-010-2	**Date :** 26 juillet 2018
Lieu : Mine Bachelor, 200, chemin de la Mine, Desmaraisville, Qc, J0Y 1H0			
Projet : Étude géotechnique et hydrogéologique au parc à résidus	**Préparé par :** Mathieu Dufour, ing. junior		

Groupe RDConsultants

CORRÉLATION ENTRE LA TEXTURE DU SOL ET LA PERMÉABILITÉ



Source : *tiré du Guide pour l'étude des technologies conventionnelles du traitement des eaux usées d'origine domestique du MDDELCC, édition février 2001 à février 2017*

1 : Pour chaque 10 % (en poids) de contenu en gravier et cailloux de l'échantillon, on doit ajouter un équivalent en poids de sable de 1 %.

2 : Le trait continu entre chaque classe de conductivité hydraulique relative (en termes de « K » et de « T »), représente une valeur moyenne approximative pour chacune des textures de sol représentées. Les traits pointillés indiquent un écart moyen en raison des caractéristiques fondamentales de l'échantillon analysé (structure, densité, etc.).

3 : Se déplacer d'un équivalent de 15 % d'augmentation de contenu en argile pour les sols compacts (limon ou sols plus fins ayant une densité relative supérieure à 1,5 ou sable ayant une densité relative supérieure à 1,7).

A : Zone très perméable
B : Zone perméable
C : Zone peu perméable
D : Zone imperméable

SABLE : Particules dont le diamètre est compris entre 0,05 mm et 2 mm

SILT : Particules dont le diamètre est compris entre 0,05 mm et 0,002 mm

ARGILE : Particules dont le diamètre est inférieur à 0,002mm

% (en poids)

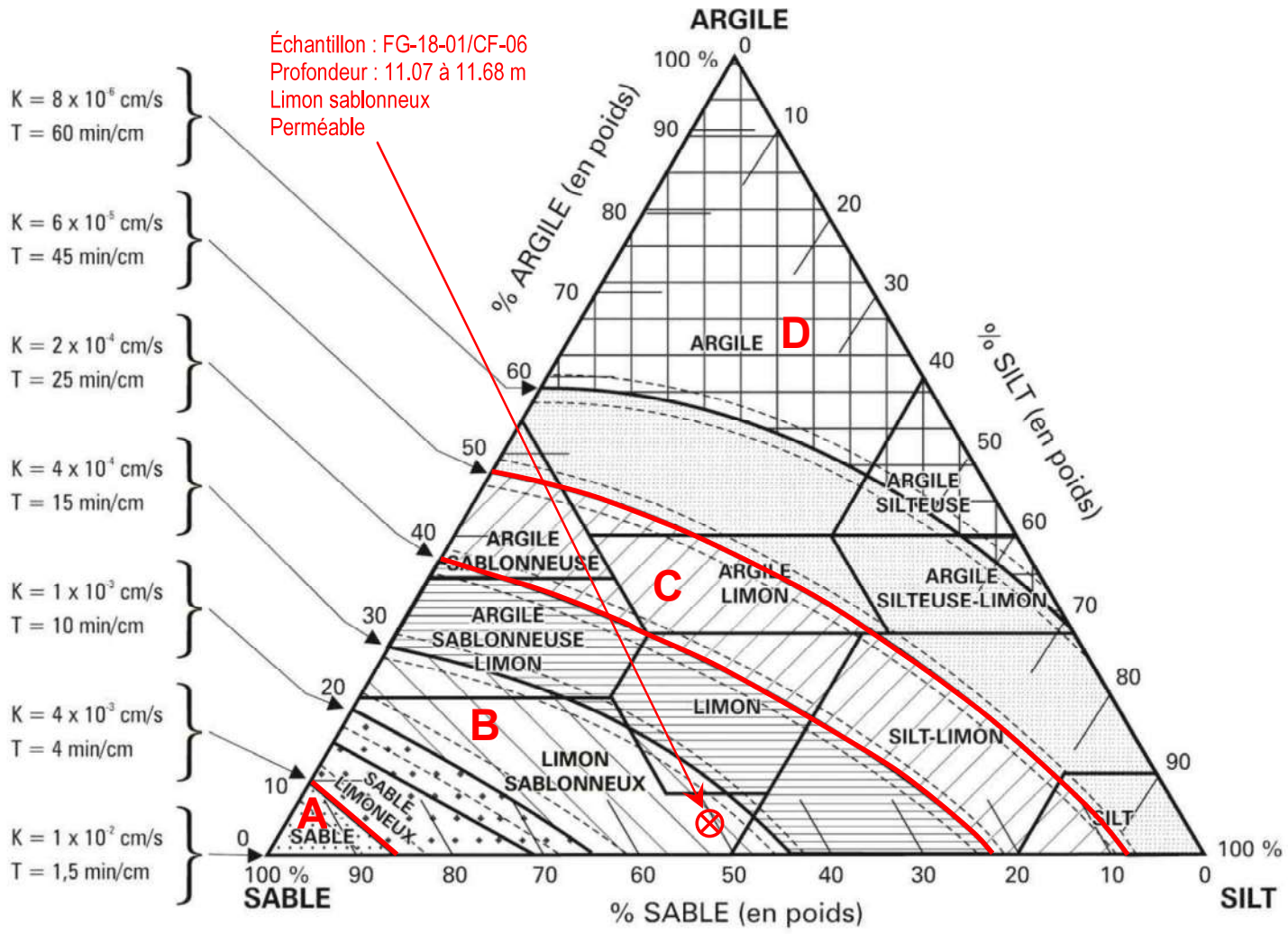
⊗ **Échantillon :** FG-18-01/CF-05
Gravier : 0.0%
Sable : 1.5%
Silt : 18.7%
Argile : 79.8%

Perméabilité : 8 x 10^{-6} cm/s > K
Temps de percolation : T > 60 min/cm

Titre : DIAGRAMME DE PERMÉABILITÉ	**Client :** Métanor	**N/D :** HY18-010-2	**Date :** 26 juillet 2018
Lieu : Mine Bachelor, 200, chemin de la mine, Desmaraisville, Qc, J0Y 1H0			
Projet : Étude géotechnique et hydrogéologique au parc à résidus	**Préparé par :** Mathieu Dufour, ing. junior		

Groupe RDConsultants

CORRÉLATION ENTRE LA TEXTURE DU SOL ET LA PERMÉABILITÉ



Source : *tiré du Guide pour l'étude des technologies conventionnelles du traitement des eaux usées d'origine domestique du MDDELCC, édition février 2001 à février 2017*

1 : Pour chaque 10 % (en poids) de contenu en gravier et cailloux de l'échantillon, on doit ajouter un équivalent en poids de sable de 1 %.

2 : Le trait continu entre chaque classe de conductivité hydraulique relative (en termes de « K » et de « T »), représente une valeur moyenne approximative pour chacune des textures de sol représentées. Les traits pointillés indiquent un écart moyen en raison des caractéristiques fondamentales de l'échantillon analysé (structure, densité, etc.).

3 : Se déplacer d'un équivalent de 15 % d'augmentation de contenu en argile pour les sols compacts (limon ou sols plus fins ayant une densité relative supérieure à 1,5 ou sable ayant une densité relative supérieure à 1,7).

A : Zone très perméable
B : Zone perméable
C : Zone peu perméable
D : Zone imperméable

SABLE : Particules dont le diamètre est compris entre 0,05 mm et 2 mm

SILT : Particules dont le diamètre est compris entre 0,05 mm et 0,002 mm

ARGILE : Particules dont le diamètre est inférieur à 0,002mm

% (en poids)

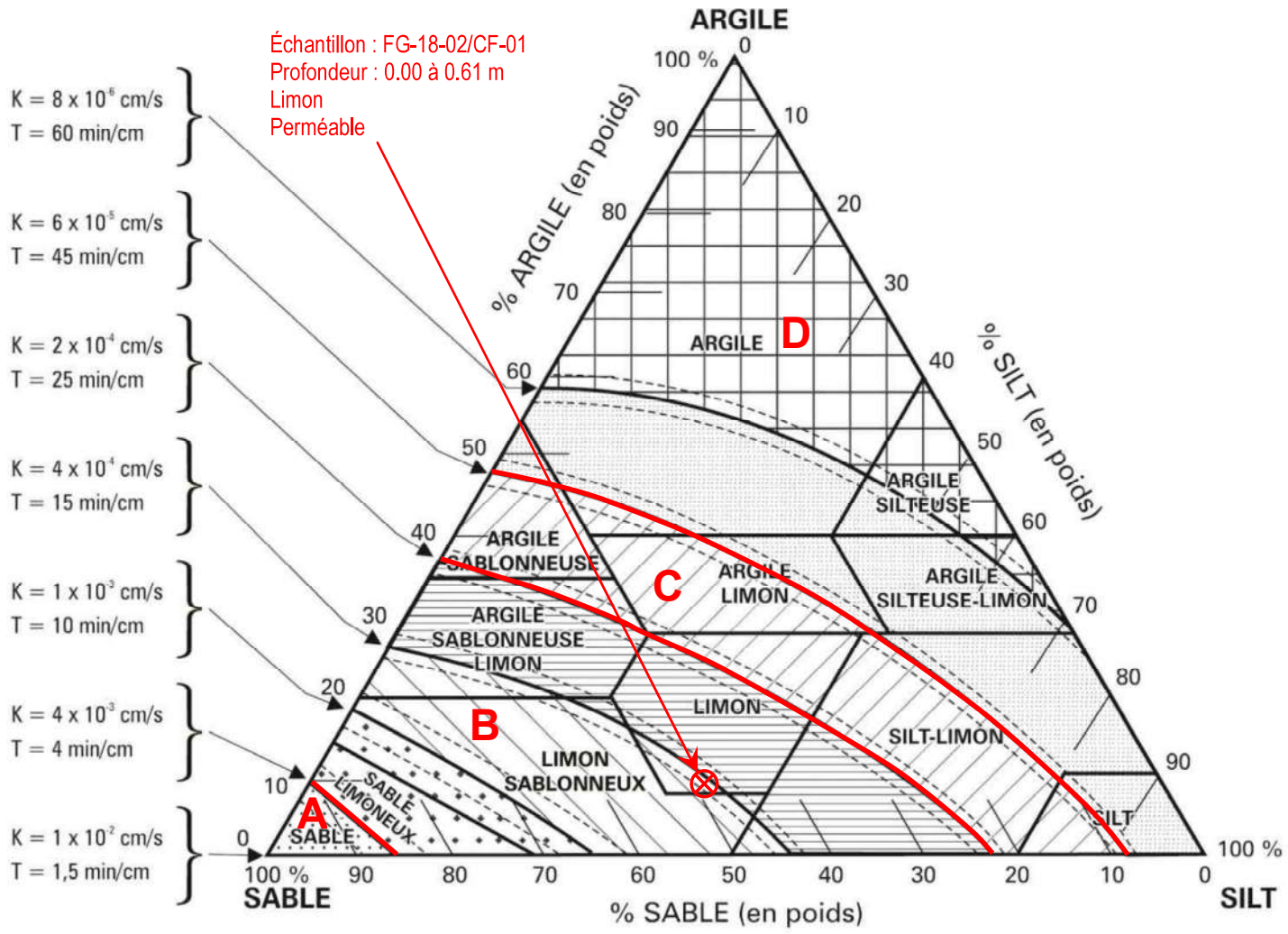
⊗ **Échantillon :** FG-18-01/CF-06
Gravier : 3.0%
Sable : 47.0%
Silt : 44.7%
Argile : 5.3%

Perméabilité : $1 \times 10^{-3} > K > 4 \times 10^{-4}$ cm/s
Temps de percolation : $10 < T < 15$ min/cm

Titre : DIAGRAMME DE PERMÉABILITÉ	**Client :** Métanor	**N/D :** HY18-010-2	**Date :** 26 juillet 2018
Lieu : Mine Bachelor, 200, chemin de la mine, Desmaraisville, Qc, J0Y 1H0			
Projet : Étude géotechnique et hydrogéologique au parc à résidus	**Préparé par :** Mathieu Dufour, ing. junior		

Groupe RDConsultants

CORRÉLATION ENTRE LA TEXTURE DU SOL ET LA PERMÉABILITÉ



Source : *tiré du Guide pour l'étude des technologies conventionnelles du traitement des eaux usées d'origine domestique du MDDELCC, édition février 2001 à février 2017*

1 : Pour chaque 10 % (en poids) de contenu en gravier et cailloux de l'échantillon, on doit ajouter un équivalent en poids de sable de 1 %.

2 : Le trait continu entre chaque classe de conductivité hydraulique relative (en termes de « K » et de « T »), représente une valeur moyenne approximative pour chacune des textures de sol représentées. Les traits pointillés indiquent un écart moyen en raison des caractéristiques fondamentales de l'échantillon analysé (structure, densité, etc.).

3 : Se déplacer d'un équivalent de 15 % d'augmentation de contenu en argile pour les sols compacts (limon ou sols plus fins ayant une densité relative supérieure à 1,5 ou sable ayant une densité relative supérieure à 1,7).

A : Zone très perméable
B : Zone perméable
C : Zone peu perméable
D : Zone imperméable

SABLE : Particules dont le diamètre est compris entre 0,05 mm et 2 mm

SILT : Particules dont le diamètre est compris entre 0,05 mm et 0,002 mm

ARGILE : Particules dont le diamètre est inférieur à 0,002mm

% (en poids)

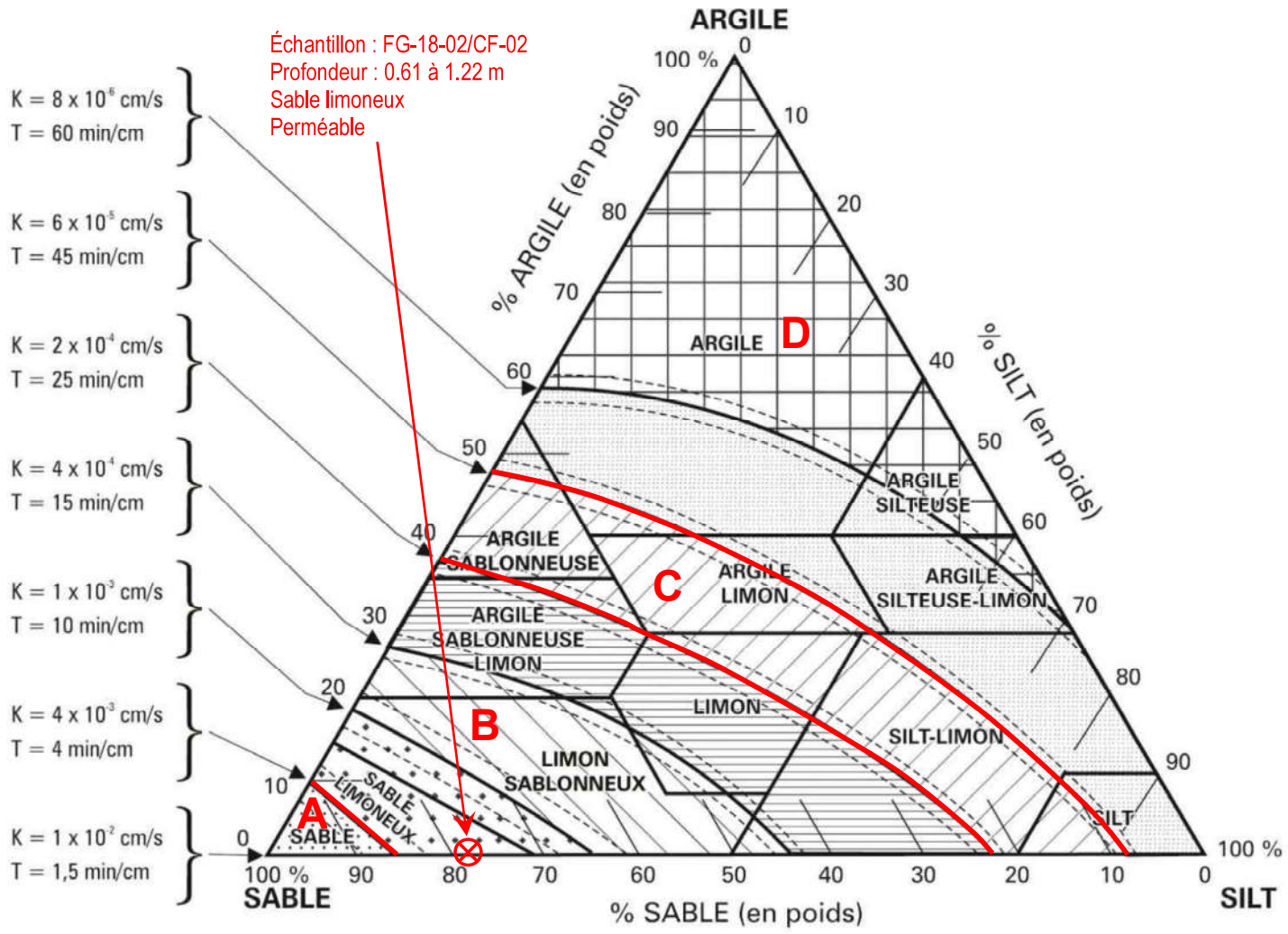
⊗ **Échantillon :** FG-18-02/CF-01
Gravier : 0.0%
Sable : 48.4%
Silt : 40.3%
Argile : 11.3%

Perméabilité: $1 \times 10^{-3} > K > 4 \times 10^{-4}$ cm/s
Temps de percolation : 10 < T < 15 min/cm

Titre : DIAGRAMME DE PERMÉABILITÉ	**Client :** Métanor	**N/D :** HY18-010-2	**Date :** 26 juillet 2018
Lieu : Mine Bachelor, 200, chemin de la mine, Desmaraisville, Qc, J0Y 1H0			
Projet : Étude géotechnique et hydrogéologique au parc à résidus	**Préparé par :** Mathieu Dufour, ing. junior		

Groupe RDConsultants

CORRÉLATION ENTRE LA TEXTURE DU SOL ET LA PERMÉABILITÉ



Source : *tiré du Guide pour l'étude des technologies conventionnelles du traitement des eaux usées d'origine domestique du MDDELCC, édition février 2001 à février 2017*

1 : Pour chaque 10 % (en poids) de contenu en gravier et cailloux de l'échantillon, on doit ajouter un équivalent en poids de sable de 1 %.

2 : Le trait continu entre chaque classe de conductivité hydraulique relative (en termes de « K » et de « T »), représente une valeur moyenne approximative pour chacune des textures de sol représentées. Les traits pointillés indiquent un écart moyen en raison des caractéristiques fondamentales de l'échantillon analysé (structure, densité, etc.).

3 : Se déplacer d'un équivalent de 15 % d'augmentation de contenu en argile pour les sols compacts (limon ou sols plus fins ayant une densité relative supérieure à 1,5 ou sable ayant une densité relative supérieure à 1,7).

A : Zone très perméable
B : Zone perméable
C : Zone peu perméable
D : Zone imperméable

SABLE : Particules dont le diamètre est compris entre 0,05 mm et 2 mm

SILT : Particules dont le diamètre est compris entre 0,05 mm et 0,002 mm

ARGILE : Particules dont le diamètre est inférieur à 0,002mm

% (en poids)

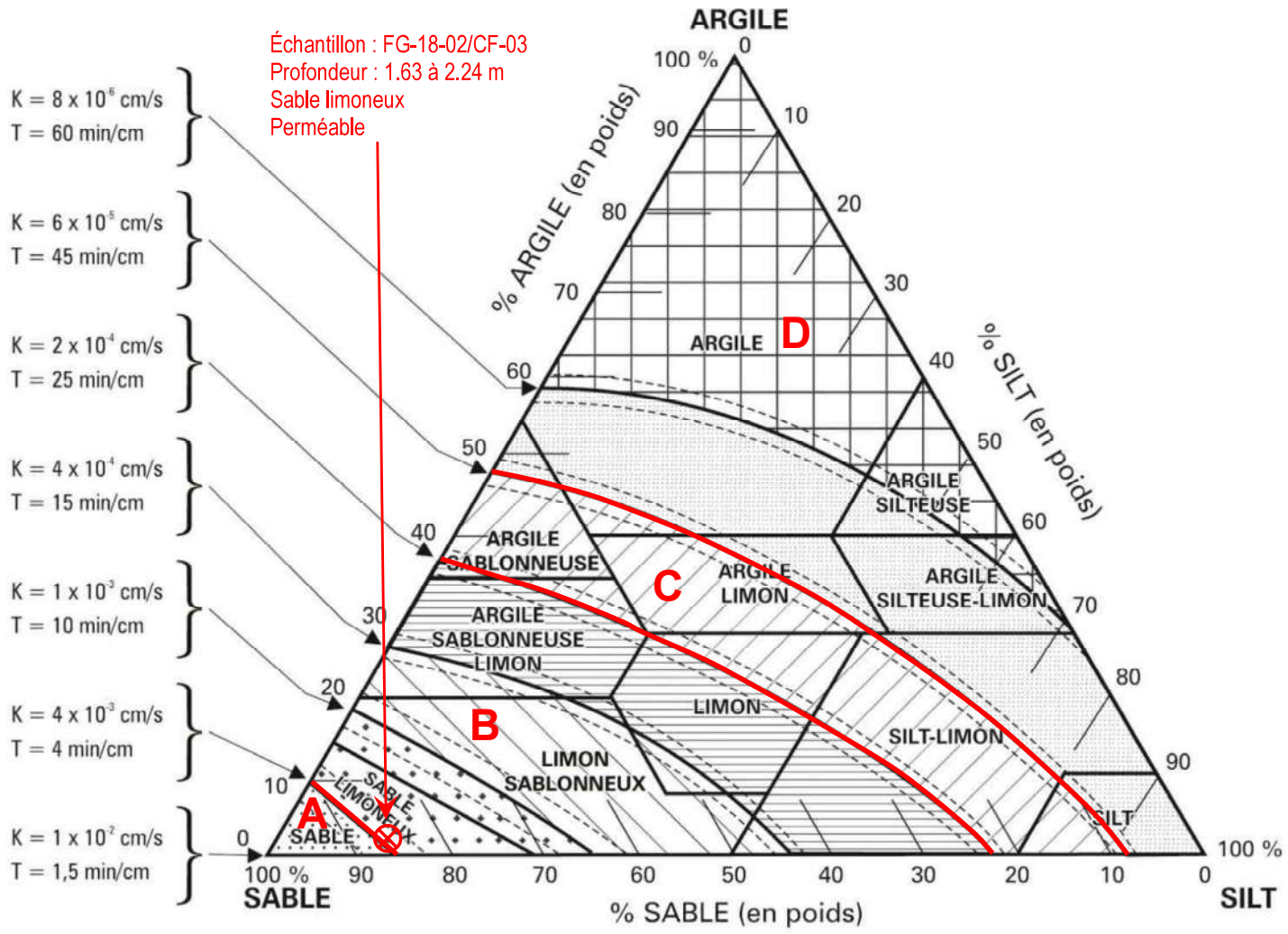
⊗ **Échantillon :** FG-18-02/CF-02
Gravier : 0.0%
Sable : 78.0%
Silt : 21.0%
Argile : 0.0%

Perméabilité: $4 \times 10^{-3} > K > 1 \times 10^{-3}$ cm/s
Temps de percolation : 4 < T < 10 min/cm

Titre : DIAGRAMME DE PERMÉABILITÉ	**Client :** Métanor	**N/D :** HY18-010-2	**Date :** 26 juillet 2018
Lieu : Mine Bachelor, 200, chemin de la mine, Desmaraisville, Qc, J0Y 1H0			
Projet : Étude géotechnique et hydrogéologique au parc à résidus	**Préparé par :** Mathieu Dufour, ing. junior		

Groupe RDConsultants

CORRÉLATION ENTRE LA TEXTURE DU SOL ET LA PERMÉABILITÉ



Source : *tiré du Guide pour l'étude des technologies conventionnelles du traitement des eaux usées d'origine domestique du MDDELCC, édition février 2001 à février 2017*

1 : Pour chaque 10 % (en poids) de contenu en gravier et cailloux de l'échantillon, on doit ajouter un équivalent en poids de sable de 1 %.

2 : Le trait continu entre chaque classe de conductivité hydraulique relative (en termes de « K » et de « T »), représente une valeur moyenne approximative pour chacune des textures de sol représentées. Les traits pointillés indiquent un écart moyen en raison des caractéristiques fondamentales de l'échantillon analysé (structure, densité, etc.).

3 : Se déplacer d'un équivalent de 15 % d'augmentation de contenu en argile pour les sols compacts (limon ou sols plus fins ayant une densité relative supérieure à 1,5 ou sable ayant une densité relative supérieure à 1,7).

A : Zone très perméable
B : Zone perméable
C : Zone peu perméable
D : Zone imperméable

SABLE : Particules dont le diamètre est compris entre 0,05 mm et 2 mm

SILT : Particules dont le diamètre est compris entre 0,05 mm et 0,002 mm

ARGILE : Particules dont le diamètre est inférieur à 0,002mm

% (en poids)

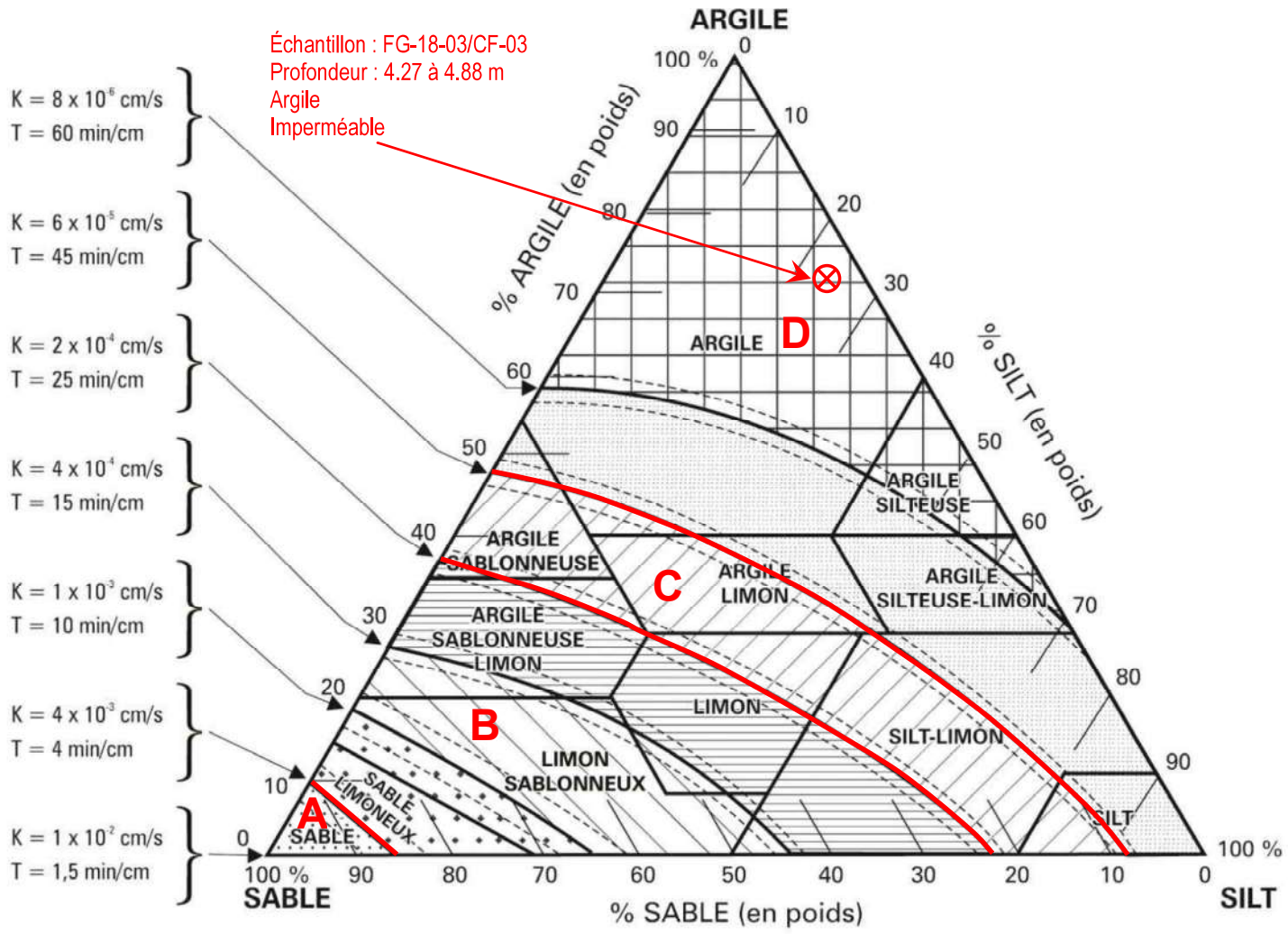
⊗ **Échantillon :** FG-18-02/CF-03
Gravier : 32.0%
Sable : 53.4%
Silt : 12.0%
Argile : 2.6%

Perméabilité: $4 \times 10^{-3} > K > 1 \times 10^{-3}$ cm/s
Temps de percolation : 4 < T < 10 min/cm

Titre : DIAGRAMME DE PERMÉABILITÉ	**Client :** Métanor	**N/D :** HY18-010-2	**Date :** 26 juillet 2018
Lieu : Mine Bachelor, 200, chemin de la mine, Desmaraisville, Qc, J0Y 1H0			
Projet : Étude géotechnique et hydrogéologique au parc à résidus	**Préparé par :** Mathieu Dufour, ing. junior		

Groupe RDConsultants

CORRÉLATION ENTRE LA TEXTURE DU SOL ET LA PERMÉABILITÉ



Source : *tiré du Guide pour l'étude des technologies conventionnelles du traitement des eaux usées d'origine domestique du MDDELCC, édition février 2001 à février 2017*

1 : Pour chaque 10 % (en poids) de contenu en gravier et cailloux de l'échantillon, on doit ajouter un équivalent en poids de sable de 1 %.

2 : Le trait continu entre chaque classe de conductivité hydraulique relative (en termes de « K » et de « T »), représente une valeur moyenne approximative pour chacune des textures de sol représentées. Les traits pointillés indiquent un écart moyen en raison des caractéristiques fondamentales de l'échantillon analysé (structure, densité, etc.).

3 : Se déplacer d'un équivalent de 15 % d'augmentation de contenu en argile pour les sols compacts (limon ou sols plus fins ayant une densité relative supérieure à 1,5 ou sable ayant une densité relative supérieure à 1,7).

A : Zone très perméable
B : Zone perméable
C : Zone peu perméable
D : Zone imperméable

SABLE : Particules dont le diamètre est compris entre 0,05 mm et 2 mm

SILT : Particules dont le diamètre est compris entre 0,05 mm et 0,002 mm

ARGILE : Particules dont le diamètre est inférieur à 0,002mm

% (en poids)

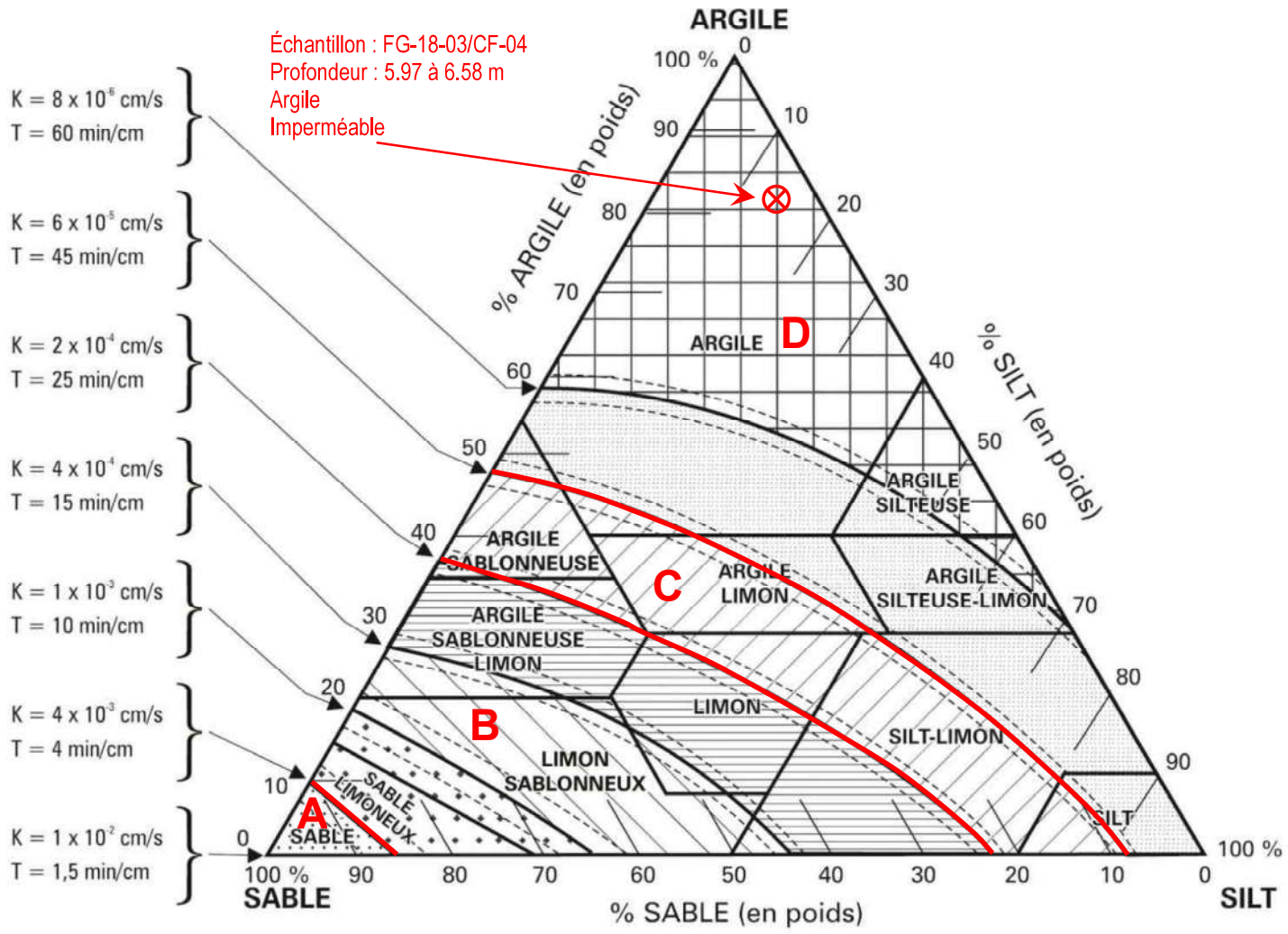
⊗ **Échantillon :** FG-18-03/CF-03
Gravier : 0.0%
Sable : 4.4%
Silt : 23.1%
Argile : 72.5%

Perméabilité: 8 x 10^{-6} cm/s > K
Temps de percolation : 60 min/cm < T

Titre : DIAGRAMME DE PERMÉABILITÉ	**Client :** Métanor	**N/D :** HY18-010-2	**Date :** 26 juillet 2018
Lieu : Mine Bachelor, 200, chemin de la mine, Desmaraisville, Qc, J0Y 1H0			
Projet : Étude géotechnique et hydrogéologique au parc à résidus	**Préparé par :** Mathieu Dufour, ing. junior		

Groupe RDConsultants

CORRÉLATION ENTRE LA TEXTURE DU SOL ET LA PERMÉABILITÉ



Source : *tiré du Guide pour l'étude des technologies conventionnelles du traitement des eaux usées d'origine domestique du MDDELCC, édition février 2001 à février 2017*

1 : Pour chaque 10 % (en poids) de contenu en gravier et cailloux de l'échantillon, on doit ajouter un équivalent en poids de sable de 1 %.

2 : Le trait continu entre chaque classe de conductivité hydraulique relative (en termes de « K » et de « T »), représente une valeur moyenne approximative pour chacune des textures de sol représentées. Les traits pointillés indiquent un écart moyen en raison des caractéristiques fondamentales de l'échantillon analysé (structure, densité, etc.).

3 : Se déplacer d'un équivalent de 15 % d'augmentation de contenu en argile pour les sols compacts (limon ou sols plus fins ayant une densité relative supérieure à 1,5 ou sable ayant une densité relative supérieure à 1,7).

A : Zone très perméable
B : Zone perméable
C : Zone peu perméable
D : Zone imperméable

SABLE : Particules dont le diamètre est compris entre 0,05 mm et 2 mm

SILT : Particules dont le diamètre est compris entre 0,05 mm et 0,002 mm

ARGILE : Particules dont le diamètre est inférieur à 0,002mm

% (en poids)

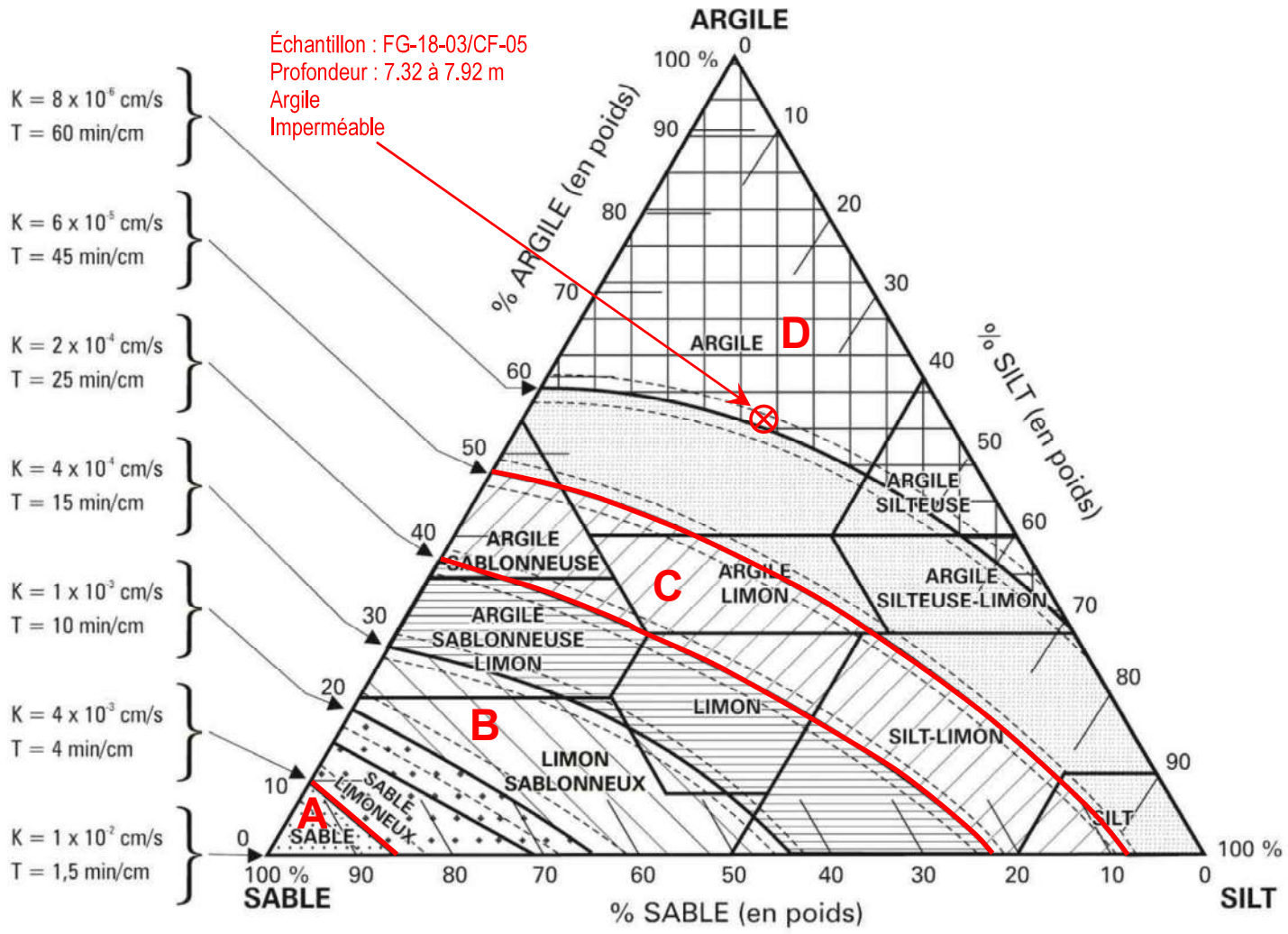
⊗ **Échantillon :** FG-18-03/CF-04
Gravier : 0.0%
Sable : 4.1%
Silt : 14.8%
Argile : 81.1%

Perméabilité: 8 x 10^{-6} cm/s > K
Temps de percolation : 60 min/cm < T

Titre : DIAGRAMME DE PERMÉABILITÉ	**Client :** Métanor	**N/D :** HY18-010-2	**Date :** 26 juillet 2018
Lieu : Mine Bachelor, 200, chemin de la mine, Desmaraisville, Qc, J0Y 1H0			
Projet : Étude géotechnique et hydrogéologique au parc à résidus	**Préparé par :** Mathieu Dufour, ing. junior		

Groupe RDConsultants

CORRÉLATION ENTRE LA TEXTURE DU SOL ET LA PERMÉABILITÉ



Source : *tiré du Guide pour l'étude des technologies conventionnelles du traitement des eaux usées d'origine domestique du MDDELCC, édition février 2001 à février 2017*

1 : Pour chaque 10 % (en poids) de contenu en gravier et cailloux de l'échantillon, on doit ajouter un équivalent en poids de sable de 1 %.

2 : Le trait continu entre chaque classe de conductivité hydraulique relative (en termes de « K » et de « T »), représente une valeur moyenne approximative pour chacune des textures de sol représentées. Les traits pointillés indiquent un écart moyen en raison des caractéristiques fondamentales de l'échantillon analysé (structure, densité, etc.).

3 : Se déplacer d'un équivalent de 15 % d'augmentation de contenu en argile pour les sols compacts (limon ou sols plus fins ayant une densité relative supérieure à 1,5 ou sable ayant une densité relative supérieure à 1,7).

A : Zone très perméable
B : Zone perméable
C : Zone peu perméable
D : Zone imperméable

SABLE : Particules dont le diamètre est compris entre 0,05 mm et 2 mm

SILT : Particules dont le diamètre est compris entre 0,05 mm et 0,002 mm

ARGILE : Particules dont le diamètre est inférieur à 0,002mm

% (en poids)

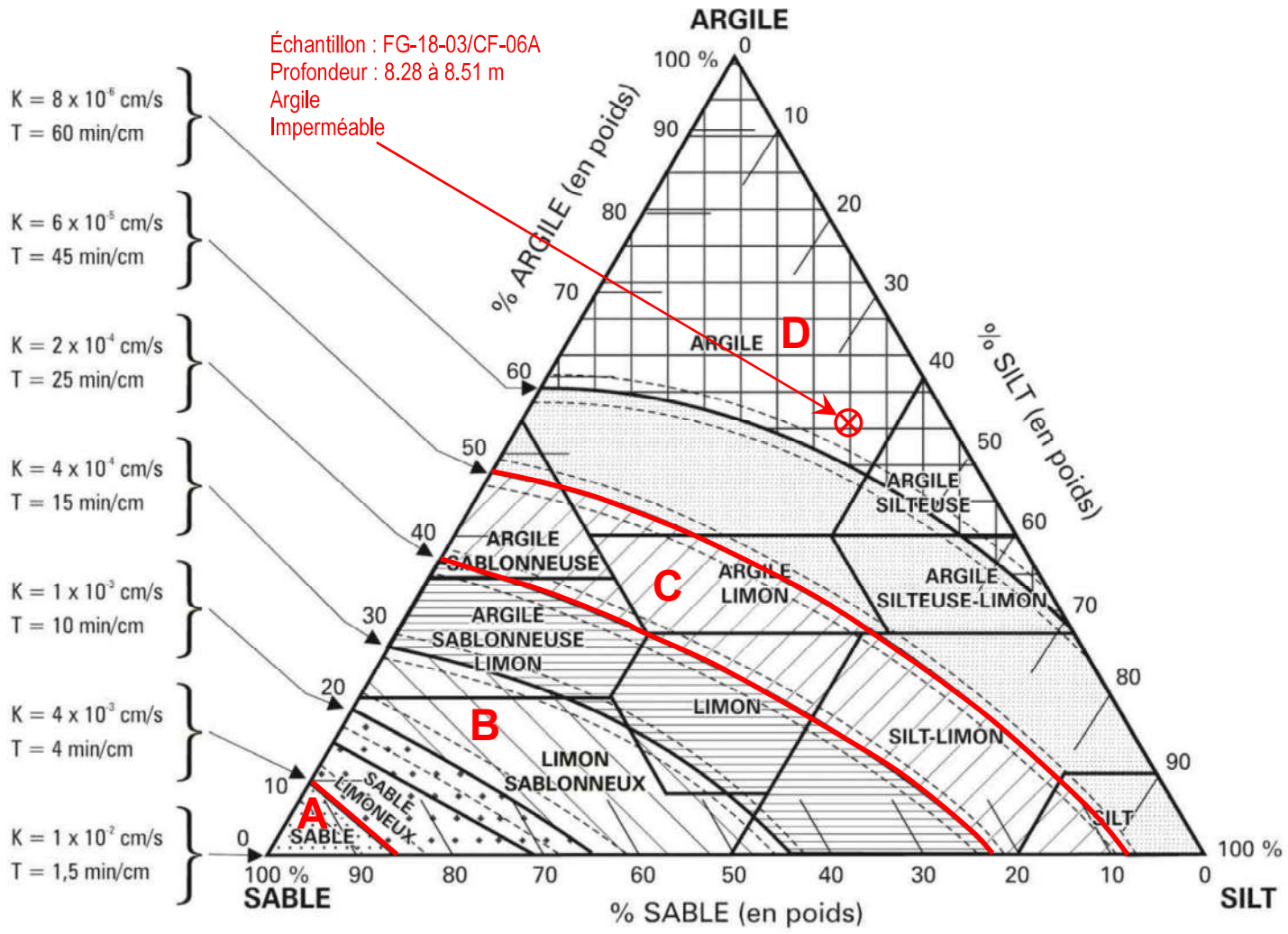
⊗ **Échantillon :** FG-18-03/CF-05
Gravier : 0.0%
Sable : 19.4%
Silt : 25.6%
Argile : 55.0%

Perméabilité: 8 x 10^{-6} cm/s > K
Temps de percolation : 60 min/cm < T

Titre : DIAGRAMME DE PERMÉABILITÉ	**Client :** Métanor	**N/D :** HY18-010-2	**Date :** 26 juillet 2018
Lieu : Mine Bachelor, 200, chemin de la mine, Desmaraisville, Qc, J0Y 1H0			
Projet : Étude géotechnique et hydrogéologique au parc à résidus	**Préparé par :** Mathieu Dufour, ing. junior		

Groupe RDConsultants

CORRÉLATION ENTRE LA TEXTURE DU SOL ET LA PERMÉABILITÉ



Source : *tiré du Guide pour l'étude des technologies conventionnelles du traitement des eaux usées d'origine domestique du MDDELCC, édition février 2001 à février 2017*

1 : Pour chaque 10 % (en poids) de contenu en gravier et cailloux de l'échantillon, on doit ajouter un équivalent en poids de sable de 1 %.

2 : Le trait continu entre chaque classe de conductivité hydraulique relative (en termes de « K » et de « T »), représente une valeur moyenne approximative pour chacune des textures de sol représentées. Les traits pointillés indiquent un écart moyen en raison des caractéristiques fondamentales de l'échantillon analysé (structure, densité, etc.).

3 : Se déplacer d'un équivalent de 15 % d'augmentation de contenu en argile pour les sols compacts (limon ou sols plus fins ayant une densité relative supérieure à 1,5 ou sable ayant une densité relative supérieure à 1,7).

A : Zone très perméable
B : Zone perméable
C : Zone peu perméable
D : Zone imperméable

SABLE : Particules dont le diamètre est compris entre 0,05 mm et 2 mm

SILT : Particules dont le diamètre est compris entre 0,05 mm et 0,002 mm

ARGILE : Particules dont le diamètre est inférieur à 0,002mm

% (en poids)

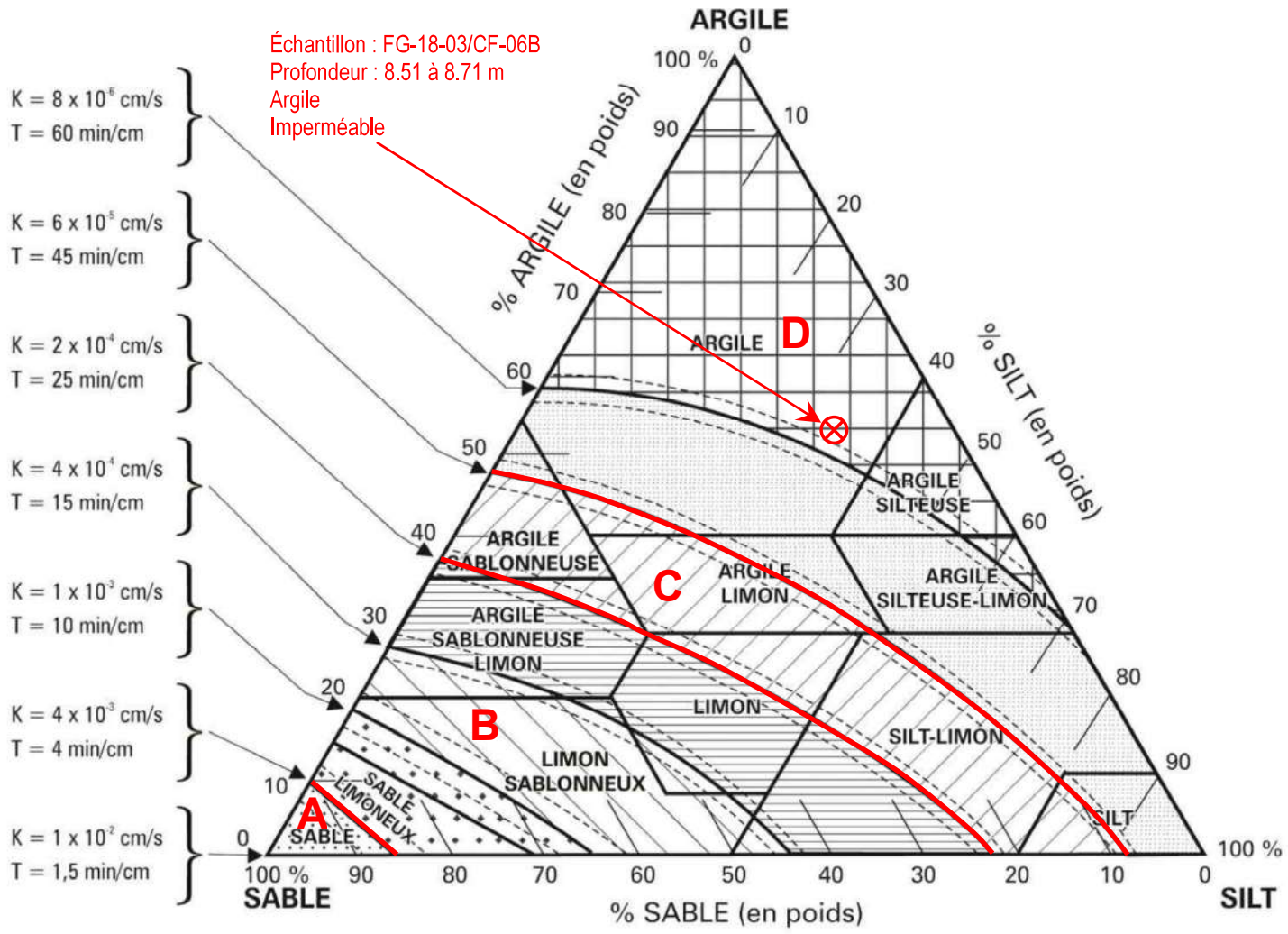
⊗ **Échantillon :** FG-18-03/CF-06A
Gravier : 0.0%
Sable : 10.9%
Silt : 32.7%
Argile : 56.4%

Perméabilité: 8 x 10^{-6} cm/s > K
Temps de percolation : 60 min/cm < T

Titre : DIAGRAMME DE PERMÉABILITÉ	**Client :** Métanor	**N/D :** HY18-010-2	**Date :** 26 juillet 2018
Lieu : Mine Bachelor, 200, chemin de la mine, Desmaraisville, Qc, J0Y 1H0			
Projet : Étude géotechnique et hydrogéologique au parc à résidus	**Préparé par :** Mathieu Dufour, ing. junior		

Groupe RDConsultants

CORRÉLATION ENTRE LA TEXTURE DU SOL ET LA PERMÉABILITÉ



Source : *tiré du Guide pour l'étude des technologies conventionnelles du traitement des eaux usées d'origine domestique du MDDELCC, édition février 2001 à février 2017*

1 : Pour chaque 10 % (en poids) de contenu en gravier et cailloux de l'échantillon, on doit ajouter un équivalent en poids de sable de 1 %.

2 : Le trait continu entre chaque classe de conductivité hydraulique relative (en termes de « K » et de « T »), représente une valeur moyenne approximative pour chacune des textures de sol représentées. Les traits pointillés indiquent un écart moyen en raison des caractéristiques fondamentales de l'échantillon analysé (structure, densité, etc.).

3 : Se déplacer d'un équivalent de 15 % d'augmentation de contenu en argile pour les sols compacts (limon ou sols plus fins ayant une densité relative supérieure à 1,5 ou sable ayant une densité relative supérieure à 1,7).

A : Zone très perméable
B : Zone perméable
C : Zone peu perméable
D : Zone imperméable

SABLE : Particules dont le diamètre est compris entre 0,05 mm et 2 mm

SILT : Particules dont le diamètre est compris entre 0,05 mm et 0,002 mm

ARGILE : Particules dont le diamètre est inférieur à 0,002mm

% (en poids)

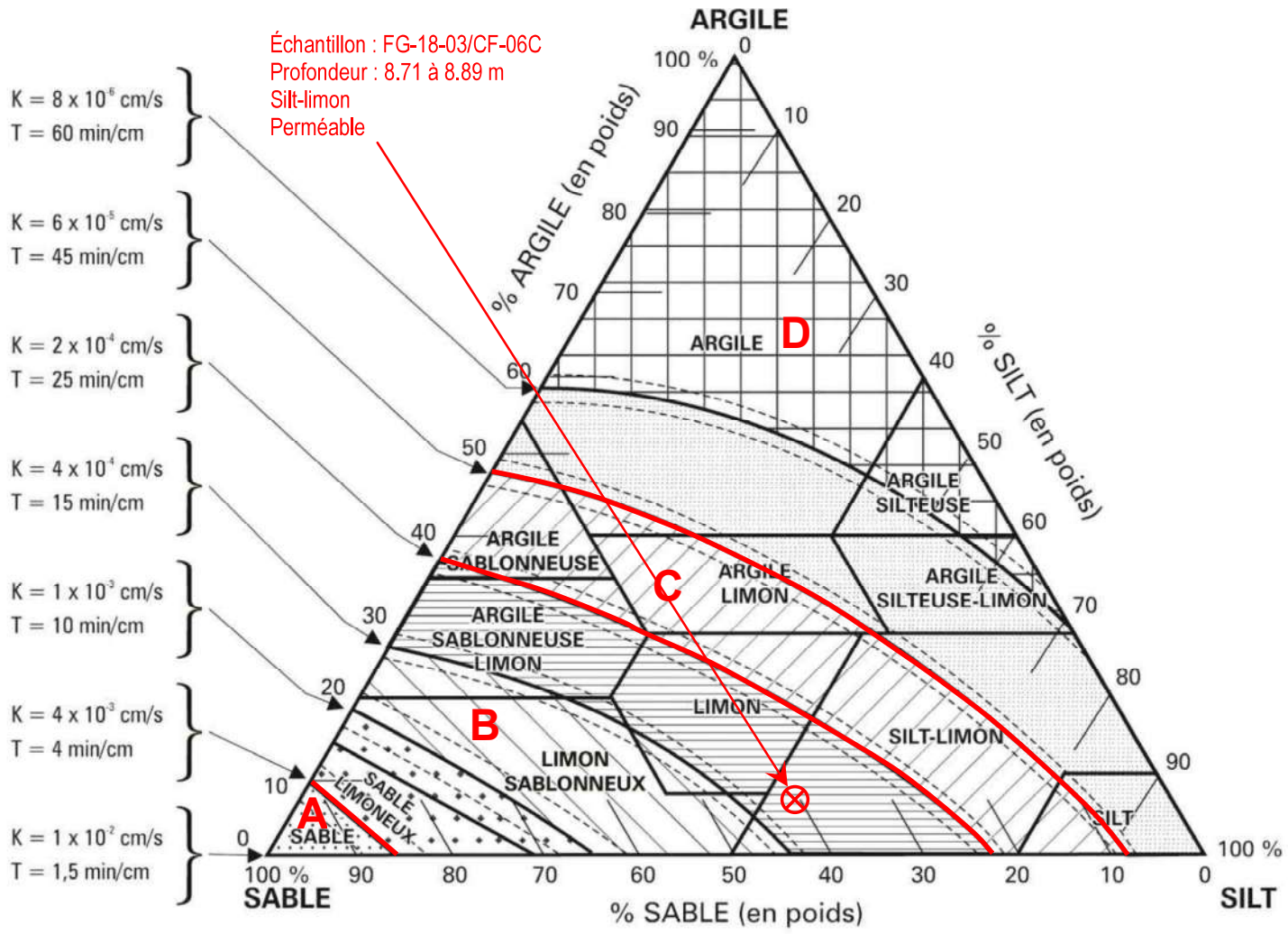
⊗ **Échantillon :** FG-18-03/CF-06B
Gravier : 0.0%
Sable : 11.8%
Silt : 34.1%
Argile : 54.1%

Perméabilité: 8 x 10^{-6} cm/s > K
Temps de percolation : 60 min/cm < T

Titre : DIAGRAMME DE PERMÉABILITÉ	**Client :** Métanor	**N/D :** HY18-010-2	**Date :** 26 juillet 2018
Lieu : Mine Bachelor, 200, chemin de la mine, Desmaraisville, Qc, J0Y 1H0			
Projet : Étude géotechnique et hydrogéologique au parc à résidus	**Préparé par :** Mathieu Dufour, ing. junior		

Groupe RDConsultants

CORRÉLATION ENTRE LA TEXTURE DU SOL ET LA PERMÉABILITÉ



Source : *tiré du Guide pour l'étude des technologies conventionnelles du traitement des eaux usées d'origine domestique du MDDELCC, édition février 2001 à février 2017*

1 : Pour chaque 10 % (en poids) de contenu en gravier et cailloux de l'échantillon, on doit ajouter un équivalent en poids de sable de 1 %.

2 : Le trait continu entre chaque classe de conductivité hydraulique relative (en termes de « K » et de « T »), représente une valeur moyenne approximative pour chacune des textures de sol représentées. Les traits pointillés indiquent un écart moyen en raison des caractéristiques fondamentales de l'échantillon analysé (structure, densité, etc.).

3 : Se déplacer d'un équivalent de 15 % d'augmentation de contenu en argile pour les sols compacts (limon ou sols plus fins ayant une densité relative supérieure à 1,5 ou sable ayant une densité relative supérieure à 1,7).

A : Zone très perméable
B : Zone perméable
C : Zone peu perméable
D : Zone imperméable

SABLE : Particules dont le diamètre est compris entre 0,05 mm et 2 mm

SILT : Particules dont le diamètre est compris entre 0,05 mm et 0,002 mm

ARGILE : Particules dont le diamètre est inférieur à 0,002mm

% (en poids)

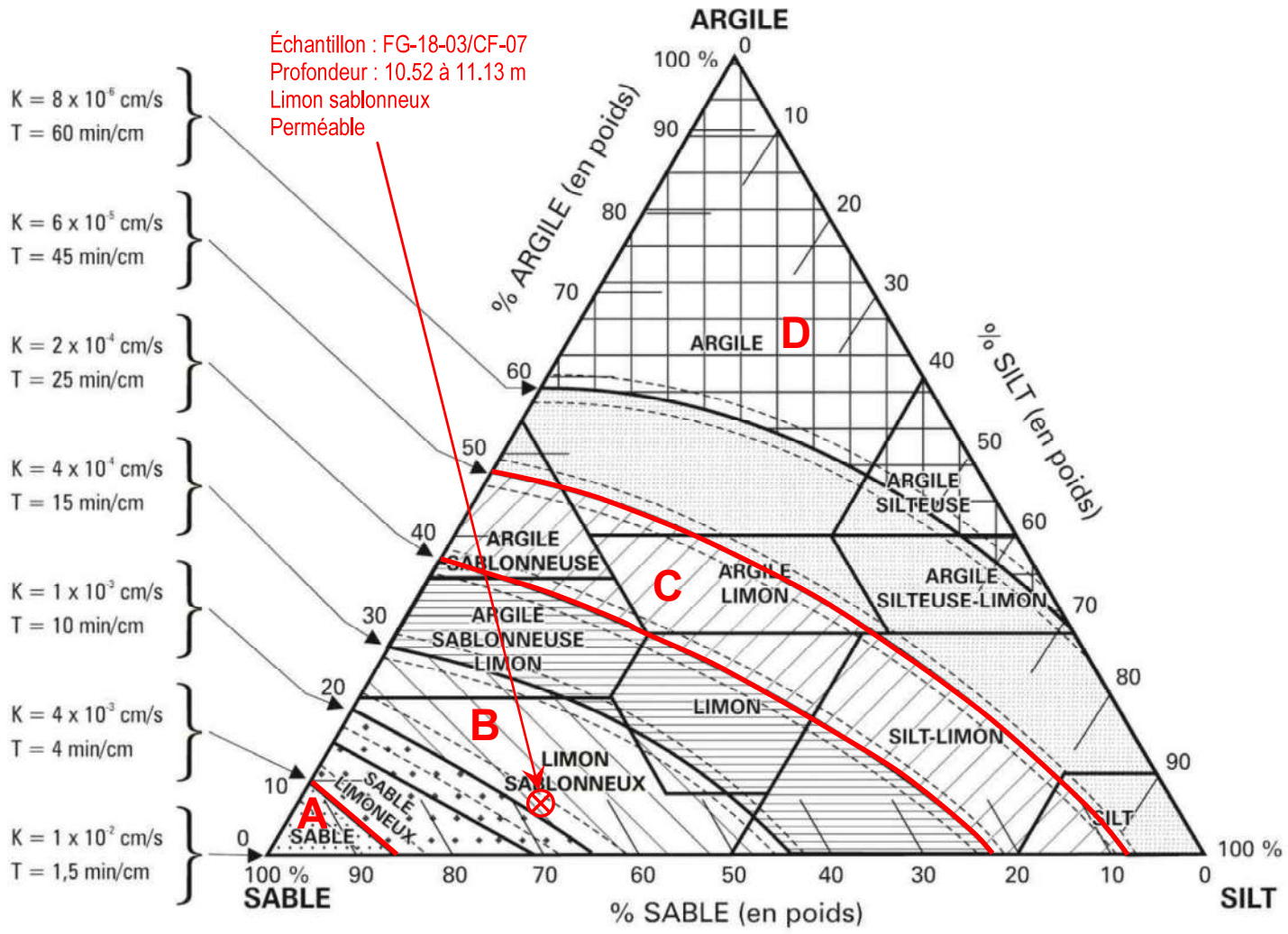
⊗ **Échantillon :** FG-18-03/CF-06C
Gravier : 0.0%
Sable : 40.0%
Silt : 51.6%
Argile : 8.4%

Perméabilité: $4 \times 10^{-4} > K > 2 \times 10^{-4}$ cm/s
Temps de percolation : 15 < T < 25 min/cm

Titre : DIAGRAMME DE PERMÉABILITÉ	**Client :** Métanor	**N/D :** HY18-010-2	**Date :** 26 juillet 2018
Lieu : Mine Bachelor, 200, chemin de la mine, Desmaraisville, Qc, J0Y 1H0			
Projet : Étude géotechnique et hydrogéologique au parc à résidus	**Préparé par :** Mathieu Dufour, ing. junior		

Groupe RDConsultants

CORRÉLATION ENTRE LA TEXTURE DU SOL ET LA PERMÉABILITÉ



Source : *tiré du Guide pour l'étude des technologies conventionnelles du traitement des eaux usées d'origine domestique du MDDELCC, édition février 2001 à février 2017*

1 : Pour chaque 10 % (en poids) de contenu en gravier et cailloux de l'échantillon, on doit ajouter un équivalent en poids de sable de 1 %.

2 : Le trait continu entre chaque classe de conductivité hydraulique relative (en termes de « K » et de « T »), représente une valeur moyenne approximative pour chacune des textures de sol représentées. Les traits pointillés indiquent un écart moyen en raison des caractéristiques fondamentales de l'échantillon analysé (structure, densité, etc.).

3 : Se déplacer d'un équivalent de 15 % d'augmentation de contenu en argile pour les sols compacts (limon ou sols plus fins ayant une densité relative supérieure à 1,5 ou sable ayant une densité relative supérieure à 1,7).

A : Zone très perméable
B : Zone perméable
C : Zone peu perméable
D : Zone imperméable

SABLE : Particules dont le diamètre est compris entre 0,05 mm et 2 mm

SILT : Particules dont le diamètre est compris entre 0,05 mm et 0,002 mm

ARGILE : Particules dont le diamètre est inférieur à 0,002mm

% (en poids)

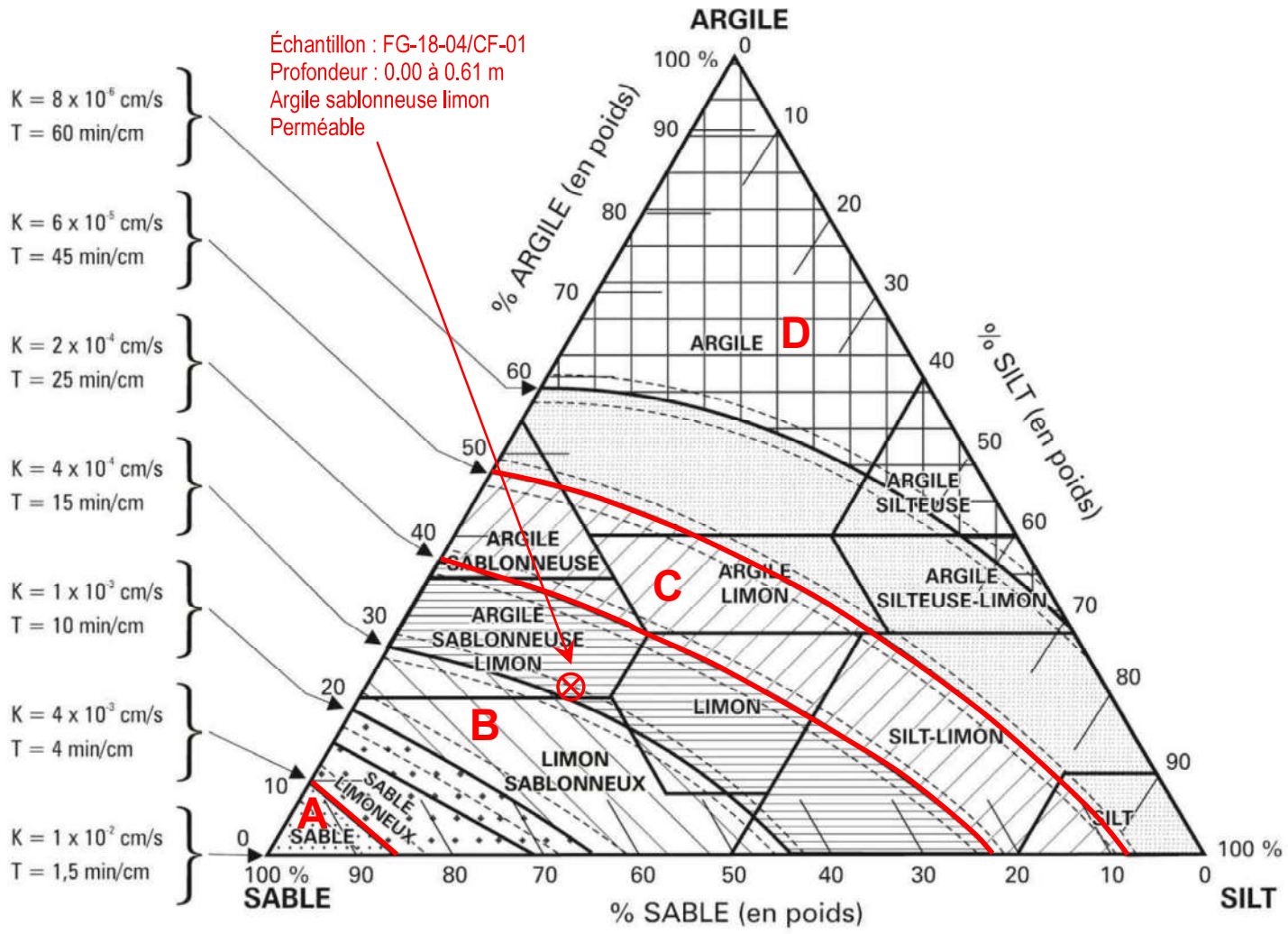
⊗ **Échantillon :** FG-18-03/CF-07
Gravier : 11.0%
Sable : 56.0%
Silt : 26.3%
Argile : 6.7%

Perméabilité: $1 \times 10^{-3} > K > 4 \times 10^{-4}$ cm/s
Temps de percolation : 10 < T < 15 min/cm

Titre : DIAGRAMME DE PERMÉABILITÉ	**Client :** Métanor	**N/D :** HY18-010-2	**Date :** 26 juillet 2018
Lieu : Mine Bachelor, 200, chemin de la mine, Desmaraisville, Qc, J0Y 1H0			
Projet : Étude géotechnique et hydrogéologique au parc à résidus	**Préparé par :** Mathieu Dufour, ing. junior		

Groupe RDConsultants

CORRÉLATION ENTRE LA TEXTURE DU SOL ET LA PERMÉABILITÉ



Source : *tiré du Guide pour l'étude des technologies conventionnelles du traitement des eaux usées d'origine domestique du MDDELCC, édition février 2001 à février 2017*

1 : Pour chaque 10 % (en poids) de contenu en gravier et cailloux de l'échantillon, on doit ajouter un équivalent en poids de sable de 1 %.

2 : Le trait continu entre chaque classe de conductivité hydraulique relative (en termes de « K » et de « T »), représente une valeur moyenne approximative pour chacune des textures de sol représentées. Les traits pointillés indiquent un écart moyen en raison des caractéristiques fondamentales de l'échantillon analysé (structure, densité, etc.).

3 : Se déplacer d'un équivalent de 15 % d'augmentation de contenu en argile pour les sols compacts (limon ou sols plus fins ayant une densité relative supérieure à 1,5 ou sable ayant une densité relative supérieure à 1,7).

A : Zone très perméable
B : Zone perméable
C : Zone peu perméable
D : Zone imperméable

SABLE : Particules dont le diamètre est compris entre 0,05 mm et 2 mm

SILT : Particules dont le diamètre est compris entre 0,05 mm et 0,002 mm

ARGILE : Particules dont le diamètre est inférieur à 0,002mm

% (en poids)

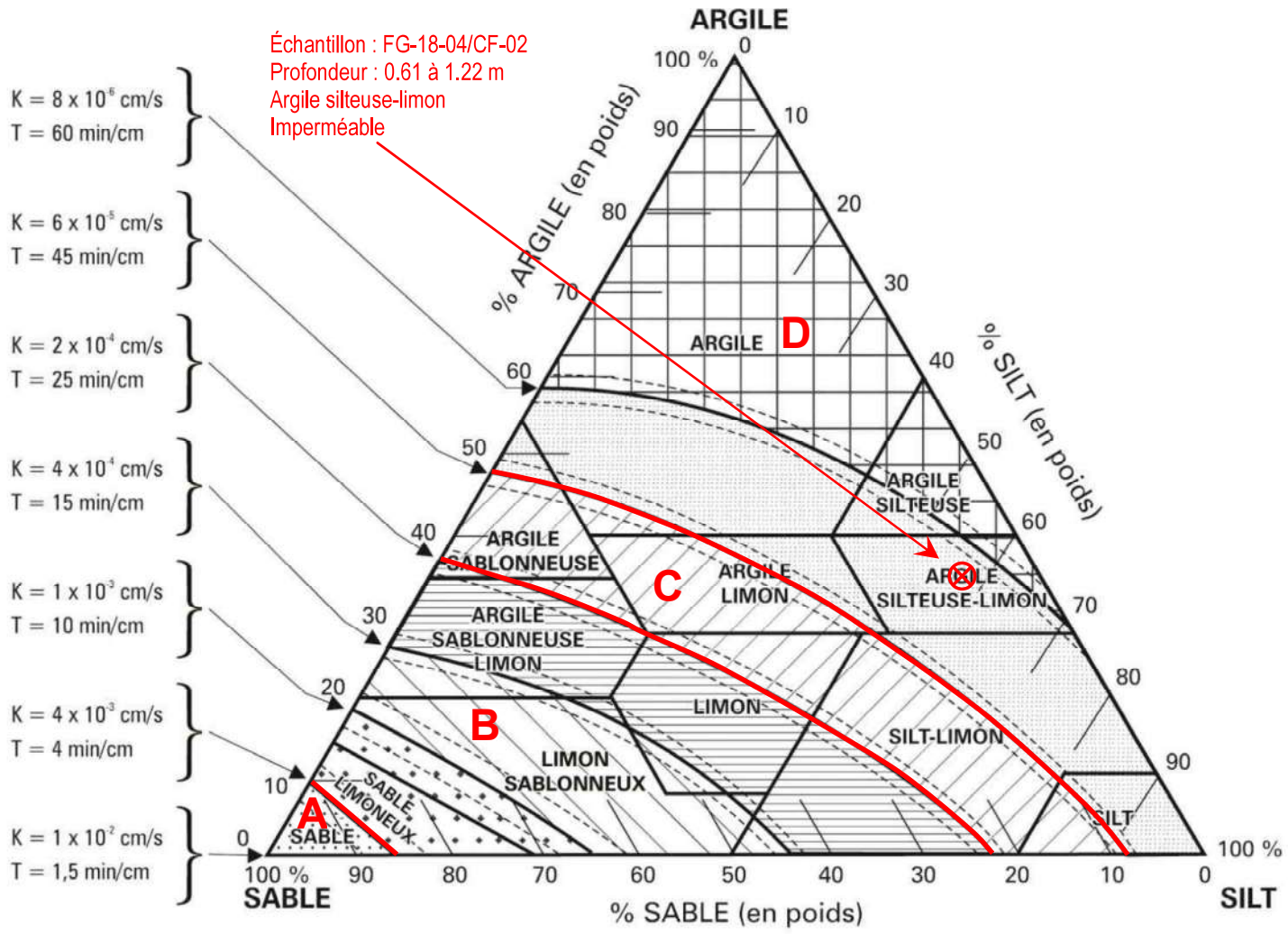
⊗ **Échantillon :** FG-18-04/CF-01
Gravier : 0.0%
Sable : 56.5%
Silt : 21.0%
Argile : 22.5%

Perméabilité: 4 x 10^{-4} cm/s > K > 2 x 10^{-4} cm/s
Temps de percolation : 15 < T < 25 min/cm

Titre : DIAGRAMME DE PERMÉABILITÉ	**Client :** Métanor	**N/D :** HY18-010-2	**Date :** 26 juillet 2018
Lieu : Mine Bachelor, 200, chemin de la Mine, Desmaraisville, Qc, J0Y 1H0			
Projet : Étude géotechnique et hydrogéologique au parc à résidus	**Préparé par :** Mathieu Dufour, ing. junior		

Groupe RDConsultants

CORRÉLATION ENTRE LA TEXTURE DU SOL ET LA PERMÉABILITÉ



Source : *tiré du Guide pour l'étude des technologies conventionnelles du traitement des eaux usées d'origine domestique du MDDELCC, édition février 2001 à février 2017*

1 : Pour chaque 10 % (en poids) de contenu en gravier et cailloux de l'échantillon, on doit ajouter un équivalent en poids de sable de 1 %.

2 : Le trait continu entre chaque classe de conductivité hydraulique relative (en termes de « K » et de « T »), représente une valeur moyenne approximative pour chacune des textures de sol représentées. Les traits pointillés indiquent un écart moyen en raison des caractéristiques fondamentales de l'échantillon analysé (structure, densité, etc.).

3 : Se déplacer d'un équivalent de 15 % d'augmentation de contenu en argile pour les sols compacts (limon ou sols plus fins ayant une densité relative supérieure à 1,5 ou sable ayant une densité relative supérieure à 1,7).

A : Zone très perméable
B : Zone perméable
C : Zone peu perméable
D : Zone imperméable

SABLE : Particules dont le diamètre est compris entre 0,05 mm et 2 mm

SILT : Particules dont le diamètre est compris entre 0,05 mm et 0,002 mm

ARGILE : Particules dont le diamètre est inférieur à 0,002mm

% (en poids)

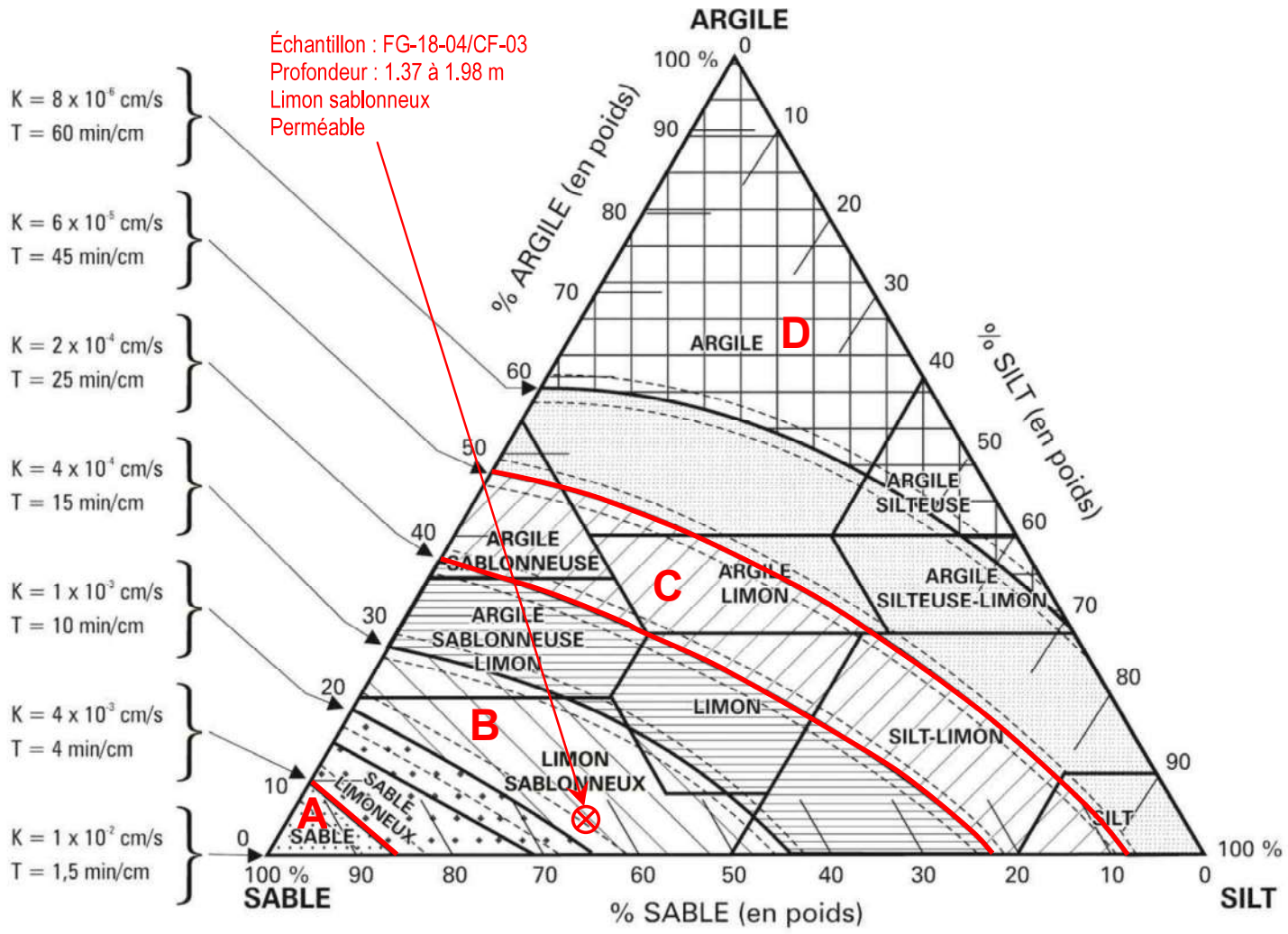
⊗ **Échantillon :** FG-18-04/CF-02
Gravier : 0.0%
Sable : 5.7%
Silt : 55.7%
Argile : 38.6%

Perméabilité: $6 \times 10^{-5} > K > 8 \times 10^{-6}$ cm/s
Temps de percolation : 45 < T < 60 min/cm

Titre : DIAGRAMME DE PERMÉABILITÉ	**Client :** Métanor	**N/D :** HY18-010-2	**Date :** 26 juillet 2018
Lieu : Mine Bachelor, 200, chemin de la Mine, Desmaraisville, Qc, J0Y 1H0			
Projet : Étude géotechnique et hydrogéologique au parc à résidus	**Préparé par :** Mathieu Dufour, ing. junior		

Groupe RDConsultants

CORRÉLATION ENTRE LA TEXTURE DU SOL ET LA PERMÉABILITÉ



Source : *tiré du Guide pour l'étude des technologies conventionnelles du traitement des eaux usées d'origine domestique du MDDELCC, édition février 2001 à février 2017*

1 : Pour chaque 10 % (en poids) de contenu en gravier et cailloux de l'échantillon, on doit ajouter un équivalent en poids de sable de 1 %.

2 : Le trait continu entre chaque classe de conductivité hydraulique relative (en termes de « K » et de « T »), représente une valeur moyenne approximative pour chacune des textures de sol représentées. Les traits pointillés indiquent un écart moyen en raison des caractéristiques fondamentales de l'échantillon analysé (structure, densité, etc.).

3 : Se déplacer d'un équivalent de 15 % d'augmentation de contenu en argile pour les sols compacts (limon ou sols plus fins ayant une densité relative supérieure à 1,5 ou sable ayant une densité relative supérieure à 1,7).

A : Zone très perméable
B : Zone perméable
C : Zone peu perméable
D : Zone imperméable

SABLE : Particules dont le diamètre est compris entre 0,05 mm et 2 mm

SILT : Particules dont le diamètre est compris entre 0,05 mm et 0,002 mm

ARGILE : Particules dont le diamètre est inférieur à 0,002mm

% (en poids)

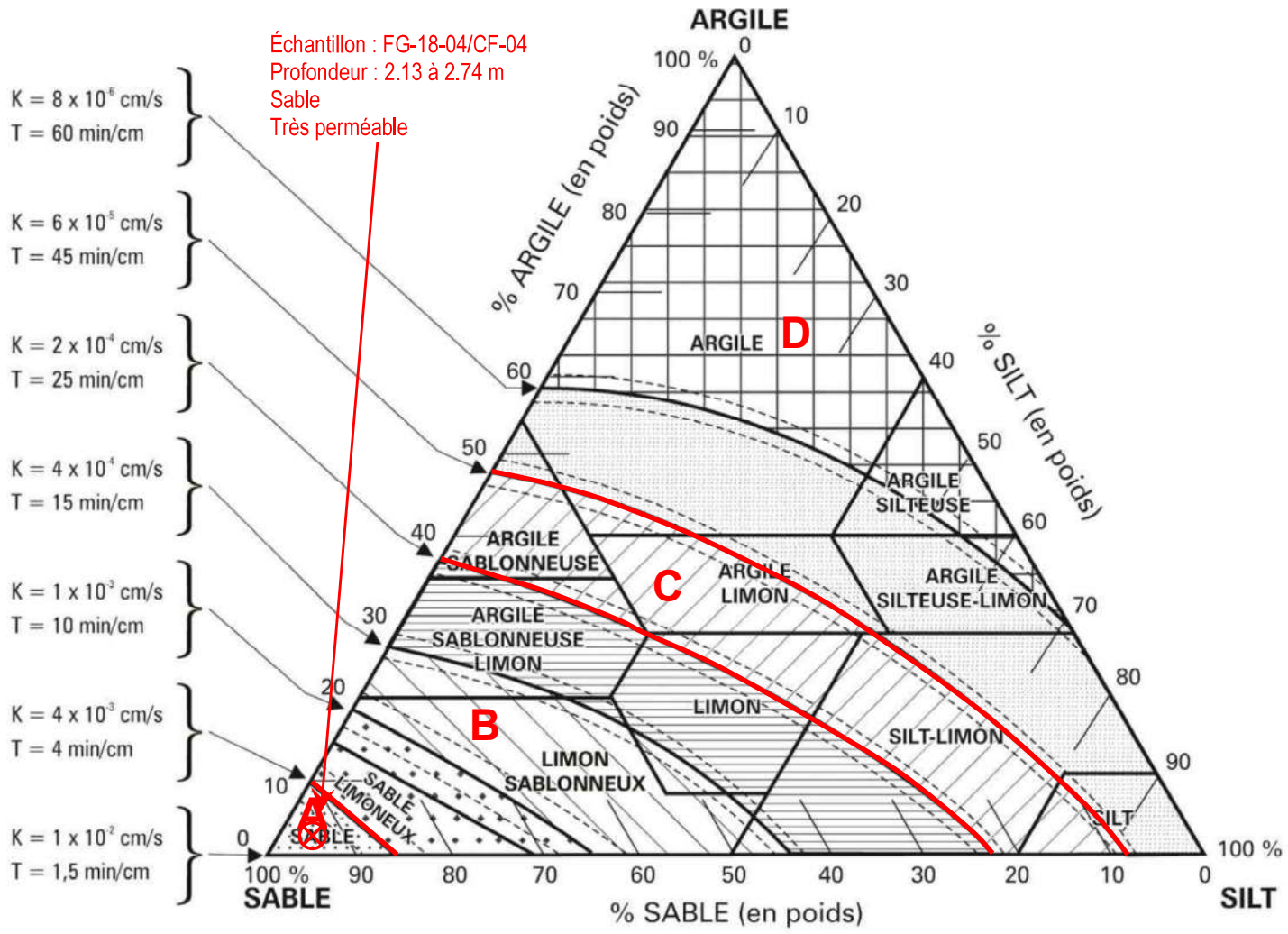
⊗ **Échantillon :** FG-18-04/CF-03
Gravier : 1.0%
Sable : 62.2%
Silt : 32.0%
Argile : 4.8%

Perméabilité: $1 \times 10^{-3} > K > 4 \times 10^{-4}$ cm/s
Temps de percolation : 10 < T < 15 min/cm

Titre : DIAGRAMME DE PERMÉABILITÉ	**Client :** Métanor	**N/D :** HY18-010-2	**Date :** 26 juillet 2018
Lieu : Mine Bachelor, 200, chemin de la mine, Desmaraisville, Qc, J0Y 1H0			
Projet : Étude géotechnique et hydrogéologique au parc à résidus	**Préparé par :** Mathieu Dufour, ing. junior		

Groupe RDConsultants

CORRÉLATION ENTRE LA TEXTURE DU SOL ET LA PERMÉABILITÉ



Source : *tiré du Guide pour l'étude des technologies conventionnelles du traitement des eaux usées d'origine domestique du MDDELCC, édition février 2001 à février 2017*

1 : Pour chaque 10 % (en poids) de contenu en gravier et cailloux de l'échantillon, on doit ajouter un équivalent en poids de sable de 1 %.

2 : Le trait continu entre chaque classe de conductivité hydraulique relative (en termes de « K » et de « T »), représente une valeur moyenne approximative pour chacune des textures de sol représentées. Les traits pointillés indiquent un écart moyen en raison des caractéristiques fondamentales de l'échantillon analysé (structure, densité, etc.).

3 : Se déplacer d'un équivalent de 15 % d'augmentation de contenu en argile pour les sols compacts (limon ou sols plus fins ayant une densité relative supérieure à 1,5 ou sable ayant une densité relative supérieure à 1,7).

A : Zone très perméable
B : Zone perméable
C : Zone peu perméable
D : Zone imperméable

SABLE : Particules dont le diamètre est compris entre 0,05 mm et 2 mm

SILT : Particules dont le diamètre est compris entre 0,05 mm et 0,002 mm

ARGILE : Particules dont le diamètre est inférieur à 0,002mm

% (en poids)

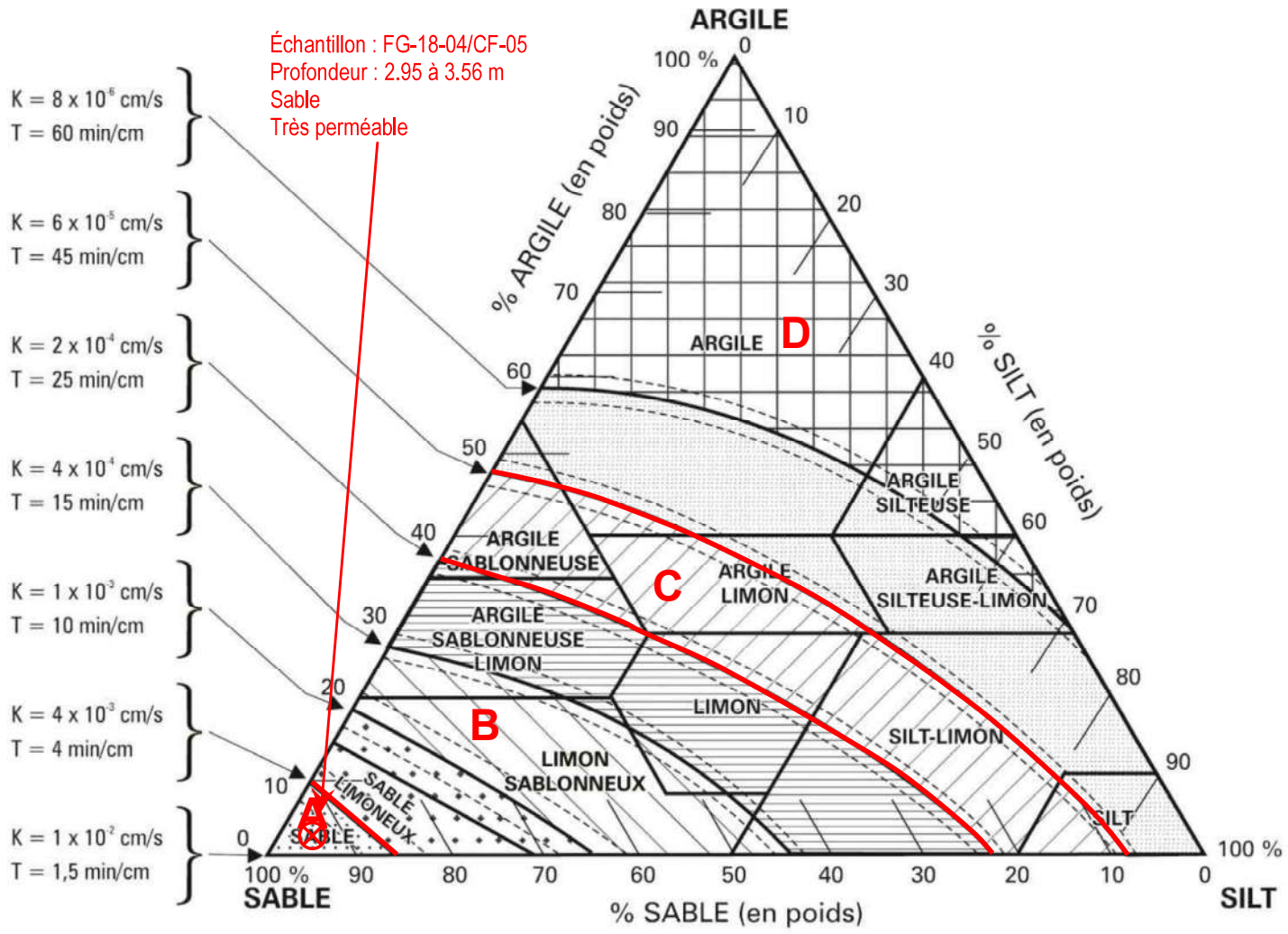
⊗ **Échantillon :** FG-18-04/CF-04
Gravier : 5.0%
Sable : 88.0%
Silt : 3.5%
Argile : 3.5%

Perméabilité: $1 \times 10^{-2} > K > 4 \times 10^{-3}$ cm/s
Temps de percolation : $1,5 < T < 4$ min/cm

Titre : DIAGRAMME DE PERMÉABILITÉ	**Client :** Métanor	**N/D :** HY18-010-2	**Date :** 26 juillet 2018
Lieu : Mine Bachelor, 200, chemin de la Mine, Desmaraisville, Qc, J0Y 1H0			
Projet : Étude géotechnique et hydrogéologique au parc à résidus	**Préparé par :** Mathieu Dufour, ing. junior		

Groupe RDConsultants

CORRÉLATION ENTRE LA TEXTURE DU SOL ET LA PERMÉABILITÉ



Source : *tiré du Guide pour l'étude des technologies conventionnelles du traitement des eaux usées d'origine domestique du MDDELCC, édition février 2001 à février 2017*

1 : Pour chaque 10 % (en poids) de contenu en gravier et cailloux de l'échantillon, on doit ajouter un équivalent en poids de sable de 1 %.

2 : Le trait continu entre chaque classe de conductivité hydraulique relative (en termes de « K » et de « T »), représente une valeur moyenne approximative pour chacune des textures de sol représentées. Les traits pointillés indiquent un écart moyen en raison des caractéristiques fondamentales de l'échantillon analysé (structure, densité, etc.).

3 : Se déplacer d'un équivalent de 15 % d'augmentation de contenu en argile pour les sols compacts (limon ou sols plus fins ayant une densité relative supérieure à 1,5 ou sable ayant une densité relative supérieure à 1,7).

A : Zone très perméable
B : Zone perméable
C : Zone peu perméable
D : Zone imperméable

SABLE : Particules dont le diamètre est compris entre 0,05 mm et 2 mm

SILT : Particules dont le diamètre est compris entre 0,05 mm et 0,002 mm

ARGILE : Particules dont le diamètre est inférieur à 0,002mm

% (en poids)

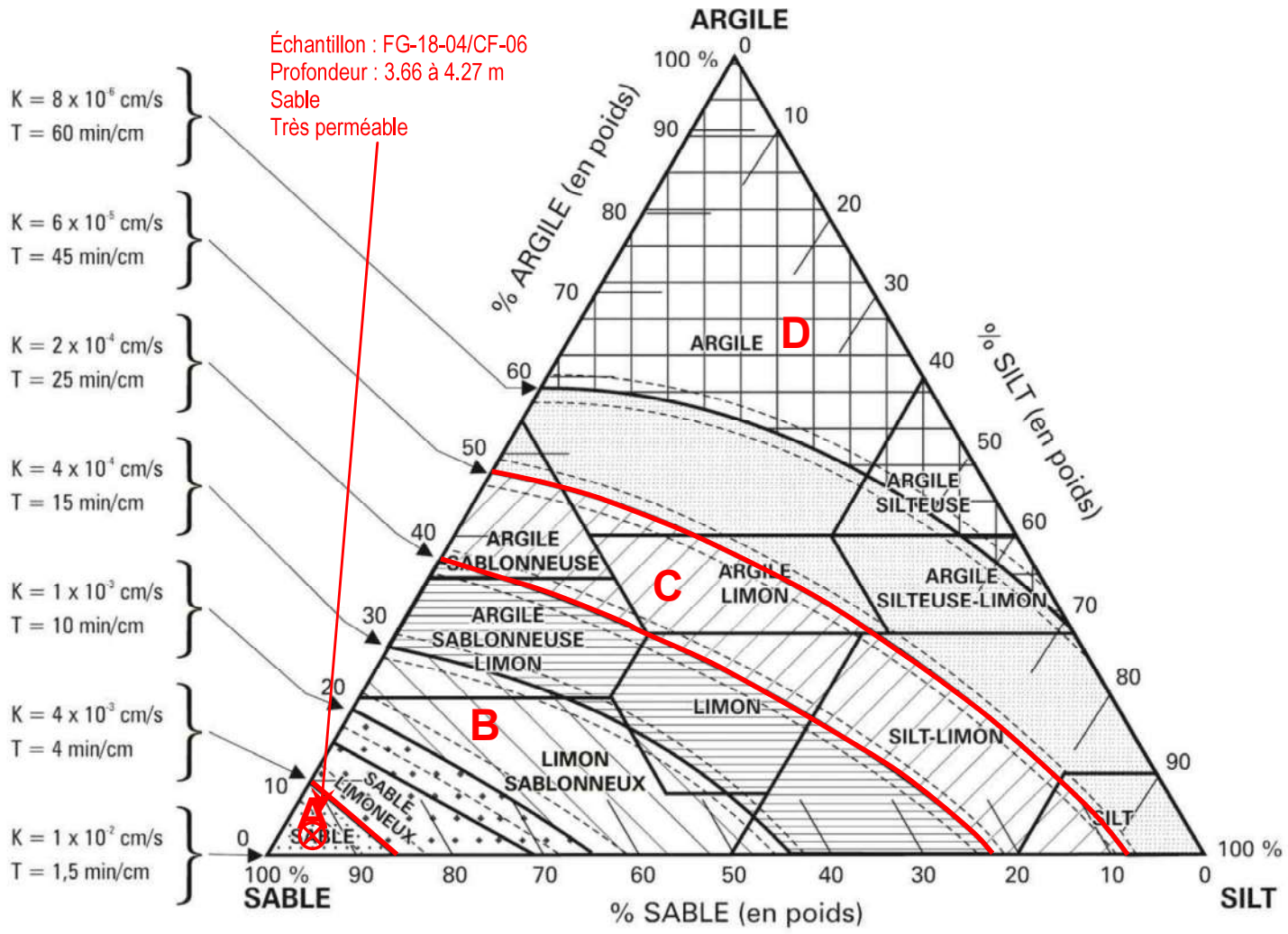
⊗ **Échantillon :** FG-18-04/CF-05
Gravier : 54.0%
Sable : 40.0%
Silt : 4.6%
Argile : 1.4%

Perméabilité: $1 \times 10^{-2} > K > 4 \times 10^{-3}$ cm/s
Temps de percolation : $1,5 < T < 4$ min/cm

Titre : DIAGRAMME DE PERMÉABILITÉ	**Client :** Métanor	**N/D :** HY18-010-2	**Date :** 26 juillet 2018
Lieu : Mine bachelor, 200, chemin de la Mine, Desmaraisville, Qc, J0Y 1H0			
Projet : Étude géotechnique et hydrogéologique au parc à résidus	**Préparé par :** Mathieu Dufour, ing. junior		

Groupe RDConsultants

CORRÉLATION ENTRE LA TEXTURE DU SOL ET LA PERMÉABILITÉ



Source : *tiré du Guide pour l'étude des technologies conventionnelles du traitement des eaux usées d'origine domestique du MDDELCC, édition février 2001 à février 2017*

1 : Pour chaque 10 % (en poids) de contenu en gravier et cailloux de l'échantillon, on doit ajouter un équivalent en poids de sable de 1 %.

2 : Le trait continu entre chaque classe de conductivité hydraulique relative (en termes de « K » et de « T »), représente une valeur moyenne approximative pour chacune des textures de sol représentées. Les traits pointillés indiquent un écart moyen en raison des caractéristiques fondamentales de l'échantillon analysé (structure, densité, etc.).

3 : Se déplacer d'un équivalent de 15 % d'augmentation de contenu en argile pour les sols compacts (limon ou sols plus fins ayant une densité relative supérieure à 1,5 ou sable ayant une densité relative supérieure à 1,7).

A : Zone très perméable
B : Zone perméable
C : Zone peu perméable
D : Zone imperméable

SABLE : Particules dont le diamètre est compris entre 0,05 mm et 2 mm

SILT : Particules dont le diamètre est compris entre 0,05 mm et 0,002 mm

ARGILE : Particules dont le diamètre est inférieur à 0,002mm

% (en poids)

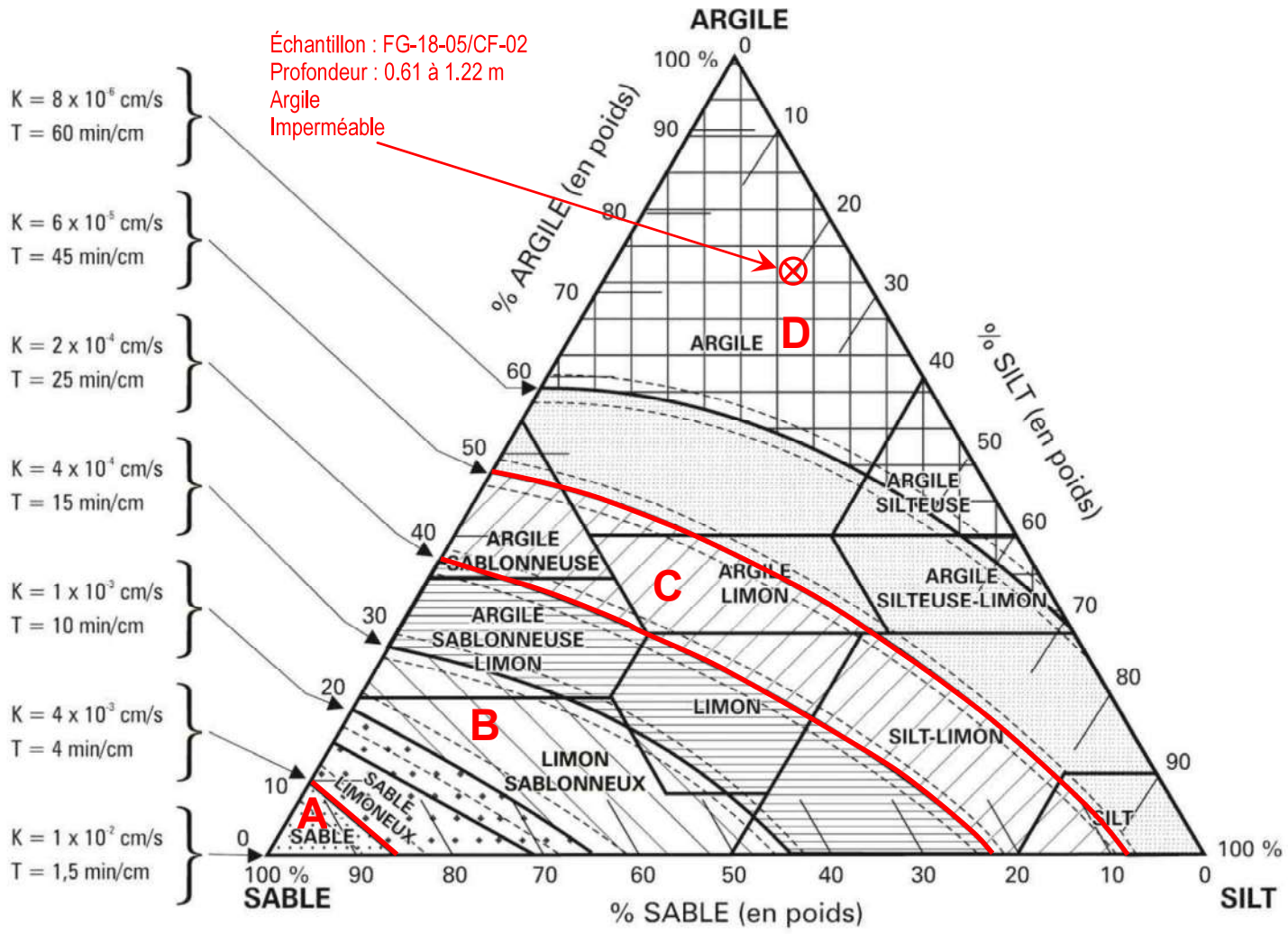
⊗ **Échantillon :** FG-18-04/CF-06
Gravier : 60.0%
Sable : 33.6%
Silt : 5.4%
Argile : 1.0%

Perméabilité: $1 \times 10^{-2} > K > 4 \times 10^{-3}$ cm/s
Temps de percolation : 1,5 < T < 4 min/cm

Titre : DIAGRAMME DE PERMÉABILITÉ	**Client :** Métanor	**N/D :** HY18-010-2	**Date :** 26 juillet 2018
Lieu : Mine Bachelor, 200, chemin de la mine, Desmaraisville, Qc, J0Y 1H0			
Projet : Étude géotechnique et hydrogéologique au parc à résidus	**Préparé par :** Mathieu Dufour, ing. junior		

Groupe RDConsultants

CORRÉLATION ENTRE LA TEXTURE DU SOL ET LA PERMÉABILITÉ



Source : *tiré du Guide pour l'étude des technologies conventionnelles du traitement des eaux usées d'origine domestique du MDDELCC, édition février 2001 à février 2017*

1 : Pour chaque 10 % (en poids) de contenu en gravier et cailloux de l'échantillon, on doit ajouter un équivalent en poids de sable de 1 %.

2 : Le trait continu entre chaque classe de conductivité hydraulique relative (en termes de « K » et de « T »), représente une valeur moyenne approximative pour chacune des textures de sol représentées. Les traits pointillés indiquent un écart moyen en raison des caractéristiques fondamentales de l'échantillon analysé (structure, densité, etc.).

3 : Se déplacer d'un équivalent de 15 % d'augmentation de contenu en argile pour les sols compacts (limon ou sols plus fins ayant une densité relative supérieure à 1,5 ou sable ayant une densité relative supérieure à 1,7).

A : Zone très perméable
B : Zone perméable
C : Zone peu perméable
D : Zone imperméable

SABLE : Particules dont le diamètre est compris entre 0,05 mm et 2 mm

SILT : Particules dont le diamètre est compris entre 0,05 mm et 0,002 mm

ARGILE : Particules dont le diamètre est inférieur à 0,002mm

% (en poids)

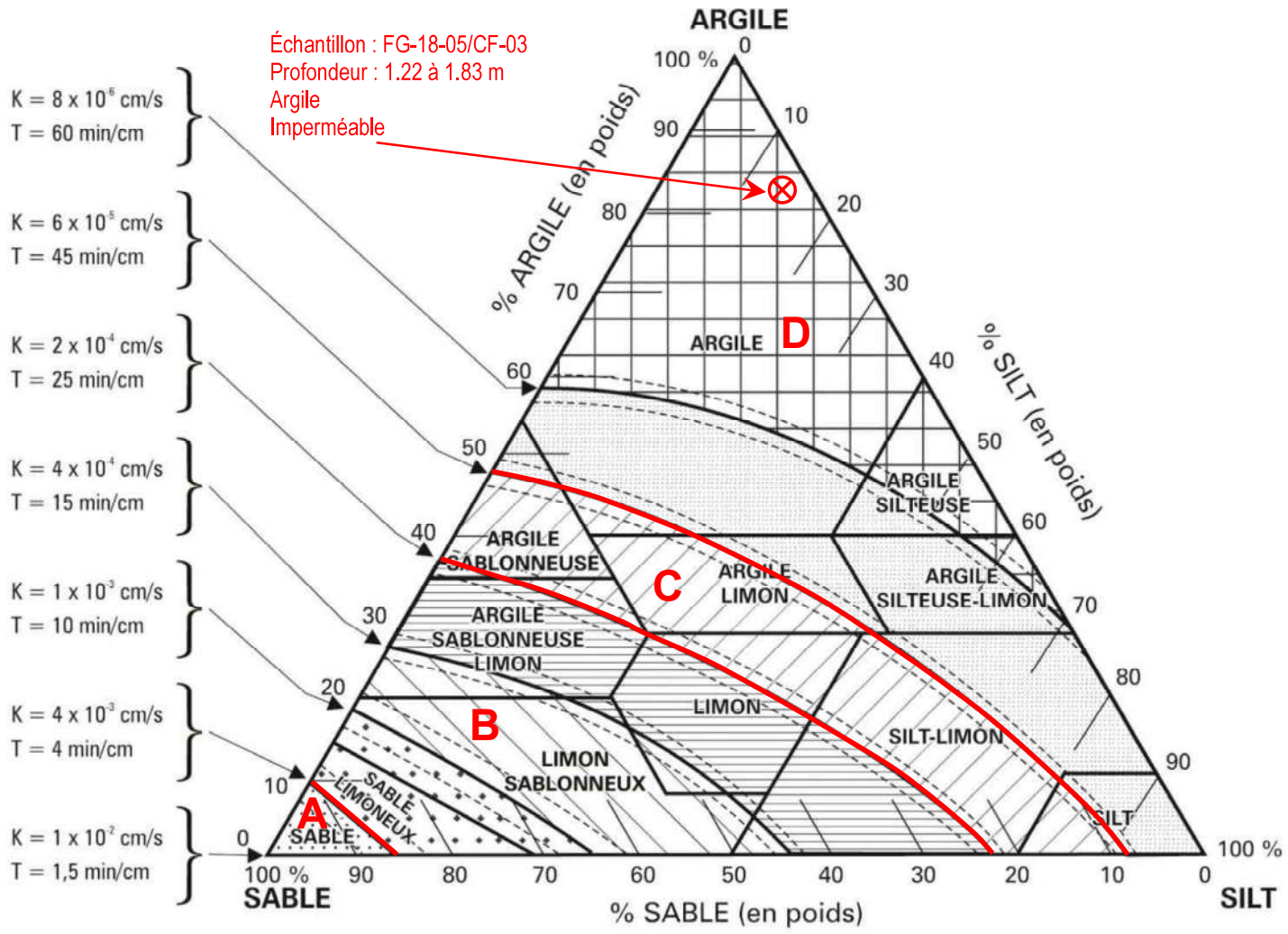
⊗ **Échantillon :** FG-18-05/CF-02
Gravier : 0.0%
Sable : 8.1%
Silt : 20.0%
Argile : 71.9%

Perméabilité: 8 x 10^{-6} cm/s > K
Temps de percolation : 60 min/cm < T

Titre : DIAGRAMME DE PERMÉABILITÉ	**Client :** Métanor	**N/D :** HY18-010-2	**Date :** 26 juillet 2018
Lieu : Mine Bachelor, 200, chemin de la Mine, Desmaraisville, Qc, J0Y 1H0			
Projet : Étude géotechnique et hydrogéologique au parc à résidus	**Préparé par :** Mathieu Dufour, ing. junior		

Groupe RDConsultants

CORRÉLATION ENTRE LA TEXTURE DU SOL ET LA PERMÉABILITÉ



Source : *tiré du Guide pour l'étude des technologies conventionnelles du traitement des eaux usées d'origine domestique du MDDELCC, édition février 2001 à février 2017*

1 : Pour chaque 10 % (en poids) de contenu en gravier et cailloux de l'échantillon, on doit ajouter un équivalent en poids de sable de 1 %.

2 : Le trait continu entre chaque classe de conductivité hydraulique relative (en termes de « K » et de « T »), représente une valeur moyenne approximative pour chacune des textures de sol représentées. Les traits pointillés indiquent un écart moyen en raison des caractéristiques fondamentales de l'échantillon analysé (structure, densité, etc.).

3 : Se déplacer d'un équivalent de 15 % d'augmentation de contenu en argile pour les sols compacts (limon ou sols plus fins ayant une densité relative supérieure à 1,5 ou sable ayant une densité relative supérieure à 1,7).

A : Zone très perméable
B : Zone perméable
C : Zone peu perméable
D : Zone imperméable

SABLE : Particules dont le diamètre est compris entre 0,05 mm et 2 mm

SILT : Particules dont le diamètre est compris entre 0,05 mm et 0,002 mm

ARGILE : Particules dont le diamètre est inférieur à 0,002mm

% (en poids)

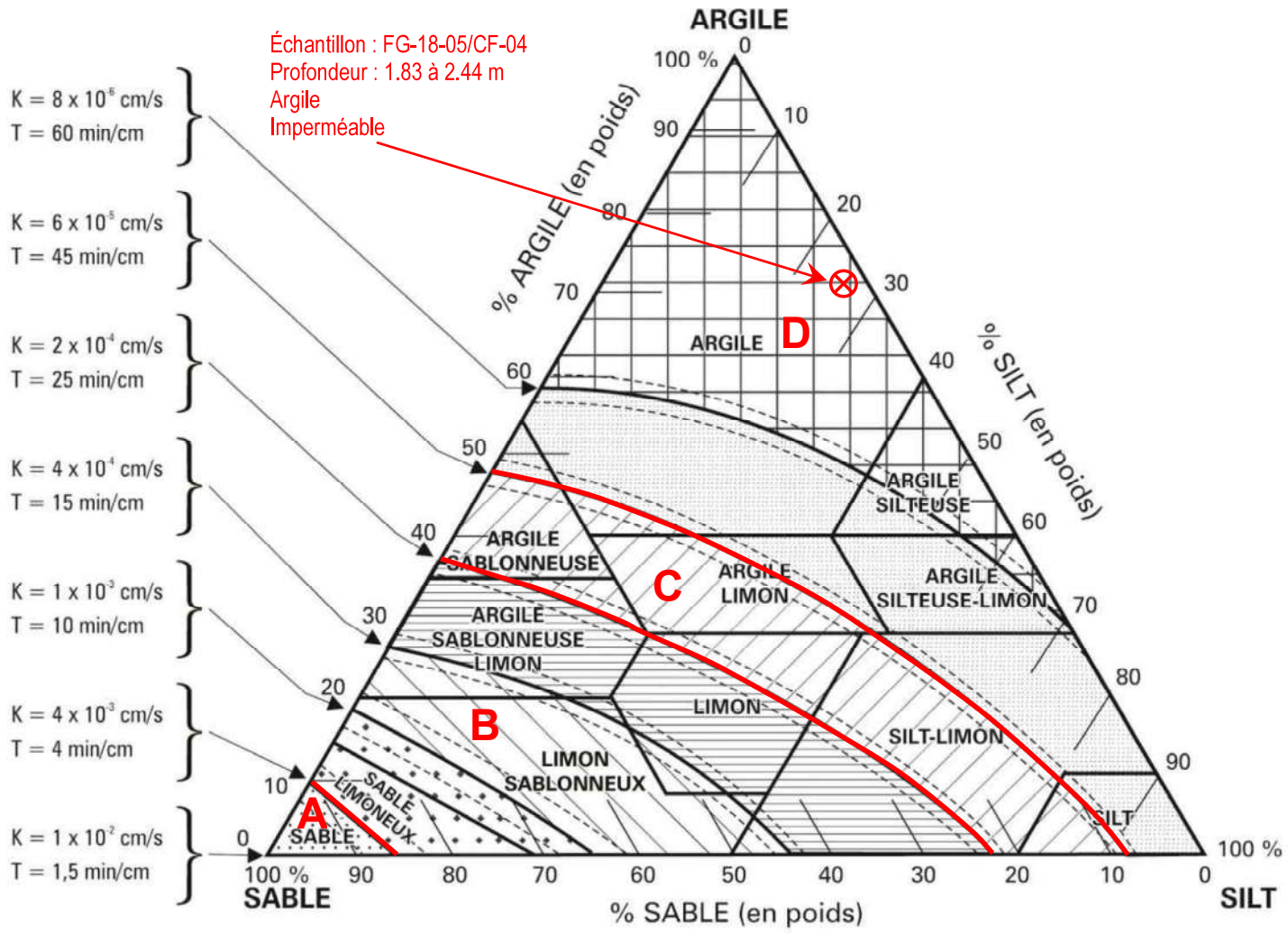
⊗ **Échantillon :** FG-18-05/CF-03
Gravier : 0.0%
Sable : 2.8%
Silt : 14.3%
Argile : 82.9%

Perméabilité: 8 x 10^{-6} cm/s > K
Temps de percolation : 60 min/cm < T

Titre : DIAGRAMME DE PERMÉABILITÉ	**Client :** Métanor	**N/D :** HY18-010-2	**Date :** 26 juillet 2018
Lieu : Mine Bachelor, 200, chemin de la Mine, Desmaraisville, Qc, J0Y 1H0			
Projet : Étude géotechnique et hydrogéologique au parc à résidus	**Préparé par :** Mathieu Dufour, ing. junior		

Groupe RDConsultants

CORRÉLATION ENTRE LA TEXTURE DU SOL ET LA PERMÉABILITÉ



Source : *tiré du Guide pour l'étude des technologies conventionnelles du traitement des eaux usées d'origine domestique du MDDELCC, édition février 2001 à février 2017*

1 : Pour chaque 10 % (en poids) de contenu en gravier et cailloux de l'échantillon, on doit ajouter un équivalent en poids de sable de 1 %.

2 : Le trait continu entre chaque classe de conductivité hydraulique relative (en termes de « K » et de « T »), représente une valeur moyenne approximative pour chacune des textures de sol représentées. Les traits pointillés indiquent un écart moyen en raison des caractéristiques fondamentales de l'échantillon analysé (structure, densité, etc.).

3 : Se déplacer d'un équivalent de 15 % d'augmentation de contenu en argile pour les sols compacts (limon ou sols plus fins ayant une densité relative supérieure à 1,5 ou sable ayant une densité relative supérieure à 1,7).

A : Zone très perméable
B : Zone perméable
C : Zone peu perméable
D : Zone imperméable

SABLE : Particules dont le diamètre est compris entre 0,05 mm et 2 mm

SILT : Particules dont le diamètre est compris entre 0,05 mm et 0,002 mm

ARGILE : Particules dont le diamètre est inférieur à 0,002mm

% (en poids)

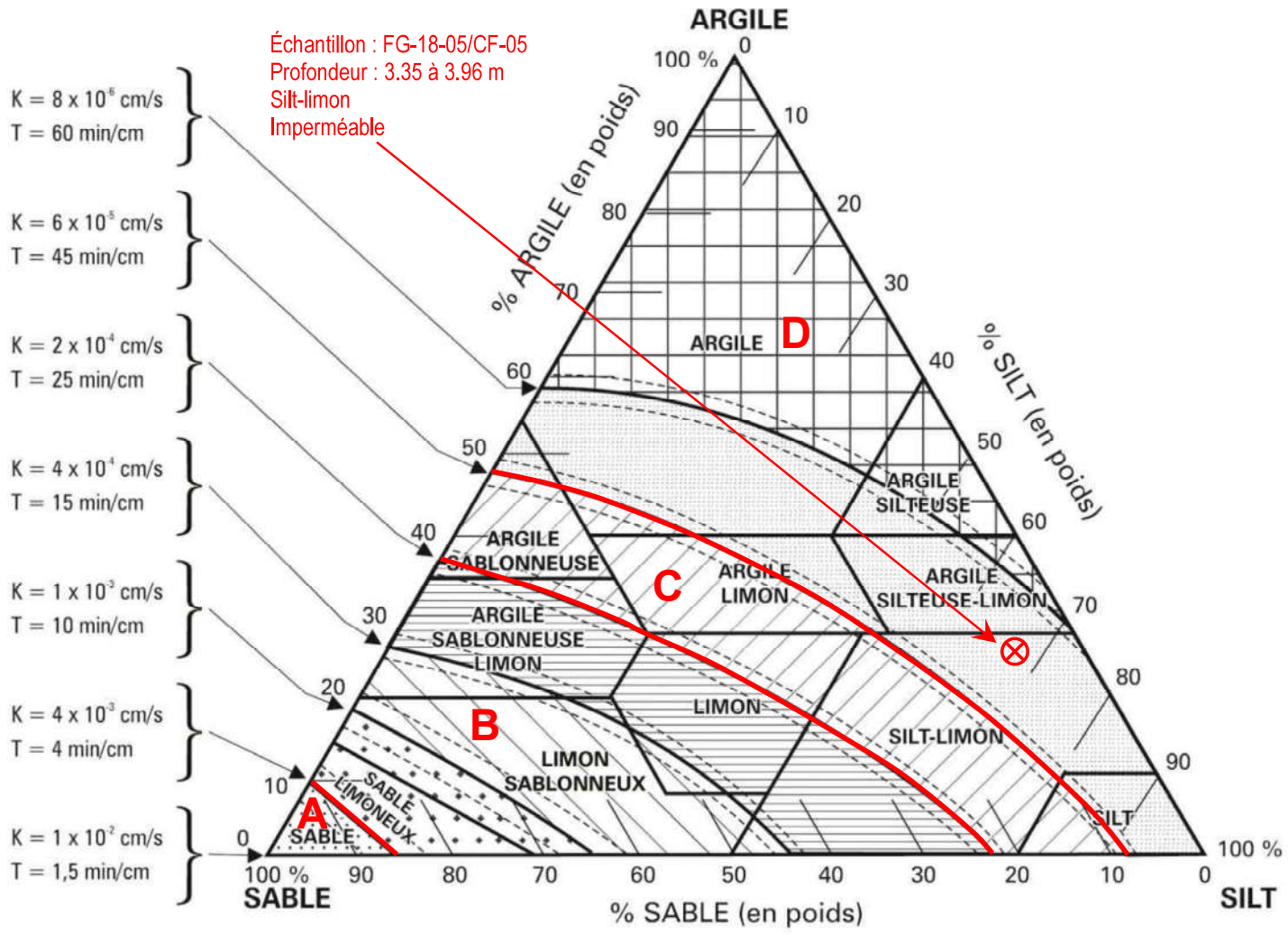
⊗ **Échantillon :** FG-18-05/CF-04
Gravier : 0.0%
Sable : 2.6%
Silt : 26.1%
Argile : 71.3%

Perméabilité: 8 x 10^{-6} cm/s > K
Temps de percolation : 60 min/cm > T

Titre : DIAGRAMME DE PERMÉABILITÉ	**Client :** Métanor	**N/D :** HY18-010-2	**Date :** 26 juillet 2018
Lieu : Mine Bachelor, 200, chemin de la Mine, Desmaraisville, Qc, J0Y 1H0			
Projet : Étude géotechnique et hydrogéologique au parc à résidus	**Préparé par :** Mathieu Dufour, ing. junior		

Groupe RDConsultants

CORRÉLATION ENTRE LA TEXTURE DU SOL ET LA PERMÉABILITÉ



Source : *tiré du Guide pour l'étude des technologies conventionnelles du traitement des eaux usées d'origine domestique du MDDELCC, édition février 2001 à février 2017*

1 : Pour chaque 10 % (en poids) de contenu en gravier et cailloux de l'échantillon, on doit ajouter un équivalent en poids de sable de 1 %.

2 : Le trait continu entre chaque classe de conductivité hydraulique relative (en termes de « K » et de « T »), représente une valeur moyenne approximative pour chacune des textures de sol représentées. Les traits pointillés indiquent un écart moyen en raison des caractéristiques fondamentales de l'échantillon analysé (structure, densité, etc.).

3 : Se déplacer d'un équivalent de 15 % d'augmentation de contenu en argile pour les sols compacts (limon ou sols plus fins ayant une densité relative supérieure à 1,5 ou sable ayant une densité relative supérieure à 1,7).

A : Zone très perméable
B : Zone perméable
C : Zone peu perméable
D : Zone imperméable

SABLE : Particules dont le diamètre est compris entre 0,05 mm et 2 mm

SILT : Particules dont le diamètre est compris entre 0,05 mm et 0,002 mm

ARGILE : Particules dont le diamètre est inférieur à 0,002mm

% (en poids)

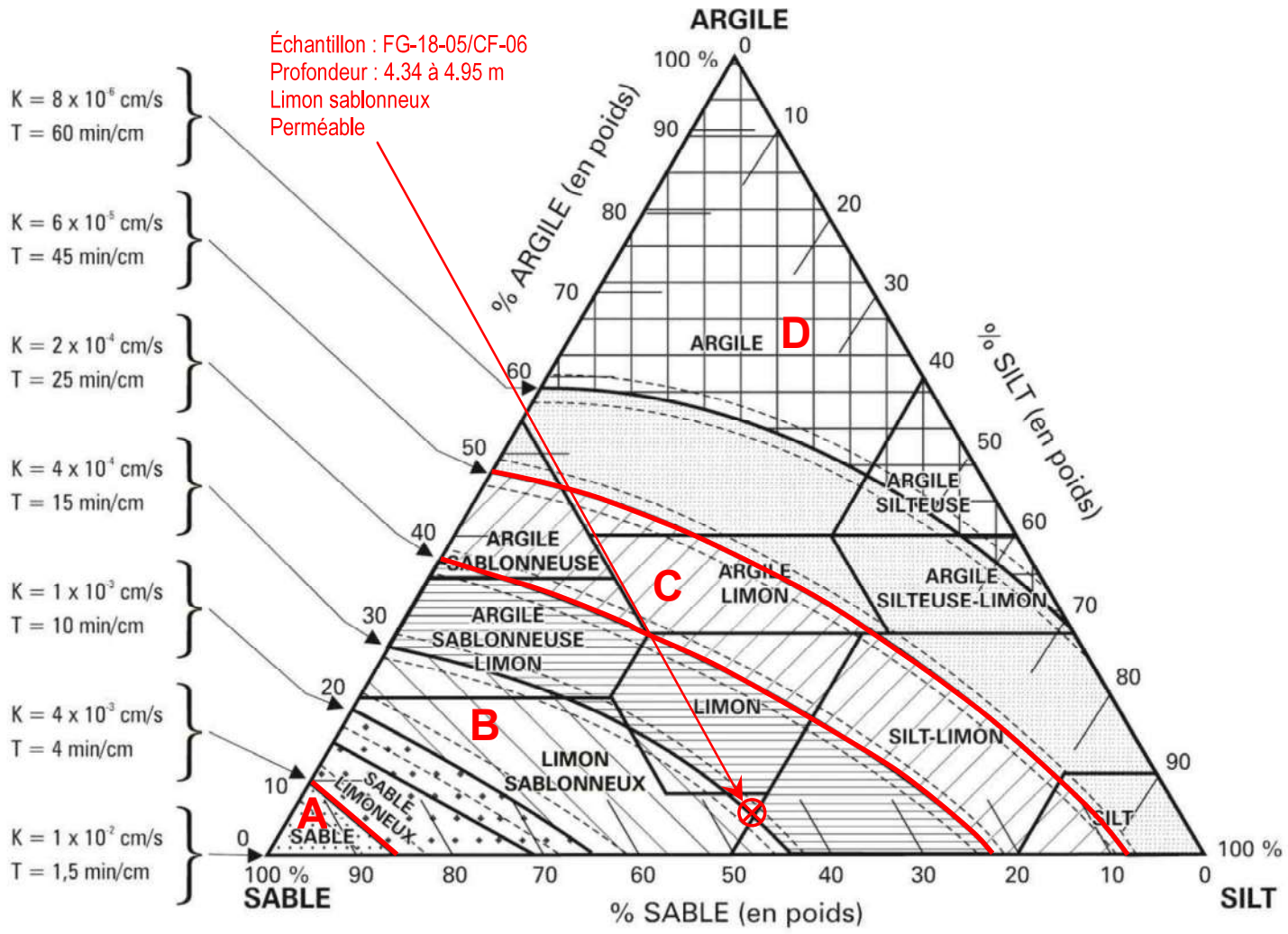
⊗ **Échantillon :** FG-18-05/CF-05
Gravier : 0.0%
Sable : 5.4%
Silt : 64.9%
Argile : 29.7%

Perméabilité: $6 \times 10^{-5} > K > 8 \times 10^{-6}$ cm/s
Temps de percolation : 45 < T < 60 min/cm

Titre : DIAGRAMME DE PERMÉABILITÉ	**Client :** Métanor	**N/D :** HY18-010-2	**Date :** 26 juillet 2018
Lieu : Mine Bachelor, 200, chemin de la Mine, Desmaraisville, Qc, J0Y 1H0			
Projet : Étude géotechnique et hydrogéologique au parc à résidus	**Préparé par :** Mathieu Dufour, ing. junior		

Groupe RDConsultants

CORRÉLATION ENTRE LA TEXTURE DU SOL ET LA PERMÉABILITÉ



Source : *tiré du Guide pour l'étude des technologies conventionnelles du traitement des eaux usées d'origine domestique du MDDELCC, édition février 2001 à février 2017*

1 : Pour chaque 10 % (en poids) de contenu en gravier et cailloux de l'échantillon, on doit ajouter un équivalent en poids de sable de 1 %.

2 : Le trait continu entre chaque classe de conductivité hydraulique relative (en termes de « K » et de « T »), représente une valeur moyenne approximative pour chacune des textures de sol représentées. Les traits pointillés indiquent un écart moyen en raison des caractéristiques fondamentales de l'échantillon analysé (structure, densité, etc.).

3 : Se déplacer d'un équivalent de 15 % d'augmentation de contenu en argile pour les sols compacts (limon ou sols plus fins ayant une densité relative supérieure à 1,5 ou sable ayant une densité relative supérieure à 1,7).

A : Zone très perméable
B : Zone perméable
C : Zone peu perméable
D : Zone imperméable

SABLE : Particules dont le diamètre est compris entre 0,05 mm et 2 mm

SILT : Particules dont le diamètre est compris entre 0,05 mm et 0,002 mm

ARGILE : Particules dont le diamètre est inférieur à 0,002mm

% (en poids)

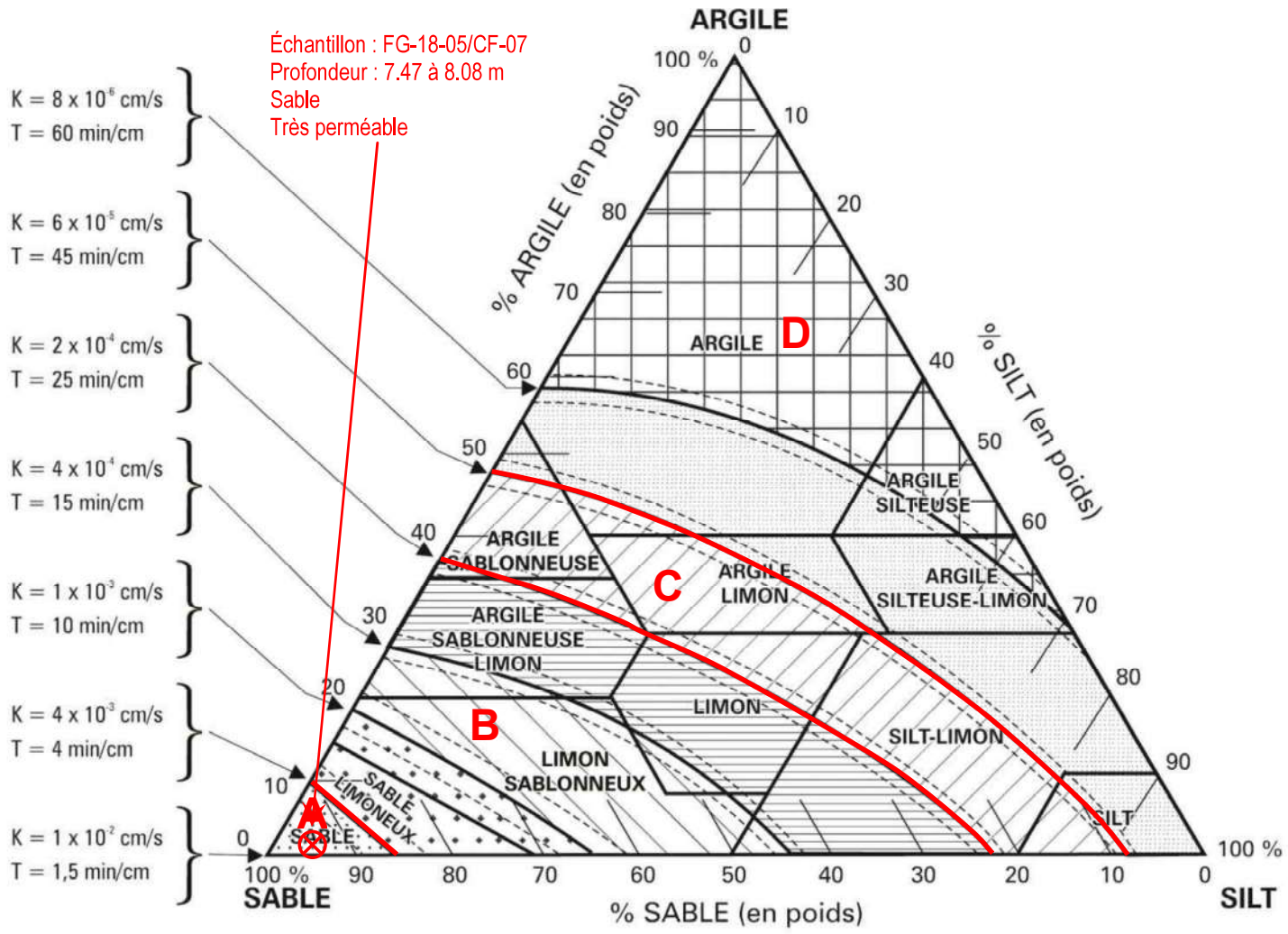
⊗ **Échantillon :** FG-18-05/CF-06
Gravier : 5.0%
Sable : 44.4%
Silt : 45.3%
Argile : 5.3%

Perméabilité: $1 \times 10^{-3} > K > 4 \times 10^{-4}$ cm/s
Temps de percolation : 10 < T < 15 min/cm

Titre : DIAGRAMME DE PERMÉABILITÉ	**Client :** Métanor	**N/D :** HY18-010-2	**Date :** 26 juillet 2018
Lieu : Mine Bachelor, 200, chemin de la Mine, Desmaraisville, Qc, J0Y 1H0			
Projet : Étude géotechnique et hydrogéologique au parc à résidus	**Préparé par :** Mathieu Dufour, ing. junior		

Groupe RDConsultants

CORRÉLATION ENTRE LA TEXTURE DU SOL ET LA PERMÉABILITÉ



Source : *tiré du Guide pour l'étude des technologies conventionnelles du traitement des eaux usées d'origine domestique du MDDELCC, édition février 2001 à février 2017*

1 : Pour chaque 10 % (en poids) de contenu en gravier et cailloux de l'échantillon, on doit ajouter un équivalent en poids de sable de 1 %.

2 : Le trait continu entre chaque classe de conductivité hydraulique relative (en termes de « K » et de « T »), représente une valeur moyenne approximative pour chacune des textures de sol représentées. Les traits pointillés indiquent un écart moyen en raison des caractéristiques fondamentales de l'échantillon analysé (structure, densité, etc.).

3 : Se déplacer d'un équivalent de 15 % d'augmentation de contenu en argile pour les sols compacts (limon ou sols plus fins ayant une densité relative supérieure à 1,5 ou sable ayant une densité relative supérieure à 1,7).

A : Zone très perméable
B : Zone perméable
C : Zone peu perméable
D : Zone imperméable

SABLE : Particules dont le diamètre est compris entre 0,05 mm et 2 mm

SILT : Particules dont le diamètre est compris entre 0,05 mm et 0,002 mm

ARGILE : Particules dont le diamètre est inférieur à 0,002mm

% (en poids)

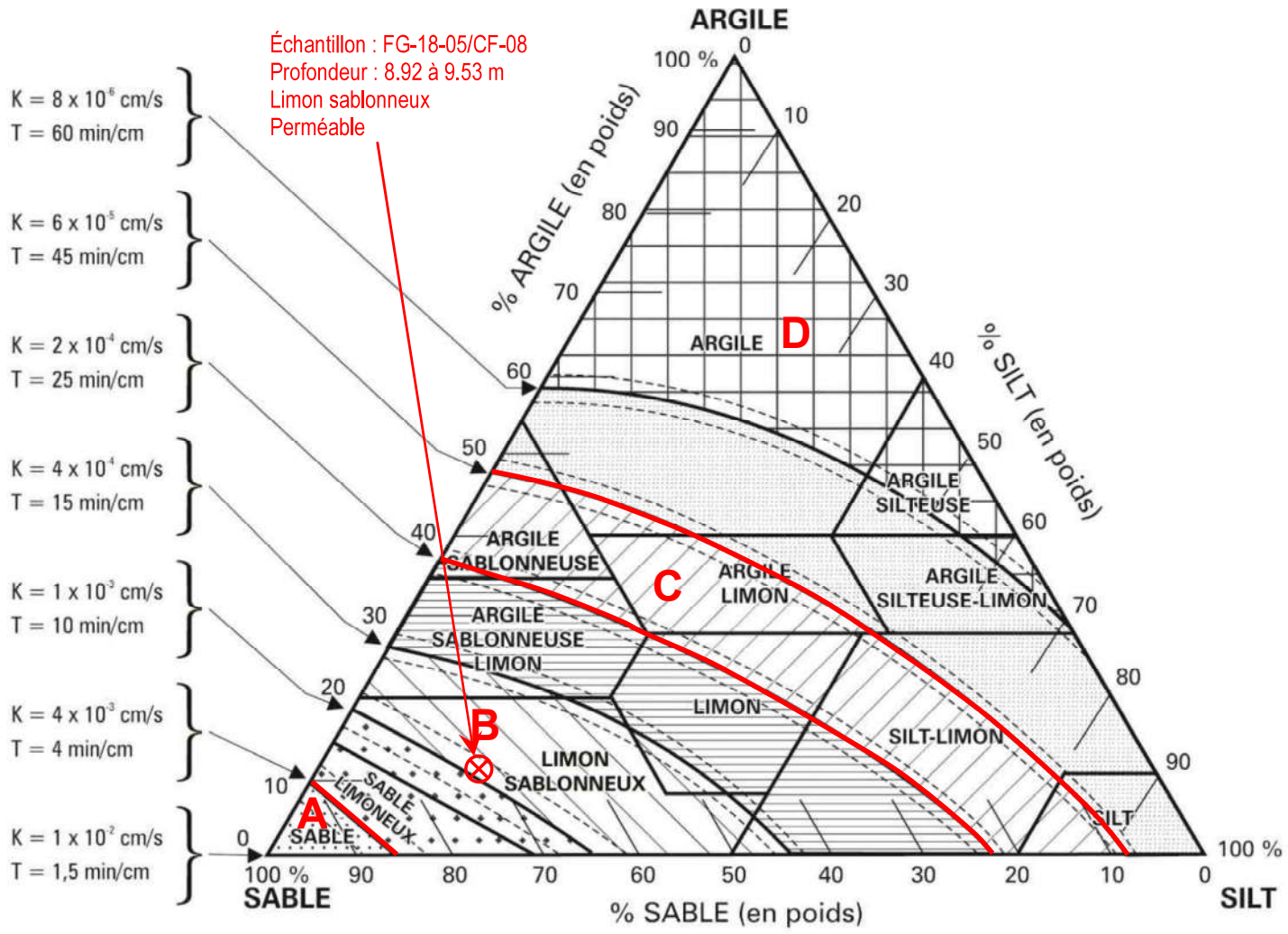
⊗ **Échantillon :** FG-18-05/CF-07
Gravier : 32.0%
Sable : 62.1%
Silt : 5.4%
Argile : 0.5%

Perméabilité: 1 x 10^{-2} cm/s > K > 4 x 10^{-3} cm/s
Temps de percolation : 1,5 < T < 4 min/cm

Titre : DIAGRAMME DE PERMÉABILITÉ	**Client :** Métanor	**N/D :** HY18-010-2	**Date :** 26 juillet 2018
Lieu : Mine Bachelor, 200, chemin de la Mine, Desmaraisville, Qc, J0Y 1H0			
Projet : Étude géotechnique et hydrogéologique au parc à résidus	**Préparé par :** Mathieu Dufour, ing. junior		

Groupe RDConsultants

CORRÉLATION ENTRE LA TEXTURE DU SOL ET LA PERMÉABILITÉ



Source : *tiré du Guide pour l'étude des technologies conventionnelles du traitement des eaux usées d'origine domestique du MDDELCC, édition février 2001 à février 2017*

1 : Pour chaque 10 % (en poids) de contenu en gravier et cailloux de l'échantillon, on doit ajouter un équivalent en poids de sable de 1 %.

2 : Le trait continu entre chaque classe de conductivité hydraulique relative (en termes de « K » et de « T »), représente une valeur moyenne approximative pour chacune des textures de sol représentées. Les traits pointillés indiquent un écart moyen en raison des caractéristiques fondamentales de l'échantillon analysé (structure, densité, etc.).

3 : Se déplacer d'un équivalent de 15 % d'augmentation de contenu en argile pour les sols compacts (limon ou sols plus fins ayant une densité relative supérieure à 1,5 ou sable ayant une densité relative supérieure à 1,7).

A : Zone très perméable
B : Zone perméable
C : Zone peu perméable
D : Zone imperméable

SABLE : Particules dont le diamètre est compris entre 0,05 mm et 2 mm

SILT : Particules dont le diamètre est compris entre 0,05 mm et 0,002 mm

ARGILE : Particules dont le diamètre est inférieur à 0,002mm

% (en poids)

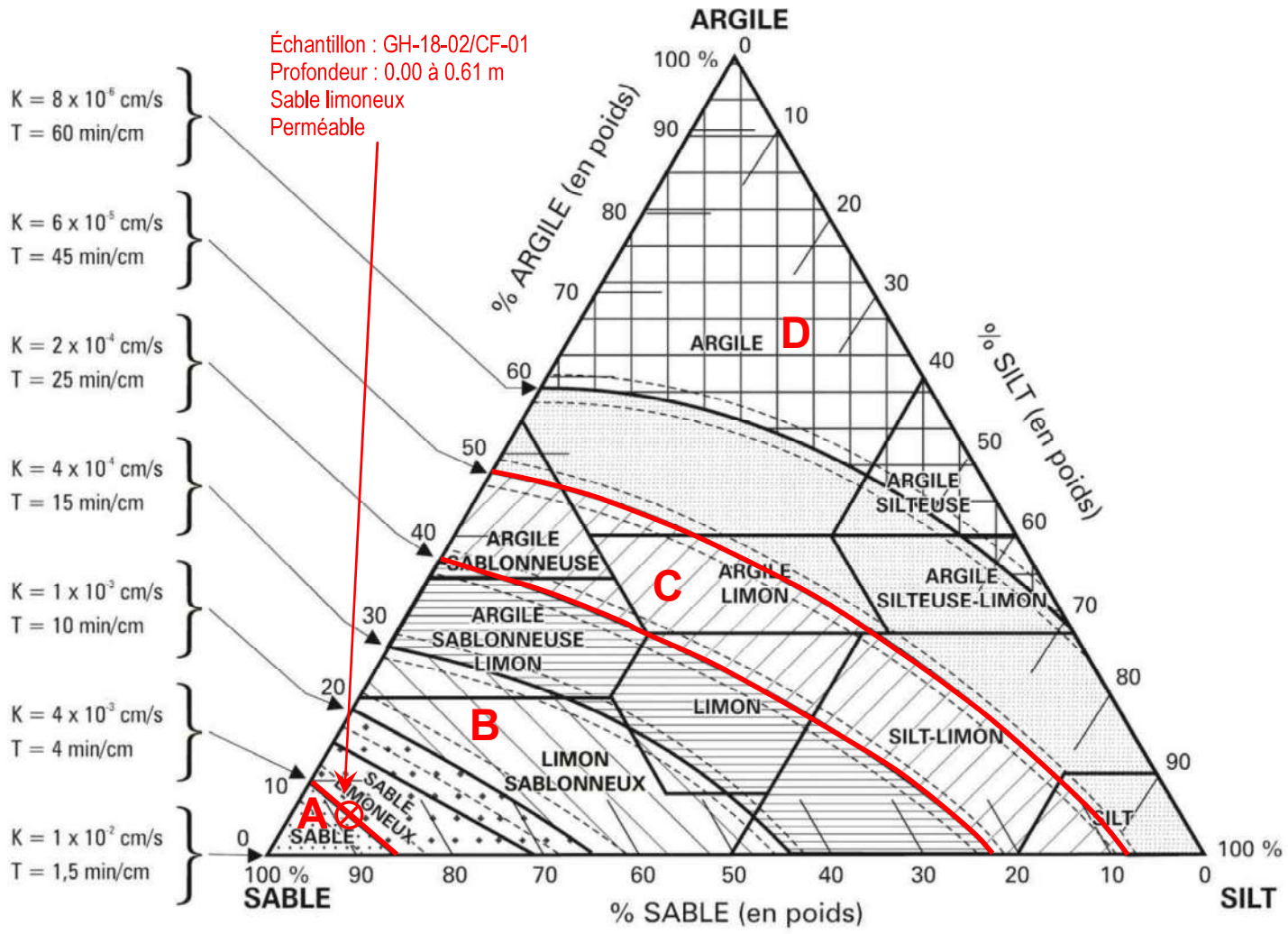
⊗ **Échantillon :** FG-18-05/CF-08
Gravier : 7.0%
Sable : 64.1%
Silt : 17.9%
Argile : 11.0%

Perméabilité: $1 \times 10^{-3} > K > 4 \times 10^{-4}$ cm/s
Temps de percolation : 10 < T < 15 min/cm

Titre : DIAGRAMME DE PERMÉABILITÉ	**Client :** Métanor	**N/D :** HY18-010-2	**Date :** 26 juillet 2018
Lieu : Mine Bachelor, 200, chemin de la Mine, Desmaraisville, Qc, J0Y 1H0			
Projet : Étude géotechnique et hydrogéologique au parc à résidus	**Préparé par :** Mathieu Dufour, ing. junior		

Groupe RDConsultants

CORRÉLATION ENTRE LA TEXTURE DU SOL ET LA PERMÉABILITÉ



Source : *tiré du Guide pour l'étude des technologies conventionnelles du traitement des eaux usées d'origine domestique du MDDELCC, édition février 2001 à février 2017*

1 : Pour chaque 10 % (en poids) de contenu en gravier et cailloux de l'échantillon, on doit ajouter un équivalent en poids de sable de 1 %.

2 : Le trait continu entre chaque classe de conductivité hydraulique relative (en termes de « K » et de « T »), représente une valeur moyenne approximative pour chacune des textures de sol représentées. Les traits pointillés indiquent un écart moyen en raison des caractéristiques fondamentales de l'échantillon analysé (structure, densité, etc.).

3 : Se déplacer d'un équivalent de 15 % d'augmentation de contenu en argile pour les sols compacts (limon ou sols plus fins ayant une densité relative supérieure à 1,5 ou sable ayant une densité relative supérieure à 1,7).

A : Zone très perméable
B : Zone perméable
C : Zone peu perméable
D : Zone imperméable

SABLE : Particules dont le diamètre est compris entre 0,05 mm et 2 mm

SILT : Particules dont le diamètre est compris entre 0,05 mm et 0,002 mm

ARGILE : Particules dont le diamètre est inférieur à 0,002mm

% (en poids)

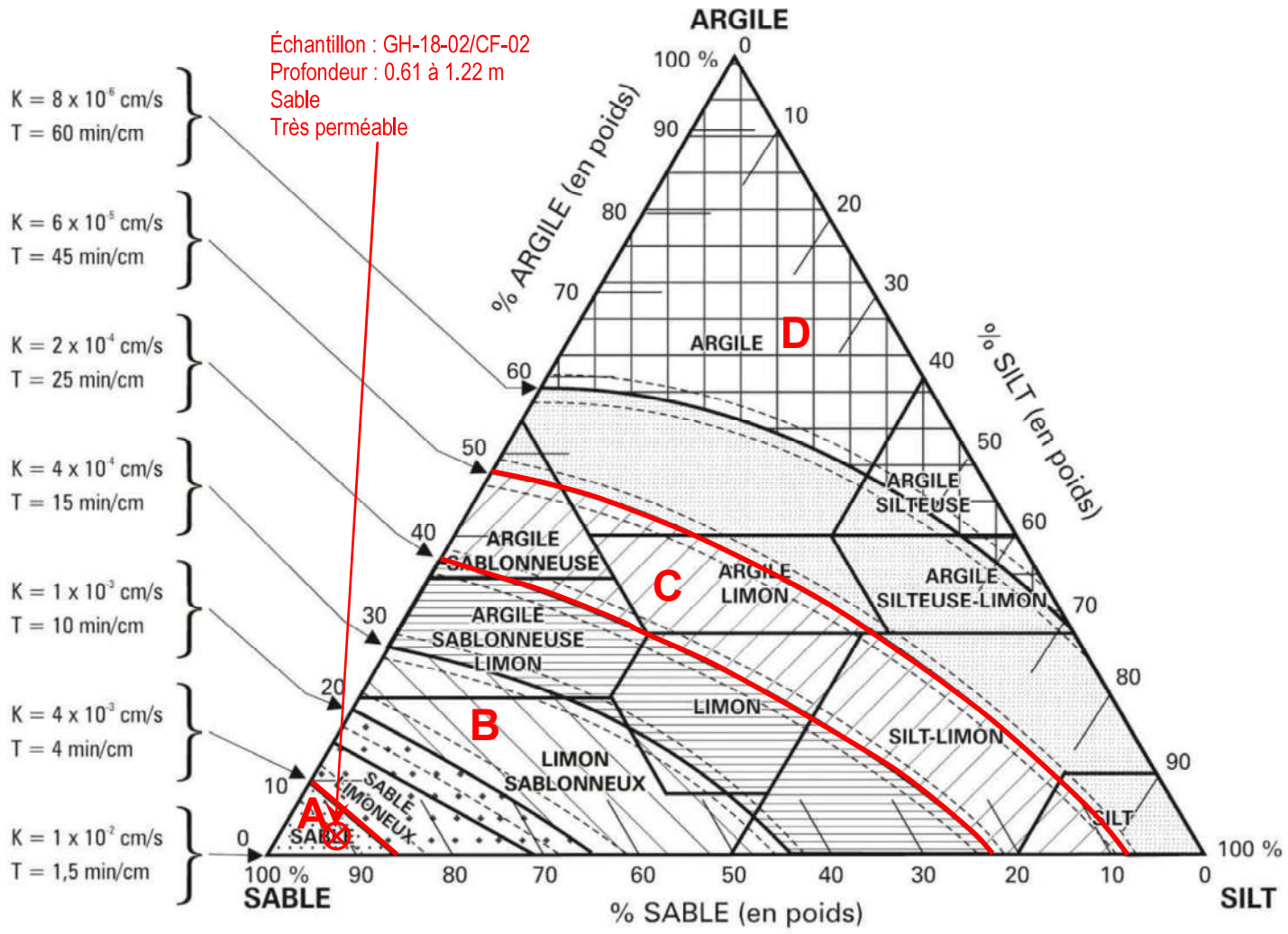
⊗ **Échantillon :** GH-18-02/CF-01
Gravier : 5.0%
Sable : 82.8%
Silt : 6.6%
Argile : 5.6%

Perméabilité: 4 x 10^{-3} cm/s > K > 1 x 10^{-3} cm/s
Temps de percolation : 4 < T < 10 min/cm

Titre : DIAGRAMME DE PERMÉABILITÉ	**Client :** Métanor	**N/D :** HY18-010-2	**Date :** 26 juillet 2018
Lieu : Mine Bachelor, 200, chemin de la Mine, Desmaraisville, Qc, J0Y 1H0			
Projet : Étude géotechnique et hydrogéologique au parc à résidus	**Préparé par :** Mathieu Dufour, ing. junior		

Groupe RDConsultants

CORRÉLATION ENTRE LA TEXTURE DU SOL ET LA PERMÉABILITÉ



Source : *tiré du Guide pour l'étude des technologies conventionnelles du traitement des eaux usées d'origine domestique du MDDELCC, édition février 2001 à février 2017*

1 : Pour chaque 10 % (en poids) de contenu en gravier et cailloux de l'échantillon, on doit ajouter un équivalent en poids de sable de 1 %.

2 : Le trait continu entre chaque classe de conductivité hydraulique relative (en termes de « K » et de « T »), représente une valeur moyenne approximative pour chacune des textures de sol représentées. Les traits pointillés indiquent un écart moyen en raison des caractéristiques fondamentales de l'échantillon analysé (structure, densité, etc.).

3 : Se déplacer d'un équivalent de 15 % d'augmentation de contenu en argile pour les sols compacts (limon ou sols plus fins ayant une densité relative supérieure à 1,5 ou sable ayant une densité relative supérieure à 1,7).

A : Zone très perméable
B : Zone perméable
C : Zone peu perméable
D : Zone imperméable

SABLE : Particules dont le diamètre est compris entre 0,05 mm et 2 mm

SILT : Particules dont le diamètre est compris entre 0,05 mm et 0,002 mm

ARGILE : Particules dont le diamètre est inférieur à 0,002mm

% (en poids)

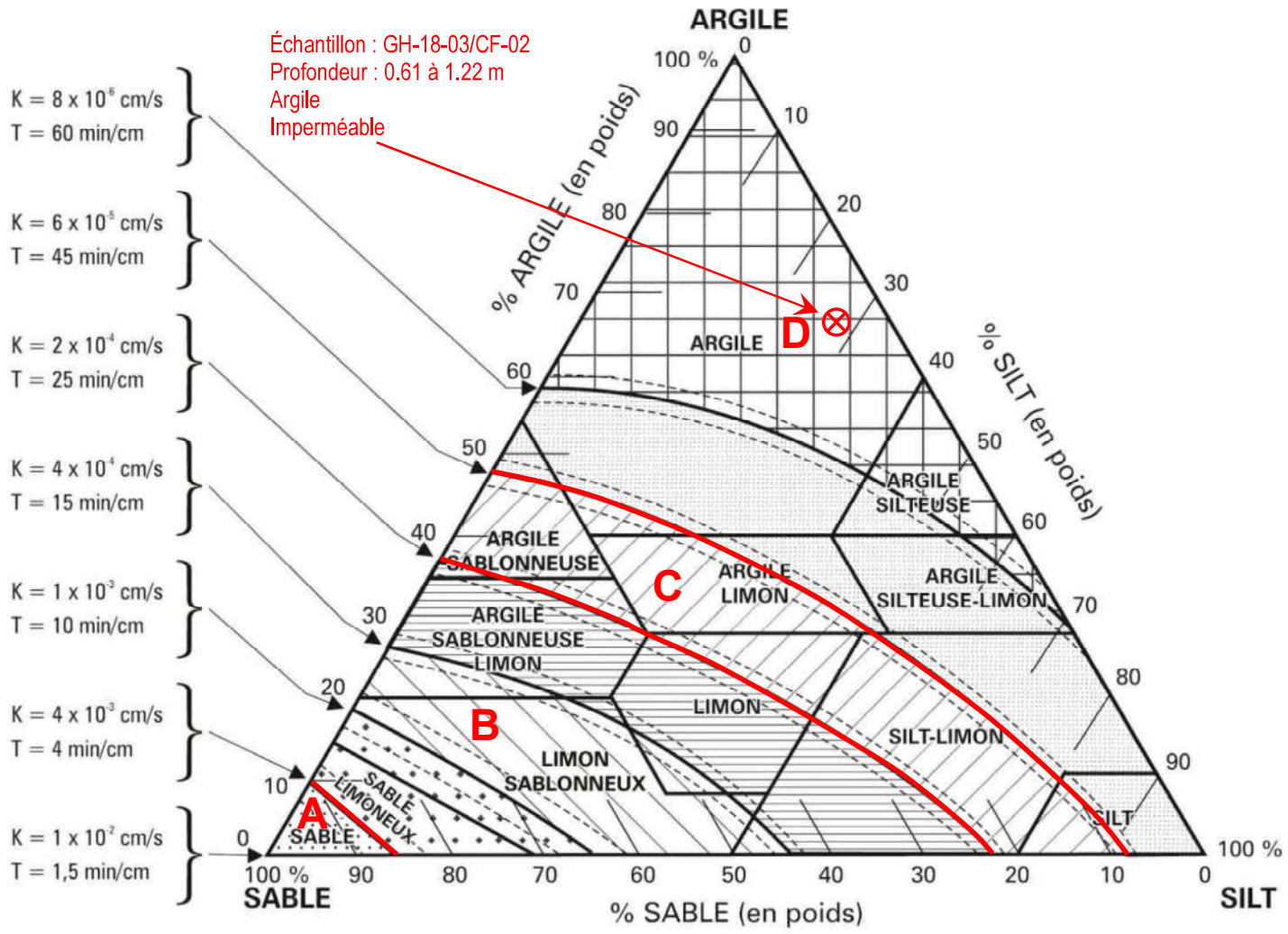
⊗ **Échantillon :** GH-18-02/CF-02
Gravier : 12.0%
Sable : 78.8%
Silt : 4.4%
Argile : 4.8%

Perméabilité: $1 \times 10^{-2} > K > 4 \times 10^{-3}$ cm/s
Temps de percolation : 1,5 < T < 4 min/cm

Titre : DIAGRAMME DE PERMÉABILITÉ	**Client :** Métanor	**N/D :** HY18-010-2	**Date :** 26 juillet 2018
Lieu : Mine Bachelor, 200, chemin de la Mine, Desmaraisville, Qc, J0Y 1H0			
Projet : Étude géotechnique et hydrogéologique au parc à résidus	**Préparé par :** Mathieu Dufour, ing. junior		

Groupe RDConsultants

CORRÉLATION ENTRE LA TEXTURE DU SOL ET LA PERMÉABILITÉ



Source : *tiré du Guide pour l'étude des technologies conventionnelles du traitement des eaux usées d'origine domestique du MDDELCC, édition février 2001 à février 2017*

1 : Pour chaque 10 % (en poids) de contenu en gravier et cailloux de l'échantillon, on doit ajouter un équivalent en poids de sable de 1 %.

2 : Le trait continu entre chaque classe de conductivité hydraulique relative (en termes de « K » et de « T »), représente une valeur moyenne approximative pour chacune des textures de sol représentées. Les traits pointillés indiquent un écart moyen en raison des caractéristiques fondamentales de l'échantillon analysé (structure, densité, etc.).

3 : Se déplacer d'un équivalent de 15 % d'augmentation de contenu en argile pour les sols compacts (limon ou sols plus fins ayant une densité relative supérieure à 1,5 ou sable ayant une densité relative supérieure à 1,7).

A : Zone très perméable
B : Zone perméable
C : Zone peu perméable
D : Zone imperméable

SABLE : Particules dont le diamètre est compris entre 0,05 mm et 2 mm

SILT : Particules dont le diamètre est compris entre 0,05 mm et 0,002 mm

ARGILE : Particules dont le diamètre est inférieur à 0,002mm

% (en poids)

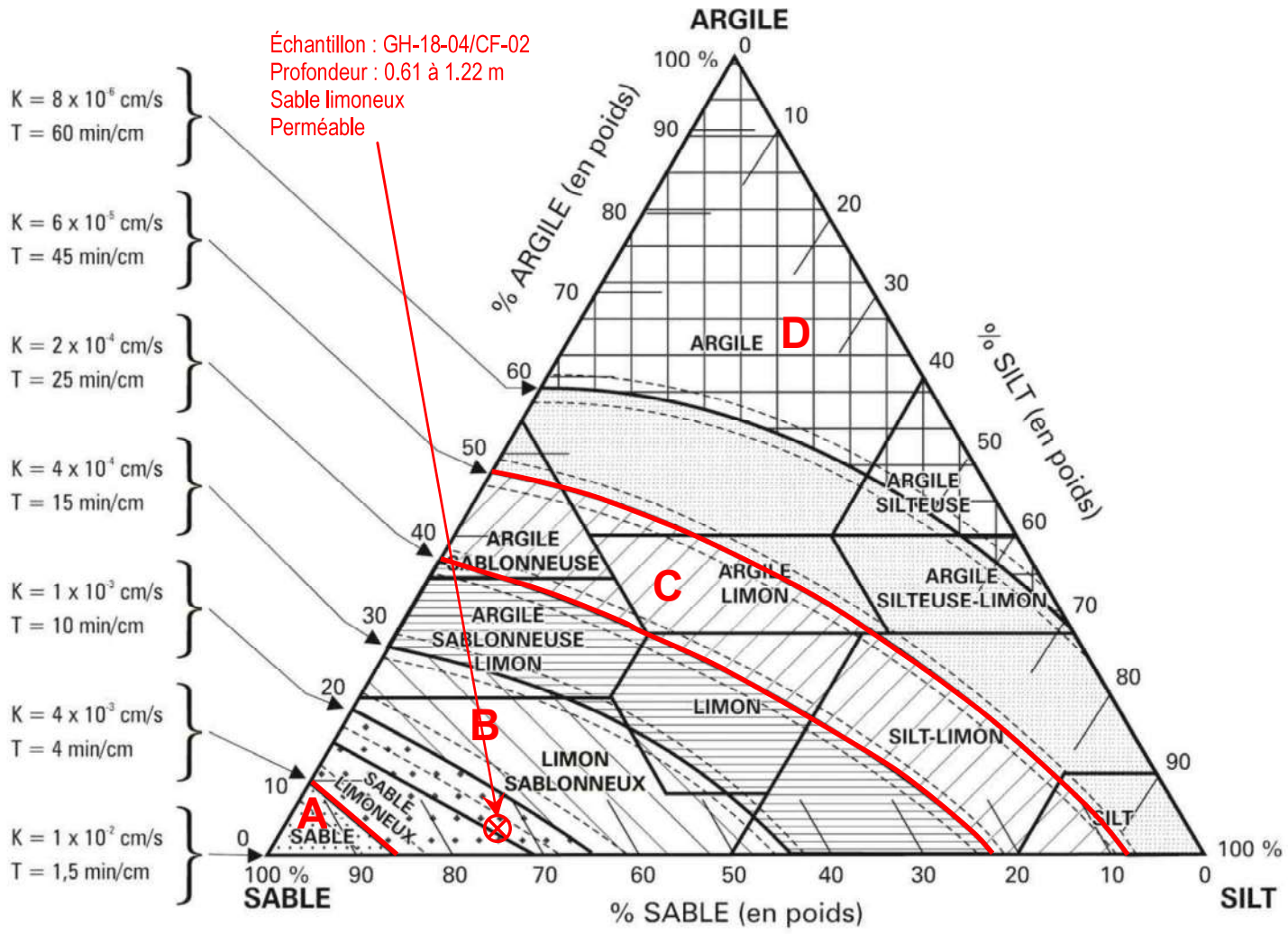
⊗ **Échantillon :** GH-18-03/CF-02
Gravier : 0.0%
Sable : 5.7%
Silt : 28.7%
Argile : 65.6%

Perméabilité: 8 x 10^{-6} cm/s > K
Temps de percolation : 60 min/cm < T

Titre : DIAGRAMME DE PERMÉABILITÉ	**Client :** Métanor	**N/D :** HY18-010-2	**Date :** 26 juillet 2018
Lieu : Mine Bachelor, 200, chemin de la Mine, Desmaraisville, Qc, J0Y 1H0			
Projet : Étude géotechnique et hydrogéologique au parc à résidus	**Préparé par :** Mathieu Dufour, ing. junior		

Groupe RDConsultants

CORRÉLATION ENTRE LA TEXTURE DU SOL ET LA PERMÉABILITÉ



Source : *tiré du Guide pour l'étude des technologies conventionnelles du traitement des eaux usées d'origine domestique du MDDELCC, édition février 2001 à février 2017*

1 : Pour chaque 10 % (en poids) de contenu en gravier et cailloux de l'échantillon, on doit ajouter un équivalent en poids de sable de 1 %.

2 : Le trait continu entre chaque classe de conductivité hydraulique relative (en termes de « K » et de « T »), représente une valeur moyenne approximative pour chacune des textures de sol représentées. Les traits pointillés indiquent un écart moyen en raison des caractéristiques fondamentales de l'échantillon analysé (structure, densité, etc.).

3 : Se déplacer d'un équivalent de 15 % d'augmentation de contenu en argile pour les sols compacts (limon ou sols plus fins ayant une densité relative supérieure à 1,5 ou sable ayant une densité relative supérieure à 1,7).

A : Zone très perméable
B : Zone perméable
C : Zone peu perméable
D : Zone imperméable

SABLE : Particules dont le diamètre est compris entre 0,05 mm et 2 mm

SILT : Particules dont le diamètre est compris entre 0,05 mm et 0,002 mm

ARGILE : Particules dont le diamètre est inférieur à 0,002mm

% (en poids)

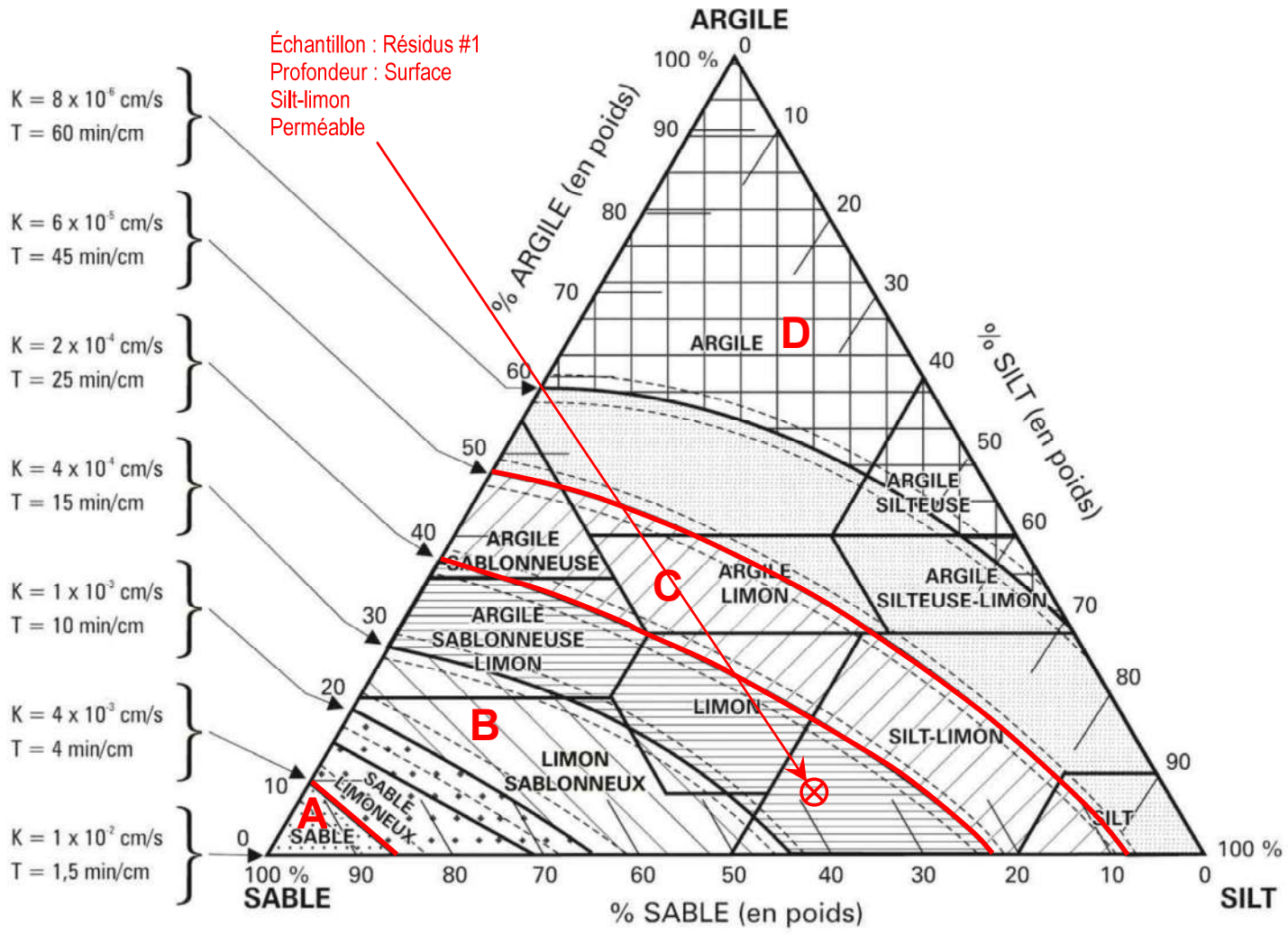
⊗ **Échantillon :** GH-18-04/CF-02
Gravier : 18.0%
Sable : 55.0%
Silt : 22.8%
Argile : 4.2%

Perméabilité: $4 \times 10^{-3} > K > 1 \times 10^{-4}$ cm/s
Temps de percolation : $4 < T < 10$ min/cm

Titre : DIAGRAMME DE PERMÉABILITÉ	**Client :** Métanor	**N/D :** HY18-010-2	**Date :** 26 juillet 2018
Lieu : Mine Bachelor, 200, chemin de la Mine, Desmaraisville, Qc, J0Y 1H0			
Projet : Étude géotechnique et hydrogéologique au parc à résidus	**Préparé par :** Mathieu Dufour, ing. junior		

Groupe RDConsultants

CORRÉLATION ENTRE LA TEXTURE DU SOL ET LA PERMÉABILITÉ



Source : *tiré du Guide pour l'étude des technologies conventionnelles du traitement des eaux usées d'origine domestique du MDDELCC, édition février 2001 à février 2017*

1 : Pour chaque 10 % (en poids) de contenu en gravier et cailloux de l'échantillon, on doit ajouter un équivalent en poids de sable de 1 %.

2 : Le trait continu entre chaque classe de conductivité hydraulique relative (en termes de « K » et de « T »), représente une valeur moyenne approximative pour chacune des textures de sol représentées. Les traits pointillés indiquent un écart moyen en raison des caractéristiques fondamentales de l'échantillon analysé (structure, densité, etc.).

3 : Se déplacer d'un équivalent de 15 % d'augmentation de contenu en argile pour les sols compacts (limon ou sols plus fins ayant une densité relative supérieure à 1,5 ou sable ayant une densité relative supérieure à 1,7).

A : Zone très perméable
B : Zone perméable
C : Zone peu perméable
D : Zone imperméable

SABLE : Particules dont le diamètre est compris entre 0,05 mm et 2 mm

SILT : Particules dont le diamètre est compris entre 0,05 mm et 0,002 mm

ARGILE : Particules dont le diamètre est inférieur à 0,002mm

% (en poids)

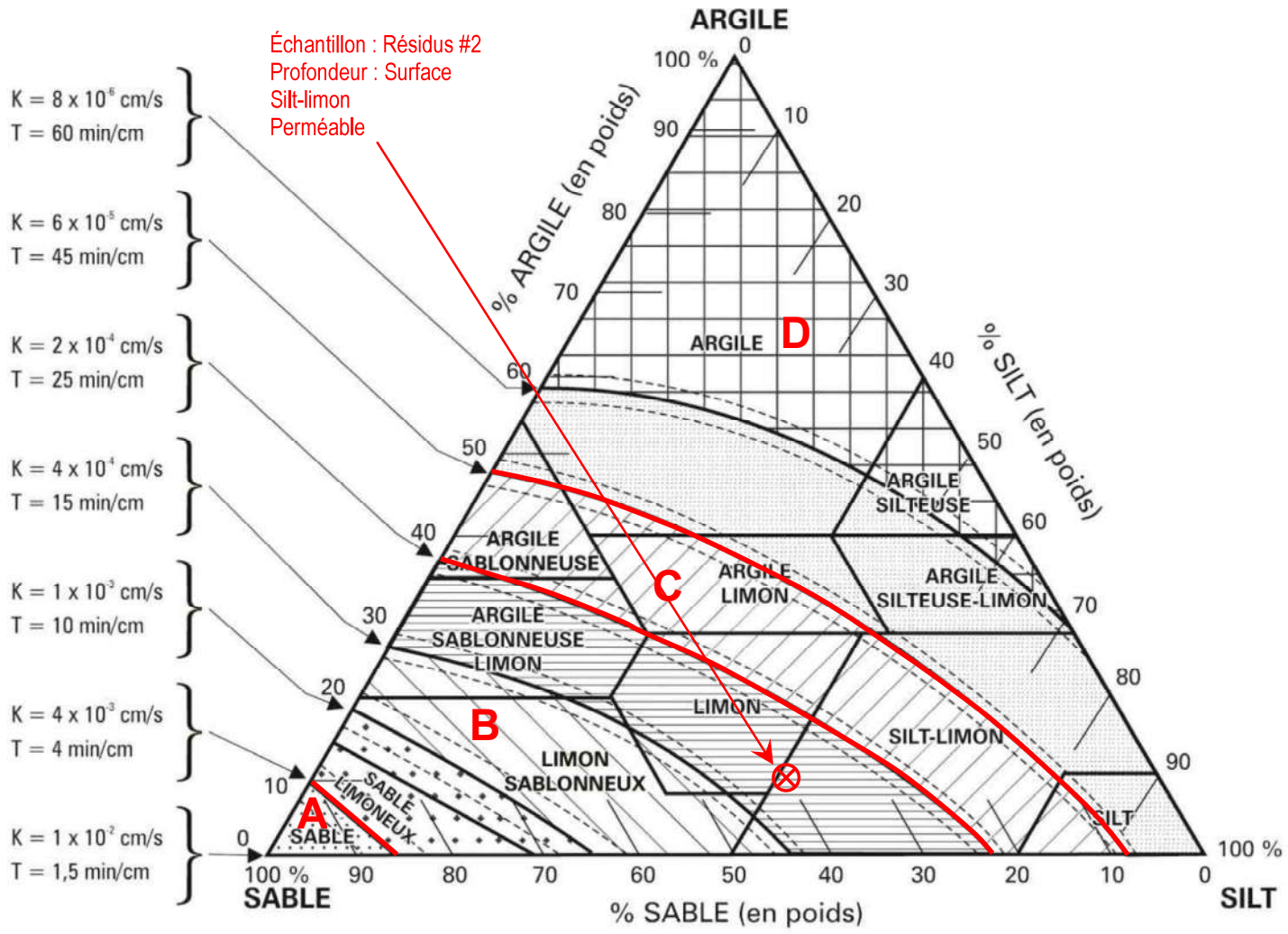
⊗ **Échantillon :** Résidus #1
Gravier : 1.0%
Sable : 37.4%
Silt : 52.5%
Argile : 9.1%

Perméabilité: $4 \times 10^{-4} > K > 2 \times 10^{-4}$ cm/s
Temps de percolation : 15 < T < 25 min/cm

Titre : DIAGRAMME DE PERMÉABILITÉ	**Client :** Métanor	**N/D :** HY18-010-2	**Date :** 26 juillet 2018
Lieu : Mine Bachelor, 200, chemin de la Mine, Desmaraisville, Qc, J0Y 1H0			
Projet : Étude géotechnique et hydrogéologique au parc à résidus	**Préparé par :** Mathieu Dufour, ing. junior		

Groupe RDConsultants

CORRÉLATION ENTRE LA TEXTURE DU SOL ET LA PERMÉABILITÉ



Source : *tiré du Guide pour l'étude des technologies conventionnelles du traitement des eaux usées d'origine domestique du MDDELCC, édition février 2001 à février 2017*

1 : Pour chaque 10 % (en poids) de contenu en gravier et cailloux de l'échantillon, on doit ajouter un équivalent en poids de sable de 1 %.

2 : Le trait continu entre chaque classe de conductivité hydraulique relative (en termes de « K » et de « T »), représente une valeur moyenne approximative pour chacune des textures de sol représentées. Les traits pointillés indiquent un écart moyen en raison des caractéristiques fondamentales de l'échantillon analysé (structure, densité, etc.).

3 : Se déplacer d'un équivalent de 15 % d'augmentation de contenu en argile pour les sols compacts (limon ou sols plus fins ayant une densité relative supérieure à 1,5 ou sable ayant une densité relative supérieure à 1,7).

A : Zone très perméable
B : Zone perméable
C : Zone peu perméable
D : Zone imperméable

SABLE : Particules dont le diamètre est compris entre 0,05 mm et 2 mm

SILT : Particules dont le diamètre est compris entre 0,05 mm et 0,002 mm

ARGILE : Particules dont le diamètre est inférieur à 0,002mm

% (en poids)

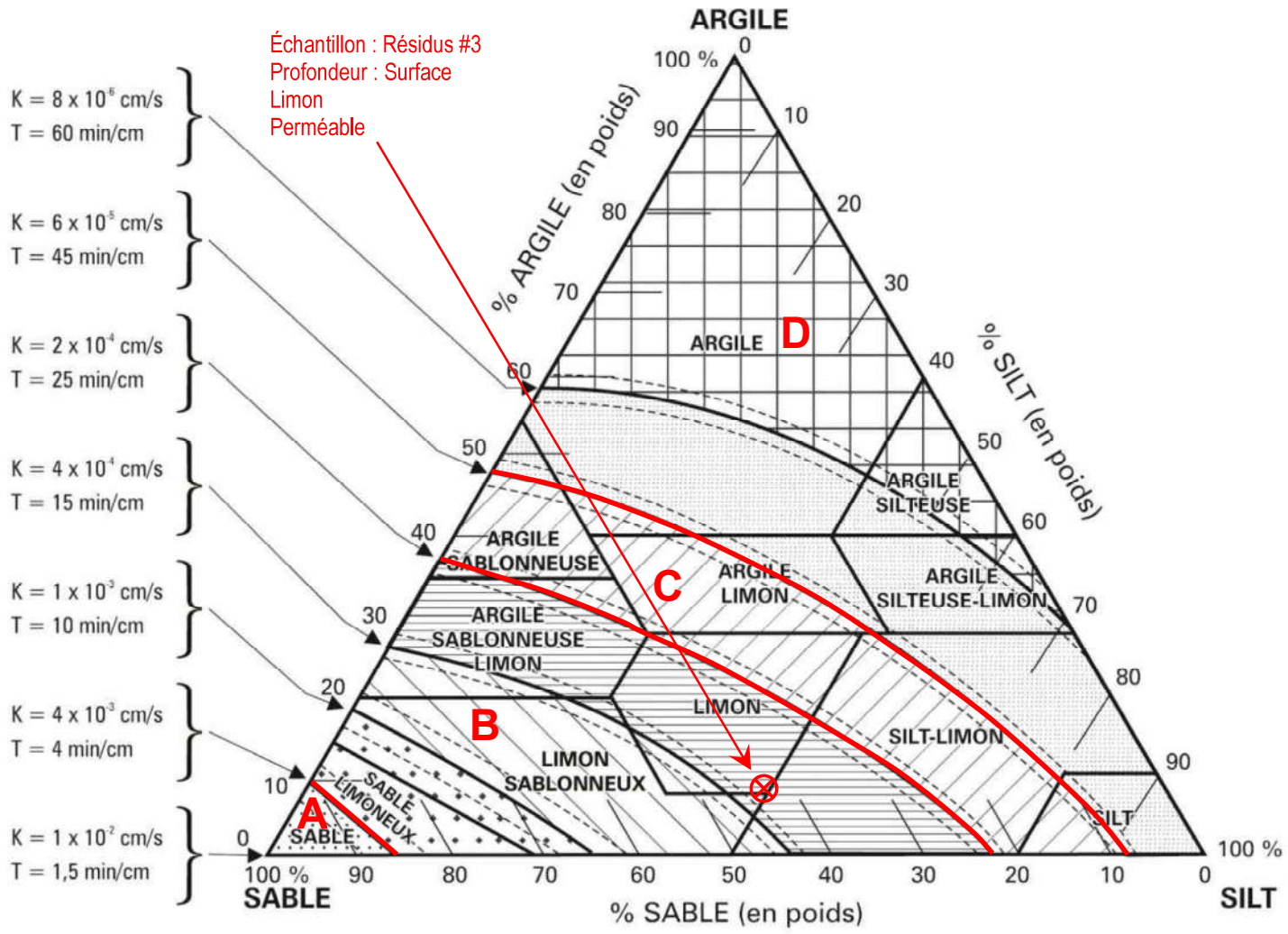
⊗ **Échantillon :** Résidus #2
Gravier : 0.0%
Sable : 39.5%
Silt : 50.5%
Argile : 10.0%

Perméabilité: $4 \times 10^{-4} > K > 2 \times 10^{-4}$ cm/s
Temps de percolation : 15 < T < 25 min/cm

Titre : DIAGRAMME DE PERMÉABILITÉ	**Client :** Métanor	**N/D :** HY18-010-2	**Date :** 26 juillet 2018
Lieu : Mine Bachelor, 200, chemin de la Mine, Desmaraisville, Qc, J0Y 1H0			
Projet : Étude géotechnique et hydrogéologique au parc à résidus	**Préparé par :** Mathieu Dufour, ing. junior		

Groupe RDConsultants

CORRÉLATION ENTRE LA TEXTURE DU SOL ET LA PERMÉABILITÉ



Source : *tiré du Guide pour l'étude des technologies conventionnelles du traitement des eaux usées d'origine domestique du MDDELCC, édition février 2001 à février 2017*

1 : Pour chaque 10 % (en poids) de contenu en gravier et cailloux de l'échantillon, on doit ajouter un équivalent en poids de sable de 1 %.

2 : Le trait continu entre chaque classe de conductivité hydraulique relative (en termes de « K » et de « T »), représente une valeur moyenne approximative pour chacune des textures de sol représentées. Les traits pointillés indiquent un écart moyen en raison des caractéristiques fondamentales de l'échantillon analysé (structure, densité, etc.).

3 : Se déplacer d'un équivalent de 15 % d'augmentation de contenu en argile pour les sols compacts (limon ou sols plus fins ayant une densité relative supérieure à 1,5 ou sable ayant une densité relative supérieure à 1,7).

A : Zone très perméable
B : Zone perméable
C : Zone peu perméable
D : Zone imperméable

SABLE : Particules dont le diamètre est compris entre 0,05 mm et 2 mm

SILT : Particules dont le diamètre est compris entre 0,05 mm et 0,002 mm

ARGILE : Particules dont le diamètre est inférieur à 0,002mm

% (en poids)

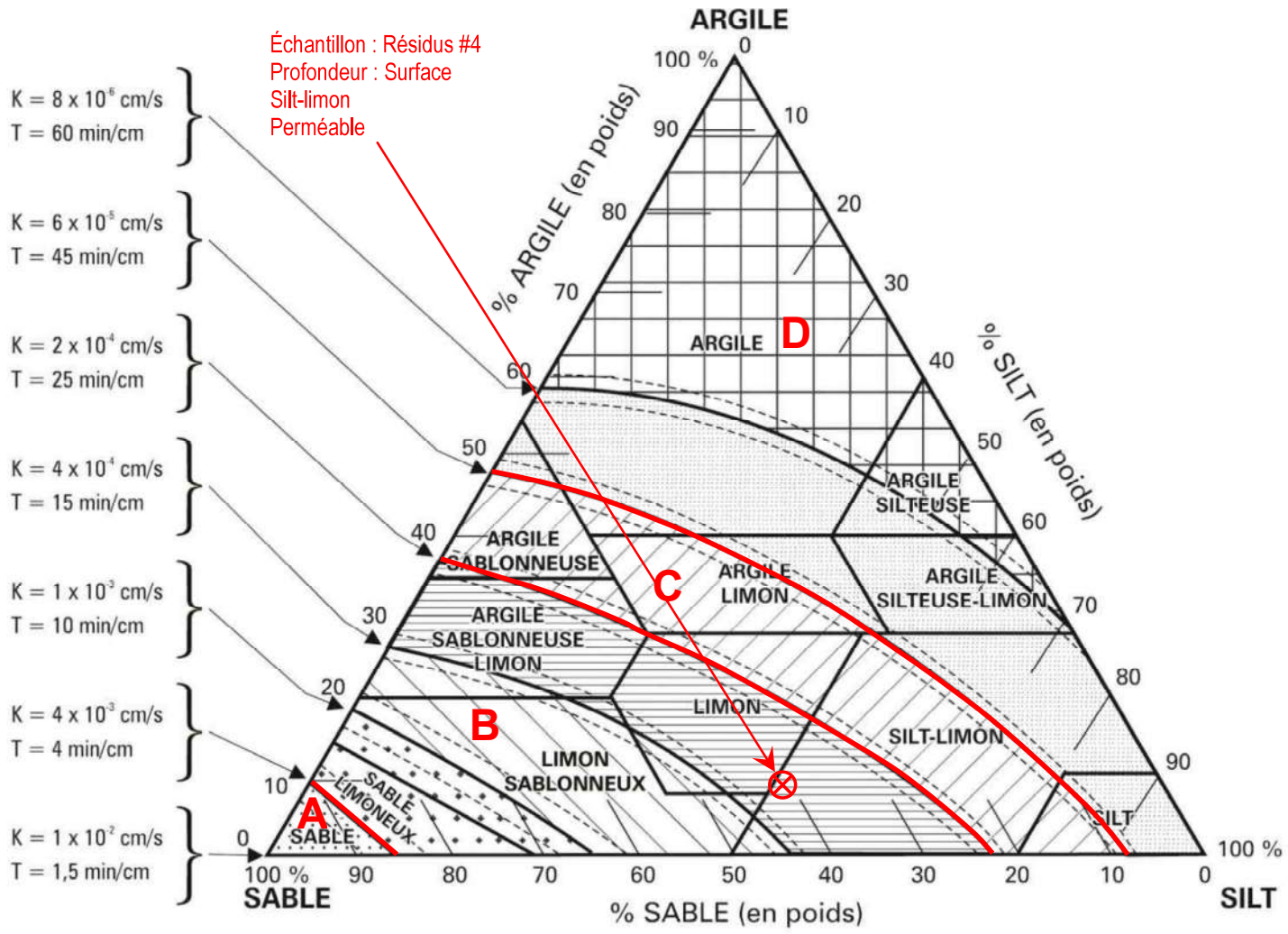
⊗ **Échantillon :** Résidus #3
Gravier : 0.0%
Sable : 41.6%
Silt : 49.1%
Argile : 9.3%

Perméabilité: $4 \times 10^{-4} > K > 2 \times 10^{-4}$ cm/s
Temps de percolation : 15 < T < 25 min/cm

Titre : DIAGRAMME DE PERMÉABILITÉ	**Client :** Métanor	**N/D :** HY18-010-2	**Date :** 26 juillet 2018
Lieu : Mine Bachelor, 200, chemin de la Mine, Desmaraisville, Qc, J0Y 1H0			
Projet : Étude géotechnique et hydrogéologique au parc à résidus	**Préparé par :** Mathieu Dufour, ing. junior		

Groupe RDConsultants

CORRÉLATION ENTRE LA TEXTURE DU SOL ET LA PERMÉABILITÉ



Source : *tiré du Guide pour l'étude des technologies conventionnelles du traitement des eaux usées d'origine domestique du MDDELCC, édition février 2001 à février 2017*

1 : Pour chaque 10 % (en poids) de contenu en gravier et cailloux de l'échantillon, on doit ajouter un équivalent en poids de sable de 1 %.

2 : Le trait continu entre chaque classe de conductivité hydraulique relative (en termes de « K » et de « T »), représente une valeur moyenne approximative pour chacune des textures de sol représentées. Les traits pointillés indiquent un écart moyen en raison des caractéristiques fondamentales de l'échantillon analysé (structure, densité, etc.).

3 : Se déplacer d'un équivalent de 15 % d'augmentation de contenu en argile pour les sols compacts (limon ou sols plus fins ayant une densité relative supérieure à 1,5 ou sable ayant une densité relative supérieure à 1,7).

A : Zone très perméable
B : Zone perméable
C : Zone peu perméable
D : Zone imperméable

SABLE : Particules dont le diamètre est compris entre 0,05 mm et 2 mm

SILT : Particules dont le diamètre est compris entre 0,05 mm et 0,002 mm

ARGILE : Particules dont le diamètre est inférieur à 0,002mm

% (en poids)

⊗ **Échantillon :** Résidus #4
Gravier : 0.0%
Sable : 40.1%
Silt : 50.1%
Argile : 9.8%

Perméabilité: $4 \times 10^{-4} > K > 2 \times 10^{-4}$ cm/s
Temps de percolation : 15 < T < 25 min/cm

Titre : DIAGRAMME DE PERMÉABILITÉ	**Client :** Métanor	**N/D :** HY18-010-2	**Date :** 26 juillet 2018
Lieu : Mine Bachelor, 200, chemin de la Mine, Desmaraisville, Qc, J0Y 1H0			
Projet : Étude géotechnique et hydrogéologique au parc à résidus	**Préparé par :** Mathieu Dufour, ing. junior		

Groupe RDConsultants

ANNEXE 7 : RÉSULTATS DES ESSAIS RÉALISÉS SUR LES TUBES SHELBY

Rapport d'analyse(s) - sols et des granulats

Client:	**Qualilab Inspection inc**	**Projet No:**	**G-18-384**
		Échantillon No:	FG-18-03 TS1
Projet:	HY18-010-02	**Date de prélèvement:**	
		Prélevé par:	Client
Type de matériau:	Argile très raide, peu sensible, grande plasticité (CH).	**Localisation du prélèvement:**	5.57 - 5.75 m
Provenance:			
Usage proposé:			

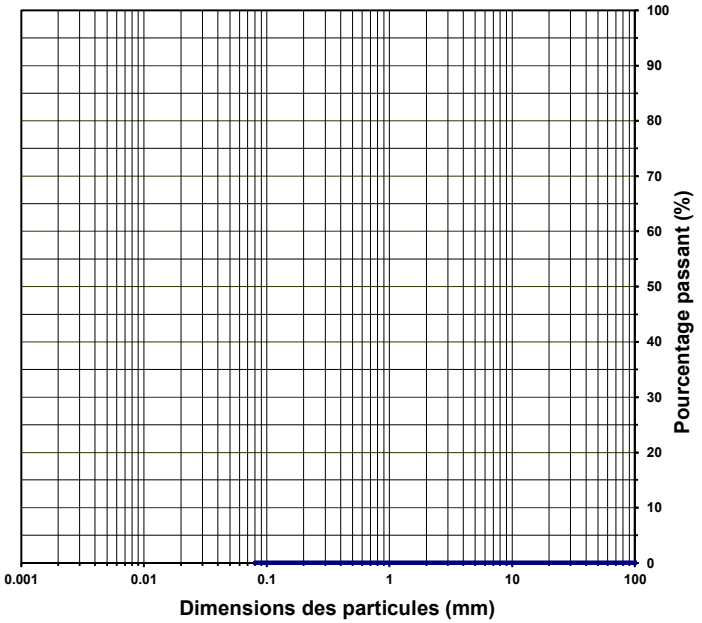
Granulométrie (% passant) (LC 21-040)

Tamis		112 mm	80 mm	56 mm	40 mm	31.5 mm	28 mm	20 mm	14 mm	10 mm	5 mm	2.5 mm	1.25 mm	630 µm	315 µm	160 µm	80 µm
Résultats cumulatifs																	
Exigences	**min.**																
	max.																

Autres essais	Résultats	Exigences min.	Exigences max.
Masse volumique de sols cohérents (g/cm^3)	1.83		
Densité relative (NQ 2501-070)	2.722		
Teneur en eau (NQ 2501-170) (%)	31		
Résist. au cisaillement intact (NQ 2501-110) (KPa)	137.8		
Résist. au cisaillemnent remanié (NQ 2501-110) (KPa)	71.9		
Sensibilité (Cu/Cur)	1.9		
Limite de liquidité (NQ 2501-092)	54		
Limite de plasticité (NQ 2501-092)	25		
Indice de plasticité (NQ 2501-092)	29		

Essai Proctor (NQ 2501-255, méthode)	Résultats
Masse volumique sèche maximale	(kg/m^3)
Humidité optimale	(%)

Courbe granulométrique



0	0	0

Remarques:

Préparé par: Andrée Anne Hinse, B.Sc.géologie

Vérifié par: Mark Gamboz, B.Sc.géologie Date: 2018-06-27

GHD Consultants Ltée. 4600 boul. de la Côte-Vertu Montréal Qc H4S 1C7

Rapport d'analyse(s) - sols et des granulats

Client:	**Qualilab Inspection inc**	**Projet No:**	**G-18-384**
		Échantillon No:	FG-18-05 TS1
Projet:	HY18-010-02	**Date de prélèvement:**	
		Prélevé par:	Client
Type de matériau:	Argile ferme, moyennement sensible, moyenne plasticité (CL).	**Localisation du prélèvement:**	3.19 - 3.38 m
Provenance:			
Usage proposé:			

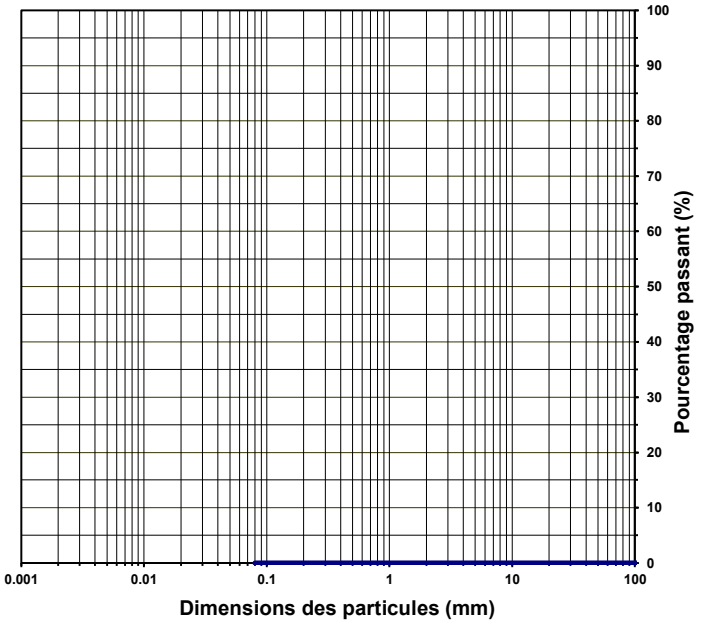
Granulométrie (% passant) (LC 21-040)

Tamis		112 mm	80 mm	56 mm	40 mm	31.5 mm	28 mm	20 mm	14 mm	10 mm	5 mm	2.5 mm	1.25 mm	630 µm	315 µm	160 µm	80 µm
Résultats cumulatifs																	
Exigences	**min.**																
	max.																

Autres essais	Résultats	Exigences min.	Exigences max.
Masse volumique de sols cohérents (g/cm^3)	1.78		
Densité relative (NQ 2501-070)	2.738		
Teneur en eau (NQ 2501-170) (%)	41		
Résist. au cisaillement intact (NQ 2501-110) (KPa)	30.9		
Résist. au cisaillemnent remanié (NQ 2501-110) (KPa)	1.2		
Sensibilité (Cu/Cur)	26.3		
Limite de liquidité (NQ 2501-092)	36		
Limite de plasticité (NQ 2501-092)	19		
Indice de plasticité (NQ 2501-092)	17		

Essai Proctor (NQ 2501-255, méthode)	Résultats
Masse volumique sèche maximale	(kg/m^3)
Humidité optimale	(%)

Courbe granulométrique



0	0	0

Remarques:

Préparé par: Andrée Anne Hinse, B.Sc.géologie

Vérifié par: Mark Gamboz, B.Sc.géologie Date: 2018-06-27

GHD Consultants Ltée. 4600 boul. de la Côte-Vertu Montréal Qc H4S 1C7

Essai de Consolidation
ASTM D-2435
Feuille 1 de 2

Client: Qualilab Inspection inc — No Labo: 2018-S163
Projet: HY18-010-02 — Projet No: G-18-384

Forage No: FG-18-03 — Échantillon No: TS-01 — Profondeur: 5.46-5.57 m
Description du matériau : Argile de grande plasticité (CH) très raide, peu sensible

Appareils de mesure utilisés:

Étuve No: B23-4453
Vernier No: 0 0 0 8160 — Balance No: 18409 — Oedomètre No: ID 65

Teneur en eau

	Témoin	Initiale	Finale	Lavage
W_T + T (g)	196.8	131.51	181.92	
W_S + T (g)	158.28		147.48	299.7
W_W (g)	38.52	35.63	34.44	
T (g)	51.95		52.17	299.2
W_S (g)	106.33	95.88	95.31	0.5
w (%)	0.362	0.372	0.361	

H_1: Hauteur de sol initiale (mm): 25.62
H_s: (Hauteur de sol sec x M_l x 1000)/(Dr x aire) (mm): 11.112
$H_1 - H_s$: Hauteur initiale des vides (mm): 14.508
e_o: Indice des vides initiale = $(H_1 - H_s)/H_s$: 1.3056
Sr: degré de saturation initial (W x Dr)/e (%): 77.47

(Note: 1000 est un facteur de conversion d'unités)

Diamètre: 63.53 (mm)

Hauteur (H_1) — Initiale
sol + papier + pierres (mm): 39.1
papier + pierres (mm): 13.48
sol (mm): 25.62

Masse humide (M) — Initiale
sol + anneau (g): 242.22
anneau (g): 110.71
sol (g): 131.51
papier (g): 0.07

Dr = 2.722 ☐ mesurée ☒ estimée

Masse sèche (M_l) = 95.88 (g)

Taux de chargement (dP/P): ☐ 1 ☒ 0.5

Pression (kPa)	Lecture (mm)	Correction	Changement d'hauteur	Changement des vides (e)	e
0.001	0		-	-	1.3056
16.1	0.2195		0.22	0.0198	1.2859
24.2	0.2643		0.26	0.0238	1.2818
36.3	0.3688		0.37	0.0332	1.2724
54.4	0.5516		0.55	0.0496	1.2560
81.7	0.7668		0.77	0.0690	1.2366
123	1.108		1.11	0.0997	1.2059
184	1.646		1.65	0.1481	1.1575
276	2.252		2.25	0.2027	1.1029
414	2.879		2.88	0.2591	1.0465
620	3.543		3.54	0.3188	0.9868
930	4.179		4.18	0.3761	0.9295
1400	4.772		4.77	0.4294	0.8762
414	4.579		4.58	0.4121	0.8935
16.1	3.658		3.66	0.3292	0.9764

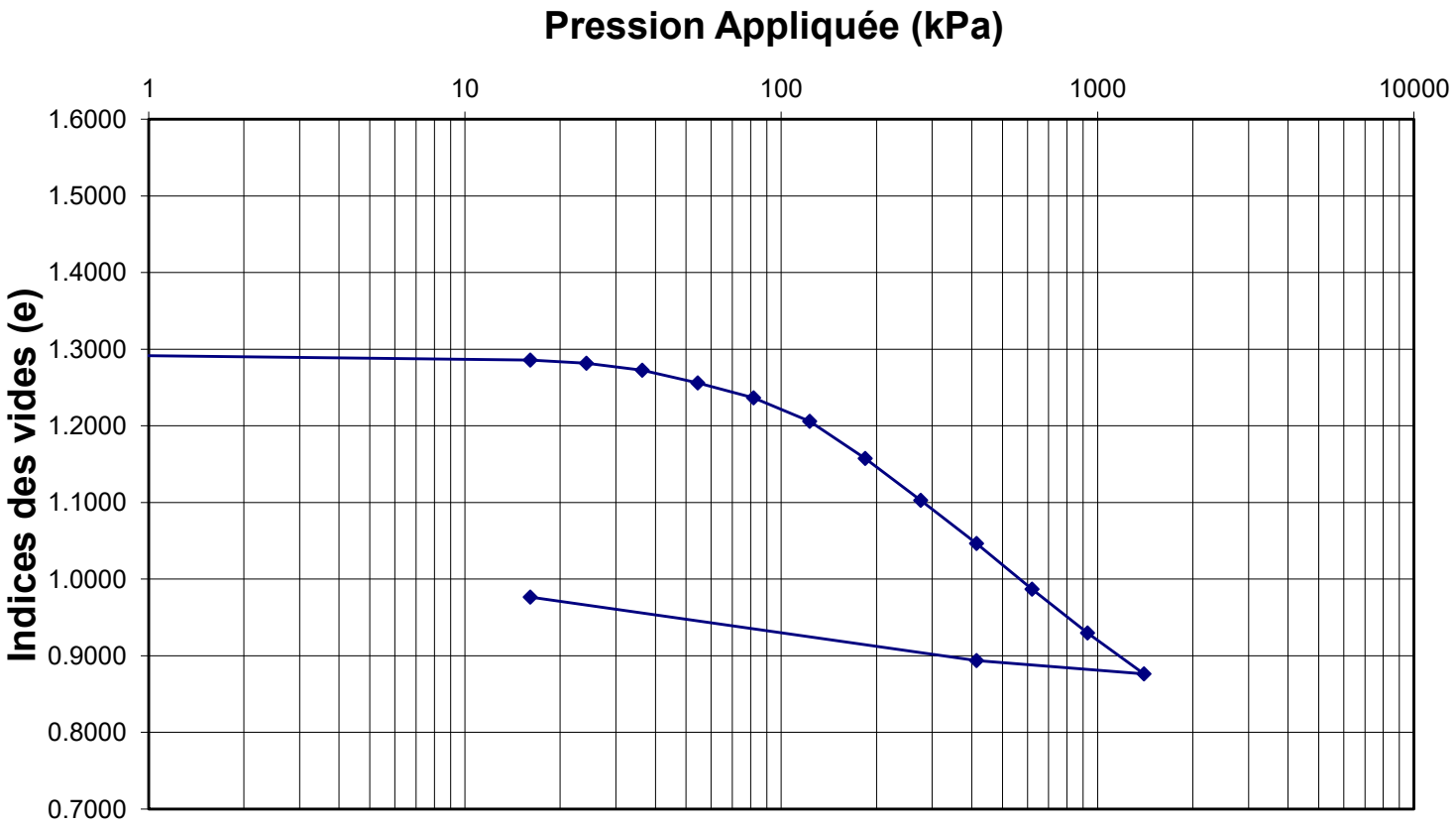
Remarques:

Effectué par: A. Azizi — Date: 6/29/2018
Vérifié par: A.A.Hinse — Date: 7/9/2018

Essai de Consolidation
ASTM D-2435
Feuille 2 de 2

Client: Qualilab Inspection inc — Lab No: 2018-S163
Projet: HY18-010-02 — Projet No: G-18-384

Forage No: FG-18-03 — Échantillon No: TS-01 — Profondeur: 5.46-5.57 m
Description du matériau: Argile de grande plasticité (CH) très raide, peu sensible



Paramètres de compressibilité

σ'_p Pression de préconsolidation (kPa):		e_o Indice des vides initial:	1.31
σ'_{vo} Contrainte effective verticale:		c_r :Indice de recompression:	
$\sigma'_p - \sigma'_{vo}$ Écart de surconsolidation:		c_c :Indice de compression:	
Rapport de surconsolidation ("OCR"):		c_s :Indice de gonflement	

Dimensions de l'échantillon: Diamètre (mm): 63.53
Hauteur (mm): 25.62

Teneur en eau (W) %
Initial: 37.2 Final: 36.1

Remarques:

Effectué par: A. Azizi — Date: 6/29/2018
Vérifié par: A.A.Hinse — Date: 7/9/2018

Essai de Consolidation
ASTM D-2435
Feuille 1 de 2

Client: Qualilab Inspection inc — No Labo: 2018-S163
Projet: HY18-010-02 — Projet No: G-18-384

Forage No: FG-18-05 — Échantillon No: TS-01 — Profondeur: 3.07-3.19 m
Description du matériau : Argile de moyenne de plasticité (CL) ferme, moyennement sensible

Appareils de mesure utilisés:

Étuve No: B23-4453
Vernier No: 0 0 0 8160 — Balance No: 18409 — Oedomètre No: ID 65

Teneur en eau

	Témoin	Initiale	Finale	Lavage
W_T + T (g)	277.99	137	172.62	
W_S + T (g)	209.37		141.38	299.34
W_W (g)	68.62	47.39	31.24	
T (g)	51.48		52.13	299.05
W_S (g)	157.89	89.61	89.25	0.29
w (%)	0.435	0.529	0.350	

H_1: Hauteur de sol initiale (mm): 25.55
H_s: (Hauteur de sol sec x M_l x 1000)/(Dr x aire) (mm): 10.325
$H_1 - H_s$: Hauteur initiale des vides (mm): 15.225
e_o: Indice des vides initiale = $(H_1 - H_s)/H_s$: 1.4747
Sr: degré de saturation initial (W x Dr)/e (%): 98.19

(Note: 1000 est un facteur de conversion d'unités)

Diamètre: 63.53 (mm)

Hauteur (H_1) — Initiale
sol + papier + pierres (mm): 39.02
papier + pierres (mm): 13.47
sol (mm): 25.55

Masse humide (M) — Initiale
sol + anneau (g): 247.71
anneau (g): 110.71
sol (g): 137
papier (g): 0.07

Dr = 2.738 ☐ mesurée ☒ estimée

Masse sèche (M_l): 89.61 (g)

Taux de chargement (dP/P): ☐ 1 ☒ 0.5

Pression (kPa)	Lecture (mm)	Correction	Changement d'hauteur	Changement des vides (e)	e
0.001	0		-	-	1.4747
16.1	0.1439		0.14	0.0139	1.4607
24.2	0.187		0.19	0.0181	1.4565
36.3	0.23		0.23	0.0223	1.4524
54.4	0.3399		0.34	0.0329	1.4417
81.7	0.3952		0.40	0.0383	1.4364
123	0.5428		0.54	0.0526	1.4221
184	0.9442		0.94	0.0915	1.3832
276	2.368		2.37	0.2294	1.2453
414	4.056		4.06	0.3928	1.0818
620	5.117		5.12	0.4956	0.9790
930	5.938		5.94	0.5751	0.8995
1400	6.719		6.72	0.6508	0.8239
414	6.733		6.73	0.6521	0.8225
16.1	5.96		5.96	0.5773	0.8974

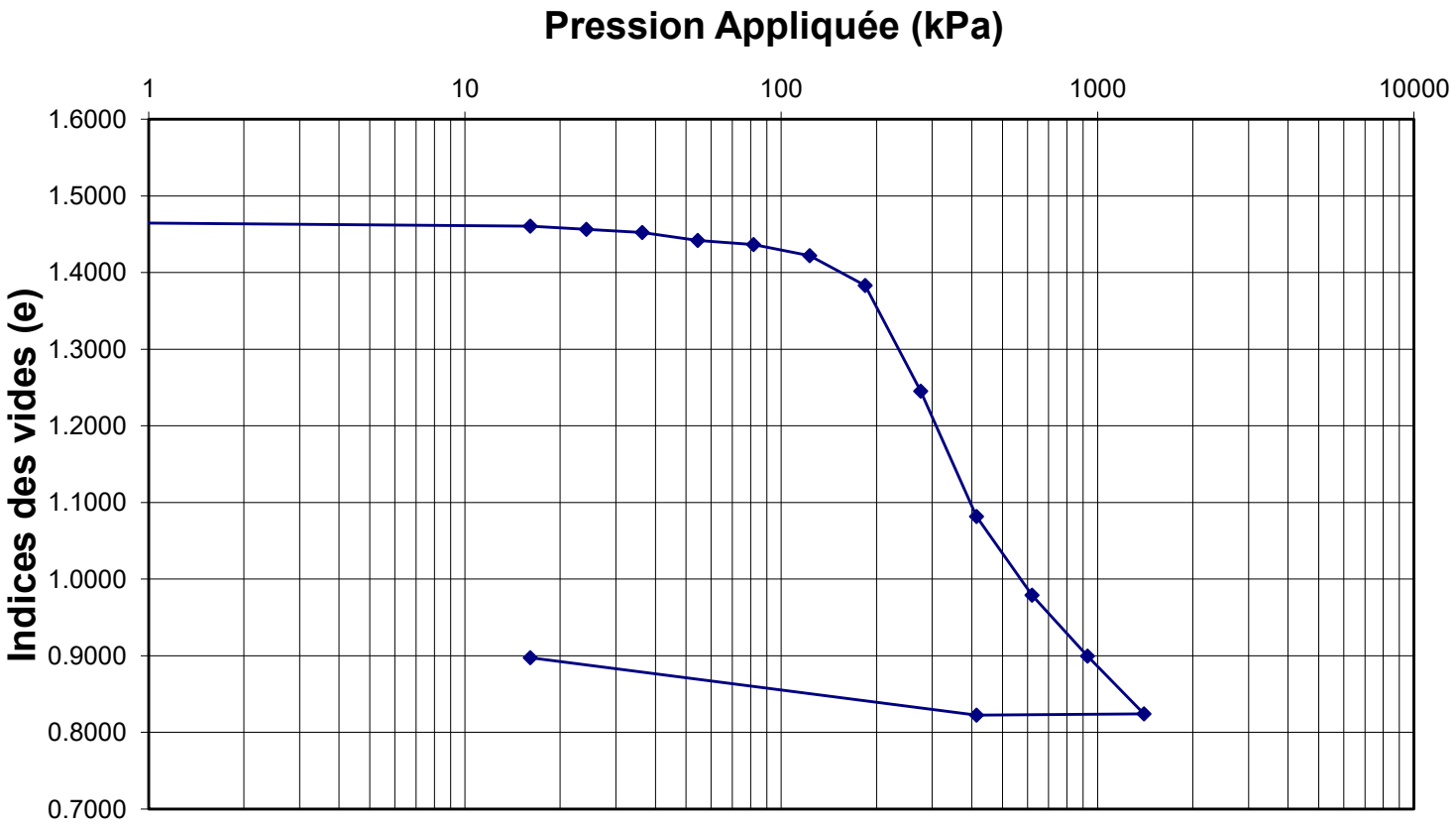
Remarques:

Effectué par: A. Azizi — Date: 7/3/2018
Vérifié par: A.A.Hinse — Date: 7/9/2018

Essai de Consolidation
ASTM D-2435
Feuille 2 de 2

Client: Qualilab Inspection inc — Lab No: 2018-S163
Projet: HY18-010-02 — Projet No: G-18-384

Forage No: FG-18-05 — Échantillon No: TS-01 — Profondeur: 3.07-3.19 m
Description du matériau: Argile de moyenne de plasticité (CL) ferme, moyennement sensible



Paramètres de compressibilité

σ'_p Pression de préconsolidation (kPa):		e_o Indice des vides initial:	1.4747
σ'_{vo} Contrainte effective verticale:		c_r :Indice de recompression:	
$\sigma'_p - \sigma'_{vo}$ Écart de surconsolidation:		c_c :Indice de compression:	
Rapport de surconsolidation ("OCR"):		c_s :Indice de gonflement	

Dimensions de l'échantillon: Diamètre (mm): 63.53
Hauteur (mm): 25.55

Teneur en eau (W) %
Initial: 52.9 Final: 35.0

Remarques:

Effectué par: A. Azizi — Date: 7/3/2018
Vérifié par: A.A.Hinse — Date: 7/9/2018

Rapport d'analyse(s) - sols et des granulats

Client:	**Qualilab Inspection inc**	**Projet No:**	**G-18-384**
		Échantillon No:	GH-18-03 TS1
Projet:	HY18-010-02	**Date de prélèvement:**	
		Prélevé par:	Client
Type de matériau:	Argile molle, moyennement sensible, moyenne plasticité (CL).	**Localisation du prélèvement:**	1.84 - 2.02 m
Provenance:			
Usage proposé:			

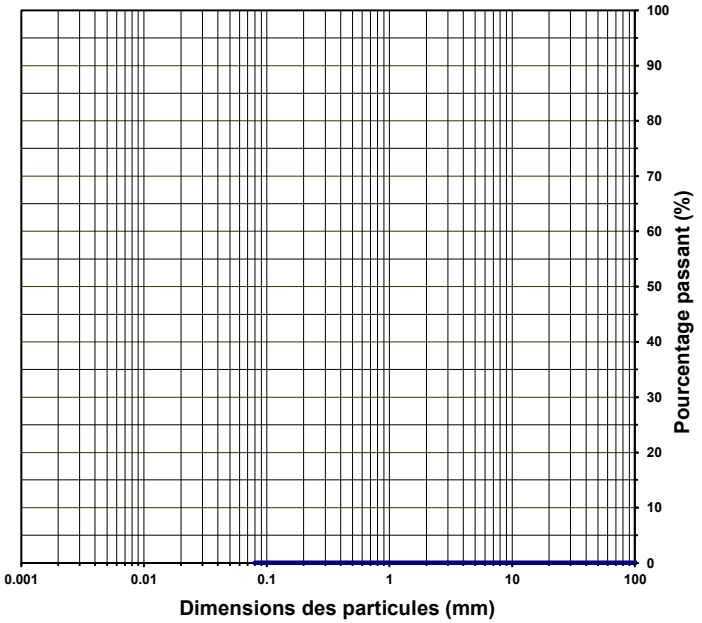
Granulométrie (% passant) (LC 21-040)

Tamis		112 mm	80 mm	56 mm	40 mm	31.5 mm	28 mm	20 mm	14 mm	10 mm	5 mm	2.5 mm	1.25 mm	630 µm	315 µm	160 µm	80 µm
Résultats cumulatifs																	
Exigences	**min.**																
	max.																

Autres essais	Résultats	Exigences min.	Exigences max.
Masse volumique de sols cohérents (g/cm^3)	1.67		
Densité relative (NQ 2501-070)	2.699		
Teneur en eau (NQ 2501-170) (%)	52		
Résist. au cisaillement intact (NQ 2501-110) (KPa)	13.9		
Résist. au cisaillemnent remanié (NQ 2501-110) (KPa)	0.7		
Sensibilité (Cu/Cur)	21.1		
Limite de liquidité (NQ 2501-092)	44		
Limite de plasticité (NQ 2501-092)	20		
Indice de plasticité (NQ 2501-092)	24		

Essai Proctor (NQ 2501-255, méthode)	Résultats
Masse volumique sèche maximale	(kg/m^3)
Humidité optimale	(%)

Courbe granulométrique



0	0	0

Remarques:

Préparé par: Andrée Anne Hinse, B.Sc.géologie

Vérifié par: Mark Gamboz, B.Sc.géologie Date: 2018-06-27

GHD Consultants Ltée. 4600 boul. de la Côte-Vertu Montréal Qc H4S 1C7

Essai de Consolidation
ASTM D-2435
Feuille 1 de 2

Client: Qualilab Inspection inc — No Labo: 2018-S163
Projet: HY18-010-02 — Projet No: G-18-384

Forage No: GH-18-03 — Échantillon No: TS-01 — Profondeur: 1.72-1.84 m
Description du matériau : Argile de moyenne de plasticité (CL) molle, moyennement sensible

Appareils de mesure utilisés:

Étuve No: B23-4453
Vernier No: 0 0 0 8160 — Balance No: 18409 — Oedomètre No: ID 65

Teneur en eau

	Témoin	Initiale	Finale	Lavage
W_T + T (g)	244.64	134.61	166.89	
W_S + T (g)	172.73		136.44	299.48
W_W (g)	71.91	49.3	30.45	
T (g)	52.98		51.48	299.22
W_S (g)	119.75	85.31	84.96	0.26
w (%)	0.601	0.578	0.358	

H_1: Hauteur de sol initiale (mm) — 25.55
H_s: (Hauteur de sol sec x M_l x 1000)/(Dr x aire) (mm) — 9.974
$H_1 - H_s$: Hauteur initiale des vides (mm) — 15.576
e_o: Indice des vides initiale = $(H_1 - H_s)/H_s$ — 1.5616
Sr: degré de saturation initial (W x Dr)/e (%) — 99.88

(Note: 1000 est un facteur de conversion d'unités)

Diamètre: 63.52 (mm)

Hauteur (H_1) — Initiale
sol + papier + pierres (mm): 38.99
papier + pierres (mm): 13.44
sol (mm): 25.55

Masse humide (M) — Initiale
sol + anneau (g): 245.33
anneau (g): 110.72
sol (g): 134.61
papier (g): 0.09

Dr = 2.699 ☐ mesurée ☒ estimée

Masse sèche (M_l) = 85.31 (g)

Taux de chargement (dP/P): ☐ 1 ☒ 0.5

Pression (kPa)	Lecture (mm)	Correction	Changement d'hauteur	Changement des vides (e)	e
0.001	0		-	-	1.5616
16.1	0.4338		0.43	0.0435	1.5181
24.2	0.5674		0.57	0.0569	1.5047
36.3	0.7184		0.72	0.0720	1.4895
54.4	0.9188		0.92	0.0921	1.4694
81.7	1.232		1.23	0.1235	1.4380
123	1.824		1.82	0.1829	1.3787
184	2.765		2.77	0.2772	1.2843
276	4.076		4.08	0.4086	1.1529
414	5.33		5.33	0.5344	1.0272
620	6.278		6.28	0.6294	0.9321
930	7.069		7.07	0.7087	0.8528
1400	7.754		7.75	0.7774	0.7842
414	7.61		7.61	0.7630	0.7986
16.1	6.607		6.61	0.6624	0.8992

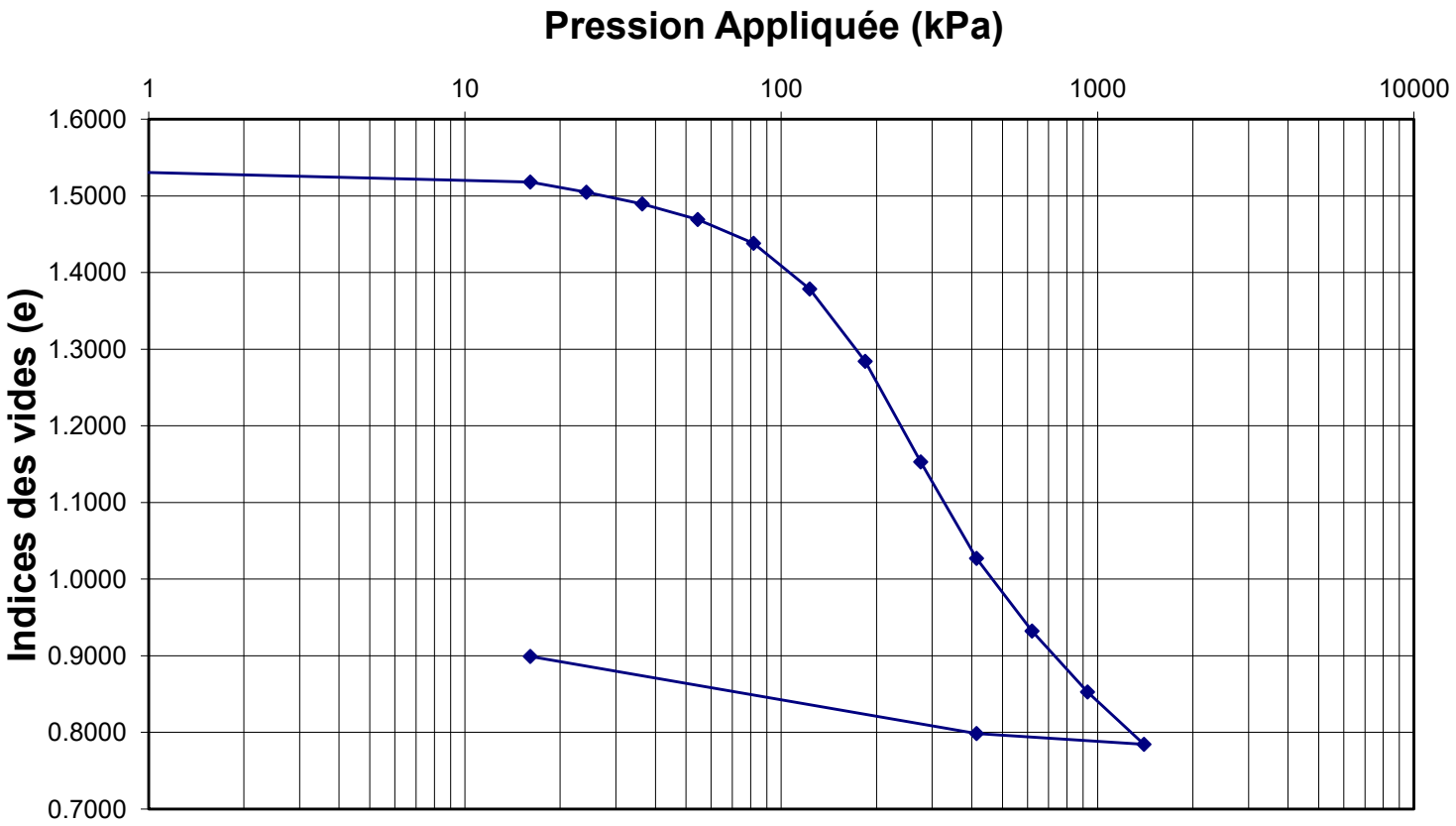
Remarques:

Effectué par: A. Azizi — Date: 6/26/2018
Vérifié par: A.A.Hinse — Date: 7/9/2018

Essai de Consolidation
ASTM D-2435
Feuille 2 de 2

Client: Qualilab Inspection inc — Lab No: 2018-S163
Projet: HY18-010-02 — Projet No: G-18-384

Forage No: GH-18-03 — Échantillon No: TS-01 — Profondeur: 1.72-1.84 m
Description du matériau: Argile de moyenne de plasticité (CL) molle, moyennement sensible



Paramètres de compressibilité

σ'_p Pression de préconsolidation (kPa):		e_o Indice des vides initial:	1.5616
σ'_{vo} Contrainte effective verticale:		c_r :Indice de recompression:	
$\sigma'_p - \sigma'_{vo}$ Écart de surconsolidation:		c_c :Indice de compression:	
Rapport de surconsolidation ("OCR"):		c_s :Indice de gonflement	

Dimensions de l'échantillon: Diamètre (mm): 63.52
Hauteur (mm): 25.55

Teneur en eau (W) %
Initial: 57.8 Final: 35.8

Remarques:

Effectué par: A. Azizi — Date: 6/26/2018
Vérifié par: A.A.Hinse — Date: 7/9/2018

D. MODÉLISATION NUMÉRIQUE DU TRANSPORT DE CONTAMINANTS DISSOUS RICHELIEU. À PARTIR DU PARC À RÉSIDUS MINIERS FINAL. PROJET BACHELOR À DESMARAISVILLE (RICHELIEU, 2020)

Richelieu, le 9 novembre 2020

GCM Consultants inc.
Par courriel

À l'attention de Mme Mélissa Tremblay, ing. Chargée de projets

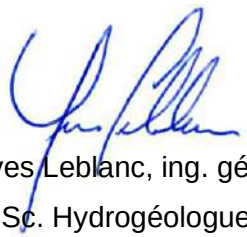
Objet : Modélisation numérique du transport de contaminants dissous
À partir du parc à résidus miniers final
Projet Bachelor à Desmaraisville

Madame,

C'est avec plaisir que je vous transmets un rapport sommaire sur la réalisation de simulations de transport souterrain de contaminants dissous à partir du parc à résidus miniers du projet Bachelor, situé à Desmaraisville (Québec).

Les pages qui suivent présentent les objectifs du mandat, la démarche réalisée, les résultats obtenus, ainsi que les conclusions et recommandations qui en découlent. Il est possible de conclure que le cyanure dissous, qui risque de se retrouver dans la pulpe des résidus miniers dans une concentration d'environ 500 mg/l, se dispersera à une vitesse d'environ 10 à 20 m/an au cours des dix premières années, puis ralentira jusqu'à se stabiliser complètement après environ cent ans.

Je vous prie d'agréer, madame Tremblay, l'expression de mes sentiments les meilleurs.



Yves Leblanc, ing. géo.
M.Sc. Hydrogéologue

p.j. rapport sommaire

RICHELIEU HYDROGÉOLOGIE INC. WWW.RICHELIEU-HYDRO.COM
219, 15IÈME AVENUE, RICHELIEU (QUÉBEC) J3L 3V7
TÉL. : (450) 658-3233 COURRIEL : YVESL@SYMPATICO.CA

Mandat

Afin de pouvoir contenir les résidus qui seraient produits par l'usine de traitement de minerai de la mine *Bachelor* à Desmaraisville, détenue par l'entreprise *Ressources Bonterra inc.*, un parc à résidus miniers existant devra être agrandi. Une étude d'impact a été déposée en septembre 2019 et suite à l'analyse du COMEX, des renseignements additionnels ont été demandés, dont trois questions relatives à l'hydrogéologie. Dans ce contexte, *GCM Consultants inc* a mandaté *Richelieu Hydrogéologie* afin de faire la modélisation hydrogéologique du transport des contaminants dissous qui seraient émis à partir du parc à résidus.

Plus spécifiquement, le mandat vise à répondre aux questions suivantes :

- Réviser le modèle numérique élaboré dans le cadre de l'étude hydrogéologique de *Richelieu Hydrogéologie inc*. en remplaçant les résidus miniers qui avaient été simulés par une condition limite de type « rivière » par une condition limite de type charge constante, de façon à présenter le pire scénario pour libérer des contaminants ;
- Utiliser le modèle numérique afin de réaliser une simulation du transport de contaminants dissous selon un scénario pessimiste comportant l'absence de facteur de retardement et l'absence de réactions ;
- Documenter de façon détaillée le calibrage du modèle numérique en présentant un tableau et un graphique des charges hydrauliques observées versus simulées.

Méthodologie

Le préambule du COMEX dans ses questions relatives à l'hydrogéologie mentionne que « dans le modèle conceptuel, la présence de résidus miniers disposés à l'intérieur du parc à résidus sous forme de pulpe est considérée durant la période d'exploitation de la mine. Cette méthode de disposition entrainera une ségrégation particulaire qui modifiera spatialement la valeur de la conductivité hydraulique des résidus miniers… ». Il est par la suite demandé de considérer un scénario pessimiste ne tenant pas compte de la faible conductivité hydraulique des résidus miniers.

La démarche réalisée a donc consisté à modifier le modèle numérique d'écoulement, de façon à agrandir celui-ci jusqu'aux exutoires naturels de l'aquifère, recalibrer celui-ci en fonction des niveaux d'eau mesurés lors de la campagne de forages de 2019 réalisée par *BBA*, et enfin utiliser la concentration maximale en cyanures pour simuler celle-ci sous la forme de conditions limites

à concentration constante dans le module MT3D du logiciel Visual MODFLOW, puis utiliser le modèle afin de simuler le transport de contaminants dissous à partir du parc à résidus lorsque celui-ci aura été complété à 100% et donc, lorsque les charges hydrauliques seront maximales.

Le modèle vise à simuler le pire cas, donc les concentrations maximales observées au parc à résidus actuel, avec l'absence de réactions ou de facteur de retard lors du processus de transport de soluté. Les détails des activités réalisées sont les suivants :

- Mise à jour du modèle hydrogéologique élaboré en 2018, comprenant :
  - Agrandissement sur 500 m en directions ouest et nord ;
  - Ajout des puits d'observation installés en 2019 comme points de contrôle de calibrage;
  - Remplacement des conditions limites de type « rivière » représentant les résidus miniers par des conditions limites à charge constante;
- Élaboration du modèle de transport de contaminants MT3D (charges constantes et autres propriétés de transport de soluté);
- Réalisation de simulations prédictives et préparation de cartes thématiques (distribution et concentration du panache de contaminants après différentes périodes de temps);
- Préparation de graphiques de concentration en fonction du temps pour différents points d'observation ;
- Rédaction de cette note technique.

Modélisation

Dans un premier temps, le modèle numérique d'écoulement souterrain élaboré en 2018 afin de simuler le flux d'eau à partir du parc à résidus a été réactivé et agrandi. Il a, en effet, été requis d'agrandir le modèle afin que les exutoires naturels des eaux souterraines provenant du parc à résidus miniers puissent être représentés. Le domaine modélisé couvre maintenant une surface de 5,06 km², soit 2,2 x 2,3 km. L'origine du modèle modifié se situe aux coordonnées UTM 415 840 m E par 5 481 960 m N. Le modèle comporte 223 rangées et 220 colonnes de mailles carrées d'une arête latérale de 10 m.

Le modèle conceptuel a aussi été modifié en remplaçant les conditions limites de type « rivière » qui avaient été utilisées afin de représenter les charges au travers du parc à résidus miniers par des conditions limites de type « charge constante ». La différence entre ces deux types de conditions limites est que le flux d'eau transmis par la première est limité par la conductance

verticale assignée au « lit de la rivière » qui représente les résidus miniers, tandis que la seconde condition limite transmet un flux d'eau qui n'est fonction que de la différence de charge entre la charge imposée et la charge des mailles voisines. Le fait d'utiliser ce type de condition limite induit donc un important facteur de sécurité dans le calcul du flux d'eau qui s'écoule du parc à résidus miniers, puisque la perméabilité relativement faible de ceux-ci n'est pas considérée.

Par la suite, environ vingt points de contrôle additionnels ont été ajoutés au modèle afin de comparer les charges hydrauliques observées aux charges hydrauliques simulées. Ces points de contrôle sont les puits d'observations issus de l'étude géotechnique réalisée par BBA en 2019. La figure 1 présente une carte de localisation de ces forages et de ceux de 2018. Le calibrage du modèle a été effectué en ajustant la conductivité hydraulique et la recharge de l'aquifère, de façon à reproduire la piézométrie observée dans les forages aménagés par *Richelieu Hydrogéologie* en 2018 et les forages aménagés par *BBA* en 2019. Au total, 26 observations sont disponibles.

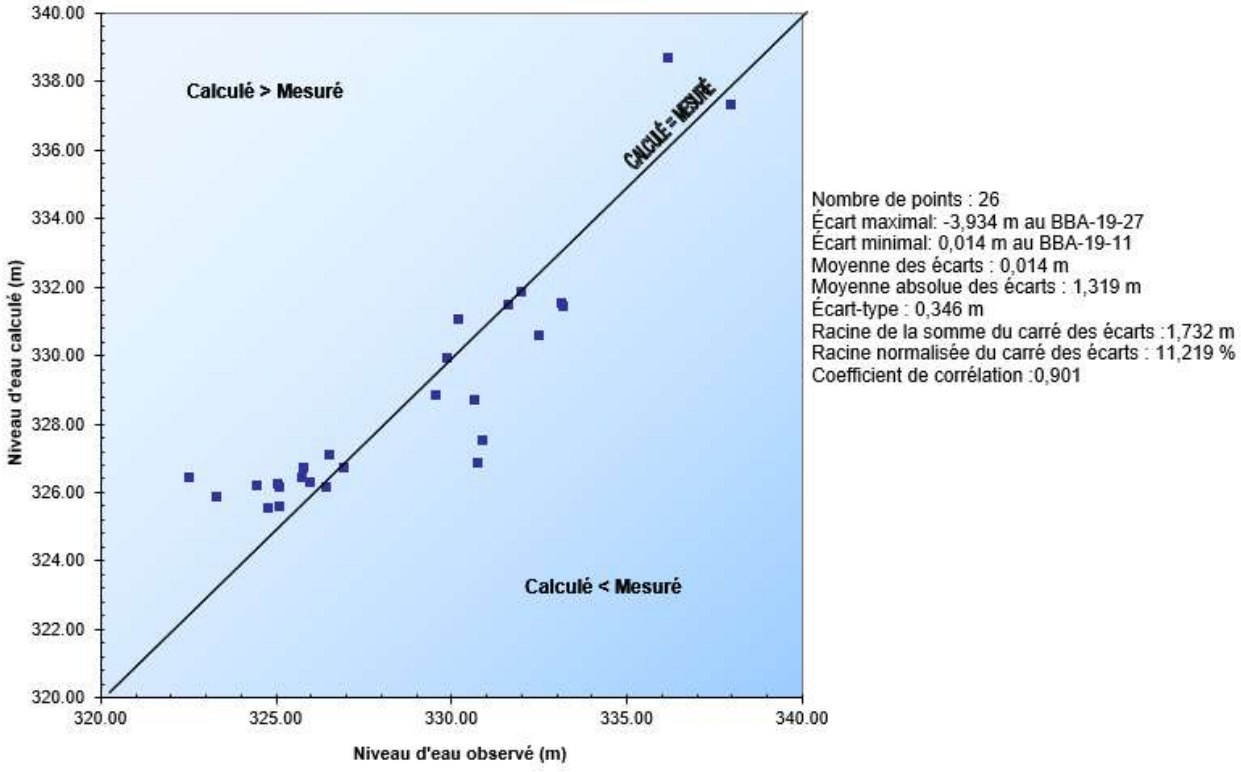
Le calibrage a été considéré satisfaisant lorsqu'il n'a plus été possible de diminuer les écarts entre les données mesurées et les données calculées sans recourir à des propriétés hydrauliques incohérentes, par des conditions limites non identifiables physiquement ou par interprétation. Il est normal d'observer des écarts entre les charges calculées par le modèle et les charges observées, car celles-ci sont obtenues sous des conditions qui ne sont pas les mêmes que celles qui sont modélisées. De plus, le modèle constitue une représentation simplifiée d'un système géologique complexe.

Le graphique 1 présente le diagramme de corrélation des niveaux d'eau mesurés par rapport aux niveaux d'eau observés pour l'ensemble des puits d'observation. On y observe que la répartition des écarts est bien distribuée de part et d'autre de la droite de corrélation parfaite, puisque la moyenne des écarts est de 0,014 m. La moyenne de la valeur absolue des écarts est, quant à elle de 1,319 m. La racine de la somme du carré des écarts, normalisée par la différence entre la charge la plus élevée et la charge la plus basse est de 11,219%. La cible habituellement visée est de moins de 10%, mais après plusieurs essais, il n'a pas été possible d'atteindre ce critère selon nos critères de choix de propriétés et de conditions limites. Un tableau comparatif des charges observées vs calculées est présenté en annexe.

Il est normal qu'un modèle ne puisse reproduire à la perfection les observations. D'une part, parce que le modèle géologique réel est beaucoup plus complexe que le modèle numérique et, d'autre part, parce que le niveau des eaux souterraines fluctue constamment et que les observations

sont étalées sur quelques semaines au travers de deux campagnes de mesures de niveau d'eau. Nous sommes d'avis que le modèle permet néanmoins de représenter les voies préférentielles d'écoulement et la propagation des contaminants dissous. Par ailleurs les simulations de transport de contaminants sont si conservatrices que même si le modèle ne permet pas de reproduire les charges à la perfection, les résultats obtenus seront tout de même sécuritaires.

Graphique 1: Corrélation entre les niveaux d'eau observés et calculés pour l'ensemble des puits



Afin de faire la simulation prédictive de transport des contaminants dissous, des conditions limites à concentration constantes ont été ajoutées au modèle, à l'endroit du parc à résidus miniers, de même que les propriétés de dispersion hydrodynamique. Des puits d'observation virtuels positionnés à des distances variant de 100 à 500 mètres des digues ont été simulés afin de pouvoir créer des graphiques de concentration en fonction du temps aux exutoires présumés des eaux souterraines.

Le contaminant choisi pour faire la simulation a été le cyanure, selon une moyenne des concentrations observées dans la pulpe en 2017 (442 mg/L, 504 mg/L, 457 mg/L, 352 mg/L) (*Communication personnelle de Steve Gaudreault à Mélissa Tremblay, 3 septembre 2020*). Une concentration de 500 mg/l a donc été assignée aux conditions limites à concentration

constante, lesquelles ont été superposées aux conditions limites à charge constante dont l'objectif est de représenter les charges hydrauliques dans le parc à résidus lorsque celui-ci aura atteint sa superficie et sa charge maximale. La constante de dispersivité longitudinale a, quant à elle, été assignée à 1,5 m, selon une valeur théorique de la littérature[1].

Afin de générer des résultats conservateurs comme le MELCC l'exige pour des cas similaires, aucun facteur de retard, ni réaction de dégradation n'a été considéré dans la réalisation des simulations de transport de soluté. Il s'agit donc d'une solution très conservatrice, puisqu'en terme d'écoulement, la conductivité hydraulique des résidus miniers n'est pas considérée et en termes de transport, aucun retard dû à l'adsorption des métaux dans l'aquifère n'est considéré, ni aucune réaction de dégradation.

Le code utilisé pour faire la simulation du transport des contaminants dissous est MT3DMS, couplé au code d'écoulement MODFLOW 2000, tous deux compris dans la suite Visual MODFLOW de *Waterloo Hydrogeologic* et fonctionnant par différences finies. La résolution du transport advectif a été obtenue avec le solutionneur GCG par méthode implicite, ce qui permet de sauver du temps de calcul sans contrainte de stabilité sur le pas de temps.

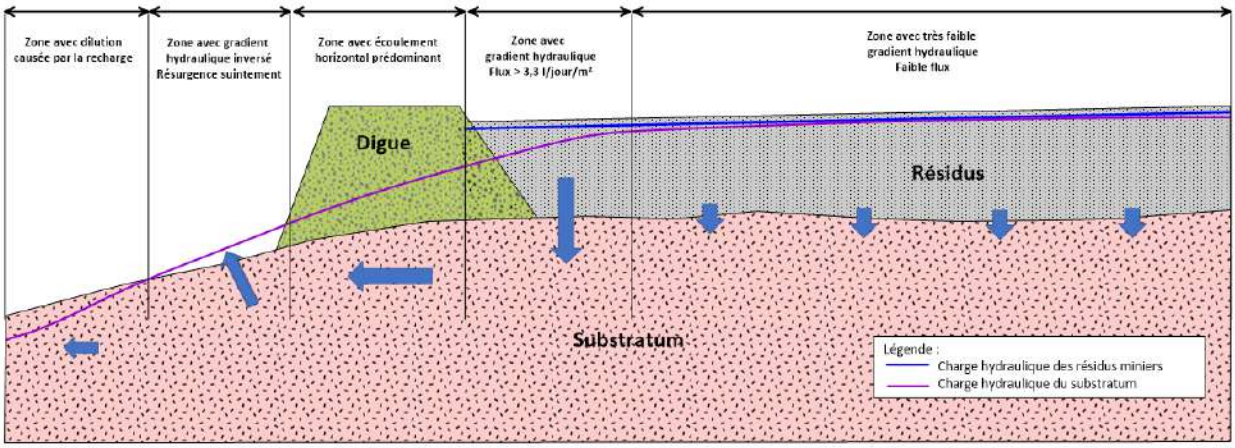
La simulation de transport de soluté a été faite en régime transitoire sur une période de 200 ans. Une fois celle-ci terminée, les résultats ont été exportés sous forme de grilles de distribution spatiale des concentrations. Les résultats ont également été exportés sous forme de tableaux de concentration en fonction du temps pour des points de mesure simulés (OBS-1 à OBS-6 sur les figures).

Résultats

La figure 2 située à la suite de ce document présente les résultats de la simulation du flux d'eau sous le parc à résidus miniers sans aucune mesure d'étanchéité. Il est possible d'y observer que celui-ci serait inférieur à 3,3 l/m²/jour sur la majorité de la superficie du site, à l'exception d'endroits situés relativement près des digues. Cela est principalement dû au fait que c'est près des digues que le gradient vertical qui s'établirait entre le parc à résidus et les horizons sous-jacents serait le plus grand. Puisque le flux dépend directement du gradient hydraulique, il est logique qu'il soit plus grand aux endroits où le gradient sera le plus grand. Ceci est expliqué de façon schématique sur l'illustration 1.

[1] Papadopulos, S.S., and S.P. Larson, Aquifer storage of heated water; II, Numerical simulation of field results, Ground Water, 16(4), 242-248, 1978.

Illustration 1 : Flux d'eau aux limites du parc à résidus

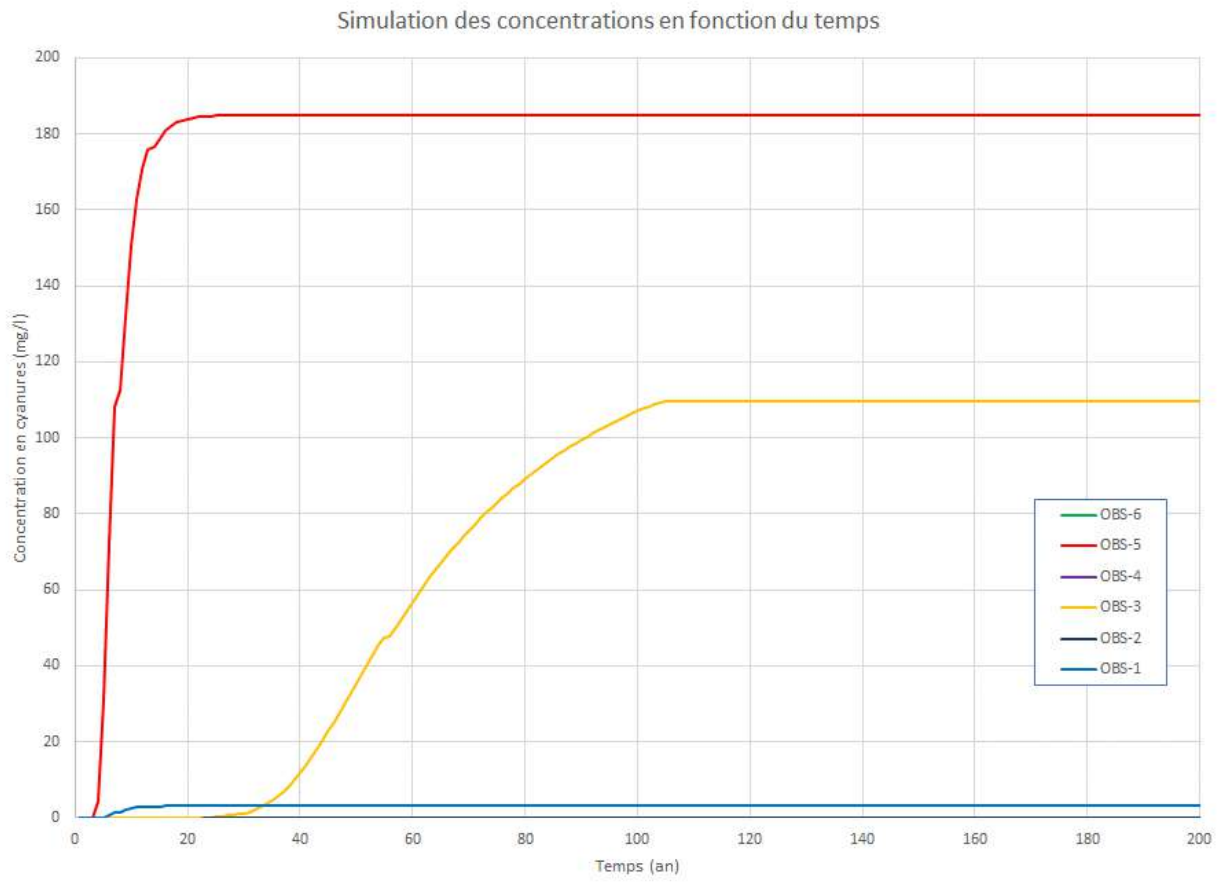


Les figures 3 à 7 situées à la suite de ce document présentent respectivement les concentrations de cyanures après un an, dix ans, vingt-cinq ans, cinquante ans, cent ans et deux-cents ans. Il est possible d'y faire les observations suivantes :

- Après un an de transport (figure 3) les premiers endroits où apparaissent des concentrations en cyanure correspondent aux endroits où le flux est le plus grand ;
- Après dix ans (figure 4) les concentrations sont toujours en augmentation en dessous du parc à résidus. En périphérie, le panache de contaminants se dissiperait selon trois exutoires différents, soit en direction nord, en direction ouest et en direction sud. Il parcourrait environ 10 m par an au cours des dix premières années dans les exutoires ouest et sud et environ 20 m par an en direction nord ;
- Après vingt-cinq ans (figure 5), les concentrations en dessous du parc à résidus continueraient d'augmenter. En périphérie, le panache de contaminants augmenterait faiblement en directions ouest et sud, tandis que du côté nord, le panache progresserait d'environ 10 m par an ;
- Après cent ans (figure 6), la concentration en cyanures aurait atteint le maximum sous l'ensemble de la superficie du parc, tandis qu'en périphérie, le panache continuerait de progresser en direction nord ;
- Après deux-cents ans (figure 7), le panache de contaminants serait relativement stable. La stabilisation du panache de contaminants dissous est due probablement à la dilution par l'infiltration des précipitations et la résurgence par suintements en surface au pied des digues, tel que montré sur l'illustration 1.

Le graphique ci-dessous présente les courbes de concentration en fonction du temps pour les puits d'observation virtuels dont la localisation est montrée sur les figures 2 à 6. Il est possible d'y observer que les concentrations augmenteraient graduellement pour se stabiliser entre 20 et 100 ans. Seuls les trois puits les plus rapprochés des digues ont enregistré des augmentations des concentrations. Les autres puits sont trop éloignés.

Graphique 2 : Concentrations en fonction du temps



Conclusions et recommandations

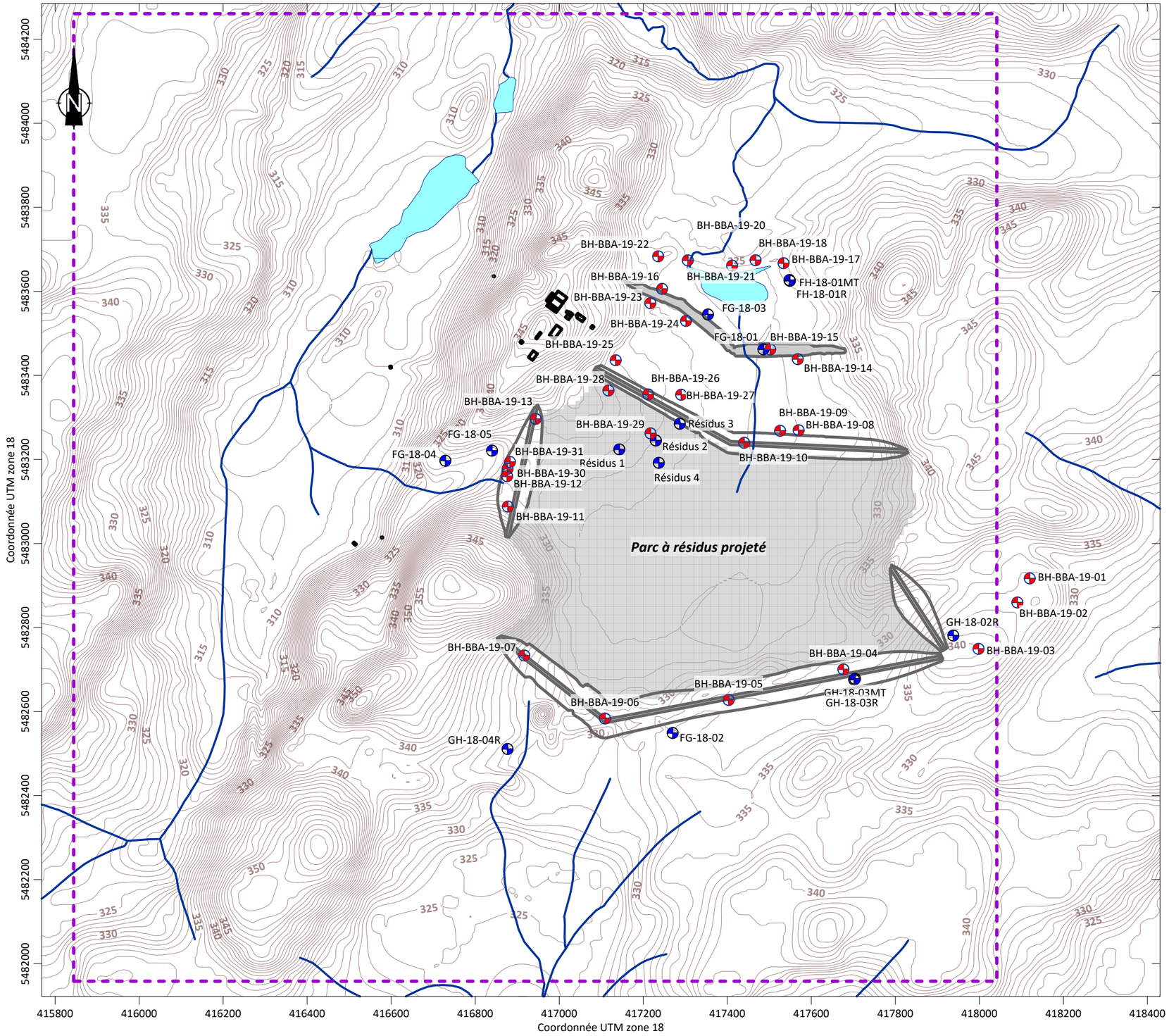
Les simulations effectuées selon des hypothèses conservatrices démontrent que dans la pire des situations, le cyanure dissous pourrait migrer dans les eaux souterraines vers l'aval du parc à résidus miniers à partir de trois exutoires situés au sud, à l'ouest et au nord. Le panache de contaminants progresserait toutefois relativement lentement et se stabiliserait après environ cent ans. Par contre, l'ajout d'une mesure de confinement imperméable aux endroits du parc à résidus miniers où le critère de flux excède 3,3 l/m²/jour permettrait de minimiser la migration des contaminants comme le cyanure.

Il est donc recommandé d'ajouter des puits d'observation en aval des digues de retenue et d'y effectuer un suivi de la qualité des eaux souterraines et de la piézométrie, selon les modalités décrites dans la directive 019.

Yves Leblanc, ing. géo.
M.Sc. Hydrogéologue

Tableau 1 : Concentrations observées versus calculées

Nom	UTM X (m)	UTM Y (m)	Piézométrie observée (m)	Piézométrie calculée (m)	Écart (m)
BH-BBA-19-03	417998,1	5482749,0	336,20	338,70	2,50
BH-BBA-19-06	417108,8	5482583,0	332,50	330,56	-1,94
BH-BBA-19-07	416916,6	5482734,0	332,00	331,85	-0,15
BH-BBA-19-08	417569,9	5483270,0	325,09	326,15	1,06
BH-BBA-19-09	417525,7	5483268,0	324,45	326,18	1,73
BH-BBA-19-10	417440,2	5483240,0	326,00	326,28	0,28
BH-BBA-19-11	416877,7	5483088,0	329,91	329,92	0,01
BH-BBA-19-12	416877,0	5483178,0	325,78	326,72	0,94
BH-BBA-19-13	416943,9	5483297,0	330,23	331,05	0,82
BH-BBA-19-14	417567,8	5483439,0	325,08	326,24	1,16
BH-BBA-19-15	417502,2	5483462,0	326,44	326,12	-0,32
BH-BBA-19-16	417244,8	5483606,0	326,94	326,72	-0,22
BH-BBA-19-18	417467,3	5483674,0	323,33	325,83	2,50
BH-BBA-19-20	417411,5	5483661,0	324,79	325,55	0,76
BH-BBA-19-21	417306,1	5483674,0	325,13	325,58	0,45
BH-BBA-19-25	417134,4	5483436,0	330,66	328,68	-1,98
BH-BBA-19-27	417290,2	5483354,0	330,76	326,83	-3,93
BH-BBA-19-28	417117,2	5483364,0	329,59	328,82	-0,77
BH-BBA-19-29	417217,4	5483262,0	330,89	327,52	-3,37
BH-BBA-19-30	416875,9	5483160,0	326,52	327,07	0,55
FH-18-01MT	417549,0	5483625,0	325,75	326,43	0,68
FH-18-01R	417548,0	5483627,0	322,54	326,44	3,90
GH-18-02R	417938,0	5482781,0	337,98	337,30	-0,68
GH-18-03MT	417702,0	5482676,0	333,17	331,51	-1,66
GH-18-03R	417704,0	5482678,0	333,20	331,42	-1,78
GH-18-04R	416877,0	5482511,0	331,64	331,46	-0,18



Légende

- Digues projetées
- Contours topographiques
- Bâtiments
- Nouvelles limites du modèle
- Forages, série 2018 par Richelieu Hydrogéologie
- Forages, série 2019 par BBA

0 200 400 600 800 1000

Courbes de niveau et infrastructures fournies par Ressources Bonterra Inc



Titre

FIGURE 1: LOCALISATION DES PUITS D'OBSERVATION

Projet

RESSOURCES BONTERRA INC.
PROJET BACHELOR, DESMARAISVILLE (QUEBEC)
MODÉLISATION NUMÉRIQUE DU TRANSPORT
DE CONTAMINANTS DISSOUS

Interprétation et dessin

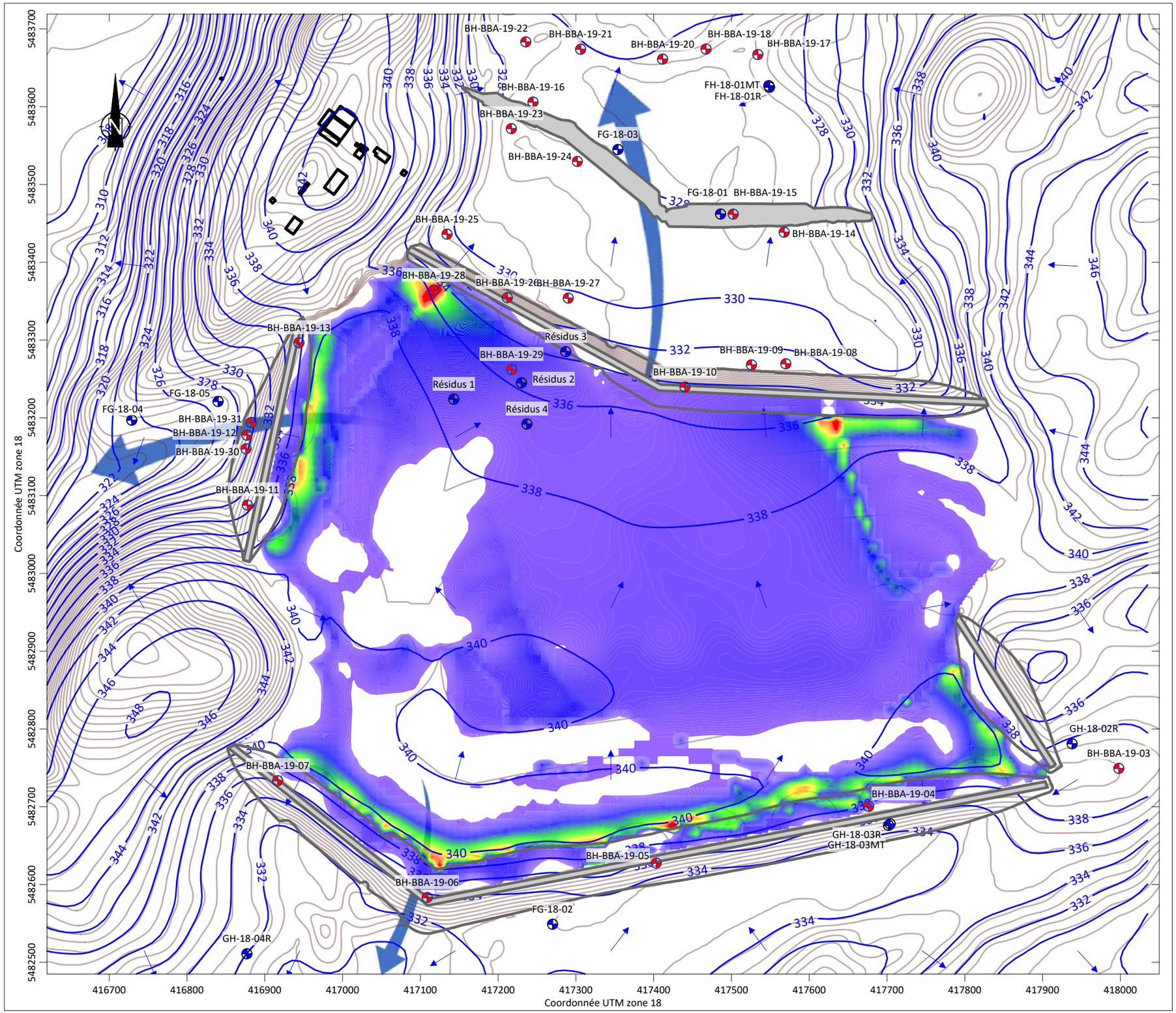
Yves Leblanc, ing. géo.
M.Sc. Hydrogéologue

Date

Octobre 2020

Échelle

1 : 10 000



Légende

- Digues projetées
- Contours topographiques
- Contours piézométriques
- Bâtiments
- Voies potentielles de migration des contaminants dissous

Flux en l/m² par jour

0 0.3 0.6 0.9 1.2 1.5 1.8 2.1 2.4 2.7 3 3.3

0 100 200 300 400 500

Courbes de niveau et infrastructures fournies par Métanor Ressources Inc

Richelieu Hydrogéologie inc.

Titre

FIGURE 2 : FLUX MODÉLISÉ SOUS LE PARC À RÉSIDUS

Projet

RESSOURCES BONTERRA INC.
PROJET BACHELOR, DESMARAISVILLE (QUEBEC)
MODÉLISATION NUMÉRIQUE DU TRANSPORT DE CONTAMINANTS DISSOUS

Interprétation et dessin

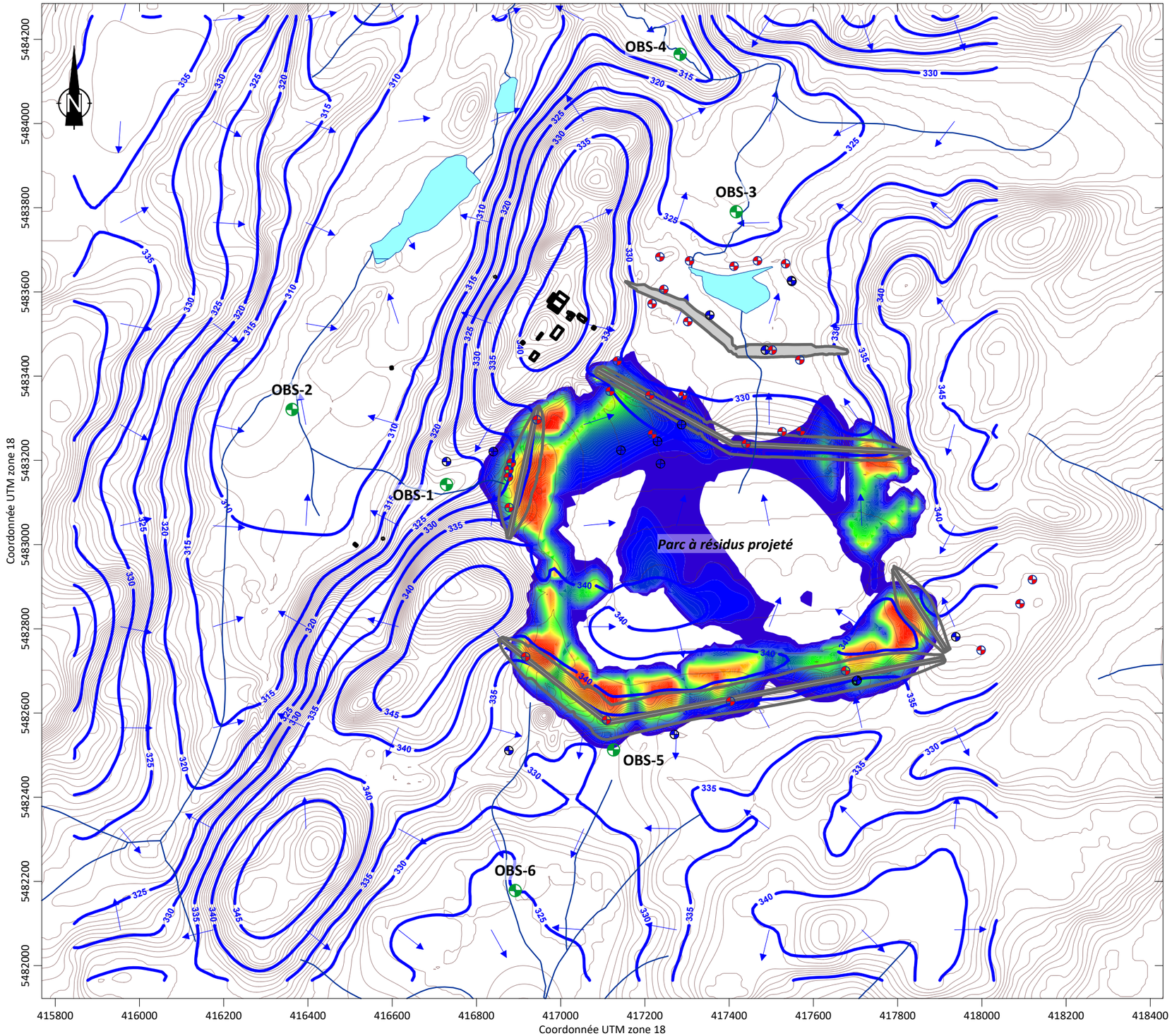
Yves Leblanc, ing. géo.
M.Sc. Hydrogéologue

Date

Octobre 2020

Échelle

1 : 5 000



Légende

- Digues projetées
- Contours topographiques
- Courbes isopièzes
- Bâtiments
- Points de mesure du modèle pour le suivi de la qualité de l'eau

Concentrations (mg/l)

0 50 100 150 200 250 300 350 400 450 500

0 200 400 600 800 1000

Courbes de niveau et infrastructures fournies par Ressources Bonterra Inc

Richelieu Hydrogéologie inc.

Titre

FIGURE 3 : CONCENTRATIONS SIMULÉES AU ROC APRÈS UN AN DE TRANSPORT

Projet

RESSOURCES BONTERRA INC.
PROJET BACHELOR, DESMARAISVILLE (QUEBEC)
MODÉLISATION NUMÉRIQUE DU TRANSPORT DE CONTAMINANTS DISSOUS

Interprétation et dessin

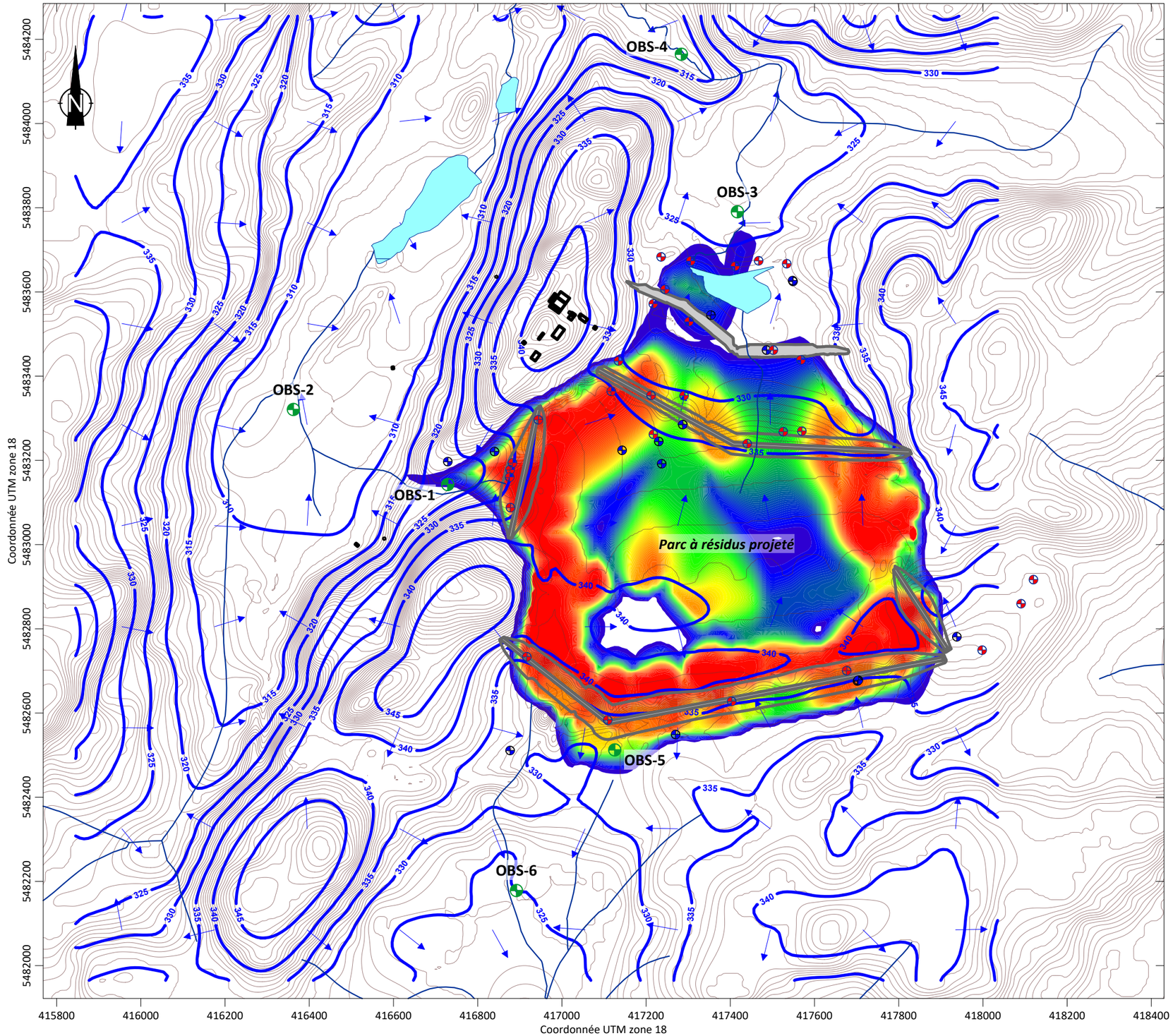
Yves Leblanc, ing. géo.
M.Sc. Hydrogéologue

Date

Octobre 2020

Échelle

1 : 10 000



Légende

- Digues projetées
- Contours topographiques
- Courbes isopièzes
- Bâtiments
- Points de mesure du modèle pour le suivi de la qualité de l'eau

Concentrations (mg/l)

0 50 100 150 200 250 300 350 400 450 500

0 200 400 600 800 1000

Courbes de niveau et infrastructures fournies par Ressources Bonterra Inc

Richelieu Hydrogéologie inc.

Titre

FIGURE 4 : CONCENTRATIONS SIMULÉES AU ROC APRÈS DIX ANS DE TRANSPORT

Projet

RESSOURCES BONTERRA INC.
PROJET BACHELOR, DESMARAISVILLE (QUEBEC)
MODÉLISATION NUMÉRIQUE DU TRANSPORT DE CONTAMINANTS DISSOUS

Interprétation et dessin

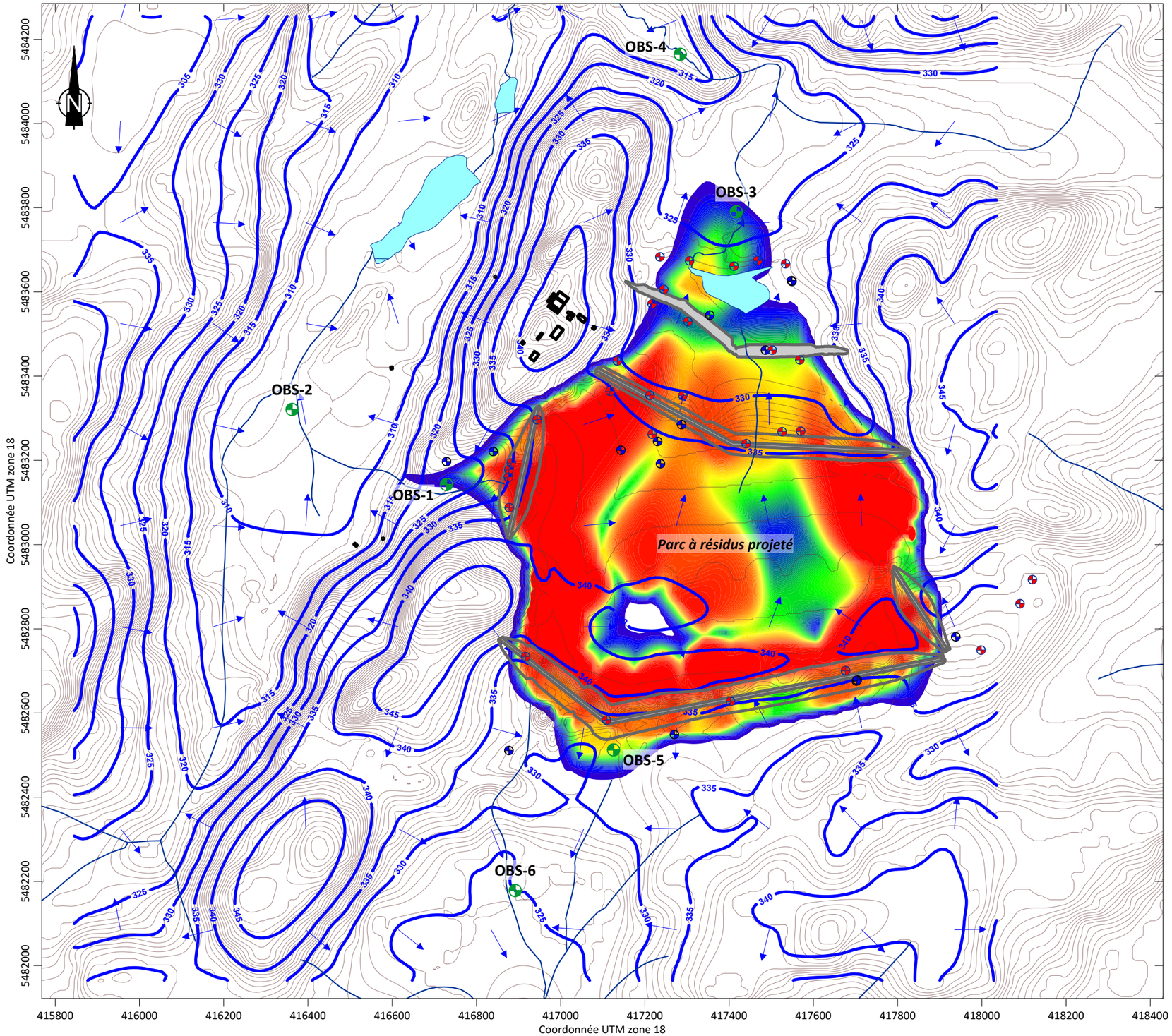
Yves Leblanc, ing. géo.
M.Sc. Hydrogéologue

Date

Octobre 2020

Échelle

1 : 10 000



Légende

- Digues projetées
- Contours topographiques
- Courbes isopièzes
- Bâtiments
- Points de mesure du modèle pour le suivi de la qualité de l'eau

Concentration (mg/l)

0 50 100 150 200 250 300 350 400 450 500

0 200 400 600 800 1000

Courbes de niveau et infrastructures fournies par Ressources Bonterra Inc

Richelieu Hydrogéologie inc.

Titre

FIGURE 5 : CONCENTRATIONS SIMULÉES AU ROC APRÈS VINGT-CINQ ANS DE TRANSPORT

Projet

RESSOURCES BONTERRA INC.
PROJET BACHELOR, DESMARAISVILLE (QUEBEC)
MODÉLISATION NUMÉRIQUE DU TRANSPORT DE CONTAMINANTS DISSOUS

Interprétation et dessin

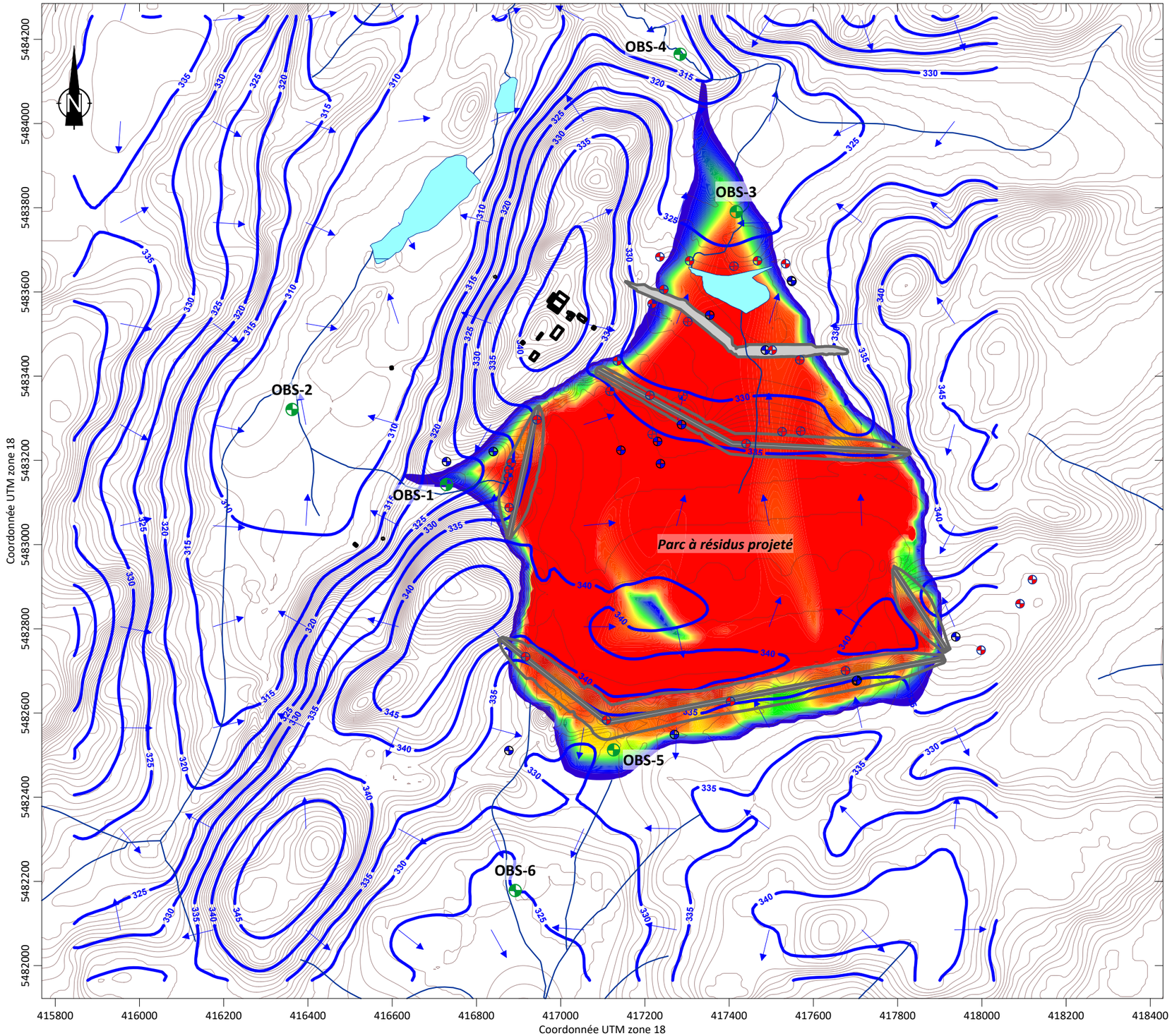
Yves Leblanc, ing. géo.
M.Sc. Hydrogéologue

Date

Octobre 2020

Échelle

1 : 10 000



Légende

- Digues projetées
- Contours topographiques
- Courbes isopièzes
- Bâtiments
- Points de mesure du modèle pour le suivi de la qualité de l'eau

Concentrations (mg/l)

0 50 100 150 200 250 300 350 400 450 500

0 200 400 600 800 1000

Courbes de niveau et infrastructures fournies par Ressources Bonterra Inc

Richelieu Hydrogéologie inc.

Titre

FIGURE 6 : CONCENTRATIONS SIMULÉES AU ROC APRÈS CENT ANS DE TRANSPORT

Projet

RESSOURCES BONTERRA INC.
PROJET BACHELOR, DESMARAISVILLE (QUEBEC)
MODÉLISATION NUMÉRIQUE DU TRANSPORT DE CONTAMINANTS DISSOUS

Interprétation et dessin

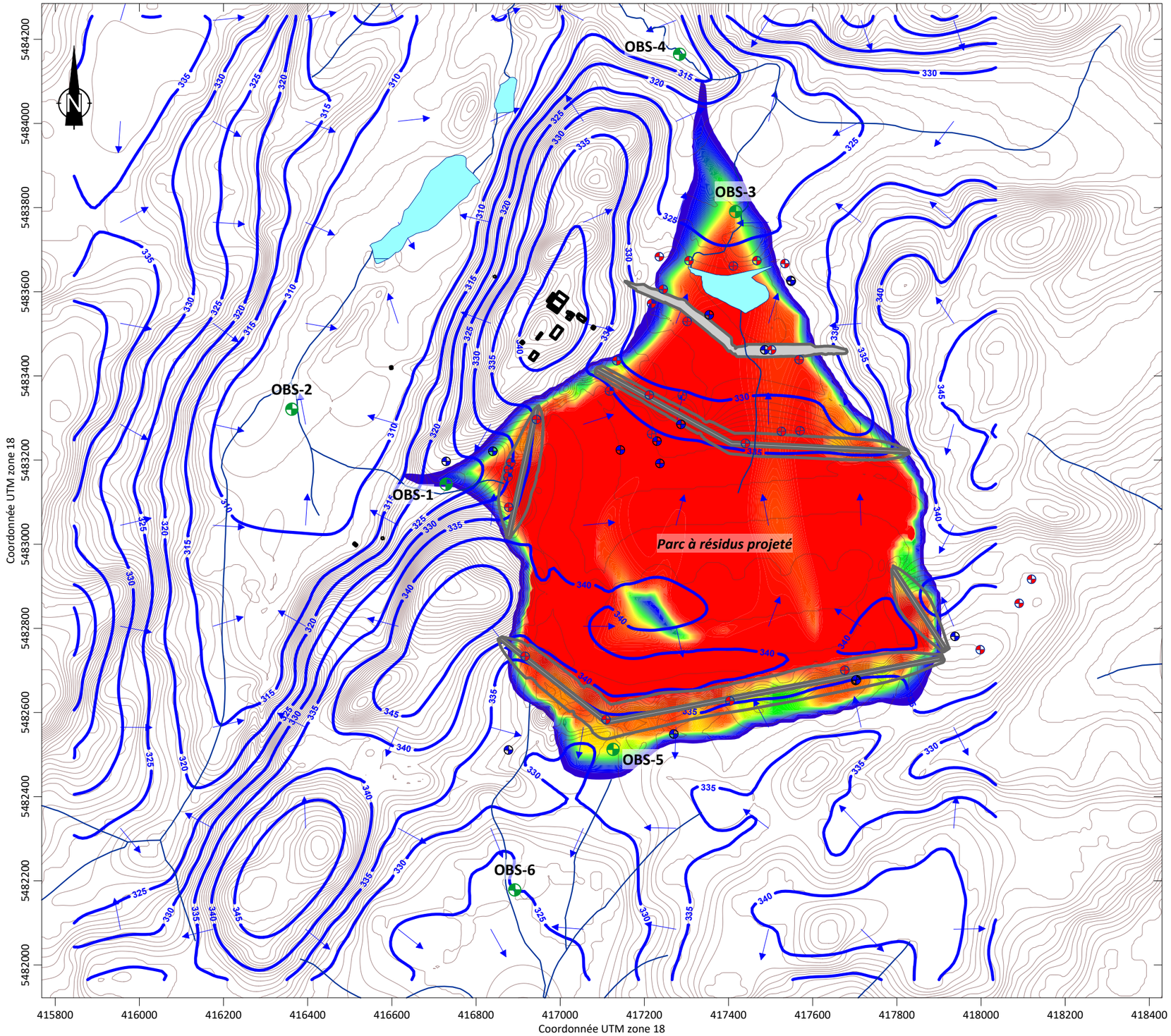
Yves Leblanc, ing. géo.
M.Sc. Hydrogéologue

Date

Octobre 2020

Échelle

1 : 10 000



Légende

- Digues projetées
- Contours topographiques
- Courbes isopièzes
- Bâtiments
- Points de mesure du modèle pour le suivi de la qualité de l'eau

Concentrations (mg/l)

0 50 100 150 200 250 300 350 400 450 500

0 200 400 600 800 1000

Courbes de niveau et infrastructures fournies par Ressources Bonterra Inc

Richelieu Hydrogéologie inc.

Titre

FIGURE 7 : CONCENTRATIONS SIMULÉES AU ROC APRÈS DEUX CENTS ANS DE TRANSPORT

Projet

RESSOURCES BONTERRA INC.
PROJET BACHELOR, DESMARAISVILLE (QUEBEC)
MODÉLISATION NUMÉRIQUE DU TRANSPORT DE CONTAMINANTS DISSOUS

Interprétation et dessin

Yves Leblanc, ing. géo.
M.Sc. Hydrogéologue

Date

Octobre 2020

Échelle

1 : 10 000

E. AUGMENTATION DE LA CAPACITÉ D'EMMAGASINEMENT DE L'AIRE D'ACCUMULATION. EMPILEMENT DE RÉSIDUS MINIERS. RAPPORT PRODUIT POUR RESSOURCES MÉTANOR INC. MINE DU LAC BACHELOR. 27 PAGES ET ANNEXES. (WSP, 2017)

PROJET NO : 161-07621-00

AUGMENTATION DE LA CAPACITÉ D'EMMAGASINEMENT DE L'AIRE D'ACCUMULATION

CONSTRUCTION D'UN EMPILEMENT DE RESIDUS MINIERS

JUIN 2017



AUGMENTATION DE LA CAPACITE D'EMMAGASINEMENT DE L'AIRE D'ACCUMULATION

CONSTRUCTION D'UN EMPILEMENT DE RÉSIDUS MINIERS

RESSOURCES MÉTANOR INC. –
MINE DU LAC BACHELOR

VERSION FINALE

PROJET N^{O} : 161-07621-00
DATE : JUIN 2017

WSP CANADA INC.
5355, BOULEVARD DES GRADINS
QUEBEC (QUEBEC) G2J 1C8
CANADA

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

GESTION DE LA QUALITÉ

VERSION	RÉD	RÉV.	APP	DATE	COMMENTAIRES
PA	**JFSTL**			**25-05-2017**	Révision interne
PB	**JFSTL**	**MS**		**02-06-2017**	Révision par le client
00	**JFSTL**	**MS**	**JFSTL**	**23-06-2017**	Émission finale

SIGNATURES

RÉVISÉ PAR



Myléne Sansoucy, ing., M.Sc.
Chargé de projets
No. OIQ : 143 904

PRÉPARÉ ET APPROUVÉ PAR



Jean-François St-Laurent, ing., M.Sc.
Chargé de projets
No. OIQ : 140 657

ÉQUIPE DE RÉALISATION

RESSOURCES MÉTANOR INC.

Coordonnatrice en environnement	Julie Raiche.

WSP CANADA INC. (WSP)

Ingénieur Concepteur	Jean-François St-Laurent, ing., M.Sc.
Réviseur	Mylène Sansoucy, ing., M.Sc.
Approbateur	Simon Latulippe, ing.
Collaborateurs	Valérie Fortin, ing. Stéphane Coté, ing. M.Sc. Ben Plumridge, P.Eng. (Ont.) Harvey Walsh, P.Eng. (Ont.)
Traitement de texte et édition	Linette Poulin

Référence à citer :

WSP. 2017. *Augmentation de la capacité d'emmagasinement de l'aire d'accumulation. Empilement de résidus miniers.* Rapport produit pour Ressources Métanor Inc. – Mine du Lac Bachelor. 27 pages et annexes.

TABLE DES MATIÈRES

1 INTRODUCTION 1

1.1 MISE EN CONTEXTE ET GÉNÉRALITÉ 1

1.2 DESCRIPTION DU MANDAT 1

2 CRITÈRES ET BASE DE CONCEPTION 3

2.1 TOPOGRAPHIE 3

2.2 NIVEAUX PIÉZOMÉTRIQUES UTILISÉS 3

2.3 PROPRIÉTÉS GÉOTECHNIQUES DES MATÉRIAUX 3

2.4 CLASSIFICATION DES DIGUES 5

2.5 ÉVÈNEMENT SISMIQUE DE CONCEPTION 7

2.6 COEFFICIENT DE SÉCURITÉ DE CONCEPTION 9

2.7 ÉVALUATION DU POTENTIEL DE LIQUÉFACTION DES RÉSIDUS MINIERS 9

3 INGÉNIERIE DE L'EMPILEMENT DE RÉSISUS ASSÊCHÉS 11

3.1 CONCEPTION DE L'EMPILEMENT 11

3.2 PROCÉDURE DE CONSTRUCTION RECOMMANDÉE 19

3.3 INSTRUMENTATIONS, SUIVIS ET SURVEILLANCE 20

3.4 PÉRIODE DE CONSTRUCTION ET ÉCHÉANCIER 20

3.5 PROGRAME D'ASSURANCE ET DE CONTRÔLE DE LA QUALITÉ (QA/QC) 20

4 CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS 23

5 PERSONNEL 25

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES 27

TABLE DES MATIÈRES

TABLEAUX

TABLEAU 2-1 LISTE DE RÈGLEMENTS ET STANDARDS CONSULTÉES LORS DE L'INGÉNIERIE DÉTAILLÉE DE L'EMPILEMENT. 3

TABLEAU 2-2 DOCUMENTATION CONSULTÉE AFIN D'ÉTABLIR LES PROPRIÉTÉS DES MATÉRIAUX 4

TABLEAU 2-3 PROPRIÉTÉS GÉOTECHNIQUES DES SOLS UTILISÉS 4

TABLEAU 2-4 CLASSIFICATION DES DIGUES EN TERMES DE CONSÉQUENCE (ACB, 2007) 5

TABLEAU 2-5 ÉVALUATION DES CRITÈRES POUR L'ÉVALUATION DES NIVEAUX DE CONSÉQUENCES ENVIRONNEMENTALES (ACSB, 1997) 6

TABLEAU 2-6 NIVEAUX DE CONSÉQUENCES ENVIRONNEMENTALES (ACSB, 1997) 6

TABLEAU 2-7 CORRESPONDANCE APPROXIMATIVE ENTRE LES CATÉGORIES DES CONSÉQUENCES ENVIRONNEMENTALES PRÉSENTÉES DANS LES DOCUMENTS DE ACB 1997 ET 2007 6

TABLEAU 2-8 CLASSIFICATION DE LA DIGUE MÉDIANE SELON LES CONSÉQUENCES ENVIRONNEMENTALES D'UNE RUPTURE 7

TABLEAU 2-9 CLASSIFICATION DES DIGUES EN TERMES DE CONSÉQUENCE (ACB, 2007) 8

TABLEAU 2-10 ACCÉLÉRATION SISMIQUE POUR LE SITE DE LA MINE BACHELOR – COORD. 49,4983 ° NORD ET 76,1408° OUEST) (VALEUR MOYENNE DU CNBC, 2015) 8

TABLEAU 2-11 COEFFICIENTS DE SÉCURITÉ MINIMAUX UTILISÉS 9

TABLEAU 3-1 COEFFICIENTS DE SÉCURITÉS OBTENUS AVEC L'HORIZON D'ARGILE DE FAIBLE RÉSISTANCE VIS-À-VIS LA DIGUE MÉDIANE 13

TABLEAU 3-2 COEFFICIENTS DE SÉCURITÉ OBTENUS SANS L'HORIZON D'ARGILE DE FAIBLE RÉSISTANCE VIS-À-VIS LA DIGUE MÉDIANE 15

TABLEAU 3-3 COEFFICIENTS DE SÉCURITÉ OBTENUS VIS-À-VIS LA DIGUE INTERNE PRINCIPALE 17

ANNEXES

A NOTE TECHNIQUE SUR LE DÉVERSOIR DE LA DIGUE MÉDIANE : 161-07621-00_METANOR_TECH01_HYDRAULIQUE_FINALE_170504_SIGNE.PDF

B NOTE TECHNIQUE SUR LE TASSEMENT DE LA DIGUE MÉDIANE : 161-07621-00_METANOR_TECH02_TASSEMENTS_20170515_SIGN.PDF

C NOTE TECHNIQUE SUR LE LA STABILITÉ DE LA DIGUE INTERNE PRINCIPALE : 161-07621-00_METANOR_TECH03_STAB_DIG_INT_PRINC_20170515_SIGN.PDF

D RAPPORT D'INVESTIGATION GÉOTECHNIQUE 2016 : INVESTIGATION GÉOTECHIQUE, REHAUSSEMENT DE LA CELLULE NO 1 DU PARC À RÉSIDUS MINE BACHELOR, RÉVISION 2, # 11128109-A1-PRT-1-FINAL-REV02(NOTARIUS), GHD, 2017 (24-04-2017)

E ÉVALUATION DU POTENTIEL DE LIQUÉFACTION DES RÉSIDUS MINIERS DE LA MINE BACHELOR

F FIGURES PRÉSENTANT LES CERCLES DE RUPTURES DE L'EMPILEMENT

G PLAN POUR CONSTRUCTION DE L'EMPILEMENT DE RÉSIDUS SECS À LA SURFACE DE LA CELLULE #1 (161—7621-00_F01)

1 INTRODUCTION

1.1 MISE EN CONTEXTE ET GÉNÉRALITÉ

Ressources Métanor Inc. (Métanor) désire augmenter la production de son site minier Bachelor. Pour ce faire, la capacité d'emmagasinement du parc à résidus miniers a été validée en 2015 (AMEC, 2015) et il a été établi que celle-ci devait être augmentée. Dans leur plan quinquennal, AMEC proposait de construire une cellule additionnelle à l'extrémité sud du parc à résidus miniers. Cependant, après réception des commentaires et des questions émis par les instances gouvernementales, une révision du mode de gestion des résidus fut proposée afin d'assurer qu'aucun arrêt de production ne survienne. Cette révision permit d'établir que la construction d'un empilement de résidus « secs » ou « asséchés », semblable à celui de la mine Raglan, représentait une alternative de gestion adéquate pouvant être mise en place rapidement. De plus, la construction d'un empilement de résidus permet d'augmenter la capacité d'emmagasinement sans augmenter la superficie du parc à résidus miniers.

1.2 DESCRIPTION DU MANDAT

Métanor a mandatée WSP Canada Inc. (WSP) en 2016 afin de réaliser le mandat décrit dans l'offre de service P16-11056-78. À l'origine, ce mandat consistait à réaliser les tâches suivantes :

- une étude géotechnique du secteur sud du parc à résidus;
- une évaluation des propriétés géotechniques requise pour le présent mandat et pour la fermeture du parc à résidus miniers et une évaluation du potentiel de liquéfaction des résidus miniers en place;
- une révision de l'alignement de la digue sud, proposée par AMEC en 2015, si jugé requis;
- une révision des analyses de stabilité et l'optimisation de la conception des digues selon les nouvelles données géotechniques;
- une mise à jour des plans de remplissage, si jugé requis;
- une évaluation du débit de percolation quotidien maximal pour l'agrandissement de la cellule sud du parc à résidus miniers;
- la réalisation des plans (incluant le déversoir d'urgence de la digue sud proposé par AMEC en 2015) pour la demande de certificat d'autorisation (CA), des plans de construction officiels, des spécifications et le bordereau des quantités pour la construction des digues sud et internes, ainsi que le rapport de conception;

Cependant dans le cadre de la réalisation du mandat et la mise à jour du concept de gestion des résidus miniers, certaines tâches ont été identifiées comme étant non requises et d'autres se sont ajoutées. Ainsi, les tâches qui ont finalement été réalisées dans le cadre de ce mandat sont les suivantes :

1. planification d'une investigation géotechnique sur les digues du parc à résidus et à l'intérieur des cellules de résidus;
2. planification et support lors d'une étude géotechnique de laboratoire permettant d'évaluer les propriétés géotechniques de différents matériaux, soit les résidus et stériles miniers ainsi que l'argile de fondation;
3. évaluation du potentiel de liquéfaction des résidus miniers;

4. révision la méthode de gestion des résidus miniers et réalisation de l'ingénierie associée;
5. préparation des plans pour construction incluant des spécifications techniques pour la construction de l'empilement de résidus asséchés à la surface de la cellule n° 1, ainsi que le rapport de conception;
6. révision des analyses de stabilité des digues Médiane et interne principale selon les nouvelles données géotechniques;
7. vérification de la cause de l'affaissement identifié sur la crête de la digue Médiane près de la jonction avec la digue interne principale;
8. confirmation du débit d'évacuation du déversoir d'urgence du bassin d'accumulation;
9. support envers Métanor lors de la rédaction de la demande de CA pour la construction de l'empilement de résidus asséchés.

Le présent document couvre les tâches 1 à 5 décrites ci-dessus, soit la présentation des bases et critères de conception, les hypothèses utilisées lors de l'ingénierie de l'empilement ainsi que l'ingénierie proprement dite de l'empilement de résidus asséchés à la surface des résidus miniers de la cellule n° 1. Les tâches 6 à 8 sont présentées dans des notes techniques qui ont été soumises à Métanor de façon indépendante. Ces notes techniques peuvent être consultées aux annexes A à C.
La tâche 9 fut de supporter Métanor pour l'obtention du CA intitulé : *Demande de modification du certificat d'autorisation pour l'exploitation et le traitement de minerai d'or supplémentaire au site minier Bachelor*. Le CA du COMEX a été obtenu le 19 mai 2017 tandis le CA régional a été obtenu le 26 mai 2017.

2 CRITÈRES ET BASE DE CONCEPTION

L'ingénierie détaillée de l'empilement de résidus miniers a été réalisée avec le système d'unités métriques (SI) sur la base des recommandations émises dans les règlements et standards présentés dans le tableau 2-1.

Tableau 2-1 Liste de règlements et standards consultées lors de l'ingénierie détaillée de l'empilement.

DOCUMENTS	RÉFÉRENCE
Provincial	
Loi sur la sécurité des barrages (Québec)	L.R.Q., S-3.1.01
Directive 019 (D019)	Directive 019 sur l'industrie minière, mars 2012
Fédéral	
CDSA – Tailings Commentary on the Dam Safety Guidelines	Canadian Dam Association (CDA), 1997
CDA – Dam Safety Guidelines	Canadian Dam Association (CDA), 2007
CAD – Technical Bulletin: Application of Dam Safety Guidelines to Mining Dams	Canadian Dam Association (CDA), 2014

2.1 TOPOGRAPHIE

Les données topographiques utilisées dans ce projet ont été fournies par Métanor par l'entremise des fichiers sources suivants :

— *GeniArp_ENV_150917-1-2015-07-07 final.dwg*

— *ACAD-ENV_162000-1 2016.dwg*

Ces documents ont été obtenus le 20 juillet 2016.

2.2 NIVEAUX PIÉZOMÉTRIQUES UTILISÉS

L'interprétation des profils au piézocône, des logs de forages et des niveaux d'eau mesurés dans les puits d'observations (GHD, 2017) mis en place en 2016 suggèrent que la nappe phréatique à l'intérieur de la cellule n° 1 se situe à une profondeur approximative de 2 à 5 m sous la surface des résidus miniers. Ceci suggère que les résidus miniers sont dans un état non saturé en surface et saturé en profondeur.

2.3 PROPRIÉTÉS GÉOTECHNIQUES DES MATÉRIAUX

L'information présentée dans les différents ouvrages listés ci-dessous fut utilisée afin d'établir quelles devaient être les propriétés géotechniques à utiliser pour les rejets miniers et sols naturels sous les digues et résidus miniers présents sur le site de la mine Bachelor.

Tableau 2-2 Documentation consultée afin d'établir les propriétés des matériaux

IDENTIFICATION	RÉFÉRENCE
1	Golder et Associés Ltée, 2007, Étude géotechnique et hydrogéologique et conception du parc à résidus de la mine du lac Bachelor Desmaraisville, Québec, p.48 + Annexes
2	GHD, 2017, Investigation géotechnique – Rehaussement de la cellule no 1 du parc à résidus Mine Bachelor, p.18 + Annexes
3	Leroeuil et al. 1985. Remblais sur les argiles molles. 342 pages.
4	Bowles, J.E., 1984. Physical and geotechnical properties of soils. Second Edition. 578 p.

Le tableau 2-3 résume les propriétés géotechniques des différents matériaux qui ont été utilisés dans le cadre de ce mandat. Le détail présentant l'origine des valeurs utilisées est présenté aux annexes B et C.

Tableau 2-3 Propriétés géotechniques des sols utilisés

MATÉRIAUX	PROPRIÉTÉS							COMMENTAIRES
	Su (kPa)	Cu (kPa)	τ_f (kPa)[2]	Φ (°)	c' (kPa)	γ_s (kN/m³)	Liquéfiable	
Résidus miniers	N.A	N.A	N.A	28	N.A.	16	Non[1]	In situ et empilement
Stériles miniers (remblais)	N.A	N.A	N.A	35	N.A.	19	Non	Présents sur les digues et dans l'empilement
Sable et gravier (remblais)	21	28	23	30	N.A.	17,5	Non	Présents dans la digue Médiane
Argile de fondation vis-à-vis digue Médiane[3]	>30 et 16 [4]	>40	20 et 15 [4]	N.A.	N.A.	16	Non	Court terme
Argile de fondation vis-à-vis digue interne principale [3]	>20	>20	16	N.A.	N.A.	16	Non	Court terme
Argile de fondation (sur l'ensemble du site)	N.A.	N.A.	N.A.	25	0	16	Non	Long terme
Till	N.A.	N.A.	N.A.	30	N.A.	21	Non	Sous le dépôt d'argile
Tourbe	N.A.	N.A.	N.A.	20	N.A.	12	Non	Horizon entre résidus miniers et dépôt d'argile

Notes:

1 Voir section 2.5 et Annexe E pour le détail présentant l'évaluation du potentiel de liquéfaction des résidus miniers *in situ*. Une analyse de sensibilité fut réalisée afin d'étudier l'impact d'une possible liquéfaction des résidus miniers sur la sécurité de l'empilement.
2 La résistance mobilisable à la rupture ($_f$) est la valeur utilisée dans le cadre de ce mandat. Voir les annexes B et C pour le détail.
3 Il est considéré que la résistance de l'argile ne diminuera pas suite au séisme de conception.
4. Valeur de résistance minimale pour tenir compte de la présence probable d'un horizon de faible résistance. Des analyses de sensibilité ont été réalisées pour en évaluer l'influence sur la stabilité. Les détails concernant les valeurs de résistances mesurées dans le dépôt argileux sont présentées dans la note technique 02, à l'annexe B

Légende:

Su = Résistance non drainée *in situ* obtenue par essais au Nilcon.

Cu = Résistance non drainée en laboratoire obtenue par essais au cône tombant.

τ_f = Résistance non drainée mobilisable à la rupture.

Φ = Angle de friction interne.

c' = Cohésion effective.

γ_d = Poids volumique.

2.4 CLASSIFICATION DES DIGUES

Afin d'établir quel devait être le séisme de conception à utiliser dans le cadre du présent mandat, il fut établi que la classification du risque des digues du parc à résidus miniers de la mine Bachelor devrait tout d'abord être réalisée. Cette classification a été effectuée sur les bases des recommandations de l'Association canadienne des barrages (ACB).

Comme il est possible de le constater sur le plan 161-07621-00_F01 à l'annexe G, la cellule n° 1 est ceinturée par deux digues, soit la Médiane au nord et la digue interne principale à l'est. Il est considéré que les conséquences d'une rupture de la digue Médiane seraient plus importantes que celles associées à une rupture de la digue interne principale, en raison du bassin d'accumulation présent en aval de la digue interne qui limiterait la mobilité des résidus. C'est pourquoi seule la classification de la digue Médiane fut réalisée. Conformément aux recommandations de l'ACB, la classification de la digue Médiane a été réalisée selon les considérations suivantes, comme présenté au tableau 2-4 :

— population à risque;

— potentiel pour des pertes de vie;

— potentiel de dommage environnemental;

— potentiel de perte économique.

Les recommandations de l'ACB ont été développées principalement pour les barrages hydro-électriques et les conséquences environnementales d'une rupture y sont succinctes (tableau 2-4). Pour pallier à ce manque, les impacts environnementaux d'une potentielle rupture ont été estimés selon le document « Tailings Commentary on the Dam Safety Guidelines » de l'Association canadienne pour la sécurité des barrages (ACSB, 1997), qui recommande d'évaluer les impacts environnementaux selon quatre paramètres (tableau 2-5). Une fois les impacts environnementaux identifiés, une grille d'évaluation à trois niveaux a été utilisée pour qualifier le niveau de conséquences environnementales d'une rupture de la digue (tableau 2-6).

Tableau 2-4 Classification des digues en termes de conséquence (ACB, 2007)

CLASSE DE CONSÉQUENCE	POPULATION À RISQUE	PERTES INCRÉMENTALES[1,2]		
		PERTES DE VIE	ENVIRONNEMENT ET CULTURE	INFRASTRUCTURES ET PERTES ÉCONOMIQUES
Faible	Aucune	0	Minimales à court terme; aucune à long terme	Faibles pertes et nombre limité d'infrastructures
Important/ Significatif	Temporaire	Non spécifié	Aucune perte significative	Pertes d'installations de loisirs, lieu de travail saisonnier, voies de transport peu utilisées
Élevé	Permanente	10 ou moins	Perte importante; restauration ou indemnisation en nature possible	Pertes économiques élevées (infrastructures, transport public, installations commerciales)
Très élevé	Permanente	100 ou moins	Perte importante de l'habitat essentiel; restauration ou indemnisation en nature non pratique	Pertes économiques très élevées (infrastructures ou services importants)
Extrême	Permanente	Plus de 100	Perte majeure de l'habitat essentiel; restauration ou indemnisation en nature impossible	Pertes extrêmes (infrastructures ou services essentiels)

1. Incrémentales par rapport aux impacts prévisibles dans les mêmes conditions naturelles (crue, séisme ou autre événement) mais sans la défaillance de la digue. ***La conséquence la plus sévère (c.-à-d. pertes de vie ou dommages) détermine la catégorie de la structure.*** Dans le cas des résidus miniers, une catégorie de conséquence doit être assignée à chaque étape : construction, opération, fermeture.
2. Les descriptions données ici ne sont qu'indicatives. Voir ACB (2007) pour la description complète.

Tableau 2-5 Évaluation des critères pour l'évaluation des niveaux de conséquences environnementales (ACSB, 1997)

CRITÈRE	NIVEAU	QUALIFICATIF
Ampleur de l'impact	Élevé (A3)	Grand nombre d'organismes affectés
	Modéré (A2)	Un certain nombre d'organismes affectés
	Faible (A1)	Seulement quelques poissons affectés
Durée de l'impact	Très long (D3)	Centaine d'années d'impact (résidus réactifs relâchés dans un cours d'eau) ou plus
	Long (D2)	Décennies (benthos et sédiments affectés)
	Court (D1)	Semaines/mois (eau contaminée relâchée dans un cours d'eau sans impact à long terme sur la vie aquatique)
Sensibilité du milieu récepteur	Très sensible (S3)	Ressources halieutiques de grande valeur ou cours d'eau utilisé comme source d'eau potable
	Sensible (S2)	Cours d'eau à usage récréatif ou possédant des ressources d'une valeur limitée
	Peu sensible (S1)	Cours d'eau isolé sans vie aquatique de grande valeur
Perception du public	Fort (P3)	Réserve autochtone, région touristique, parc ou réserve faunique, etc.
	Typique (P2)	Intérêt des communautés locales
	Faible (P1)	Peu d'intérêt des tierces parties

Tableau 2-6 Niveaux de conséquences environnementales (ACSB, 1997)

NIVEAU DE CONSÉQUENCE	DESCRIPTIF	NIVEAU DES CRITÈRES[1]
Très élevé	Impact environnemental important	• A3 et D3 ou A3 et S3 ou D3 et S3 • A3 et (D2 ou S2) • D3 et (A2 ou S2) • S3 et (A2 ou D2)
Élevé	Impact modéré à élevé, ou perception du public élevée à très élevée	• A3 ou D3 ou S3 avec tout autre critère de niveau 1 • Toute combinaison de critère contenant des niveaux 2 et 1 • P3 en combinaison avec tout autre critère de niveaux 2 ou 1
Bas	Faible impact environnemental	• A1 et D1 et S1 et (P1 ou P2)

1. Les critères et leur niveau sont définis au tableau 2-5.

Les tableaux 2-5 et 2-6 ont donc été utilisés afin d'évaluer le niveau de conséquences environnementales d'une rupture de la digue Médiane selon les critères de 1997, et celui-ci a ensuite été transposé, par l'entremise du tableau 2-7, en une catégorie de conséquences environnementales suivant les recommandations de l'ACB 2007. Cette classification 2007 a donc été utilisée pour déterminer la classification de la digue selon le tableau 2-4.

Tableau 2-7 Correspondance approximative entre les catégories des conséquences environnementales présentées dans les documents de ACB 1997 et 2007

ACSB 1997	ACB 2007
Conséquence environementale	
Très élevé	Perte majeure de l'habitat essentiel; restauration ou indemnisation en nature impossible
	Perte importante de l'habitat essentiel, restauration ou indemnisation en nature non pratique
Élevé	Perte importante; restauration ou indemnisation en nature possible
	Aucune perte significative
Faible	Minimales à court terme; aucune à long terme

Comme présenté au tableau 2-8, il est considéré qu'une rupture de la digue de Médiane pourrait avoir des conséquences environnementales élevées, selon les critères de l'ACSB (1997). Cette classification est associée au fait qu'il y a le lac Bachelor à environ 3 200 m en aval de cette digue. Cette classification environnementale basée sur les critères de 1997 est considérée comme étant l'équivalent du niveau Important / Significatif sur la base des recommandations de l'ACB 2007 (tableau 2-7).

En ce qui a trait au risque relatif à la population ou pertes de vie, celui-ci ne peut-être spécifié, car le site est situé dans un secteur forestier avec un accès limité, que l'usage du site en aval de la digue est industrielle et probablement de type récréatif saisonnier (c.-à-d. chasse et pêche) et qu'il ne semble pas y avoir d'activités particulières dans ce secteur. Il est important de souligner le fait qu'une évaluation détaillée du risque relatif à la perte de vie nécessiterait la réalisation d'une analyse postrupture de la digue, ce qui était exclu du présent mandat.

Pour ce qui est des risques relatifs aux coûts, il est considéré que seulement des installations de loisirs, lieu de travail saisonnier et voies de transport privées peu utilisées seraient affectés. Par conséquent, la classification qualitative de la digue Médiane est jugée comme étant Importante/Significative selon les recommandations 2007 de l'ACB, comme résumé dans le tableau 2-8.

Tableau 2-8 Classification de la digue Médiane selon les conséquences environnementales d'une rupture

ÉVALUATION DES CONSÉQUENCES ENVIRONNEMENTALES SELON L'ACSB (1997)						
Digue Médiane		Ampleur de l'impact	Durée de l'impact	Sensibilité du milieu récepteur	Perception du public[1]	**Niveau de conséquence environnementale (ACSB 1997)**[2]
		A2	D2	S2	P2	**Élevé**
Niveau de conséquences pour les digues selon ACB 2007						
	Population à risque	Pertes de vie	Environnement	Coût ($)	**Classe**[3]	
Rupture sous chargement statique ou dynamique	Temporaire	Non spécifié	Aucune perte significative	Pertes d'installations de loisirs, lieu de travail saisonnier, voies de transport peu utilisées	**Important/Significatif**[1]	

1. S'il est jugé que la perception du public en cas d'incident ne se limitait pas seulement à la communauté locale, la catégorie de conséquence devrait être augmentée au niveau supérieur.
2. Cette classification environnementale est utilisée, qu'à titre indicatif, afin de déterminer les pertes incrémentales sur l'environnement tel que présenté au tableau 2-5 et 2-6, provenant de l'ACB 2007.
3. La classe de risque est basée sur le tableau 2-4.

Bien que de multiples événements puissent être à l'origine d'une rupture de digue, la présente classification de la digue Médiane a été réalisée en considérant que la rupture serait engendrée sous chargement statique ou par un séisme. Cette classification est basée sur les conditions actuelles du site et devra être vérifiée si des changements surviennent en aval de la digue.

2.5 ÉVÈNEMENT SISMIQUE DE CONCEPTION

L'ACB recommande que le séisme de conception pour un ouvrage de retenue soit établi sur sa classification du risque, comme présenté au tableau 2-9. Ainsi, le séisme de conception pour la digue Médiane devrait être d'une récurrence de 1 000 ans. Cependant, comme spécifié dans la Directive 019 (D019) sur l'industrie minière au Québec (MDDELCC, 2015), un séisme d'une récurrence minimale de 2 500 ans doit être utilisé pour les aires d'accumulation de résidus miniers.

Tableau 2-9 Classification des digues en termes de conséquence (ACB, 2007)

CLASSE DE CONSÉQUENCE	PAD[1] DU MSTD[1,2]
Faible	1/500
Important/Significatif	1/1,000
Élevé	1/2,500
Très élevé	1/5,000[3]
Extrême	1/10,000[3]

1. PAD : Probabilité annuelle de dépassement. MSTD : mouvement sismique du terrain pour dimensionnement
2. Les niveaux de PAD pour le MSTD doivent être utilisés pour les estimations moyennes et non pas pour les estimations médianes du risque.
3 La valeur du MSTD doit être justifiée pour démontrer la conformité à un risque acceptable selon les normes sociales. Cette justification peut reposer sur une analyse des modes de rupture s'appliquant à ce barrage, axée sur les modes particuliers pouvant contribuer une rupture ou à une défaillance amorcée par un évènement sismique. Si une telle justification ne peut être faite, le MSTD doit être de 1/10,000.

Par conséquent, un séisme de conception d'une récurrence de 2 500 ans a été utilisé afin d'établir la sécurité séismique des digues Médiane et interne principale, de l'empilement et d'évaluer le potentiel de liquéfaction de résidus miniers de la mine Bachelor. Le tableau 2-10 résume les accélérations sismiques associées aux différentes périodes de récurrence pour le site minier Bachelor.

Tableau 2-10 Accélération sismique pour le site de la mine Bachelor – Coord. 49,4983 ° Nord et 76,1408° Ouest) (valeur moyenne du CNBC, 2015)

Période de	Accélération maximale du sol (g)[(1)]
1:100 ans	0.0085
1:476 ans	0.021
1:1,000 ans	0.030
1:2,475 ans	***0.047***

Note: (1) Valeur associée pour un sol ferme de Classe C.

Les paramètres sismiques du site de la mine Bachelor ont été obtenus à partir des outils de conception sismique pour les ingénieurs fournis par les Ressources nationales du Canada. Ces paramètres sont basés sur des cartes sismiques élaborées pour le Code national du bâtiment 2015 (CNB, 2015). Les valeurs obtenues suggèrent que le site est localisé dans une région de faible activité sismique.

Les profils de vitesse de cisaillement (Vs) mesuré par l'entremise de sondages au piézocône varient de ± 90 à 180 m/s dans l'argile de fondation sous l'aire d'accumulation de résidus miniers. Sur la base de l'information présentée par Finn et Wightman (2003), ces Vs suggèrent que le sol de fondation sous le parc à résidus miniers de mine Bachelor est de catégorie E. Par conséquent, le facteur d'amplification approprié doit être utilisé afin de corriger la valeur d'accélération devant être utilisée pour évaluer le potentiel de liquéfaction des résidus miniers et la stabilité pseudostatique des structures. Pour ce faire, les facteurs d'amplification proposés dans le CNBC ont été utilisés[1]. Ainsi, en tenant compte de l'amplification possible pouvant être engendrée par le dépôt d'argile, l'accélération sismique devant être utilisée dans le cadre de présent mandat pour un séisme présentant une période de récurrence de 2 500 ans est de 0,099 g, soit 2,1 fois supérieure à celle associée à un sol ferme de classe C.

1 Cette étape n'a pas été réalisée dans le cadre de l'émission des notes techniques présentées en annexes.

2.6 COEFFICIENT DE SÉCURITÉ DE CONCEPTION

Le tableau 2-11 résume les facteurs de sécurité que l'aire d'accumulation de résidus miniers devrait présenter pour diverses conditions de chargement, comme recommandé par l'ACB, la D019 et par le MERN. Ce tableau indique que les valeurs cibles les plus élevées ont généralement été utilisées dans le cadre de la présente étude, à l'exception du chargement pseudostatique pour lequel le coefficient de sécurité minimal ciblé correspond à la valeur applicable aux mines en opération et non aux sites miniers restaurés.

Il est possible de constater que la totalité des situations et mode de ruptures possibles n'ont pas été étudiés et analysés (c.à.d. rupture par phénomène d'érosion interne, rupture suite à un débordement en crête, etc.). Il est recommandé que la totalité des cas de figures soient étudiés dans le cadre de la revue de la sécurité des digues, la révision du plan de fermeture de Mine Bachelor ou lorsque des travaux d'augmentation de la capacité d'emmagasinement du parc à résidus sont envisagés.

Tableau 2-11 Coefficients de sécurité minimaux utilisés

Type de chargement	Coefficient minimal de la pente aval de la structure			
	RECOMMANDATIONS			UTILISÉES
	ACB	D019[2]	MERN[3]	
Statique:				
Court terme	1,3	1,3 to 1,5	1,3 to 1,5	1,5[6]
Long terme	1,5	1,5	1,5	1,5
Dynamique[1]:				
Pseudostatique	1,0	1,1	1,25	1,1[5]
Postséisme [4]	1,2 à 1,3	1,3	1,3	1,3

1. Le coefficient d'accélération sismique utilisé dans les analyses pseudostatiques correspond à 70 % de l'accélération horizontal d'un séisme d'une récurrence 2 500 ans
2. Pour les mines en opération
3. Pour les mines restaurées
4. Voir annexe E pour l'évaluation du potentiel de liquéfaction des résidus miniers
5. Les valeurs de la D019 ont été utilisées, car elles sont applicables pour les sites miniers actifs. Les valeurs présentées dans le guide du MERN sont applicables à des sites restaurés ou fermés. Il est considéré que les travaux de restauration permettront d'atteindre la valeur de présenté dans le guide du MERN.
6. Une valeur de 1,3 aurait pu être utilisée, mais il est jugé que la situation prévale sur le site de Métanor ne respecte pas les critères décrivant une situation à court terme pendant la construction.

2.7 ÉVALUATION DU POTENTIEL DE LIQUÉFACTION DES RÉSIDUS MINIERS

Les données de résistance en pointe et des vitesses de cisaillement obtenues par la réalisation des sondages au piézocône ont été utilisées afin d'évaluer le potentiel de liquéfaction des résidus miniers. Les méthodes proposées par Youd et al. En 2001 furent utilisées.

Comme il est possible de l'observer à l'annexe D, les profils de résistance en pointe mesurés à l'intérieur de la cellule n° 1 sont similaires et concorde entre eux, indiquant que la résistance des matériaux en place est peu variable. Ainsi, seuls les profils CPTU A1, A4, E2 et C3 furent utilisés pour évaluer le potentiel de liquéfaction. Le profil de Vs mesuré au droit du sondage CPTU A1 fut aussi utilisé pour établir le potentiel de liquéfaction des résidus.

Lorsque les mesures de la vitesse de cisaillement des résidus miniers *in situ* sont utilisées, il semblerait qu'un horizon d'une épaisseur approximative de 1,0 m soit liquéfiable à une profondeur de 5,40 m sous la surface des résidus de la cellule n° 1, en fonction des conditions de nappe phréatique actuelle.

Comme présenté par Youd et al. (2001), l'utilisation des mesures de Vs afin d'établir le potentiel de liquéfaction présente des limitations techniques et il est suggéré de corroborer ces résultats avec d'autres paramètres, comme la résistance en pointes.

Ainsi, le potentiel de liquéfaction des résidus miniers fut établi par l'entremise des résistances en pointes. Afin d'établir l'influence du niveau d'eau dans les résidus miniers, une étude de sensibilité fut réalisée avec les deux conditions hydrogéologiques suivantes : nappe phréatique au niveau comme mesuré en 2016 (niveau normal) et une nappe phréatique localisée à la surface des résidus miniers de la cellule n° 1 (cas conservateur).

Comme il est possible de le constater à l'annexe E, le potentiel de liquéfaction des résidus miniers *in situ* avec une nappe phréatique normale est faible (FoS_{min} = 1,06) lorsque estimé par la méthode de Youd et al (2001). Comme attendu, le fait de localiser la nappe phréatique à la surface des résidus miniers augmente le potentiel de liquéfaction des résidus miniers *in situ* (FoS_{min} = 0,50). Les graphiques de l'annexe E indiquent que certains horizons de résidus miniers, de faibles épaisseurs et localisés à différentes profondeurs dans la cellule n° 1, présentent un potentiel de liquéfaction plus élevé. Ce phénomène peut s'expliquer par la stratification des résidus miniers engendrée par la méthode de déposition utilisée par Métanor. En effet, des horizons de résidus miniers plus denses et présentant une granulométrie plus grossière sont intercalés avec des horizons lâches de résidus plus fins. De plus, le fait de ne pas utiliser la correction pour les fines a pour effet d'augmenterle potentiel de liquéfaction des résidus miniers.

L'évaluation du potentiel de liquéfaction des résidus miniers par les méthodes proposées par Youd et al. (2001) suggère que ceux-ci présentent un potentiel de liquéfaction faible, mais présent. Une nappe phréatique élevée dans les résidus miniers augmente leur potentiel de liquéfaction.

3 INGÉNIERIE DE L'EMPILEMENT DE RÉSISUS ASSÊCHÉS

3.1 CONCEPTION DE L'EMPILEMENT

L'ingénierie de l'empilement de résidus miniers asséchés à la surface de la cellule nº 1 a pour objectif d'augmenter la capacité d'emmagasinement du parc à résidus, sans pour autant en augmenter la superficie. Cette modification au concept de gestion des résidus miniers ne modifiera en rien la déposition des résidus miniers et la gestion des eaux actuellement réalisée. Cette modification consiste principalement à excaver les résidus déposés par bout de tuyaux qui se seront drainés de leur eau de façon gravitaire, afin que ceux-ci soient transportés par camion vers la surface de la cellule nº 1. Une fois déchargés, les résidus miniers seront étendus, mis en place et compactés adéquatement afin de former un empilement. L'ingénierie de l'empilement fut élaborée en se basant sur un concept de référence : celui utilisé avec succès sur le site de Durango, Mexique (Preciado et al. 2016).

L'information recueillie lors de la campagne d'investigation suggère que l'excavation des résidus miniers situés au-dessus de la nappe phréatique pourra être réalisée sans problématique majeure, cette étape ayant déjà été réalisée par Métanor par le passé. Une fois excavés, les résidus seront placés et compactés avec l'aide d'un bouteur. La configuration de l'empilement fut établie afin que ses pentes rencontrent les critères de stabilité présentés au tableau 2-11. Les résultats des analyses de stabilité réalisées sont détaillés ici-bas et les figures synthèses montrant les cercles de ruptures critiques sont présentées à l'annexe F.

Une approche similaire à celle suggérée par Detert et Caldwell (2016) fut mise de l'avant dans le cadre du présent mandat. Un géotextile non tissé de type Mirafi HP270, Geo9 ou l'équivalent devra être déployé à la surface des résidus miniers de la cellule nº 1 préalablement à la construction de l'empilement. Les géotextiles devront se chevaucher de 300 mm et être cousus. Ce dernier devra être recouvert d'une couche de stériles miniers fins d'une épaisseur minimale de 500 mm, et ce, préalablement à la construction de l'empilement de résidus miniers. Cette combinaison de produits et matériaux permettra d'augmenter la capacité portante des résidus en place dans la cellule nº 1, facilitant le travail de la machinerie lors de la construction de l'empilement. De plus, l'utilisation de cette combinaison permettra d'améliorer les propriétés drainantes de l'empilement et en augmentera sa stabilité. Il est à noter que l'épaisseur de 500 mm de stériles miniers fut établie sur la base de notre jugement et des valeurs de résistance en pointe, mesurés dans les résidus en place par l'entremise des sondages au piézocône. Cette épaisseur pourrait être augmentée sur le terrain à la suite de l'examen du comportement du remblai (c.-à-d. problèmes d'enlisement et d'instabilité du remblai d'empierrement), où l'utilisation de géogrille triaxiale pourrait être requise.

Comme présenté à la section 2, l'interprétation de l'information disponible laisse présager qu'aucune nappe phréatique ne se créera dans l'empilement de résidus. Effectivement, les profils de pression d'eau (μ_2) mesurés au droit des CPTU-A1, A3 et A4 suggèrent que les 3 à 5 premiers mètres de résidus dans la cellule nº 1 sont dans un état non saturé. Cette information est cohérente avec les mesures des niveaux d'eau réalisées dans les puits d'observations PZ-01 au droit des forages F-A-1-2016 et F-A-2-2016. De plus, la mise en place d'une couche de 500 mm de stériles miniers entre l'empilement et les résidus miniers agira comme un drain, assurant un drainage adéquat de l'empilement et limitant la remontée capillaire dans l'empilement.

Par contre, afin d'établir l'influence d'un niveau de la nappe phréatique plus élevé dans les résidus miniers, une analyse de sensibilité fut réalisée. Une première série d'analyse de stabilité considère que le niveau de la nappe phréatique augmente à la suite de la construction de l'empilement. Il est considéré que le niveau de l'eau serait situé à la surface des résidus miniers en place dans la cellule nº 1, soit à l'élévation 331 m. Cette situation est considérée comme étant une hypothèse conservatrice et peu probable sur la base de l'information disponible. Une seconde situation, considérée comme étant plus réaliste, considère que le niveau d'eau dans les résidus de la cellule nº 1 ne sera pas affecté par la construction de l'empilement. Ainsi, pour cette seconde série d'analyse, la nappe phréatique fut établie à l'élévation 327,4 m.

Cette étude de sensibilité est jugée comme étant représentative de la situation qui prévaudra au nord de la cellule nº 1et le long de la digue Médiane. Effectivement, le profil de pression d'eau (μ_2) mesuré au droit du CPTU-E2 le long de la digue interne principale suggère que la position de la nappe phréatique est plus élevée dans ce secteur, réduisant par le fait même les résistances en pointe, comme présenté à l'annexe D. Par conséquent, les niveaux de la nappe phréatique utilisés dans l'analyse de la stabilité de la digue interne principale sont de 330,12 m et de 329,7 m.

Il a été établi qu'une distance minimale de 10 m entre le pied de l'empilement et les digues était requise. Cette distance minimale limitera l'impact que les fluctuations du niveau d'eau dans le bassin d'accumulation pourraient avoir sur la stabilité du pied de l'empilement vis-à-vis la digue interne principale. De plus, une telle distance de dégagement assurera une gestion des eaux de surface adéquate. Cependant, il se pourrait que lors de la construction de l'empilement, cette distance soit augmentée si des problématiques opérationnelles surviennent, comme l'enlisement de l'équipement ou une déformation importante de la surface des résidus limitant le libre écoulement des eaux de surfaces.

Les tableaux 4-1 à 4-3 résument les coefficients de sécurité obtenus pour la configuration proposée de l'empilement. Les figures montrant les cercles de ruptures sont présentées à l'annexe F.

Comme il est possible de le constater, les cercles de rupture critique résultant en une rupture totale de l'empilement vis-à-vis la digue Médiane sous chargement statique et pseudostatique sont profonds. Ces surfaces de ruptures se forment au contact de l'argile et du till sous-jacent. Le fait d'avoir une nappe phréatique basse et aucun horizon de faible résistance augmente la sécurité de la section. La présence de résidus miniers en aval de la digue Médiane en affecte la stabilité, spécialement celle postséisme. Effectivement, la présence de résidus miniers liquéfiés à l'intérieur de la berme aval fait en sorte que sa stabilité est grandement réduite à la suite d'un séisme. Les résultats suggèrent qu'une rupture progressive de la digue, engendrant un épanchement de résidus dans l'environnement, pourrait résulter d'un affaissement majeur du parement aval de la digue.

Comme observé pour la digue Médiane, la sécurité de la digue interne principale augmente lorsque la nappe phréatique est plus basse, mais dans une moindre mesure que ce qui est observé au droit de la digue Médiane. Les cercles de rupture critiques sont profonds, tangent au till sous-jacent, comme identifié pour la digue Médiane. Le fait que la digue interne principale fut construite sur des résidus liquéfiables fait en sorte que cette section présente une stabilité critique en condition postséisme, et ce, avec ou sans empilement. Toutefois, de par la disposition de la digue interne principale, il est jugé qu'une rupture de celle-ci à la suite d'un tremblement de terre ne présente par un risque majeur. Le bassin d'accumulation accepterait l'épanchement de résidus miniers, limitant ainsi l'impact environnemental d'une telle rupture.

L'utilisation des paramètres de résistance à long terme de l'argile de fondation sous les digues fait en sorte que la sécurité de l'empilement augmente avec le temps.

Tableau 3-1 Coefficients de sécurités obtenus avec l'horizon d'argile de faible résistance vis-à-vis la digue Médiane

Localisation	Situation	Chargement	Analyses	Elevation nappe phréatique dans les résidus	FoS obtenues	Fos requis	Figure	Commentaires
Vis à vis digue Médiane	Court terme	Statique	Digue	331 m	1,30 (opt)[1] et 1,45 (semi-circul.)[2]	1,5	Figures F-1 et F-10	Nappe phréatique élevée impact significativement la stabilité, faisant en sorte que les FoS minimaux ne sont pas rencontrés lorsqu'un horizon de faible résistance est considéré dans la fondation de la digue Médiane. Il est a noter que si le FoS de 1.3 pour une condition court terme sous chargement statique avait été sélectionné le critère minimum aurait été rencontré. La présence de résidus miniers liquéfiés impact sur la sécurité postséisme de la digue Médiane et de l'empilement.
				327,4 m	1,49 (opt) et 1,64 (semi-circul.)			
			Profonde	331 m	1,31 (opt) et 1,47 (semi-circul.)			
				327,4 m	1,50 (opt) et 1,79 (semi-circul.)			
			Empilement	331 m	>1,60			
				327,4 m	>1,85			
		Pseudostatique	Digue	331 m	0,89 (opt) et 1,01 (semi-circul.)	1,1	Figures F-3 et F-12	
				327,4 m	1,04 (opt) et 1,15 (semi-circul.)			
			Profonde	331 m	0,84 (opt) et 0,94 (semi-circul.)			
				327,4 m	0,95 (opt) et 1,14 (semi-circul.)			
			Empilement	331 m	>1,30			
				327,4 m	>1,52			
		Post séisme (situation peu probable, car résidus considérés comme non liquéfiables)	Digue	331 m	0,62 (opt) et 1,06 (semi-circul.)	1,3	Figures F-5 et F-14	
				327,4 m	0,88 (opt) et 1,36 (semi-circul.)			
			Profonde	331 m	0,97 (opt) et 1,1 (semi-circul.)			
				327,4 m	1,03 (opt) et 1,45 (semi-circul.)			
			Empilement	331 m	>0,44			
				327,4 m	>1,39			
	Long terme	Statique	Digue	331 m	1,98 (opt) et 2,00 (semi-circul.)	1,5	Figures F-7 et F-16	Tel qu'il est possible de le constater la nappe phréatique impact sur la stabilité de l'ouvrage, principalement suite à la liquéfaction des résidus miniers. Les FoS minimaux recommandés sont rencontrés dans la majorité des cas de figures étudiés. La présence de résidus miniers dans la berme aval impact sur la sécurité postséisme de la digue Médiane.
				327,4 m	2,35 (opt) et 2,38 (semi-circul.)			
			Profonde	331 m	2,00 (opt) et 2,14 (semi-circul.)			
				327,4 m	2,64 (opt) et 2,85 (semi-circul.)			
			Empilement	331 m	>1,60			
				327,4 m	>1,85			
		Pseudo-statique	Digue	331 m	1,39 (opt) et 1,41 (semi-circul.)	1,1	Figures F-8 et F-17	
				327,4 m	1,65 (opt) et 1,67 (semi-circul.)			
			Profonde	331 m	1,33 (opt) et 1,37 (semi-circul.)			
				327,4 m	1,74 (opt) et 1,83 (semi-circul.)			
			Empilement	331 m	>1,30			
				327,4 m	>1,52			
		Post séisme Statique (situation peu probable, car résidus considéré comme ayant un faible potentiel de liquéfaction)	Digue	331 m	0,62 (opt) et 1,06 (semi-circul.)	1,3	Figures F-9 et F-18	
				327,4 m	0,88 (opt) et 1,36 (semi-circul.)			
			Profonde	331 m	0,87 (opt) et 1,69 (semi-circul.)			
				327,4 m	2,19 (opt) et 2,51 (semi-circul.)			
			Empilement	331 m	>0,44			
				327,4 m	>1,40			

1. Opt : cercle de rupture optimisé. Cette option disponible dans le logiciel de calculs permet de modifier la géométrie des cercles de rupture critiques pour évaluer le FoS minimal. Ce FoS optimisé présente parfois une surface de rupture particulière et le jugement de l'ingénieur est requis pour en déterminer la validité.
2. Semi-circul. : cercle de rupture semi-circulaire critique, avant l'étape d'optimisation de la géométrie critique.

Tableau 3-2 Coefficients de sécurité obtenus sans l'horizon d'argile de faible résistance vis-à-vis la digue Médiane

Localisation	Situation	Chargement	Analyses	Elevation nappe phréatique dans les résidus	FoS obtenues	Fos requis	Figures	Commentaires
Vis à vis digue Médiane	Court terme	Statique	Digue	331 m	1,47 (opt)[1] et 1,55 (semi-circul.)[2]	1,5	Figures F-2 et F-11	Lorsque l'horizon de faible résistance n'est pas considéré, la nappe phréatique élevée a un impact moindre sur la stabilité, faisant en sorte que les FoS minimaux sont rencontrés pour la majorité des cas de figures étudiés. L'instabilité est principalement présente dans la pente aval de la digue. Les cercles de rupture passent dans les résidus présents en aval de la digue. La présence de résidus miniers liquéfiés impact sur la sécurité postséisme de la digue Médiane et de l'empilement.
				327,4 m	1,63 (opt) et 1,74 (semi-circul.)			
			Profonde	331 m	1,44 (opt.) et 1,56 (semi-circul.)			
				327,4 m	1,63 (opt) et 1,88 (semi-circul.)			
			Empilement	331 m	>1,60			
				327,4 m	>1,85			
		Pseudostatique	Digue	331 m	1,01 (opt) et 1,08 (semi-circul.)	1,1	Figure F-4 et F-13	
				327,4 m	1,14 (opt.) et 1,22 (semi-circul.)			
			Profonde	331 m	0,94 (opt) et 0,99 (semi-circul.)			
				327,4 m	1,05 (opt.) et 1,20 (semi-circul.)			
			Empilement	331 m	>1,30			
				327,4 m	>1,52			
		Post séisme (situation peu probable, car résidus considéré comme ayant un faible potentiel de liquéfaction)	Digue	331 m	0,62 (opt.) et 1,06 (semi-circul.)	1,3	Figures F-6 et F-15	
				327,4 m	0,88 (opt) et 1,36 (semi-circul.)			
			Profonde	331 m	1,07 (opt.) et 1,19 (semi-circul.)			
				327,4 m	1,22(opt) et 1,54 (semi-circul.)			
			Empilement	331 m	>0,44			
				327,4 m	>1,39			
	Long terme	Statique	Digue				Voir Tableau 4-1	
			Profonde					
			Empilement					
		Pseudostatique	Digue					
			Profonde					
			Empilement					
		Post séisme Statique	Digue					
			Profonde					
			Empilement					

1. Opt : cercle de rupture optimisé. Cette option disponible dans le logiciel de calculs permet de modifier la géométrie des cercles de rupture critiques pour évaluer le FoS minimal. Ce FoS optimisé présente parfois une surface de rupture particulière et le jugement de l'ingénieur est requis pour en déterminer la validité.
2. Semi-circul. : cercle de rupture semi-circulaire critique, avant l'étape d'optimisation de la géométrie critique.

Tableau 3-3 Coefficients de sécurité obtenus vis-à-vis la digue interne principale

Localisation	Situation	Chargement	Analyses	Elevation nappe phréatique dans les résidus	FoS obtenues	Fos requis	Figure	Commentaires
Vis à vis digue interne principale	Court terme	Statique	Digue	330,12 m	1,97 (opt)[1] et 2,07 (semi-circul.)[2]	1,5	Figures F-19 et F-22	Nappe phréatique élevée impact peu sur la stabilité. La présence de résidus miniers liquéfiés impact sur la sécurité postséisme de la digue interne principale.
				329,1 m	2,05 (opt) et 2,10 (semi-circul.)			
			Profonde	330,12 m	1,46 (opt.) et 1,82 (semi-circul.)			
				329,1 m	1,39 (opt) et 1,79 (semi-circul.)			
			Empilement	330,12 m	>1,52			
				329,1 m	>1,62			
		Pseudo-statique	Digue	330,12 m	1,41 (opt.) et 1,48 (semi-circul.)	1,1	Figures F-20 et F-23	
				329,1 m	1,51 (opt.) et 1,54 (semi-circul.)			
			Profonde	330,12 m	0,84 (opt.) et 1,05 (semi-circul.)			
				329,1 m	0,82 (opt.) et 1,05 (semi-circul.)			
			Empilement	330,12 m	>1,21			
				329,1 m	>1,38			
		Postséisme (situation peu probable, car résidus considéré comme ayant un faible potentiel de liquéfaction)	Digue	330,12 m	0,54(opt.) et 0,57 (semi-circul.)	1,3	Figure F-21 et F-24	
				329,1 m	0,51(opt.) et 0,53 (semi-circul.)			
			Profonde	330,12 m	0,65 (opt.) et 0,92 (semi-circul.)			
				329,1 m	0,67(opt.) et 0,96 (semi-circul.)			
			Empilement	330,12 m	>0,45			
				329,1 m	>0,54			
	Long terme	Statique	Digue	330,12 m	1,97(opt.) et 2,07 (semi-circul.)	1,5	Figures F-25 et F-28	Les propriétés long terme de l'argile de fondation améliorent la stabilité pseudostatique de la structure. La présence de résidus miniers liquéfiés impact sur la sécurité postséisme de la digue interne principale.
				329,1 m	2,05 (opt.) et 2,10 (semi-circul.)			
			Profonde	330,12 m	2,27 (opt.) et 3,15(semi-circul.)			
				329,1 m	2,63 (opt.) et 3,17 (semi-circul.)			
			Empilement	330,12 m	<1,52			
				329,1 m	<1,76			
		Pseudo-statique	Digue	330,12 m	1,41(opt.) et 1,48 (semi-circul.)	1,1	Figures F-26 et F-29	
				329,1 m	1,51(opt.) et 1,54 (semi-circul.)			
			Profonde	330,12 m	1,51(opt.) et 1,78 (semi-circul.)			
				329,1 m	1,67(opt.) et 1,81 (semi-circul.)			
			Empilement	330,12 m	<1,21			
				329,1 m	<1,43			
		Post séisme Statique (situation peu probable, car résidus considéré comme ayant un faible potentiel de liquéfaction)	Digue	330,12 m	0,54(opt.) et 0,57 (semi-circul.)	1,3	Figures F-27 et F-30	
				329,1 m	0,51(opt.) et 0,53 (semi-circul.)			
			Profonde	330,12 m	0,65 (opt.) et 0,92 (semi-circul.)			
				329,1 m	0,67(opt.) et 0,96 (semi-circul.)			
			Empilement	330,12 m	>0,45			
				329,1 m	>0,54			

1. Opt : cercle de rupture optimisé. Cette option disponible dans le logiciel de calculs permet de modifier la géométrie des cercles de rupture critiques pour évaluer le FoS minimal. Ce FoS optimisé présente parfois une surface de rupture particulière et le jugement de l'ingénieur est requis pour en déterminer la validité.
2. Semi-circul. : cercle de rupture semi-circulaire critique, avant l'étape d'optimisation de la géométrie critique.

3.2 PROCÉDURE DE CONSTRUCTION RECOMMANDÉE

Les rouleaux de géotextile qui seront mis en place, d'une largeur approximative de 15 m, devront se chevaucher de 300 mm. Les chevauchements devront être arpentés. La méthodologie de mise en place de la couche de 500 mm de stériles miniers par-dessus le géotextile devra assurer que ce dernier reste en place et ne se déchire pas. Le bouteur ne devra pas effectuer de virage à la surface de cette couche de stériles miniers afin de préserver l'intégrité du géotextile sous-jacent. Comme mentionné précédemment, l'épaisseur de stériles miniers pourrait être augmentée sur le terrain, où l'utilisation de géogrille triaxiale pourrait être requise.

Il est recommandé de construire l'empilement de résidus asséchés de ± 3,0 m de hauteur en deux étapes. Un sous-palier d'une épaisseur approximative de 1,25 m devrait être construit, en premier lieu, afin d'atteindre l'élévation 333,25 m. La pente externe de l'empilement doit être de 3H:1V. Les résidus miniers mis en place dans l'empilement devront avoir une compacité minimale de 90 % du Proctor normale (P.N.). Afin de limiter au maximum l'effet de pompage hydraulique et pour limiter la génération de suppressions interstitielles, la mise en place et la compaction des résidus devront être réalisées avec l'aide d'un bouteur à faible pression au sol et à de faible vitesse de façon à limiter les vibrations. Il en est de même pour la mise en place des stériles miniers.

La construction par paliers successifs permettra d'acquérir des connaissances techniques pertinentes qui pourront être utilisées afin d'optimiser la configuration de l'empilement, le cas échéant. De plus, une construction par étapes permettra d'augmenter la sécurité de l'empilement. Bien qu'une augmentation des pressions interstitielles dans les sols sous-jacents ne soit pas attendue, limiter le rythme de construction assurera que toute augmentation de pression interstitielle se dissipe adéquatement. De plus, il est attendu qu'une augmentation de la résistance des sols de fondations survienne entre les périodes de construction.

Une fois la construction du premier palier terminé, ce dernier devra être recouvert d'une couche de stériles miniers d'une épaisseur approximative de 250 mm. La pente externe du palier devra tant qu'à elle être recouverte d'une couche de 500 mm de stériles miniers. Ceux-ci auront comme objectifs de réduire l'émission de poussières dans l'environnement et de limiter les risques d'érosion hydrique et la formation de sillons d'érosion.

La surface de l'empilement doit permettre un écoulement de l'eau vers l'extérieur, de façon à prévenir toute accumulation d'eau en surface. Une pente minimale de 2 % devra donc être respectée à la surface de l'empilement. Ainsi, l'élévation de la surface des résidus miniers variera d'un secteur à l'autre. La mise en place du second palier pourra être réalisée au printemps suivant, une fois la fonte du couvert de neige terminée.

Une rampe d'accès avec une pente minimale de 10H :1V et une largeur minimale de 15 m devra être construite entièrement en stérile miniers à l'extrémité ouest de l'empilement. Une berme de protection présentant une hauteur minimale de 1 m devra être construite de part et d'autre de l'accès. Cette berme de protection devra respecter les exigences minimales prescrites par la loi et les règlements en vigueur.

La mise en place des différents matériaux requis à la construction de l'empilement devrait être effectuée du nord-ouest (secteur du poste de garde) vers le sud-est (digue interne principale) afin d'assurer une gestion de l'eau de surface adéquate. La méthode de construction devra assurer que l'eau qui sera présente à la surface des résidus de la cellule n° 1 soit dirigée vers les brèches présentes dans la digue interne principale.

De plus, il est recommandé qu'un seul front d'avancement/construction initial d'une épaisseur de ± 300 mm soit utilisé afin de limiter le risque de trapper de l'eau à l'intérieur de l'empilement. Par conséquent, le sous-palier de 1,25 m devrait être construit en quatre temps.

Finalement, il est recommandé que la circulation des camions à la surface des résidus secs soit limitée le plus possible. La méthode de construction mise de l'avant devrait s'assurer à ce que les camions circulent principalement sur les stériles miniers.

Sur la base de l'information technique collectée lors de la construction du palier 1a, des recommandations pourraient être émises concernant la méthode de construction du palier 1b.

3.3 INSTRUMENTATIONS, SUIVIS ET SURVEILLANCE

Il est recommandé de conserver les puits d'observations localisés au droit des forages F-A-1-2016 et F-A-2-2016 et de relever les niveaux d'eau quotidiennement durant la construction des différents sous-paliers de l'empilement. Ces niveaux d'eau devront être enregistrés par Métanor dans un registre de type Excel et transmis à l'ingénieur concepteur sur une base quotidienne. Pour ce faire, les tubulures et le tubage de protection au F-A-1-2016 devront probablement être allongés. Par la suite, une fois la construction du premier palier de l'empilement terminée, les niveaux d'eau dans ces puits d'observation devront être relevés sur une base mensuelle, et ce, jusqu'à ce que la construction de tous les paliers de l'empilement soit finalisée.

Les différentes surfaces de l'empilement (c.-à-d. résidus miniers, stériles miniers) devront être arpentées pour fins de calcul de volume et de contrôle à la fin de chaque période de construction.

L'année suivante, avant à la construction du second palier, la surface des stériles miniers devra être arpentée. La comparaison entre les deux surfaces permettra d'établir l'ampleur des tassements et des déformations survenues durant la période « d'attente ». Cette information permettra d'optimiser et/ou d'ajuster la conception de l'empilement et possiblement la méthode de construction.

L'inspection de la surface de l'empilement et de ces pentes devra être incluse dans le programme d'inspection interne de Métanor et devra faire partie des inspections statutaires des digues réalisées annuellement par une firme externe.

3.4 PÉRIODE DE CONSTRUCTION ET ÉCHÉANCIER

La construction de l'empilement devra débuter une fois la totalité du couvert de neige fondue et qu'environ 50 % de la surface de la cellule n° 1 est exempte d'eau libre. Il est estimé que la construction du sous-palier 1a de l'empilement pourrait nécessiter une période de quatre à huit semaines, incluant la rampe d'accès.

3.5 PROGRAME D'ASSURANCE ET DE CONTRÔLE DE LA QUALITÉ (QA/QC)

Au moyen d'un nucléodensimètre adéquatement calibré, un minimum de 10 mesures journalières de la densité *in situ* des résidus mis en place dans l'empilement est requis. Les valeurs de densité *in situ* devront être comptabilisées dans un tableur Excel et fournies sur une base quotidienne à l'ingénieur concepteur. La localisation des mesures de densité devra être établie au hasard.

Comme précédemment souligné, des relevés d'arpentages seront requis une fois la construction du sous-palier complétée. Il est cependant recommandé d'effectuer des relevés d'arpentage sur une base régulière pendant les travaux de construction afin de s'assurer que les spécifications au plan sont respectées.

L'ingénieur concepteur devra effectuer, au minimum, une visite pendant la construction de l'empilement. Advenant que des problèmes techniques surviennent pendant la construction de l'empilement, les travaux devront être arrêtés et l'ingénieur concepteur devra être avisé le plus rapidement possible. Une ou des visites de chantier subséquentes pourraient être requises, le cas échéant.

Métanor devra prendre des photos des travaux de construction de l'empilement et envoyer celles-ci à l'ingénieur concepteur sur une base quotidienne.

4 CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

La construction d'un empilement de résidus secs à la surface de la cellule nº 1 permettra à Métanor d'augmenter la capacité d'emmagasinement de son parc à résidus sans en augmenter son empreinte au sol. La construction d'un tel empilement représente une modification de la gestion des résidus sur le site de la mine Bachelor, qui est innovante et à faibles coûts.

Sur la base des analyses de stabilité réalisées dans le cadre du présent mandat, il est considéré que la construction d'un empilement à la surface de la cellule nº 1 est sécuritaire et présente un niveau de risque acceptable tant et aussi longtemps que le niveau d'eau dans les résidus miniers en place reste bas. Advenant que le niveau d'eau dans les résidus miniers en place augmente, des travaux de stabilisation en aval de la digue Médiane pourrait être réalisés afin d'assurer la sécurité de l'empilement et de cette digue. Il est exigé que le niveau d'eau dans les résidus miniers en place soit mesuré sur une base quotidienne pendant les travaux de construction de l'empilement et sur une base mensuelle par la suite.

De plus, il est recommandé que des travaux d'investigations complémentaires soient réalisés dans le cadre de l'étude d'augmentation de la capacité du parc à résidus miniers de la mine Bachelor. L'intégration des données collectées dans le cadre de cette investigation complémentaire au présent document permettra de confirmer la sécurité à long terme (postrestauration) de l'empilement et des digues dans le projet d'augmentation de la capacité du parc à résidus miniers de la mine Bachelor. Cette investigation devrait inclure minimalement les points suivants :

— confirmer l'hypothèse que l'horizon d'argile de faible résistance rencontré au droit de F-F-1-2016 est due au remaniement de l'argile au moment de la réalisation du sondage. Ceci pourrait se faire par la réalisation d'un forage à ± 15 m à l'ouest du F-F-1-2016;

— mesurer les pressions d'eau dans l'argile de fondation sous la digue Médiane et sous l'empilement par la modification des puits d'observations en y installant des piézomètres;

— établir si les résidus miniers sont présents dans la totalité du parement aval de la digue Médiane où seulement localisés au droit du sondage F-A-3-2016. Ceci pourrait être réalisé par forage ou par l'utilisation d'un géoradar;

— établir la position de la nappe phréatique en aval de la digue Médiane par l'ajout de deux piézomètres;

— établir l'influence qu'aura la construction de l'empilement sur les propriétés géotechniques des résidus en place et du dépôt argileux naturel sous-jacent dans la cellule nº 1, par la réalisation d'au minimum deux sondages au piézocone en 2018. Ces sondages devraient être réalisés avant la construction du palier 1b et ceux-ci devraient être réalisés à proximité des sondages CPTU-A-1-2016 et CPTU-A-4-2016 pour fins de comparaison.

Finalement, il est considéré que la situation prévalant au droit de la digue interne principale ne nécessite pas de travaux correcteurs à court terme. Cependant, il est recommandé que Métanor intègre la situation sécurité postséisme dans les travaux d'ingénierie qui seront réalisés dans le cadre de l'étude d'augmentation de la capacité du parc à résidus miniers de la mine Bachelor.

5 PERSONNEL

L'ingénierie de l'empilement fut réalisée par M. Jean-François St-Laurent. Celui-ci fut en charge de la rédaction de ce rapport qui fut révisé par Mme Mylène Sansoucy. MM. Stéphane Coté et Ben Plumridge ainsi que Mme Valérie Fortin ont participé à différentes étapes de l'ingénierie, comme les calculs de stabilité, les calculs du potentiel de liquéfaction et la révision/support technique.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

— ACSB. 1997. Tailings Commentary on the Dam Safety Guidelines.

— ACB. 2007. Recommandations de sécurité des barrages 2007.

— CNBC. 2010. *Code National du Bâtiment* - 2005. Conseil National de Recherche du Canada, NRCC, Ottawa.

— FINN, W.D.L AND WIGHTMAN, A. 2003. Ground motion amplification factors for the proposed 2005 edition of National Buiding Code of Canada1. Canadian Journal Civil Engineering, 30: 272-278.

— HYNES-GRIFFIN ET FRANKLIN. 1984. *Rationalizing the seismic coefficient method*. Waterways Experimental Station, Corps of Engineers, United States Government, 37 p.

— KRAMER, S.L. 1996. *Geotechnical Earthquake Engineering*. Prentice Hall. 653 p.

— KRAMER, S.L. 2008. *Evaluation of liquefaction hazard in Washington State*, Washington State department of Transportation, December, 2008. 314 p.

— MAKDISI, F.I., ASCE, A.M. AND SEED, H.B. 1978. *Simplified procedure for estimating dam and embankment earthquake-induce deformation*. Journal of the geotechnical engineering division. p: 849-867.

— MELO, C., & SHARMA, S. 2004 (August). *Seismic coefficients for pseudostatic slope analysis*. In Proc. 13h World Conference on Earthquake Engineering, Vancouver, BC, Canada (paper No. 369).

— MRN. 1997. Guide et modalités de préparation du plan et exigences générales en matière de restauration des sites miniers au Québec.

— OLSON. S. M AND STARK T.D. 2002. *Liquified strenght ratio from liquefaction flow failure case histories*. Canadian Geotechnical Journal, 39 : 629-647.

— PECK, RALPH BRAZELTON, WALTER EDMUND HANSON AND THOMAS HAMPTON THORNBURN.1974. *Foundation engineering*. Vol. 10. New York: Wiley.

— SEED, H. BOLTON. 1979. *Soil liquefaction and cyclic mobility evaluation for level ground during earthquakes*. Journal of the Geotechnical Engineering Division 105.2 (1979): 201-255.

— SÉISMES CANADA. 2014. *Hazard Calculation at site: Nyrsta*. Requested by: Jean-François St-Laurent, WSP Group - Site coordinates: 49.25° North and 79.00° West. www.seismescanada.nrcan.gc.ca, August 2014.

— STARK, TIMOTHY D. AND GHOLAMREZA MESRI. 1992. *Undrained shear strength of liquefied sands for stability analysis*. Journal of Geotechnical Engineering 118.11 (1992): 1727-1747.

— TSUCHIDA, H. 1970. *Prediction and countermeasure against the liquefaction in sand deposits.* Seminar in the Port and Harbor Research Institute, 3.1- 3.33.

— YOUD, T. L. et al. 2001. Liquefaction resistance of soils: summary report from the 1996 NCEER and 1998 NCEER/NSF workshops on evaluation of liquefaction resistance of soils. Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering.

ANNEXE

A

NOTE TECHNIQUE SUR LE DÉVERSOIR DE LA DIGUE MÉDIANE : 161-07621-00_METANOR_TECH01_HYDRAULIQUE_FINALE_170504_SIGNE.PDF

NOTE TECHNIQUE

DESTINATAIRE :	Mme Julie Raiche, coordonnatrice en environnement, Ressources Métanor
EXPÉDITEURS :	Charles Veilleux, ing., WSP Canada Inc. Jean-François St-Laurent, ing., M.Sc., WSP Canada Inc.
DATE :	4 mai 2017
OBJET :	Note technique 01 – Revue de la gestion des eaux – Parc à résidus de la mine Bachelor Ressources Métanor – Desmaraiville, Québec N/Réf. : 161-07621-00_TECH01

1. INTRODUCTION

1.1 Mise en contexte

WSP a été mandatée par Ressources Métanor afin d'apporter des recommandations en lien avec le déversoir de la digue Médiane, son canal de fuite, ainsi que sur la gestion des eaux du bassin d'accumulation.

1.2 Objectifs du document

Les objectifs de cet ouvrage sont les suivants :

- → Présenter les documents consultés pour mener à terme l'analyse hydraulique du bassin d'accumulation adjacent au parc à résidus.
- → Déterminer si des analyses hydrauliques supplémentaires sont nécessaires afin de satisfaire les exigences ministérielles au niveau de la revanche, du déversoir d'urgence et du canal de fuite du bassin d'accumulation adjacent au parc à résidus.

2. DOCUMENTATION CONSULTÉE

Le tableau 2-1 présente les différents ouvrages en lien avec la construction du parc à résidus consultés dans le cadre de cette étude.

Tableau 2-1 Documentation consultée

IDENTIFICATION	RÉFÉRENCE
1	AMEC, Inspection statutaire 2015, Parc à résidus – Mine du lac Bachelor, TX15012903-RMR-0001-A, p. 8 + annexes
2	Golder et Associés Ltée, 2007, Étude géotechnique et hydrogéologique et conception du parc à résidus de la mine du lac Bachelor Desmaraisville, Québec, p. 48 + annexes
3	Carte vue en plan du parc à résidus, Ressources Métanor, 2016-05-19
4	AMEC, 2011, Note technique, Vérification et suivi du plan de remplissage – Analyse de stabilité, TX11158403, p. 5 + annexes
5	AMEC, 2011, Note technique, Vérification et suivi du plan de remplissage, TX11158403, p. 4
6	AMEC, 2012, Parc à résidus miniers – Lac Bachelor – Rehaussement de la digue ouest coupe typique, Pour construction
7	AMEC, 2012, Parc à résidus miniers – Lac Bachelor – Rehaussement de la digue médiane coupe typique, Pour construction
8	AMEC, 2012, Parc à résidus miniers – Lac Bachelor Détails du déversoir d'urgence, Pour construction
9	GHD, 2017, Investigation géotechnique – Rehaussement de la cellule nº 1 du parc à résidus Mine Bachelor, p. 18 + annexes
10	AMEC, 2015, Planification quinquennale – Mine Bachelor, Québec, TX15012903-1000-RGE-0001-A, p. 22 + annexes
11	Services Envirosynergie, 2017, Note technique – Modification du certificat d'autorisation d'exploitation et de traitement du minerai du site minier Bachelor du 4 juillet 2012 – Condition #3, p. 3

3. MÉTHODOLOGIE

La présente analyse des documents fut réalisée afin d'assurer que les ouvrages d'évacuation présents sur le site de la mine Bachelor respectent la réglementation vigueur (Directive 019) ainsi que les règles de l'art (Association canadienne des barrages (ACB), Association minière du canada (AMC), ministère des Transports, de la Mobilité durable et de l'Électrification des transports du Québec (MTMDET)) applicables pour les ouvrages de retenue d'eau.

Pour ce faire, la totalité des documents listés ci-dessus a été consultée et l'information présentée a été comparée aux critères applicables (voir tableau 3-1 ci-après).

Tableau 3-1 Critères applicables en vigueur pour la conception du parc à résidus

CRITÈRE	VALEUR	EXPLICATION	SOURCE
Récurrence crue de conception parc à résidus	1 : 200 ans	Résidus cyanurés	Directive 019
Récurrence déversoir et canal de fuite du parc à résidus	Crue maximale probable (CMP)	Critère en vigueur pour les déversoirs d'ouvrages avec retenue d'eau permanente	Directive 019
Calibre d'empierrement de protection pour le déversoir et canal de fuite	Selon vitesse anticipée dans le canal	Protection contre l'érosion du canal	Manuel conception des ponceaux MTMDET
Intensité de la crue maximale probable (CMP) calculée au moyen de la pluie maximale probable (PMP)	Valeur la plus importante entre la CMP été-automne ou la CMP printanière	Détermination de la crue la plus importante pour la conception au moyen d'étude statistique	Méthode fournie par l'Association canadienne des barrages (ACB)
Revanche entre niveau d'eau de la crue de conception en fonction de l'élévation de la crête de la digue	Min. entre 1 et 1,5 m	Critère en vigueur pour les déversoirs d'ouvrages avec retenue d'eau permanente	Directive 019

La figure 1 présentée à l'annexe 1 résume, dans un cas typique, les différents niveaux d'eau à considérer lors de la conception ainsi que l'élévation requise pour la revanche et le seuil du déversoir d'urgence. En effet, conformément à la Directive 019, la digue doit être en mesure de contenir la totalité de la crue de conception sans qu'il n'y ait de débordement en crête. Ce niveau d'eau, associé à la crue de conception (dans ce cas-ci 1 : 2 000 ans), correspond donc au niveau de la crue de projet sur la figure 1. Le niveau du seuil du déversoir doit être au minimum équivalent à ce dernier ou supérieur afin de laisser s'écouler la CMP sans occasionner de débordement en crête. Le seuil de la crête de la digue, quant à lui, doit être fixé de sorte à avoir au moins 1 mètre de revanche en tout temps entre le niveau de la crue de projet et ce dernier. Ainsi, le déversoir qui doit être compris dans la revanche et le niveau d'eau lors de la CMP doit être inférieur à l'élévation maximale de la crête. Son rôle est de canaliser le débit excédentaire provenant d'une crue supérieure à celle de conception et ainsi éviter un débordement en crête non contrôlé pouvant mener jusqu'à une rupture du barrage. *« Un déversoir d'urgence doit être aménagé afin de pouvoir évacuer de façon sécuritaire une crue maximale probable, tout en évitant que l'intégrité de l'ouvrage de rétention soit affectée. »* Les niveaux de conception propres à la digue médiane du parc à résidus de la mine Bachelor se trouvent au tableau 3-2.

Tableau 3-2 : Niveaux clés du parc à résidus

NIVEAU MAXIMAL D'EXPLOITATION	NIVEAU DE LA CRUE DE PROJET	NIVEAU AUTORISÉ DU DÉVERSOIR D'URGENCE	NIVEAU ACTUEL DU DÉVERSOIR D'URGENCE	NIVEAU DE LA CRÊTE DE LA DIGUE
329,7 m	329,7 m	330,0 m	330,4 m	331,0 m

4. REVUE DE LA DOCUMENTATION

4.1 Période de retour des ouvrages de gestion des eaux

4.1.1 Capacité de rétention de la crue de conception dans le bassin d'accumulation

Conformément à la Directive 019 sur l'industrie minière au Québec, les ouvrages de rétention avec retenue d'eau sont conçus selon une crue de projet d'une récurrence 1 : 2 000 ans dans le cas, entre autres, d'une aire d'accumulation de résidus cyanurés. Le procédé de séparation de l'or de la mine Bachelor utilise du cyanure, faisant en sorte qu'il s'en retrouve en une certaine concentration dans le parc à résidus. Les critères de conception du parc à résidus miniers de la mine Bachelor et de son déversoir d'urgence sont tirés du document *AMEC, 2015, Planification quinquennale [10]*, et doivent être choisis en fonction de cette situation comme le présentent les tableaux 4-1 et 4-2.

Tableau 4-1 Paramètres de conception du parc à résidus – Mine Bachelor (selon AMEC, 2015)

RÉCURRENCE DE LA CRUE DE CONCEPTION (-)	SUPERFICIE DU PARC (ha)	PRÉCIPITATIONS (MOYENNE DES STATIONS À PROXIMITÉ) (mm)	FONTE DE NEIGE 100 ANS (ÉQUIVALENT EN EAU) (mm)
1 : 2 000 ans	51	124	379

Tableau 4-2 Paramètres de conception du déversoir et du canal de fuite parc à résidus – Mine Bachelor (selon AMEC, 2015)

RÉCURRENCE DE LA CRUE DE CONCEPTION (-)	SUPERFICIE DU PARC (HA)	PRÉCIPITATIONS (MOYENNE DES STATIONS À PROXIMITÉ) (MM)	FONTE DE NEIGE 100 ANS (ÉQUIVALENT EN EAU) (MM)	FONTE DE NEIGE EXTRÊME (ÉQUIVALENT EN EAU) (MM)	CRUE DE CONCEPTION (PMP COMBINÉE À LA FONTE DE NEIGE SUR 24 H) (MM)	COEFFICIENT DE RUISSELLEMENT (-)
CMP	51	225	379	689	248	0,95

Tel qu'il est possible de le constater, la crue de conception mise de l'avant par AMEC respecte les critères de la Directive 019.

4.1.2 Capacité d'évacuation du déversoir d'urgence et canal de fuite du bassin d'accumulation

Toujours selon la Directive 019, le déversoir d'urgence doit être en mesure « d'évacuer de façon sécuritaire la crue maximale probable, tout en évitant que l'intégrité de l'ouvrage de rétention soit affectée ». Le rapport AMEC (2015) présente certains détails de calculs qui ont mené à la conception du déversoir ainsi que de son canal d'évacuation. AMEC établit que la pluie maximale probable (PMP) combinée à la fonte d'un couvert de neige d'une récurrence 1 : 100 ans fondant en 30 jours représentait la crue maximale probable (CMP) applicable pour le site de Mine Bachelor. Toutefois, selon l'ACB, le fait d'utiliser la PMP ne mène pas nécessairement à la génération de la CMP. Toujours selon l'ACB, deux approches sont possibles afin de déterminer la CMP selon la période de l'année, soit :

→ La CMP été-automne générée par la PMP survenant à l'été ou à l''automne.

→ La CMP printanière qui se définit comme le pire cas entre les deux situations suivantes :

- CMP calculée avec la combinaison d'une PMP survenant au printemps combinée à la fonte d'une accumulation de neige de récurrence 1 : 100 ans;
- CMP calculée à partir de la fonte de l'accumulation maximale probable de neige jumelée à une averse d'une période de retour 1 : 100 ans.

La méthodologie présentée dans le rapport d'AMEC (2015) est la combinaison de la PMP et de la fonte moyenne en 30 jours du couvert de neige extrême. Celle méthode correspond donc à une situation plus critique que celle proposée par l'ACB. Toutefois, les données pour la PMP été-automne présentées dans le rapport *Estimation des conditions hydrométéorologiques conduisant aux crues maximales probables (CMP) au Québec* réalisé par la firme SNC-Lavalin en partenariat avec le Centre d'expertise hydrique du Québec (SNC-Lavalin, 2003) suggère qu'une PMP été-automne pour le secteur de la mine Bachelor serait d'environ 345 mm, soit ± 97 mm supérieurs au cas proposé dans le rapport d'AMEC. Cette augmentation pourrait se traduire en une crue maximale probable (CMP) supérieure à celle décrite dans les documents d'AMEC. Les dimensions du déversoir d'urgence proposées pourraient alors être insuffisantes pour évacuer le débit révisé causant de ce fait un possible débordement en crête. Ressources Métanor doit établir si une révision du calcul de la CMP est requise pour son site du Lac Bachelor.

4.2 Conception théorique du déversoir d'urgence et du canal de fuite du bassin d'accumulation

Le plan *AMEC, 2012, Parc à résidus miniers – Lac Bachelor Détails du déversoir d'urgence, Pour construction [8]* présente la section d'écoulement proposée du déversoir d'urgence permettant d'évacuer un débit de 13 m³/s, constituant toujours selon AMEC le débit associé à la CMP (voir caractéristiques au tableau 4-3).

Tableau 4-3 Caractéristiques du déversoir d'urgence

DÉBIT A ÉVACUER	LARGEUR AU FOND	PENTE DE LA SECTION	HAUTEUR D'ÉCOULEMENT DISPONIBLE
13 m³/s	3 m	8H : 1V	1 m

Une vérification de la section d'écoulement réalisée dans le cadre de ce mandat avec le logiciel HEC-RAS a permis de confirmer que la section d'écoulement théorique, telle que proposée par AMEC, est suffisante pour évacuer de façon sécuritaire un débit de 13 m³/s. Toutefois, il est à noter qu'aucun relevé du déversoir et de son canal d'évacuation n'est disponible. Il est par conséquent impossible de statuer sur le fait que le déversoir et son canal d'évacuation tels que construits permettent d'évacuer un débit de 13 m³/s. Si Ressources Métanor désire procéder à une révision du débit de conception du déversoir en fonction de la modification de la quantité de pluie associée à la PMP tel que présenté à la section 4.1.2, la validation des dimensions du déversoir d'urgence devra être revue.

4.3 Empierrement de protection contre l'érosion dans le déversoir et canal de fuite

L'empierrement mis en place à l'intérieur du déversoir et de son canal d'évacuation est fonction de la vitesse d'écoulement à l'intérieur de ceux-ci. Le rapport de conception d'AMEC (2015) suggère que la vitesse d'écoulement sera de 3,5 m/s lors de l'évacuation du 13 m^2/s et qu'un perré de calibre 100-300 mm serait requis. Cependant, selon les chartes du manuel de conception des ponceaux du MTMDET, l'enrochement prévu pour une telle vitesse d'écoulement de 3,5 m/s devrait plutôt être de l'ordre de 300-500 mm avec un D_{50} de 400 mm.

4.4 Note technique – Service Envirosynergie

La note technique émise par la firme Envirosynergie [11] suggère que, selon les conditions actuelles relevées à l'hiver 2017, le niveau d'eau dans le bassin d'accumulation serait supérieur à celui prescrit dans la condition nº 3 de la demande de certificat d'autorisation d'exploitation datée du 4 juillet 2012.

De plus, Envirosynergie effectua une étude hydrologique permettant d'établir le volume d'emmagasinement possible du bassin d'accumulation (voir tableau 4-4) pour le printemps 2017.

Tableau 4-4 Résultat de l'étude hydrologique du parc à résidus de la mine Bachelor (selon Envirosynergie, 2017)

NIVEAU D'EAU AU PARC À RÉSIDUS EN DATE DU 1ER MARS 2017	VOLUME DISPONIBLE ESTIMÉ EN DATE DU 1ER MARS 2017	VOLUME PRÉVU À EMMAGASINER JUSQU'AU 1ER JUILLET 2017	VOLUME DISPONIBLE ESTIMÉ AU 1ER JUILLET 2017	VOLUME DE CRUE ESTIMÉ DE LA CRUE DE CONCEPTION 1 : 2 000 ANS
328,6 m	391 439 m^3	273 345 m^3	118 094 m^3	123 076 m^3

Les volumes présentés dans ce document sont estimés sur la base des statistiques faisant référence aux données réelles de précipitations des deux ou trois dernières années selon Environnement Canada. Le volume estimé de la crue de conception provient quant à lui de l'étude hydrologique d'AMEC. Tel que stipulé par Envirosynergie « *advenant un évènement 1 dans 2 000 ans de pluie, qui consiste à 124 mm de précipitations en 24 heures, un débordement pourrait avoir lieu d'environ 4 982 m^3* », ce qui contreviendrait à la prescription de la Directive 019 indiquant que « *les ouvrages de rétention avec retenue d'eau doivent pouvoir contenir une crue de projet.* »

Afin d'empêcher un débordement, Envirosynergie recommande de mettre en place un système de traitement temporaire pour le printemps 2017. Cependant, il est à noter que sur le schéma proposé, le système de séparation solide – liquide est sur le canal de fuite du déversoir d'urgence. La configuration telle que proposée devra être revue afin de ne pas obstruer cette infrastructure.

5 RECOMMANDATIONS ET CONCLUSIONS

À la suite de la réalisation de la présente étude, il est recommandé d'effectuer une étude hydrologique menant au calcul de la CMP selon les critères énumérés précédemment afin de se conformer aux bonnes pratiques de l'ACB tout en s'appuyant sur le rapport d'estimation de crue de la firme SNC-Lavalin. Ceci ayant pour but de valider que le débit annoncé de la crue maximale probable évalué à 13 m³/s est toujours valide et approprié. Advenant qu'un débit supérieur soit identifié, des modifications à la section du déversoir d'urgence et de son canal de fuite seront requises.

Un relevé d'arpentage du déversoir et de son canal de fuite doit être réalisé au printemps 2017, une fois que la totalité du couvert de neige sera fondue, afin de valider que les dimensions au terrain sont bien en mesure d'évacuer la CMP. Si ce n'est pas le cas, des travaux correcteurs seront alors nécessaires.

De plus, une validation au terrain devra être réalisée pour confirmer qu'aucun point bas n'est présent dans le secteur du déversoir et de son canal de fuite, et ce, afin d'assurer une gestion des eaux adéquate. Advenant qu'un évènement de pluie extrême survienne, il est primordial de s'assurer que le talus aval et le pied de la digue ne soient pas érodés.

Advenant qu'aucune modification aux sections d'écoulement ne soit requise, un empierrement respectant les recommandations du MTMDET devra être mis en place au droit du déversoir d'urgence et de son canal de fuite.

Finalement, selon les chiffres annoncés par la firme Envirosynergie, il semblerait qu'un débordement d'eau contaminée vers l'environnement pourrait survenir sur le site de la mine Bachelor au printemps 2017 si certaines situations hydrauliques surviennent. Selon la D019, un tel débordement suivant une crue de conception (c.-à-d. 1 : 2 000 ans) ne devrait pas survenir; le bassin d'accumulation devrait être en mesure de contenir 100 % de la crue de conception sans débordement comme mentionné à la section 3. Il est donc recommandé à Ressources Métanor d'effectuer une révision de la méthodologie de la gestion d'eau du bassin d'accumulation pour les années à venir et d'abaisser le niveau d'eau selon les élévations prescrites à la condition #3 dans la demande de certificat d'autorisation afin de s'assurer qu'une telle situation ne se produise plus dans le futur. Également, une revue de données statistiques avec un plus grand échantillon (20 dernières années minimum) permettrait d'avoir une meilleure estimation du possible débordement de la crue printanière 2017 avant la remise en fonction du système de traitement.

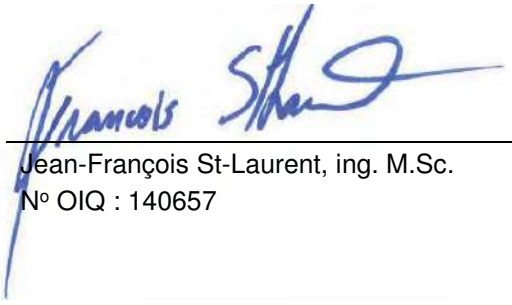
Préparée par :



2017-05-04

Charles Veilleux, ing.
N° OIQ : 5 038 360

Vérifiée par :



Jean-François St-Laurent, ing. M.Sc.
N° OIQ : 140657

RÉFÉRENCES

ENVIRONNEMENT CANADA, 2016. Consulté en ligne : http://climat.meteo.gc.ca/prods_servs/engineering_f.html

MDDEP, 2012. *Directive 019 sur l'industrie minière*, mars 2012.

MDDEP ET MINISTÈRE DES AFFAIRES MUNICIPALES, DES RÉGIONS ET DE L'OCCUPATION DU TERRITOIRE (MAMROT), 2012. *Guide de gestion des eaux pluviales*.

MINISTÈRE DES TRANSPORTS DU QUÉBEC, 2013. *Manuel de conception des ponceaux*, révision 3, mai 2013.

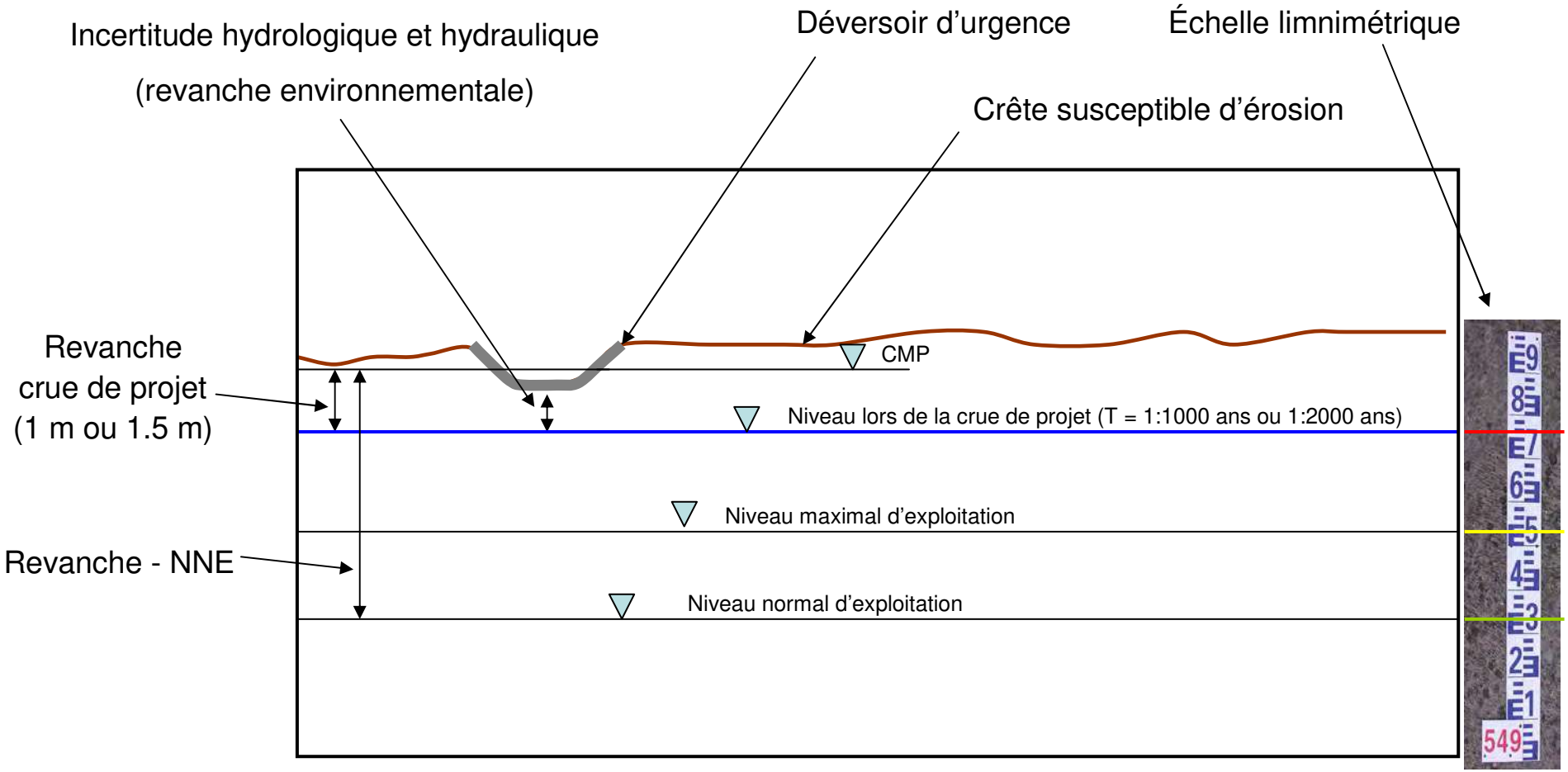
SNC-LAVALIN, 2003. *Estimation des conditions hydrométéorologiques conduisant aux crues maximales probables (CMP) au Québec,*

ANNEXE 1

Figure 1

DIRECTIVE 019

Schéma



Revanche : Distance entre le point le plus bas de la crête d'une digue susceptible à l'érosion et le niveau d'eau atteint lors de la crue de projet.

ANNEXE 2

Reportage photographique



Photo 1 Déversoir d'urgence et canal de fuite dont les dimensions sont à confirmer au terrain.



Photo 2 Perré de protection mis en place dans le canal de fuite.

ANNEXE

B

NOTE TECHNIQUE SUR LE TASSEMENT DE LA DIGUE MÉDIANE : 161-07621-00_METANOR_TECH02_TASSEMENTS_20170515_SIGN.PDF

NOTE TECHNIQUE 02

DESTINATAIRE(S) :	Mme Julie Raiche, coordonnatrice en environnement Ressources Métanor
EXPÉDITEUR :	Jean-François St-Laurent, ing., M.Sc., WSP Canada Inc. Mylène Sansoucy, ing., M.Sc., WSP Canada Inc.
DATE :	15 mai 2017
OBJET :	Note technique 02 – Étude de l'affaissement de la digue Médiane à la jonction avec la digue interne principale Ressources Métanor – Desmaraiville, Québec N/Réf. : 161-07621-00_TECH02

1. INTRODUCTION

1.1 Mise en contexte

À la suite de à la réalisation en 2016 de l'inspection statuaire des digues du parc à résidus de la mine Bachelor, il avait été recommandé d'effectuer une investigation géotechnique afin d'établir l'origine de l'affaissement identifié sur la digue Médiane près de la jonction avec la digue interne principale et si des mesures correctrices devaient être mises en place afin d'assurer la sécurité de l'ouvrage.

Une investigation géotechnique fut complétée par GHD à l'automne 2016 (GHD, 2017) sous la supervision et la coordination de WSP. Cette investigation géotechnique avait pour objectif d'acquérir de l'information géotechnique sur les différentes digues de retenue du parc à résidus de la mine Bachelor. Cette investigation a par le fait même permis d'acquérir de l'information géotechnique sur les sols naturels présents sous l'aire d'accumulation des résidus miniers ainsi que sur les rejets miniers (c.-à-d. : résidus et stériles) produits sur le site.

Cette information a été utilisée afin d'établir si des mesures correctrices devaient être mises en place au droit du secteur présentant un affaissement sur la digue Médiane.

1.2 Objectifs du document

Les objectifs du présent document sont les suivants :

- → Présenter les documents consultés pour mener à terme la présente étude;
- → Déterminer si des travaux correcteurs sont nécessaires afin d'assurer la sécurité de la digue Médiane et afin de satisfaire les exigences ministérielles et opérationnelles au niveau de la revanche minimale à respecter entre la surface des résidus miniers et la crête de la digue.

2. DOCUMENTATION CONSULTEE

Le tableau 1 présente les différents ouvrages en lien avec la construction du parc à résidus consultés dans le cadre de cette étude.

Tableau 1 Documentation consultée

IDENTIFICATION	REFERENCE
1	AMEC, Inspection statutaire 2015, Parc à résidus – Mine du lac Bachelor, TX15012903-RMR-0001-A, p. 8 + annexes
2	Golder et Associés Ltée, 2007, Étude géotechnique et hydrogéologique et conception du parc à résidus de la mine du lac Bachelor Desmaraisville, Québec, p. 48 + annexes
3	WSP, 2016. *Rapport d'inspection statutaire du parc à résidus du lac Bachelor, 2016.* Rapport produit pour Ressources Métanor Inc. 19 pages et annexes.
4	AMEC, 2011, Note technique, Vérification et suivi du plan de remplissage – Analyse de stabilité, TX11158403, p. 5 + annexes
5	AMEC, 2011, Note technique, Vérification et suivi du plan de remplissage, TX11158403, p. 4
6	AMEC, 2012, Parc à résidus miniers – Lac Bachelor – Rehaussement de la digue ouest coupe typique, Pour construction
7	AMEC, 2012, Parc à résidus miniers – Lac Bachelor – Rehaussement de la digue médiane coupe typique, Pour construction
9	GHD, 2017, Investigation géotechnique – Rehaussement de la cellule n° 1 du parc à résidus Mine Bachelor, p. 18 + annexes
10	AMEC, 2015, Planification quinquennale – Mine Bachelor, Québec, TX15012903-1000-RGE-0001-A, p. 22 + annexes
11	Services Envirosynergie, 2017, Note technique – Modification du certificat d'autorisation d'exploitation et de traitement du minerai du site minier Bachelor du 4 juillet 2012 – Condition #3, p. 3
12	Leroueil et al. 1985. Remblais sur les argiles molles. 342 pages.
13	Bowles, J.E., 1984. Physical and geotechnical properties of soils. Second Edition. 578 p.

3. MÉTHODOLOGIE

L'analyse des documents présentés ci-dessus fut réalisée afin d'acquérir le maximum d'information possible sur la conception et la construction de la digue Médiane, ainsi que sur les propriétés géotechniques des matériaux la constituant et sous-jacents à celle-ci.

Par la suite, l'information fut analysée afin d'établir si un phénomène géotechnique, tel que la consolidation des sols naturels sous-jacents ou la compaction des matériaux composant la digue, pouvait expliquer l'affaissement de la crête de la digue Médiane et/ou impacter la stabilité de l'ouvrage. Par la suite, des recommandations et des conclusions ont été émises.

4. REVUE DOCUMENTATION

4.1 Ingénierie de la digue Médiane

Sur la base du document 7 mentionné ci-dessus, il semblerait que la digue Médiane soit composée principalement d'enrochement (stériles miniers) sans spécification particulière. Une membrane de PEHD d'une épaisseur de 1 mm serait présente sur le parement aval de digue et serait protégée par une couche de 300 mm de sable et gravier. Par la suite, un enrochement d'un diamètre de 100-300 mm serait utilisé comme « rip-rap » contre l'érosion sur le parement aval de la digue.

Lors de la visite d'inspection statutaire de 2016 (WSP, 2016), la présence de la géomembrane, de la couche de protection en sable et gravier et de l'enrochement de protection sur le parement aval de la digue fut visuellement confirmée. De plus, les forages F-A-2-2016 et F-F-1-2016 réalisés par GHD (GHD, 2017) confirment que la matrice de la digue est constituée de matériaux granulaires de type sable et gravier. Cette information contredit le plan d'AMEC (AMEC, 2012), indiquant que des stériles miniers composeraient la matrice de la digue. La description des sols rencontrés au droit des forages de 2016 permet aussi d'identifier les travaux de rehaussement de la digue Médiane.

Une berme est présente au pied aval de la digue médiane. L'information obtenue par la réalisation du sondage F-A-3-2016 suggère que la berme est constituée d'une couche de stériles miniers, d'une épaisseur approximative de 0,76 m, déposée sur des résidus miniers. Les résidus miniers au droit du sondage F-A-3-2016 ont une épaisseur approximative de 2,30 m et reposent directement sur les sols naturels. L'épaisseur d'argile rencontrée dans ce secteur est de 3,5 m. L'information présentée dans le document 4, mentionné au tableau 1, indique que la construction de cette berme, de 13 m de largeur, d'une épaisseur de 1,5 m et localisée au pied aval de la digue Médiane, était requise pour que celle-ci présente les coefficients de sécurité minimaux pour respecter les exigences ministérielles. Cependant, le document d'AMEC suggère que la totalité de la berme est construite de stériles miniers, ce qui va à l'encontre de l'information obtenue par la réalisation du sondage F-A-3-2016. Considérant l'information présentée dans le document de Golder, il se pourrait bien que l'information recueillie au droit du sondage F-A-3-2106 ne soit pas représentative de la totalité de la stratigraphie de la berme. Il est jugé qu'une section présentant un horizon de résidus est plus conservatrice; pour cette raison, l'information présentée par GHD sera utilisée dans le cadre du présent mandat.

La crête de la digue Médiane est utilisée comme chemin d'accès à l'usine de pompage et au système de traitement. Des poteaux électriques ont été mis en place sur la berme en pied de digue.

L'information présentée dans le document 2 mentionné au tableau 1 suggère qu'une jetée était présente dans le parc à résidus en 2007. L'image présentée dans le rapport de Golder n'étant pas de très bonne qualité, il est difficile d'identifier avec précision la localisation de cette jetée. Cependant, tout porte à croire que l'extrémité ouest de la digue Médiane fut construite par-dessus celle-ci. La présence de cailloux dans la cuillère fendue CF06 du forage F-A-2-2016 et l'augmentation de l'indice de pénétration à une profondeur de 4 à 5 m peut être interprétée comme étant la jetée.

Selon le certificat d'autorisation (CA) régissant l'opération du parc à résidus, une revanche minimale de 0,45 m entre la surface des résidus miniers et la crête de la digue doit être respectée en tout temps.

4.2 Propriété géotechnique des matériaux

Une copie de l'information extraite des rapports géotechniques de GHD et Golder est fournie à l'annexe 1 du présent document ainsi qu'une carte de localisation des sondages, afin d'aider le lecteur dans sa compréhension. Cependant, le lecteur doit se référer aux documents originaux de GHD et Golder afin d'en saisir et comprendre la portée et les limitations.

Les indices de pénétration corrigés (indice N*) calculés au droit des forages F-A-2-2016 et F-F-1-2016 suggèrent que la densité en place du sable et gravier, constituant la digue Médiane, est similaire aux deux localisations, soit de lâche à médium. Comme il est possible de le constater, les indices N* suggèrent que la partie supérieure du remblai au droit du forage F-F-1-2016 est moins dense qu'au forage F-A-2-2016. De plus, à une profondeur approximative de 4,0 m, le même phénomène est observable; il y a une différence de ± 10 entre les valeurs de l'indice N* de ces deux localisations.

Sur la base des indices de pénétration obtenus, l'angle de friction estimé pour ce matériau devrait se situer entre 25 et 36° et le poids volumique pour ce dernier devrait se situer entre 12 et 18 kN/m³ (Bowles, 1984). Par conséquent, les paramètres suivants ont été utilisés : angle de friction de 30° et poids volumique de 17,5 kN/m³.

La couche superficielle présente sur la digue Médiane et sa berme est constituée de stériles miniers. Les indices de pénétration corrigés (indice N*) calculés au droit des forages réalisés sur la digue Médiane et sa berme sont de 5 à 10, suggérant que la densité en place de ce matériau est lâche. Sur la base des indices de pénétration, l'angle de friction estimé pour ce matériau devrait se situer entre 25 et 32° et le poids volumique pour ce dernier devrait se situer entre 12 et 16 kN/m³ (Bowles, 1984). Les essais de laboratoire ont permis d'établir un poids volumique maximal des stériles miniers pouvant être atteint selon l'essai Proctor normal, qui serait de l'ordre de 23 kN/m³, ce qui est supérieur aux valeurs présentées par Bowles. Bien qu'il fut établi que la densité relative du remblai constituant la partie supérieure de la digue Médiane et de sa berme se situe entre 15 et 35 % de la valeur maximale[1], sur la base des indices N, un poids volumique de 19 kN/m³ (voir note 2 en bas de page) fut utilisée afin d'être consistant entre les différentes analyses de stabilité réalisées à ce jour sur le site de Métanor. Afin de s'assurer que la valeur de poids volumique utilisée était conservatrice, une étude de sensibilité fut réalisée. Le résultat de cette étude est présenté à l'annexe 2 de cette note technique.

La réalisation d'un essai de cisaillement direct a permis d'établir que l'angle de friction du stérile minier serait de 52°. Cette dernière valeur est considérée comme étant particulièrement élevée et jugée comme étant non conservatrice. Ainsi, un angle de friction de 35° fut utilisé pour les stériles miniers, ce qui est consistant avec les études précédentes.

1 Ce qui constitue un poids volumique se situant entre 8 et 15,4 kN/m³.
2 Ce qui correspond à une densité relative de 82 %, soit supérieure à ce qui fut mesuré au chantier.

Pour ce qui est du dépôt de résidus miniers identifié dans la berme, les indices de pénétration corrigés (indice N*) calculés au droit du forage F-A-3-2016 suggèrent que la densité en place de ce matériau varie de 4 à 7, ce qui laisse croire que leur densité relative est qualifiée de lâche. Sur la base des indices de pénétration obtenus, l'angle de friction estimé pour ce matériau devrait se situer entre 25 et 32° et le poids volumique pour ce dernier devrait se situer entre 12 et 16 kN/m³ (Bowles, 1984).

Les essais de laboratoire ont permis d'établir un poids volumique maximal des résidus miniers, pouvant être atteint par la réalisation de l'essai Proctor normal, lequel serait de l'ordre de 16 kN/m³. Cette valeur correspond à la barquette supérieure présentée par Bowles. La réalisation d'un essai de cisaillement direct et triaxial a permis d'établir que l'angle de friction de ce matériau serait de l'ordre de 38° en compression et de 25° en cisaillement. Par conséquent, les paramètres suivants ont été utilisés dans le cadre du présent mandat :

- → Angle de friction de 28°. Ce qui est considéré comme conservateur si on tient compte des données de laboratoire et de celles présentées dans la littérature. De plus, cette valeur est consistante avec l'information présentée dans les rapports cités précédemment.
- → Poids volumique approximatif de 16 kN/m³. Bien que cette valeur soit inférieure à celle utilisée dans le cadre des analyses de stabilité réalisées sur le site de Métanor, elle est considérée plus représentative que le 20 kN/m³ utilisé par le passé. L'interprétation des données disponibles (GHD, 2017) suggère que l'indice des vides in situ des résidus serait de l'ordre de l'ordre de 0,76, ce qui correspond à une densité in situ de 1 589 kg/m³.

Il est à noter qu'aucune distinction entre les résidus localisés dans la berme et ceux localisés en amont de la digue Médiane ne fut réalisée.

La digue Médiane est construite sur un dépôt d'argile silteuse varvée, avec traces de sable, de couleur grise, saturée et de consistance raide à molle. Les profils de résistance non drainée (C_u) obtenus sur le chantier et en laboratoire sont présentés à l'annexe 1. Tel qu'il est possible de le constater, une valeur de résistance non drainée d'environ 15 kPa fut mesurée au droit du forage F-F-1-2016 (c.-à-d. : où l'affaissement est visible) à une profondeur de ± 12 m. Cette valeur diffère grandement de celles obtenues 1 m plus haut et plus bas et de celles des forages F-A-2-2016 et F-A-3-2016. De plus, cette valeur de 16 kPa est environ 4,5 fois inférieure à la résistance non drainée mesurée en laboratoire, pour l'échantillon collecté à cette même profondeur, qui est de ± 73 kPa.

Sur la base de l'information disponible, il est probable que cette valeur de ± 16 kPa représente une résistance remaniée pour les raisons suivantes :

- → l'information récoltée au droit du forage F-A-2-2016 est fortement similaire à celle récoltée au forage F-F-1-2016, à l'exception de cette valeur de ± 16 kPa;
- → la valeur de 16 kPa se situe entre deux valeurs de résistance supérieures à 30 kPa;
- → la résistance non drainée de laboratoire de l'échantillon TM-16[3], considéré comme étant non remanié, est de ± 73 kPa, ce qui est plus de 4 fois supérieur;

3 TM-16 = Tube Mince 16, échantillonné à une profondeur de 11,63 à 11,78 m à quelques mètres de distance du F-F-1-2016.

→ bien qu'il soit impossible de faire une correspondance exacte entre les données de 2007 et celles de 2016, l'hypothèse suivante peut-être émise :

> *La résistance non drainée de l'argile située à une profondeur de 3,5 m sous la croute était d'environ 16 kPa en 2007. La construction de la digue Médiane a nécessairement engendré la consolidation du dépôt argileux. Une telle consolidation s'accompagne normalement d'une augmentation de la résistance non drainée de l'argile. Les C_u supérieurs à 30 kPa mesurés en 2016 suggèrent qu'une telle augmentation a bel et bien eu lieu lorsque les valeurs mesurées en 2007 et 2016 dans le même secteur sont comparées. Par conséquent, l'obtention d'une résistance de 16 kPa entre deux valeurs de ± 30 et 48 kPa suggère que le dépôt argileux a pu être remanié lors de l'étape de forage ou d'insertion du scissomètre.*

Bien que cette valeur soit considérée comme étant une valeur remaniée, l'impact sur la stabilité de la digue Médiane d'une zone présentant une telle résistance fut étudié.

Tel que présenté par Leroueil et al. (1985), la résistance mobilisable à la rupture (τ_f) diffère de celle mesurée sur le terrain telle qu'établie par Bjerrum. Ainsi, un coefficient μ de 0,94 fut utilisé afin d'établir la résistance non drainée mobilisable devant être utilisée pour les calculs de stabilité. De cette façon, une résistance mobilisable de 20 kPa fut appliquée à la totalité du dépôt à l'exception d'un horizon, où une résistance de 15 kPa fut utilisée.

De plus, l'essai de consolidation réalisé sur l'échantillon TM-14[4] indique que l'argile serait normalement consolidée au droit du sondage F-F-1-2016. La contrainte de préconsolidation (σ'_p) de l'échantillon TM-14 est estimée à 109 kPa. Cet essai a permis d'établir un indice de compression (C_c) de 0,42, ce qui est en accord avec Leroueil et al. (1985) et Bowles (1984).

L'indice de plasticité de l'argile située sous la digue Médiane suggère que l'angle de frottement à long terme de ce matériau serait de l'ordre de 26° à 33° selon Leroueil et al. (1985). Ainsi une valeur de 26° fut établie comme étant conservatrice. Il est à noter que l'information disponible ne permet pas d'établir la cohésion à long terme qui sera présente dans le dépôt d'argile. Une valeur de 0 kPa fut donc retenue.

Le poids volumique mesuré en laboratoire pour le dépôt d'argile est de l'ordre de 16 kN/m³, ce qui correspond à la limite inférieure de ce type de matériau telle qu'identifiée par Bowles (1984).

4.3 Prédiction du comportement à long terme et analyse de stabilité

Sur la base de l'information disponible, il est possible d'estimer que la contrainte verticale effective (σ'_v) à une profondeur approximative de 10 m[5] au forage F-F-1-2016 est de l'ordre de 110 à 160 kPa selon les hypothèses posées. Cette contrainte verticale est approximativement de 20 à 50 kPa supérieure à la contrainte de préconsolidation (σ'_p) de l'argile telle que mesurée en laboratoire sur l'échantillon TM-14. Cette différence fait en sorte que l'argile au droit du sondage F-F-1-2016 est en processus de consolidation. Ce phénomène engendre par conséquent un affaissement de la crête de la digue.

4 TM-14 fut échantillonné à une profondeur de 10,26 à 10,41 m au F-F-1-2016.
5 Profondeur similaire à celle des échantillons TM-14 .

Le cas échéant, les propriétés géotechniques mesurées en laboratoire sur l'échantillon TM-14 permettent d'estimer grossièrement l'envergure du tassement qui devrait être observé au niveau de la crête de la digue Médiane dans ce secteur. L'utilisation de l'approche Terzaghi, en considérant que l'état initial et final de l'argile se situe dans le domaine normalement consolidé, suggère qu'un tassement total de l'ordre de 70 cm est envisageable au droit du sondage F-F-1-2106.

Ne possédant pas de mesure temporelle présentant l'évolution de l'affaissement et/ou des pressions interstitielles dans le dépôt d'argile, il est alors difficile de prédire l'ampleur et la durée des tassements additionnels qui surviendront.

De plus, il est bon de souligner le fait qu'un faible pourcentage de l'affaissement observé au droit du sondage F-F-1-2016 pourrait être associé à un tassement dans les dépôts granulaires constituant la digue étant donné la faible densité en place de ces derniers.

En ce qui concerne la stabilité de la digue Médiane, les analyses de stabilité réalisées démontrent que le coefficient de sécurité minimal obtenu est acceptable, et ce, même si un horizon de faible résistance est intégré à une profondeur de 10 m sous la crête de la digue et qu'une nappe phréatique extrêmement défavorable est utilisée[6].

Les figures présentant les analyses de stabilité réalisées sont montrées à l'annexe 2; les tableaux 2 et 3 résument les coefficients de sécurité obtenus pour diverses situations.

Tel qu'il est possible de le constater, la stabilité de la digue Médiane semble être contrôlée par la résistance de l'argile de fondation. Des recommandations ont été émises en ce sens.

6 La nappe phréatique utilisée dans les analyses de stabilité est approximativement 3 m supérieure au niveau actuel estimé dans la digue Médiane.

Tableau 2 Coefficients de sécurité obtenus pour la digue Médiane avec la présence d'un horizon de faible résistance

SITUATION[2]		COEFF. DE SÉCURITÉ OBTENU	COEFF. DE SÉCURITÉ REQUIS	COMMENTAIRES
Non drainé chargement statique	Court terme	1,30 (optim.) 1,42 (semi-circul.)	1,5[1]	Situation étudiée car il est considéré que des surpressions interstitielles sont encore présentes dans la fondation d'argile.
Non drainé chargement pseudo-statique[3]	Court terme	1,08 (optim.) 1,19 (semi-circul.)	1,1[1]	
Drainé chargement statique	Long terme	2,00 (optim.) 2,03 (semi-circurl.)	1,5	Situation représentant le long terme lorsque la totalité des suppressions interstitielles seront dissipées. Analyses conservatrice car la cohésion effective de l'argile n'a pas été prise en considération.
Drainé chargement pseudo-statique[3]		1,69 (optim.) 1,71 (semi-circul.)	1,25	

Notes :

1. Une valeur de 1,3 pourrait être identifiée comme requis. Cependant, il est jugé qu'une valeur de 1,5 est plus sécuritaire. De plus, une valeur de 1,3 est souvent associée à une valeur intermédiaire acceptable pendant des travaux de construction, ce qui n'est plus le cas.
2. Il est à noter que la totalité des situations et modes de rupture possibles n'ont pas été étudiés et analysés dans la présente étude. Il est recommandé que la totalité des cas de figures soient étudiés dans le cadre de la revue de la sécurité des digues, la révision du plan de fermeture de Mine Bachelor ou lorsque des travaux de rehaussement des digues du parc à résidus seront envisagés par Métanor.
3. Le coefficient d'accélération sismique utilisé correspond à 70 % de l'accélération horizontale d'un séisme d'une récurrence 2 500 ans (voir annexe 3).

Tableau 3 Coefficients de sécurité obtenus pour la digue Médiane sans la présence d'un horizon de faible résistance

SITUATION[2]		COEFF. DE SÉCURITÉ OBTENU	COEFF. DE SÉCURITÉ REQUIS	COMMENTAIRES
Non drainé chargement statique	Court terme	1,45 (opt.) 1,52 (semi-circul.)	1,5[1]	Situation étudiée car il est considéré que des surpressions interstitielle sont encore présentes dans la fondation d'argile
Non drainé chargement pseudo-statique[3]	Court terme	1,21 (optim.) 1,27 (semi-circul.)	1,1[1]	

Notes :

1. Une valeur de 1,3 pourrait être identifiée comme requis. Cependant, il est jugé qu'une valeur de 1,5 est plus sécuritaire. De plus, une valeur de 1,3 est souvent associée à une valeur intermédiaire acceptable pendant des travaux de construction, ce qui n'est plus le cas.
2. Il est à noter que la totalité des situations et modes de rupture possibles n'ont pas été étudiés et analysés dans la présente étude. Il est recommandé que la totalité des cas de figures soient étudiés dans le cadre de la revue de la sécurité des digues, la révision du plan de fermeture de Mine Bachelor ou lorsque des travaux de rehaussement des digues du parc à résidus seront envisagés par Métanor.
3. Le coefficient d'accélération sismique utilisé correspond à 70 % de l'accélération horizontale d'un séisme d'une récurrence 2 500 ans (voir annexe 3).

5. CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

Sur la base de l'information disponible, il est jugé que l'affaissement observé au niveau de la crête de la digue Médiane près de la jonction avec la digue interne principale relève d'un mécanisme de consolidation de l'argile de fondation. Il n'est pas considéré que ce phénomène ait un impact négatif sur la sécurité de la digue Médiane.

La consolidation de l'argile est un phénomène temporel et le rythme d'accroissement de l'affaissement devrait diminuer avec le temps. L'impact principal de ce phénomène est associé à la diminution de la revanche que Métanor doit maintenir entre la surface des résidus et la crête de la digue.

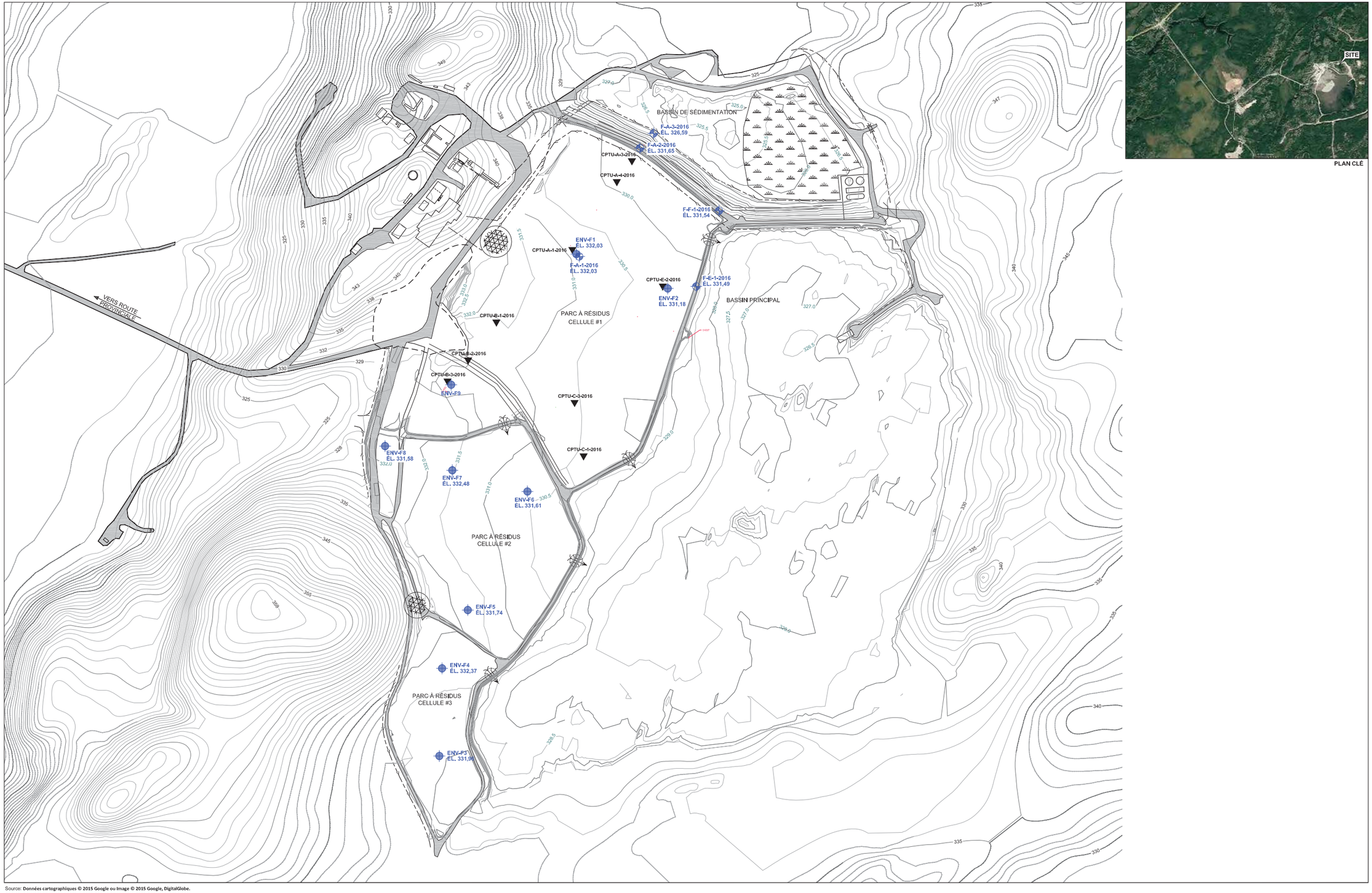
Il est donc recommandé que Métanor continue d'effectuer, sur une base régulière, la mise à niveau de l'élévation de la crête de la digue Médiane telle qu'actuellement réalisée. Cependant, Métanor devrait effectuer un relevé d'arpentage avant et après chaque mise à niveau. Le type de matériaux ainsi que le degré de compaction des matériaux mis en place pour le rehaussement devraient aussi être relevés. Ainsi, il sera possible d'évaluer si le rythme de consolidation diminue dans le temps.

Advenant que des travaux de rehaussement significatif de la digue Médiane soient envisagés par Métanor, il serait alors important que des piézomètres, permettant de mesurer les pressions interstitielles dans l'argile, soient mis en place au droit de la digue. Une localisation stratégique de ceux-ci permettra d'acquérir de précieuses données qui serviront à établir la conception appropriée du rehaussement, en plus de permettre une prédiction adéquate du comportement à long terme de l'ouvrage.

Préparée par :	Vérifiée par :
Jean-François St-Laurent, ing. M.Sc. N° OIQ : 140 657	Mylène Sansoucy, ing. M.Sc. N° OIQ :143 904

ANNEXE 1

Extraits des rapports géotechniques de GHD (2017) et Golder (2007)



PLAN CLÉ

Source: **Données cartographiques © 2015 Google ou Image © 2015 Google, DigitalGlobe.**

LÉGENDE

F-A-1-2016 ÉL. 332,03	FORAGE ET NUMÉRO ÉLÉVATION DE LA SURFACE DU SOL (m)
ENV-F3 ÉL. 331,96	FORAGE ENVIRONNEMENTAL ET NUMÉRO ÉLÉVATION DE LA SURFACE DU SOL (m)
CPTU-B-2-2016	SONDAGE AU PIÉZOCÔNE ET NUMÉRO

ÉCHELLE = 1:2500

0 25 50 75m

Dessin par: J. SANTOS / Y. DESJARDINS

Dessin vérifié: L. MAURE

RESSOURCES MÉTANOR
200, CHEMIN DE LA MINE, DESMARAISVILLE, QUÉBEC
REHAUSSEMENT DE LA CELLULE NO 1 DU PARC À RÉSIDUS

ÉTUDE GÉOTECHNIQUE
LOCALISATION DES SONDAGES

11128109-A1
DÉC 2016

11128109-A1-1

Fichier CAD: 11128109a1-dessin1.dwg

4;;9 <@3 B9 4=3

B9 4=30/& BDBDEDGQEK

CLIENT:	RESSOURCES MÉTANOR	COORDONNÉES GÉODÉSIQUES (UTM, NAD-83) (m)	▼ - NIVEAU D'EAU
PROJET:	REHAUSSEMENT DE LA CELLULE NO 1 DU PARC À RÉSIDUS	X : 417400.7 Y : 5483476.9 Z : 331.54	Date : Profondeur (m) :
LOCALISATION:	200, CHEMIN DE LA MINE, DESMARAISVILLE, QUÉBEC		Plan de localisation : 11128109-A1-1
DÉCRIT PAR:	F. ARGUIN VÉRIFIÉ PAR: V. BARON/ L. MAURE		

Type de forage : Tarière
Calibre du carottier : N
Type de marteau : Automatique
Rapport d'énergie :
Date (début) : 2016-09-27
Date (fin) : 2016-09-27

<A; 3 68>40<5790

CF(E) - Cuillère fendue (Environnement)
CR(E) - Carottier diamanté
TA(E) - Tarière
TEE - Tube Échantillonnage Environnement
TM - Tube à paroi mince
VR(E) - Vrac

6<4<68>40<5790

Remanié
Intact
Forage au diamant
Perdu

3..45 6475 6.

AC : analyse chimique
AG: analyse granulométrique
SD: analyse sédimentométrique
W_L: limite liquide
W_P: limite plastique
w : teneur en eau
C_u: cisaillement non drainé
Dup: éch. duplicata prélevé

89:;3.< 4<5= 4;>5?:3	68>40<5790	6.:7<4<.@8.3..45

Profondeur (m)	Élévation (m)	Symbole	Stratigraphie	État	Type et Numéro	Récupération %	Autres Essais	PID (ppm)	Coups par 6 po / 15 cm (Calibre)	N ou RQD
0.00	331.54		Surface du sol							
			! "#%& Sable, un peu de gravier, traces de silt, brun, humide, lâche		CF-1	59			1-3-11-24 (N)	9 *
1.0 — 0.94	330.60		Pierre concassée de calibre apparent 100-0mm, grise, humide, dense		CF-2	52			16-27 20-16 (N)	31*
1.73	329.81		Sable et gravier, traces de silt, brun, humide, compact		CF-3	46	w		8-13 11-18 (N)	16*
2.0					CF-4	16			9-8-8-7 (N)	10*
3.0					CF-5	30	w		5-11-8-5 (N)	12*
4.0					CF-6	48	AG		9-10-10-9 (N)	13*
5.0 — 5.00	326.54		devenant saturé		CF-7	7			17-12-11-9 (N)	15*
5.33	326.21		devenant lâche		CF-8	5			8-5-4-5 (N)	6 *
6.0 — 6.10	325.44		devenant graveleux		CF-9	36	AG w		7-3-8-12 (N)	7 *
7.0					CF-10	30			5-6-6-2 (N)	8 *
8.0					CF-11	0			4-4-5-4 (N)	6 *
8.38	323.16		devenant compact		CF-12	30			8-10-6-9 (N)	10*
9.0 — 8.93	322.61		. /#, $F+- #& Argile silteuse, traces de sable, gris, saturé, raide		CF-13	100	SD w		2-2-3-2 (N)	3 *

○ Teneur en eau (%) △ C_u (Terrain, kPa)
W_P W_L Limites d'Atterberg (%) □ C_u (Lab, kPa)
● Indice "N" standard
▲ Indice "N_C" dynamique

10 20 30 40 50 60 70 80 90

0% $+ *2$+

4;;9 <@3 B9 4=3

B9 4=30/& BDBDEDGQEK

CLIENT: RESSOURCES MÉTANOR

PROJET: REHAUSSEMENT DE LA CELLULE NO 1 DU PARC À RÉSIDUS

LOCALISATION: 200, CHEMIN DE LA MINE, DESMARAISVILLE, QUÉBEC

DÉCRIT PAR: F. ARGUIN VÉRIFIÉ PAR: V. BARON/ L. MAURE

COORDONNÉES GÉODÉSIQUES (UTM, NAD-83) (m)
X : 417400.7
Y : 5483476.9
Z : 331.54

▼ - NIVEAU D'EAU
Date :
Profondeur (m) :

Plan de localisation : 11128109-A1-1

Type de forage : Tarière
Calibre du carottier : N
Type de marteau : Automatique
Rapport d'énergie :
Date (début) : 2016-09-27
Date (fin) : 2016-09-27

<A;368>40<5790
CF(E) - Cuillère fendue (Environnement)
CR(E) - Carottier diamanté
TA(E) - Tarière
TEE - Tube Échantillonnage Environnement
TM - Tube à paroi mince
VR(E) - Vrac

6<4<68>40<5790
Remanié
Intact
Forage au diamant
Perdu

3..45 6475 6.
AC : analyse chimique
AG: analyse granulométrique
SD: analyse sédimentométrique
W_L: limite liquide
W_P: limite plastique
w : teneur en eau
C_u: cisaillement non drainé
Dup: éch. duplicata prélevé

89:;3.< 4<5= 4;>5?:3 | 68>40<5790 | 6.:7<4<.@8.3..45

Profondeur (m)	Élévation (m)	Symbole	Stratigraphie	État	Type et Numéro	Récupération %	Autres Essais	PID (ppm)	Coups par 6 po / 15 cm (Calibre)	N ou RQD
10.00	321.54		Surface du sol							
10.00	321.54		devenant ferme		TM-14	100	A w C50 y Cu			
11.0					CF-15	100			1-1-0-1 (N)	1
					TM-16	100	SD A w y			
12.0										
12.45	319.09		Sable, un peu de silt, traces de gravier et d'argile, gris, saturé, lâche		CF-17	39			4-6-7-9 (N)	8 *
13.0										
13.72	317.82		devenant dense		CF-18	55	w		39-36 50/10cm (N)	R
14.0										
15.0					CF-19	42			60- 50/10cm (N)	R
15.49	316.05		Refus tarière sur roc probable Fin du forage							
16.0										
17.0			Note: -* Indice de pénétration "N" corrigé en fonction du calibre de la cuillière utilisée.							
18.0										
19.0										

○ Teneur en eau (%) △ C_u (Terrain, kPa)
W_P W_L Limites d'Atterberg (%) □ C_u (Lab, kPa)
● Indice "N" standard
▲ Indice "N_C" dynamique

10 20 30 40 50 60 70 80 90

0% $+ *2$+

RAPPORT DE FORAGE

FORAGE No: F-A-3-2016

CLIENT: RESSOURCES MÉTANOR

PROJET: REHAUSSEMENT DE LA CELLULE NO 1 DU PARC À RÉSIDUS

LOCALISATION: 200, CHEMIN DE LA MINE, DESMARAISVILLE, QUÉBEC

DÉCRIT PAR: F. ARGUIN VÉRIFIÉ PAR: V. BARON/ L. MAURE

COORDONNÉES GÉODÉSIQUES (UTM, NAD-83) (m)
X : 417305.9
Y : 5483589.0
Z : 326.59

▼ - NIVEAU D'EAU
Date :
Profondeur (m) :

Plan de localisation : 11128109-A2-1

Type de forage : Tarière
Calibre du carottier : N
Type de marteau : Automatique
Rapport d'énergie :
Date (début) : 2016-09-29
Date (fin) : 2016-09-29

TYPE ÉCHANTILLON
- CF(E) - Cuillère fendue (Environnement)
- CR(E) - Carottier diamanté
- TA(E) - Tarière
- TEE - Tube Échantillonnage Environnement
- TM - Tube à paroi mince
- VR(E) - Vrac

ÉTAT ÉCHANTILLON
- Remanié
- Intact
- Forage au diamant
- Perdu

ESSAIS RÉALISÉS
- AC : analyse chimique
- AG: analyse granulométrique
- SD: analyse sédimentométrique
- W_L: limite liquide
- W_P: limite plastique
- w : teneur en eau
- C_u: cisaillement non drainé
- Dup: éch. duplicata prélevé

Profondeur (m)	Élévation (m)	Symbole	Stratigraphie	État	Type et Numéro	Récupération %	Autres Essais	PID (ppm)	Coups par 6 po / 15 cm (Calibre)	N ou RQD
0.00	326.59		Surface du sol							
0.36	326.23		**Remblai:** Pierre concassée de calibre apparent 100-0mm, grise, humide, lâche		CF-1	30			2-5-3-4 (N)	5 *
0.76	325.83		devenant saturée		CF-2	18			2-4-4-6 (N)	5 *
			Résidus miniers: Silt, un peu de sable, brun à gris, saturé, lâche		CF-3	59	w		7-8-3-4 (N)	7 *
2.28	324.31		devenant très lâche avec présence de débris (bois)		CF-4	39			5-3-3-1 (N)	4 *
3.05	323.54		**Sol organique:** Tourbe, brune, humide		CF-5	49	w		5-4-3-5 (N)	5 *
3.30	323.29		**Sol naturel:** Silt, traces de sable, gris, saturé, lâche		CF-6	5			6-4-3-6 (N)	5 *
4.50	322.09		Argile silteuse, grise, saturé, raide		CF-7	52	w		3-4-3-2 (N)	5 *
5.57	321.02		devenant ferme		TM-8	100	y = 1.63 g/cm³			
6.10	320.49		devenant molle		TM-9	100	y = 1.69 g/cm³			
					TM-10	100	y = 1.65 g/cm³			
7.37	319.22		devenant raide		TM-11	100	y = 1.75 g/cm³			
8.00	318.59		Silt, traces de sable, gris, saturé, compact							
8.33	318.26		Sable, un peu de silt, traces de gravier, gris, saturé, compact		CF-12	30	w		2-6-9-7 (N)	10 *
9.15	317.44		devenant lâche		CF-13	13			3-8-6-5 (N)	9
9.91	316.68		devenant graveleux et dense		CF-14	20			17 -50/10cm (N)	R
					CF-15	80			20-18 15-21 (N)	22 *
12.40	314.19		Refus tarière sur roc probable Fin du forage							

Note:
-* Indice de pénétration "N" corrigé en fonction du calibre de la cuillière utilisée.

RÉSULTATS DES ESSAIS

Teneur en eau (%) ○ — C_u (Terrain, kPa) △
Limites d'Atterberg (%) W_P W_L — C_u (Lab, kPa) □
Indice "N" standard ●
Indice "N_C" dynamique ▲

10 20 30 40 50 60 70 80 90

Niveau d'eau

110

4;;9 <@3 B9 4=3

B9 4=30/& BD4DGDGQEK

CLIENT: RESSOURCES MÉTANOR

PROJET: REHAUSSEMENT DE LA CELLULE NO 1 DU PARC À RÉSIDUS

LOCALISATION: 200, CHEMIN DE LA MINE, DESMARAISVILLE, QUÉBEC

DÉCRIT PAR: F. ARGUIN VÉRIFIÉ PAR: V. BARON/ L. MAURE

COORDONNÉES GÉODÉSIQUES (UTM, NAD-83) (m)
X : 417286.2
Y : 5483567.6
Z : 331.65

▼ - NIVEAU D'EAU
Date : 2016-10-03
Profondeur (m) : 5.29 ; 9.83

Plan de localisation : 11128109-A1-1

Type de forage : Tarière
Calibre du carottier : N
Type de marteau : Automatique
Rapport d'énergie :
Date (début) : 2016-09-28
Date (fin) : 2016-09-28

<A;368>40<5790
CF(E) - Cuillère fendue (Environnement)
CR(E) - Carottier diamanté
TA(E) - Tarière
TEE - Tube Échantillonnage Environnement
TM - Tube à paroi mince
VR(E) - Vrac

6<4<68>40<5790
Remanié
Intact
Forage au diamant
Perdu

3..45 6475 6.
AC : analyse chimique
AG: analyse granulométrique
SD: analyse sédimentométrique
W_L: limite liquide
W_P: limite plastique
w : teneur en eau
C_u: cisaillement non drainé
Dup: éch. duplicata prélevé

89:;3.< 4<5= 4;>5:3 | 68>40<5790 | 6.:7<4<.@8.3..45

Profondeur (m)	Élévation (m)	Symbole	Stratigraphie	État	Type et Numéro	Récupération %	Autres Essais	PID (ppm)	Coups par 6 po / 15 cm (Calibre)	N ou RQD
0.00	331.65		Surface du sol							
			! "#$% Sable, traces à un peu de silt, un peu de gravier, brun-gris, humide, compact		CF-1	59			7-16-13-21 (N)	19*
0.66	330.99		Pierre concassée de calibre apparent 100-0mm, grise, humide, compacte		CF-2	21			7-10-6-9 (N)	10*
1.0										
					CF-3	31	w		4-6-10-20 (N)	10*
2.0										
2.28	329.37		Sable et gravier, traces de silt, brun, humide, compact présence de cailloux		CF-4	0			15-12-9-8 (N)	11*
3.0										
3.05	328.60		devenant lâche		CF-5	26	AG w		3-7-7-10 (N)	9 *
3.81	327.84		devenant compact avec présence de cailloux		CF-6	23			20-23-14-11 (N)	24*
4.0										
					CF-7	13			19-18-15-8 (N)	22*
5.0										
5.33	326.32		devenant saturé		CF-8	7			10-9-8-7 (N)	11*
6.0										
6.10	325.55		devenant lâche		CF-9	33	AG w		6-5-5-4 (N)	7 *
7.0					CF-10	13			9-3-4-6 (N)	5 *
7.62	324.03		Sable, traces de silt, un peu de gravier, brun, saturé, compact		CF-11	38	w		11-7-17-20 (N)	16*
8.0										
8.48	323.17		./#/-O$,%+ & Tourbe, brune, très humide		CF-12	48			7-10-11-9 (N)	14*
8.54	323.11		./#,$F- #& Silt, traces de sable, gris, saturé, compact							
9.0										
9.23	322.42		Argile silteuse, traces de sable, grise, saturée, raide		CF-13	66	SD		6-4-3-4 (N)	5 *

Teneur en eau (%) △ C_u (Terrain, kPa)
Limites d'Atterberg (%) □ C_u (Lab, kPa)
Indice "N" standard
Indice "N_C" dynamique

10 20 30 40 50 60 70 80 90

0% $+ *2$+

5.29 m

9.83 m

Voir la note explicative ci-jointe pour la liste complète des symboles et abréviations

4;;9 <@3 B9 4=3

B9 4=30/& BD4DGGQEK

CLIENT: RESSOURCES MÉTANOR

PROJET: REHAUSSEMENT DE LA CELLULE NO 1 DU PARC À RÉSIDUS

LOCALISATION: 200, CHEMIN DE LA MINE, DESMARAISVILLE, QUÉBEC

DÉCRIT PAR: F. ARGUIN VÉRIFIÉ PAR: V. BARON/ L. MAURE

COORDONNÉES GÉODÉSIQUES (UTM, NAD-83) (m)
X : 417286.2
Y : 5483567.6
Z : 331.65

▼ - NIVEAU D'EAU
Date : 2016-10-03
Profondeur (m) : 5.29 ; 9.83

Plan de localisation : 11128109-A1-1

Type de forage : Tarière
Calibre du carottier : N
Type de marteau : Automatique
Rapport d'énergie :
Date (début) : 2016-09-28
Date (fin) : 2016-09-28

<A;368>40<5790
CF(E) - Cuillère fendue (Environnement)
CR(E) - Carottier diamanté
TA(E) - Tarière
TEE - Tube Échantillonnage Environnement
TM - Tube à paroi mince
VR(E) - Vrac

6<4<68>40<5790
Remanié
Intact
Forage au diamant
Perdu

3..456475 6.
AC : analyse chimique
AG: analyse granulométrique
SD: analyse sédimentométrique
W_L: limite liquide
W_P: limite plastique
w : teneur en eau
C_u: cisaillement non drainé
Dup: éch. duplicata prélevé

89:;3.< 4<5= 4;>5?:3 | 68>40<5790 | 6.:7<4<.@8.3..45

Profondeur (m)	Élévation (m)	Symbole	Stratigraphie	État	Type et Numéro	Récupération %	Autres Essais	PID (ppm)	Coups par 6 po / 15 cm (Calibre)	N ou RQD
10.00	321.65		Surface du sol							
					CF-14	5			5-2-2-2 (N)	3 *
10.60	321.05		Argile et silt, gris, saturé, ferme							
11.0					CF-15	100	SD		2-1-1-1 (N)	1 *
					CF-16	28			1-2-16-14 (N)	12*
12.0										
12.19	319.46		Sable, un peu de silt et de gravier, traces d'argile, gris, saturé, compact		CF-17	30	SD w		23-9-11-9 (N)	13*
13.0										
13.73	317.92		devenant graveleux		CF-18	28	w		18-14-12-15 (N)	17*
14.0										
15.0					CF-19	36			15-24 50/8cm (N)	R
16.0										
17.0					CF-20	45			30-33 55/15cm (N)	57*
17.42	314.23		Refus tarière sur roc probable Fin du forage							
18.0										
19.0										

Note:
-* Indice de pénétration "N" corrigé en fonction du calibre de la cuillière utilisée.

Teneur en eau (%) △ C_u (Terrain, kPa)
W_P W_L Limites d'Atterberg (%) □ C_u (Lab, kPa)
● Indice "N" standard
▲ Indice "N_C" dynamique

10 20 30 40 50 60 70 80 90

0% $+ *2$+

4.1.4 Dépôt d'argile

Un dépôt naturel cohésif varvé, composé de lits subhorizontaux d'argile et de silt a été noté sous les sols décrits précédemment jusqu'à des profondeurs variant entre 8,00 m et 12,45 m dans les forages nos F-A-2-2016, F-A-3-2016 et F-F-1-2016.

La consistance de ce dépôt varie de raide à ferme en profondeur, mais certains horizons présentent des consistances molles. Selon les essais au scissomètre de chantier (Nilcon) et de laboratoire, le dépôt d'argile possède des résistances au cisaillement non drainées (cu) oscillant majoritairement entre 30 kPa et 50 kPa dans les forages nos F-A-2-2016 et F-F-1-2016 et de l'ordre de 20 kPa dans le forage no F-A-3-2016.

Le tableau suivant résume les résultats des analyses granulométriques et des teneurs en eau sur le dépôt d'argile.

Tableau 4.2 Synthèse des résultats des analyses granulométriques et des teneurs en eau sur le dépôt d'argile

Forage no	Échantillon no	Profondeur (m)	Teneur en eau (%)	Granulométrie (%)			
				Gravier	Sable	Silt	Argile
				> 4,75 mm	*4,75 mm – 0,075 mm*	*0,075 mm – 0,002 mm*	*< 0,002 mm*
F-A-2-2016	CF-13	9,14-9,75	--	0	4	32	64
F-A-2-2016	CF-15	10,67-11,28	--	0	0	43	57
F-A-3-2016	CF-7	4,57-5,18	65	--	--	--	
F-F-1-2016	CF-13	9,14-9,75	49	0	2	24	74
F-F-1-2016	TM-16	11,43-12,04	31	0	3	69	28

Le tableau suivant résume les résultats des limites de consistance (limites Atterberg).

Tableau 4.3 Synthèse des résultats de la détermination des limites de consistance

Forage no	Échantillon no	Profondeur (m)	Limite de plasticité	Limite de liquidité	Indice de plasticité	Indice de liquidité	Teneur en eau (%)
F-F-1-2016	TM-14	10,26-10,41	24	53	29	0,97	52
F-F-1-2016	TM-16	11,63-11,78	18	28	10	1,3	31

La classification unifiée des sols indique que l'argile est classifiée « CL » et « CH », soit une argile silteuse inorganique de plasticité faible à élevée.

Le tableau suivant présente les résultats des essais de détermination du poids volumique ainsi que des résistances au cisaillement à l'aide du pénétromètre à cône.

Tableau 4.4 Synthèse des résultats du poids volumique et de la résistance au cisaillement au pénétromètre à cône

Forage no	Échantillon no	Profondeur (m)	Résistance au cisaillement intact (kPa)	Résistance au cisaillement remanié (kPa)	Sensibilité (Cu/Cur)	Poids volumique (kN/m^3)
F-A-3-2016	TM-8	5,57-5,72	--	--	--	16,0
F-A-3-2016	TM-9	6,32-6,47	--	--	--	16,6
F-A-3-2016	TM-10	7,08-7,23	--	--	--	16,2
F-A-3-2016	TM-11	7,83-7,98	--	--	--	17,1
F-F-1-2016	TM-14	10,26-10,41	27,8	3,6	7,7	16,9
F-F-1-2016	TM-16	11,63-11,78	72,9	2,1	34,7	19,4

Un (1) essai de consolidation œdométrique et de perméabilité a été réalisé sur l'échantillon TM-14 du forage no F-F-1-2016. Le tableau suivant résume les divers paramètres calculés à partir de cet essai.

Tableau 4.5 Paramètres de consolidation œdométrique

Forage no	Échantillon no	Profondeur (m)	σ'_p (kPa)	e_o	C_r	C_c	σ'_{vo} (kPa)	OCR	Perméabilité (cm/s)
F-F-1-2016	TM-14	10,26-10,41	109	1,38	0,06	0,42	160	0,7	$7,9 \times 10^{-8}$

Notes : *σ'_p : contrainte de préconsolidation*
C_c : indice de compression
σ'_{vo} : contrainte effective verticale (poids des terres)
e_o : indice des vides initiaux
C_r : indice de recompression
OCR : rapport de surconsolidation

D'après ces résultats, il s'agit d'un dépôt d'argile normalement consolidé.

4.1.5 Dépôt de till

Un dépôt d'origine glaciaire, communément appelé till, composé d'une matrice sableuse a été rencontré directement sous le dépôt d'argile.

Le tableau suivant résume les résultats d'une analyse granulométrique et de teneurs en eau sur le dépôt de till.

Tableau 4.6 Synthèse des résultats d'une analyse granulométrique et de teneurs en eau sur le dépôt de till

Forage no	Échantillon no	Profondeur (m)	Teneur en eau (%)	Granulométrie (%)			
				Gravier	Sable	Silt	Argile
				> 4,75 mm	*4,75 mm – 0,075 mm*	*0,075 mm – 0,002 mm*	*< 0,002 mm*
F-A-2-2016	CF-17	7,62-8,23	9	80		17	3
F-A-2-2016	CF-18	13,71-14,32	7	--	--	--	--
F-A-3-2016	CF-12	8,33-8,99	8	--	--	--	--
F-F-1-2016	CF-18	13,72-14,12	7	--	--	--	--

De plus, des cailloux et/ou blocs sont présents au sein du dépôt de till.

Le dépôt de till est dans un état qualifié généralement de compact avec des valeurs d'indices « N » variant entre 11 et 29. En profondeur, ce dernier devient dense à très dense.

Les forages nos F-A-2-2016, F-A-3-2016 et F-F-1-2016 ont été terminés au sein du dépôt de till à des profondeurs respectives de 17,42 m, 12,40 m et 15,49 m avec des refus d'enfoncement sur roc probable.

4.2 Cellule no 1

Tous les sondages, à l'exception des forages nos F-A-2-2016, F-A-3-2016 et F-F-1-2016, ont été réalisés sur la cellule no 1. Il est toutefois à noter que le forage no F-E-1-2016 a été effectué sur la digue interne principale d'une hauteur de 3 m reposant sur les résidus miniers.

4.2.1 Remblai

En surface, à l'emplacement de tous les sondages, des matériaux de remblai ont été rencontrés sur des épaisseurs variables. Celui-ci est constitué de stériles miniers mis en place avant notre arrivé, pour faciliter l'accès aux emplacements de ces sondages, à l'exception du forage no F-E-1-2016 sur la digue interne principale d'une hauteur de 3 m.

Les matériaux de remblai mis en place pour nos travaux sont à l'état lâche, alors que ceux de la digue interne principale sont considérés compact avec des valeurs d'indices « N » variant entre 15 et 29.

4.2.2 Résidus miniers

Dans les forages nos F-A-1-2016 et F-E-1-2016, des résidus miniers constitués majoritairement d'un silt avec des proportions variables en sable, gravier et argile ont été observés sur une épaisseur évaluée de l'ordre de 6 m.

Un essai pour déterminer la densité relative des grains sur un échantillon provenant des résidus miniers a été effectué. Une densité relative de 2,77 a été mesurée.

Les résidus miniers sont dans un état qualifié de très lâche à lâche avec des valeurs d'indices « N » variant entre 1 et 7.

Selon les essais de perméabilité réalisés en laboratoire et en chantier, les résidus possèdent une perméabilité de l'ordre de 1,0 x 10^{-6} cm/s à 5,0 x 10^{-6} cm/s.

4.2.3 Tourbe

Un horizon organique a été identifié sous les résidus miniers dans les forages nos F-A-1-2016 et F-E-1-2016 sur des épaisseurs respectives de 760 mm et 160 mm. Celui-ci est composé d'une tourbe fibreuse de couleur brune.

4.2.4 Dépôt d'argile

Un dépôt naturel cohésif varvé, composé de lits subhorizontaux d'argile et de silt a été noté sous les sols décrits précédemment jusqu'à des profondeurs variant entre 11,4 m et 14,5 m.

La consistance de ce dépôt s'avère ferme. Selon les essais au scissomètre de chantier (Nilcon), de laboratoire et des sondages au piézocône, le dépôt d'argile possède des résistances au cisaillement non drainées (c_u) oscillant majoritairement entre 25 kPa et 35 kPa.

Le tableau suivant résume les résultats des limites de consistance (limites Atterberg).

Tableau 4.7 Synthèse des résultats de la détermination des limites de consistance

Forage no	Échantillon no	Profondeur (m)	Limite de plasticité	Limite de liquidité	Indice de plasticité	Indice de liquidité	Teneur en eau (%)
F-A-1-2016	TM-13	9,50-9,67	19	39	20	0,9	37
F-A-1-2016	TM-15	11,02-11,17	22	41	19	0,95	40
F-E-1-2016	TM-14	10,12-10,27	22	58	36	1,0	58
F-E-1-2016	CF-17	12,19-12,80	26	64	43	0,88	64

La classification unifiée des sols indique que l'argile est classifiée « CL » et « CH », soit une argile silteuse inorganique de plasticité faible à élever.

Le tableau suivant présente les résultats des essais de détermination du poids volumique ainsi que des résistances au cisaillement à l'aide du pénétromètre à cône.

Tableau 4.8 Synthèse des résultats du poids volumique et de la résistance au cisaillement au pénétromètre à cône

Forage no	Échantillon no	Profondeur (m)	Résistance au cisaillement intact (kPa)	Résistance au cisaillement remanié (kPa)	Sensibilité (Cu/Cur)	Poids volumique (kN/m^3)
F-A-1-2016	TM-13	9,50-9,67	123,5	7	17,7	17,9
F-A-1-2016	TM-15	11,02-11,17	29,1	2,1	13,9	18,0
F-E-1-2016	TM-14	10,12-10,27	34,9	2,6	13,4	16,0
F-E-1-2016	TM-15	10,89-11,04	19,5	2	9,8	15,6

Un (1) essai de consolidation œdométrique et de perméabilité a été réalisé sur l'échantillon TM-13 du forage no F-A-1-2016. Le tableau suivant résume les divers paramètres calculés à partir de cet essai.

Tableau 4.9 Paramètres de consolidation œdométrique

Forage no	Échantillon no	Profondeur (m)	σ'_p (kPa)	e_o	C_r	C_c	σ'_{vo} (kPa)	OCR	Perméabilité (cm/s)
F-A-1-2016	TM-13	9,50-9,67	252	0,96	0,02	0,32	110	2,3	$1,3 \times 10^{-7}$

Note : $\sigma'p$: contrainte de préconsolidation; eo : indice des vides initiaux; Cc : indice de compression; Cr : indice de recompression; $\sigma'vo$: contrainte effective verticale (poids des terres); OCR : rapport de surconsolidation

D'après ces résultats, il s'agit d'un dépôt d'argile surconsolidé.

4.2.5 Dépôt de till

Un dépôt d'origine glaciaire, communément appelé till, composé d'une matrice sableuse a été rencontré directement sous le dépôt d'argile.

Des cailloux et/ou blocs sont présents au sein du dépôt de till.

Le dépôt de till est dans un état qualifié généralement de compact avec des valeurs d'indices « N » variant entre 20 et 26. En profondeur, ce dernier devient dense à très dense.

Les forages nos F-A-1-2016 et F-E-1-2016 ont été terminés au sein du dépôt de till à des profondeurs respectives de 15,33 m et 17,49 m avec des refus d'enfoncement sur roc probable. Tous les sondages au piézocône ont été arrêtés au refus sur la partie sommitale du dépôt de till.

5. Description sommaire des matériaux reçus

Le client nous a transmis des échantillons de stériles et de résidus miniers afin de réaliser des essais sur les matériaux qui seront utilisés lors des travaux.

5.1 Stériles miniers

Le tableau suivant résume les résultats d'une analyse granulométrique sur les stériles.

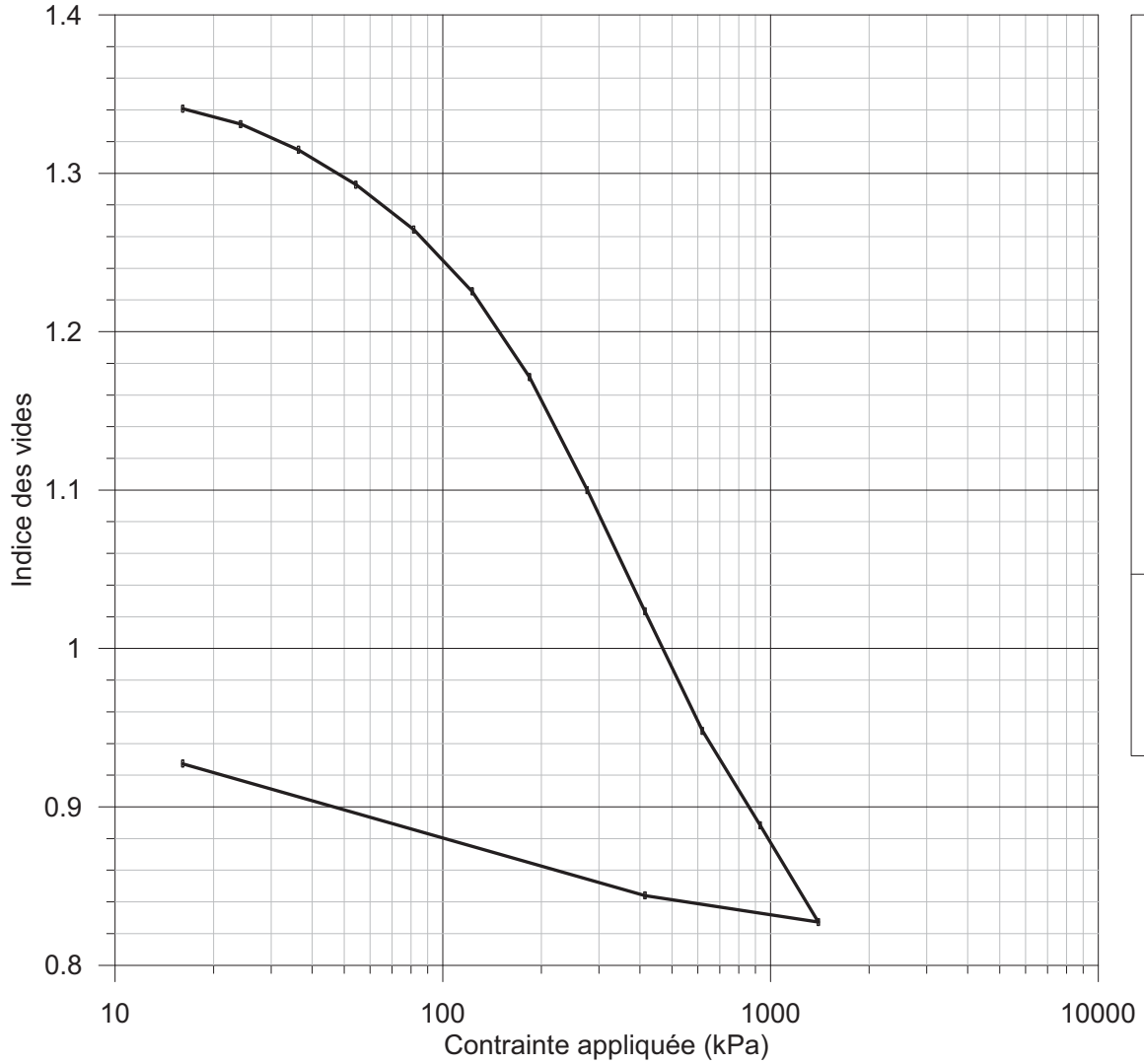
Tableau 5.1 Synthèse des résultats d'une analyse granulométrique sur les stériles

Granulométrie (%)			
Gravier	Sable	Silt	Argile
> 4,75 mm	*4,75 mm – 0,075 mm*	*0,075 mm – 0,002 mm*	*< 0,002 mm*
78	24	4	
80	16	4	

Un essai pour déterminer la densité relative des grains sur un échantillon provenant des résidus miniers a été effectué. Une densité relative de 2,81 a été mesurée.

Des teneurs en eau de 2 % e 3 % ont été obtenues sur deux échantillons différents.

Essai de Consolidation Oedométrique - F-F-1-2016 TM-14



Échantillon Initial

Diamètre :	6.35 cm
Hauteur :	2.56 cm
Poids volumique :	16.82 kN/m^3
Teneur en eau :	51.49 %
Indice des vides :	1.38
Degré de saturation :	100 %
Densité des grains solides :	2.7 (supposée)

Échantillon Final

Teneur en eau : 36.44 %

Description du sol

Argile silteuse gris, plastique (CH)

Taux de chargement : 50%

Résultats d'essai

Indice de compression (c_c) : 0.42

Indice de recompression (c_r) : 0.06

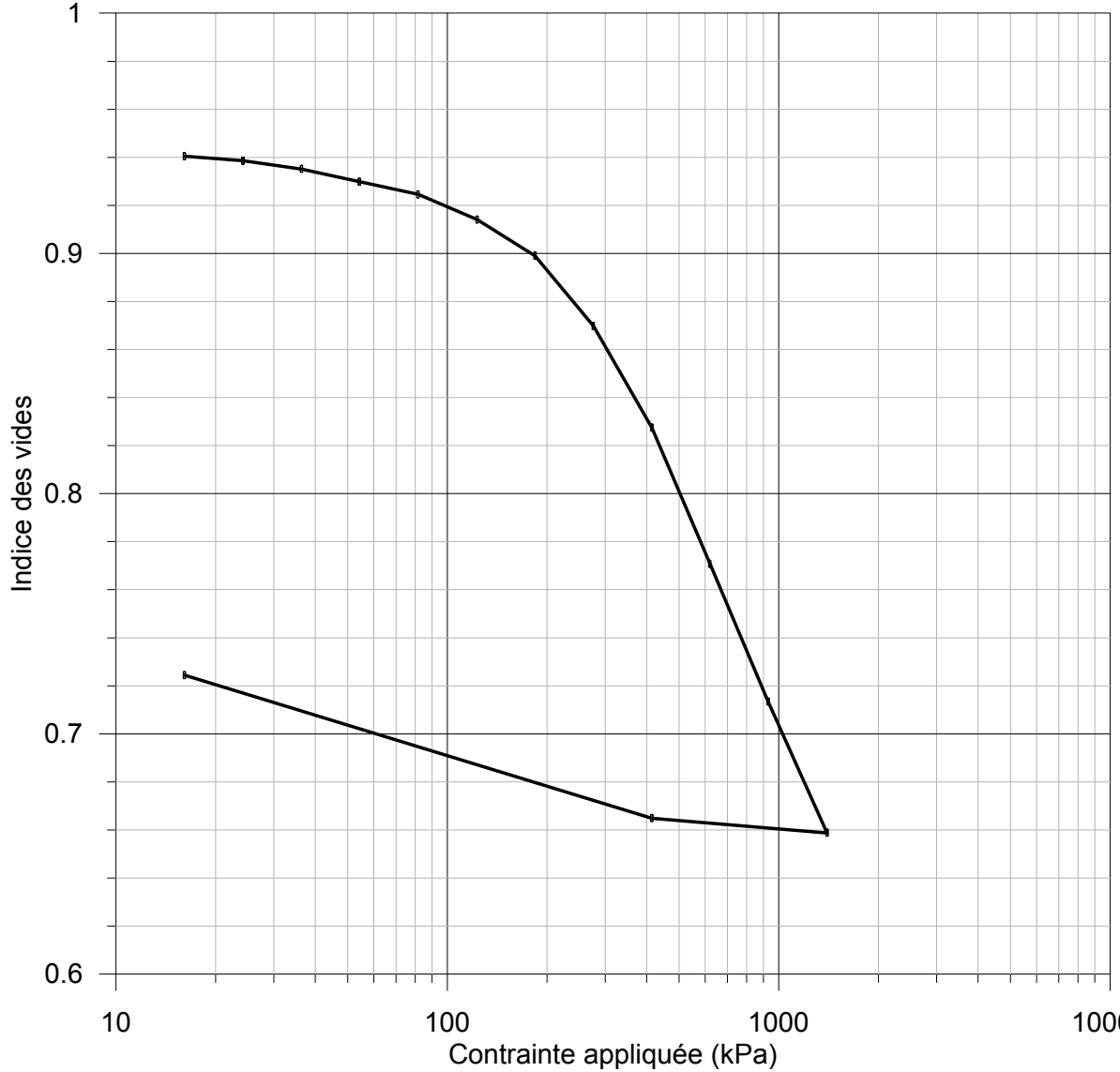
Contrainte de préconsolidation (σ'_p) : 109 kPa

Forage	: F-F-1-2016
Échantillon	: TM-14
Profondeur (m)	: 10.26 -10.41

Projet	: 200, chemin de la Mine
Site	: Desmaraisville, Québec
Client	: Ressources Métanor
Date	: 24 octobre 2016

Projet (No) : 11128109-A1

b¹¹~®¤§=` ´³¹´±®~º®³ ≠ §¤´² ψº¸®¼§=j=cJAJNJOMNS=qj JNP



O¡ - ~³ º®¤´³ ≠ f³ ®®±

Diamètre : 6.35 cm
Hauteur : 2.56 cm
Poids volumique : 18.04 kN/m³
Teneur en eau : 37.14 %
Indice des vides : 0.96
Degré de saturation : 94 %
Densité des grains solides : 2.7 (supposée)

O¡ - ~³ º®¤´³ =c®~±

Teneur en eau : 28.42 %

a§¹¡ ¸®º®³ =¤¼ ´±

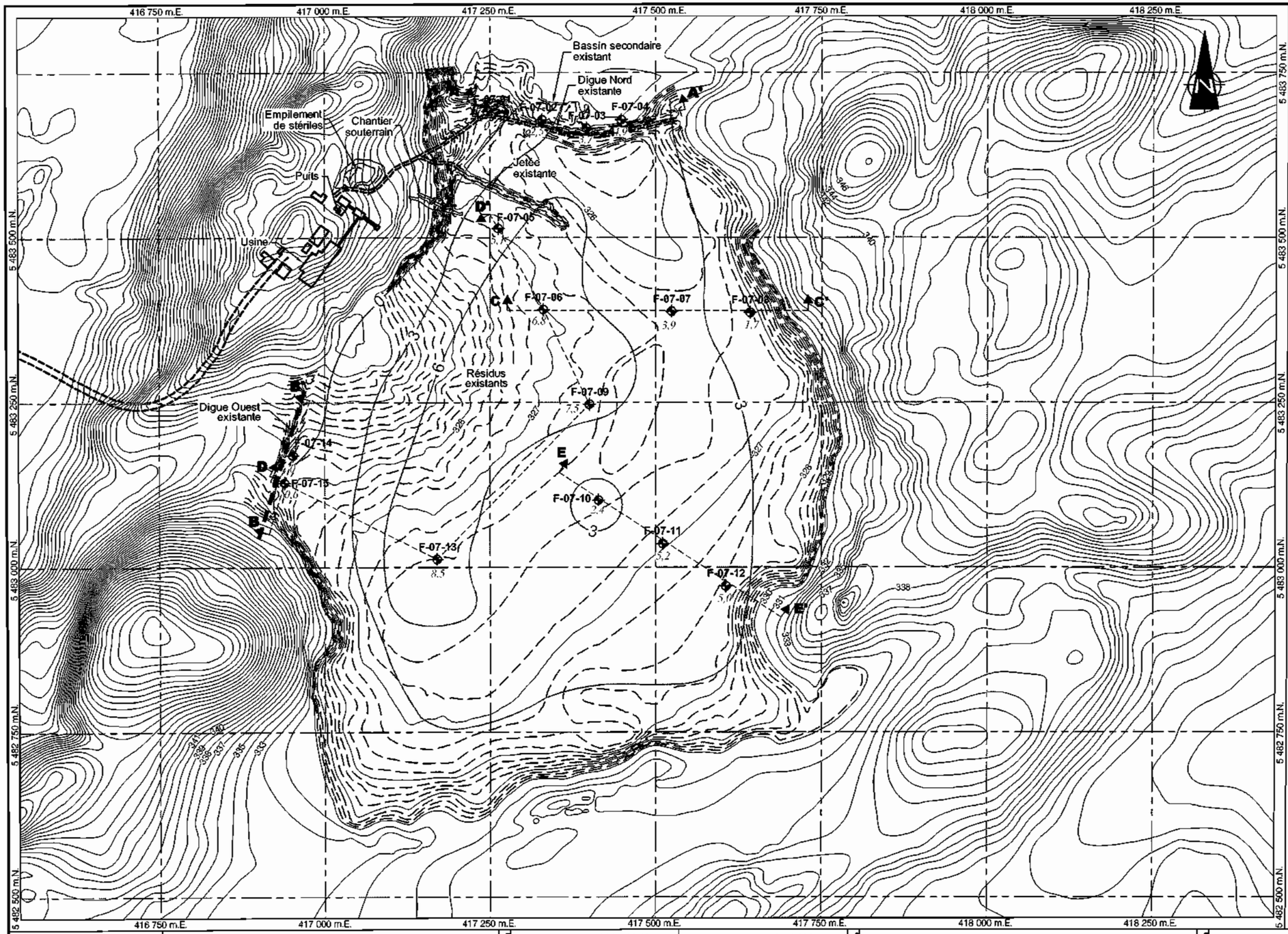
Argile silteuse grise, ferme à raide, plastique (CH)

q~¼¿ =¤§=¡ - ~¸ª §² §³ º=WRMB

o ψ¹ ¼±º~º¹ =¤§§¹¹~®

Indice de compression (c_c) : 0.32
Indice de recompression (c_r) : 0.02
Contrainte de préconsolidation (σ'_p) : 252 kPa

Forage : F-A-1-2016 Échantillon : TM-13 Profondeur (m): 9.50 - 9.67	Projet : 200, chemin de la Mine Site : Desmaraisville, Québec Client : Ressources Métanor Date : 24 octobre 2016	Projet (No) : 11128109-A1



LÉGENDE:

F-07-09	Forage (Golder, 2007)
3	Isocontour d'épaisseur d'argile (en mètres)
6,10	Épaisseur d'argile (en mètres)
A A'	Localisation des coupes (voir figures 5 et 6)

NOTE:

- Excluant la présence du silt argileux.
- Les contours montrés dans le parc sont ceux relevés par J.-L. Corriveau en 2005 et 2007.

SOURCE:

Plan # C9523_Global-UTM daté de mars 2007 fourni par CORRIVEAU J.L. & ASSOC. INC.

Golder Associés
9200, boul. de l'Acadie, bureau 10
Montréal (Québec) H4N 2T2
Tél.: (514) 383-0990 Fax: (514) 383-5332

Date:	2007-08-03	Échelle:	1 : 6 000
Dessiné par:	R. Gravel	Projeté par:	M. Lemieux
Vérifié par:	M. Lemieux	Approuvé par:	M. Lemieux
No. de dessin:	0712270010-7000-03	No. de projet:	07-1227-0010

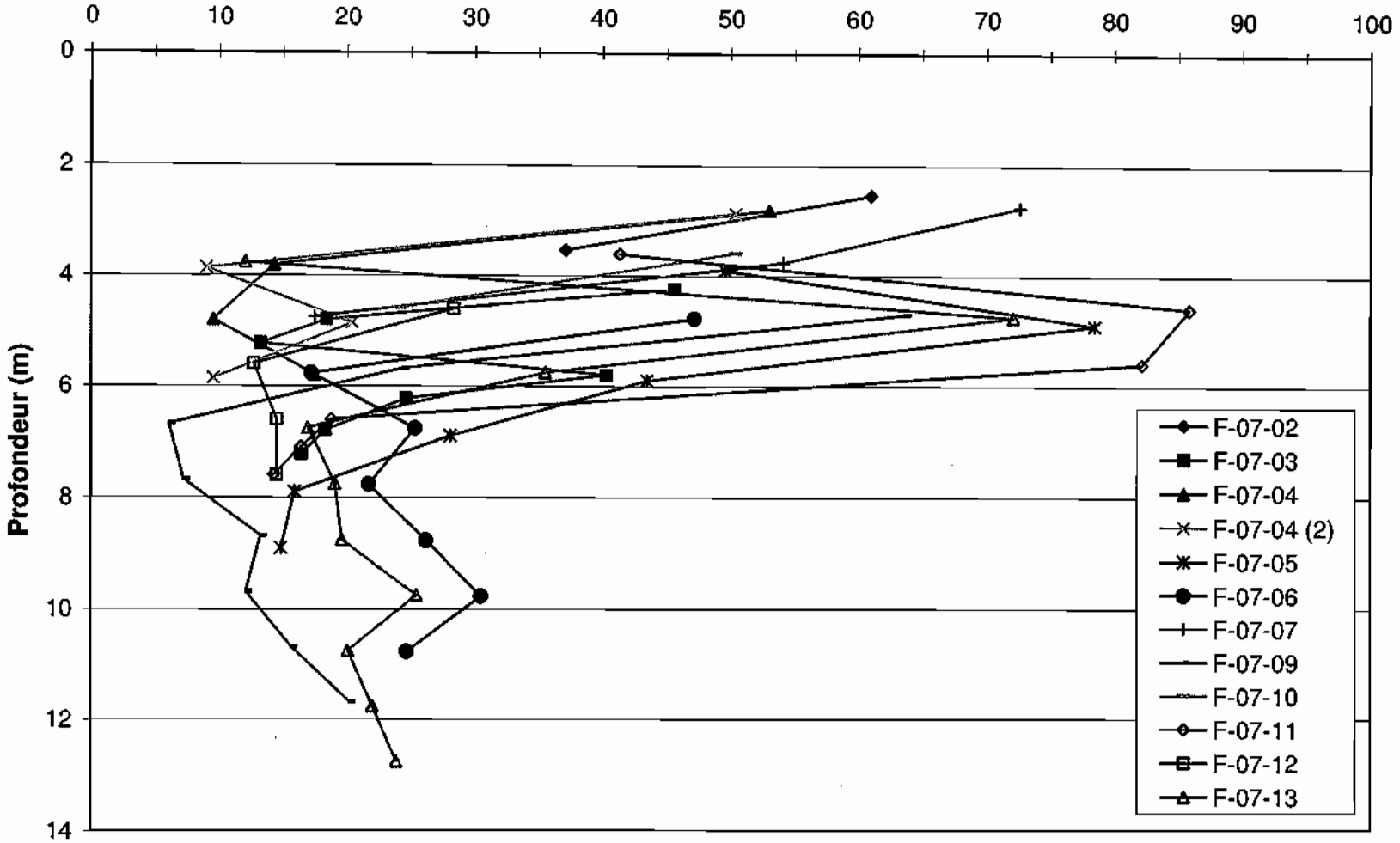
Ressources Métanor Inc.

PARC À RÉSIDUS MINIERS
LAC BACHELOR, DESMARAISVILLE, QUÉ.

ISOCONTOURS D'ARGILE

FIGURE 3

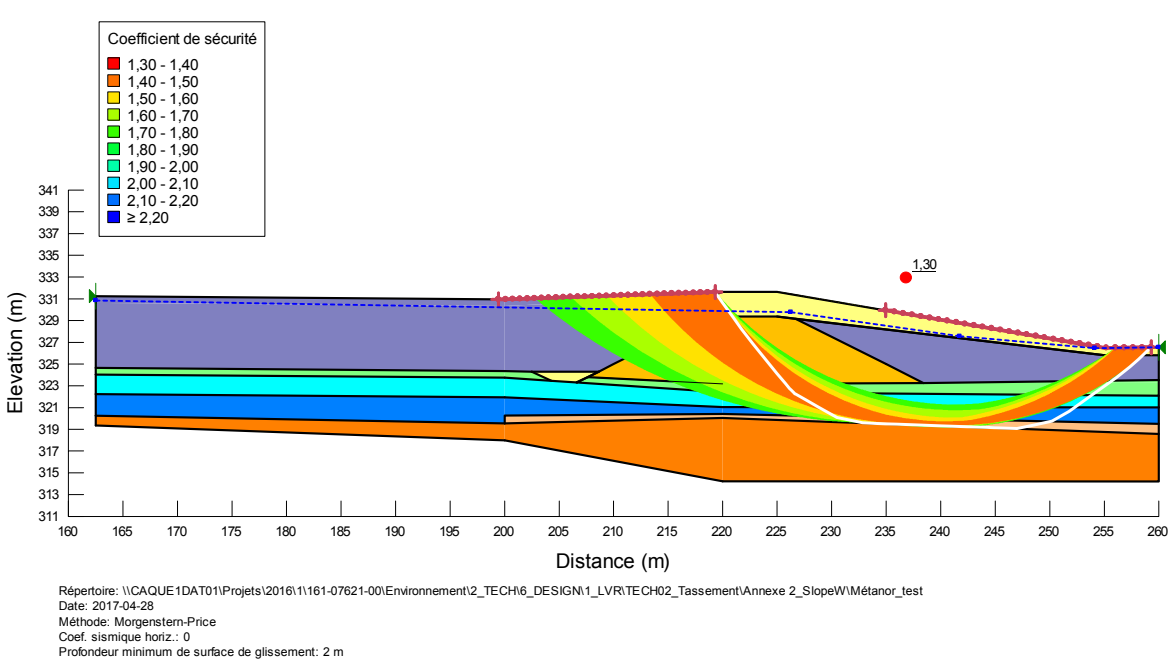
Figure 4 :Compilation des résultats des essais de cisaillement non drainé des sols



N:\Actif\2007\1227\07-1227-0010 Métanor\données chantier\Résultats Nilcon 07-1227-0010 avec reprise

ANNEXE 2

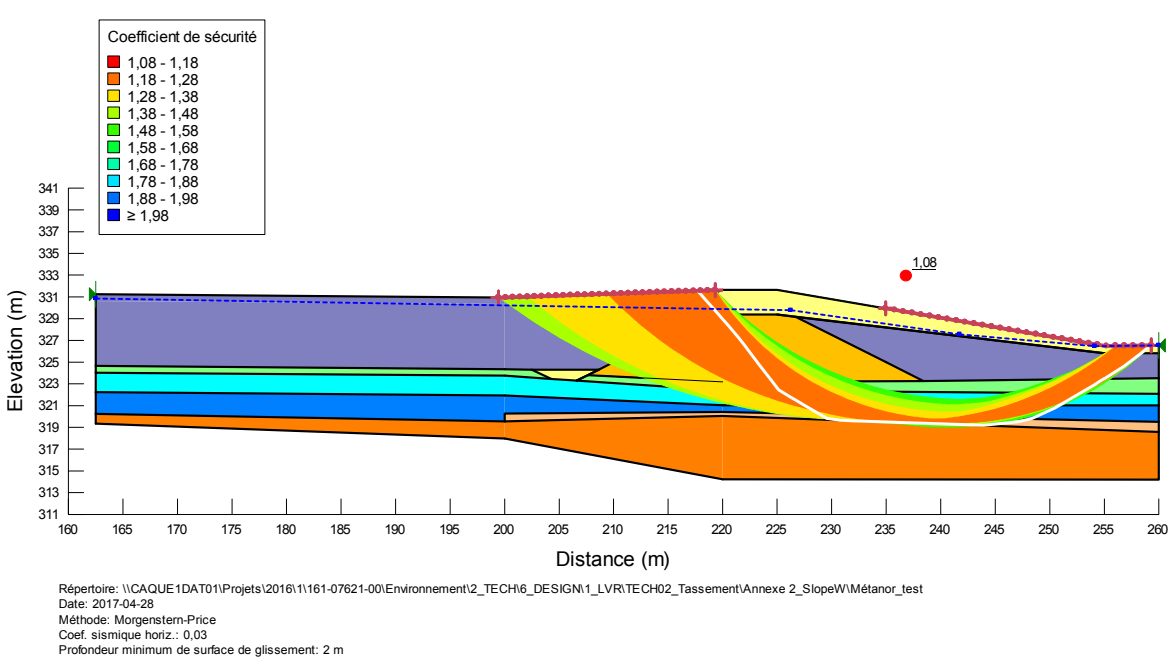
Figures présentant les analyses de stabilité réalisées



Couleur	Nom	Poids unitaire (kN/m³)	Cohésion' (kPa)	Phi' (°)	Cohésion (kPa)
	Remblai : Pierre concassée	19	0	35	
	Résidus	16	0	28	
	Silt	15	0	28	
	Croute d'argile	20			20
	Argile	16			20
	Till	21	0	30	
	Remblai : Sable	17,5	0	30	
	Argile (remaniée)	20			15

Répertoire: \\CAQUE1DAT01\Projets\2016\1\161-07621-00\Environnement\2_TECH\6_DESIGN\1_LVR\TECH02_Tassement\Annexe 2_SlopeW\Métanor_test
Date: 2017-04-28
Méthode: Morgenstern-Price
Coef. sismique horiz.: 0
Profondeur minimum de surface de glissement: 2 m

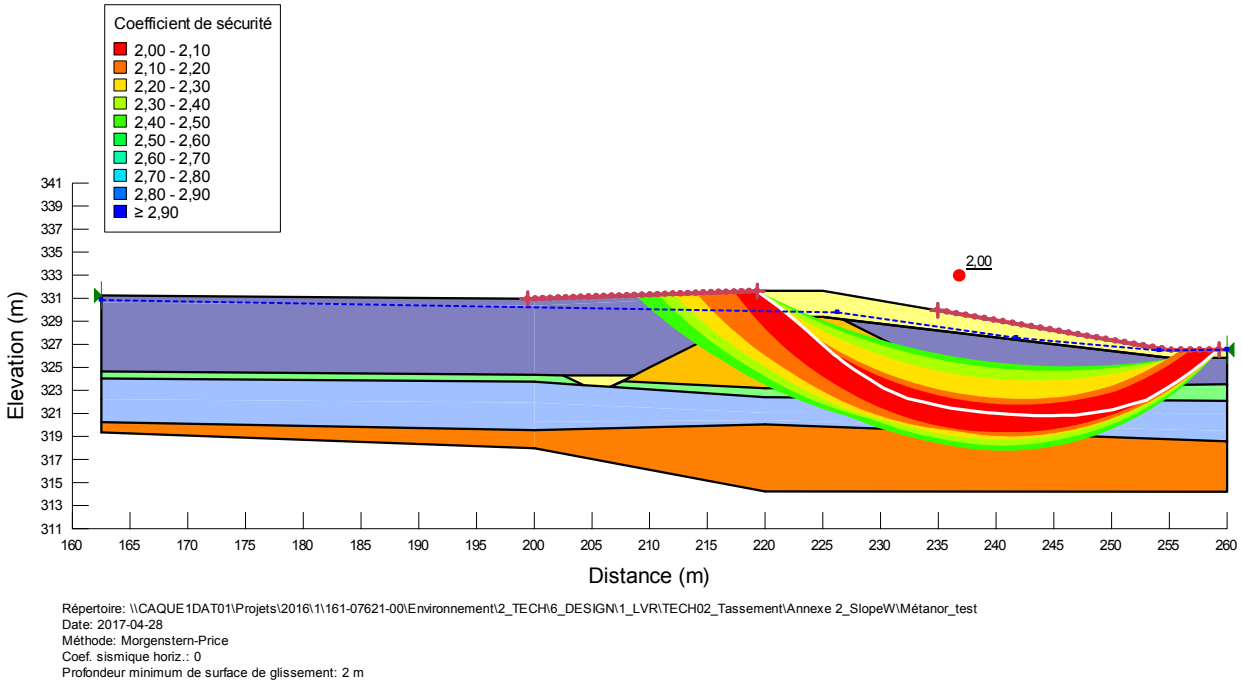
Figure 1 : Cercles de rupture semi-circulaire de la digue Médiane – Condition non drainée et chargement statique avec un horizon de faible résistance



Couleur	Nom	Poids unitaire (kN/m³)	Cohésion' (kPa)	Phi' (°)	Cohésion (kPa)
	Remblai : Pierre concassée	19	0	35	
	Résidus	16	0	28	
	Silt	15	0	28	
	Croute d'argile	20			20
	Argile	16			20
	Till	21	0	30	
	Remblai : Sable	17,5	0	30	
	Argile (remaniée)	20			15

Répertoire: \\CAQUE1DAT01\Projets\2016\1\161-07621-00\Environnement\2_TECH\6_DESIGN\1_LVR\TECH02_Tassement\Annexe 2_SlopeW\Métanor_test
Date: 2017-04-28
Méthode: Morgenstern-Price
Coef. sismique horiz.: 0,03
Profondeur minimum de surface de glissement: 2 m

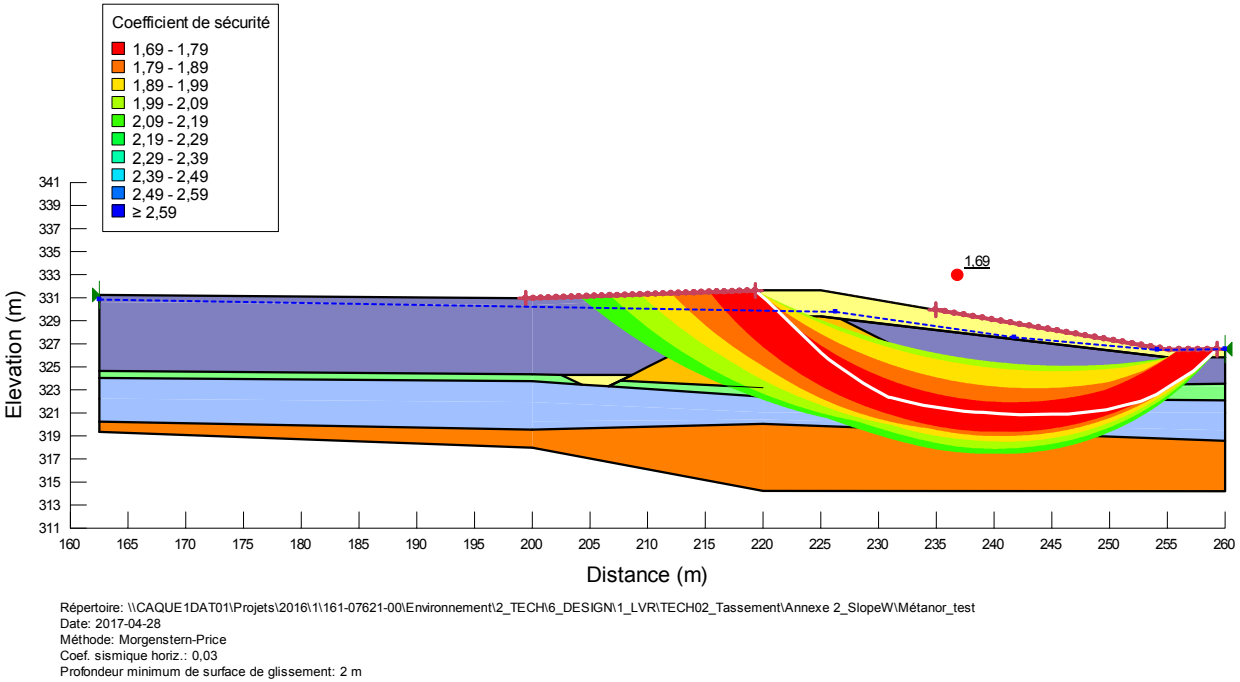
Figure 2 : Cercles de rupture semi-circulaire de la digue Médiane – Condition non drainée et chargement pseudo-statique avec un horizon de faible résistance



Couleur	Nom	Poids unitaire (kN/m³)	Cohésion' (kPa)	Phi' (°)
	Remblai : Pierre concassée	19	0	35
	Résidus	16	0	28
	Silt	15	0	28
	Till	21	0	30
	Remblai : Sable	17,5	0	30
	Argile (LT)	16	0	25

Répertoire: \\CAQUE1DAT01\Projets\2016\1\161-07621-00\Environnement\2_TECH\6_DESIGN\1_LVR\TECH02_Tassement\Annexe 2_SlopeW\Métanor_test
Date: 2017-04-28
Méthode: Morgenstern-Price
Coef. sismique horiz.: 0
Profondeur minimum de surface de glissement: 2 m

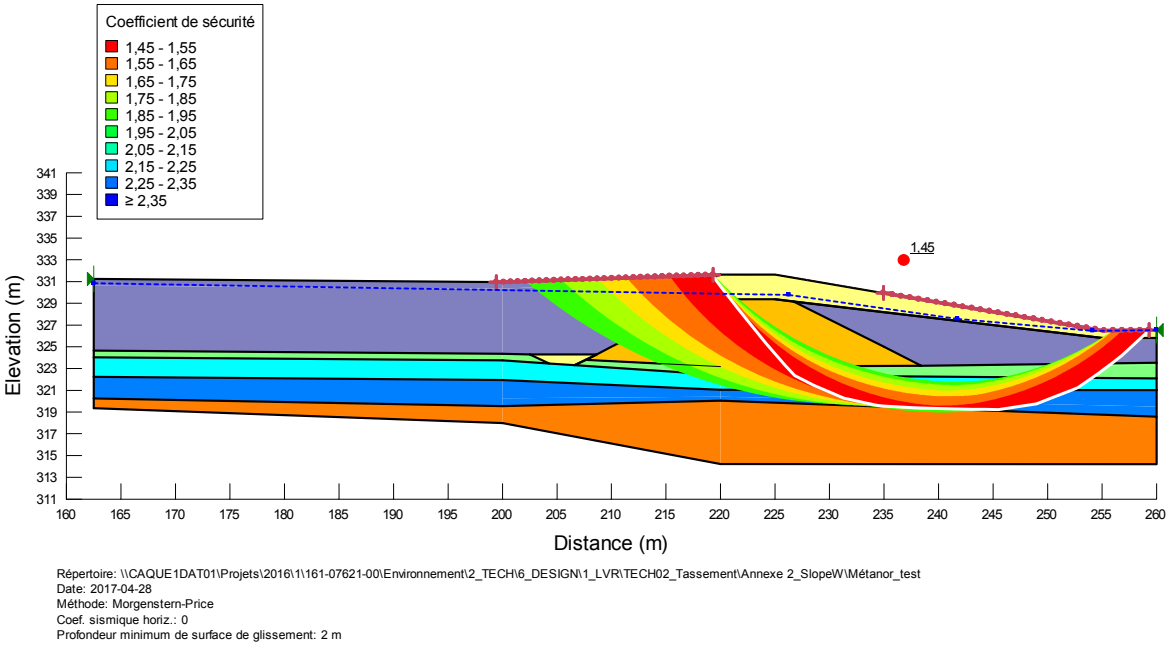
Figure 3 Cercles de rupture semi-circulaire de la digue Médiane – Condition drainée et chargement statique



Couleur	Nom	Poids unitaire (kN/m³)	Cohésion' (kPa)	Phi' (°)
	Remblai : Pierre concassée	19	0	35
	Résidus	16	0	28
	Silt	15	0	28
	Till	21	0	30
	Remblai : Sable	17,5	0	30
	Argile (LT)	16	0	25

Répertoire: \\CAQUE1DAT01\Projets\2016\1\161-07621-00\Environnement\2_TECH\6_DESIGN\1_LVR\TECH02_Tassement\Annexe 2_SlopeW\Métanor_test
Date: 2017-04-28
Méthode: Morgenstern-Price
Coef. sismique horiz.: 0,03
Profondeur minimum de surface de glissement: 2 m

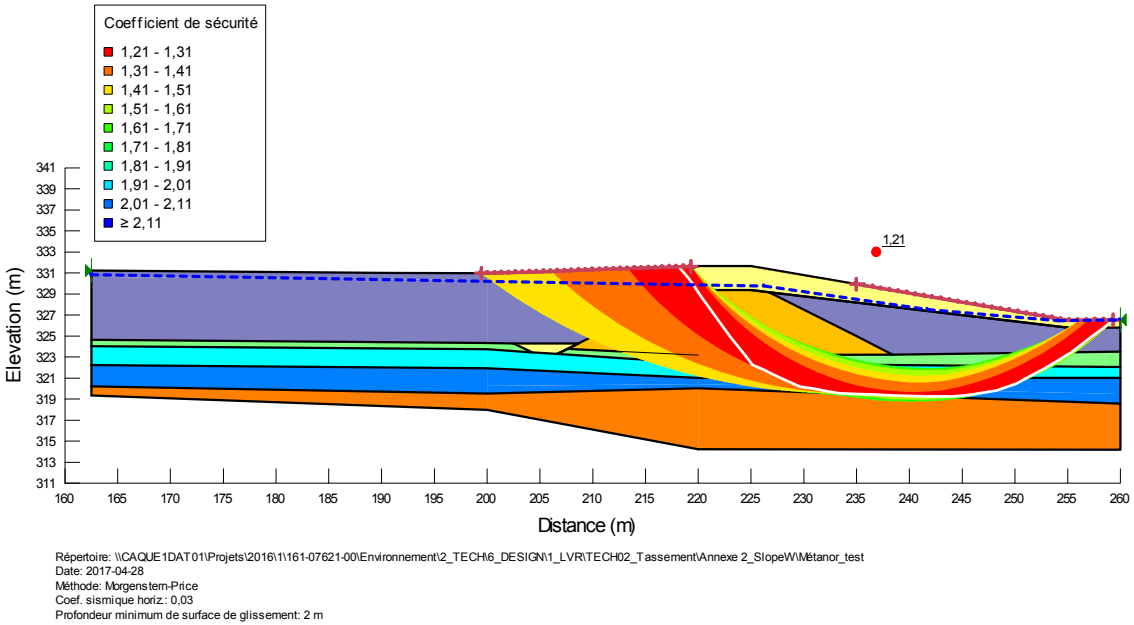
Figure 4 : Cercles de rupture semi-circulaire de la digue Médiane – Condition drainée et chargement pseudo-statique



Couleur	Nom	Poids unitaire (kN/m³)	Cohésion' (kPa)	Phi' (°)	Cohésion (kPa)
	Remblai : Pierre concassée	19	0	35	
	Résidus	16	0	28	
	Silt	15	0	28	
	Croute d'argile	20			20
	Argile	16			20
	Till	21	0	30	
	Remblai : Sable	17,5	0	30	

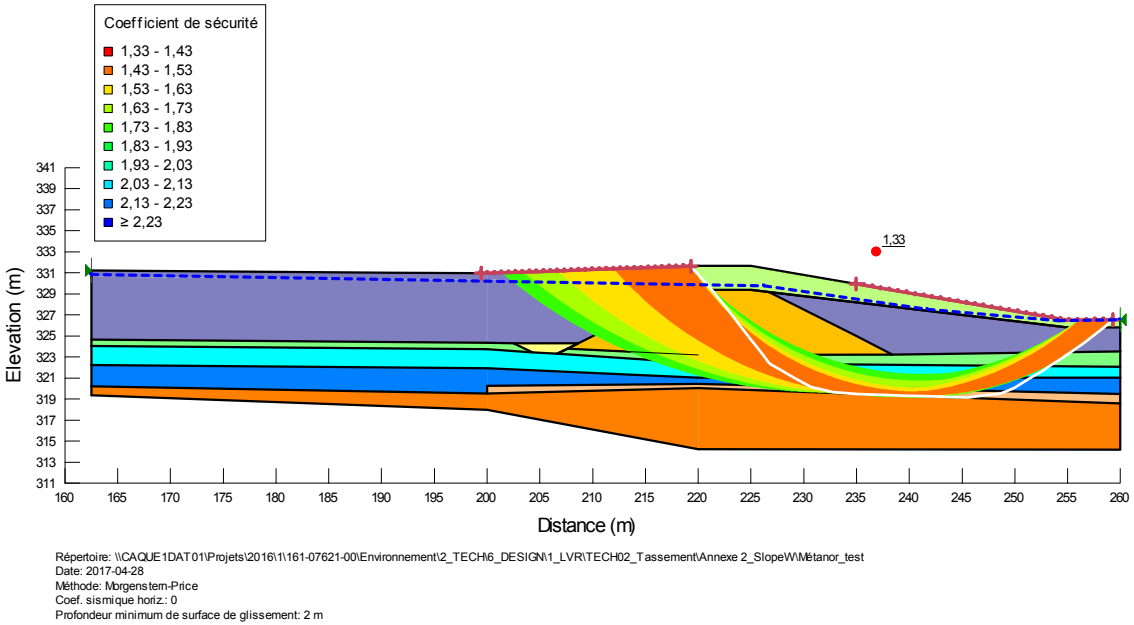
Répertoire: \\CAQUE1DAT01\Projets\2016\1\161-07621-00\Environnement\2_TECH\6_DESIGN\1_LVR\TECH02_Tassement\Annexe 2_SlopeW\Métanor_test
Date: 2017-04-28
Méthode: Morgenstern-Price
Coef. sismique horiz.: 0
Profondeur minimum de surface de glissement: 2 m

Figure 5 Cercles de rupture semi-circulaire de la digue Médiane – Condition non drainée et chargement statique sans horizon de faible résistance



Couleur	Nom	Poids unitaire (kN/m³)	Cohésion' (kPa)	Phi' (°)	Cohésion (kPa)
	Remblai : Pierre concassée	19	0	35	
	Résidus	16	0	28	
	Silt	15	0	28	
	Croute d'argile	20			20
	Argile	16			20
	Till	21	0	30	
	Remblai : Sable	17,5	0	30	

Figure 6 Cercles de rupture semi-circulaire de la digue Médiane – Condition non drainée et chargement pseudo-statique sans horizon de faible résistance



Couleur	Nom	Poids unitaire (kN/m³)	Cohésion' (kPa)	Phi' (°)	Cohésion (kPa)
	Remblai : Pierre concassée	19	0	35	
	Résidus	16	0	28	
	Silt	15	0	28	
	Croute d'argile	20			20
	Argile	16			20
	Till	21	0	30	
	Remblai : Sable	17,5	0	30	
	Argile (remaniée)	20			15
	Remblai : Pierre concassée (2)	15,4	0	35	

Répertoire: \\CAQUE1DAT01\Projets\2016\1\161-07621-00\Environnement\2_TECH\6_DESIGN\1_LVR\TECH02_Tassement\Annexe 2_SlopeW\Métanor_test
Date: 2017-04-28
Méthode: Morgenstern-Price
Coef. sismique horiz.: 0
Profondeur minimum de surface de glissement: 2 m

Figure 7 Cercles de rupture semi-circulaire de la digue Médiane – Condition non drainée et chargement statique avec horizon de faible résistance et densité de remblais plus faible

Annexe 3

Valeur d'accélération sismique pour le site minier du lac Bachelor (CNB, 2015)

Calcul de l'aléa sismique - Code National du Bâtiment 2015

INFORMATION: Canada de l'Est Français (613) 995-0600 Anglais (613) 995-5548 Télécopieur (613) 992-8836
Canada de l'Ouest Anglais (250) 363-6500 Télécopieur (250) 363-6565

December 01 , 2016

Site: 49.4983 N, 76.1408 W Demandeur: Stéphane Côté, WSP

Bibliographie fichier utilisateur: Ressources Méthanor

Mouvements du sol CNB : Probabilité de dépassement de 2% sur 50 ans (0.000404 par année)

Sa(0.05)	Sa(0.1)	**Sa(0.2)**	Sa(0.3)	**Sa(0.5)**	**Sa(1.0)**	**Sa(2.0)**	**Sa(5.0)**	**Sa(10.0)**	**PGA (g)**	**PGV (m/s)**
0.057	0.080	**0.081**	0.073	**0.066**	**0.045**	**0.025**	**0.0063**	**0.0029**	**0.047**	**0.057**

Remarques. Spectral (Sa (T), où T est la période en secondes) et l'accélération maximale du sol (PGA) sont données en unités de g (9.81 m/s^2). La vitesse maximale du sol est donnée en m/s. Les valeurs sont pour la "terre ferme" (CNBC2015 Site Classe C, la vitesse moyenne des ondes de cisaillement de 450 m/s). Les valeurs du CNBC2015 et de CSAS6-14 sont spécifiés en caractères **gras**. Trois périodes supplémentaires sont fournis - leur utilisation est documenté dans les commentaires CNBC2015. Seuls 2 chiffres significatifs doivent être utilisés. ***Ces valeurs ont été interpolées à partir d'une grille de points de 10 km de distance. Selon le gradient des points à proximité, les valeurs peuvent varier. Plus de 95 pour cent des valeurs interpolées sont à 2 pour cent des valeurs calculées.***

Mouvements du sol pour d'autres probabilités :

Probabilité de dépassement par année	0.010	0.0021	0.001
Probabilité de dépassement dans 50 ans	40%	10%	5%
Sa(0.05)	0.0090	0.023	0.034
Sa(0.1)	0.015	0.035	0.051
Sa(0.2)	0.018	0.040	0.055
Sa(0.3)	0.017	0.038	0.051
Sa(0.5)	0.015	0.034	0.047
Sa(1.0)	0.0083	0.022	0.031
Sa(2.0)	0.0037	0.011	0.017
Sa(5.0)	0.0008	0.0027	0.0040
Sa(10.0)	0.0005	0.0012	0.0018
PGA	0.0085	0.021	0.030
PGV	0.0092	0.026	0.038

Bibliographie

Le code national du bâtiment du Canada 2015 NRCC no. 56190F;
Annexe C: Information climatique pour la conception des bâtiments au Canada - table dans l'Annexe C

Manuel d'utilisateur - CNB 2015, Commentaires structuraux CNRC no. xxxxxx (en préparation)
Commentaire J: Conception pour des effets sismiques
Commission Géologique du Canada Dossier public 7893 Cinquième génération du modèle des risques sismiques au Canada: Valeurs de grille pour être utilisés avec le Code national du bâtiment du Canada 2015

Voir les sites webs *www.SeismesCanada.ca* et *www.nationalcodes.ca* pour plus d'information

Also available in english



ANNEXE

C

NOTE TECHNIQUE SUR LE LA STABILITÉ DE LA DIGUE INTERNE PRINCIPALE : 161-07621-00_METANOR_TECH03_STAB_DIG_INT_PRINC_20170515_SIGN.PDF

NOTE TECHNIQUE 03

DESTINATAIRE(S) :	Mme Julie Raiche, Coordonnatrice en environnement Ressources Métanor
EXPÉDITEUR :	Jean-François St-Laurent, ing., M.Sc, WSP Canada Inc. Mylène Sansoucy, ing., M.Sc. WSP, Canada Inc.
DATE :	15 mai 2017
OBJET :	Validation de la stabilité de la digue interne principale Ressources Métanor – Desmaraiville, Qc
N/Réf. :	161-07621-00

1. INTRODUCTION

1.1 Mise en contexte

À la suite à la réalisation de l'inspection statuaire des digues 2016 du parc à résidus de la mine Bachelor, il avait été recommandé d'évaluer la stabilité de la digue interne principale et d'établir si des mesures correctrices devaient être mises en place afin d'assurer la sécurité à court terme de l'ouvrage.

Une investigation géotechnique fut complétée par GHD à l'automne 2016 (GHD, 2017) sous la supervision et la coordination de WSP. Cette investigation géotechnique avait pour objectif d'acquérir de l'information géotechnique sur les différentes digues de retenue du parc à résidus de la mine Bachelor. Cette investigation a par le fait même permis d'acquérir de l'information géotechnique sur les sols naturels présents sous l'aire d'accumulation des résidus miniers, ainsi que sur les rejets miniers (c.-à-d. : résidus et stériles) produits sur le site.

Cette information a été utilisée afin d'évaluer la nécessité de mettre en place des mesures correctrices au droit de la digue interne principale afin d'en assurer la sécurité à court terme.

1.2 Objectifs du document

Les objectifs du présent document sont les suivants :

- → présenter les documents consultés et les analyses effectuées pour mener à terme la présente étude;
- → évaluer la nécessité de travaux correcteurs et, si requis, les identifier afin d'assurer la sécurité à court terme de la digue interne principale.

2. DOCUMENTATION CONSULTEE

Le tableau 1 présente les différents ouvrages consultés dans le cadre de cette étude.

Tableau 1 Documentation consultée

IDENTIFICATION	RÉFÉRENCE
1	AMEC, Inspection statutaire 2015, Parc à résidus – Mine du lac Bachelor, TX15012903-RMR-0001-A, p.8 + Annexes
2	Golder et Associés Ltée, 2007, Étude géotechnique et hydrogéologique et conception du parc à résidus de la mine du lac Bachelor Desmaraisville, Québec, p.48 + Annexes
3	WSP, 2016. *Rapport d'inspection statutaire du parc à résidus du lac Bachelor, 2016.* Rapport produit pour Ressources Métanor Inc. 19 pages et annexes.
4	AMEC, 2011, Note technique, Vérification et suivi du plan de remplissage – Analyse de stabilité, TX11158403, p.5 + Annexes
5	AMEC, 2011, Note technique, Vérification et suivi du plan de remplissage, TX11158403, p.4
6	AMEC, 2012, Parc à résidus miniers – Lac Bachelor – Rehaussement de la digue ouest coupe typique, Pour construction
7	AMEC, 2012, Parc à résidus miniers – Lac Bachelor – Rehaussement de la digue médiane coupe typique, Pour construction
9	GHD, 2017, Investigation géotechnique – Rehaussement de la cellule no 1 du parc à résidus Mine Bachelor, p.18 + Annexes
10	AMEC, 2015, Planification quinquennale – Mine Bachelor, Québec, TX15012903-1000-RGE-0001-A, p.22 + Annexes
11	Services Envirosynergie, 2017, Note technique – Modification du certificat d'autorisation d'exploitation et de traitement du minerai du site minier Bachelor du 4 juillet 2012 – Condition #3, p.3.
12	Leroeuil et al. 1985. Remblais sur les argiles molles. 342 pages.
13	Bowles, J.E., 1984. Physical and geotechnical properties of soils. Second Edition. 578 p.
14	Fichier Autocad : ACAD-ENV_162000-1 2016.dwg, fournit par Métanor dans le cadre de ce mandat

3. METHODOLOGIE

L'analyse des documents ci-dessus présentés fut réalisée afin d'acquérir le maximum d'information possible sur la conception et construction de la digue interne principale, ainsi que sur les propriétés géotechniques des matériaux la constituant et sous-jacents à celle-ci.

Par la suite, l'information a été analysée et intégrée dans un modèle géotechnique afin d'établir quel était le coefficient de sécurité de la digue interne principale sous différentes conditions de chargement et situation. Ces coefficients ont par la suite été comparés aux recommandations et exigences applicables afin d'être en mesure d'émettre des recommandations en ce qui concerne de possibles travaux de stabilisation.

4. REVUE DOCUMENTATION

4.1 Ingénierie de la digue interne principale

Sur la base du document 10 ci-dessus mentionné, il semblerait que la digue interne principale soit composée entièrement d'enrochement (stériles miniers) sans spécification particulière. Le forage F-E-1-2016 réalisé par GHG (GHD, 2017) sur la crête de la digue confirme l'origine des matériaux granulaires constituant la digue. Ce forage a confirmé que le matériau utilisé pour la construction de la digue interne principale est du stérile minier de calibre 0-100 mm. Comme il est possible de voir à l'annexe A, l'épaisseur de la digue interne principale semble être de l'ordre de 3,00 m au droit du forage F-E-1-2016. Cette digue est construite directement sur des résidus miniers. L'épaisseur du dépôt de résidus miniers est approximativement de 6,10 m et ceux-ci gisent directement sur les dépôts naturels d'une épaisseur approximative de 8,34 m.

La crête de la digue interne principale est parsemée de brèches permettant à l'eau de surface de s'écouler librement et de façon gravitaire vers le bassin d'accumulation. La crête de cette digue peut, au besoin, être utilisée comme chemin d'accès.

Sur les plans présentés dans le document 10, il est spécifié que la crête de la digue interne principale doit avoir une largeur de 5,0 m, que la pente aval de cette digue doit respecter une inclinaison de 2.5H :1V et qu'une berme en pied de talus, localisée 2 m plus bas que la crête, doit aussi avoir une largeur de 5 m. Lors de la visite d'inspection statutaire des digues réalisée en 2016, la présence de la berme au pied du talus fut observée, mais il est apparu que la pente aval de la digue interne principale était plus abrupte, soit de l'ordre de 1,65H :1V et non de 2,5H :1V, comme prescrit par AMEC en 2015. L'analyse du document 14 suggère que la crête de la digue interne principale se situe à l'élévation 331,8 m et que celle de la berme en pied de talus est à l'élévation 330,5 m, ce qui correspond aux spécifications d'AMEC. La largeur de la crête de la digue correspond à celle prescrite dans le document 10. Par contre, celle de la berme en pied de talus est de seulement 3 m.

4.2 Propriété géotechnique des matériaux

Une copie de l'information extraite des rapports géotechniques de AMEC, GHD et Golder est présente en annexe 1 du présent document ainsi qu'une carte de localisation des sondages, afin d'aider le lecteur dans sa compréhension. Cependant le lecteur doit se référer aux documents originaux d'AMEC, GHD et Golder afin d'en saisir et de comprendre la portée et les limitations.

4.2.1 Stériles miniers

Les indices de pénétration corrigés (Indice N*) calculés au droit du remblai de stériles dans le forage F-E-1-2016 varient entre 15 à 29, ce qui suggère que la densité en place des stériles miniers, constituant la digue interne principale, est compacte. Sur la base des indices de pénétration, l'angle de friction estimé pour ce matériau devrait se situer entre 28 et 36° et le poids volumique pour ce dernier devrait se situer entre 14 et 18 kN/m³ (Bowles, 1984).

Les essais de laboratoire ont permis d'établir le poids volumique maximal des stériles miniers pouvant être atteint selon l'essai Proctor normal, qui serait de l'ordre de 23 kN/m³ à une teneur en eau optimale de 4,6 %. Ce poids volumique maximal est supérieur par rapport aux valeurs présentées par Bowles. Bien qu'il fut établi que la densité relative du remblai constituant la digue interne principale se situe entre 35 et 65 % de la valeur maximale[1], un poids volumique de 19 kN/m³[2] fut utilisé sur la base des indices N mesurés, afin d'être consistant entre les analyses de stabilité réalisées à ce jour sur le site de Métanor. Afin de s'assurer que la valeur de poids volumique utilisée était conservatrice, une étude de sensibilité fut réalisée. Les résultats de cette étude sont présentés à l'annexe 2 du présent document.

La réalisation d'un essai de cisaillement direct a permis d'établir que l'angle de friction de ce matériau serait de 52°. Cette dernière valeur est considérée comme étant particulièrement élevée et jugée comme étant non conservatrice. Ainsi, un angle de friction de 35° fut utilisé pour les stériles miniers, ce qui est consistant avec les études précédentes.

4.2.1 Résidus miniers

Pour ce qui est de l'horizon de résidus miniers sur lequel la digue est construite, les indices de pénétration corrigés (Indice N*) calculés au droit du forage F-E-1-2016 varient entre 1 et 7, suggérant que la densité en place de ce matériau est qualifiée de lâche à très lâche. Sur la base des indices de pénétration obtenus, l'angle de friction estimé pour ce matériau devrait se situer entre 25° et 32° et le poids volumique pour ce dernier devrait se situer entre 12 et 16 kN/m³ (Bowles, 1984).

Les essais de laboratoire ont permis d'établir un poids volumique maximal des résidus miniers, pouvant être atteint par la réalisation de l'essai Proctor normal et qui serait de l'ordre de 16 kN/m³ à une teneur en eau optimale de 17,7 %. Cette valeur correspond à la barquette supérieure présentée par Bowles. La réalisation d'un essai de cisaillement direct et triaxial a permis d'établir que l'angle de friction de ce matériau serait de l'ordre de 38° en compression et de 25° en cisaillement. Par conséquent, les paramètres suivants ont été utilisés dans le cadre du présent mandat :

- angle de friction : 28°, ce qui est considéré comme conservateur sur la base des données de laboratoire et des études présentées dans la littérature. De plus, cette valeur est compatible avec l'information présentée dans les rapports cités précédemment;
- poids volumique : 16 kN/m³. Bien que cette valeur soit inférieure à celle utilisée dans le cadre des analyses de stabilité réalisée sur le site de Métanor, elle est considérée plus représentative que le 20 kN/m³ utilisé par le passé. L'interprétation des données disponibles (GHD, 2017) suggère que l'indice des vides *in situ* des résidus serait de l'ordre de l'ordre de 0,76, ce qui correspond à une densité *in situ* de 1 589 kg/m³. Afin de s'assurer que la valeur de poids volumique utilisée était conservatrice, une étude de sensibilité fut réalisée. Les résultats de cette étude sont présentés à l'annexe 2 du présent document.

Il est à noter qu'aucune distinction entre les résidus localisés sous la digue interne principale et ceux localisés en amont de cette dernière ne fut réalisée.

[1] Ce qui constitue un poids volumique se situant entre 8 et 15,4 kN/m³
[2] Ce qui correspond à une densité relative de 82 %, soit supérieure à ce qui fut mesuré sur le chantier.

4.2.1 Dépôt argileux

La présence d'un dépôt d'argile silteuse varvée, avec trace de sable, de couleur grise, saturée et de consistance ferme à molle a été identifiée sous la digue interne principale. Les profils de résistance non drainés (C_u) obtenus sur le chantier au droit du forage F-E-1-2016 sont présentés à l'annexe 1. Comme il est possible de le constater, une valeur de résistance non drainée minimale d'environ 18 kPa fut mesurée en laboratoire, sur un échantillon intact prélevé à une profondeur de ± 11 m.

Sur la base de l'information disponible, il est jugé que le profil de résistance non drainé mesuré par GHD est adéquat (se référer à l'annexe 1). Afin d'être conservateur, la résistance minimale fut appliquée sur la totalité du dépôt.

Comme présenté par Leroueil et al. (1985), la résistance mobilisable à la rupture (τ_f) diffère de celle mesurée sur le terrain, comme établi par Bjerrum. N'ayant pas de mesure de l'indice de plasticité de l'argile au droit du sondage F-E-1-2016, le coefficient μ de 0,94 identifié sur la base des I_p du F-F-1-2016 fut utilisée afin d'établir la résistance mobilisable à la rupture de l'argile sous la digue interne principale. Ainsi, une cohésion de 17 kPa fut utilisée dans les analyses de stabilité.

L'angle de frottement à long terme de l'argile sous la digue interne principale serait similaire à celui de l'argile localisée sous la digue Médiane. Ainsi, un angle de frottement de l'ordre de 26° fut estimé et est considéré comme étant conservateur (Leroueil et al., 1985). De plus, il est à noter que l'information disponible ne permet pas d'établir la cohésion effective à long terme, qui sera mobilisable dans le dépôt d'argile. Une valeur de 0 kPa a donc été mise de l'avant de façon à demeurer conservateur.

Le poids volumique mesuré en laboratoire pour le dépôt d'argile est de l'ordre de 16 kN/m³, ce qui correspond à la limite inférieure pour ce type de matériau selonBowles (1984).

4.3 Analyse de stabilité

Il est à noter que la stratigraphie identifiée par les travaux de GHD et que la géométrie de la digue interne principale diffèrent grandement de ce qui est présenté dans le document d'AMEC (2015).

Le tableau 1 présente les coefficients de sécurité minimum obtenus pour une section au droit de la digue interne principale. Ces analyses ont été réalisées pour la géométrie, comme relevé en 2016 et sur la base de l'information géotechnique présentée précédemment. Les figures présentant les analyses de stabilités réalisées sont présentées à l'annexe 2.

Tableau 1 Coefficients de sécurité obtenus pour la digue interne principale – Configuration *in situ*

Situation[2]		Coef. de sécurité obtenue	Coef. de sécurité requis	Commentaires
Non drainé chargement statique	Court terme	2,00	1,50[1]	Situation étudiée, car il est considéré qu'il y a probablement encore des surpressions interstitielles dans la fondation d'argile. Il est à noter que les cercles de ruptures critiques ne sont pas localisés dans l'argile, mais dans les résidus.
Non drainé chargement pseudo-statique[3]		1,73	1,10[1]	
Drainé chargement statique	Long terme	2,00	1,50	Situation représentant le long terme lorsque la totalité des suppressions interstitielles sera dissipée. Analyses conservatrices, car la cohésion effective de l'argile n'a pas été prise en considération. Il est à noter que les cercles de ruptures critiques ne sont pas localisés dans l'argile, mais dans les résidus
Drainé chargement pseudo-statique[3]		1,73	1,25	

Notes :
1. Une valeur de 1,3 pourrait être identifiée comme requis. Cependant, il est jugé qu'une valeur de 1,5 est plus sécuritaire. De plus, une valeur de 1,3 est souvent associée à une valeur intermédiaire acceptable pendant des travaux de construction.
2. Il est à noter que la totalité des situations et mode e ruptures possible n'ont pas été étudiés et analysées dans la présente étude. Il est recommandé que la totalité des cas de figures soient étudiés dans le cadre de la revue de la sécurité des digues, la révision du plan de fermeture de Mine Bachelor ou lorsque des travaux de rehaussement des digues du parc à résidus sont envisagés par Métanor.
3. Le coefficient d'accélération sismique utilisé correspond à 75 % de l'accélération horizontale d'un séisme d'une récurrence 2 500 ans (voir annexe 3)

4. CONCLUSION

Sur la base de l'information disponible, il est jugé que la stabilité de la digue interne principale est acceptable et respecte les recommandations applicables, et ce, même si la pente aval de cette dernière est plus abrupte qu'initialement recommandée par AMEC en 2015. Comme il est possible de le constater, il semble que les cercles de ruptures critiques sont localisés à l'interphase entre le remblai de la digue et les résidus miniers sous-jacents. Ainsi, le dépôt argileux sous-jacent n'est pas affecté par les ruptures critiques.

Préparée par :



Jean-François St-Laurent, ing. M.Sc.
N° OIQ : 140 657

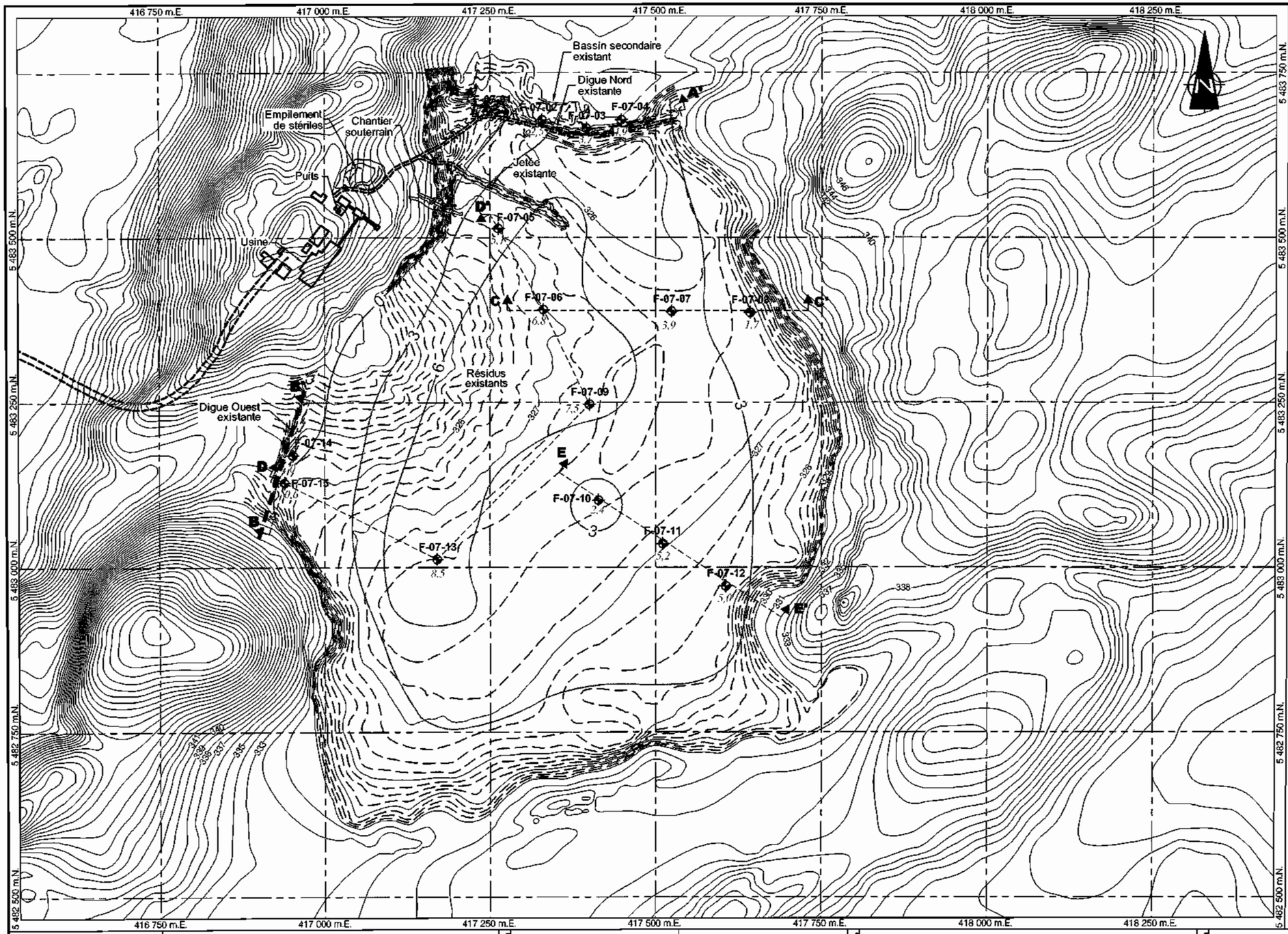
Vérifiée par :



Mylène Sansoucy, ing. M.Sc..
N° OIQ :143 904

Annexe 1

Extraits des rapports géotechniques de GHD (2017) et Golder (2007)



LÉGENDE:

F-07-09	Forage (Golder, 2007)
3	Isocontour d'épaisseur d'argile (en mètres)
6,10	Épaisseur d'argile (en mètres)
A A'	Localisation des coupes (voir figures 5 et 6)

NOTE:

- Excluant la présence du silt argileux.
- Les contours montrés dans le parc sont ceux relevés par J.-L. Corriveau en 2005 et 2007.

SOURCE:

Plan # C9523_Global-UTM daté de mars 2007 fourni par CORRIVEAU J.L. & ASSOC. INC.

Golder Associés
9200, boul. de l'Acadie, bureau 10
Montréal (Québec) H4N 2T2
Tél.: (514) 383-0990 Fax: (514) 383-5332

Date:	2007-08-03	Échelle:	1 : 6 000
Dessiné par:	R. Gravel	Projeté par:	M. Lemieux
Vérifié par:	M. Lemieux	Approuvé par:	M. Lemieux
No. de dessin:	0712270010-7000-03	No. de projet:	07-1227-0010

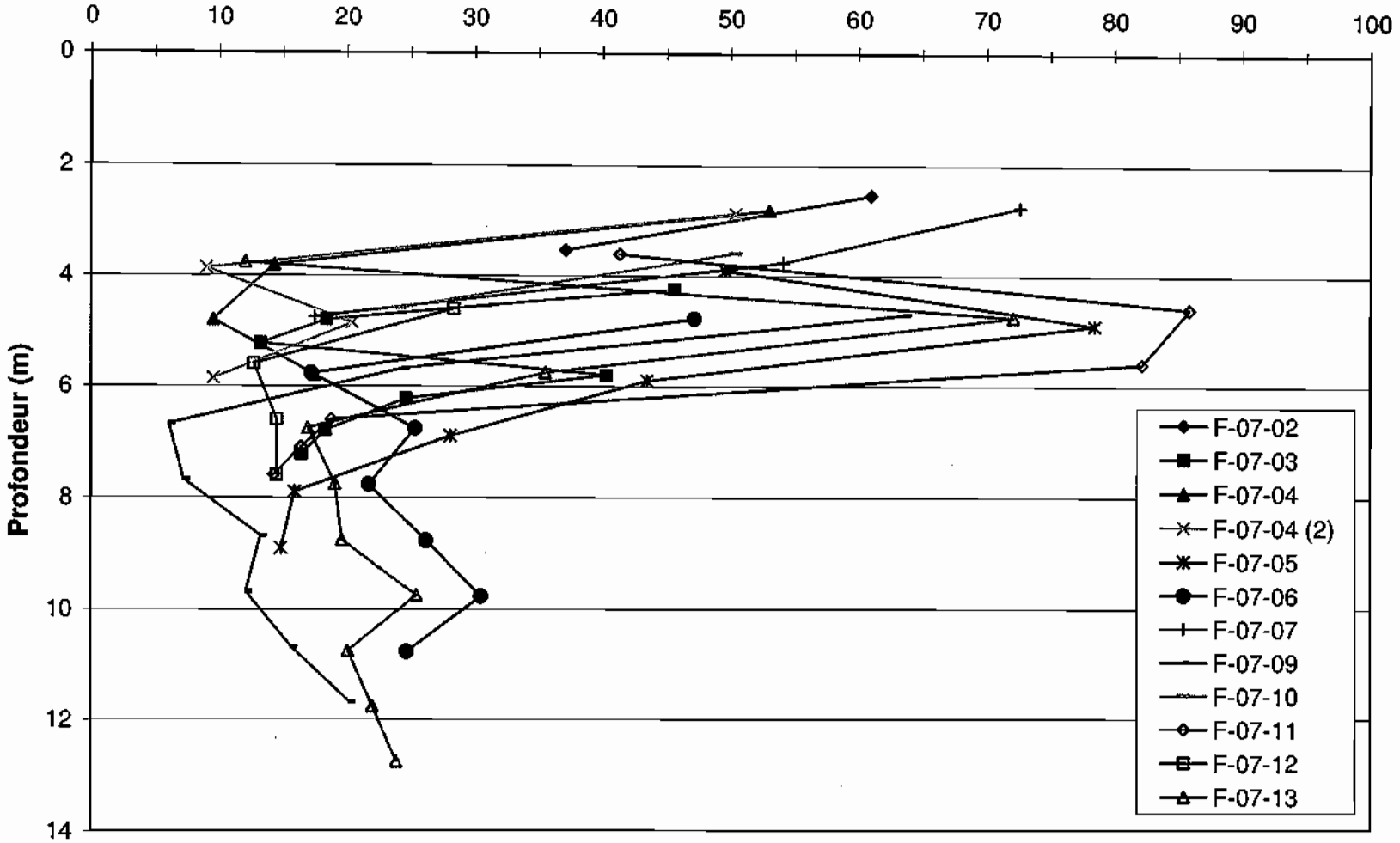
Ressources Métanor Inc.

PARC À RÉSIDUS MINIERS
LAC BACHELOR, DESMARAISVILLE, QUÉ.

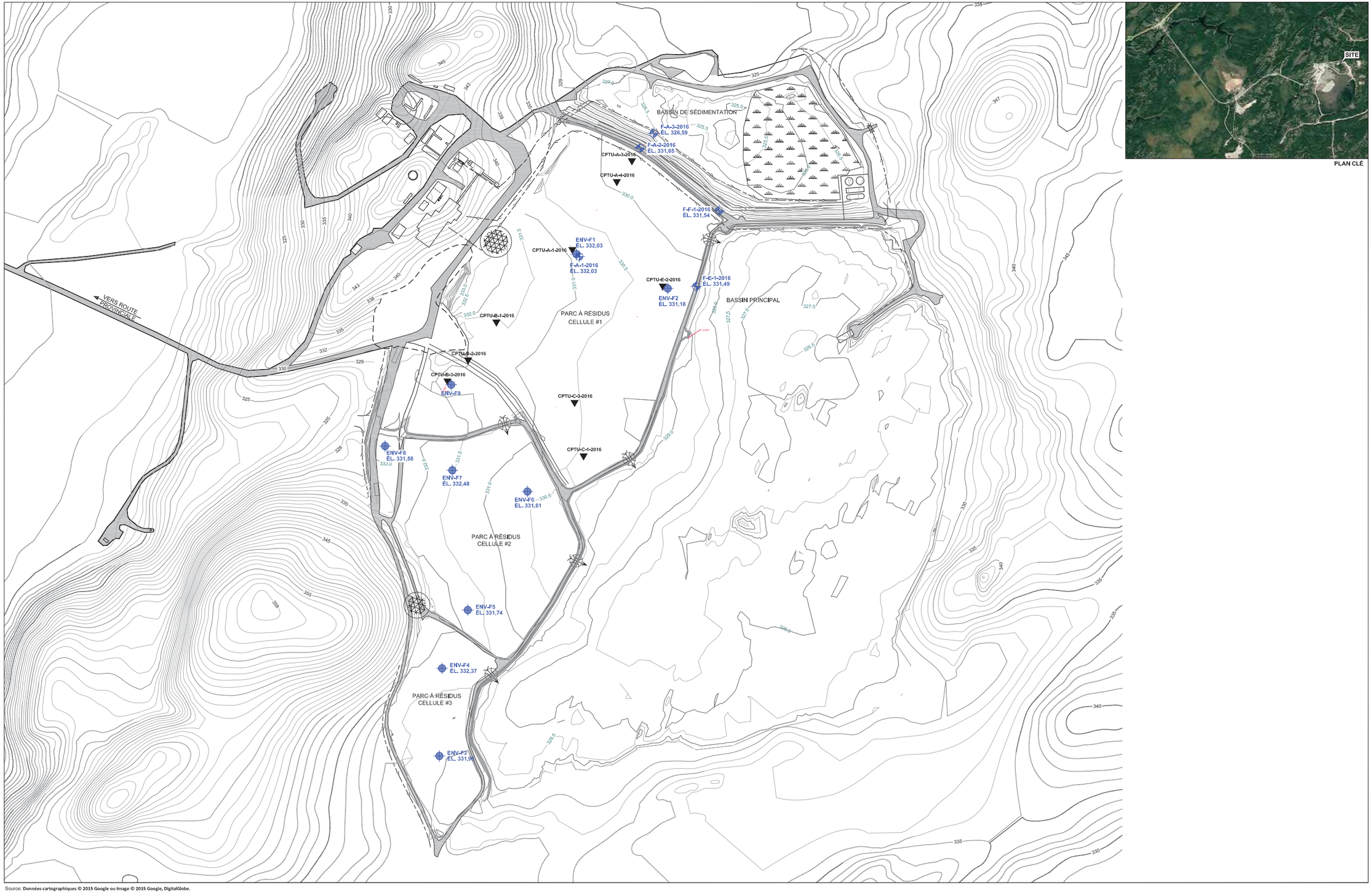
ISOCONTOURS D'ARGILE

FIGURE 3

Figure 4 :Compilation des résultats des essais de cisaillement non drainé des sols



N:\Actif\2007\1227\07-1227-0010 Métanor\données chantier\Résultats Nilcon 07-1227-0010 avec reprise



PLAN CLÉ

Source: **Données cartographiques © 2015 Google ou Image © 2015 Google, DigitalGlobe.**

LÉGENDE

F-A-1-2016 ÉL. 332,03	FORAGE ET NUMÉRO ÉLÉVATION DE LA SURFACE DU SOL (m)
ENV-F3 ÉL. 331,96	FORAGE ENVIRONNEMENTAL ET NUMÉRO ÉLÉVATION DE LA SURFACE DU SOL (m)
CPTU-B-2-2016	SONDAGE AU PIÉZOCÔNE ET NUMÉRO

ÉCHELLE = 1:2500

0 25 50 75m

Dessin par: J. SANTOS / Y. DESJARDINS

Dessin vérifié: L. MAURE

RESSOURCES MÉTANOR
200, CHEMIN DE LA MINE, DESMARAISVILLE, QUÉBEC
REHAUSSEMENT DE LA CELLULE NO 1 DU PARC À RÉSIDUS

ÉTUDE GÉOTECHNIQUE
LOCALISATION DES SONDAGES

11128109-A1
DÉC 2016

11128109-A1-1

Fichier CAD: 11128109a1-dessin1.dwg

RAPPORT DE FORAGE

FORAGE No: F-E-1-2016

CLIENT: RESSOURCES MÉTANOR

PROJET: REHAUSSEMENT DE LA CELLULE NO 1 DU PARC À RÉSIDUS

LOCALISATION: 200, CHEMIN DE LA MINE, DESMARAISVILLE, QUÉBEC

DÉCRIT PAR: F. ARGUIN VÉRIFIÉ PAR: V. BARON/ L. MAURE

COORDONNÉES GÉODÉSIQUES (UTM, NAD-83) (m)
X : 417367.8
Y : 5483367.3
Z : 331.49

▼ - NIVEAU D'EAU
Date :
Profondeur (m) :

Plan de localisation : 11128109-A2-1

Type de forage : Tarière
Calibre du carottier : N
Type de marteau : Automatique
Rapport d'énergie :
Date (début) : 2016-09-29
Date (fin) : 2016-09-30

TYPE ÉCHANTILLON
CF(E) - Cuillère fendue (Environnement)
CR(E) - Carottier diamanté
TA(E) - Tarière
TEE - Tube Échantillonnage Environnement
TM - Tube à paroi mince
VR(E) - Vrac

ÉTAT ÉCHANTILLON
Remanié
Intact
Forage au diamant
Perdu

ESSAIS RÉALISÉS
AC : analyse chimique
AG: analyse granulométrique
SD: analyse sédimentométrique
W_L: limite liquide
W_P: limite plastique
w : teneur en eau
C_u: cisaillement non drainé
Dup: éch. duplicata prélevé

COUPE STRATIGRAPHIQUE				ÉCHANTILLON						RÉSULTATS DES ESSAIS	
Profondeur (m)	Élévation (m)	Symbole	Stratigraphie	État	Type et Numéro	Récupération %	Autres Essais	PID (ppm)	Coups par 6 po / 15 cm (Calibre)	N ou RQD	Niveau d'eau
0.00	331.49		Surface du sol							10 20 30 40 50 60 70 80 90	
			Remblai: Pierre concassée de calibre apparent 100-0mm, grise, humide, compact		CF-1	21			11-10-18-10 (N)	18*	
1.0					CF-2	16			7-12-13-16 (N)	16*	
					CF-3	43			8-24-20-15 (N)	29*	
2.0	2.00	329.49	devenant saturée								
					CF-4	13			8-13-11-10 (N)	15*	
3.0	3.05	328.44	**Résidus miniers:** Silt, traces de sable et de gravier, gris, saturé, très lâche		CF-5	43			4-6-3-5 (N)	6 *	
	3.81	327.68	devenant très lâche		CF-6	16			4-2-3-3 (N)	3 *	
4.0					CF-7	49			2-2-2-1 (N)	3 *	
5.0					CF-8	16			8-6-2-3 (N)	5 *	
6.0					CF-9	48	Dr = 2.77		2-3-3-3 (N)	4 *	
	6.86	324.63	devenant avec présence de débris (bois)		CF-10	66			3-1-2-2 (N)	2 *	
7.0	7.62	323.87	devenant avec traces de matières organiques		CF-11	79			1-1-1-1 (N)	1 *	
8.0	8.38	323.11	devenant lâche		CF-12	13			4-4-6-6 (N)	7 *	
9.0	9.15	322.34	**Sol organique:** Tourbe, brune, humide		CF-13	70			1-1-3-3 (N)	3 *	
	9.31	322.18	**Sol naturel:** Argile silteuse, grise, saturé, ferme								

Voir la note explicative ci-jointe pour la liste complète des symboles et abréviations

RAPPORT DE FORAGE

FORAGE No: F-E-1-2016

CLIENT: RESSOURCES MÉTANOR

PROJET: REHAUSSEMENT DE LA CELLULE NO 1 DU PARC À RÉSIDUS

LOCALISATION: 200, CHEMIN DE LA MINE, DESMARAISVILLE, QUÉBEC

DÉCRIT PAR: F. ARGUIN VÉRIFIÉ PAR: V. BARON/ L. MAURE

COORDONNÉES GÉODÉSIQUES (UTM, NAD-83) (m)
X : 417367.8
Y : 5483367.3
Z : 331.49

▼ - NIVEAU D'EAU
Date :
Profondeur (m) :

Plan de localisation : 11128109-A2-1

Type de forage : Tarière
Calibre du carottier : N
Type de marteau : Automatique
Rapport d'énergie :
Date (début) : 2016-09-29
Date (fin) : 2016-09-30

TYPE ÉCHANTILLON
CF(E) - Cuillère fendue (Environnement)
CR(E) - Carottier diamanté
TA(E) - Tarière
TEE - Tube Échantillonnage Environnement
TM - Tube à paroi mince
VR(E) - Vrac

ÉTAT ÉCHANTILLON
Remanié
Intact
Forage au diamant
Perdu

ESSAIS RÉALISÉS
AC : analyse chimique
AG: analyse granulométrique
SD: analyse sédimentométrique
W_L: limite liquide
W_P: limite plastique
w : teneur en eau
C_u: cisaillement non drainé
Dup: éch. duplicata prélevé

COUPE STRATIGRAPHIQUE				ÉCHANTILLON						RÉSULTATS DES ESSAIS	
Profondeur (m)	Élévation (m)	Symbole	Stratigraphie	État	Type et Numéro	Récupération %	Autres Essais	PID (ppm)	Coups par 6 po / 15 cm (Calibre)	N ou RQD	Teneur en eau (%), Limites d'Atterberg (W_P W_L), Indice "N" standard, Indice "N_C" dynamique, C_u (Terrain, kPa), C_u (Lab, kPa) — 10 20 30 40 50 60 70 80 90
10.00	321.49		Surface du sol								Niveau d'eau
					TM-14	100	A w y = 1.63 g/cm³ Cu = 35 Kpa Cur = 2.6 Kpa				
11.0					TM-15	100					
					CF-16	100	y = 1.59 g/cm³ Cu = 19.8 Kpa Cur = 2 Kpa A w		1-0-0-1 (N)	1	
12.0					CF-17	100			1-0-0-1 (N)	1	
13.0					CF-18	100			1-0-0-1 (N)	1	
	13.72	317.77	devenant avec interlit de silt								
14.0					CF-19	100			1-1-3-2 (N)	3 *	
	14.48	317.01	Sable, un peu de silt, traces de gravier, gris, saturé, compact		CF-20	51			11-12-18-13 (N)	20*	
15.0											
	15.24	316.25	devenant graveleux		CF-21	5			18-50/5cm (N)	R	
16.0											
17.0					CF-22	25			51-47-40 50/12cm (N)	57*	
	17.49	314.00	Refus tarière sur roc probable Fin du forage								
18.0			Note: -* Indice de pénétration "N" corrigé en fonction du calibre de la cuillière utilisée.								
19.0											

4;;9 <@3 B9 4=3

B9 4=30/& BDBDEDGQEK

CLIENT:	RESSOURCES MÉTANOR	COORDONNÉES GÉODÉSIQUES (UTM, NAD-83) (m)	▼ - NIVEAU D'EAU
PROJET:	REHAUSSEMENT DE LA CELLULE NO 1 DU PARC À RÉSIDUS	X : 417400.7 Y : 5483476.9 Z : 331.54	Date : Profondeur (m) :
LOCALISATION:	200, CHEMIN DE LA MINE, DESMARAISVILLE, QUÉBEC		Plan de localisation : 11128109-A1-1
DÉCRIT PAR:	F. ARGUIN VÉRIFIÉ PAR: V. BARON/ L. MAURE		

Type de forage : Tarière
Calibre du carottier : N
Type de marteau : Automatique
Rapport d'énergie :
Date (début) : 2016-09-27
Date (fin) : 2016-09-27

<A; 3 68>40<5790

CF(E) - Cuillère fendue (Environnement)
CR(E) - Carottier diamanté
TA(E) - Tarière
TEE - Tube Échantillonnage Environnement
TM - Tube à paroi mince
VR(E) - Vrac

6<4<68>40<5790

Remanié
Intact
Forage au diamant
Perdu

3..45 6475 6.

AC : analyse chimique
AG: analyse granulométrique
SD: analyse sédimentométrique
W_L: limite liquide
W_P: limite plastique
w : teneur en eau
C_u: cisaillement non drainé
Dup: éch. duplicata prélevé

89:;3.< 4<5= 4;>5?:3	68>40<5790	6.:7<4<.@8.3..45

Profondeur (m)	Élévation (m)	Symbole	Stratigraphie	État	Type et Numéro	Récupération %	Autres Essais	PID (ppm)	Coups par 6 po / 15 cm (Calibre)	N ou RQD
0.00	331.54		Surface du sol							
			! "#%& Sable, un peu de gravier, traces de silt, brun, humide, lâche		CF-1	59			1-3-11-24 (N)	9 *
1.0 — 0.94	330.60		Pierre concassée de calibre apparent 100-0mm, grise, humide, dense		CF-2	52			16-27 20-16 (N)	31*
1.73	329.81		Sable et gravier, traces de silt, brun, humide, compact		CF-3	46	w		8-13 11-18 (N)	16*
2.0					CF-4	16			9-8-8-7 (N)	10*
3.0					CF-5	30	w		5-11-8-5 (N)	12*
4.0					CF-6	48	AG		9-10-10-9 (N)	13*
5.0 — 5.00	326.54		devenant saturé		CF-7	7			17-12-11-9 (N)	15*
5.33	326.21		devenant lâche		CF-8	5			8-5-4-5 (N)	6 *
6.0 — 6.10	325.44		devenant graveleux		CF-9	36	AG w		7-3-8-12 (N)	7 *
7.0					CF-10	30			5-6-6-2 (N)	8 *
8.0					CF-11	0			4-4-5-4 (N)	6 *
8.38	323.16		devenant compact		CF-12	30			8-10-6-9 (N)	10*
9.0 — 8.93	322.61		. /#, $F+- #& Argile silteuse, traces de sable, gris, saturé, raide		CF-13	100	SD w		2-2-3-2 (N)	3 *

○ Teneur en eau (%) △ C_u (Terrain, kPa)
W_P W_L Limites d'Atterberg (%) □ C_u (Lab, kPa)
● Indice "N" standard
▲ Indice "N_C" dynamique

10 20 30 40 50 60 70 80 90

0% $+ *2$+

4;;9 <@3 B9 4=3

B9 4=30/& BDBDEDGQEK

CLIENT: RESSOURCES MÉTANOR

PROJET: REHAUSSEMENT DE LA CELLULE NO 1 DU PARC À RÉSIDUS

LOCALISATION: 200, CHEMIN DE LA MINE, DESMARAISVILLE, QUÉBEC

DÉCRIT PAR: F. ARGUIN VÉRIFIÉ PAR: V. BARON/ L. MAURE

COORDONNÉES GÉODÉSIQUES (UTM, NAD-83) (m)
X : 417400.7
Y : 5483476.9
Z : 331.54

▼ - NIVEAU D'EAU
Date :
Profondeur (m) :

Plan de localisation : 11128109-A1-1

Type de forage : Tarière
Calibre du carottier : N
Type de marteau : Automatique
Rapport d'énergie :
Date (début) : 2016-09-27
Date (fin) : 2016-09-27

<A;368>40<5790
CF(E) - Cuillère fendue (Environnement)
CR(E) - Carottier diamanté
TA(E) - Tarière
TEE - Tube Échantillonnage Environnement
TM - Tube à paroi mince
VR(E) - Vrac

6<4<68>40<5790
Remanié
Intact
Forage au diamant
Perdu

3..45 6475 6.
AC : analyse chimique
AG: analyse granulométrique
SD: analyse sédimentométrique
W_L: limite liquide
W_P: limite plastique
w : teneur en eau
C_u: cisaillement non drainé
Dup: éch. duplicata prélevé

89:;3.< 4<5= 4;>5?:3 | 68>40<5790 | 6.:7<4<.@8.3..45

Profondeur (m)	Élévation (m)	Symbole	Stratigraphie	État	Type et Numéro	Récupération %	Autres Essais	PID (ppm)	Coups par 6 po / 15 cm (Calibre)	N ou RQD
10.00	321.54		Surface du sol							
10.00	321.54		devenant ferme		TM-14	100	A w C50 y Cu			
11.0					CF-15	100			1-1-0-1 (N)	1
					TM-16	100	SD A w y			
12.0										
12.45	319.09		Sable, un peu de silt, traces de gravier et d'argile, gris, saturé, lâche		CF-17	39			4-6-7-9 (N)	8 *
13.0										
13.72	317.82		devenant dense		CF-18	55	w		39-36 50/10cm (N)	R
14.0										
15.0					CF-19	42			60- 50/10cm (N)	R
15.49	316.05		Refus tarière sur roc probable Fin du forage							
16.0										
17.0			Note: -* Indice de pénétration "N" corrigé en fonction du calibre de la cuillière utilisée.							
18.0										
19.0										

○ Teneur en eau (%) △ C_u (Terrain, kPa)
W_P W_L Limites d'Atterberg (%) □ C_u (Lab, kPa)
● Indice "N" standard
▲ Indice "N_C" dynamique

10 20 30 40 50 60 70 80 90

0% $+ *2$+

4.1.4 Dépôt d'argile

Un dépôt naturel cohésif varvé, composé de lits subhorizontaux d'argile et de silt a été noté sous les sols décrits précédemment jusqu'à des profondeurs variant entre 8,00 m et 12,45 m dans les forages nos F-A-2-2016, F-A-3-2016 et F-F-1-2016.

La consistance de ce dépôt varie de raide à ferme en profondeur, mais certains horizons présentent des consistances molles. Selon les essais au scissomètre de chantier (Nilcon) et de laboratoire, le dépôt d'argile possède des résistances au cisaillement non drainées (cu) oscillant majoritairement entre 30 kPa et 50 kPa dans les forages nos F-A-2-2016 et F-F-1-2016 et de l'ordre de 20 kPa dans le forage no F-A-3-2016.

Le tableau suivant résume les résultats des analyses granulométriques et des teneurs en eau sur le dépôt d'argile.

Tableau 4.2 Synthèse des résultats des analyses granulométriques et des teneurs en eau sur le dépôt d'argile

Forage no	Échantillon no	Profondeur (m)	Teneur en eau (%)	Granulométrie (%)			
				Gravier	Sable	Silt	Argile
				> 4,75 mm	*4,75 mm – 0,075 mm*	*0,075 mm – 0,002 mm*	*< 0,002 mm*
F-A-2-2016	CF-13	9,14-9,75	--	0	4	32	64
F-A-2-2016	CF-15	10,67-11,28	--	0	0	43	57
F-A-3-2016	CF-7	4,57-5,18	65	--	--	--	
F-F-1-2016	CF-13	9,14-9,75	49	0	2	24	74
F-F-1-2016	TM-16	11,43-12,04	31	0	3	69	28

Le tableau suivant résume les résultats des limites de consistance (limites Atterberg).

Tableau 4.3 Synthèse des résultats de la détermination des limites de consistance

Forage no	Échantillon no	Profondeur (m)	Limite de plasticité	Limite de liquidité	Indice de plasticité	Indice de liquidité	Teneur en eau (%)
F-F-1-2016	TM-14	10,26-10,41	24	53	29	0,97	52
F-F-1-2016	TM-16	11,63-11,78	18	28	10	1,3	31

La classification unifiée des sols indique que l'argile est classifiée « CL » et « CH », soit une argile silteuse inorganique de plasticité faible à élevée.

Le tableau suivant présente les résultats des essais de détermination du poids volumique ainsi que des résistances au cisaillement à l'aide du pénétromètre à cône.

Tableau 4.4 Synthèse des résultats du poids volumique et de la résistance au cisaillement au pénétromètre à cône

Forage no	Échantillon no	Profondeur (m)	Résistance au cisaillement intact (kPa)	Résistance au cisaillement remanié (kPa)	Sensibilité (Cu/Cur)	Poids volumique (kN/m^3)
F-A-3-2016	TM-8	5,57-5,72	--	--	--	16,0
F-A-3-2016	TM-9	6,32-6,47	--	--	--	16,6
F-A-3-2016	TM-10	7,08-7,23	--	--	--	16,2
F-A-3-2016	TM-11	7,83-7,98	--	--	--	17,1
F-F-1-2016	TM-14	10,26-10,41	27,8	3,6	7,7	16,9
F-F-1-2016	TM-16	11,63-11,78	72,9	2,1	34,7	19,4

Un (1) essai de consolidation œdométrique et de perméabilité a été réalisé sur l'échantillon TM-14 du forage no F-F-1-2016. Le tableau suivant résume les divers paramètres calculés à partir de cet essai.

Tableau 4.5 Paramètres de consolidation œdométrique

Forage no	Échantillon no	Profondeur (m)	σ'_p (kPa)	e_o	C_r	C_c	σ'_{vo} (kPa)	OCR	Perméabilité (cm/s)
F-F-1-2016	TM-14	10,26-10,41	109	1,38	0,06	0,42	160	0,7	$7,9 \times 10^{-8}$

Notes : *σ'_p : contrainte de préconsolidation* *e_o : indice des vides initiaux*
C_c : indice de compression *C_r : indice de recompression*
σ'_{vo} : contrainte effective verticale (poids des terres) *OCR : rapport de surconsolidation*

D'après ces résultats, il s'agit d'un dépôt d'argile normalement consolidé.

4.1.5 Dépôt de till

Un dépôt d'origine glaciaire, communément appelé till, composé d'une matrice sableuse a été rencontré directement sous le dépôt d'argile.

Le tableau suivant résume les résultats d'une analyse granulométrique et de teneurs en eau sur le dépôt de till.

Tableau 4.6 Synthèse des résultats d'une analyse granulométrique et de teneurs en eau sur le dépôt de till

Forage no	Échantillon no	Profondeur (m)	Teneur en eau (%)	Granulométrie (%)			
				Gravier	Sable	Silt	Argile
				> 4,75 mm	*4,75 mm – 0,075 mm*	*0,075 mm – 0,002 mm*	*< 0,002 mm*
F-A-2-2016	CF-17	7,62-8,23	9	80		17	3
F-A-2-2016	CF-18	13,71-14,32	7	--	--	--	--
F-A-3-2016	CF-12	8,33-8,99	8	--	--	--	--
F-F-1-2016	CF-18	13,72-14,12	7	--	--	--	--

De plus, des cailloux et/ou blocs sont présents au sein du dépôt de till.

Le dépôt de till est dans un état qualifié généralement de compact avec des valeurs d'indices « N » variant entre 11 et 29. En profondeur, ce dernier devient dense à très dense.

Les forages nos F-A-2-2016, F-A-3-2016 et F-F-1-2016 ont été terminés au sein du dépôt de till à des profondeurs respectives de 17,42 m, 12,40 m et 15,49 m avec des refus d'enfoncement sur roc probable.

4.2 Cellule no 1

Tous les sondages, à l'exception des forages nos F-A-2-2016, F-A-3-2016 et F-F-1-2016, ont été réalisés sur la cellule no 1. Il est toutefois à noter que le forage no F-E-1-2016 a été effectué sur la digue interne principale d'une hauteur de 3 m reposant sur les résidus miniers.

4.2.1 Remblai

En surface, à l'emplacement de tous les sondages, des matériaux de remblai ont été rencontrés sur des épaisseurs variables. Celui-ci est constitué de stériles miniers mis en place avant notre arrivé, pour faciliter l'accès aux emplacements de ces sondages, à l'exception du forage no F-E-1-2016 sur la digue interne principale d'une hauteur de 3 m.

Les matériaux de remblai mis en place pour nos travaux sont à l'état lâche, alors que ceux de la digue interne principale sont considérés compact avec des valeurs d'indices « N » variant entre 15 et 29.

4.2.2 Résidus miniers

Dans les forages nos F-A-1-2016 et F-E-1-2016, des résidus miniers constitués majoritairement d'un silt avec des proportions variables en sable, gravier et argile ont été observés sur une épaisseur évaluée de l'ordre de 6 m.

Un essai pour déterminer la densité relative des grains sur un échantillon provenant des résidus miniers a été effectué. Une densité relative de 2,77 a été mesurée.

Les résidus miniers sont dans un état qualifié de très lâche à lâche avec des valeurs d'indices « N » variant entre 1 et 7.

Selon les essais de perméabilité réalisés en laboratoire et en chantier, les résidus possèdent une perméabilité de l'ordre de $1,0 \times 10^{-6}$ cm/s à $5,0 \times 10^{-6}$ cm/s.

4.2.3 Tourbe

Un horizon organique a été identifié sous les résidus miniers dans les forages nos F-A-1-2016 et F-E-1-2016 sur des épaisseurs respectives de 760 mm et 160 mm. Celui-ci est composé d'une tourbe fibreuse de couleur brune.

4.2.4 Dépôt d'argile

Un dépôt naturel cohésif varvé, composé de lits subhorizontaux d'argile et de silt a été noté sous les sols décrits précédemment jusqu'à des profondeurs variant entre 11,4 m et 14,5 m.

La consistance de ce dépôt s'avère ferme. Selon les essais au scissomètre de chantier (Nilcon), de laboratoire et des sondages au piézocône, le dépôt d'argile possède des résistances au cisaillement non drainées (c_u) oscillant majoritairement entre 25 kPa et 35 kPa.

Le tableau suivant résume les résultats des limites de consistance (limites Atterberg).

Tableau 4.7 Synthèse des résultats de la détermination des limites de consistance

Forage no	Échantillon no	Profondeur (m)	Limite de plasticité	Limite de liquidité	Indice de plasticité	Indice de liquidité	Teneur en eau (%)
F-A-1-2016	TM-13	9,50-9,67	19	39	20	0,9	37
F-A-1-2016	TM-15	11,02-11,17	22	41	19	0,95	40
F-E-1-2016	TM-14	10,12-10,27	22	58	36	1,0	58
F-E-1-2016	CF-17	12,19-12,80	26	64	43	0,88	64

La classification unifiée des sols indique que l'argile est classifiée « CL » et « CH », soit une argile silteuse inorganique de plasticité faible à élever.

Le tableau suivant présente les résultats des essais de détermination du poids volumique ainsi que des résistances au cisaillement à l'aide du pénétromètre à cône.

Tableau 4.8 Synthèse des résultats du poids volumique et de la résistance au cisaillement au pénétromètre à cône

Forage no	Échantillon no	Profondeur (m)	Résistance au cisaillement intact (kPa)	Résistance au cisaillement remanié (kPa)	Sensibilité (Cu/Cur)	Poids volumique (kN/m^3)
F-A-1-2016	TM-13	9,50-9,67	123,5	7	17,7	17,9
F-A-1-2016	TM-15	11,02-11,17	29,1	2,1	13,9	18,0
F-E-1-2016	TM-14	10,12-10,27	34,9	2,6	13,4	16,0
F-E-1-2016	TM-15	10,89-11,04	19,5	2	9,8	15,6

Un (1) essai de consolidation œdométrique et de perméabilité a été réalisé sur l'échantillon TM-13 du forage no F-A-1-2016. Le tableau suivant résume les divers paramètres calculés à partir de cet essai.

Tableau 4.9 Paramètres de consolidation œdométrique

Forage no	Échantillon no	Profondeur (m)	σ'_p (kPa)	e_o	C_r	C_c	σ'_{vo} (kPa)	OCR	Perméabilité (cm/s)
F-A-1-2016	TM-13	9,50-9,67	252	0,96	0,02	0,32	110	2,3	$1,3 \times 10^{-7}$

Note : $\sigma'p$: contrainte de préconsolidation; eo : indice des vides initiaux; Cc : indice de compression; Cr : indice de recompression; $\sigma'vo$: contrainte effective verticale (poids des terres); OCR : rapport de surconsolidation

D'après ces résultats, il s'agit d'un dépôt d'argile surconsolidé.

4.2.5 Dépôt de till

Un dépôt d'origine glaciaire, communément appelé till, composé d'une matrice sableuse a été rencontré directement sous le dépôt d'argile.

Des cailloux et/ou blocs sont présents au sein du dépôt de till.

Le dépôt de till est dans un état qualifié généralement de compact avec des valeurs d'indices « N » variant entre 20 et 26. En profondeur, ce dernier devient dense à très dense.

Les forages nos F-A-1-2016 et F-E-1-2016 ont été terminés au sein du dépôt de till à des profondeurs respectives de 15,33 m et 17,49 m avec des refus d'enfoncement sur roc probable. Tous les sondages au piézocône ont été arrêtés au refus sur la partie sommitale du dépôt de till.

5. Description sommaire des matériaux reçus

Le client nous a transmis des échantillons de stériles et de résidus miniers afin de réaliser des essais sur les matériaux qui seront utilisés lors des travaux.

5.1 Stériles miniers

Le tableau suivant résume les résultats d'une analyse granulométrique sur les stériles.

Tableau 5.1 Synthèse des résultats d'une analyse granulométrique sur les stériles

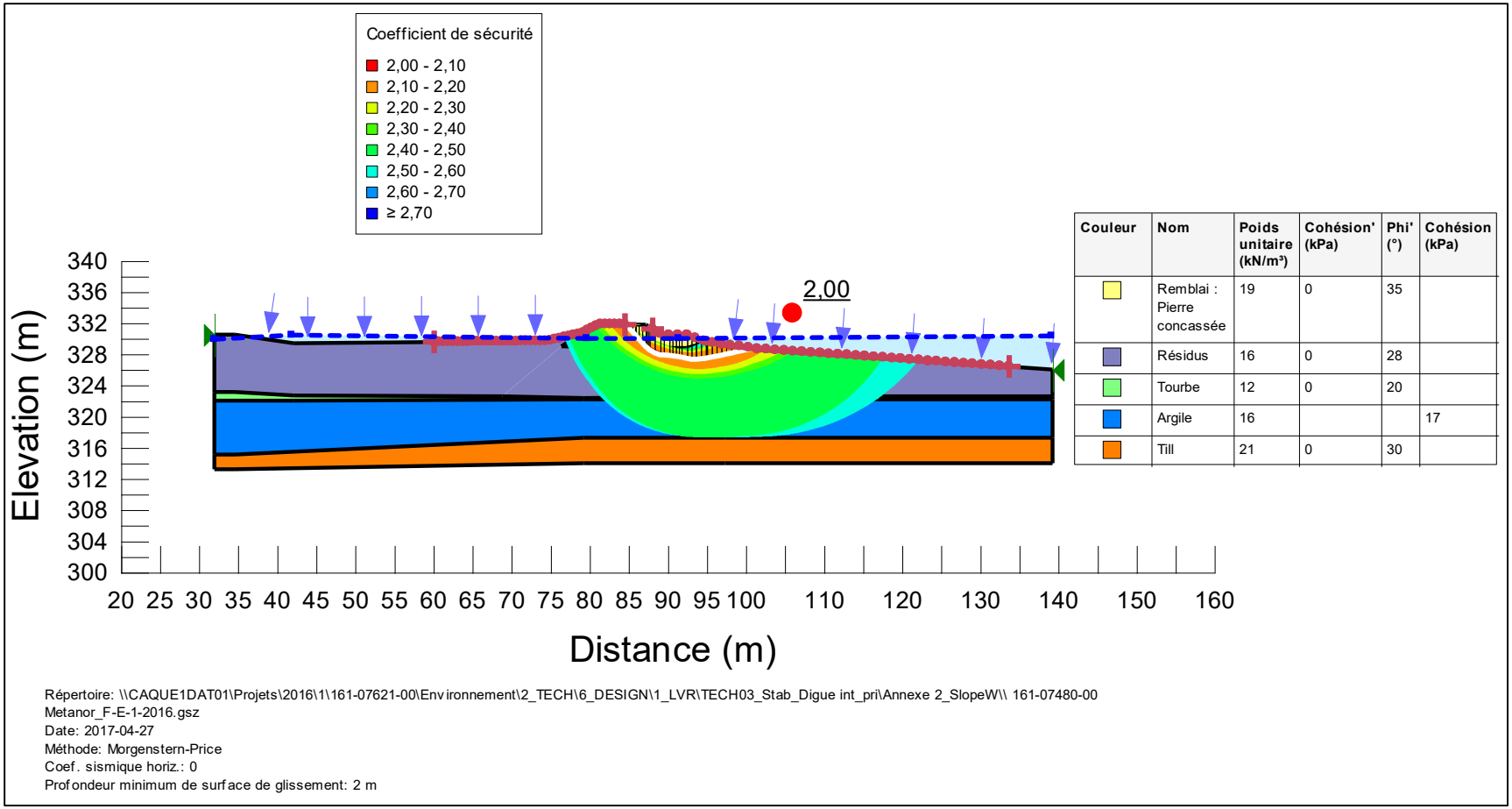
Granulométrie (%)			
Gravier	Sable	Silt	Argile
> 4,75 mm	*4,75 mm – 0,075 mm*	*0,075 mm – 0,002 mm*	*< 0,002 mm*
78	24	4	
80	16	4	

Un essai pour déterminer la densité relative des grains sur un échantillon provenant des résidus miniers a été effectué. Une densité relative de 2,81 a été mesurée.

Des teneurs en eau de 2 % e 3 % ont été obtenues sur deux échantillons différents.

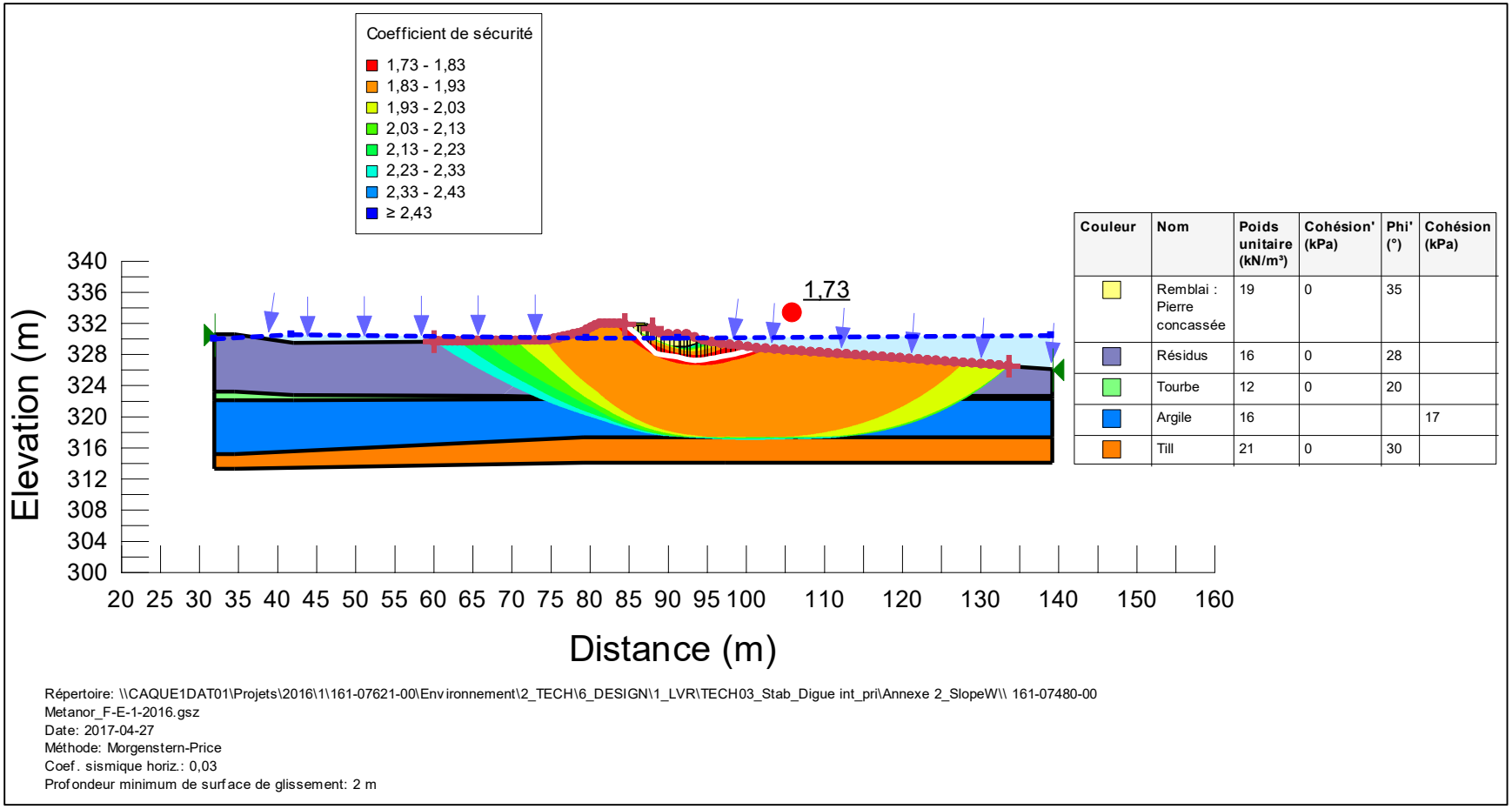
Annexe 2

Figures présentant les analyses de stabilité réalisées



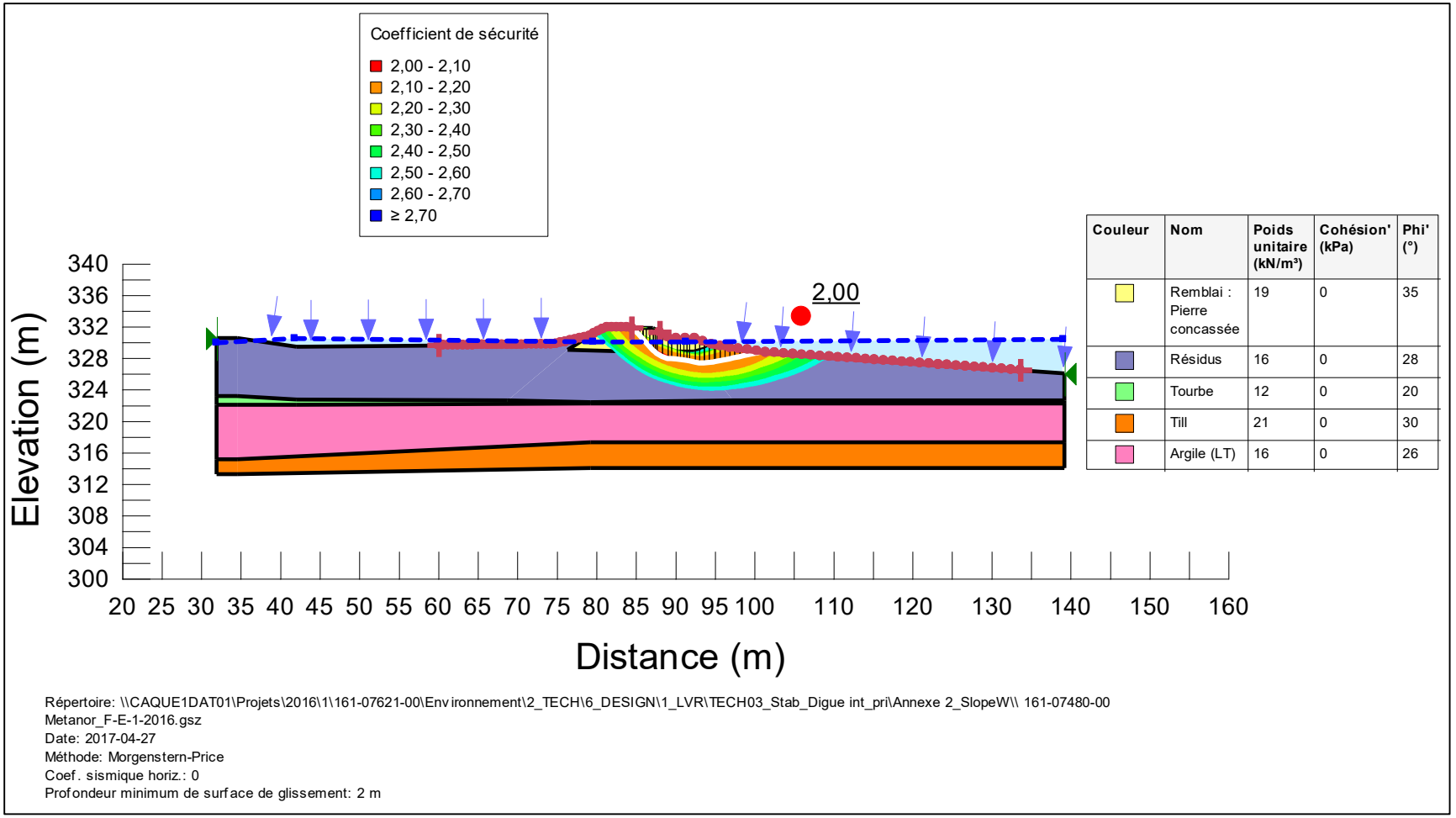
Couleur	Nom	Poids unitaire (kN/m³)	Cohésion' (kPa)	Phi' (°)	Cohésion (kPa)
	Remblai : Pierre concassée	19	0	35	
	Résidus	16	0	28	
	Tourbe	12	0	20	
	Argile	16			17
	Till	21	0	30	

Figure 1 **Cercles de rupture semi-circulaire de la digue interne principale – Condition non drainée et chargement statique (F-E-1-2016)**



Couleur	Nom	Poids unitaire (kN/m³)	Cohésion' (kPa)	Phi' (°)	Cohésion (kPa)
	Remblai : Pierre concassée	19	0	35	
	Résidus	16	0	28	
	Tourbe	12	0	20	
	Argile	16			17
	Till	21	0	30	

Figure 2 **Cercles de rupture semi-circulaire de la digue interne principale – Condition non drainée et chargement pseudo-statique (F-E-1-2016)**



Couleur	Nom	Poids unitaire (kN/m³)	Cohésion' (kPa)	Phi' (°)
	Remblai : Pierre concassée	19	0	35
	Résidus	16	0	28
	Tourbe	12	0	20
	Till	21	0	30
	Argile (LT)	16	0	26

Répertoire: \\CAQUE1DAT01\Projets\2016\1\161-07621-00\Environnement\2_TECH\6_DESIGN\1_LVR\TECH03_Stab_Digue int_pri\Annexe 2_SlopeW\\ 161-07480-00 Metanor_F-E-1-2016.gsz
Date: 2017-04-27
Méthode: Morgenstern-Price
Coef. sismique horiz.: 0
Profondeur minimum de surface de glissement: 2 m

Figure 3 **Cercles de rupture semi-circulaire de la digue interne principale– Condition drainée et chargement statique (F-E-1-2016)**

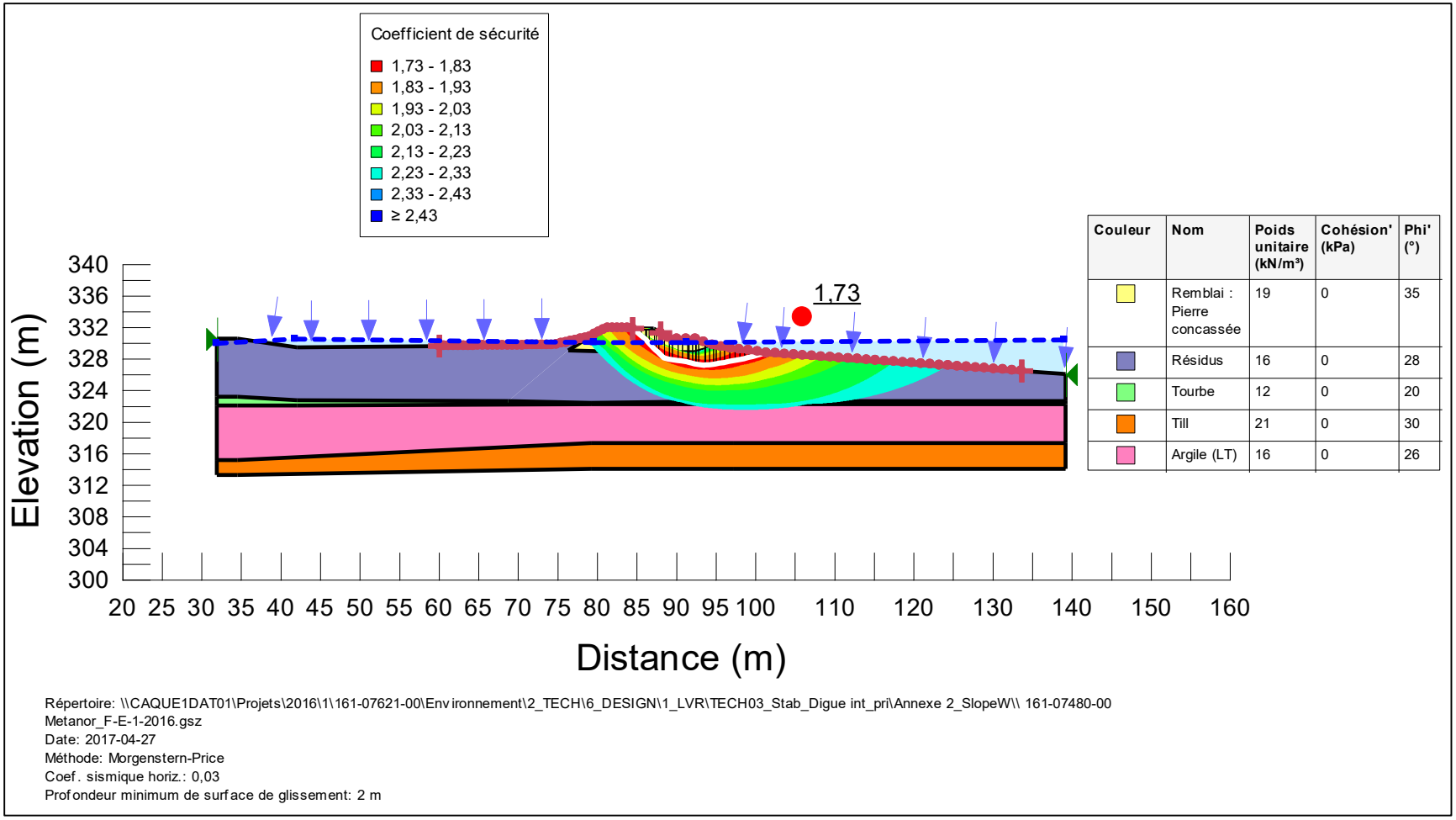
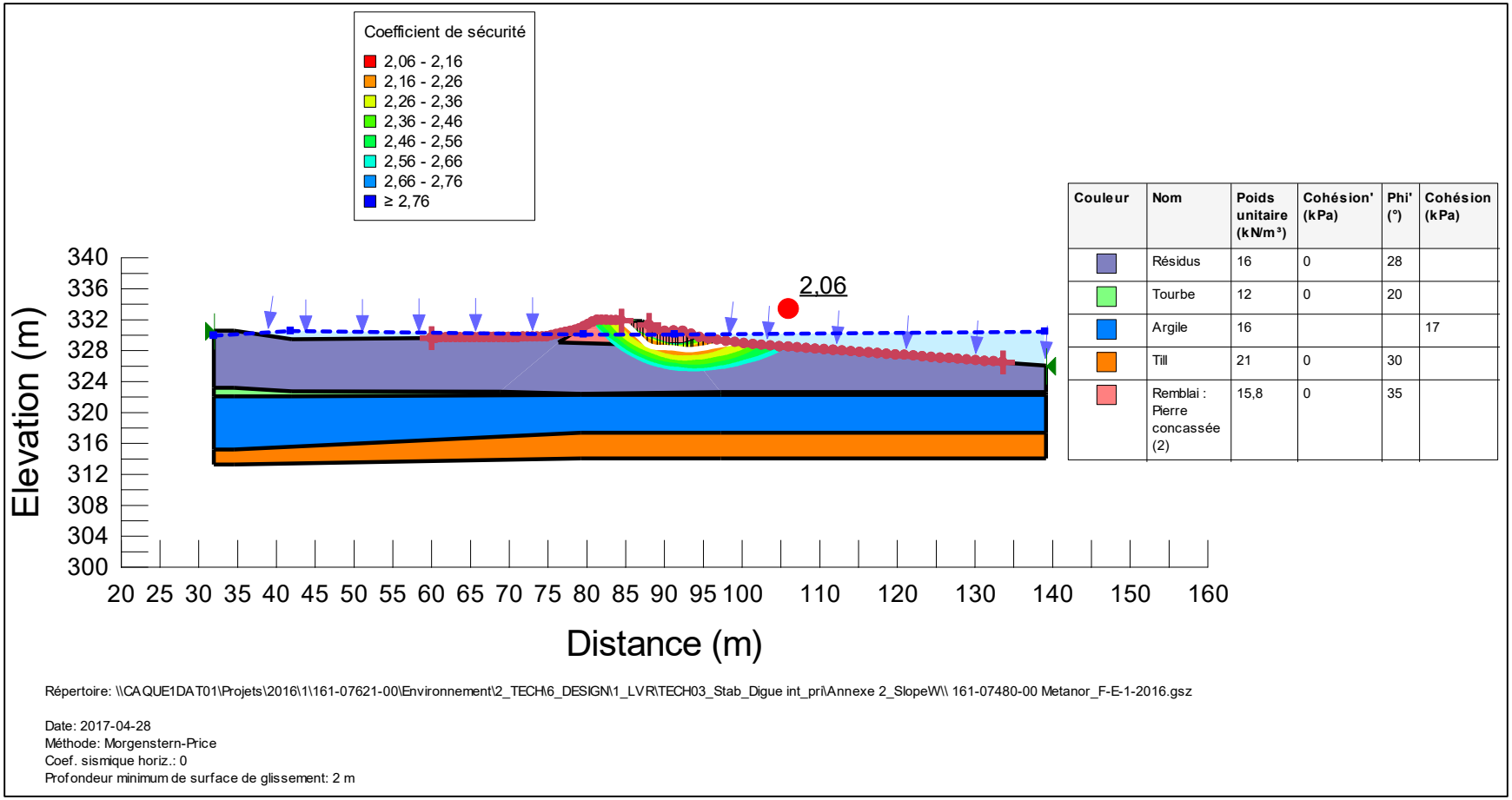


Figure 4 **Cercles de rupture semi-circulaire de la digue interne principale – Condition drainée et chargement pseudo- statique (F-E-1-2016)**



Couleur	Nom	Poids unitaire (kN/m³)	Cohésion' (kPa)	Phi' (°)	Cohésion (kPa)
	Résidus	16	0	28	
	Tourbe	12	0	20	
	Argile	16			17
	Till	21	0	30	
	Remblai : Pierre concassée (2)	15,8	0	35	

Répertoire: \\CAQUE1DAT01\Projets\2016\1\161-07621-00\Environnement\2_TECH\6_DESIGN\1_LVR\TECH03_Stab_Digue int_pri\Annexe 2_SlopeW\\ 161-07480-00 Metanor_F-E-1-2016.gsz

Date: 2017-04-28
Méthode: Morgenstern-Price
Coef. sismique horiz.: 0
Profondeur minimum de surface de glissement: 2 m

Figure 5 **Cercles de rupture semi-circulaire de la digue interne principale – Condition non drainée et chargement statique, densité du remblai de la digue moindre (F-E-1-2016)**

Annexe 3

Valeur d'accélération sismique pour le site minier du lac Bachelor (CNB, 2015)

Calcul de l'aléa sismique - Code National du Bâtiment 2015

INFORMATION: Canada de l'Est Français (613) 995-0600 Anglais (613) 995-5548 Télécopieur (613) 992-8836
Canada de l'Ouest Anglais (250) 363-6500 Télécopieur (250) 363-6565

December 01 , 2016

Site: 49.4983 N, 76.1408 W Demandeur: Stéphane Côté, WSP

Bibliographie fichier utilisateur: Ressources Méthanor

Mouvements du sol CNB : Probabilité de dépassement de 2% sur 50 ans (0.000404 par année)

Sa(0.05)	Sa(0.1)	**Sa(0.2)**	Sa(0.3)	**Sa(0.5)**	**Sa(1.0)**	**Sa(2.0)**	**Sa(5.0)**	**Sa(10.0)**	**PGA (g)**	**PGV (m/s)**
0.057	0.080	**0.081**	0.073	**0.066**	**0.045**	**0.025**	**0.0063**	**0.0029**	**0.047**	**0.057**

Remarques. Spectral (Sa (T), où T est la période en secondes) et l'accélération maximale du sol (PGA) sont données en unités de g (9.81 m/s^2). La vitesse maximale du sol est donnée en m/s. Les valeurs sont pour la "terre ferme" (CNBC2015 Site Classe C, la vitesse moyenne des ondes de cisaillement de 450 m/s). Les valeurs du CNBC2015 et de CSAS6-14 sont spécifiés en caractères **gras**. Trois périodes supplémentaires sont fournis - leur utilisation est documenté dans les commentaires CNBC2015. Seuls 2 chiffres significatifs doivent être utilisés. ***Ces valeurs ont été interpolées à partir d'une grille de points de 10 km de distance. Selon le gradient des points à proximité, les valeurs peuvent varier. Plus de 95 pour cent des valeurs interpolées sont à 2 pour cent des valeurs calculées.***

Mouvements du sol pour d'autres probabilités :

Probabilité de dépassement par année	0.010	0.0021	0.001
Probabilité de dépassement dans 50 ans	40%	10%	5%
Sa(0.05)	0.0090	0.023	0.034
Sa(0.1)	0.015	0.035	0.051
Sa(0.2)	0.018	0.040	0.055
Sa(0.3)	0.017	0.038	0.051
Sa(0.5)	0.015	0.034	0.047
Sa(1.0)	0.0083	0.022	0.031
Sa(2.0)	0.0037	0.011	0.017
Sa(5.0)	0.0008	0.0027	0.0040
Sa(10.0)	0.0005	0.0012	0.0018
PGA	0.0085	0.021	0.030
PGV	0.0092	0.026	0.038

Bibliographie

Le code national du bâtiment du Canada 2015 NRCC no. 56190F;
Annexe C: Information climatique pour la conception des bâtiments au Canada - table dans l'Annexe C

Manuel d'utilisateur - CNB 2015, Commentaires structuraux CNRC no. xxxxxx (en préparation)
Commentaire J: Conception pour des effets sismiques
Commission Géologique du Canada Dossier public 7893 Cinquième génération du modèle des risques sismiques au Canada: Valeurs de grille pour être utilisés avec le Code national du bâtiment du Canada 2015

Voir les sites webs *www.SeismesCanada.ca* et *www.nationalcodes.ca* pour plus d'information

Also available in english



ANNEXE

D

RAPPORT D'INVESTIGATION GÉOTECHNIQUE 2016 : INVESTIGATION GÉOTECHIQUE, REHAUSSEMENT DE LA CELLULE NO 1 DU PARC À RÉSIDUS MINE BACHELOR, RÉVISION 2, # 11128109-A1-PRT-1-FINAL-REV02(NOTARIUS), GHD, 2017 (24-04-2017)

Révision 2



Investigation géotechnique

Rehaussement de la cellule no 1 du parc à résidus
Mine Bachelor
200, chemin de la Mine
Desmaraisville, Québec

Ressources Métanor

GHD |4600, boul. de la Côte-Vertu, Montréal, Québec H4S 1C7
11128109 A1 | Rapport no 1 | Révision 2 | 24 avril 2017

Ressources Métanor

200, chemin de la Mine
Desmaraisville, Québec
J0Y 1H0

Investigation géotechnique

Rehaussement de la cellule no 1 du parc à résidus
Mine Bachelor
200, chemin de la Mine
Desmaraisville, Québec

N/Réf. : 11128109-A1 (1)

Le 24 avril 2017

Préparé par :

Vincent Baron, ing. jr
No OIQ : 5044641

Approuvé par :

Louis Maure, ing.
No OIQ : 143936

Alexander Fiorilli, ing.
No OIQ : 146002

VB/LM/AF/mm

Distribution : Ressources Métanor – Mme Julie Raiche

(Copie par courriel : jraiche@metanor.ca)

WSP Canada Inc. – M. Jean-François St-Laurent, ing., M.Sc.

(Copie par courriel : Jean-Francois.St-Laurent@wspgroup.com)

Table des matières

1. Introduction 1
2. Localisation et description du site 1
3. Méthode de reconnaissance 2
   - 3.1 Travaux d'implantation 2
   - 3.2 Forages 2
   - 3.3 Profils scissométriques 3
   - 3.4 Sondages au piézocône 3
   - 3.5 Essai de perméabilité en bout de tubage 4
   - 3.6 Essais de laboratoire géotechniques sur les échantillons prélevés 4
   - 3.7 Essais de laboratoire géotechniques sur les échantillons fournis 4
4. Description sommaire des sols en place 5
   - 4.1 Digue médiane 5
     - 4.1.1 Remblai 5
     - 4.1.2 Tourbe 6
     - 4.1.3 Couche de silt 6
     - 4.1.4 Dépôt d'argile 7
     - 4.1.5 Dépôt de till 9
   - 4.2 Cellule no 1 9
     - 4.2.1 Remblai 9
     - 4.2.2 Résidus miniers 10
     - 4.2.3 Tourbe 10
     - 4.2.4 Dépôt d'argile 10
     - 4.2.5 Dépôt de till 12
5. Description sommaire des matériaux reçus 12
   - 5.1 Stériles miniers 12
   - 5.2 Résidus miniers 12
6. Eau souterraine 13
7. Portée et limitations de l'investigation 14

Liste des tableaux

Tableau 4.1 Synthèse des résultats des analyses granulométriques et des teneurs en eau sur le remblai 6

Tableau 4.2 Synthèse des résultats des analyses granulométriques et des teneurs en eau sur le dépôt d'argile 7

Tableau 4.3 Synthèse des résultats de la détermination des limites de consistance 7

Tableau 4.4 Synthèse des résultats du poids volumique et de la résistance au cisaillement au pénétromètre à cône 8

Tableau 4.5 Paramètres de consolidation œdométrique 8

Tableau 4.6 Paramètres de consolidation oedométrique (c_v) 8

Tableau 4.7 Synthèse des résultats d'une analyse granulométrique et de teneurs en eau sur le dépôt de till 9

Tableau 4.8 Synthèse des résultats de la détermination des limites de consistance 10

Tableau 4.9 Synthèse des résultats du poids volumique et de la résistance au cisaillement au pénétromètre à cône 11

Tableau 4.10 Paramètres de consolidation œdométrique 11

Tableau 4.11 Paramètres de consolidation oedométrique (c_v) 11

Tableau 5.1 Synthèse des résultats d'une analyse granulométrique sur les stériles 12

Tableau 5.2 Synthèse des résultats d'une analyse granulométrique sur les résidus 13

Tableau 6.1 Mesure du niveau d'eau dans les installations 13

Liste des annexes

Annexe A Rapports de forage

Annexe B Rapports de sondage au piézocône

Annexe C Résultats des essais géotechniques de laboratoire des échantillons prélevés

Annexe D Résultats des essais géotechniques de laboratoire des stériles fournis

Annexe E Résultats des essais géotechniques de laboratoire des résidus fournis

Annexe F Papiers d'enregistrement du scissomètre de chantier

Annexe G Synthèse de la stratigraphie (*tableau A*)

Annexe H Localisation des sondages (*dessin no 11128109-A1-1*)

1. Introduction

Les services professionnels de **GHD**, ont été retenus par Ressources Métanor (« Client »), représentée par Madame Julie Raiche, afin de réaliser une investigation géotechnique des sols dans le cadre de de la gestion, et plus précisément de l'agrandissement du parc à résidus miniers de la Mine Bachelor de Ressources Métanor localisée au 200, chemin de la Mine à Desmaraisville, Québec.

L'envergure de l'étude réalisée est décrite dans notre offre de services professionnels adressée à Madame Julie Raiche, portant le numéro 11108000-A00572-1 datée du 14 septembre 2016.

Les travaux de sondage effectués dans le cadre de cette investigation géotechnique avaient pour but de déterminer la nature et les caractéristiques géotechniques des sols au site afin d'aider le concepteur dans la réalisation d'études de capacité portante des sols de soutien et de stabilité des talus à construire à la cellule no 1 du parc à résidus de la mine.

Ce rapport rend compte des travaux effectués sur le site et présente les résultats obtenus.

Le texte du rapport est accompagné d'une série de huit (8) annexes où l'on retrouve :

Annexe A	Rapports de forage
Annexe B	Rapports de sondage au piézocône
Annexe C	Résultats des essais géotechniques de laboratoire des échantillons prélevés
Annexe D	Résultats des essais géotechniques de laboratoire des stériles fournis
Annexe E	Résultats des essais géotechniques de laboratoire des résidus fournis
Annexe F	Papiers d'enregistrement du scissomètre de chantier
Annexe G	Synthèse de la stratigraphie (*tableau A*)
Annexe H	Localisation des sondages *(dessin no 11128109-A1-1)*

Ce rapport est assujetti à un certain nombre de conditions limitatives découlant de la nature inhérente aux profils géologique, géotechnique et hydrogéologique de tout site faisant l'objet d'investigations par sondages. La portée de l'étude réalisée et les limitations qui s'y appliquent sont énoncées à la fin du texte technique. Ces conditions limitatives font partie intégrante de ce rapport et le lecteur est prié d'en prendre connaissance afin de faciliter sa compréhension, son interprétation et son utilisation du présent document.

2. Localisation et description du site

Le site à l'étude correspond à la cellule no 1 du parc à résidus de la mine Bachelor se trouvant au 200, chemin de la Mine à Desmaraisville, Québec.

Plus spécifiquement, la cellule à l'étude est bordée au sud par la cellule no 2, par le bassin principal à l'est, par le bassin sédimentation au nord et par les bâtiments de la mine à l'ouest. La cellule no 1 est de forme irrégulière et consiste à un parc à résidus ceinturé par des digues (internes, médianes, etc.). La cellule est à un niveau plus élevé que le terrain naturel.

Les principales caractéristiques du site sont illustrées sur le dessin de localisation des sondages no 11128109-A1-1, joint à l'annexe H.

3. Méthode de reconnaissance

Le programme de sondages (nombre, emplacement et profondeurs), dans le cadre de cette étude, a été établi par le concepteur du projet. Le nombre de sondages a toutefois été ajusté au courant de la campagne d'investigation.

Les travaux de chantier ont consisté en la réalisation de cinq (5) forages (identifiés nos F-A-1-2016, F-A-2-2016, F-A-3-2016, F-E-1-2016 et F-F-1-2016) ainsi que de la réalisation de huit (8) sondages au piézocône (identifiés nos SCPTU-A-1-2016, CPTU-A-3-2016, CPTU A 4 2016, CPTU-B-1-2016, CPTU-B-2-2016, CPTU-B-3-2016, CPTU-C-1-2016, CPTU C 3 2016 et CPTU-E-2-2016) et se sont déroulés entre le 27 septembre et le 2 octobre 2016, sous la surveillance d'un membre du personnel technique de **GHD**.

Le dessin de localisation no 11128109-A1-1, joint à l'annexe H, illustre la localisation des différents sondages sur le terrain étudié.

Chacun des sondages a fait l'objet d'une description stratigraphique complète décrivant la nature et la composition des différentes formations rencontrées et toute information supplémentaire pertinente.

Des notes explicatives relativement aux rapports de sondages, à la description des unités stratigraphiques et à la méthodologie des essais in situ sont présentées à l'annexe A de ce rapport.

Les sections suivantes décrivent les travaux de terrain effectués lors des sondages.

3.1 Travaux d'implantation

Un plan du site à l'étude nous a d'abord été transmis par le concepteur du projet, avant le début des travaux de terrain. Ce plan a servi de document de base à notre personnel technique pour procéder à l'implantation et au positionnement approximatif des sondages sur le site à investiguer suite à la construction de chemins d'accès par le client. De plus, il est à mentionner que tel qu'entendu aucun arpentage n'a été réalisé par GHD, ainsi seules les données disponibles ont été intégrées au rapport.

3.2 Forages

Les forages ont été effectués à l'aide d'une foreuse de type CME 75 montée sur un chenillard et ont atteint des profondeurs variant entre 12,40 m et 17,49 m. L'avancement des forages s'est fait par l'ajout de sections de tarières rempli d'eau et de boue de forage.

Des échantillons remaniés (CF) ont été prélevés dans les forages à l'aide d'une cuillère fendue de calibre « N » (79 mm de diamètre). Lors des prélèvements, les valeurs d'indice « N » de l'essai de pénétration standard ont été mesurées pour chaque échantillon prélevé conformément à la norme BNQ-2501-140. Cet indice correspond au nombre de coups requis pour faire pénétrer le carottier de 300 mm lorsqu'il est battu à l'aide d'un marteau pesant 63,5 kg et tombant en chute libre d'une hauteur de 760 mm. Les valeurs d'indices « N » obtenues avec la cuillère « N » ont été ajustées pour correspondre aux indices de « N » de l'essai de pénétration standard de la norme BNQ 2501 140. Les indices « N » mesurés sont présentés sur les rapports de forages à l'annexe A.

Des échantillons intacts (TM) ont aussi été prélevés à des profondeurs jugées pertinentes à l'aide d'un tube à paroi mince de type Shelby (75 mm de diamètre) monté sur un échantillonneur.

Des piézomètres casagrande ont été installés dans les forages nos F A-1-2016 et F-A-2-2016 afin de pouvoir mesurer le niveau piézométrique de l'eau souterraine aux profondeurs correspondantes. Les schémas types des installations réalisées dans les forages sont présentés sur les rapports de forage correspondants.

3.3 Profils scissométriques

Au droit des tous les forages, des mesures au scissomètre ont été réalisées dans le dépôt argileux au moyen d'un scissomètre de chantier de marque Nilcon, et ce conformément à la norme BNQ 2501-200. L'objectif de ces sondages est de déterminer la résistance au cisaillement non drainé intacte et remaniée du dépôt argileux. Les papiers d'enregistrement de chantier sont présentés à l'annexe F.

3.4 Sondages au piézocône

Des sondages au piézocône ont été réalisés sur le site à l'étude, conformément aux dispositions de la norme ASTM D5778-95. Ce sondage a été effectué avec une sonde de marque *Hogentogler* (modèle DDG1091), d'une section de 10 cm^2 et d'une capacité maximale de 10 tonnes. Le fonçage de la sonde a été réalisé à l'aide d'un équipement portatif aménagé pour effectuer des sondages au piézocône. La vitesse moyenne d'enfoncement utilisée pour le sondage a été maintenue à 120 cm/min.

Lors des essais, les paramètres suivants ont été mesurés et enregistrés par intervalle d'enfoncement de 1 cm :

- la résistance à la pointe brute, q_c (kPa);
- le frottement latéral s'appliquant sur le manchon, f_s (kPa);
- la pression interstitielle à la base du cône, u (kPa).

De plus, dans chacun des sondages, un ou des essais de dissipation ont été réalisés.

Les sondages au piézocône ont atteint des profondeurs allant jusqu'à 18,91 m à la suite de la confirmation d'un refus d'enfoncement. Les sondages au piézocône sont présentés à l'annexe B.

3.5 Essai de perméabilité en bout de tubage

À proximité du forage no F-A-1-2016, deux (2) essais de perméabilité en bout de tubage ont été réalisés au sein des résidus, et ce conformément à la norme BNQ-2501-130. L'objectif de ces essais est de déterminer la perméabilité des sols. Les résultats des essais sont présentés à la section 4.

3.6 Essais de laboratoire géotechniques sur les échantillons prélevés

Tous les échantillons de sol recueillis lors des travaux de sondages ont été acheminés à notre laboratoire afin d'être soumis à un examen visuel plus approfondi.

Des échantillons représentatifs des sols en place ont été sélectionnés afin de procéder aux analyses en laboratoire suivantes :

- quatre (4) analyses granulométriques par tamisage (norme LC 21-040);
- cinq (5) analyses granulométriques par sédimentométrie (norme NQ 2501-025);
- six (6) déterminations des limites d'Atterberg (norme NQ 2501-092);
- vingt et une (21) déterminations de la teneur en eau (norme NQ 2501-170);
- une (1) détermination de la densité relative (norme NQ 2501-070);
- deux (2) essais de consolidation (norme ASTM D 2435);
- deux (2) essais de perméabilité à l'oedomètre (durant la consolidation) (norme LC-22-230);
- six (6) déterminations de la résistance au cisaillement à l'aide du pénétromètre à cône (norme NQ 2501-110);
- dix (10) déterminations du poids volumique;
- deux (2) essais de conductivité hydraulique d'échantillons granulaires (norme ASTM D2434).

Les essais de laboratoire ont été réalisés afin de compléter les informations recueillies sur chantier au cours de notre investigation au moyen des forages. Les résultats des essais de laboratoire sont présentés à la section 4, de même qu'à l'annexe C de ce rapport.

Les échantillons prélevés dans les forages seront conservés pour une période de six (6) mois à partir de la date d'émission de ce rapport, après quoi nous en disposerons à moins d'avis contraire de la part du client.

3.7 Essais de laboratoire géotechniques sur les échantillons fournis

Le client nous a transmis des échantillons de stériles et de résidus miniers afin de réaliser des essais sur les matériaux qui seront utilisés lors des travaux.

Ainsi, les analyses en laboratoire suivantes ont été réalisées sur les stériles :

- deux (2) analyses granulométriques par tamisage (norme LC 21-040);

- deux (2) déterminations de la teneur en eau (norme NQ 2501-170);
- une (1) détermination de la densité relative (norme NQ 2501-070);
- une (1) détermination du Proctor standard (norme ASTM D698);
- un (1) essai de cisaillement horizontal (norme ASTM 4767).

Les analyses en laboratoire suivantes ont été réalisées sur les résidus :

- une (1) analyse granulométrique par tamisage (norme LC 21-040);
- une (1) analyse granulométrique par sédimentométrie (norme NQ 2501-025);
- deux (2) déterminations de la teneur en eau (norme NQ 2501-170);
- une (1) détermination de la densité relative (norme NQ 2501-070);
- une (1) détermination du Proctor standard (norme ASTM D698);
- une (1) mesure de la conductivité hydraulique au triaxial avec compression de type CIU (norme ASTM D3080);
- un (1) essai de cisaillement horizontal (norme ASTM 4767).

Les résultats des essais de laboratoire sont présentés à la section 5, de même qu'aux annexes D et E de ce rapport.

4. Description sommaire des sols en place

La description détaillée des sols observés au droit des sondages est indiquée sur les rapports de forages et de sondages au piézocône individuels joints aux annexes A et B. Une description sommaire de la stratigraphie rencontrée dans les forages est présentée dans les paragraphes suivants.

Le tableau A présenté à l'annexe G de ce rapport résume la stratigraphie des sols à l'emplacement des sondages de la présente étude.

4.1 Digue médiane

La digue médiane investiguée avec les forages nos F-A-2-2016, F-A-3-2016 et F-F-1-2016 est localisé au nord de la cellule no 1 et elle a une hauteur de l'ordre de 5 m.

4.1.1 Remblai

En surface, à l'emplacement des forages nos F-A-2-2016, F-A-3-2016 et F-F-1-2016, des matériaux de remblai ont été rencontrés sur des épaisseurs variables. Dans le cas des forages nos F-A-2-2016 et F-F-1-2016, réalisés sur le centre ligne de la digue médiane, les matériaux ont été rencontrés jusqu'à des profondeurs respectives de 8,48 m et 8,93 m et sont constitués d'un sable et gravier avec des traces de silt. De plus, des cailloux et/ou blocs sont présents au sein du remblai de la digue médiane.

Dans le forage no F-A-3-2016, réalisé au pied de la digue médiane, les sols de remblai rencontrés sur une épaisseur de 3,0 m sont constitués d'une couche de stériles reposant sur des résidus miniers silteux.

Le tableau suivant résume les résultats des analyses granulométriques et des teneurs en eau sur le remblai des forages nos F-A-2-2016, F-A-3-2016 et F-F-1-2016.

Tableau 4.1 Synthèse des résultats des analyses granulométriques et des teneurs en eau sur le remblai

Forage no	Échantillon no	Profondeur (m)	Teneur en eau (%)	Granulométrie (%)			
				Gravier	Sable	Silt	Argile
				> 4,75 mm	*4,75 mm – 0,075 mm*	*0,075 mm – 0,002 mm*	*< 0,002 mm*
F-A-2-2016	CF-3	1,52-2,13	1	--	--	--	--
F-A-2-2016	CF-5	3,05-3,66	4	40	54	6	
F-A-2-2016	CF-9	6,10-6,71	8	47	51	2	
F-A-2-2016	CF-11	7,62-8,23	6	--	--	--	--
F-F-1-2016	CF-3	1,52-2,13	1	--	--	--	--
F-F-1-2016	CF-5	3,05-3,66	3	--	--	--	--
F-F-1-2016	CF-6	3,81-4,42	--	37	57	6	
F-F-1-2016	CF-9	6,10-6,71	11	34	61	5	

Dans les résidus miniers du forage no F-A-3-2016, une teneur en eau de 20 % a été mesurée.

Les matériaux de remblai constituant la digue médiane sont dans un état qualifié de lâche à compact avec des valeurs d'indices « N » variant entre 9 et 24, mais généralement près de 10. Localement, ces derniers sont denses.

Les matériaux de remblai du forage no F-A-3-2016 sont dans un état qualifié de lâche avec des valeurs d'indices « N » variant entre 4 et 7.

4.1.2 Tourbe

Un horizon organique a été identifié sous les matériaux de remblai dans les forages nos F A 2 2016 et F-A-3-2016 sur des épaisseurs respectives de 60 mm et 250 mm. Celui-ci est composé d'une tourbe fibreuse de couleur brune. Dans la tourbe, une teneur en eau de 110 % a été mesurée.

4.1.3 Couche de silt

Sous l'horizon organique aux droits des forages nos F-A-2-2016 et F-A-3-2016, une couche naturelle de silt avec des traces de sable a été rencontrée sur des épaisseurs respectives de 0,69 m et 1,20 m.

Des valeurs d'indice « N » de 5 et 14 ont été mesurées.

4.1.4 Dépôt d'argile

Un dépôt naturel cohésif varvé, composé de lits subhorizontaux d'argile et de silt a été noté sous les sols décrits précédemment jusqu'à des profondeurs variant entre 8,00 m et 12,45 m dans les forages nos F-A-2-2016, F-A-3-2016 et F-F-1-2016.

La consistance de ce dépôt varie de raide à ferme en profondeur, mais certains horizons présentent des consistances molles. Selon les essais au scissomètre de chantier (Nilcon) et de laboratoire, le dépôt d'argile possède des résistances au cisaillement non drainées (cu) oscillant majoritairement entre 30 kPa et 50 kPa dans les forages nos F-A-2-2016 et F-F-1-2016 et de l'ordre de 20 kPa dans le forage no F-A-3-2016. Le tableau suivant résume les résultats des analyses granulométriques et des teneurs en eau sur le dépôt d'argile.

Tableau 4.2 Synthèse des résultats des analyses granulométriques et des teneurs en eau sur le dépôt d'argile

Forage no	Échantillon no	Profondeur (m)	Teneur en eau (%)	Granulométrie (%)			
				Gravier	Sable	Silt	Argile
				> 4,75 mm	*4,75 mm – 0,075 mm*	*0,075 mm – 0,002 mm*	*< 0,002 mm*
F-A-2-2016	CF-13	9,14-9,75	--	0	4	32	64
F-A-2-2016	CF-15	10,67-11,28	--	0	0	43	57
F-A-3-2016	CF-7	4,57-5,18	65	--	--	--	
F-F-1-2016	CF-13	9,14-9,75	49	0	2	24	74
F-F-1-2016	TM-16	11,43-12,04	31	0	3	69	28

Le tableau suivant résume les résultats des limites de consistance (limites Atterberg).

Tableau 4.3 Synthèse des résultats de la détermination des limites de consistance

Forage no	Échantillon no	Profondeur (m)	Limite de plasticité	Limite de liquidité	Indice de plasticité	Indice de liquidité	Teneur en eau (%)
F-F-1-2016	TM-14	10,26-10,41	24	53	29	0,97	52
F-F-1-2016	TM-16	11,63-11,78	18	28	10	1,3	31

La classification unifiée des sols indique que l'argile est classifiée « CL » et « CH », soit une argile silteuse inorganique de plasticité faible à élevée.

Le tableau suivant présente les résultats des essais de détermination du poids volumique ainsi que des résistances au cisaillement à l'aide du pénétromètre à cône.

Tableau 4.4 Synthèse des résultats du poids volumique et de la résistance au cisaillement au pénétromètre à cône

Forage no	Échantillon no	Profondeur (m)	Résistance au cisaillement intact (kPa)	Résistance au cisaillement remanié (kPa)	Sensibilité (Cu/Cur)	Poids volumique (kN/m^3)
F-A-3-2016	TM-8	5,57-5,72	--	--	--	16,0
F-A-3-2016	TM-9	6,32-6,47	--	--	--	16,6
F-A-3-2016	TM-10	7,08-7,23	--	--	--	16,2
F-A-3-2016	TM-11	7,83-7,98	--	--	--	17,1
F-F-1-2016	TM-14	10,26-10,41	27,8	3,6	7,7	16,9
F-F-1-2016	TM-16	11,63-11,78	72,9	2,1	34,7	19,4

Un (1) essai de consolidation œdométrique et de perméabilité a été réalisé sur l'échantillon TM-14 du forage no F-F-1-2016. Le tableau suivant résume les divers paramètres calculés à partir de cet essai.

Tableau 4.5 Paramètres de consolidation œdométrique

Forage no	Échantillon no	Profondeur (m)	σ'_p (kPa)	e_o	C_r	C_c	σ'_{vo} (kPa)	OCR	Perméabilité (cm/s)
F-F-1-2016	TM-14	10,26-10,41	109	1,38	0,06	0,42	160	0,7	$7,9 \times 10^{-8}$

Notes : *σ'_p : contrainte de préconsolidation*
C_c : indice de compression
σ'_{vo} : contrainte effective verticale (poids des terres)
e_o : indice des vides initiaux
C_r : indice de recompression
OCR : rapport de surconsolidation

D'après ces résultats, il s'agit d'un dépôt d'argile normalement consolidé.

Tableau 4.6 Paramètres de consolidation oedométrique (c_v)

Chargement (kPa)	c_v (m^2/s)
16,1	$1,64 \times 10^{-7}$
24,2	$9,94 \times 10^{-8}$
36,3	$8,64 \times 10^{-7}$
54,4	$1,10 \times 10^{-8}$
81,7	$6,11 \times 10^{-8}$
123	$6,58 \times 10^{-8}$
184	$6,42 \times 10^{-8}$
276	$6,01 \times 10^{-8}$
414	$6,67 \times 10^{-8}$
620	$6,64 \times 10^{-8}$
930	$7,52 \times 10^{-8}$
1 400	$8,75 \times 10^{-8}$
414	$2,17 \times 10^{-7}$
16,1	$5,86 \times 10^{-8}$

4.1.5 Dépôt de till

Un dépôt d'origine glaciaire, communément appelé till, composé d'une matrice sableuse a été rencontré directement sous le dépôt d'argile.

Le tableau suivant résume les résultats d'une analyse granulométrique et de teneurs en eau sur le dépôt de till.

Tableau 4.7 Synthèse des résultats d'une analyse granulométrique et de teneurs en eau sur le dépôt de till

Forage no	Échantillon no	Profondeur (m)	Teneur en eau (%)	Granulométrie (%)			
				Gravier	Sable	Silt	Argile
				> 4,75 mm	*4,75 mm – 0,075 mm*	*0,075 mm – 0,002 mm*	*< 0,002 mm*
F-A-2-2016	CF-17	7,62-8,23	9	80		17	3
F-A-2-2016	CF-18	13,71-14,32	7	--	--	--	--
F-A-3-2016	CF-12	8,33-8,99	8	--	--	--	--
F-F-1-2016	CF-18	13,72-14,12	7	--	--	--	--

De plus, des cailloux et/ou blocs sont présents au sein du dépôt de till.

Le dépôt de till est dans un état qualifié généralement de compact avec des valeurs d'indices « N » variant entre 11 et 29. En profondeur, ce dernier devient dense à très dense.

Les forages nos F-A-2-2016, F-A-3-2016 et F-F-1-2016 ont été terminés au sein du dépôt de till à des profondeurs respectives de 17,42 m, 12,40 m et 15,49 m avec des refus d'enfoncement sur roc probable.

4.2 Cellule no 1

Tous les sondages, à l'exception des forages nos F-A-2-2016, F-A-3-2016 et F-F-1-2016, ont été réalisés sur la cellule no 1. Il est toutefois à noter que le forage no F-E-1-2016 a été effectué sur la digue interne principale d'une hauteur de 3 m reposant sur les résidus miniers.

4.2.1 Remblai

En surface, à l'emplacement de tous les sondages, des matériaux de remblai ont été rencontrés sur des épaisseurs variables. Celui-ci est constitué de stériles miniers mis en place avant notre arrivé, pour faciliter l'accès aux emplacements de ces sondages, à l'exception du forage no F-E-1-2016 sur la digue interne principale d'une hauteur de 3 m.

Les matériaux de remblai mis en place pour nos travaux sont à l'état lâche, alors que ceux de la digue interne principale sont considérés compact avec des valeurs d'indices « N » variant entre 15 et 29.

4.2.2 Résidus miniers

Dans les forages nos F-A-1-2016 et F-E-1-2016, des résidus miniers constitués majoritairement d'un silt avec des proportions variables en sable, gravier et argile ont été observés sur une épaisseur évaluée de l'ordre de 6 m.

Un essai pour déterminer la densité relative des grains sur un échantillon provenant des résidus miniers a été effectué. Une densité relative de 2,77 a été mesurée.

Les résidus miniers sont dans un état qualifié de très lâche à lâche avec des valeurs d'indices « N » variant entre 1 et 7.

Selon les essais de perméabilité réalisés en laboratoire et en chantier, les résidus possèdent une perméabilité de l'ordre de 1,0 x 10^{-6} cm/s à 5,0 x 10^{-6} cm/s.

4.2.3 Tourbe

Un horizon organique a été identifié sous les résidus miniers dans les forages nos F-A-1-2016 et F-E-1-2016 sur des épaisseurs respectives de 760 mm et 160 mm. Celui-ci est composé d'une tourbe fibreuse de couleur brune.

4.2.4 Dépôt d'argile

Un dépôt naturel cohésif varvé, composé de lits subhorizontaux d'argile et de silt a été noté sous les sols décrits précédemment jusqu'à des profondeurs variant entre 11,4 m et 14,5 m.

La consistance de ce dépôt s'avère ferme. Selon les essais au scissomètre de chantier (Nilcon), de laboratoire et des sondages au piézocône, le dépôt d'argile possède des résistances au cisaillement non drainées (c_u) oscillant majoritairement entre 25 kPa et 35 kPa.

Le tableau suivant résume les résultats des limites de consistance (limites Atterberg).

Tableau 4.8 Synthèse des résultats de la détermination des limites de consistance

Forage no	Échantillon no	Profondeur (m)	Limite de plasticité	Limite de liquidité	Indice de plasticité	Indice de liquidité	Teneur en eau (%)
F-A-1-2016	TM-13	9,50-9,67	19	39	20	0,9	37
F-A-1-2016	TM-15	11,02-11,17	22	41	19	0,95	40
F-E-1-2016	TM-14	10,12-10,27	22	58	36	1,0	58
F-E-1-2016	CF-17	12,19-12,80	26	64	43	0,88	64

La classification unifiée des sols indique que l'argile est classifiée « CL » et « CH », soit une argile silteuse inorganique de plasticité faible à élever.

Le tableau suivant présente les résultats des essais de détermination du poids volumique ainsi que des résistances au cisaillement à l'aide du pénétromètre à cône.

Tableau 4.9 Synthèse des résultats du poids volumique et de la résistance au cisaillement au pénétromètre à cône

Forage no	Échantillon no	Profondeur (m)	Résistance au cisaillement intact (kPa)	Résistance au cisaillement remanié (kPa)	Sensibilité (Cu/Cur)	Poids volumique (kN/m^3)
F-A-1-2016	TM-13	9,50-9,67	123,5	7	17,7	17,9
F-A-1-2016	TM-15	11,02-11,17	29,1	2,1	13,9	18,0
F-E-1-2016	TM-14	10,12-10,27	34,9	2,6	13,4	16,0
F-E-1-2016	TM-15	10,89-11,04	19,5	2	9,8	15,6

Un (1) essai de consolidation œdométrique et de perméabilité a été réalisé sur l'échantillon TM-13 du forage no F-A-1-2016. Le tableau suivant résume les divers paramètres calculés à partir de cet essai.

Tableau 4.10 Paramètres de consolidation œdométrique

Forage no	Échantillon no	Profondeur (m)	σ'_p (kPa)	e_o	C_r	C_c	σ'_{vo} (kPa)	OCR	Perméabilité (cm/s)
F-A-1-2016	TM-13	9,50-9,67	252	0,96	0,02	0,32	110	2,3	$1,3 \times 10^{-7}$

Note : $\sigma'p$: contrainte de préconsolidation — eo : indice des vides initiaux
Cc : indice de compression — Cr : indice de recompression
$\sigma'vo$: contrainte effective verticale (poids des terres) — OCR : rapport de surconsolidation

D'après ces résultats, il s'agit d'un dépôt d'argile surconsolidé.

Tableau 4.11 Paramètres de consolidation oedométrique (c_v)

Chargement (kPa)	c_v (m^2/s)
16,1	$2,72 \times 10^{-7}$
24,2	$3,73 \times 10^{-8}$
36,3	$1,24 \times 10^{-7}$
54,4	$1,20 \times 10^{-7}$
81,7	$1,57 \times 10^{-7}$
123	$1,15 \times 10^{-7}$
184	$1,19 \times 10^{-7}$
276	$1,64 \times 10^{-7}$
414	$1,18 \times 10^{-7}$
620	$1,11 \times 10^{-7}$
930	$1,02 \times 10^{-7}$
1 400	$8,70 \times 10^{-8}$
414	$3,69 \times 10^{-7}$
16,1	$7,75 \times 10^{-8}$

4.2.5 Dépôt de till

Un dépôt d'origine glaciaire, communément appelé till, composé d'une matrice sableuse a été rencontré directement sous le dépôt d'argile.

Des cailloux et/ou blocs sont présents au sein du dépôt de till.

Le dépôt de till est dans un état qualifié généralement de compact avec des valeurs d'indices « N » variant entre 20 et 26. En profondeur, ce dernier devient dense à très dense.

Les forages nos F-A-1-2016 et F-E-1-2016 ont été terminés au sein du dépôt de till à des profondeurs respectives de 15,33 m et 17,49 m avec des refus d'enfoncement sur roc probable. Tous les sondages au piézocône ont été arrêtés au refus sur la partie sommitale du dépôt de till.

5. Description sommaire des matériaux reçus

Le client nous a transmis des échantillons de stériles et de résidus miniers afin de réaliser des essais sur les matériaux qui seront utilisés lors des travaux.

5.1 Stériles miniers

Le tableau suivant résume les résultats d'une analyse granulométrique sur les stériles.

Tableau 5.1 Synthèse des résultats d'une analyse granulométrique sur les stériles

Granulométrie (%)			
Gravier	Sable	Silt	Argile
> 4,75 mm	*4,75 mm – 0,075 mm*	*0,075 mm – 0,002 mm*	*< 0,002 mm*
78	24	4	
80	16	4	

Un essai pour déterminer la densité relative des grains sur un échantillon provenant des résidus miniers a été effectué. Une densité relative de 2,81 a été mesurée.

Des teneurs en eau de 2 % e 3 % ont été obtenues sur deux échantillons différents.

Un essai de cisaillement horizontal et une détermination du Proctor standard ont également été réalisés. L'essai de cisaillement horizontal a permis de déterminer une cohésion de 0 kPa et un angle de frottement interne de 52°, alors qu'une masse volumique sèche maximale de 2 418 kg/m^3 et une teneur en eau optimale de 4,6 % ont été déterminées lors du Proctor standard.

Les résultats des essais de laboratoire sont présentés à l'annexe D de ce rapport.

5.2 Résidus miniers

Le tableau suivant résume les résultats d'une analyse granulométrique sur les résidus.

Tableau 5.2 Synthèse des résultats d'une analyse granulométrique sur les résidus

Granulométrie (%)			
Gravier	Sable	Silt	Argile
> 4,75 mm	*4,75 mm – 0,075 mm*	*0,075 mm – 0,002 mm*	*< 0,002 mm*
0	9	81	10

Un essai pour déterminer la densité relative des grains sur un échantillon provenant des résidus miniers a été effectué. Une densité relative de 2,79 a été mesurée.

Des teneurs en eau de 28 % e 29 % ont été obtenues sur deux échantillons différents.

Selon l'essai de perméabilité réalisé en laboratoire, les résidus possèdent une perméabilité de l'ordre de 4,0 x 10^{-6} cm/s.

Une compression triaxiale de type CIU, un essai de cisaillement horizontal et une détermination du Proctor standard ont également été réalisés. L'essai de cisaillement horizontal a permis de déterminer une cohésion de 45 kPa et un angle de frottement interne de 25°, alors qu'une masse volumique sèche maximale de 1 666 kg/m^3 et une teneur en eau optimale de 17,7 % ont été déterminées lors du Proctor standard. La compression triaxiale de type CIU a permis de déterminer une cohésion de 39 kPa et un angle de frottement interne de 38°. Il est à mentionner que le mode de rupture entre une compression triaxiale et un essai de cisaillement horizontal est différent ce qui explique les différences de valeurs.

Les résultats des essais de laboratoire sont présentés à l'annexe E de ce rapport.

6. Eau souterraine

Des mesures du niveau de l'eau souterraine ont été prises le 3 octobre 2016 dans les installations laissées en place dans les forages nos F-A-1-2016 et F-A-2-2016. Les niveaux d'eau mesurés sont présentés au tableau 6.1 suivant.

Tableau 6.1 Mesure du niveau d'eau dans les installations

Forage no	Relevé du 3 octobre 2016
	Profondeur en m (élévation en m)
F-A-1-2016/PZ-01	2,72 (329,31)
F-A-1-2016/PZ-02	8,83 (323,20)
F-A-2-2016/PZ-01	5,29 (326,36)
F-A-2-2016/PZ-02	9,83 (321,82)

Il est à noter qu'au tableau 6.1, le PZ-01 correspond au piézomètre Casagrande installé à moindre profondeur du PZ-02.

Selon les mesures du niveau de l'eau souterraine dans les installations, il est possible de constater un fort gardien hydraulique vers le bas, tant dans les résidus que sur la digue médiane.

Il est à noter que le niveau de l'eau dans le sol est susceptible de fluctuer selon les saisons et/ou les conditions climatiques et peut donc être rencontré à des élévations différentes en d'autres périodes de l'année.

7. Portée et limitations de l'investigation

Le présent rapport s'adresse exclusivement à Ressources Métanor inc. et aux autres parties identifiées explicitement dans ce rapport et l'utilisation de celui-ci par une tierce partie est interdite, sans le consentement écrit de **GHD** au préalable. En émettant le présent rapport, **GHD** affirme être l'auteure du rapport pour le projet tel que décrit. Ce rapport est un document professionnel et doit demeurer la propriété exclusive de **GHD**. Toute réutilisation ou redistribution non autorisée du rapport constitue un risque qui incombe uniquement au Client et à son destinataire et pour lequel **GHD** ne peut être tenue responsable. Le Client assumera la responsabilité de défendre, d'indemniser, ainsi que de dégager **GHD** de toute responsabilité résultant de la distribution non autorisée du rapport par le Client.

Le rapport doit être pris comme un tout et doit inclure tous les plans et annexes correspondants. Aucune partie du rapport ne peut être utilisée séparément.

Il est important de souligner qu'une investigation géotechnique consiste en un échantillonnage aléatoire et ponctuel d'un site et que les données incluses dans ce rapport sont basées sur les résultats obtenus aux emplacements des sondages réalisés uniquement. Les conditions géologiques présentées aux emplacements sont celles qui ont été observées au moment de la réalisation des sondages et peuvent toutefois être modifiées de façon significative par des travaux de construction (excavation, drainage, dynamitage, fonçage de pieux) sur le site ou sur les sites adjacents. Elles peuvent aussi être modifiées par l'exposition des sols et du roc à l'humidité, au séchage ou au gel. Les conditions de sol et d'eau souterraine entre les sondages et au-delà de l'endroit investigué peuvent varier autant en plan qu'en profondeur par rapport aux résultats obtenus à l'emplacement des sondages. De plus, certaines conditions qui n'ont pu être observées ou prévues au moment de l'étude pourraient être rencontrées durant la construction.

Dans l'éventualité où les conditions rencontrées sur le site devaient différer de celles observées à l'emplacement des sondages, nous demandons d'être immédiatement avisés par écrit afin de permettre une réévaluation.

Annexes

Annexe A
Rapports de forage

Méthodologie des essais in situ en géotechnique

A- Prélèvement d'échantillons

Les échantillons de sol sont généralement récupérés dans les forages au moyen soit d'un échantillonneur de type cuillère fendue ou à l'aide de tubes d'acier à paroi mince de type «Shelby». La cuillère fendue procure des échantillons de sol remaniés mais représentatifs de la nature des sols en place. L'enfoncement de l'échantillonneur permet également la réalisation simultanée de l'essai de pénétration standard qui est décrit à la section suivante. Les tubes à paroi mince sont enfoncés délicatement dans le sol et permettent la récupération d'échantillons non remaniés au sein des dépôts argileux, ce qui ne peut être le cas avec la cuillère fendue. Les échantillons de roc sont prélevés au moyen de tubes carottiers munis de trépans diamantés et procurent des échantillons sous forme de carottes dont les diamètres varient en fonction du calibre de l'outil utilisé.

B- Essai de pénétration standard («SPT»)

L'essai de pénétration standard consiste à enfoncer dans le sol un échantillonneur normalisé de type cuillère fendue au moyen d'un marteau de 140 lb (63,5 kg) qui le percute après une chute libre de 30 po (76 cm). L'échantillonneur est ainsi foncé dans le sol sur une distance de 18 po (45 cm) et le nombre de coups de marteau nécessaire à l'enfoncement est noté pour chaque intervalle de 6 po (15 cm). Le nombre de coups requis pour enfoncer les derniers 12 po (30 cm) correspond à l'indice de pénétration standard («N»). L'essai est répété à intervalle régulier et les indices obtenus sont des valeurs caractéristiques à partir desquelles on peut estimer la densité, la compressibilité et la résistance des différentes couches de sol traversées. (La procédure est peu applicable cependant aux dépôts argileux).

C- Essai de pénétration dynamique

L'essai de pénétration dynamique est similaire à l'essai de pénétration standard, sauf que l'échantillonneur est remplacé par une pointe conique de 10 cm^2 de surface. Le nombre de coups est noté de façon continue pour chaque pi (30 cm) d'enfoncement et les résultats obtenus donnent un relevé systématique de la densité relative des matériaux traversés. L'essai permet également de révéler la profondeur d'une couche de sol très dense ou parfois du socle rocheux.

Note : La présence de particules grossières, telles que de gros graviers, des cailloux ou des blocs au sein des couches de sol peut affecter les résultats de l'essai de pénétration standard ou dynamique en produisant des valeurs de résistance anormalement élevées. Dans certains cas, la pénétration peut même devenir impossible et un refus «R» est alors noté.

D- Essai de résistance au cisaillement

L'essai de résistance au cisaillement non drainé est réalisé en introduisant dans un sol argileux non remanié un scissomètre constitué de 4 palettes en forme de croix, et en mesurant, à partir de la surface, le couple (force de rotation) nécessaire pour cisailler une surface cylindrique. L'essai est répété à différentes profondeurs et les valeurs de couple obtenues sont converties pour déterminer les résistances au cisaillement non drainé pour chacun des essais effectués. Les profils de résistance recueillis permettent de calculer la capacité portante admissible des dépôts d'argile. L'appareil utilisé pour effectuer les mesures est du type «Nilcon», d'origine scandinave.

E- Essai de perméabilité (LeFranc)

Cet essai consiste à déterminer le coefficient de perméabilité K du sol autour d'une poche perméable (la lanterne) de dimensions connues qui a été formée sous le sabot de battage. La méthode retenue est celle à niveau d'eau variable descendant. Les essais de type LeFranc sont réalisés dans des sols à granulométrie moyenne et à perméabilité moyenne.

F- Essai d'eau sous pression

L'essai d'eau sous pression dans le rocher à palier de pression unique a pour objectif de déterminer le débit d'eau que peut absorber une zone définie de la masse rocheuse pour un palier de pression unique. Cet essai est exécuté afin d'apprécier l'absorptivité du rocher à l'intérieur de zones définies d'un trou de forage effectué dans le cadre d'une reconnaissance géotechnique. L'essai consiste à injecter de l'eau dans une zone de la masse rocheuse définie par une cavité cylindrique de longueur et de diamètre connus et réalisée par forage. Les débits d'eau absorbés sont mesurés pour une pression unique et pour des durées d'injection définies.

G- Essai au pressiomètre Ménard

L'essai pressiométrique, développé par Ménard (1956), est un essai de chargement latéral effectué dans un forage par dilatation d'une sonde cylindrique. L'essai permet de déterminer des caractéristiques effort-déformation du sol, et en particulier le module pressiométrique E_M, et la pression limite p_l, qui mesurent la résistance du sol et peuvent être utilisés pour évaluer la capacité portante et le tassement des fondations.

Notes explicatives sur les rapports de sondage

Description des sols :
Chacune des couches de mort-terrain est décrite selon la terminologie d'usage énumérée ci-après. La compacité des sols granulaires est définie par la valeur de l'indice de pénétration standard "N", et la consistance des sols cohérents par la résistance au cisaillement non drainé à l'état non remanié (Cu).

Classification (Système unifié)

Argile	< 0.002 mm		
Silt	de 0.002 à 0.075 mm		
Sable	de 0.075 à 4.75 mm	fin	de 0.075 à 4.25 mm
		moyen	de 0.425 à 2.0 mm
		grossier	de 2.0 à 4.75 mm
Gravier	de 4.75 à 75 mm	fin	de 4.75 à 19 mm
		grossier	de 19 à 75 mm
Cailloux	de 75 à 300 mm		
Blocs	>300 mm		

Terminologie

"traces"	1-10%
"un peu"	10-20%
adjectif (silteux, sableux)	20-35%
"et"	35-50%

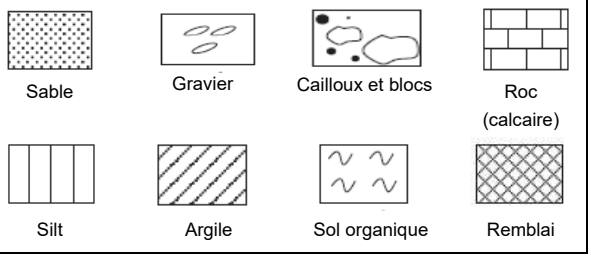
Compacité des sols granulaires	Indice de pénétration standard "N" (COUPS/pi. – 300 mm)
Très lâche	0-4
Lâche	4-10
Compact	10-30
Dense	30-50
Très dense	>50

Consistance des sols cohérents	Résistance au cisaillement (Cu) (lb./pi.^{2})	(kPa)
Très molle	<250	<12
Molle	250-500	12-25
Ferme	500-1000	25-50
Raide	1000-2000	50-100
Très raide	2000-4000	100-200
Dure	>4000	>200

Indice de qualité du roc

Valeur "RQD" (%)	Qualificatif
<25	Très mauvais
25-50	Mauvais
50-75	Moyen
75-90	Bon
>90	Excellent

Légende stratigraphique



Échantillons:

Type et numéro

Le type d'échantillonneur utilisé est défini par l'abréviation indiquée ci-après. La numérotation est continue pour chacun des types.

CF: Cuillère fendue
CFE, VRE, TAE: Échantillonnage environnemental
TM: Tube à paroi mince
PS: Tube à piston (Osterberg)
TA: Tarière
CR: Carottier diamanté
VR: Vrac

Récupération

La récupération de l'échantillon est le rapport exprimé en pourcentage de la longueur récupérée dans l'échantillonneur à la longueur enfoncée.

RQD

Les indices de qualité du roc ("Rock Quality Designation" ou "RQD") sont définis comme étant le rapport exprimé en pourcentage de la longueur cumulée de tous les fragments de carottes de 4 pouces (10 cm) ou plus à la longueur totale de la course.

Essais de chantier:

N: Indice de pénétration standard
R: Refus à la pénétration
N_c: Indice de pénétration dynamique au cône
Cu: Résistance au cisaillement non drainé
Pr: Pressiomètre
k: Perméabilité
ABS: Absorption (eau sous pression)

Essais de laboratoire:

I_p: Indice de plasticité
W_l: Limite liquide
Wp: Limite plastique
SD: Sédimentométrie
AG: Analyse granulométrique
A: Limites d'Atterberg
w: Teneur en eau
γ: Poids volumique
C:Consolidation
CS: Cône suédois
AC: Analyse chimique
VO: Vapeur organique

RAPPORT DE FORAGE

FORAGE No: F-A-1-2016

CLIENT: RESSOURCES MÉTANOR

PROJET: REHAUSSEMENT DE LA CELLULE NO 1 DU PARC À RÉSIDUS

LOCALISATION: 200, CHEMIN DE LA MINE, DESMARAISVILLE, QUÉBEC

DÉCRIT PAR: F. ARGUIN VÉRIFIÉ PAR: V. BARON/ L. MAURE

COORDONNÉES GÉODÉSIQUES (UTM, NAD-83) (m)
X : 417198.3
Y : 5483410.6
Z : 332.03

▼ - NIVEAU D'EAU
Date : 2016-10-03
Profondeur (m) : 2.72 ; 8.83

Plan de localisation : 11128109-A2-1

Type de forage : Tarière
Calibre du carottier : N
Type de marteau : Automatique
Rapport d'énergie :
Date (début) : 2016-09-30
Date (fin) : 2016-09-30

TYPE ÉCHANTILLON
CF(E) - Cuillère fendue (Environnement)
CR(E) - Carottier diamanté
TA(E) - Tarière
TEE - Tube Échantillonnage Environnement
TM - Tube à paroi mince
VR(E) - Vrac

ÉTAT ÉCHANTILLON
Remanié
Intact
Forage au diamant
Perdu

ESSAIS RÉALISÉS
AC : analyse chimique
AG: analyse granulométrique
SD: analyse sédimentométrique
W_L: limite liquide
W_P: limite plastique
w : teneur en eau
C_u: cisaillement non drainé
Dup: éch. duplicata prélevé

Profondeur (m)	Élévation (m)	Symbole	Stratigraphie	État	Type et Numéro	Récupération %	Autres Essais	PID (ppm)	Coups par 6 po / 15 cm (Calibre)	N ou RQD
0.00	332.03		Surface du sol							
			Remblai: Pierre concassée, grise, humie, lâche		CF-1	60			3-3-3-4 (N)	4 *
0.61	331.42		**Résidus miniers:** Silt, traces de sable, gris, très humide, très lâche		CF-2	65			1-1-1-1 (N)	1 *
1.83	330.20		devenant gris-brun		CF-3	60			2-2-1-2 (N)	2 *
2.44	329.59		devenant avec présence de débris (bois)		CF-4	62			2-2-3-4 (N)	3 *
3.05	328.98		devenant gris-noir		CF-5	71			1-2-1-3 (N)	2 *
3.59	328.44		Silt, traces de sable, gris, très humide, très lâche		CF-6	60			1-1-2-4 (N)	2 *
4.27	327.76		devenant avec traces de gravier, saturé		CF-7	81			2-1-2-1 (N)	2 *
4.88	327.15		Silt, traces de sable, gris-brun, saturé, très lâche		CF-8	70			3-2-3-3 (N)	1 *
					CF-9	60			2-1-1-1 (N)	3 *
6.71	325.32		**Sol organique:** Tourbe, brune, saturée							

RÉSULTATS DES ESSAIS

○ Teneur en eau (%) △ C_u (Terrain, kPa)
W_P W_L Limites d'Atterberg (%) □ C_u (Lab, kPa)
● Indice "N" standard
▲ Indice "N_C" dynamique

10 20 30 40 50 60 70 80 90

Niveau d'eau

2.72 m

Voir la note explicative ci-jointe pour la liste complète des symboles et abréviations

RAPPORT DE FORAGE

FORAGE No: F-A-1-2016

CLIENT: RESSOURCES MÉTANOR

PROJET: REHAUSSEMENT DE LA CELLULE NO 1 DU PARC À RÉSIDUS

LOCALISATION: 200, CHEMIN DE LA MINE, DESMARAISVILLE, QUÉBEC

DÉCRIT PAR: F. ARGUIN VÉRIFIÉ PAR: V. BARON/ L. MAURE

COORDONNÉES GÉODÉSIQUES (UTM, NAD-83) (m)
X : 417198.3
Y : 5483410.6
Z : 332.03

▼ - NIVEAU D'EAU
Date : 2016-10-03
Profondeur (m) : 2.72 ; 8.83

Plan de localisation : 11128109-A2-1

Type de forage : Tarière
Calibre du carottier : N
Type de marteau : Automatique
Rapport d'énergie :
Date (début) : 2016-09-30
Date (fin) : 2016-09-30

TYPE ÉCHANTILLON
CF(E) - Cuillère fendue (Environnement)
CR(E) - Carottier diamanté
TA(E) - Tarière
TEE - Tube Échantillonnage Environnement
TM - Tube à paroi mince
VR(E) - Vrac

ÉTAT ÉCHANTILLON
Remanié
Intact
Forage au diamant
Perdu

ESSAIS RÉALISÉS
AC : analyse chimique
AG: analyse granulométrique
SD: analyse sédimentométrique
W_L: limite liquide
W_P: limite plastique
w : teneur en eau
C_u: cisaillement non drainé
Dup: éch. duplicata prélevé

Profondeur (m)	Élévation (m)	Symbole	Stratigraphie	État	Type et Numéro	Récupération %	Autres Essais	PID (ppm)	Coups par 6 po / 15 cm (Calibre)	N ou RQD
7.00	325.03		Surface du sol							
					CF-10	88			5-3-3-5 (N)	4 *
7.47	324.56		**Sol naturel:** Argile silteuse, grise, saturé, ferme							
8.0					CF-11	62			3-3-4-3 (N)	5 *
					CF-12	66			2-2-2-2 (N)	3 *
9.0					TM-13	100	A w C50 y = 1.83 g/cm³ Cu = 123.5 Kpa Cur = 7 Kpa			
10.0					CF-14	62			1-0-1-1 (N)	1 *
10.67	321.36		devenant avec interlit de silt							
11.0					TM-15	100	A w y = 1.84 g/cm³ Cu = 29.1 Kpa Cur = 2.1 Kpa			
11.43	320.60		Sable, un peu de silt, traces de gravier, gris, saturé, compact		CF-16	43			8-9-8-13 (N)	11*
12.0					CF-17	65			13-10-19-10 (N)	19*
13.0										

RÉSULTATS DES ESSAIS

Teneur en eau (%) △ C_u (Terrain, kPa)
W_P W_L Limites d'Atterberg (%) □ C_u (Lab, kPa)
● Indice "N" standard
▲ Indice "N_C" dynamique

10 20 30 40 50 60 70 80 90

123.5

Niveau d'eau

8.83 m

Voir la note explicative ci-jointe pour la liste complète des symboles et abréviations

RAPPORT DE FORAGE

FORAGE No: F-A-1-2016

CLIENT: RESSOURCES MÉTANOR

PROJET: REHAUSSEMENT DE LA CELLULE NO 1 DU PARC À RÉSIDUS

LOCALISATION: 200, CHEMIN DE LA MINE, DESMARAISVILLE, QUÉBEC

DÉCRIT PAR: F. ARGUIN VÉRIFIÉ PAR: V. BARON/ L. MAURE

COORDONNÉES GÉODÉSIQUES (UTM, NAD-83) (m)
X : 417198.3
Y : 5483410.6
Z : 332.03

▼ - NIVEAU D'EAU
Date : 2016-10-03
Profondeur (m) : 2.72 ; 8.83

Plan de localisation : 11128109-A2-1

Type de forage : Tarière
Calibre du carottier : N
Type de marteau : Automatique
Rapport d'énergie :
Date (début) : 2016-09-30
Date (fin) : 2016-09-30

TYPE ÉCHANTILLON
CF(E) - Cuillère fendue (Environnement)
CR(E) - Carottier diamanté
TA(E) - Tarière
TEE - Tube Échantillonnage Environnement
TM - Tube à paroi mince
VR(E) - Vrac

ÉTAT ÉCHANTILLON
Remanié
Intact
Forage au diamant
Perdu

ESSAIS RÉALISÉS
AC : analyse chimique
AG: analyse granulométrique
SD: analyse sédimentométrique
W_L: limite liquide
W_P: limite plastique
w : teneur en eau
C_u: cisaillement non drainé
Dup: éch. duplicata prélevé

COUPE STRATIGRAPHIQUE				ÉCHANTILLON						RÉSULTATS DES ESSAIS	
Profondeur (m)	Élévation (m)	Symbole	Stratigraphie	État	Type et Numéro	Récupération %	Autres Essais	PID (ppm)	Coups par 6 po / 15 cm (Calibre)	N ou RQD	Teneur en eau (%) △ C_u (Terrain, kPa) Limites d'Atterberg (%) □ C_u (Lab, kPa) Indice "N" standard ▲ Indice "N_C" dynamique 10 20 30 40 50 60 70 80 90
14.00	318.03		Surface du sol								
				☒	CF-18	80			20-19-21-30 (N)	26*	●
15.33	316.70		Refus tarière sur roc probable Fin du forage								

Note:
-* Indice de pénétration "N" corrigé en fonction du calibre de la cuillière utilisée.

Niveau d'eau

RAPPORT DE FORAGE

FORAGE No: F-A-2-2016

CLIENT: RESSOURCES MÉTANOR

PROJET: REHAUSSEMENT DE LA CELLULE NO 1 DU PARC À RÉSIDUS

LOCALISATION: 200, CHEMIN DE LA MINE, DESMARAISVILLE, QUÉBEC

DÉCRIT PAR: F. ARGUIN VÉRIFIÉ PAR: V. BARON/ L. MAURE

COORDONNÉES GÉODÉSIQUES (UTM, NAD-83) (m)
X : 417286.2
Y : 5483567.6
Z : 331.65

▼ - NIVEAU D'EAU
Date : 2016-10-03
Profondeur (m) : 5.29 ; 9.83

Plan de localisation : 11128109-A2-1

Type de forage : Tarière
Calibre du carottier : N
Type de marteau : Automatique
Rapport d'énergie :
Date (début) : 2016-09-28
Date (fin) : 2016-09-28

TYPE ÉCHANTILLON
CF(E) - Cuillère fendue (Environnement)
CR(E) - Carottier diamanté
TA(E) - Tarière
TEE - Tube Échantillonnage Environnement
TM - Tube à paroi mince
VR(E) - Vrac

ÉTAT ÉCHANTILLON
Remanié
Intact
Forage au diamant
Perdu

ESSAIS RÉALISÉS
AC : analyse chimique
AG: analyse granulométrique
SD: analyse sédimentométrique
W_L: limite liquide
W_P: limite plastique
w : teneur en eau
C_u: cisaillement non drainé
Dup: éch. duplicata prélevé

Profondeur (m)	Élévation (m)	Symbole	Stratigraphie	État	Type et Numéro	Récupération %	Autres Essais	PID (ppm)	Coups par 6 po / 15 cm (Calibre)	N ou RQD
0.00	331.65		Surface du sol							
			Remblai: Sable, traces à un peu de silt, un peu de gravier, brun-gris, humide, compact		CF-1	59			7-16-13-21 (N)	19*
0.66	330.99		Pierre concassée de calibre apparent 100-0mm, grise, humide, compacte		CF-2	21			7-10-6-9 (N)	10*
					CF-3	31	w		4-6-10-20 (N)	10*
2.28	329.37		Sable et gravier, traces de silt, brun, humide, compact présence de cailloux		CF-4	0			15-12-9-8 (N)	11*
3.05	328.60		devenant lâche		CF-5	26	AG w		3-7-7-10 (N)	9 *
3.81	327.84		devenant compact avec présence de cailloux		CF-6	23			20-23-14-11 (N)	24*
					CF-7	13			19-18-15-8 (N)	22*
5.33	326.32		devenant saturé		CF-8	7			10-9-8-7 (N)	11*
6.10	325.55		devenant lâche		CF-9	33	AG w		6-5-5-4 (N)	7 *
					CF-10	13			9-3-4-6 (N)	5 *
7.62	324.03		Sable, traces de silt, un peu de gravier, brun, saturé, compact		CF-11	38	w		11-7-17-20 (N)	16*
8.48	323.17		**Sol organique:** Tourbe, brune, très humide		CF-12	48			7-10-11-9 (N)	14*
8.54	323.11		**Sol naturel:** Silt, traces de sable, gris, saturé, compact							
9.23	322.42		Argile silteuse, traces de sable, grise, saturée, raide		CF-13	66	SD		6-4-3-4 (N)	5 *

RÉSULTATS DES ESSAIS

○ Teneur en eau (%) △ C_u (Terrain, kPa)
W_P W_L Limites d'Atterberg (%) □ C_u (Lab, kPa)
● Indice "N" standard
▲ Indice "N_C" dynamique

10 20 30 40 50 60 70 80 90

Niveau d'eau
5.29 m
9.83 m

Voir la note explicative ci-jointe pour la liste complète des symboles et abréviations

RAPPORT DE FORAGE

FORAGE No: F-A-2-2016

CLIENT: RESSOURCES MÉTANOR

PROJET: REHAUSSEMENT DE LA CELLULE NO 1 DU PARC À RÉSIDUS

LOCALISATION: 200, CHEMIN DE LA MINE, DESMARAISVILLE, QUÉBEC

DÉCRIT PAR: F. ARGUIN VÉRIFIÉ PAR: V. BARON/ L. MAURE

COORDONNÉES GÉODÉSIQUES (UTM, NAD-83) (m)
X : 417286.2
Y : 5483567.6
Z : 331.65

▼ - NIVEAU D'EAU
Date : 2016-10-03
Profondeur (m) : 5.29 ; 9.83

Plan de localisation : 11128109-A2-1

Type de forage : Tarière
Calibre du carottier : N
Type de marteau : Automatique
Rapport d'énergie :
Date (début) : 2016-09-28
Date (fin) : 2016-09-28

TYPE ÉCHANTILLON
CF(E) - Cuillère fendue (Environnement)
CR(E) - Carottier diamanté
TA(E) - Tarière
TEE - Tube Échantillonnage Environnement
TM - Tube à paroi mince
VR(E) - Vrac

ÉTAT ÉCHANTILLON
Remanié
Intact
Forage au diamant
Perdu

ESSAIS RÉALISÉS
AC : analyse chimique
AG: analyse granulométrique
SD: analyse sédimentométrique
W_L: limite liquide
W_P: limite plastique
w : teneur en eau
C_u: cisaillement non drainé
Dup: éch. duplicata prélevé

COUPE STRATIGRAPHIQUE				ÉCHANTILLON						RÉSULTATS DES ESSAIS	
Profondeur (m)	Élévation (m)	Symbole	Stratigraphie	État	Type et Numéro	Récupération %	Autres Essais	PID (ppm)	Coups par 6 po / 15 cm (Calibre)	N ou RQD	
10.00	321.65		Surface du sol								
					CF-14	5			5-2-2-2 (N)	3 *	
10.60	321.05		Argile et silt, gris, saturé, ferme								
11.0					CF-15	100	SD		2-1-1-1 (N)	1 *	
					CF-16	28			1-2-16-14 (N)	12*	
12.0											
12.19	319.46		Sable, un peu de silt et de gravier, traces d'argile, gris, saturé, compact		CF-17	30	SD w		23-9-11-9 (N)	13*	
13.0											
13.73	317.92		devenant graveleux		CF-18	28	w		18-14-12-15 (N)	17*	
14.0											
15.0					CF-19	36			15-24 50/8cm (N)	R	
16.0											
17.0					CF-20	45			30-33 55/15cm (N)	57*	
17.42	314.23		Refus tarière sur roc probable Fin du forage								
18.0											
19.0											

Teneur en eau (%) ○ — C_u (Terrain, kPa) △
Limites d'Atterberg (%) W_P W_L — C_u (Lab, kPa) □
Indice "N" standard ●
Indice "N_C" dynamique ▲

10 20 30 40 50 60 70 80 90

Niveau d'eau

Note:
-* Indice de pénétration "N" corrigé en fonction du calibre de la cuillière utilisée.

RAPPORT DE FORAGE

FORAGE No: F-A-3-2016

CLIENT: RESSOURCES MÉTANOR

PROJET: REHAUSSEMENT DE LA CELLULE NO 1 DU PARC À RÉSIDUS

LOCALISATION: 200, CHEMIN DE LA MINE, DESMARAISVILLE, QUÉBEC

DÉCRIT PAR: F. ARGUIN VÉRIFIÉ PAR: V. BARON/ L. MAURE

COORDONNÉES GÉODÉSIQUES (UTM, NAD-83) (m)
X : 417305.9
Y : 5483589.0
Z : 326.59

▼ - NIVEAU D'EAU
Date :
Profondeur (m) :

Plan de localisation : 11128109-A2-1

Type de forage : Tarière
Calibre du carottier : N
Type de marteau : Automatique
Rapport d'énergie :
Date (début) : 2016-09-29
Date (fin) : 2016-09-29

TYPE ÉCHANTILLON
- CF(E) - Cuillère fendue (Environnement)
- CR(E) - Carottier diamanté
- TA(E) - Tarière
- TEE - Tube Échantillonnage Environnement
- TM - Tube à paroi mince
- VR(E) - Vrac

ÉTAT ÉCHANTILLON
- Remanié
- Intact
- Forage au diamant
- Perdu

ESSAIS RÉALISÉS
- AC : analyse chimique
- AG: analyse granulométrique
- SD: analyse sédimentométrique
- W_L: limite liquide
- W_P: limite plastique
- w : teneur en eau
- C_u: cisaillement non drainé
- Dup: éch. duplicata prélevé

Profondeur (m)	Élévation (m)	Symbole	Stratigraphie	État	Type et Numéro	Récupération %	Autres Essais	PID (ppm)	Coups par 6 po / 15 cm (Calibre)	N ou RQD
0.00	326.59		Surface du sol							
0.36	326.23		**Remblai:** Pierre concassée de calibre apparent 100-0mm, grise, humide, lâche		CF-1	30			2-5-3-4 (N)	5 *
0.76	325.83		devenant saturée		CF-2	18			2-4-4-6 (N)	5 *
			Résidus miniers: Silt, un peu de sable, brun à gris, saturé, lâche		CF-3	59	w		7-8-3-4 (N)	7 *
2.28	324.31		devenant très lâche avec présence de débris (bois)		CF-4	39			5-3-3-1 (N)	4 *
3.05	323.54		**Sol organique:** Tourbe, brune, humide		CF-5	49	w		5-4-3-5 (N)	5 *
3.30	323.29		**Sol naturel:** Silt, traces de sable, gris, saturé, lâche		CF-6	5			6-4-3-6 (N)	5 *
4.50	322.09		Argile silteuse, grise, saturé, raide		CF-7	52	w		3-4-3-2 (N)	5 *
5.57	321.02		devenant ferme		TM-8	100	y = 1.63 g/cm³			
6.10	320.49		devenant molle		TM-9	100	y = 1.69 g/cm³			
					TM-10	100	y = 1.65 g/cm³			
7.37	319.22		devenant raide		TM-11	100	y = 1.75 g/cm³			
8.00	318.59		Silt, traces de sable, gris, saturé, compact							
8.33	318.26		Sable, un peu de silt, traces de gravier, gris, saturé, compact		CF-12	30	w		2-6-9-7 (N)	10*
9.15	317.44		devenant lâche		CF-13	13			3-8-6-5 (N)	9
9.91	316.68		devenant graveleux et dense		CF-14	20			17 -50/10cm (N)	R
					CF-15	80			20-18 15-21 (N)	22*
12.40	314.19		Refus tarière sur roc probable Fin du forage							

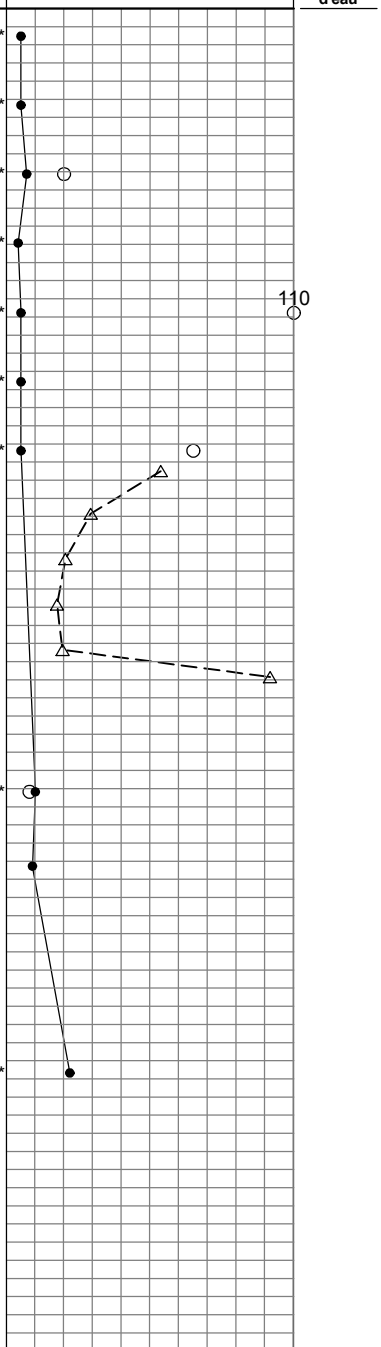
Note:
-* Indice de pénétration "N" corrigé en fonction du calibre de la cuillière utilisée.

RÉSULTATS DES ESSAIS

Teneur en eau (%) ○ — C_u (Terrain, kPa) △
Limites d'Atterberg (%) W_P W_L — C_u (Lab, kPa) □
Indice "N" standard ●
Indice "N_C" dynamique ▲

10 20 30 40 50 60 70 80 90

Niveau d'eau



RAPPORT DE FORAGE

FORAGE No: F-E-1-2016

CLIENT: RESSOURCES MÉTANOR

PROJET: REHAUSSEMENT DE LA CELLULE NO 1 DU PARC À RÉSIDUS

LOCALISATION: 200, CHEMIN DE LA MINE, DESMARAISVILLE, QUÉBEC

DÉCRIT PAR: F. ARGUIN VÉRIFIÉ PAR: V. BARON/ L. MAURE

COORDONNÉES GÉODÉSIQUES (UTM, NAD-83) (m)
X : 417367.8
Y : 5483367.3
Z : 331.49

▼ - NIVEAU D'EAU
Date :
Profondeur (m) :

Plan de localisation : 11128109-A2-1

Type de forage : Tarière
Calibre du carottier : N
Type de marteau : Automatique
Rapport d'énergie :
Date (début) : 2016-09-29
Date (fin) : 2016-09-30

TYPE ÉCHANTILLON
CF(E) - Cuillère fendue (Environnement)
CR(E) - Carottier diamanté
TA(E) - Tarière
TEE - Tube Échantillonnage Environnement
TM - Tube à paroi mince
VR(E) - Vrac

ÉTAT ÉCHANTILLON
Remanié
Intact
Forage au diamant
Perdu

ESSAIS RÉALISÉS
AC : analyse chimique
AG: analyse granulométrique
SD: analyse sédimentométrique
W_L: limite liquide
W_P: limite plastique
w : teneur en eau
C_u: cisaillement non drainé
Dup: éch. duplicata prélevé

COUPE STRATIGRAPHIQUE				ÉCHANTILLON						RÉSULTATS DES ESSAIS	
Profondeur (m)	Élévation (m)	Symbole	Stratigraphie	État	Type et Numéro	Récupération %	Autres Essais	PID (ppm)	Coups par 6 po / 15 cm (Calibre)	N ou RQD	Niveau d'eau
0.00	331.49		Surface du sol							10 20 30 40 50 60 70 80 90	
			Remblai: Pierre concassée de calibre apparent 100-0mm, grise, humide, compact		CF-1	21			11-10-18-10 (N)	18*	
1.0					CF-2	16			7-12-13-16 (N)	16*	
					CF-3	43			8-24-20-15 (N)	29*	
2.0	2.00	329.49	devenant saturée								
					CF-4	13			8-13-11-10 (N)	15*	
3.0	3.05	328.44	**Résidus miniers:** Silt, traces de sable et de gravier, gris, saturé, très lâche		CF-5	43			4-6-3-5 (N)	6 *	
	3.81	327.68	devenant très lâche		CF-6	16			4-2-3-3 (N)	3 *	
4.0											
					CF-7	49			2-2-2-1 (N)	3 *	
5.0					CF-8	16			8-6-2-3 (N)	5 *	
6.0					CF-9	48	Dr = 2.77		2-3-3-3 (N)	4 *	
7.0	6.86	324.63	devenant avec présence de débris (bois)		CF-10	66			3-1-2-2 (N)	2 *	
	7.62	323.87	devenant avec traces de matières organiques		CF-11	79			1-1-1-1 (N)	1 *	
8.0	8.38	323.11	devenant lâche		CF-12	13			4-4-6-6 (N)	7 *	
9.0	9.15	322.34	**Sol organique:**								
	9.31	322.18	Tourbe, brune, humide		CF-13	70			1-1-3-3 (N)	3 *	
			Sol naturel: Argile silteuse, grise, saturé, ferme								

Voir la note explicative ci-jointe pour la liste complète des symboles et abréviations

RAPPORT DE FORAGE

FORAGE No: F-E-1-2016

CLIENT: RESSOURCES MÉTANOR

PROJET: REHAUSSEMENT DE LA CELLULE NO 1 DU PARC À RÉSIDUS

LOCALISATION: 200, CHEMIN DE LA MINE, DESMARAISVILLE, QUÉBEC

DÉCRIT PAR: F. ARGUIN VÉRIFIÉ PAR: V. BARON/ L. MAURE

COORDONNÉES GÉODÉSIQUES (UTM, NAD-83) (m)
X : 417367.8
Y : 5483367.3
Z : 331.49

▼ - NIVEAU D'EAU
Date :
Profondeur (m) :

Plan de localisation : 11128109-A2-1

Type de forage : Tarière
Calibre du carottier : N
Type de marteau : Automatique
Rapport d'énergie :
Date (début) : 2016-09-29
Date (fin) : 2016-09-30

TYPE ÉCHANTILLON
CF(E) - Cuillère fendue (Environnement)
CR(E) - Carottier diamanté
TA(E) - Tarière
TEE - Tube Échantillonnage Environnement
TM - Tube à paroi mince
VR(E) - Vrac

ÉTAT ÉCHANTILLON
Remanié
Intact
Forage au diamant
Perdu

ESSAIS RÉALISÉS
AC : analyse chimique
AG: analyse granulométrique
SD: analyse sédimentométrique
W_L: limite liquide
W_P: limite plastique
w : teneur en eau
C_u: cisaillement non drainé
Dup: éch. duplicata prélevé

COUPE STRATIGRAPHIQUE				ÉCHANTILLON						RÉSULTATS DES ESSAIS	
Profondeur (m)	Élévation (m)	Symbole	Stratigraphie	État	Type et Numéro	Récupération %	Autres Essais	PID (ppm)	Coups par 6 po / 15 cm (Calibre)	N ou RQD	Niveau d'eau
10.00	321.49		Surface du sol								
					TM-14	100	A w y = 1.63 g/cm³ Cu = 35 Kpa Cur = 2.6 Kpa				
					TM-15	100					
					CF-16	100	y = 1.59 g/cm³ Cu = 19.8 Kpa Cur = 2 Kpa A w		1-0-0-1 (N)	1	
					CF-17	100			1-0-0-1 (N)	1	
					CF-18	100			1-0-0-1 (N)	1	
13.72	317.77		devenant avec interlit de silt		CF-19	100			1-1-3-2 (N)	3 *	
14.48	317.01		Sable, un peu de silt, traces de gravier, gris, saturé, compact		CF-20	51			11-12-18-13 (N)	20*	
15.24	316.25		devenant graveleux		CF-21	5			18-50/5cm (N)	R	
					CF-22	25			51-47-40 50/12cm (N)	57*	
17.49	314.00		Refus tarière sur roc probable Fin du forage								

Note:
-* Indice de pénétration "N" corrigé en fonction du calibre de la cuillière utilisée.

Teneur en eau (%) △ C_u (Terrain, kPa)
Limites d'Atterberg (%) □ C_u (Lab, kPa)
Indice "N" standard
Indice "N_C" dynamique

10 20 30 40 50 60 70 80 90

RAPPORT DE FORAGE

FORAGE No: F-F-1-2016

CLIENT: RESSOURCES MÉTANOR

PROJET: REHAUSSEMENT DE LA CELLULE NO 1 DU PARC À RÉSIDUS

LOCALISATION: 200, CHEMIN DE LA MINE, DESMARAISVILLE, QUÉBEC

DÉCRIT PAR: F. ARGUIN VÉRIFIÉ PAR: V. BARON/ L. MAURE

COORDONNÉES GÉODÉSIQUES (UTM, NAD-83) (m)
X : 417400.7
Y : 5483476.9
Z : 331.54

▼ - NIVEAU D'EAU
Date :
Profondeur (m) :

Plan de localisation : 11128109-A2-1

Type de forage : Tarière
Calibre du carottier : N
Type de marteau : Automatique
Rapport d'énergie :
Date (début) : 2016-09-27
Date (fin) : 2016-09-27

TYPE ÉCHANTILLON
CF(E) - Cuillère fendue (Environnement)
CR(E) - Carottier diamanté
TA(E) - Tarière
TEE - Tube Échantillonnage Environnement
TM - Tube à paroi mince
VR(E) - Vrac

ÉTAT ÉCHANTILLON
Remanié
Intact
Forage au diamant
Perdu

ESSAIS RÉALISÉS
AC : analyse chimique
AG: analyse granulométrique
SD: analyse sédimentométrique
W_L: limite liquide
W_P: limite plastique
w : teneur en eau
C_u: cisaillement non drainé
Dup: éch. duplicata prélevé

COUPE STRATIGRAPHIQUE				ÉCHANTILLON						RÉSULTATS DES ESSAIS	
Profondeur (m)	Élévation (m)	Symbole	Stratigraphie	État	Type et Numéro	Récupération %	Autres Essais	PID (ppm)	Coups par 6 po / 15 cm (Calibre)	N ou RQD	Niveau d'eau
0.00	331.54		Surface du sol							10 20 30 40 50 60 70 80 90	
			Remblai: Sable, un peu de gravier, traces de silt, brun, humide, lâche		CF-1	59			1-3-11-24 (N)	9 *	
0.94	330.60		Pierre concassée de calibre apparent 100-0mm, grise, humide, dense		CF-2	52			16-27 20-16 (N)	31*	
1.73	329.81		Sable et gravier, traces de silt, brun, humide, compact		CF-3	46	w		8-13 11-18 (N)	16*	
					CF-4	16			9-8-8-7 (N)	10*	
					CF-5	30	w		5-11-8-5 (N)	12*	
					CF-6	48	AG		9-10-10-9 (N)	13*	
					CF-7	7			17-12-11-9 (N)	15*	
5.00	326.54		devenant saturé								
5.33	326.21		devenant lâche		CF-8	5			8-5-4-5 (N)	6 *	
6.10	325.44		devenant graveleux		CF-9	36	AG w		7-3-8-12 (N)	7 *	
					CF-10	30			5-6-6-2 (N)	8 *	
					CF-11	0			4-4-5-4 (N)	6 *	
8.38	323.16		devenant compact		CF-12	30			8-10-6-9 (N)	10*	
8.93	322.61		**Sol naturel:** Argile silteuse, traces de sable, gris, saturé, raide		CF-13	100	SD w		2-2-3-2 (N)	3 *	

Teneur en eau (%) ○ — C_u (Terrain, kPa) △
Limites d'Atterberg (%) W_P W_L — C_u (Lab, kPa) □
Indice "N" standard ●
Indice "N_C" dynamique ▲

RAPPORT DE FORAGE

FORAGE No: F-F-1-2016

CLIENT: RESSOURCES MÉTANOR

PROJET: REHAUSSEMENT DE LA CELLULE NO 1 DU PARC À RÉSIDUS

LOCALISATION: 200, CHEMIN DE LA MINE, DESMARAISVILLE, QUÉBEC

DÉCRIT PAR: F. ARGUIN VÉRIFIÉ PAR: V. BARON/ L. MAURE

COORDONNÉES GÉODÉSIQUES (UTM, NAD-83) (m)
X : 417400.7
Y : 5483476.9
Z : 331.54

▼ - NIVEAU D'EAU
Date :
Profondeur (m) :

Plan de localisation : 11128109-A2-1

Type de forage : Tarière
Calibre du carottier : N
Type de marteau : Automatique
Rapport d'énergie :
Date (début) : 2016-09-27
Date (fin) : 2016-09-27

TYPE ÉCHANTILLON
CF(E) - Cuillère fendue (Environnement)
CR(E) - Carottier diamanté
TA(E) - Tarière
TEE - Tube Échantillonnage Environnement
TM - Tube à paroi mince
VR(E) - Vrac

ÉTAT ÉCHANTILLON
Remanié
Intact
Forage au diamant
Perdu

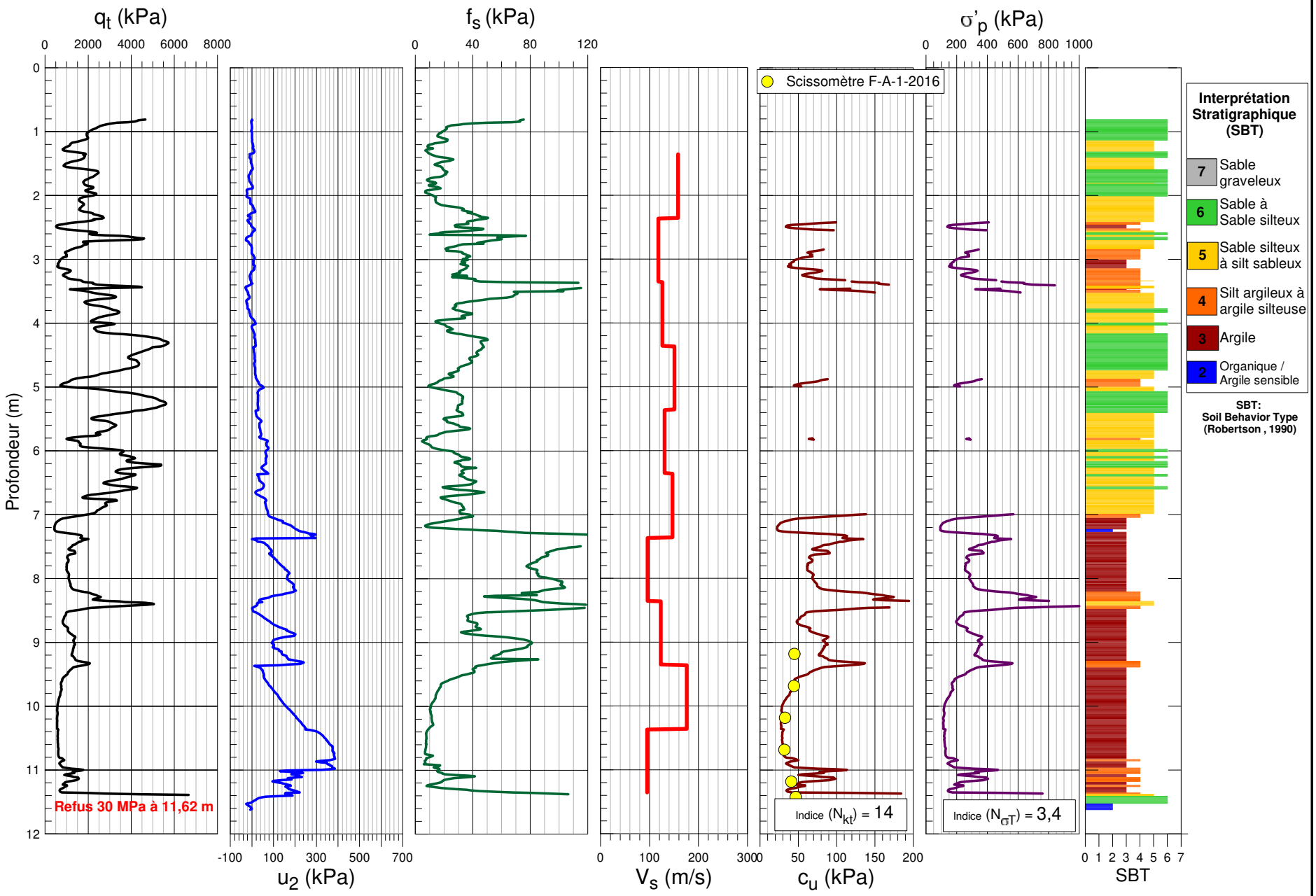
ESSAIS RÉALISÉS
AC : analyse chimique
AG: analyse granulométrique
SD: analyse sédimentométrique
W_L: limite liquide
W_P: limite plastique
w : teneur en eau
C_u: cisaillement non drainé
Dup: éch. duplicata prélevé

COUPE STRATIGRAPHIQUE				ÉCHANTILLON						RÉSULTATS DES ESSAIS	
Profondeur (m)	Élévation (m)	Symbole	Stratigraphie	État	Type et Numéro	Récupération %	Autres Essais	PID (ppm)	Coups par 6 po / 15 cm (Calibre)	N ou RQD	Niveau d'eau
10.00	321.54		Surface du sol								
10.00	321.54		devenant ferme		TM-14	100	A w C50 y = 1.72 g/cm³ Cu = 27.8 Kpa Cur = 3.6 Kpa				
11.0					CF-15	100			1-1-0-1 (N)	1	
12.0					TM-16	100	SD A w y = 1.98 g/cm³ Cu = 72.9 Kpa Cur = 2.1 Kpa				
12.45	319.09		Sable, un peu de silt, traces de gravier et d'argile, gris, saturé, lâche		CF-17	39			4-6-7-9 (N)	8 *	
13.0											
13.72	317.82		devenant dense		CF-18	55	w		39-36 50/10cm (N)	R	
14.0											
15.0					CF-19	42			60- 50/10cm (N)	R	
15.49	316.05		Refus tarière sur roc probable Fin du forage								
16.0											
17.0											
18.0											
19.0											

Note:
-* Indice de pénétration "N" corrigé en fonction du calibre de la cuillière utilisée.

RÉSULTATS DES ESSAIS
Teneur en eau (%)
Limites d'Atterberg (%)
Indice "N" standard
Indice "N_C" dynamique
C_u (Terrain, kPa)
C_u (Lab, kPa)
10 20 30 40 50 60 70 80 90

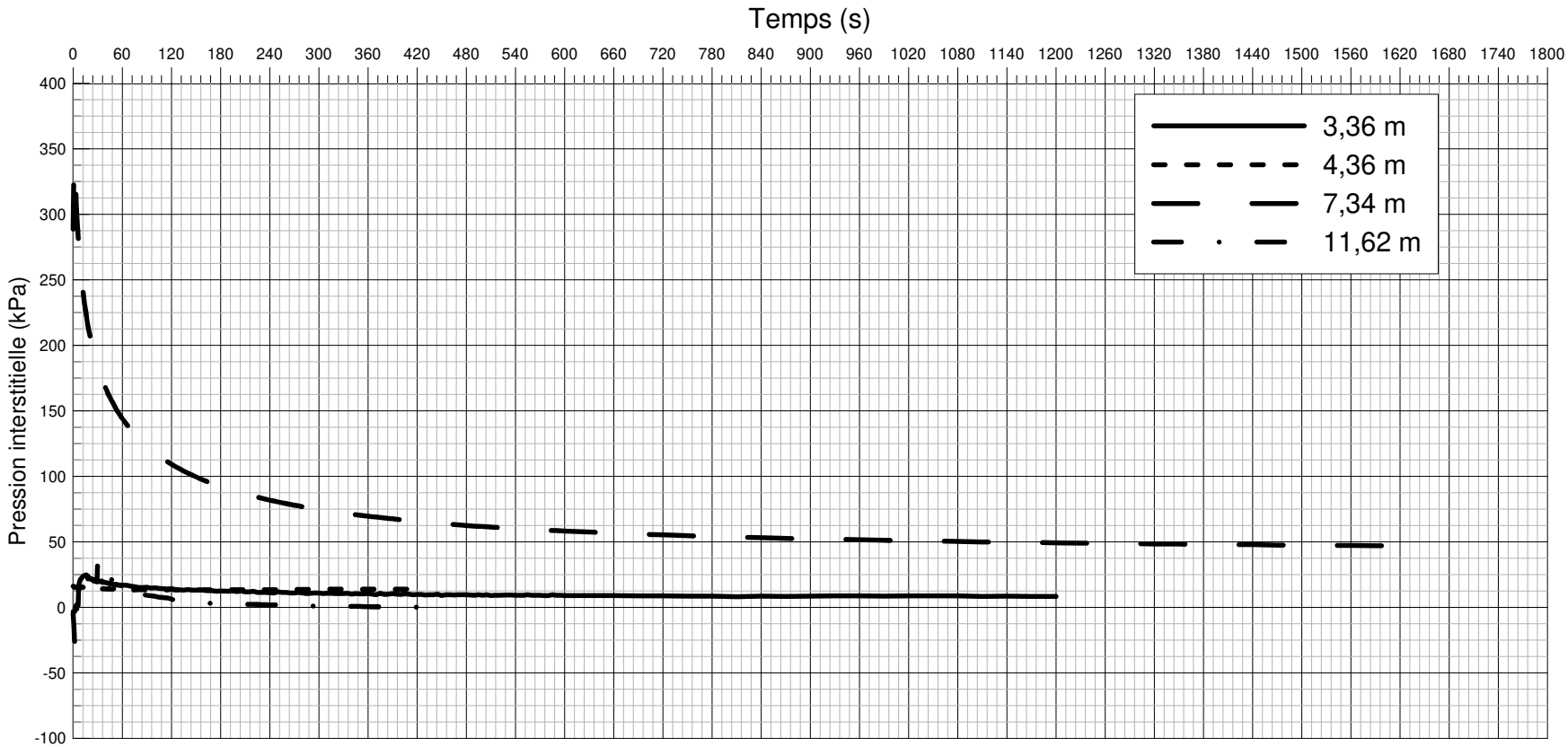
Annexe B
Rapports de sondage au piézocône



GHD	Profondeur initiale : 0.81 m Profondeur finale : 11.62 m Vitesse de fonçage : 120 cm/min Incrément de mesure : 1 cm	Client : Ressources Métanor Projet : Rehaussement de la cellule no1 Site : Mine Bachelor Date d'essai : 30 septembre 2016	Sondage No : **SCPTU-A1** Sonde : DSG1091	Projet (No) : 11128109-A1

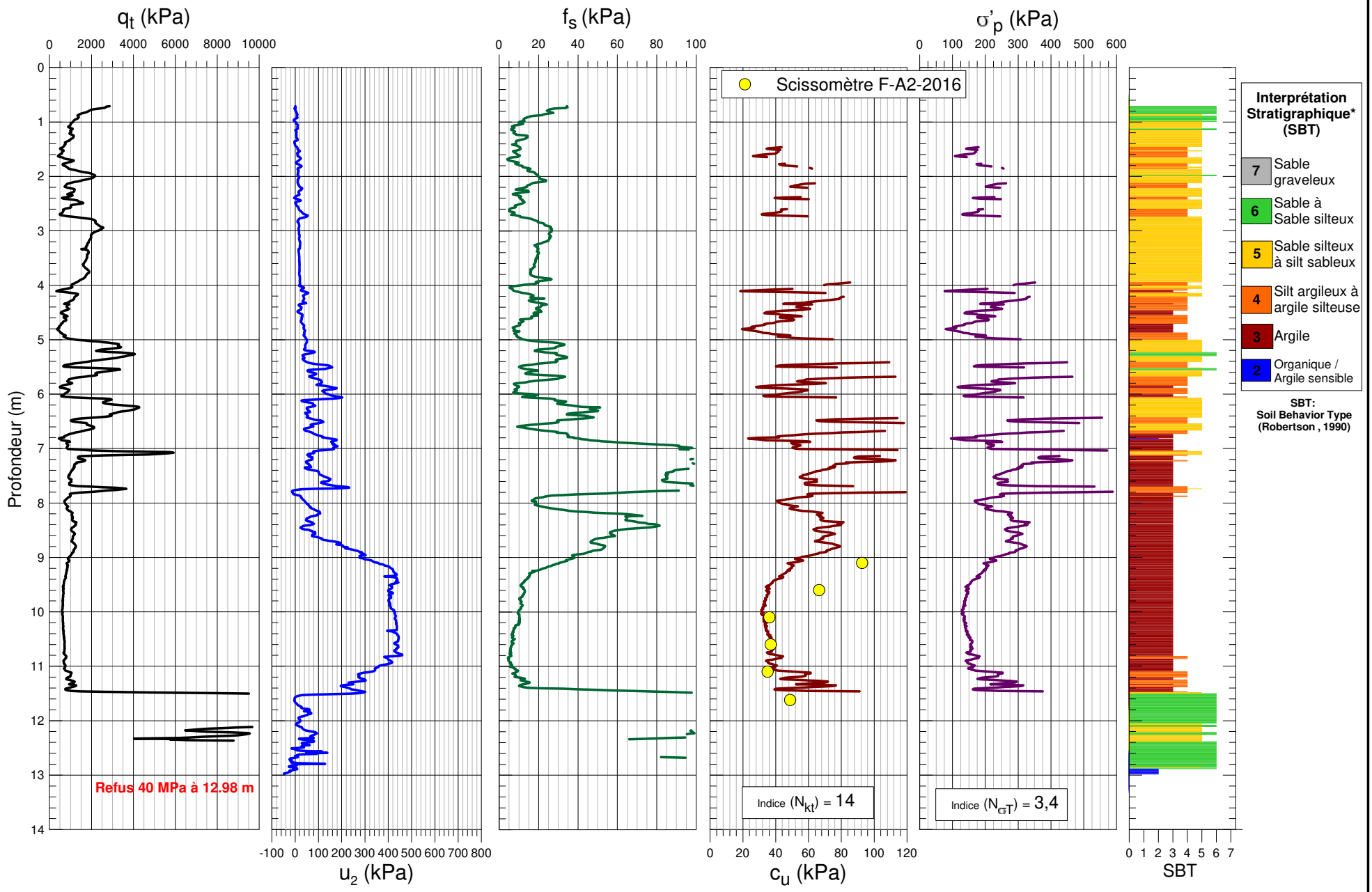
Réalisé par: GHD Consultants Ltée / **Traité par:** Kamel K. Hamouche, ing. Ph. D./ **Vérifié par**: Kamel K. Hamouche, ing. Ph. D.

RÉSULTATS DES ESSAIS DE DISSIPATION



GHD	Initial depth Final depth Pénétration rate Monitoring increment	Client : Ressources Métanor Projet : Rehaussement de la cellule no 1 Site : Mine Bachelor Date d'essai : 29 septembre 2016	Sondage No : **SCPTU-A1** Sonde : DSG1091	Projet (No) : 11128109-A1

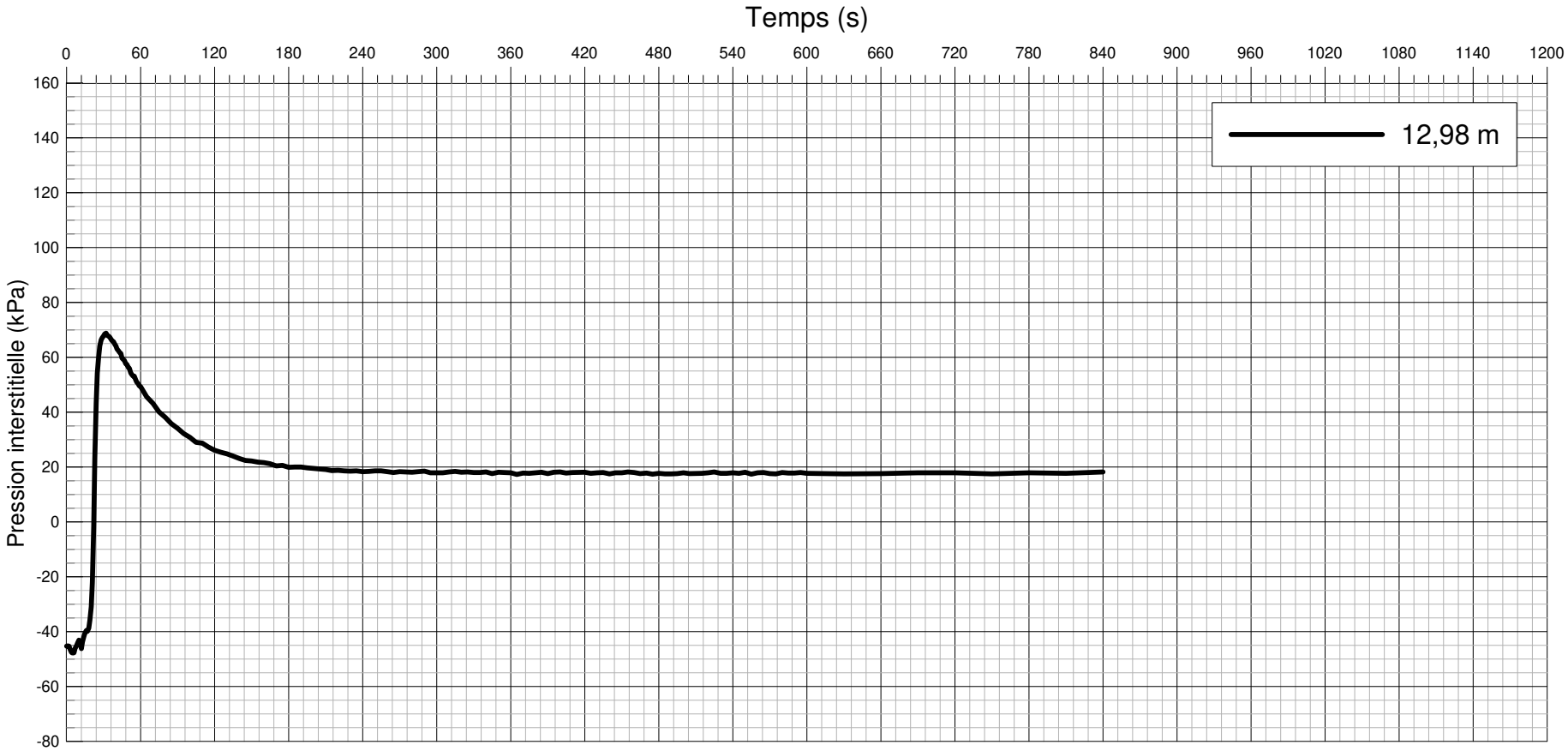
Réalisé par:GHD Consultants Inc.. / **Traité par:** Kamel K. Hamouche, ing. Ph.D / **Vérifié par**: Kamel Hamouche, ing. Ph. D.



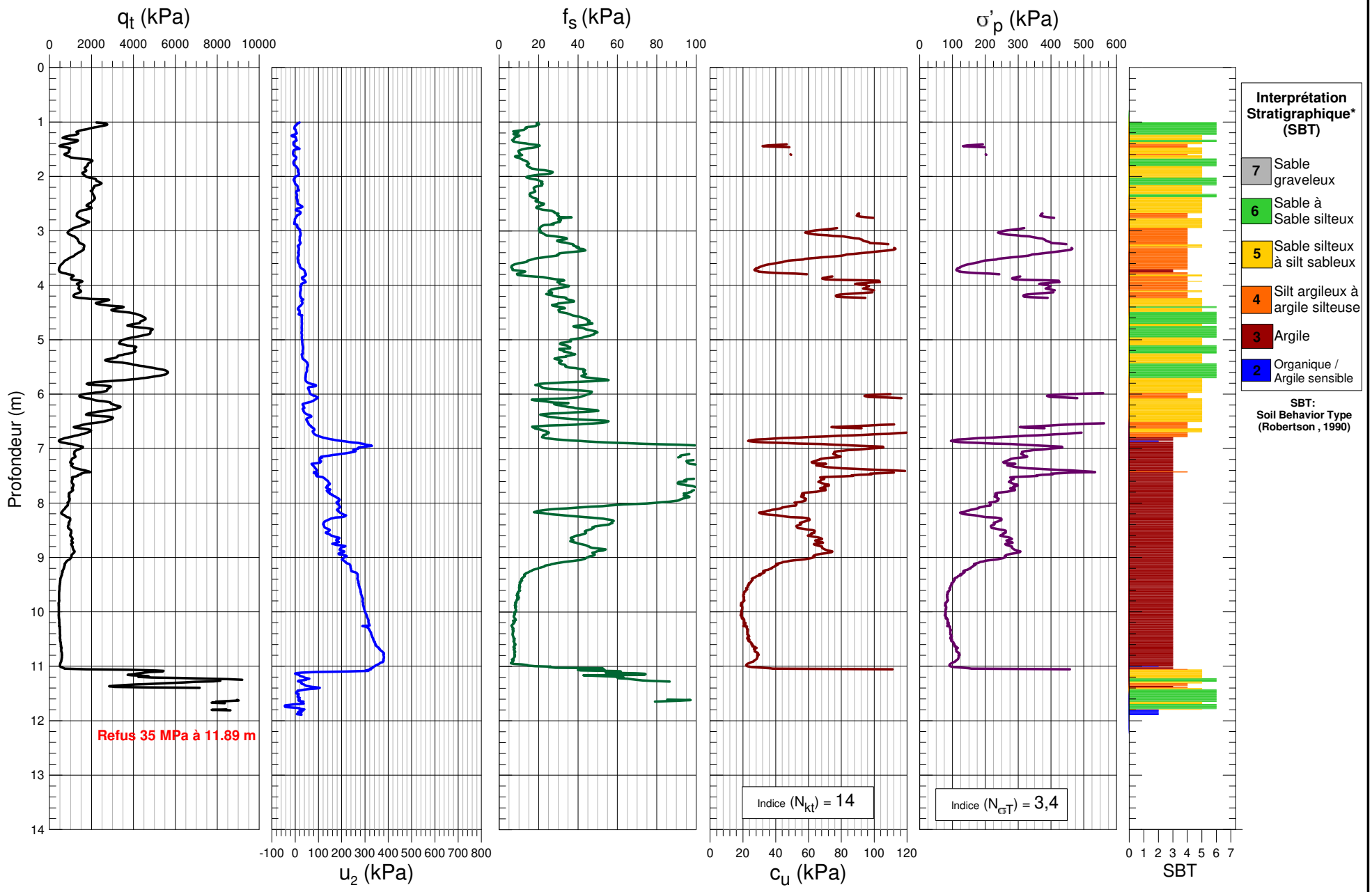
Profondeur initiale : 0.71 m Profondeur finale : 12.98 m Vitesse de fonçage : 120 cm/min Incrément de mesure : 1 cm	Client : Ressources Métanor Projet : Rehaussement de la cellule no1 Site : Mine Bachelor Date d'essai : 30 septembre 2016	Sondage No : **CPTU-A3** Sonde : DSG1091	Projet (No) : 11128109-A1

Réalisé par:GHD Consultants Inc.. / **Traité par:** Kamel K. Hamouche, ing. Ph.D / **Vérifié par**: Kamel Hamouche, ing. Ph. D.

RÉSULTATS DES ESSAIS DE DISSIPATION



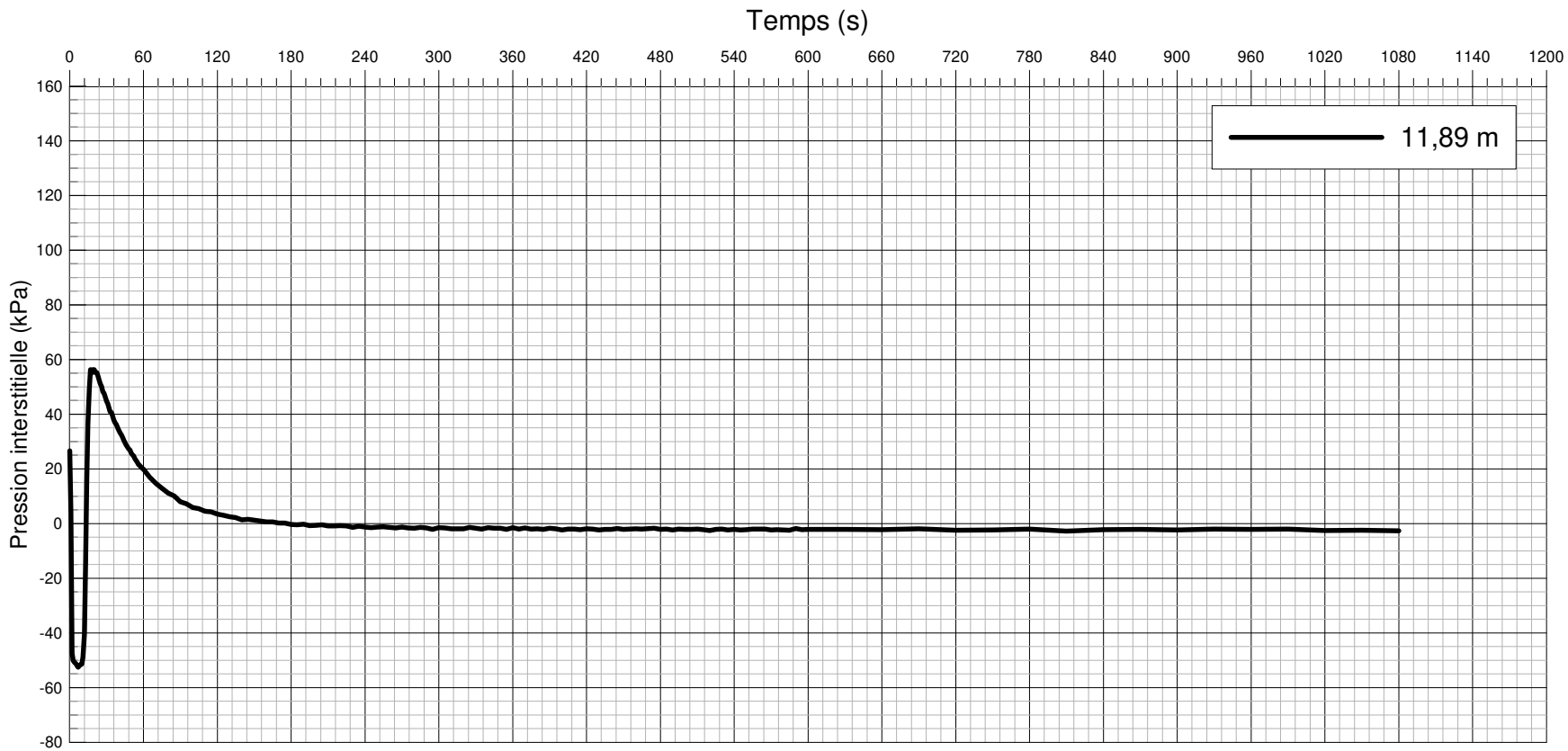
GHD	Initial depth Final depth Pénétration rate Monitoring increment	Client : Ressources Métanor Projet : Rehaussement de la cellule no 1 Site : Mine Bachelor Date d'essai : 29 septembre 2016	Sondage No : **CPTU-A3** Sonde : DSG1091	Projet (No) : 11128109-A



Profondeur initiale : 0.71 m Profondeur finale : 12.98 m Vitesse de fonçage : 120 cm/min Incrément de mesure : 1 cm	Client : Ressources Métanor Projet : Rehaussement de la cellule no1 Site : Mine Bachelor Date d'essai : 30 septembre 2016	Sondage No : **CPTU-A4** Sonde : DSG1091	Projet (No) : 11128109-A1

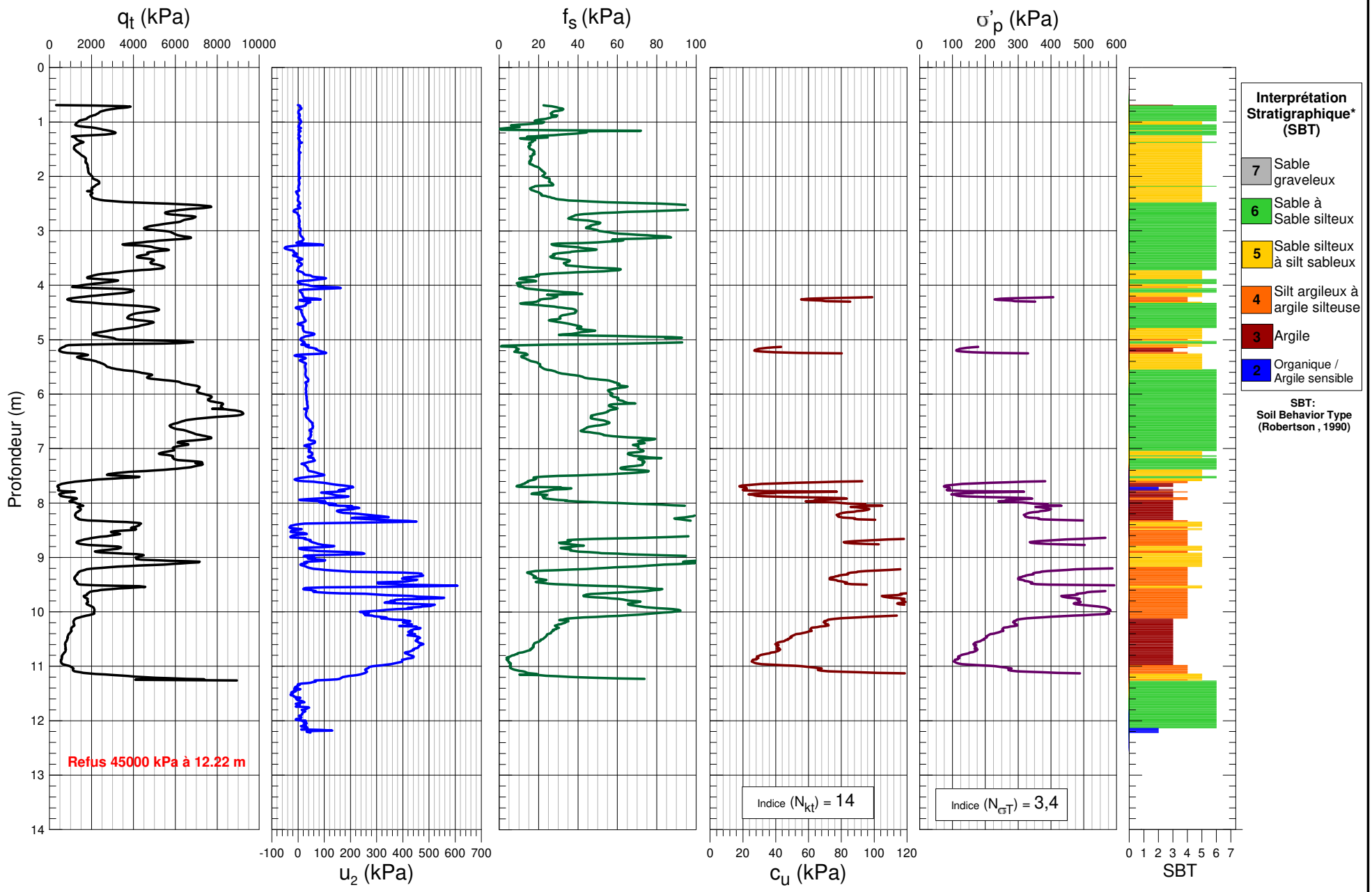
Réalisé par:GHD Consultants Inc.. / **Traité par:** Kamel K. Hamouche, ing. Ph.D / **Vérifié par**: Kamel Hamouche, ing. Ph. D.

RÉSULTATS DES ESSAIS DE DISSIPATION



GHD	Initial depth Final depth Pénétration rate Monitoring increment	Client : Ressources Métanor Projet : Rehaussement de la cellule no 1 Site : Mine Bachelor Date d'essai : 29 septembre 2016	Sondage No : **CPTU-A4** Sonde : DSG1091	Projet (No) : 11128109-A1

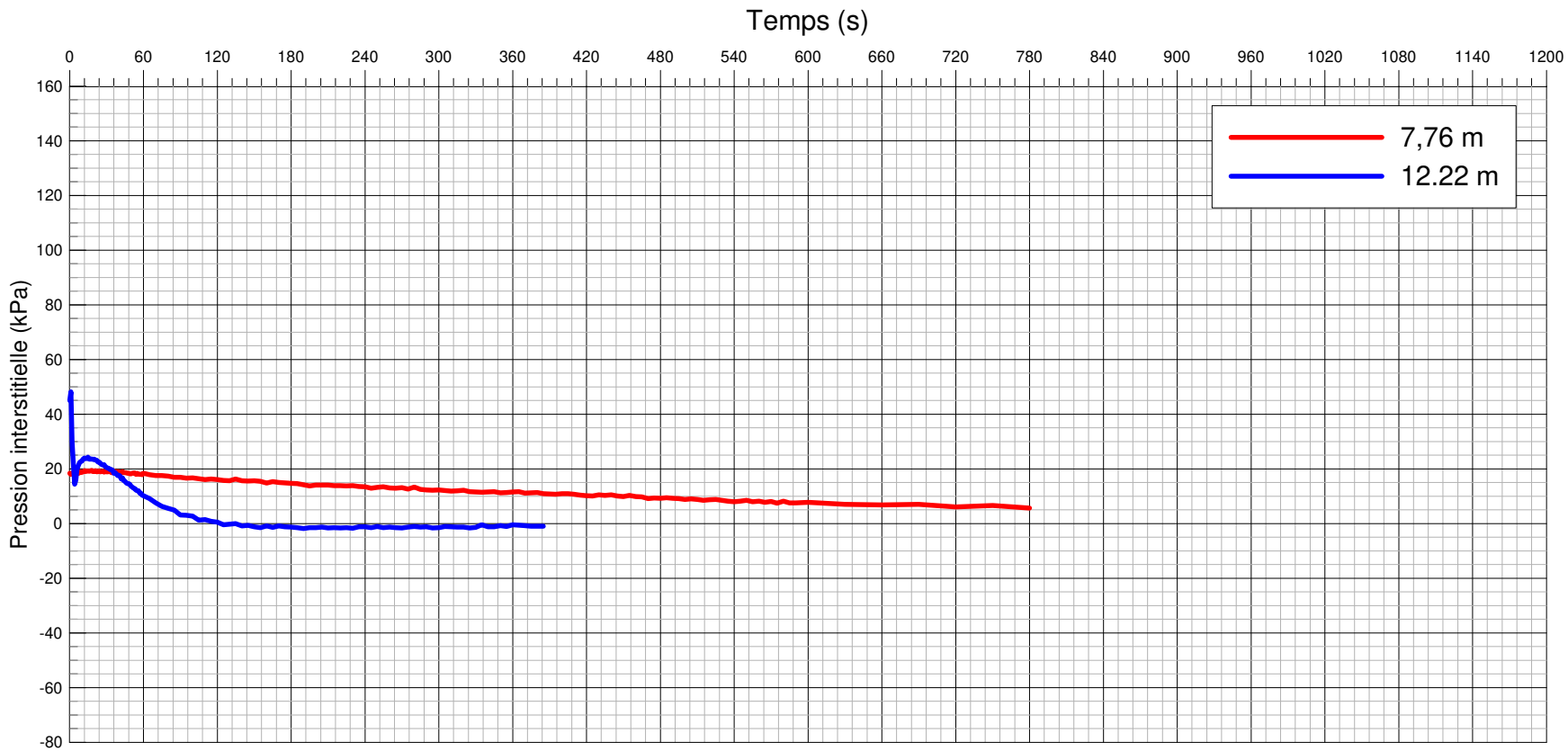
Réalisé par:GHD Consultants Inc.. / **Traité par:** Kamel K. Hamouche, ing. Ph.D / **Vérifié par**: Kamel Hamouche, ing. Ph. D.



Profondeur initiale : 0.69 m Profondeur finale : 12.23 m Vitesse de fonçage : 120 cm/min Incrément de mesure : 1 cm	Client : Ressources Métanor Projet : Rehaussement de la cellule no1 Site : Mine Bachelor Date d'essai : 29 septembre 2016	Sondage No : **CPTU-B1** Sonde : DSG1091	Projet (No) : 11128109-A1

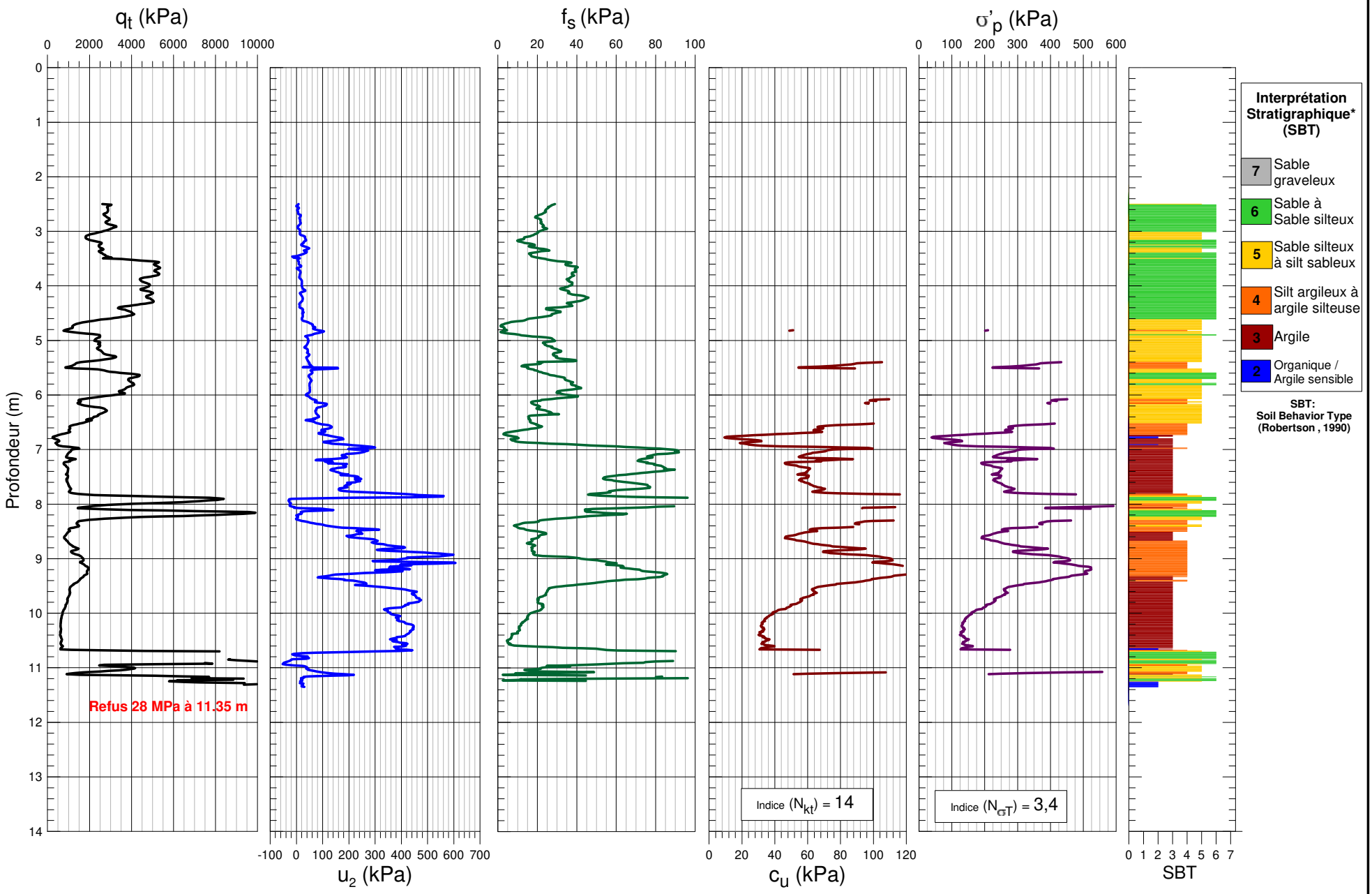
Réalisé par:GHD Consultants Inc.. / **Traité par:** Kamel K. Hamouche, ing. Ph.D / **Vérifié par**: Kamel Hamouche, ing. Ph. D.

RÉSULTATS DES ESSAIS DE DISSIPATION



GHD	Initial depth Final depth Pénétration rate Monitoring increment	Client : Ressources Métanor Projet : Rehaussement de la cellule no 1 Site : Mine Bachelor Date d'essai : 29 septembre 2016	Sondage No : **CPTU-B1** Sonde : DSG1091	Projet (No) : 11128109-A1

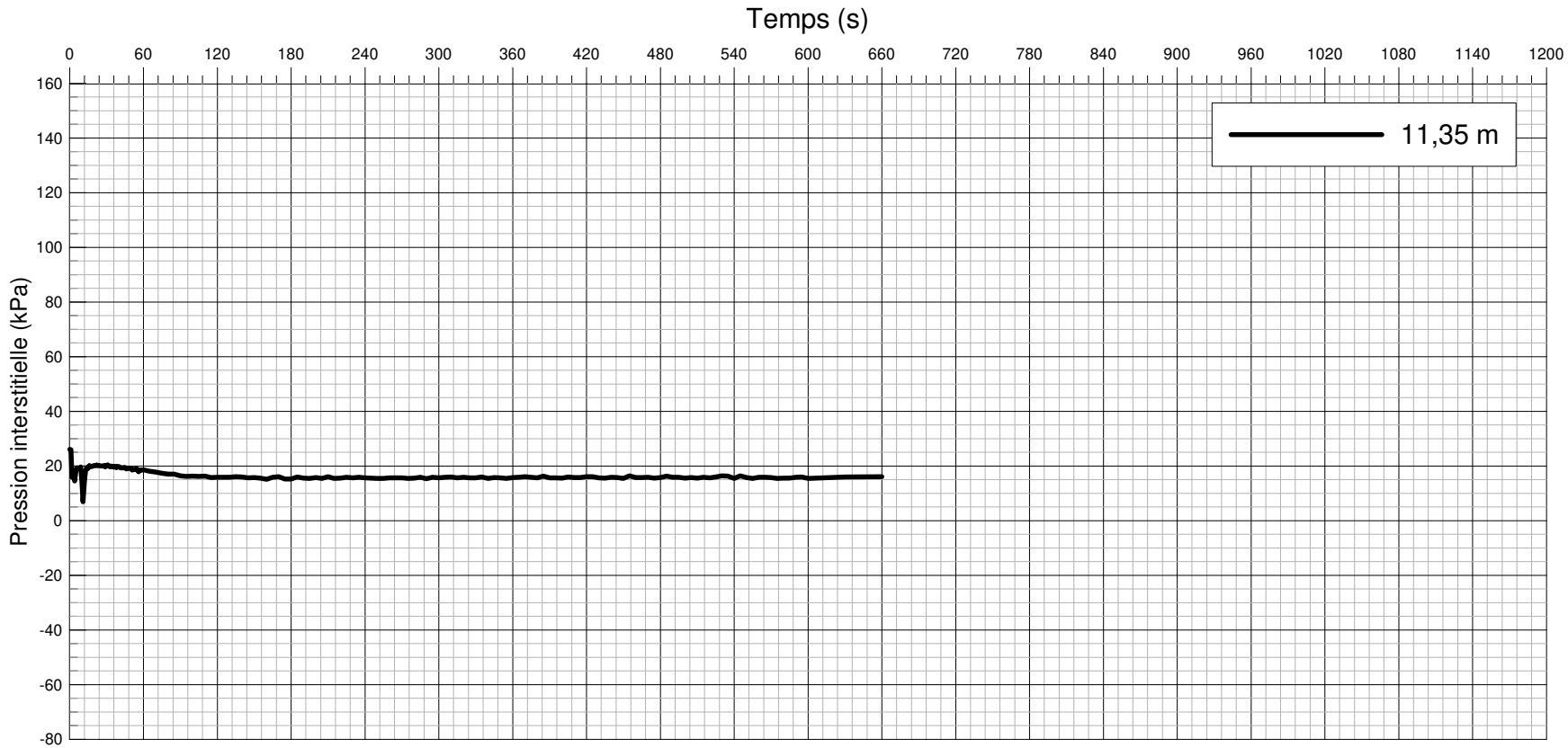
Réalisé par:GHD Consultants Inc.. / **Traité par:** Kamel K. Hamouche, ing. Ph.D / **Vérifié par**: Kamel Hamouche, ing. Ph. D.



Profondeur initiale : 2.5 m Profondeur finale : 11.35 m Vitesse de fonçage : 120 cm/min Incrément de mesure : 1 cm	Client : Ressources Métanor Projet : Rehaussement de la cellule no1 Site : Mine Bachelor Date d'essai : 29 septembre 2016	Sondage No : **CPTU-B2** Sonde : DSG1091	Projet (No) : 11128109-A1

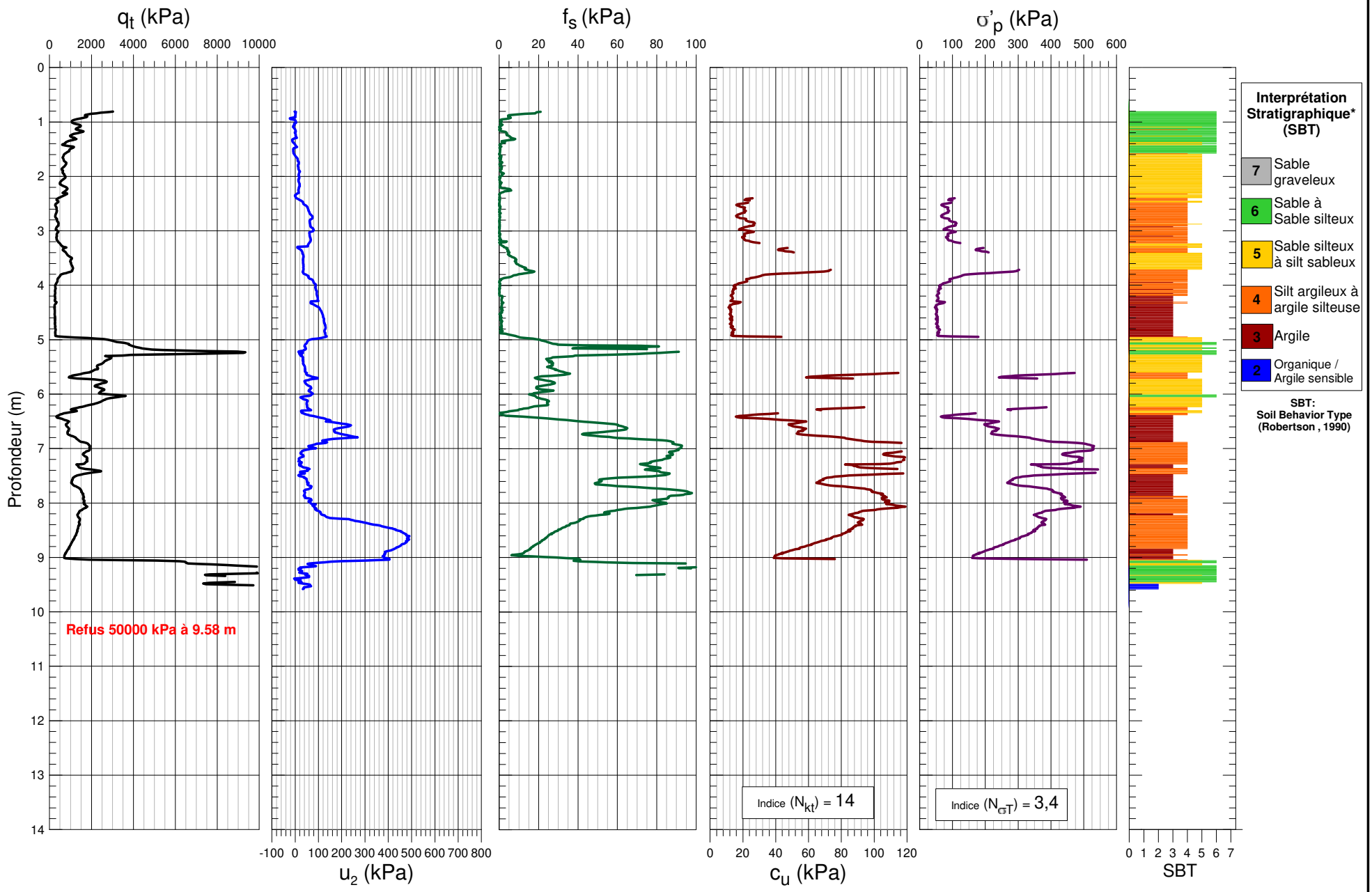
Réalisé par:GHD Consultants Inc.. / **Traité par:** Kamel K. Hamouche, ing. Ph.D / **Vérifié par**: Kamel Hamouche, ing. Ph. D.

RÉSULTATS DES ESSAIS DE DISSIPATION



GHD	Initial depth Final depth Pénétration rate Monitoring increment	Client : Ressources Métanor Projet : Rehaussement de la cellule no 1 Site : Mine Bachelor Date d'essai : 29 septembre 2016	Sondage No : **CPTU-B2** Sonde : DSG1091	Projet (No) : 11128109-A1

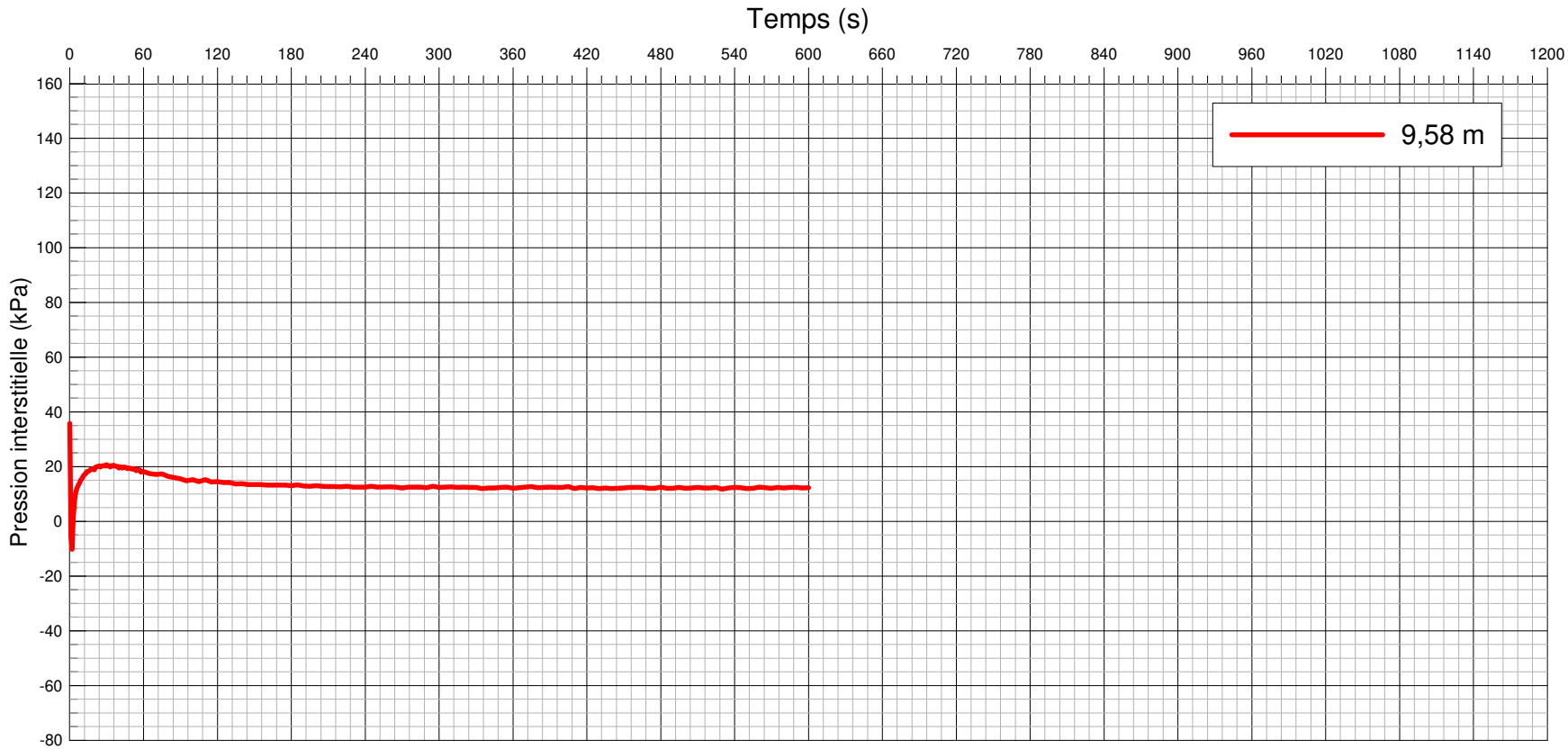
Réalisé par:GHD Consultants Inc.. / **Traité par:** Kamel K. Hamouche, ing. Ph.D / **Vérifié par**: Kamel Hamouche, ing. Ph. D.



Profondeur initiale : 0.81 m Profondeur finale : 9.58 m Vitesse de fonçage : 120 cm/min Incrément de mesure : 1 cm	Client : Ressources Métanor Projet : Rehaussement de la cellule no1 Site : Mine Bachelor Date d'essai : 29 septembre 2016	Sondage No : **CPTU-B3** Sonde : DSG1091	Projet (No) : 11128109-A1

Réalisé par:GHD Consultants Inc.. / **Traité par:** Kamel K. Hamouche, ing. Ph.D / **Vérifié par**: Kamel Hamouche, ing. Ph. D.

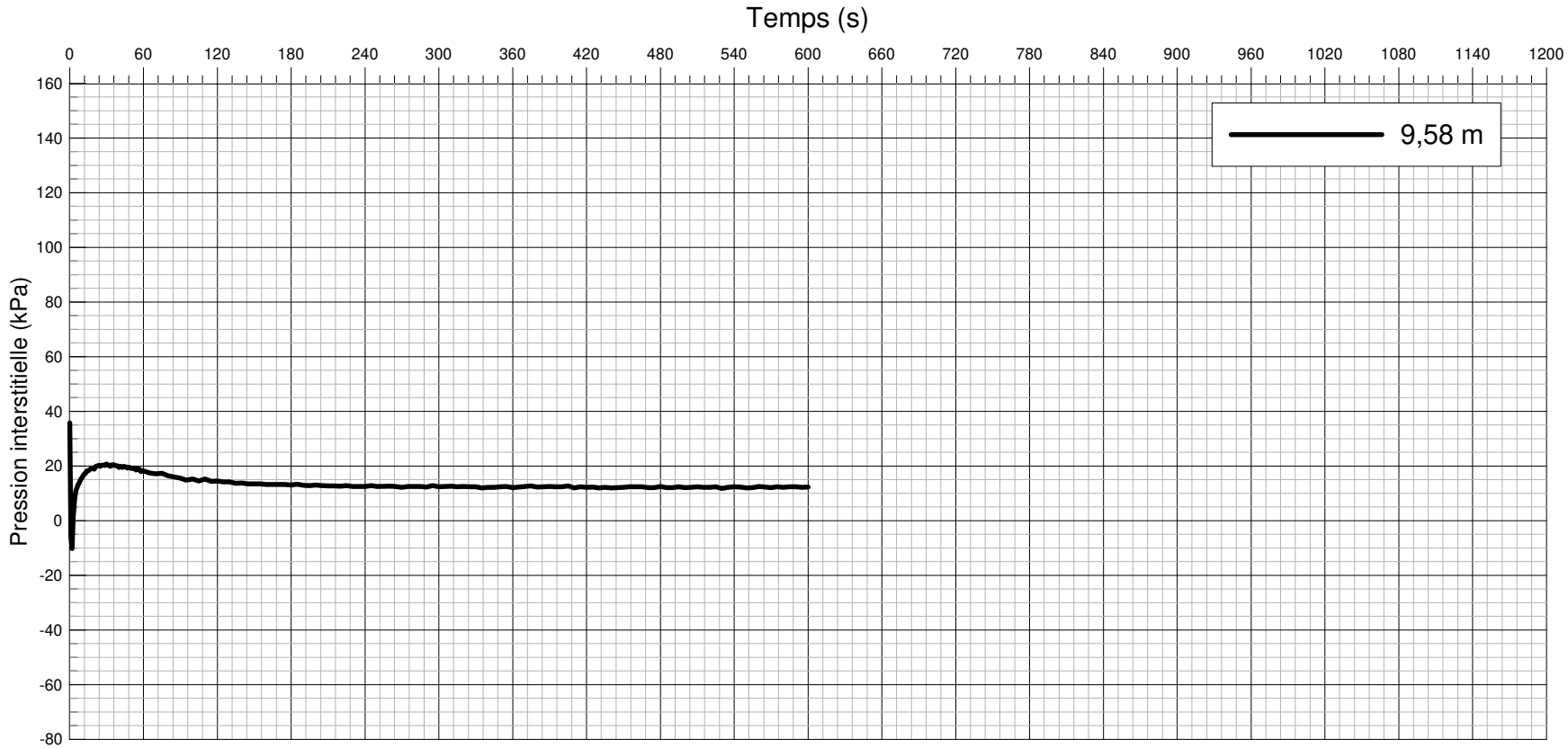
RÉSULTATS DES ESSAIS DE DISSIPATION



GHD	Initial depth Final depth Pénétration rate Monitoring increment	Client : Ressources Métanor Projet : Rehaussement de la cellule no 1 Site : Mine Bachelor Date d'essai : 29 septembre 2016	Sondage No : **CPTU-B3** Sonde : DSG1091	Projet (No) : 11128109-A1

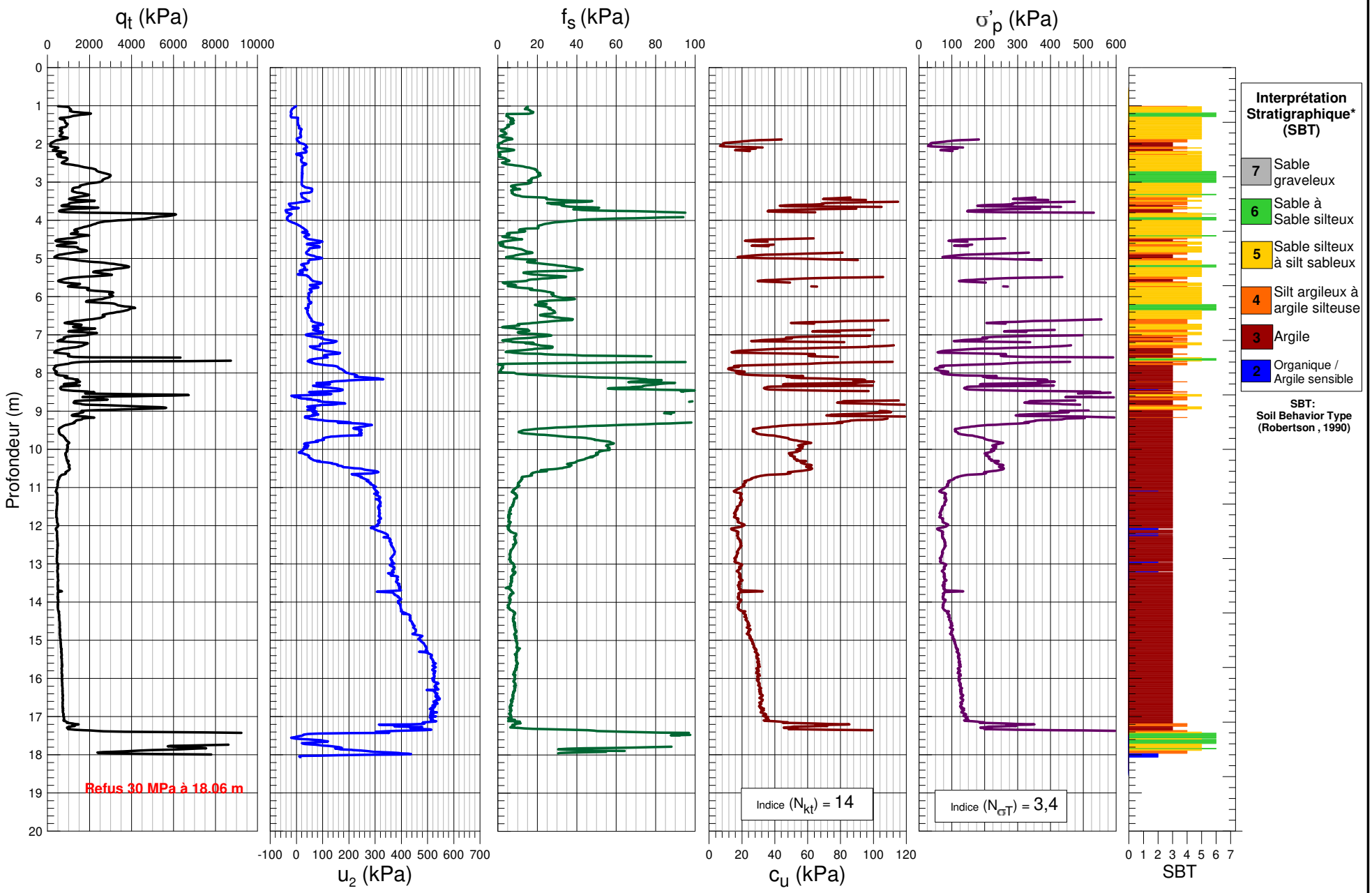
Réalisé par:GHD Consultants Inc.. / **Traité par:** Kamel K. Hamouche, ing. Ph.D / **Vérifié par**: Kamel Hamouche, ing. Ph. D.

RÉSULTATS DES ESSAIS DE DISSIPATION



GHD	Initial depth Final depth Pénétration rate Monitoring increment	Client : Ressources Métanor Projet : Rehaussement de la cellule no 1 Site : Mine Bachelor Date d'essai : 29 septembre 2016	Sondage No : **CPTU-B3** Sonde : DSG1091	Projet (No) : 11128109-A1

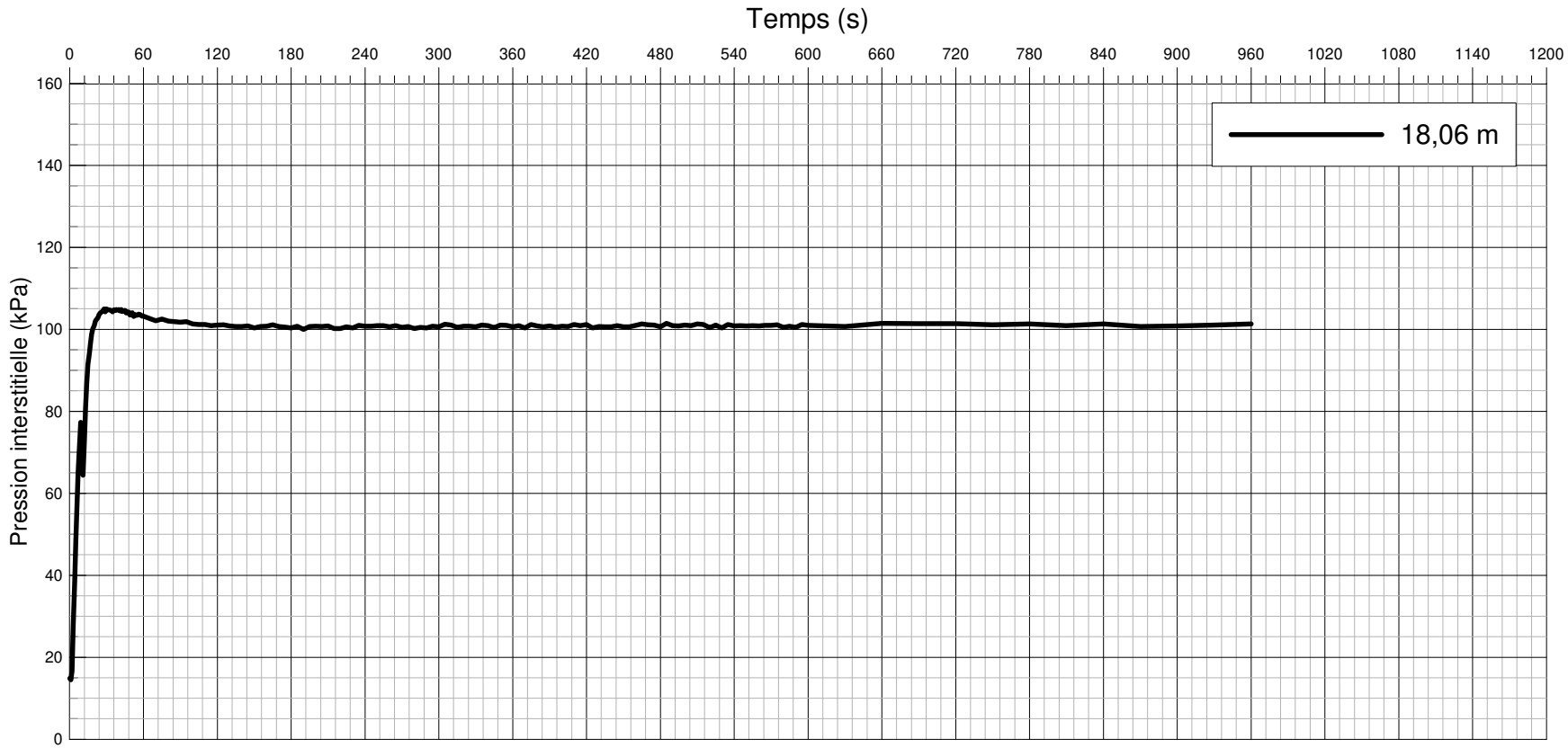
Réalisé par:GHD Consultants Inc.. / **Traité par:** Kamel K. Hamouche, ing. Ph.D / **Vérifié par**: Kamel Hamouche, ing. Ph. D.



Profondeur initiale : 2.5 m Profondeur finale : 11.35 m Vitesse de fonçage : 120 cm/min Incrément de mesure : 1 cm	Client : Ressources Métanor Projet : Rehaussement de la cellule no1 Site : Mine Bachelor Date d'essai : 30 septembre 2016	Sondage No : **CPTU-C1** Sonde : DSG1091	Projet (No) : 11128109-A1

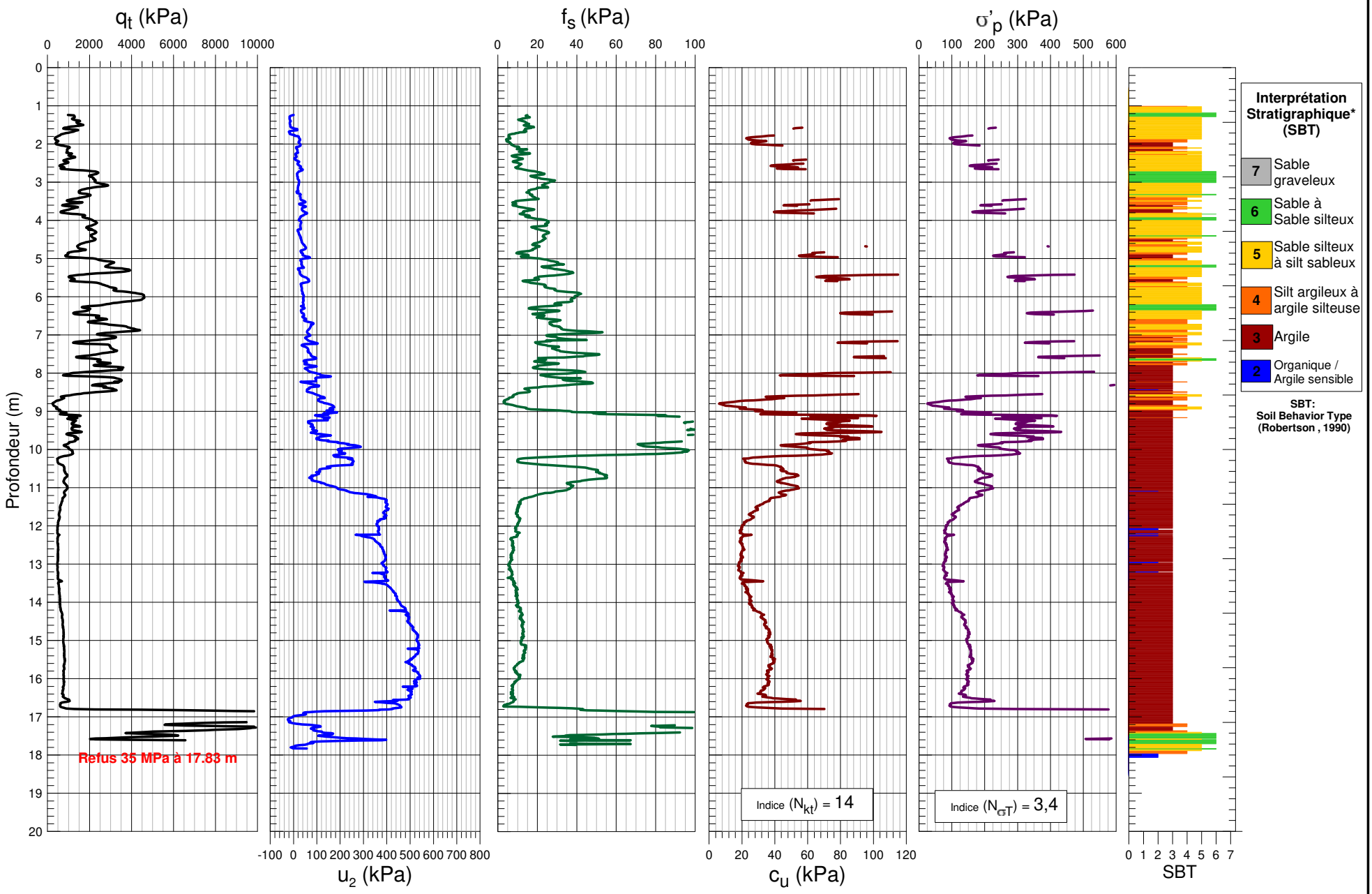
Réalisé par:GHD Consultants Inc.. / **Traité par:** Kamel K. Hamouche, ing. Ph.D / **Vérifié par**: Kamel Hamouche, ing. Ph. D.

RÉSULTATS DES ESSAIS DE DISSIPATION



GHD	Initial depth Final depth Pénétration rate Monitoring increment	Client : Ressources Métanor Projet : Rehaussement de la cellule no 1 Site : Mine Bachelor Date d'essai : 30 septembre 2016	Sondage No : **CPTU-C1** Sonde : DSG1091	Projet (No) : 11128109-A1

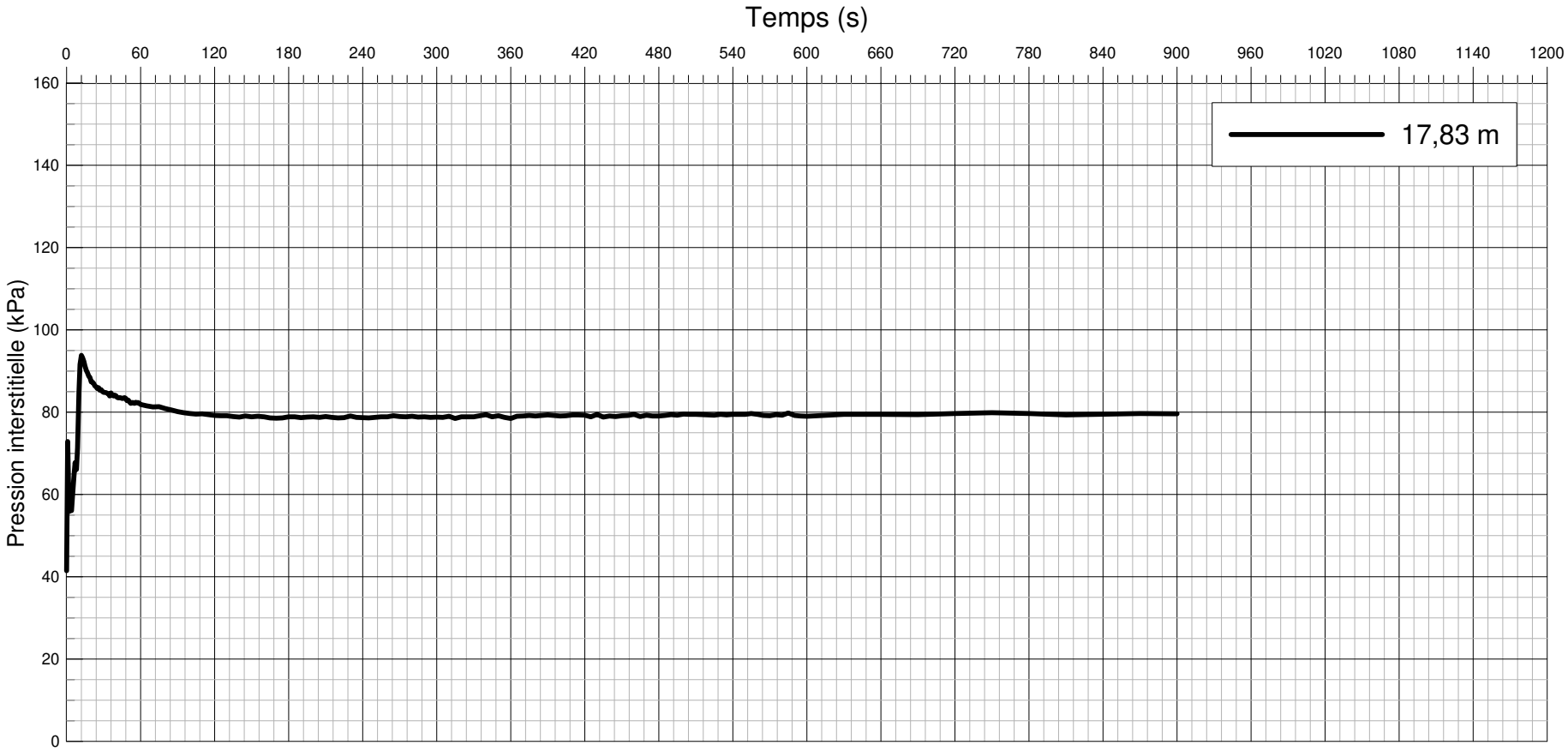
Réalisé par:GHD Consultants Inc.. / **Traité par:** Kamel K. Hamouche, ing. Ph.D / **Vérifié par**: Kamel Hamouche, ing. Ph. D.



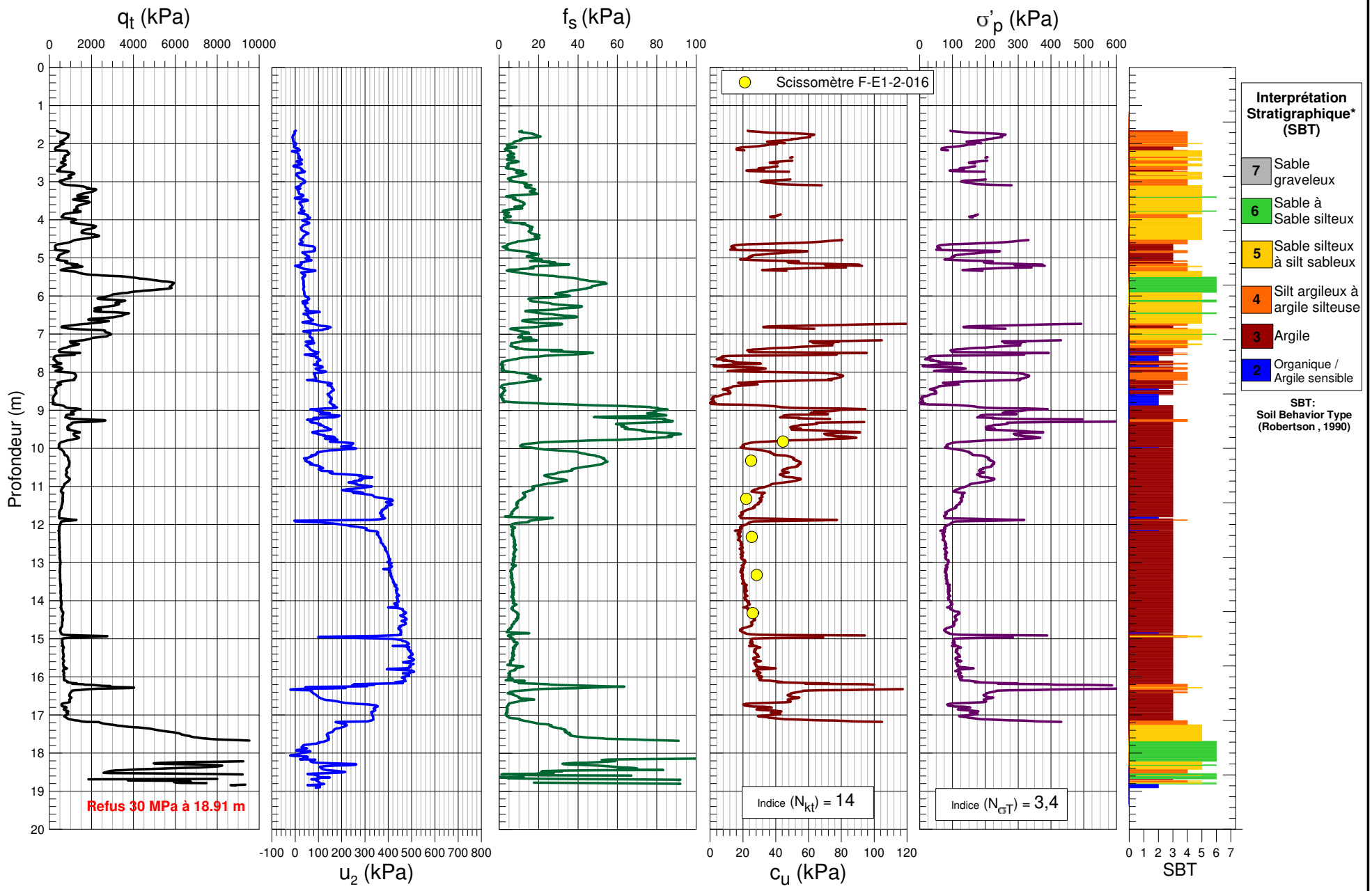
Profondeur initiale : 1.24 m Profondeur finale : 17.83 m Vitesse de fonçage : 120 cm/min Incrément de mesure : 1 cm	Client : Ressources Métanor Projet : Rehaussement de la cellule no1 Site : Mine Bachelor Date d'essai : 29 septembre 2016	Sondage No : **CPTU-C3** Sonde : DSG1091	Projet (No) : 11128109-A1

Réalisé par:GHD Consultants Inc.. / **Traité par:** Kamel K. Hamouche, ing. Ph.D / **Vérifié par**: Kamel Hamouche, ing. Ph. D.

RÉSULTATS DES ESSAIS DE DISSIPATION



GHD	Initial depth Final depth Pénétration rate Monitoring increment	Client : Ressources Métanor Projet : Rehaussement de la cellule no 1 Site : Mine Bachelor Date d'essai : 29 septembre 2016	Sondage No : **CPTU-C3** Sonde : DSG1091	Projet (No) : 11128109-A



Profondeur initiale : 1.66 m Profondeur finale : 18.91 m Vitesse de fonçage : 120 cm/min Incrément de mesure : 1 cm	Client : Ressources Métanor Projet : Rehaussement de la cellule no1 Site : Mine Bachelor Date d'essai : 30 septembre 2016	Sondage No : **CPTU-E2** Sonde : DSG1091	Projet (No) : 11128109-A1

Réalisé par:GHD Consultants Inc.. / **Traité par:** Kamel K. Hamouche, ing. Ph.D / **Vérifié par**: Kamel Hamouche, ing. Ph. D.

Annexe C
Résultats des essais géotechniques de laboratoire des échantillons prélevés

CLASSIFICATION DES SOLS FINS

CLIENT : RESSOURCES MÉTANOR

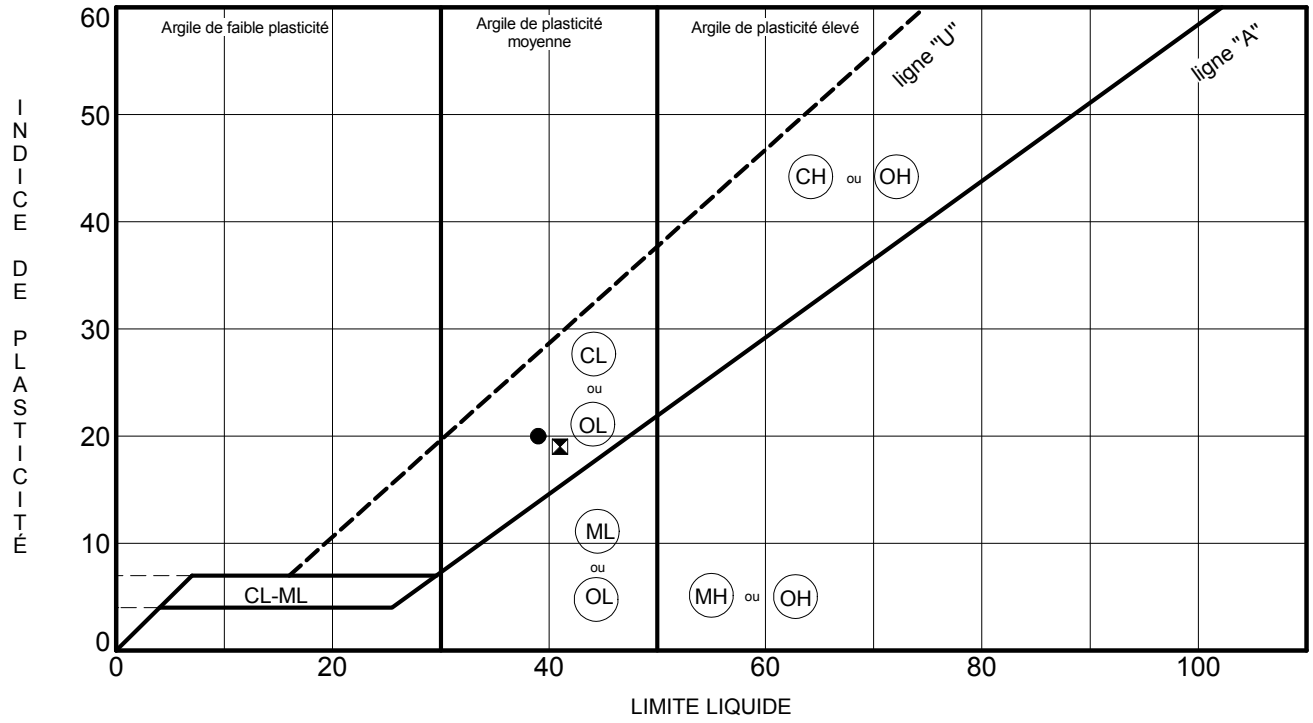
NOM DU PROJET : REHAUSSEMENT DE LA CELLULE NO 1 DU PARC À RÉSIDUS

NUMÉRO DE PROJET : 11128109-A2

LOCALISATION : 200, CHEMIN DE LA MINE, DESMARAISVILLE, QUÉBEC

DATE : 10/31/2016

ABAQUE DE PLASTICITÉ (ASTM D-2487)



Sondage no	Échantillon	Profondeur	w	W_L	W_{L-S}	W_P	I_P	I_L	C_u	C_{ur}	S_T	Classification
● F-A-1-2016	TM-13	9.15	37	39		19	20		124	7.0	17.7	CL
⊠ F-A-1-2016	TM-15	10.67	40	41		22	19		29	2.1	14.0	CL

Légende

(CL) Argile inorganique de faible plasticité
(ML) Silt inorganique
(OL) Silt organique
(OH) Argile organique et silt organique
(CH) Argile inorganique de grande plasticité
(MH) Silt inorganique et sable très fin

w : Teneur en eau (%)
w_{L-S} : Limite liquide séché (%)
w_L : Limite liquide (%)
w_P : Limite plastique (%)
I_P : Indice de plasticité (%)

I_L : Indice de liquidité (%)
C_u : Cisaillement non drainé intact (kPa)
C_{ur} : Cisaillement non drainé remanié (kPa)
S_T : Sensibilité

Préparé par : Lynne Geoffré

Vérifié par : Benoit Cyr, B.Ac. géologie

CLASSIFICATION DES SOLS FINS

CLIENT : RESSOURCES MÉTANOR

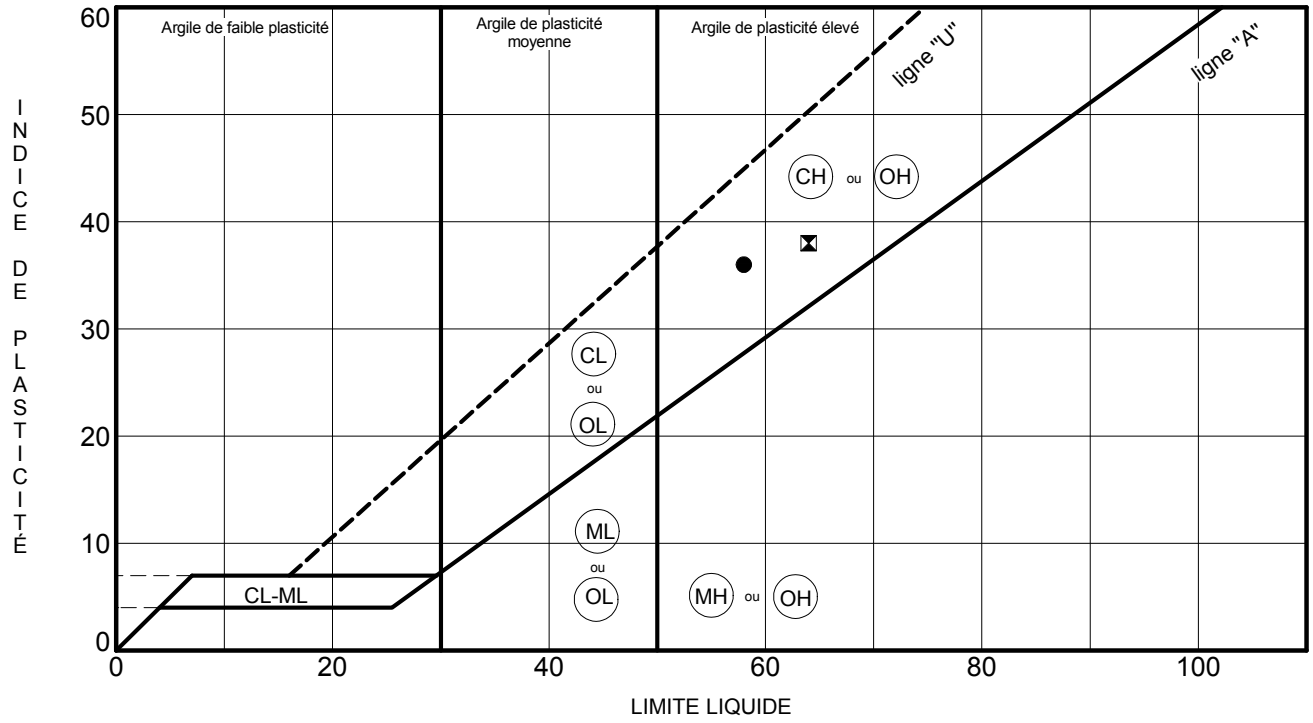
NOM DU PROJET : REHAUSSEMENT DE LA CELLULE NO 1 DU PARC À RÉSIDUS

NUMÉRO DE PROJET : 11128109-A2

LOCALISATION : 200, CHEMIN DE LA MINE, DESMARAISVILLE, QUÉBEC

DATE : 10/31/2016

ABAQUE DE PLASTICITÉ (ASTM D-2487)



Sondage no	Échantillon	Profondeur	w	W_L	W_{L-S}	W_P	I_P	I_L	C_u	C_{ur}	S_T	Classification
● F-E-1-2016	TM-14	9.91	58	58		22	36		35	2.6	13.4	CH
⊠ F-E-1-2016	CF-17	12.19	64	64		26	38					CH

Légende

(CL) Argile inorganique de faible plasticité
(ML) Silt inorganique
(OL) Silt organique
(OH) Argile organique et silt organique
(CH) Argile inorganique de grande plasticité
(MH) Silt inorganique et sable très fin

w : Teneur en eau (%)
w_{L-S} : Limite liquide séché (%)
w_L : Limite liquide (%)
w_P : Limite plastique (%)
I_P : Indice de plasticité (%)

I_L : Indice de liquidité (%)
C_u : Cisaillement non drainé intact (kPa)
C_{ur} : Cisaillement non drainé remanié (kPa)
S_T : Sensibilité

Préparé par : Lynne Geoffré

Vérifié par : Benoit Cyr, B.Ac. géologie

CLASSIFICATION DES SOLS FINS

CLIENT : RESSOURCES MÉTANOR

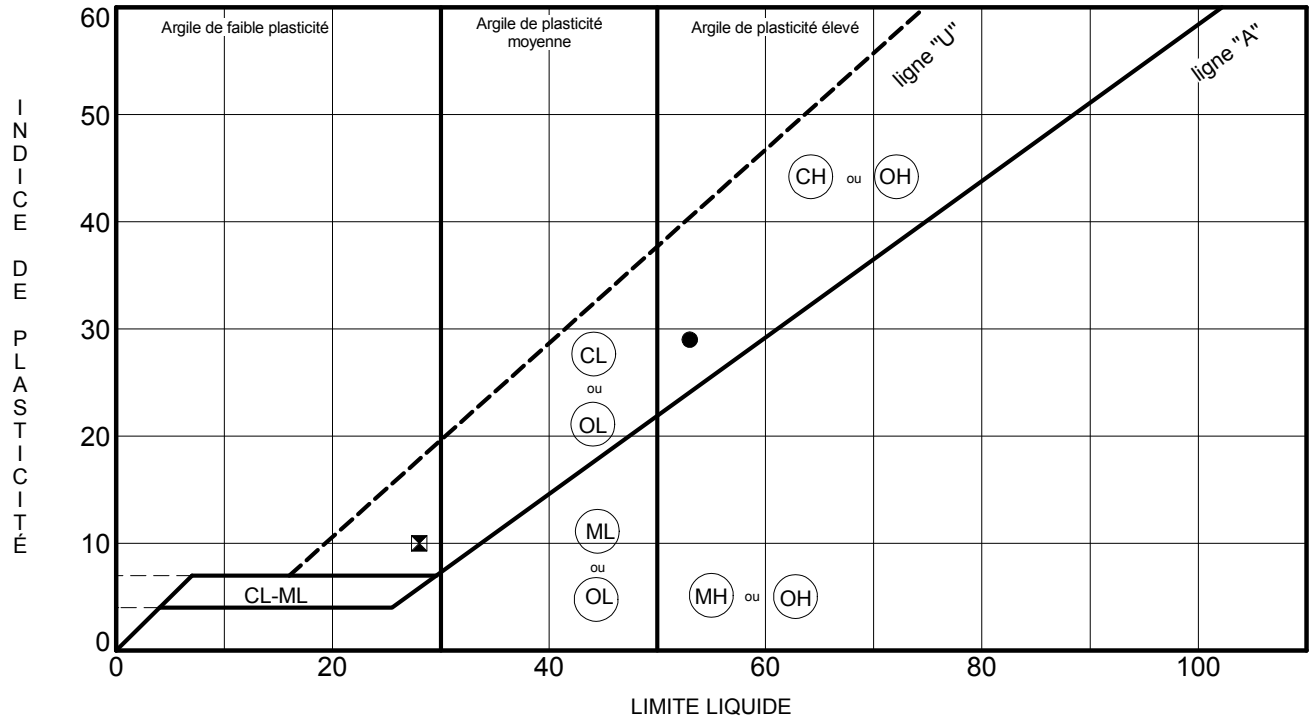
NOM DU PROJET : REHAUSSEMENT DE LA CELLULE NO 1 DU PARC À RÉSIDUS

NUMÉRO DE PROJET : 11128109-A2

LOCALISATION : 200, CHEMIN DE LA MINE, DESMARAISVILLE, QUÉBEC

DATE : 10/31/2016

ABAQUE DE PLASTICITÉ (ASTM D-2487)



Sondage no	Échantillon	Profondeur	w	W_L	W_{L-S}	W_P	I_P	I_L	C_u	C_{ur}	S_T	Classification
● F-F-1-2016	TM-14	9.91	52	53		24	29		28	3.6	7.7	CH
⧓ F-F-1-2016	TM-16	11.43	31	28		18	10		73	2.1	35.0	CL

Légende

(CL) Argile inorganique de faible plasticité
(ML) Silt inorganique
(OL) Silt organique
(OH) Argile organique et silt organique
(CH) Argile inorganique de grande plasticité
(MH) Silt inorganique et sable très fin

w : Teneur en eau (%)
w_{L-S} : Limite liquide séché (%)
w_L : Limite liquide (%)
w_P : Limite plastique (%)
I_P : Indice de plasticité (%)

I_L : Indice de liquidité (%)
C_u : Cisaillement non drainé intact (kPa)
C_{ur} : Cisaillement non drainé remanié (kPa)
S_T : Sensibilité

Préparé par : Lynne Geoffré

Vérifié par : Benoit Cyr, B.Ac. géologie

RAPPORT D'ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE

CLIENT: RESSOURCES MÉTANOR

NOM DU PROJET : REHAUSSEMENT DE LA CELLULE NO 1 DU PARC À RÉSIDUS

LOCALISATION DU PROJET : 200, CHEMIN DE LA MINE, DESMARAISVILLE, QUÉBEC

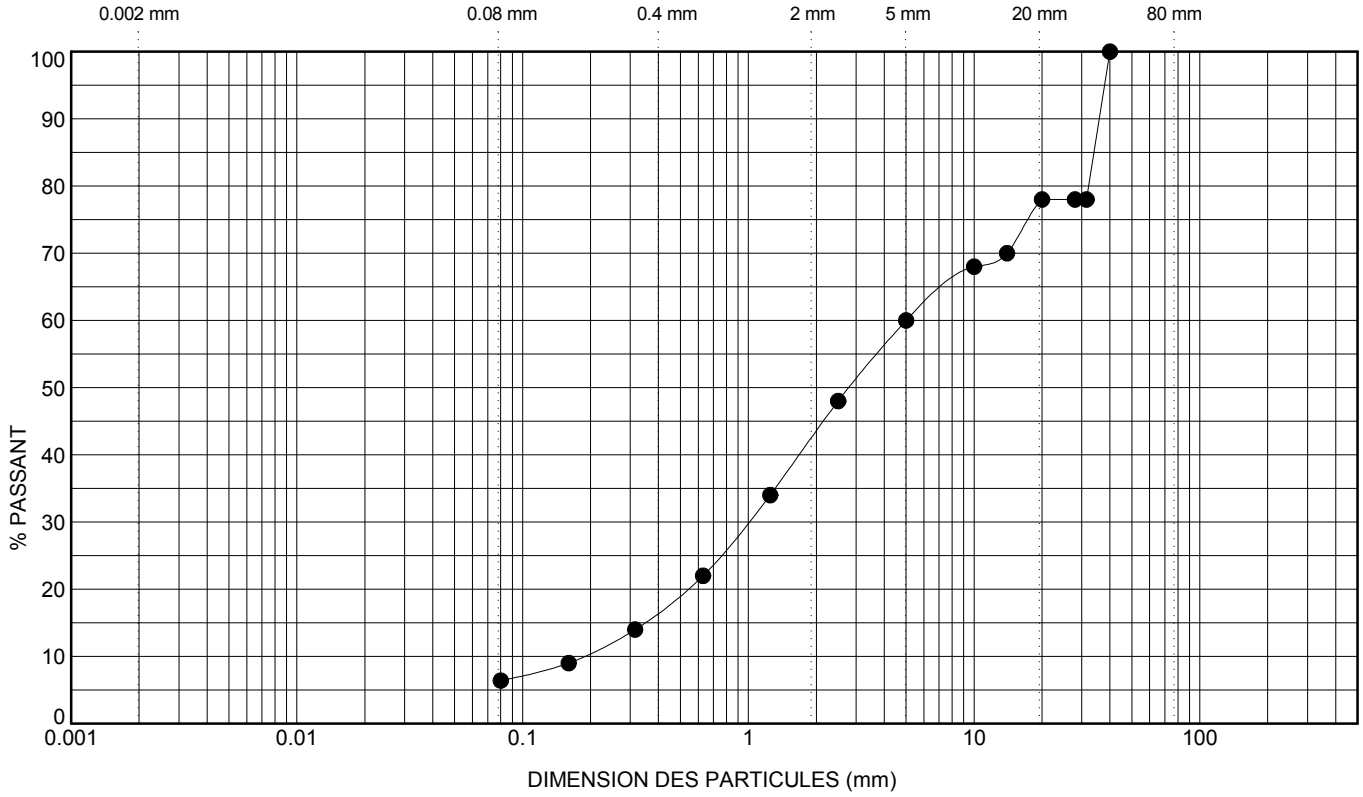
NUMÉRO DE PROJET: 11128109-A1

SONDAGE NUMÉRO : F-A-2-2016

NUMÉRO D'ÉCHANTILLON : CF-5

PROFONDEUR : 3.05 m **DATE :** 10/31/2016

CLASSIFICATION UNIFIÉE DES SOLS (SELON NORME LC 21-040)



ARGILE	SILT	SABLE			GRAVIER		CAILLOUX ET BLOCS
		fin	moyen	grossier	fin	grossier	

Description	w (%)	W_L (%)	I_P (%)	Classification (1)
Sable et gravier, traces de silt	4			SW

(1) USCS

% Gravier	% Sable	% Silt et % Argile	c_U	c_C	D85	D60	D50	D30	D15	D10
40	54	6								

Remarques :

Préparé par : Lynne Geoffré

Vérifié par : Benoit Cyr, B.Ac. géologie

RAPPORT D'ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE

CLIENT: RESSOURCES MÉTANOR

NOM DU PROJET : REHAUSSEMENT DE LA CELLULE NO 1 DU PARC À RÉSIDUS

LOCALISATION DU PROJET : 200, CHEMIN DE LA MINE, DESMARAISVILLE, QUÉBEC

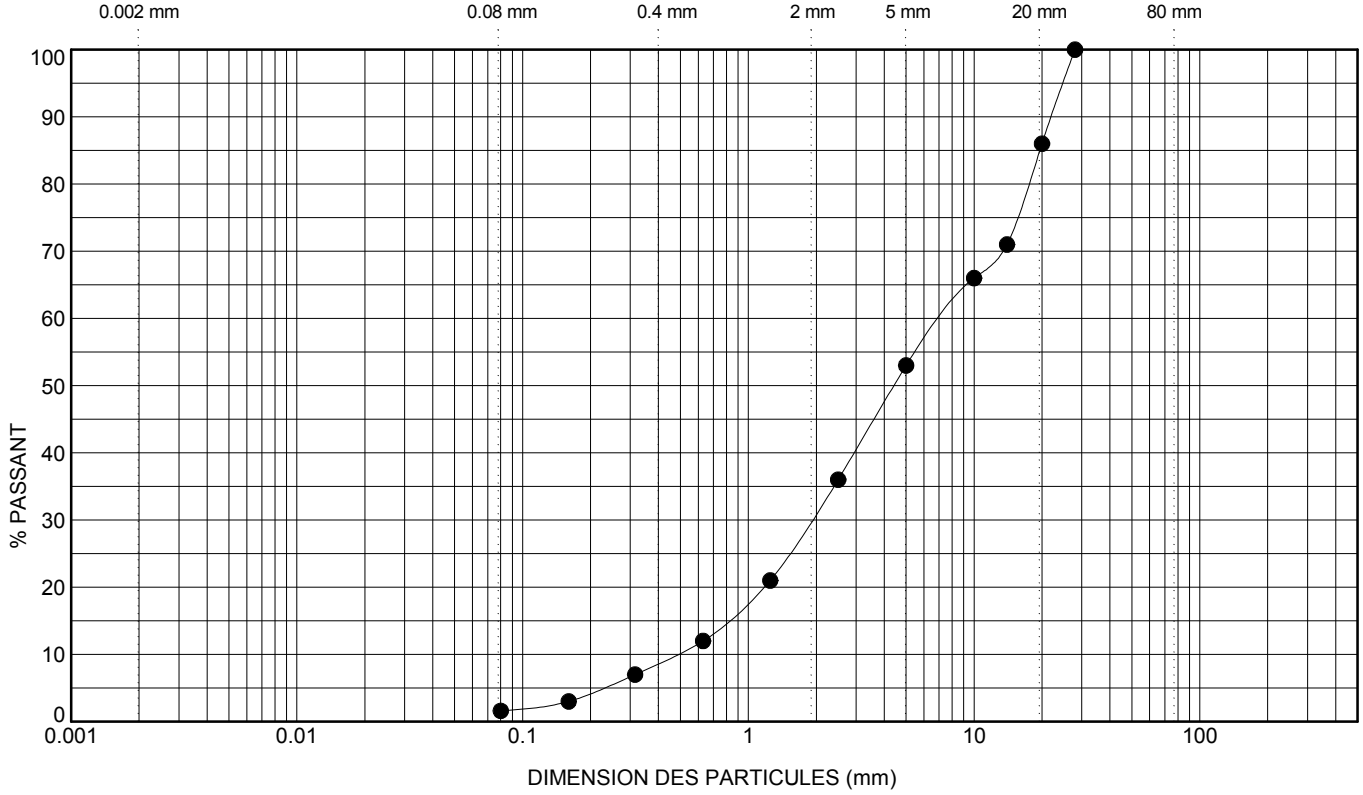
NUMÉRO DE PROJET: 11128109-A1

SONDAGE NUMÉRO : F-A-2-2016

NUMÉRO D'ÉCHANTILLON : CF-9

PROFONDEUR : 6.1 m **DATE :** 10/31/2016

CLASSIFICATION UNIFIÉE DES SOLS (SELON NORME LC 21-040)



ARGILE	SILT	SABLE			GRAVIER		CAILLOUX ET BLOCS
		fin	moyen	grossier	fin	grossier	

Description	w (%)	W_L (%)	I_P (%)	Classification (1)
Sable et gravier, traces de silt	8			SW

(1) USCS

% Gravier	% Sable	% Silt et % Argile	c_U	c_C	D85	D60	D50	D30	D15	D10
47	51	2								

Remarques :

Préparé par : Lynne Geoffré

Vérifié par : Benoit Cyr, B.Ac. géologie

RAPPORT D'ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE

CLIENT: RESSOURCES MÉTANOR

NOM DU PROJET : REHAUSSEMENT DE LA CELLULE NO 1 DU PARC À RÉSIDUS

LOCALISATION DU PROJET : 200, CHEMIN DE LA MINE, DESMARAISVILLE, QUÉBEC

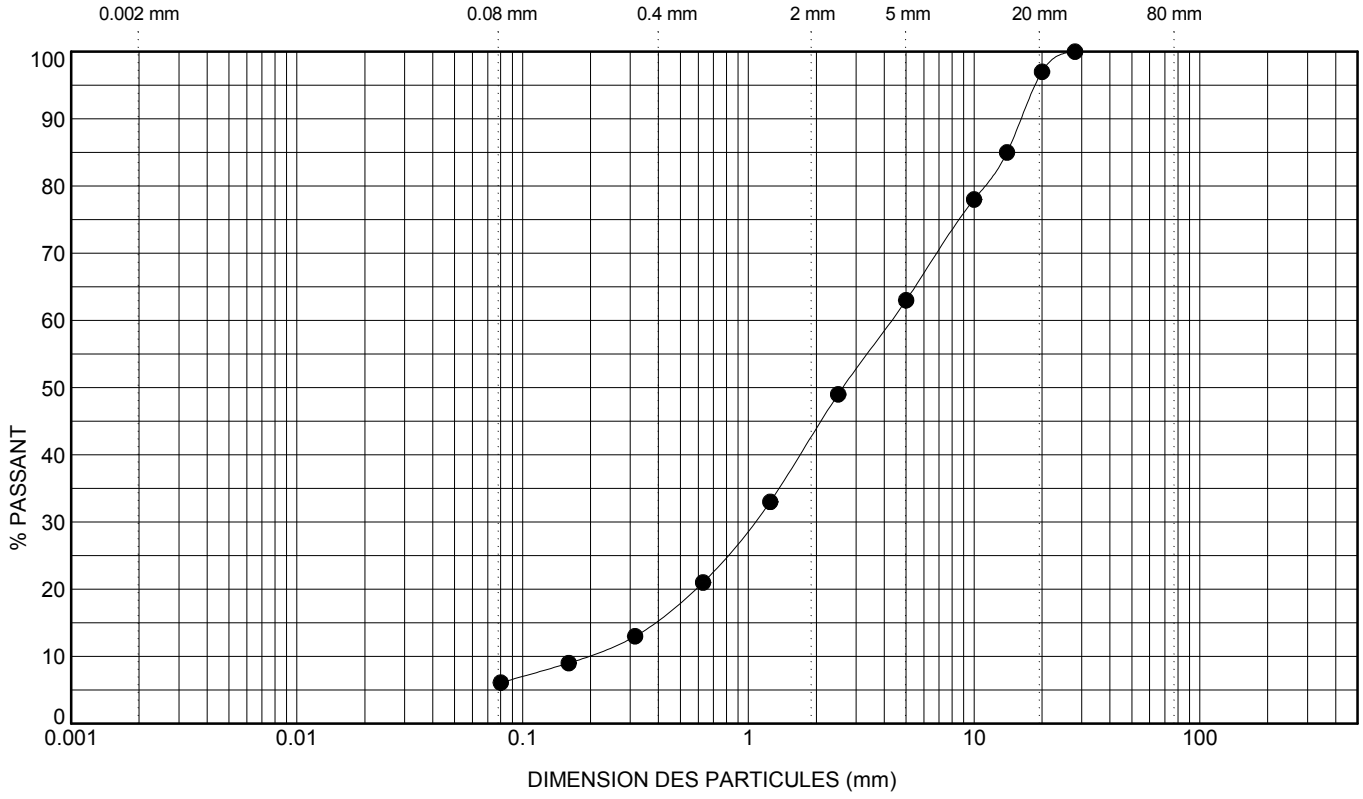
NUMÉRO DE PROJET: 11128109-A1

SONDAGE NUMÉRO : F-F-1-2016

NUMÉRO D'ÉCHANTILLON : CF-6

PROFONDEUR : 3.81 m **DATE :** 10/31/2016

CLASSIFICATION UNIFIÉE DES SOLS (SELON NORME LC 21-040)



ARGILE	SILT	SABLE			GRAVIER		CAILLOUX ET BLOCS
		fin	moyen	grossier	fin	grossier	

Description	w (%)	W_L (%)	I_P (%)	Classification (1)
Sable et gravier, traces de silt				SW

(1) USCS

% Gravier	% Sable	% Silt et % Argile	c_U	c_C	D85	D60	D50	D30	D15	D10
37	57	6								

Remarques :

Préparé par : Lynne Geoffré

Vérifié par : Benoit Cyr, B.Ac. géologie

RAPPORT D'ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE

CLIENT: RESSOURCES MÉTANOR

NOM DU PROJET : REHAUSSEMENT DE LA CELLULE NO 1 DU PARC À RÉSIDUS

LOCALISATION DU PROJET : 200, CHEMIN DE LA MINE, DESMARAISVILLE, QUÉBEC

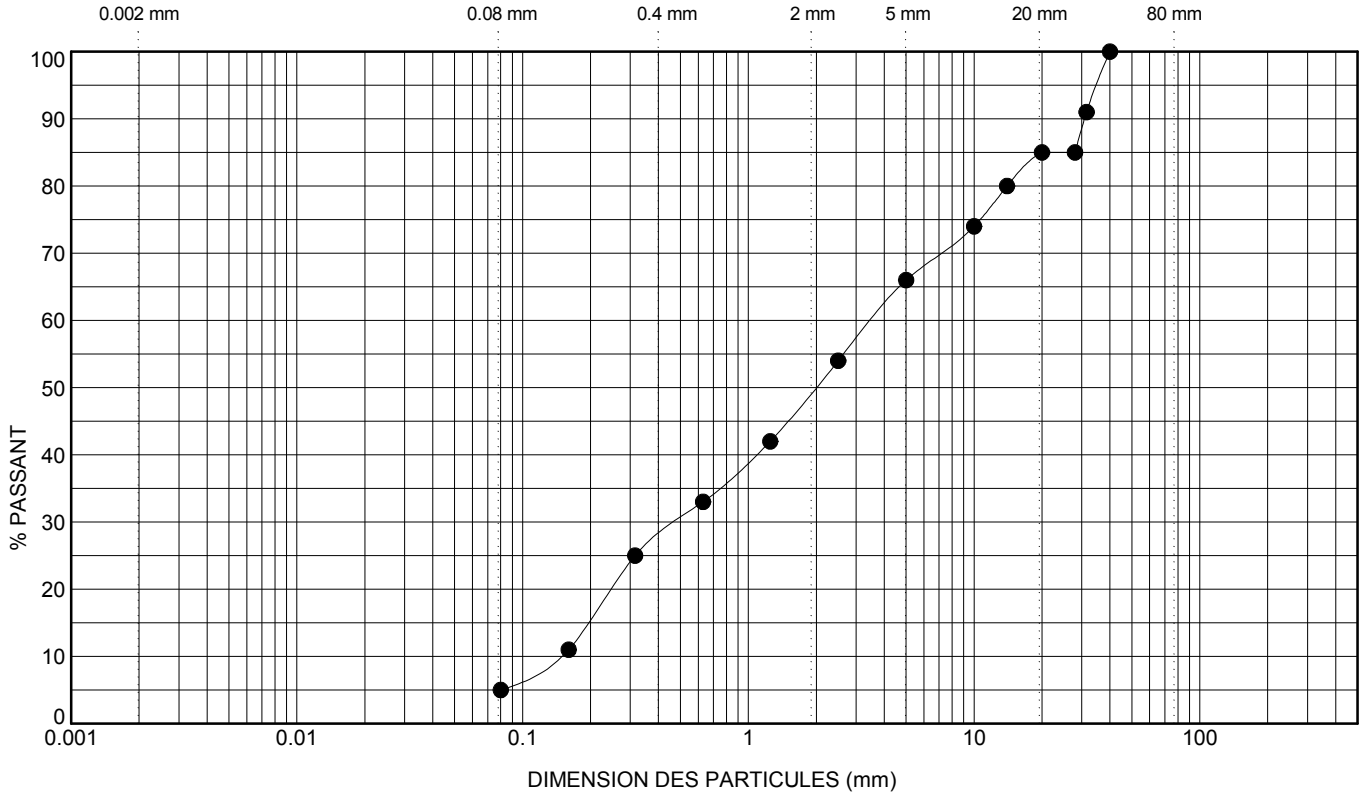
NUMÉRO DE PROJET: 11128109-A1

SONDAGE NUMÉRO : F-F-1-2016

NUMÉRO D'ÉCHANTILLON : CF-9

PROFONDEUR : 6.1 m **DATE :** 10/31/2016

CLASSIFICATION UNIFIÉE DES SOLS (SELON NORME LC 21-040)



ARGILE	SILT	SABLE			GRAVIER		CAILLOUX ET BLOCS
		fin	moyen	grossier	fin	grossier	

Description	w (%)	W_L (%)	I_P (%)	Classification (1)
Sable graveleux, traces de silt	11			SW

(1) USCS

% Gravier	% Sable	% Silt et % Argile	c_U	c_C	D85	D60	D50	D30	D15	D10
34	61	5								

Remarques :

Préparé par : Lynne Geoffré

Vérifié par : Benoit Cyr, B.Ac. géologie

RAPPORT D'ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE
(AVEC SÉDIMENTOMÉTRIE)

CLIENT: RESSOURCES MÉTANOR

NOM DU PROJET : REHAUSSEMENT DE LA CELLULE NO 1 DU PARC À RÉSIDUS

LOCALISATION DU PROJET : 200, CHEMIN DE LA MINE, DESMARAISVILLE, QUÉBEC

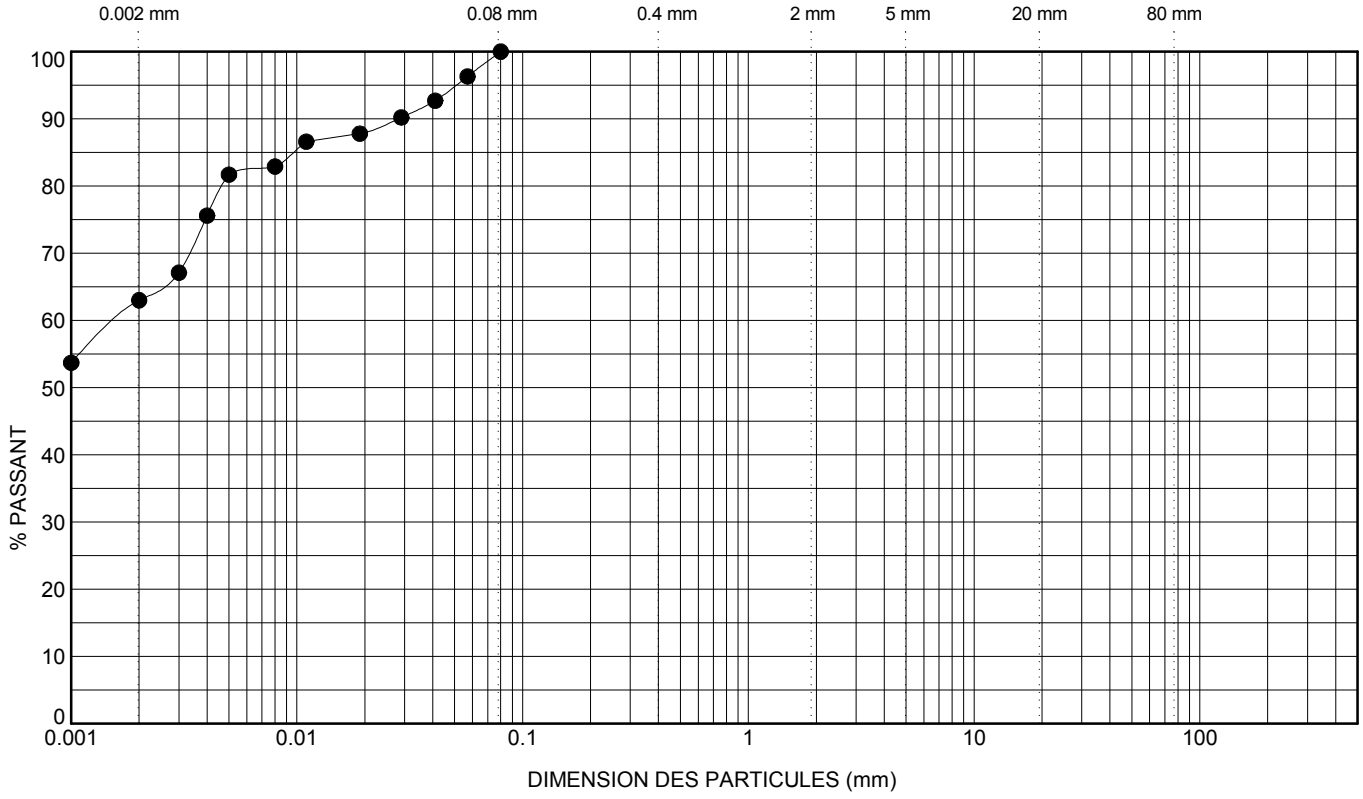
NUMÉRO DE PROJET: 11128109-A1

SONDAGE NUMÉRO : F-A-2-2016

NUMÉRO D'ÉCHANTILLON : CF-13

PROFONDEUR : 9.15 m **DATE :** 10/31/2016

CLASSIFICATION UNIFIÉE DES SOLS (SELON NORME LC 21-040)



ARGILE	SILT	SABLE			GRAVIER		CAILLOUX ET BLOCS
		fin	moyen	grossier	fin	grossier	

Description	w (%)	W_L (%)	I_P (%)	Classification (1)
Argile silteuse, traces de sable				CL

(1) USCS

% Gravier	% Sable	% Silt	% Argile	c_U	c_C	D85	D60	D50	D30	D15	D10
0	4	32	64								

Remarques :

Préparé par : Lynne Geoffré

Vérifié par : Benoit Cyr, B.Ac. géologie

RAPPORT D'ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE
(AVEC SÉDIMENTOMÉTRIE)

CLIENT: RESSOURCES MÉTANOR

NOM DU PROJET : REHAUSSEMENT DE LA CELLULE NO 1 DU PARC À RÉSIDUS

LOCALISATION DU PROJET : 200, CHEMIN DE LA MINE, DESMARAISVILLE, QUÉBEC

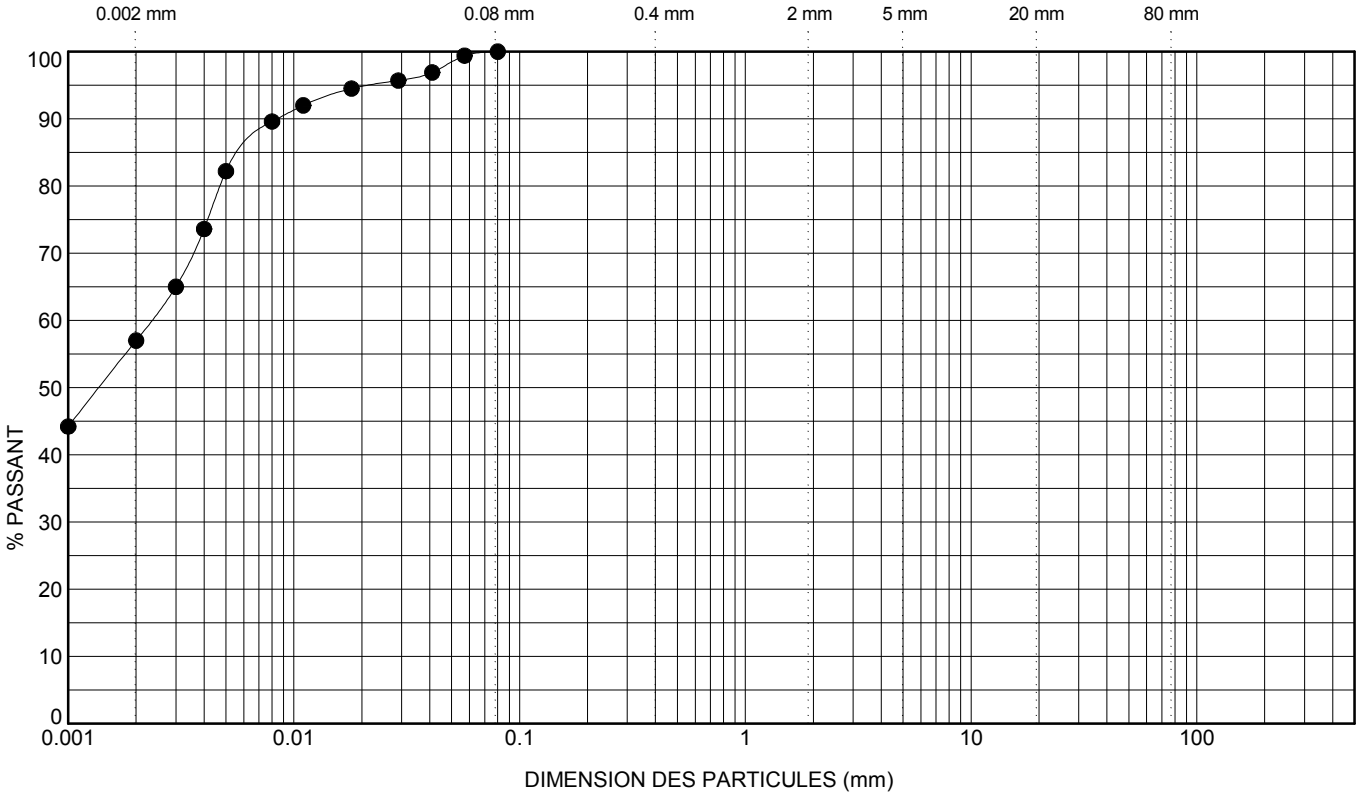
NUMÉRO DE PROJET: 11128109-A1

SONDAGE NUMÉRO : F-A-2-2016

NUMÉRO D'ÉCHANTILLON : CF-15

PROFONDEUR : 10.67 m **DATE :** 10/31/2016

CLASSIFICATION UNIFIÉE DES SOLS (SELON NORME LC 21-040)



ARGILE	SILT	SABLE			GRAVIER		CAILLOUX ET BLOCS
		fin	moyen	grossier	fin	grossier	

Description	w (%)	W_L (%)	I_P (%)	Classification (1)
Argile et silt				CH

(1) USCS

% Gravier	% Sable	% Silt	% Argile	c_U	c_C	D85	D60	D50	D30	D15	D10
0	0	43	57								

Remarques :

Préparé par : Lynne Geoffré

Vérifié par : Benoit Cyr, B.Ac. géologie

RAPPORT D'ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE
(AVEC SÉDIMENTOMÉTRIE)

CLIENT: RESSOURCES MÉTANOR

NOM DU PROJET : REHAUSSEMENT DE LA CELLULE NO 1 DU PARC À RÉSIDUS

LOCALISATION DU PROJET : 200, CHEMIN DE LA MINE, DESMARAISVILLE, QUÉBEC

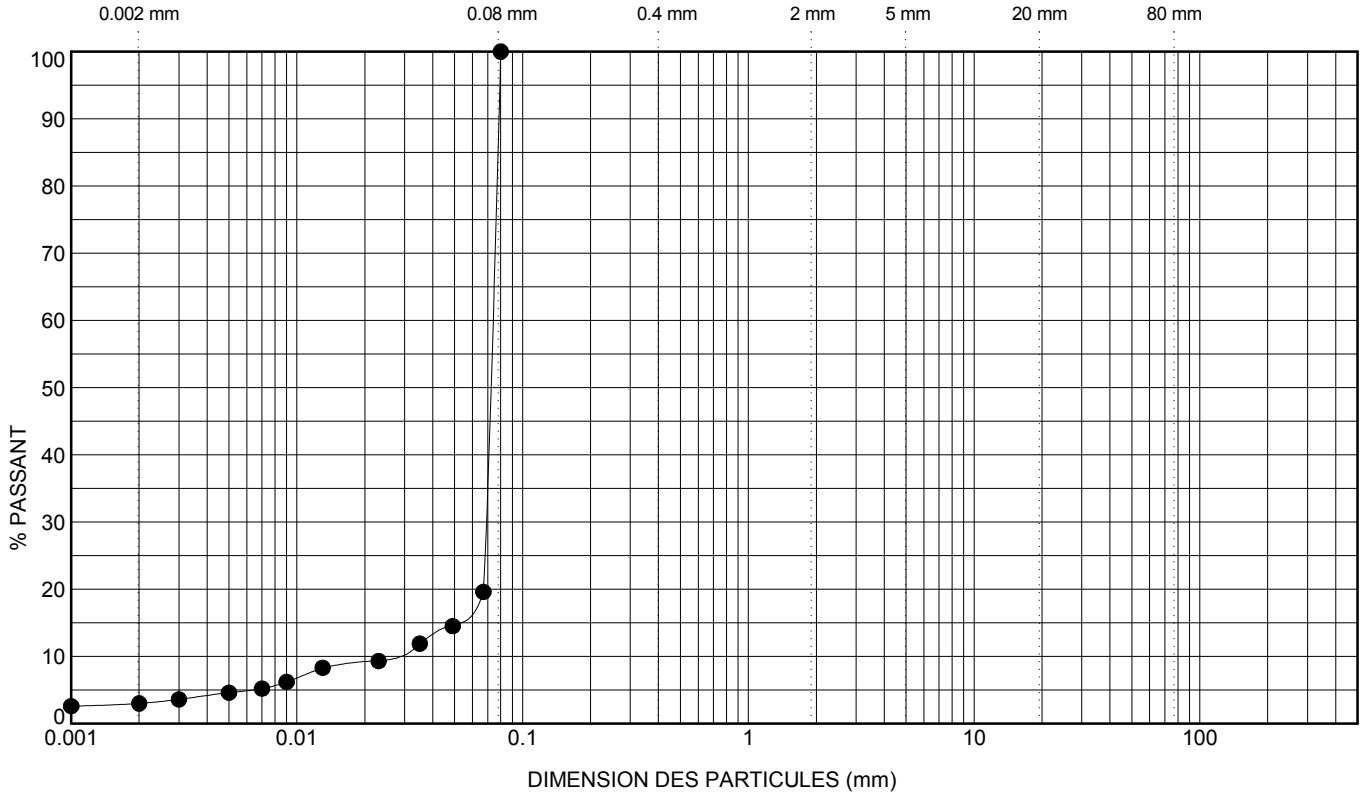
NUMÉRO DE PROJET: 11128109-A1

SONDAGE NUMÉRO : F-A-2-2016

NUMÉRO D'ÉCHANTILLON : CF-17

PROFONDEUR : 12.19 m **DATE :** 10/31/2016

CLASSIFICATION UNIFIÉE DES SOLS (SELON NORME LC 21-040)



ARGILE	SILT	SABLE			GRAVIER		CAILLOUX ET BLOCS
		fin	moyen	grossier	fin	grossier	

Description	w (%)	W_L (%)	I_P (%)	Classification (1)
Sable, un peu de silt et de gravier, tr. d'argile	9			SM/SW

(1) USCS

% Gravier	% Sable	% Silt	% Argile	c_U	c_C	D85	D60	D50	D30	D15	D10
0	69	13	3								

Remarques :

Préparé par : Lynne Geoffré

Vérifié par : Benoit Cyr, B.Ac. géologie

RAPPORT D'ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE
(AVEC SÉDIMENTOMÉTRIE)

CLIENT: RESSOURCES MÉTANOR

NOM DU PROJET : REHAUSSEMENT DE LA CELLULE NO 1 DU PARC À RÉSIDUS

LOCALISATION DU PROJET : 200, CHEMIN DE LA MINE, DESMARAISVILLE, QUÉBEC

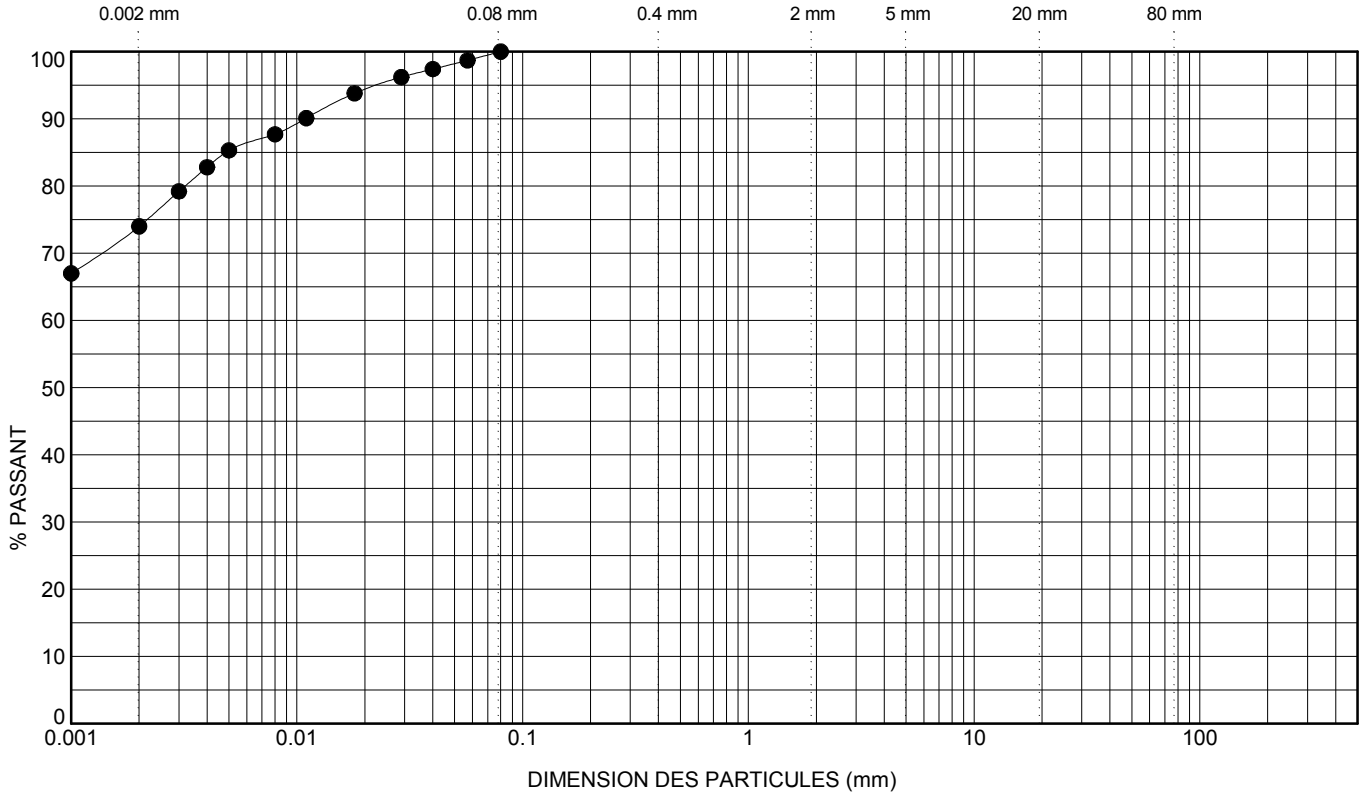
NUMÉRO DE PROJET: 11128109-A1

SONDAGE NUMÉRO : F-F-1-2016

NUMÉRO D'ÉCHANTILLON : CF-13

PROFONDEUR : 9.15 m **DATE :** 10/31/2016

CLASSIFICATION UNIFIÉE DES SOLS (SELON NORME LC 21-040)



ARGILE	SILT	SABLE			GRAVIER		CAILLOUX ET BLOCS
		fin	moyen	grossier	fin	grossier	

Description	w (%)	W_L (%)	I_P (%)	Classification (1)
Argile silteuse, traces de sable	49			CL

(1) USCS

% Gravier	% Sable	% Silt	% Argile	c_U	c_C	D85	D60	D50	D30	D15	D10
0	2	24	74								

Remarques :

Préparé par : Lynne Geoffré

Vérifié par : Benoit Cyr, B.Ac. géologie

RAPPORT D'ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE
(AVEC SÉDIMENTOMÉTRIE)

CLIENT: RESSOURCES MÉTANOR

NOM DU PROJET : REHAUSSEMENT DE LA CELLULE NO 1 DU PARC À RÉSIDUS

LOCALISATION DU PROJET : 200, CHEMIN DE LA MINE, DESMARAISVILLE, QUÉBEC

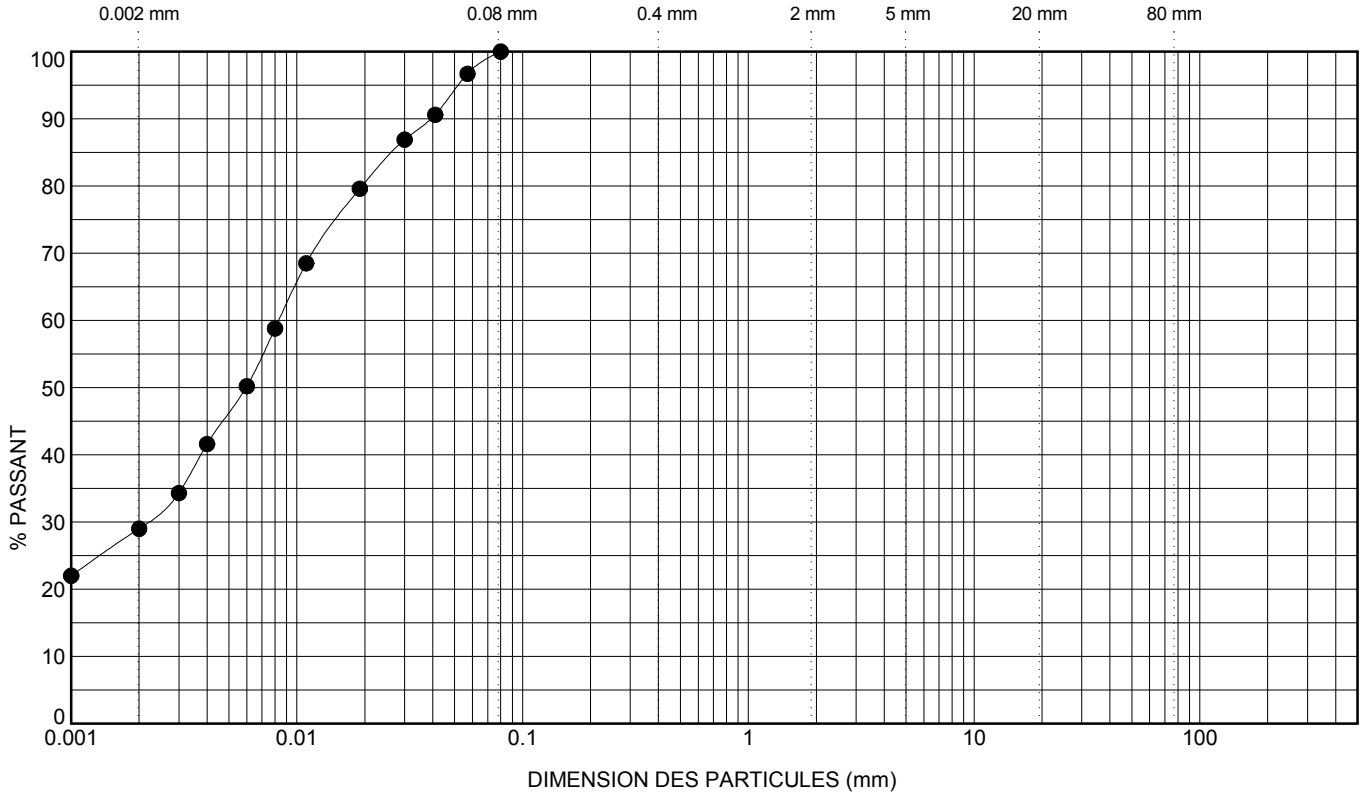
NUMÉRO DE PROJET: 11128109-A1

SONDAGE NUMÉRO : F-F-1-2016

NUMÉRO D'ÉCHANTILLON : TM-16

PROFONDEUR : 11.43 m **DATE :** 10/31/2016

CLASSIFICATION UNIFIÉE DES SOLS (SELON NORME LC 21-040)



ARGILE	SILT	SABLE			GRAVIER		CAILLOUX ET BLOCS
		fin	moyen	grossier	fin	grossier	

Description	w (%)	W_L (%)	I_P (%)	Classification (1)
Silt argileux, traces de sable	31	28	10	CL

(1) USCS

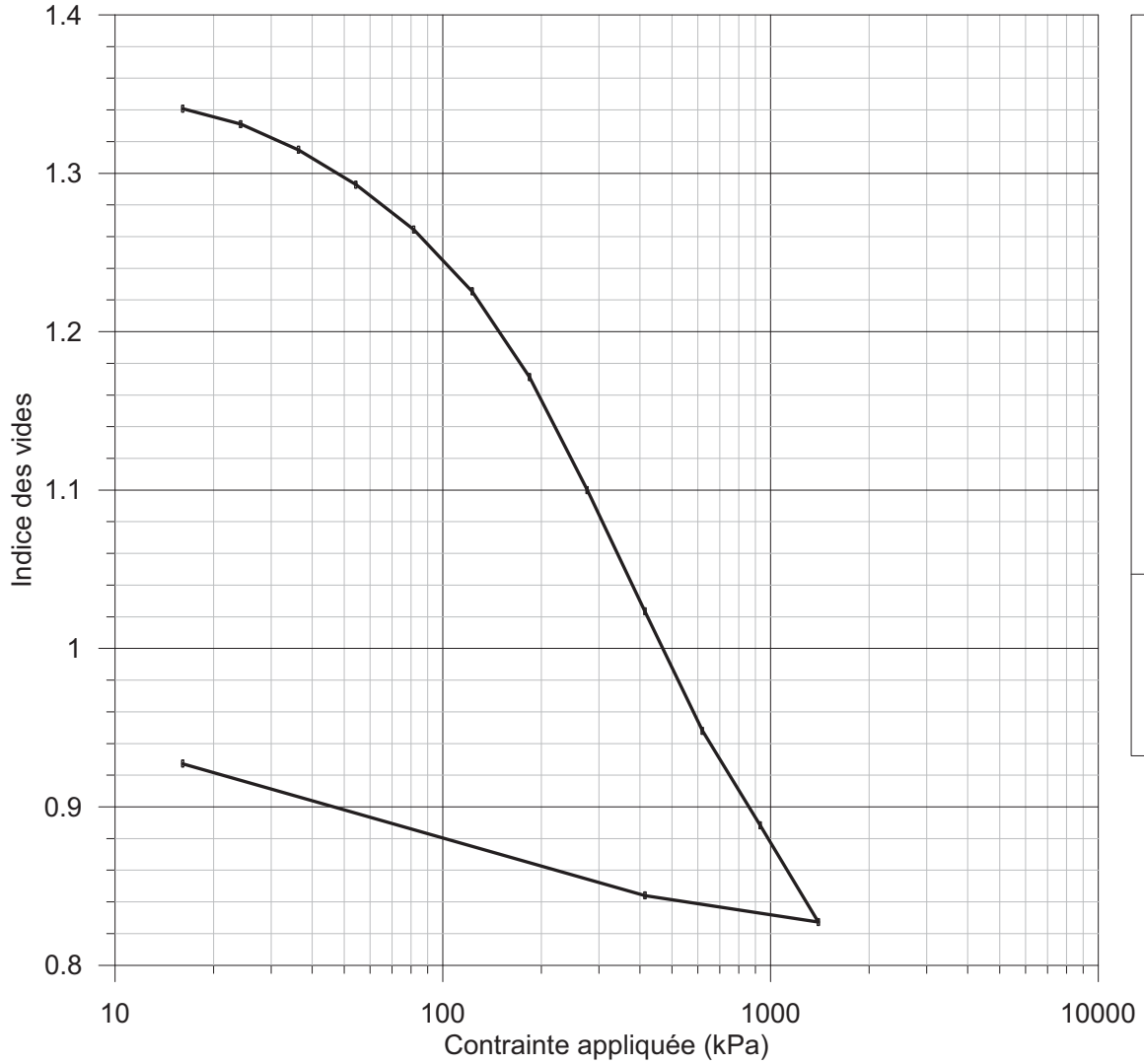
% Gravier	% Sable	% Silt	% Argile	c_U	c_C	D85	D60	D50	D30	D15	D10
0	3	69	28								

Remarques :

Préparé par : Lynne Geoffré

Vérifié par : Benoit Cyr, B.Ac. géologie

Essai de Consolidation Oedométrique - F-F-1-2016 TM-14



Échantillon Initial

Diamètre :	6.35 cm
Hauteur :	2.56 cm
Poids volumique :	16.82 kN/m^3
Teneur en eau :	51.49 %
Indice des vides :	1.38
Degré de saturation :	100 %
Densité des grains solides :	2.7 (supposée)

Échantillon Final

Teneur en eau : 36.44 %

Description du sol

Argile silteuse gris, plastique (CH)

Taux de chargement : 50%

Résultats d'essai

Indice de compression (c_c) : 0.42

Indice de recompression (c_r) : 0.06

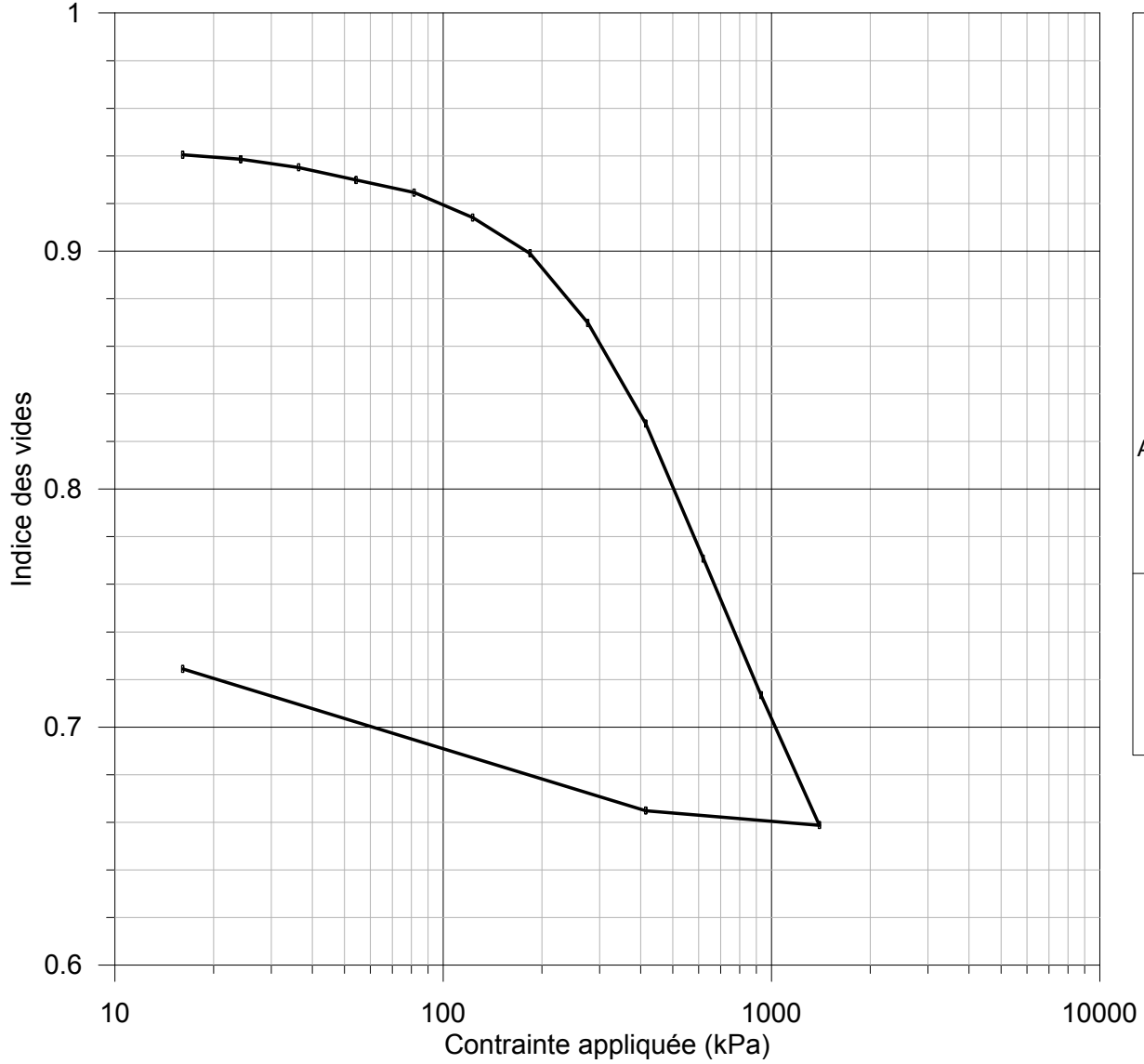
Contrainte de préconsolidation (σ'_p) : 109 kPa

Forage	: F-F-1-2016
Échantillon	: TM-14
Profondeur (m)	: 10.26 -10.41

Projet	: 200, chemin de la Mine
Site	: Desmaraisville, Québec
Client	: Ressources Métanor
Date	: 24 octobre 2016

Projet (No) : 11128109-A1

Essai de Consolidation Oedométrique - F-A-1-2016 TM-13



Échantillon Initial

Diamètre :	6.35 cm
Hauteur :	2.56 cm
Poids volumique :	18.04 kN/m^3
Teneur en eau :	37.14 %
Indice des vides :	0.96
Degré de saturation :	94 %
Densité des grains solides :	2.7 (supposée)

Échantillon Final

Teneur en eau : 28.42 %

Description du sol

Argile silteuse grise, ferme à raide, plastique (CH)

Taux de chargement : 50%

Résultats d'essai

Indice de compression (c_c) : 0.32

Indice de recompression (c_r) : 0.02

Contrainte de préconsolidation (σ'_p) : 252 kPa

Forage	: F-A-1-2016
Échantillon	: TM-13
Profondeur (m)	: 9.50 - 9.67

Projet	: 200, chemin de la Mine
Site	: Desmaraisville, Québec
Client	: Ressources Métanor
Date	: 24 octobre 2016

Projet (No) : 11128109-A1

HYDRAULIC CONDUCTIVITY OF SATURATED POROUS MATERIALS (ASTM D5084)

CLIENT:	Ressources Métanor	**LAB No.:**	WLA 715-1
PROJECT/ SITE:	200, chemin de la mine, Desmaraisville (Québec)	**PROJECT No.:**	11128109-A1

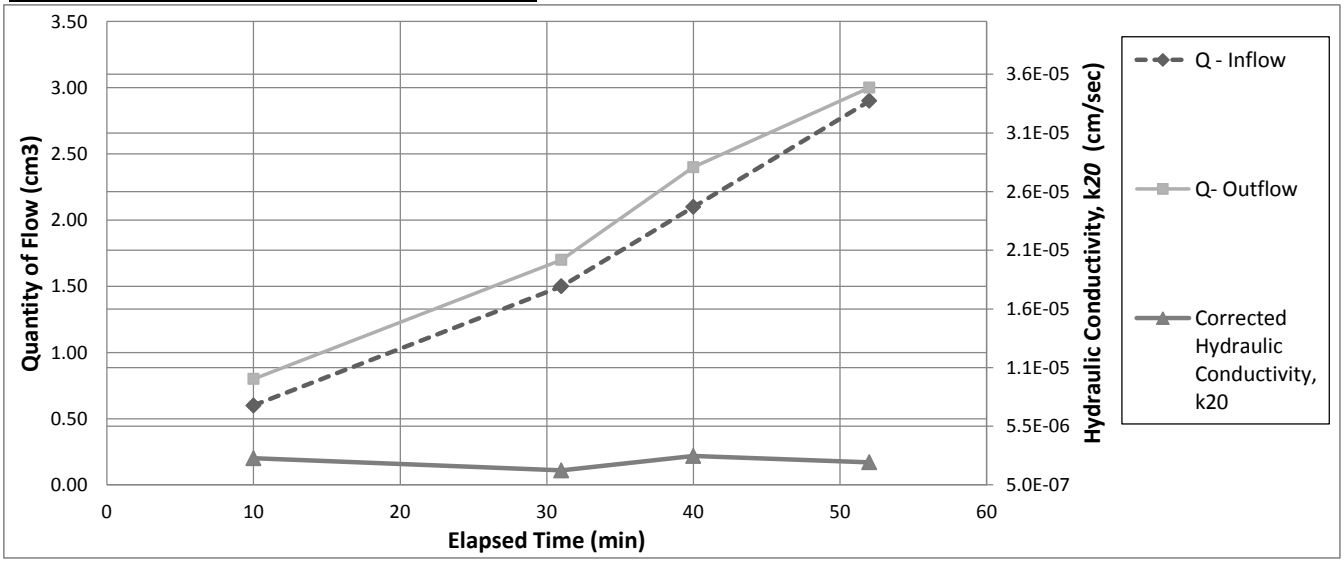
Sample Location:	BH F-E-1 2016	**Sampled By:**	n/a
Sample Height/Depth:	4.57 m- 5.18 m	**Date Sampled:**	October 16, 2016
Sample Identification:	CF10,CF11,CF12	**Date Tested:**	Oct 24 - Oct 28 2016

Method C- Falling Head, Rising Tailwater Elevation

Sample Description:	**Clayey SILT, trace sand trace gravel**

Specimen Parameters	**Initial**	**Final**
Diameter, cm	5.06	
Length, cm	5.15	
Volume, cm^3	103.6	
Wet Mass, g	203.4	
Dry Density, kg/m^3	1546	1559
Moisture, %	27.1	28.8
Specific Gravity	2.8	
Degree of Saturation, %	93	98
Largest Particle Size, mm	9.50	

Permeation Condition	
Cell Pressure, kPa	410.6
Head Pressure, kPa	397.8
Back Pressure, kPa	387.9
B - Value	0.97
Effective Consolidation Pressure, kPa	20.70
Volume under Steady Flow, cm^3	3.5
Hydraulic Gradient, *i*	19.6
Hydraulic Conductivity, k_{20}, cm/sec	**2.3E-06**



REMARKS:

PERFORMED BY:	S.Segura	**DATE:**	November 1, 2016
VERIFIED BY:	Michael Braverman	**DATE:**	November 1, 2016

HYDRAULIC CONDUCTIVITY OF SATURATED POROUS MATERIALS (ASTM D5084)

CLIENT:	Ressources Métanor	**LAB No.:**	WLA 715-2
PROJECT/ SITE:	200, chemin de la mine, Desmaraisville (Québec)	**PROJECT No.:**	11128109-A1

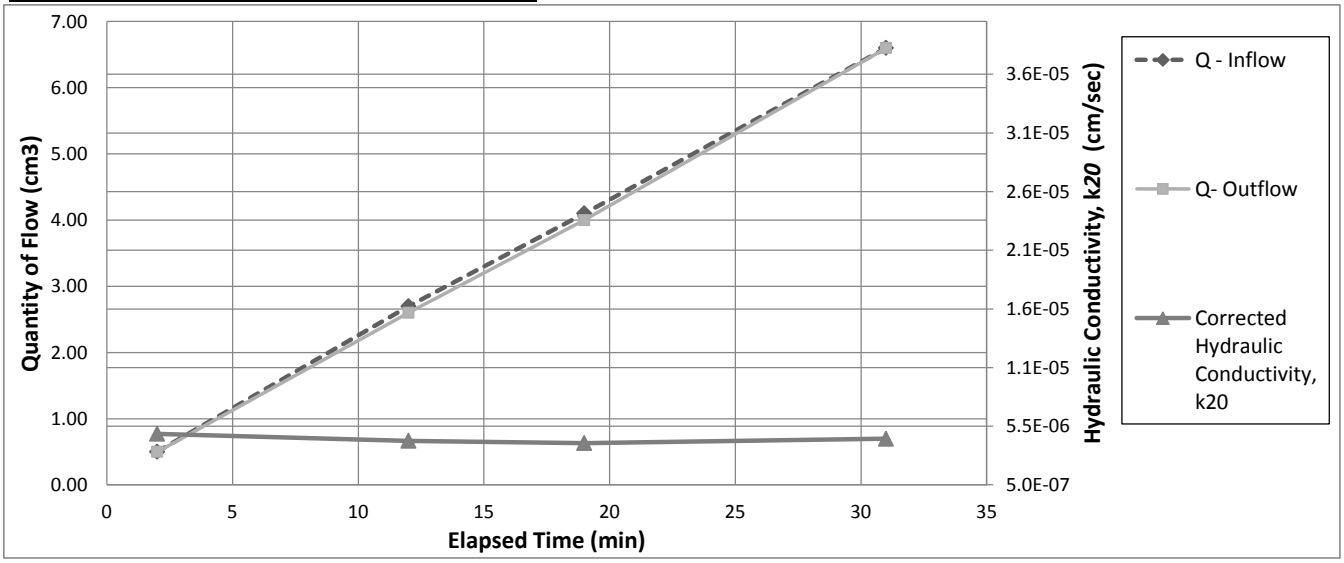
Sample Location:	BH F-E-1-2016	**Sampled By:**	n/a
Sample Height/Depth:	n/a	**Date Sampled:**	October 16, 2016
Sample Identification:	CF5,CF6,CF7,CF8	**Date Tested:**	Oct 24 - Oct 28 2016

Method C- Falling Head, Rising Tailwater Elevation

Sample Description:	**Clayey SILT, trace sand, trace gravel**

Specimen Parameters	**Initial**	**Final**
Diameter, cm	7.00	
Length, cm	7.00	
Volume, cm^3	269.4	
Wet Mass, g	635.9	
Dry Density, kg/m^3	2002	2065
Moisture, %	17.9	17.0
Specific Gravity	2.8	
Degree of Saturation, %	100	100
Largest Particle Size, mm	9.50	

Permeation Condition	
Cell Pressure, kPa	515.4
Head Pressure, kPa	502.2
Back Pressure, kPa	487.9
B - Value	0.96
Effective Consolidation Pressure, kPa	25.50
Volume under Steady Flow, cm^3	8.0
Hydraulic Gradient, *i*	20.8
Hydraulic Conductivity, k_{20}, cm/sec	**4.6E-06**



REMARKS:

PERFORMED BY:	S.Segura	**DATE:**	November 1, 2016
VERIFIED BY:	Michael Braverman	**DATE:**	November 1, 2016

HYDRAULIC CONDUCTIVITY OF SATURATED POROUS MATERIALS (ASTM D5084)

CLIENT:	Ressources Métanor	**LAB No.:**	WLA 715-3
PROJECT/ SITE:	200, chemin de la mine, Desmaraisville (Québec)	**PROJECT No.:**	11128109-A1

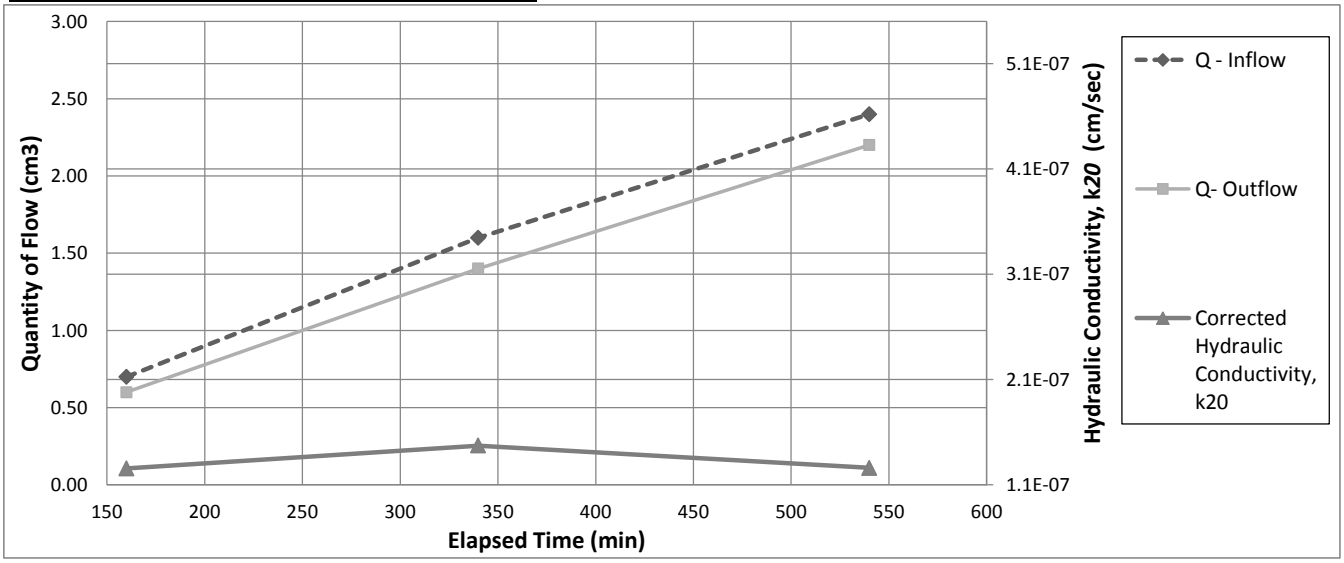
Sample Location:	BH F-A-1-2016	**Sampled By:**	n/a
Sample Height/Depth:	9.20 m - 9.35 m	**Date Sampled:**	October 16, 2016
Sample Identification:	TM13	**Date Tested:**	Oct 20- Oct 27

Method C- Falling Head, Rising Tailwater Elevation

Sample Description:	**clayey SILT**

Specimen Parameters	**Initial**	**Final**
Diameter, cm	4.95	
Length, cm	5.90	
Volume, cm^3	113.4	
Wet Mass, g	212.7	
Dry Density, kg/m^3	1362	1369
Moisture, %	37.8	39.1
Specific Gravity	2.8	
Degree of Saturation, %	100	100
Largest Particle Size, mm	4.75	

Permeation Condition	
Cell Pressure, kPa	314.9
Head Pressure, kPa	303.1
Back Pressure, kPa	287.9
B - Value	0.96
Effective Consolidation Pressure, kPa	25.00
Volume under Steady Flow, cm^3	2.2
Hydraulic Gradient, *i*	26.3
Hydraulic Conductivity, k_{20}, cm/sec	**1.3E-07**



REMARKS:

PERFORMED BY:	S.Segura	**DATE:**	October 28, 2016
VERIFIED BY:	Michael Braverman	**DATE:**	November 1, 2016

HYDRAULIC CONDUCTIVITY OF SATURATED POROUS MATERIALS (ASTM D5084)

CLIENT:	Ressources Métanor	**LAB No.:**	WLA 715-4
PROJECT/ SITE:	200, chemin de la mine, Desmaraisville (Québec)	**PROJECT No.:**	11128109-A1

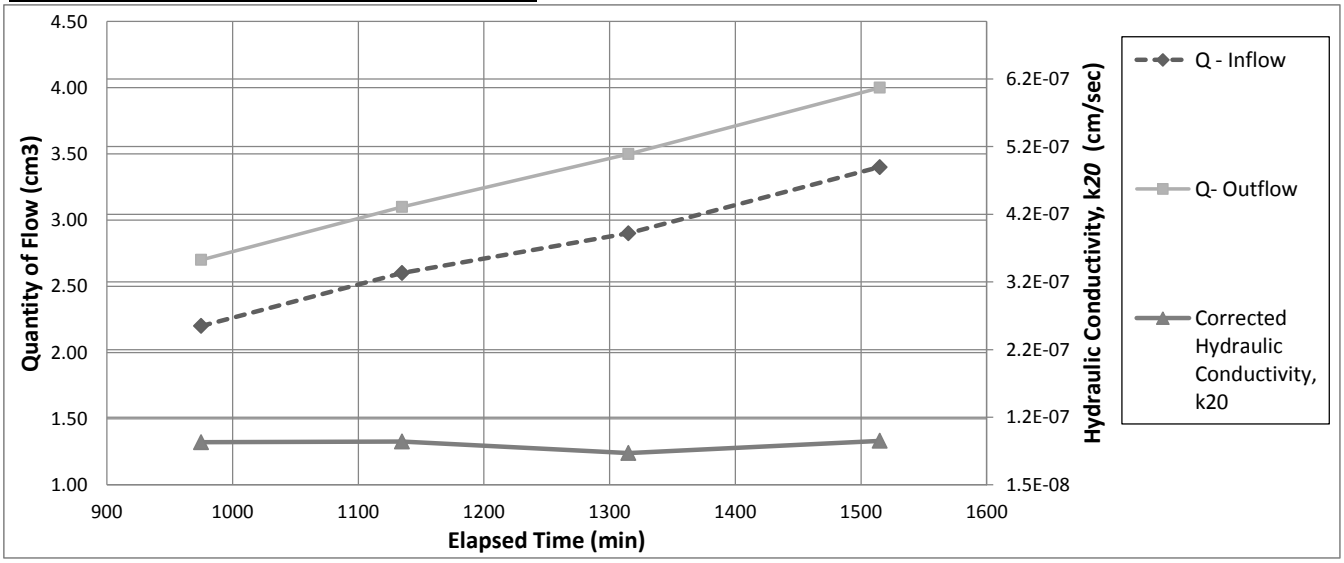
Sample Location:	BH F-F-1-2016	**Sampled By:**	n/a
Sample Height/Depth:	10.11 m - 10.22 m	**Date Sampled:**	October 16, 2016
Sample Identification:	TM14	**Date Tested:**	Oct 20 - Oct 27, 2016

Method C- Falling Head, Rising Tailwater Elevation

Sample Description:	**Silty CLAY**

Specimen Parameters	**Initial**	**Final**
Diameter, cm	5.08	
Length, cm	6.00	
Volume, cm^3	121.7	
Wet Mass, g	210.2	
Dry Density, kg/m^3	1117	1123
Moisture, %	54.7	53.6
Specific Gravity	2.8	
Degree of Saturation, %	100	100
Largest Particle Size, mm	4.75	

Permeation Condition	
Cell Pressure, kPa	215.1
Head Pressure, kPa	201.4
Back Pressure, kPa	186.7
B - Value	0.97
Effective Consolidation Pressure, kPa	26.40
Volume under Steady Flow, cm^3	4.0
Hydraulic Gradient, *i*	25.0
Hydraulic Conductivity, k_{20}, cm/sec	**7.9E-08**



REMARKS:

PERFORMED BY:	S.Segura	**DATE:**	October 28, 2016
VERIFIED BY:	Michael Braverman	**DATE:**	November 1, 2016

Tube à paroi mince – Extraction, description et entreposage (ASTM D2488)

Client : Ressource Métanor — Labo N° :

Projet / site : — Projet N° : 1112809-M1

Forage N° : F-A1-2016 — Échantillon N° : TH-13 — Profondeur : 9.15-9.76m

Description du matériau : Voir ci-bas

Appareils de mesure utilisés :

Balance N° : 18109 — Gabarit de taille N° : S-125

Cône N° :

Étuve N° : B-13-4453

Profondeur (cm)	Profondeur pouce	Description	Essais requis
5	2	9.15m [(9.20-9.50m Argile varvé, grise, alternance d'argile, silt et de sable, ferme à ferme)	Teneur en eau
10	4	9.20	
15	6		
20	8	9.35 (9.50-9.75m - Argile silteuse grise très ferme à raide)], moyennement sensible	
25	10		
30	12		
35	14	9.50 moyenne plasticité (CH)	
40	16		
45	18		
50	20	9.67	
55	22		
60	24	9.75m	
65	26		
70	28		

Teneur en eau			
Capsule N°			
W_T + T			
W_S + T			
W_W			
T			
W_S			
w %			

Teneur en eau À:

- _____
- _____

Essais réalisés :

γ, A, Sa, C50

Perméabilité

Consistance : _____

Couleur : _____

Terminologie descriptive : _____

Récupération : 60.0cm / 24" (60 cm) / 28" (70 cm)

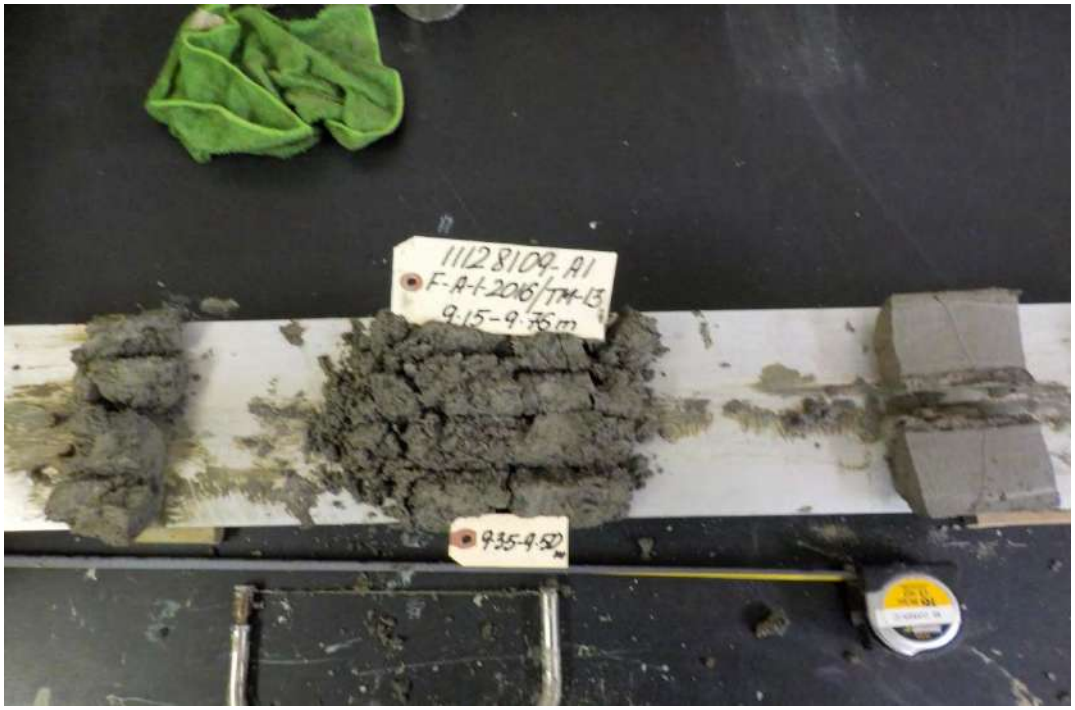
Remarques : _____

Effectué par : A. Azizi — Date : 25/10/16

Vérifié par : _____ — Date : 28/10/16

F-A-1-2016-TM-13






F-A-1-2016/TM-13
9.15-9.76m
9.35-9.50m

Tube à paroi mince – Extraction, description et entreposage (ASTM D2488)

Client : Ressources Métanor — Labo N° :

Projet / site : / — Projet N° : 1112809-A1

Forage N° : F-A-1-2016 — Échantillon N° : TM-15 — Profondeur : 10.67 - 11.28m

Description du matériau : Voir ci-bas

Appareils de mesure utilisés :

Balance N° : — Gabarit de taille N° :

Cône N° :

Étuve N° :

Profondeur (cm)	Profondeur pouce	Profondeur	Description	Essais requis
		10.67m.	10.72 - 11.36m	Teneur en eau
5	2	10.72	Argile varvé (alternance d'argile, silt et un peu de sable) grise.	Capsule N° / W_T + T / W_S + T / W_W / T / W_S / w %
10	4			
15	6			
20	8	10.87		
25	10		Argile ferme, peu à moyennement sensible, moyenne de plasticité (CL)	Teneur en eau A:
30	12			
35	14	11.02		Essais réalisés :
40	16			δ, A, SC
45	18			
50	20	11.17		
55	22			
60	24			Consistance :
65	26	11.32		Couleur :
70	28	11.36		Terminologie descriptive :
				Récupération : 69.0 cm / 24" (60 cm) / 28" (70 cm)

Remarques :

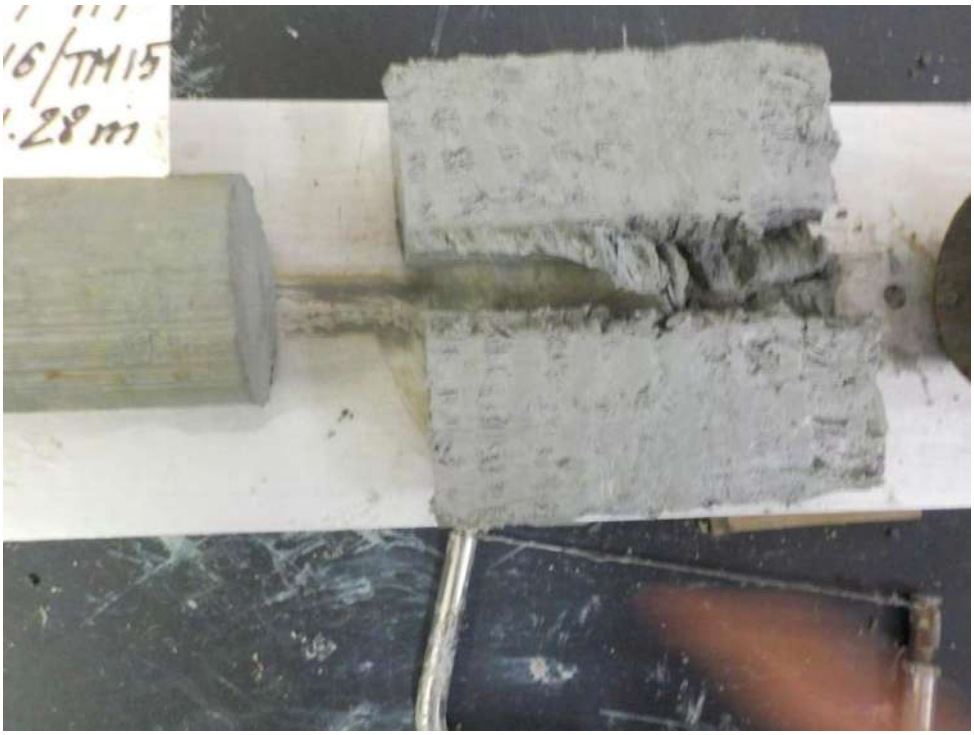
Effectué par : A-A Zia — Date : 20/10/16

Vérifié par : — Date : 20/10/16

F-A-1-2016-TM-15






16/TH15
1.28m

Tube à paroi mince – Extraction, description et entreposage (ASTM D2488)

Client : Ressources Métaram — Labo N° :

Projet / site : — Projet N° : 1112809-A1

Forage N° : F-A-3-2016 — Échantillon N° : TM-8 — Profondeur : 5.33-5.94m

Description du matériau : Voir ci-bas

Appareils de mesure utilisés :

Balance N° : 18409 — Gabarit de taille N° : S-125

Cône N° :

Étuve N° : B23-4453

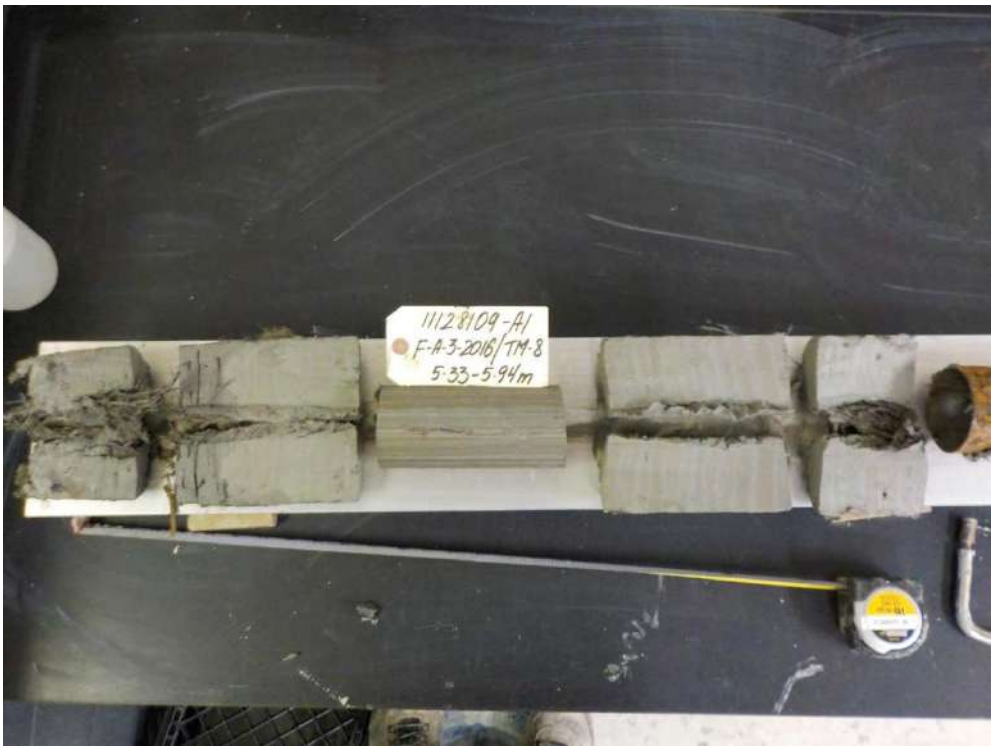
Profondeur (cm)	Profondeur pouce	Description	Essais requis
5	2	5.33m	Teneur en eau
10	4	5.42 — Argile silteuse grise	Capsule N° / W_T+T / W_S+T / W_W / T / W_S / w %
15	6	Argile molle, peu	
20	8	à moyennement	Teneur en eau A: - -
25	10	5.57 — Sensible, grande	
30	12		Essais réalisés :
35	14		
40	16	5.72 — plasticité (CH)	
45	18		
50	20		
55	22	5.87	Consistance :
60	24	5.95	Couleur :
65	26		Terminologie descriptive :
70	28		Récupération : 62.0cm / 24" (60 cm) / 28" (70 cm)

Remarques :

Effectué par : D. Azizi — Date : 20/10/16

Vérifié par : — Date : 28/10/16

F-A-3-2016-TM-8


11128109-A1
F-A-3-2016/TM-8
5·33-5·94m


11128109-A1
F-A-3-2016/TM-8
5·33-5·94m


F-A-3-2016/TM-8
5·33-5·94m

Tube à paroi mince – Extraction, description et entreposage (ASTM D2488)

Client : Ressources Métanor — Labo N° :

Projet / site : Desmaraisville, Québec — Projet N° : 1112810-A1

Forage N° : F-A-3-2016 — Échantillon N° : TM-9 — Profondeur : 6.10 à 6.71m.

Description du matériau : Voir ci-bas

Appareils de mesure utilisés :

Balance N° : 13409 — Gabarit de taille N° : S-125

Cône N° :

Étuve N° : B23-4453

Profondeur (cm)	Profondeur (pouce)	Description
	6.10	6.17 à 6.69m
5	2	remanié
	6.17	Argile silteuse, grise pâle.
10	4	
15	6	
20	8	
	6.32	Argile molle, peu sensible, grande plasticité (CH)
25	10	
30	12	
35	14	
	6.47	
40	16	
45	18	
50	20	
	6.62	
55	22	
60	24	
	6.69m	
65	26	
70	28	

Essais requis

Teneur en eau

Capsule N°			
$W_T + T$			
$W_S + T$			
W_W			
T			
W_S			
w %			

Teneur en eau À:

- _____
- _____

Essais réalisés :

8

Consistance : _____

Couleur : _____

Terminologie descriptive : _____

Récupération : 59.0 cm / 24" (60 cm) / 28" (70 cm)

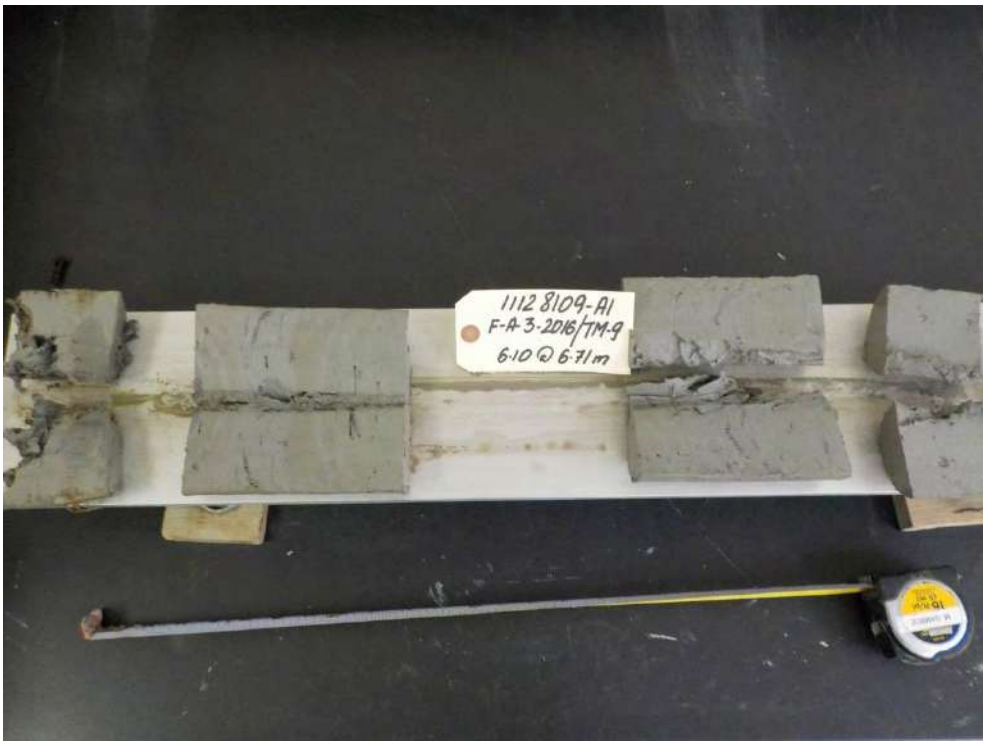
Remarques : _____

Effectué par : A. Azizi — Date : 19/10/16

Vérifié par : _____ — Date : 28/10/16

F-A-3-2016-TM-9


1112 8109-A1
F-A-3-2016/TM-9
6.10 @ 6.71m


1112 8109-A1
F-A-3-2016/TM-9
6.10 @ 6.71m

Tube à paroi mince – Extraction, description et entreposage (ASTM D2488)

Client : Ressources Métamar — Labo N° :

Projet / site : — Projet N° : 1112810-A1

Forage N° : F-A-3-2016 — Échantillon N° : TM-10 — Profondeur : 6.86-7.47m

Description du matériau : Voir ci-bas

Appareils de mesure utilisés :

Balance N° : 18409 — Gabarit de taille N° : S-125

Cône N° :

Étuve N° : B28-4953

Profondeur (cm)	Profondeur pouce	Description	Essais requis
5	2	6.86 remanié	6.95-7.47m
10	4	6.95 Argile silteuse grise	Teneur en eau
15	6	Argile molle, peu	
20	8	7.08 sensible, grande	
25	10		
30	12	plasticité (CH)	
35	14	remanié	
40	16	7.23	
45	18		
50	20	7.37	
55	22	7.40m	
60	24		
65	26		
70	28		

Capsule N°			
$W_T + T$			
$W_S + T$			
W_W			
T			
W_S			
w %			

Teneur en eau À:

-

-

Essais réalisés :

Consistance :

Couleur :

Terminologie descriptive :

Récupération : 540 mm / 24" (60 cm) / 28" (70 cm)

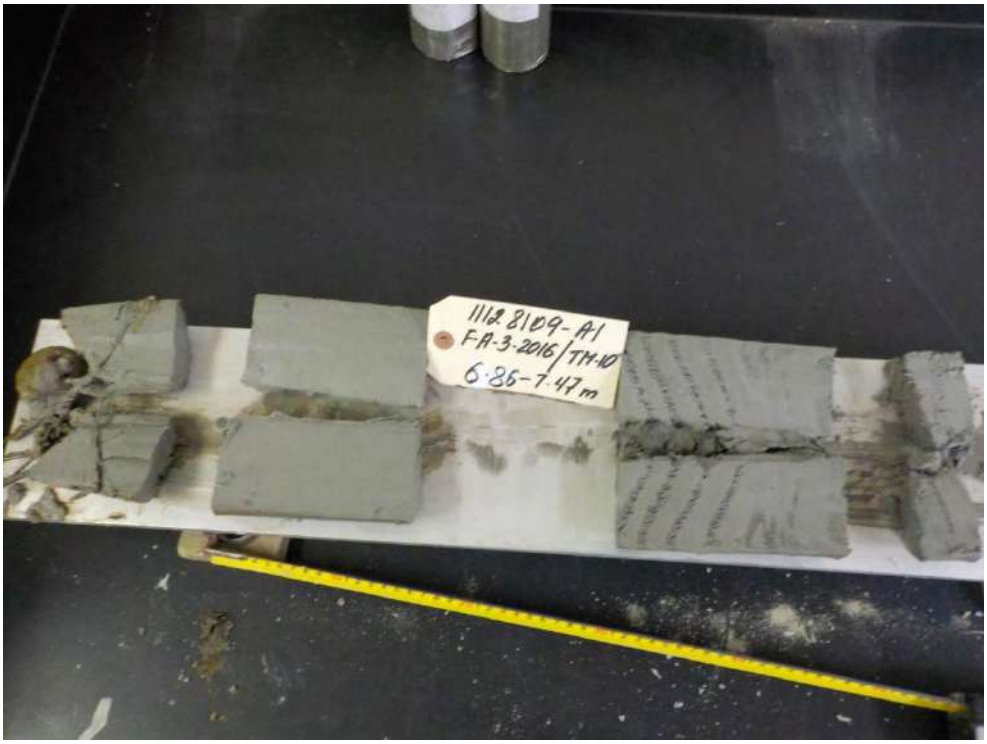
Remarques :

Effectué par : AD 2021 — Date : 20/10/16

Vérifié par : — Date : 28/10/16

F-A-3-2016-TM-10





Rehaussement de la cellule no 1 du parc à résidus
Mine Bachelor

Tube à paroi mince – Extraction, description et entreposage (ASTM D2488)

Client : Ressources Métanor — Labo N° :

Projet / site : 200, Chemin de la Mine, Desmaraisville — Projet N° : 1112819-A1

Forage N° : F-A-3-2016 — Échantillon N° : TM-11 — Profondeur : 7.62 à 8.23 m

Description du matériau : Voir ci-bas

Appareils de mesure utilisés :

Balance N° : 18409 — Gabarit de taille N° : S-12S

Cône N° :

Étuve N° : B19-4953

Profondeur (cm)	Profondeur pouce	Profondeur
		7.62 m
5	2	7.68
10	4	
15	6	
20	8	7.83
25	10	
30	12	
35	14	7.98
40	16	
45	18	
50	20	8.12
55	22	
60	24	8.25
65	26	8.27 m
70	28	

Description

7.68 – 8.23 m

Argile silteuse, grise-pâle. Argile ferme à molle, moyennement sensible, grandement plastique (CH)

Essais requis

Teneur en eau

Capsule N°			
$W_T + T$			
$W_S + T$			
W_W			
T			
W_S			
w %			

Teneur en eau À :

-

-

Essais réalisés :

8

Consistance :

Couleur :

Terminologie descriptive :

Récupération : 65.0 cm — / 24" (60 cm) / 28" (70 cm)

Remarques :

Effectué par : A.A. — Date : 19/10/16

Vérifié par : — Date : 20/10/16

F-A-3-2016-TM-11





Tube à paroi mince – Extraction, description et entreposage (ASTM D2488)

Client : Ressources Métanor Labo N° :

Projet / site : Desmaraisville, Quebec Projet N° : 1112809-A1

Forage N° : F-E-1-2016 Échantillon N° : TM-14 Profondeur : 9.91 - 10.52 m.

Description du matériau : Voir ci-bas

Appareils de mesure utilisés :

Balance N° : Gabarit de taille N° :

Cône N° :

Étuve N° :

Profondeur (cm)	Profondeur (pouce)	Description	Essais requis
	9.91m	9.97 à 10.49 m	Teneur en eau
5	2	9.97 Argile silteuse, grise pâle.	Capsule N°
10	4		W_T + T
15	6		W_S + T
20	8	10.12 Argile ferme, peu à moyennement sensible, grande plasticité (CH)	W_W
25	10		T
30	12		W_S
35	14	10.27	w %
40	16		Teneur en eau À:
45	18		-
50	20	10.42	-
55	22		Essais réalisés :
60	24	10.49 m	F. A. Se.
65	26		
70	28		Consistance :
			Couleur :
			Terminologie descriptive :
			Récupération : 580 mm / 24" (60 cm) / 28" (70 cm)

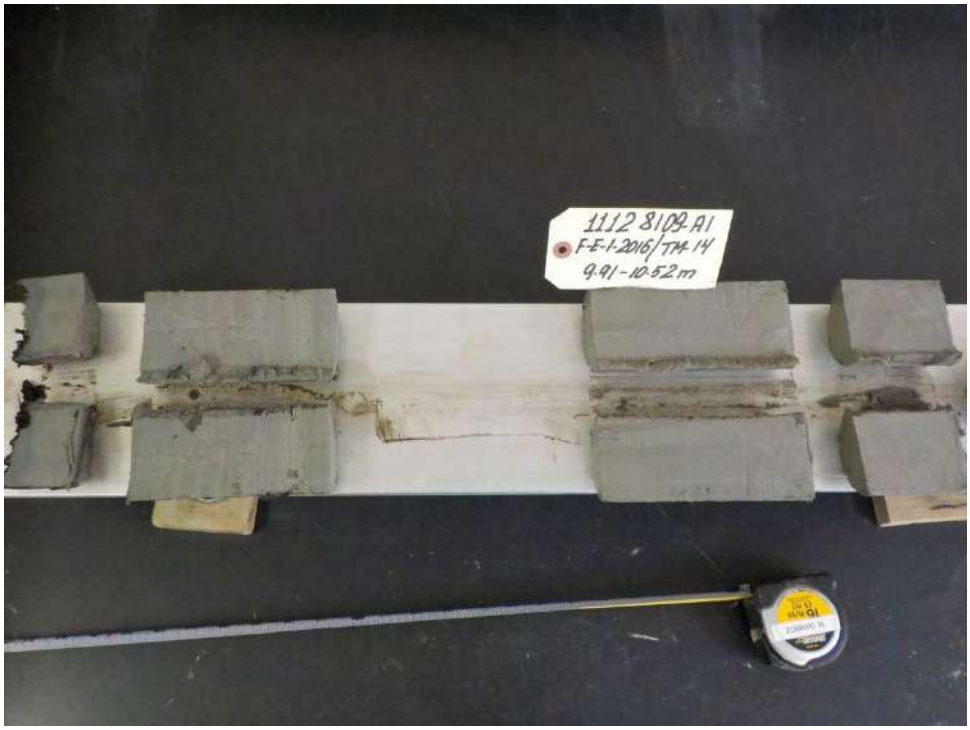
Remarques :

Effectué par : A. Azizi Date : 19/10/16

Vérifié par : Date : 28/10/16

F-E-1-2016-TM14





Tube à paroi mince – Extraction, description et entreposage (ASTM D2488)

Client : Ressources Métanor — Labo N° :

Projet / site : / — Projet N° : 1112809-A1

Forage N° : F-E-1-2016 — Échantillon N° : TM-15 — Profondeur : 10.67-11.28m

Description du matériau : Voir ci-bas

Appareils de mesure utilisés :

Balance N° : 18409 — Gabarit de taille N° : S-125

Cône N° :

Étuve N° : B23-4453

Profondeur (cm)	Profondeur (pouce)	Description
		10.67 – 11.28m
5	2	Remanié 10.74
10	4	Argile silteuse, grise pâle.
15	6	
20	8	
		10.89
25	10	Argile molle, peu à moyennement sensible, grande plasticité (CH)
30	12	Refus 17
35	14	
		11.04
40	16	
45	18	
50	20	11.19
55	22	11.24
60	24	
65	26	
70	28	

Essais requis

Teneur en eau

Capsule N°			
W_T + T			
W_S + T			
W_W			
T			
W_S			
w %			

Teneur en eau À:

- _____
- _____

Essais réalisés :

f, sc.

Consistance : _____

Couleur : _____

Terminologie descriptive : _____

Récupération : 57.0cm / 24" (60 cm) / 28" (70 cm)

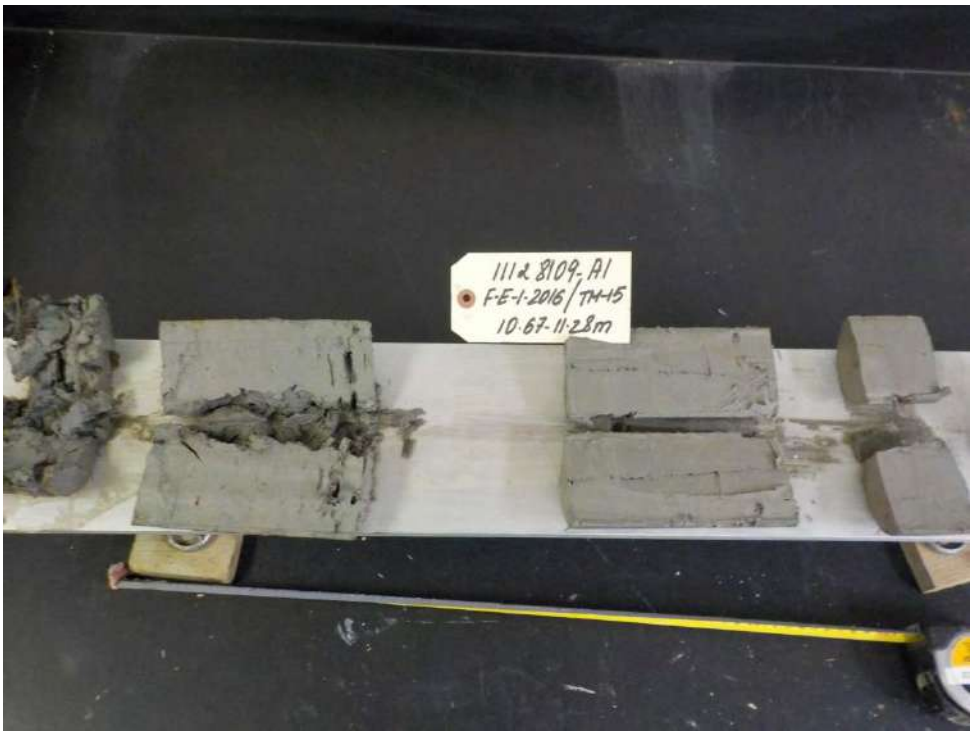
Remarques : _____

Effectué par : A-A-Z — Date : 19/10/16

Vérifié par : _____ — Date : 28/10/16

F-E-1-2016-TM15





Tube à paroi mince – Extraction, description et entreposage (ASTM D2488)

Client : Ressources Métanor — Labo N° :

Projet / site : / — Projet N° : 1112870 9-A1

Forage N° F-f-1-2016 — Échantillon N° TM-14 — Profondeur 9.91 à 10.51m

Description du matériau : Voir ci-bas

Appareils de mesure utilisés :

Balance N° : — Gabarit de taille N° :

Cône N° :

Étuve N° :

Profondeur (cm)	Profondeur pouce	Description	Essais requis
5	2 — 9.96	9.96 – 10.98m Argile silteuse grise. Argile ferme à molle peu sensible, grande plasticité (CH)	Teneur en eau
10	4		
15	6		
20	8 — 10.11		
25	10		
30	12		
35	14 — 10.26		
40	16		
45	18		
50	20 — 10.41		
55	22 — 10.48		
60	24		
65	26		
70	28		

9.91m

Capsule N°			
$W_T + T$			
$W_S + T$			
W_W			
T			
W_S			
w %			

Teneur en eau À:

- _____
- _____

Essais réalisés :

S, A, Sc, perméabilité

C-50

Consistance : _____

Couleur : _____

Terminologie descriptive : _____

Récupération : 54 cm — / 24" (60 cm) / 28" (70 cm)

Remarques : _____

Effectué par : A Azzi — Date : 20/10/16

Vérifié par : _____ — Date : 20/10/16

F-F-1-2016-TM14





Tube à paroi mince – Extraction, description et entreposage (ASTM D2488)

Client : Ressources Métanor — Labo N° :

Projet / site : — Projet N° : 1112810-A1

Forage N° : F-F-1-2016 — Échantillon N° : TM-16 — Profondeur : 11.43-12.04 m

Description du matériau : Voir ci-bas

Appareils de mesure utilisés :

Balance N° : 18469 — Gabarit de taille N° : S-125

Cône N° :

Étuve N° : 828-9913

Profondeur (cm)	Profondeur pouce	Profondeur	Description	Essais requis
		11.43	11.48 - 11.98 m	Teneur en eau
5	2	11.48	Varvé	
10	4		Argile silteuse grise :	
15	6		argile raide, moyennement sensible, faible	
20	8	11.63	plasticité (CI)	
25	10			
30	12			
35	14	11.78		
40	16			
45	18			
50	20	11.93		
55	22	11.98 m		
60	24			
65	26			
70	28			

Teneur en eau			
Capsule N°			
$W_T + T$			
$W_S + T$			
W_W			
T			
W_S			
w %			

Teneur en eau À:

-

-

Essais réalisés :

G, A, Sc, SD

Consistance :

Couleur :

Terminologie descriptive :

Récupération : 550 cm / 24" (60 cm) / 28" (70 cm)

Remarques :

Effectué par : A. Aziz — Date : 20/10/16

Vérifié par : — Date : 28/10/16

F-F-1-2016-TM16





Annexe D
Résultats des essais géotechniques de laboratoire des stériles fournis

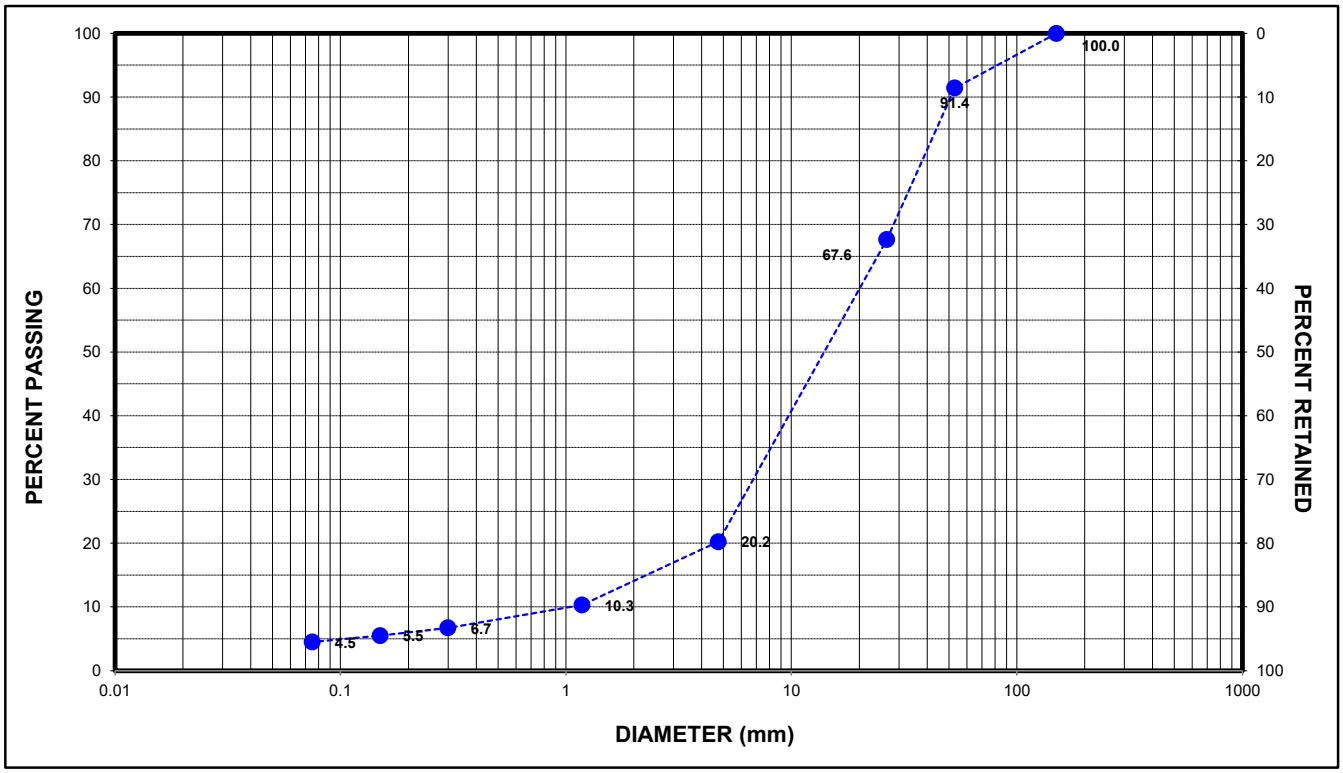
SELECT SUBGRADE MATERIAL - SIEVE ANALYSIS (LS-602)

Client:	Ressources Métanor	**Lab no.:**	WLA 726-1
Project/Site:	Rehaussement de la cellule no.1 du parc a résidus 200 chemin de la Mine Desmaraisville, Québec	**Project no.:**	11128109-A1

Source: N/A

Sampled by: Client Date sampled: N/A

Sieve Size (mm)	Sample % Passing	Minimum % - Maximum %
150.0	**100.0**	
53.0	**91.4**	
26.5	**67.6**	
4.75	**20.2**	
1.18	**10.3**	
0.300	**6.7**	
0.150	**5.5**	
0.075	**4.5**	



Remarks: Moisture content as received 2.5%

Performed by:	Greg Peters / Blayne Stanic	**Date:**	November 28, 2016
Verified by:	Michael Braverman	**Date:**	November 29, 2016

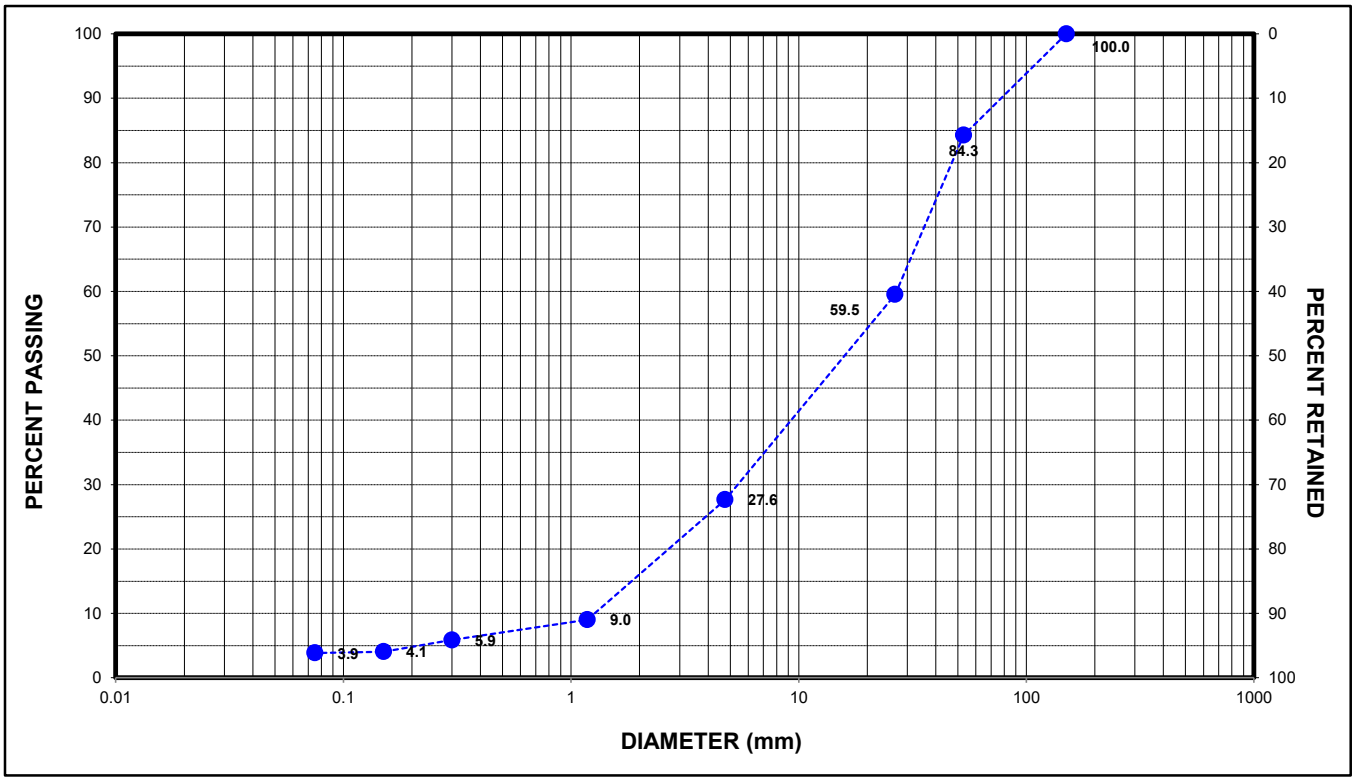
SELECT SUBGRADE MATERIAL - SIEVE ANALYSIS (LS-602)

Client:	Ressources Métanor	**Lab no.:**	WLA 726-2
Project/Site:	Rehaussement de la cellule no.1 du parc a résidus 200 chemin de la Mine Desmaraisville, Québec	**Project no.:**	11128109-A1

Source: N/A

Sampled by: Client Date sampled: N/A

Sieve Size (mm)	Sample % Passing	Minimum % - Maximum %
150.0	**100.0**	
53.0	**84.3**	
26.5	**59.5**	
4.75	**27.6**	
1.18	**9.0**	
0.300	**5.9**	
0.150	**4.1**	
0.075	**3.9**	

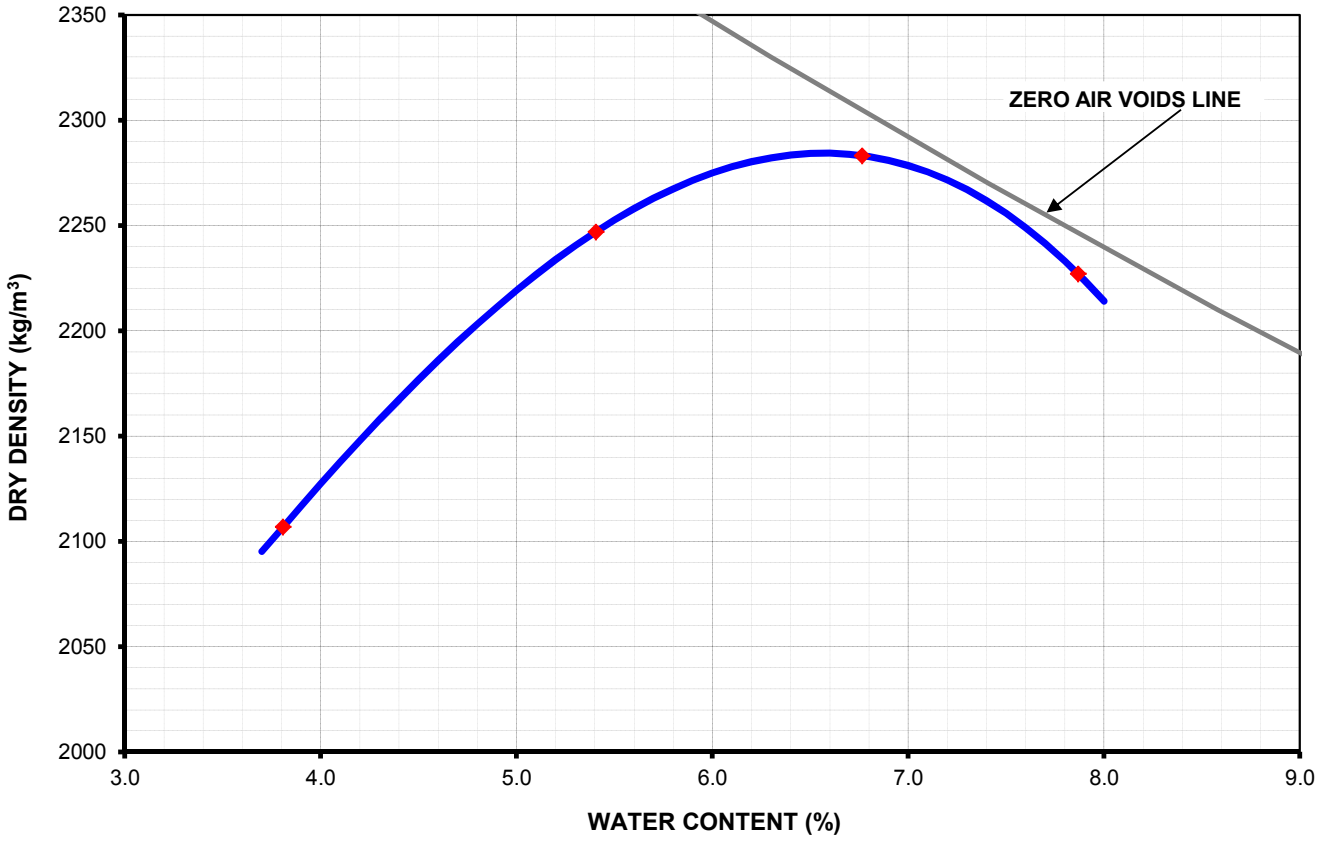


Remarks: Moisture content as received 1.8%

Performed by:	Blayne Stanic	**Date:**	November 22, 2016
Verified by:	Michael Braverman	**Date:**	November 29, 2016

STANDARD PROCTOR TEST
(ASTM D698)

CLIENT	Ressources Métanor	**LAB No.:**	WLA 726
PROJECT/SITE:	Rehaussement de la cellule n.1 du parc a résidus 200 chemin de la Mine Desmaraisville, Québec	**PROJECT No.:**	11128109-A1



Prepared Sample:	Dry	X	Moist	--			Provided G_s*:	2.80
ASTM D698 Test Method:	A	--	B	--	C	X	Type of Hammer:	Manual

Soil Type:	GRAVEL, some sand, trace silt
Material:	
Proposed Use:	
Sample Identification:	
Sample Location:	n/a
Aggregate Supplier / Pit Name:	
Sample Date:	n/a
Sampled By:	Client

Max. Dry Density:	**2284**	**kg/m³**
Optimum Moisture:	**6.6**	**%**
% Retained on 19.0mm (	**30.0**	**%**
Corrected Dry Density:	**2418**	**kg/m³**
Corrected Opt. Moist.:	**4.6**	**%**

REMARKS: The tested material has more than 30% of oversize fraction.

The correction applied for 30 % for oversize as maximum allowed by ASTM standard.

PERFORMED BY:	Blayne Stanic	**DATE:**	November 29, 2016
VERIFIED BY:	Abdul Hafeez Khan, P.Eng.; Laboratory Manager	**DATE:**	November 30, 2016

Direct Shear Test of Soils under Consolidated Drained Conditions
(ASTM 3080-11)

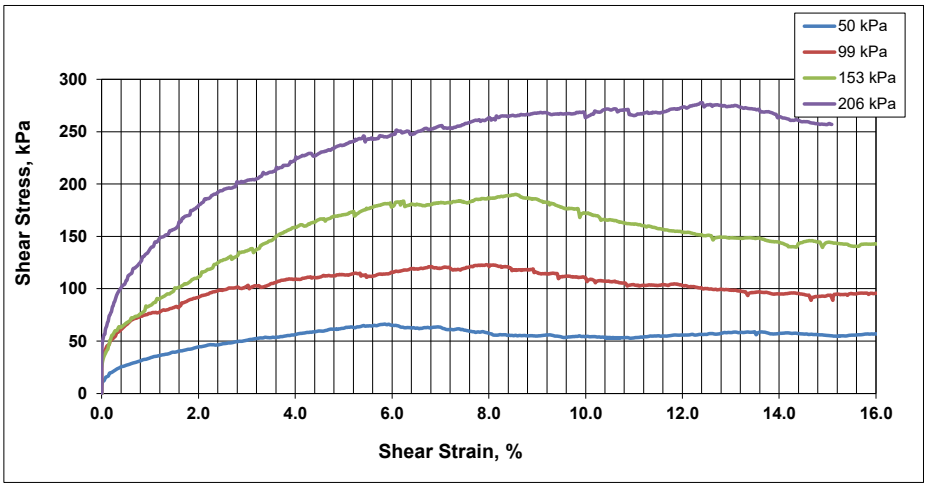
CLIENT:	Ressources Métanor	**LAB NO.:**	WLA 726-1
PROJECT/ SITE:	Rehaussement de la cellule n.1 du parc a résidus 200 chemin de la Mine Desmaraisville, Québec	**PROJECT NO.:**	11128109-A1

BH No.	**n/a**
Sample No.	**n/a**
Depth, m	**n/a**
Sampling Date	**n/a**
Sample Description	**Sandy GRAVEL trace silt**

Sample Parameters					
Before Test		***50 kPa***	***99 kPa***	***153 kPa***	***206 kPa***
Area	cm^2	*888.0*	*888.0*	*888.0*	*888.0*
Height	cm	*14.00*	*14.00*	*14.00*	*14.00*
Volume	cm^3	12433	12433	12433	12433
Wet Mass	g	*26045*	*26000*	*26000*	*26000*
Moisture Content	%	*2.5*	*2.5*	*2.5*	*2.3*
Wet Density	kg/m^3	*2095*	*2091*	*2091*	*2091*
Dry Density	kg/m^3	*2044*	*2040*	*2041*	*2044*
Specific Gravity (Assumed)		*2.80*	*2.80*	*2.80*	*2.80*
Void Ratio		*0.37*	*0.37*	*0.37*	*0.37*
Degree of Saturation	%	*18.9*	*18.8*	*18.7*	*17.4*
Height of the sample after consolidation, cm		*13.9*	*13.8*	*13.7*	*13.7*
Volume change due to the consolidation, cm3		*118.3*	*165.2*	*251.7*	*242.4*

Before Shear					
Volume	cm^3	12314	12267	12181	12190
Dry Density	kg/m^3	*2063*	*2068*	*2083*	*2085*

Shear parameters		***50 kPa***	***99 kPa***	***153 kPa***	***206 kPa***
Normal Stress	kPa	*50.3*	*98.9*	*153.0*	*205.9*
Lateral Stress	kPa	*66.2*	*123.0*	*190.1*	*277.7*
Strain at failure	%	*5.9*	*7.9*	*8.6*	*158.2*
Rate of strain	%/min	*1.7*	*1.6*	*1.6*	*2.1*
Water content	%	*2.5*	*2.5*	*2.3*	*2.3*

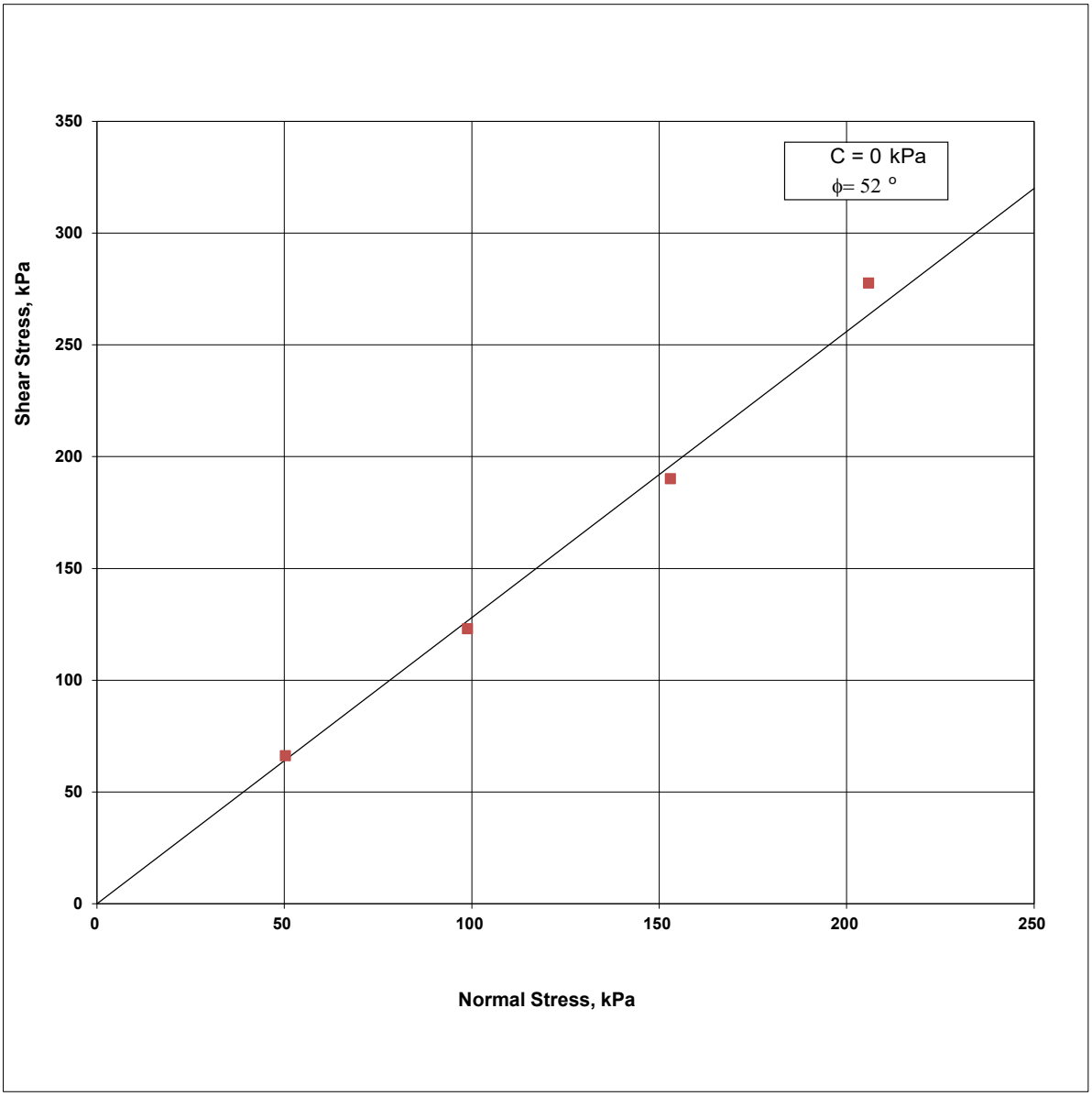


REMARKS

Performed by	Michael Braverman/Casey Adachi	**DATE:**	November 21-25, 2016
Verified by	Michael Braverman	**DATE:**	28-Nov-15

CLIENT:	Ressources Métanor	**LAB NO.:**	WLA 726-1
PROJECT/ SITE:	Rehaussement de la cellule n.1 du parc a résidus 200 chemin de la Mine Desmaraisville, Québec	**PROJECT NO.:**	11128109-A1

BH No.	**n/a**
Sample No.	**n/a**
Depth, m	**n/a**
Sampling Date	**n/a**
Sample Description	**Sandy GRAVEL trace silt**



REMARKS :

Performed by :	Michael Braverman/Casey Adachi	**DATE:**	November 21-25, 2016
Verified by :	Michael Braverman	**DATE:**	November 28, 2015

Annexe E
Résultats des essais géotechniques de laboratoire des résidus fournis

Rapport d'analyse(s) - sols et granulats

Client:	**Ressources Métanor inc.**	**Projet No:**	**11128109-A1**
		Échantillon No:	2016-chaudière
Projet:	Rehaussement de la cellule no. 1 du parc à résidus 200 chemin de la Mine Desmaraisville, Québec	**Date de prélèvement:**	
		Prélevé par:	
Type de matériau:	Silt, traces d'argile, traces de sable	**Localisation du prélèvement:**	9.50-9.67m
Provenance:			
Usage proposé:			

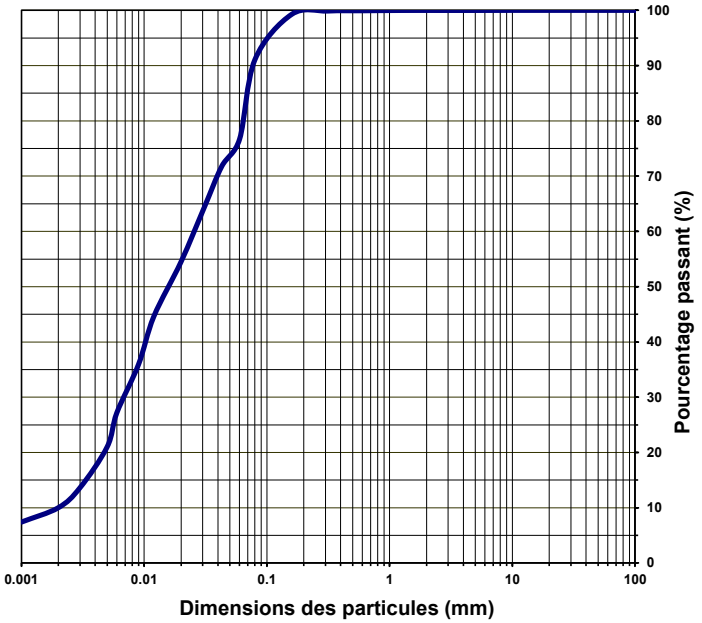
Granulométrie (% passant) (LC 21-040)

Tamis		112 mm	80 mm	56 mm	40 mm	31.5 mm	28 mm	20 mm	14 mm	10 mm	5 mm	2.5 mm	1.25 mm	630 µm	315 µm	160 µm	80 µm
Résultats cumulatifs		100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	99	91.1
Exigences	min.																
	max.																

Autres essais	Résultats	Exigences	
		min.	max.
Teneur en eau (NQ 2501-170) (%)	28		
Teneur en eau (NQ 2501-170) (%)	29		
Densité relative (NQ 2501-070)	2.798		
Sédimentométrie		diamètre	% passant
		0.06	76.7
		0.043	71.8
		0.031	64.4
		0.02	54.5
		0.012	44.6
		0.009	35.9
		0.006	27.2
		0.005	21.0
		0.003	13.6
		0.002	10.0
		0.001	7.4

Essai Proctor (NQ 2501-255, méthode)	Résultats
Masse volumique sèche maximale	(kg/m^3)
Humidité optimale	(%)

Courbe granulométrique



Argile et silt	Sable	Gravier
91	9	0

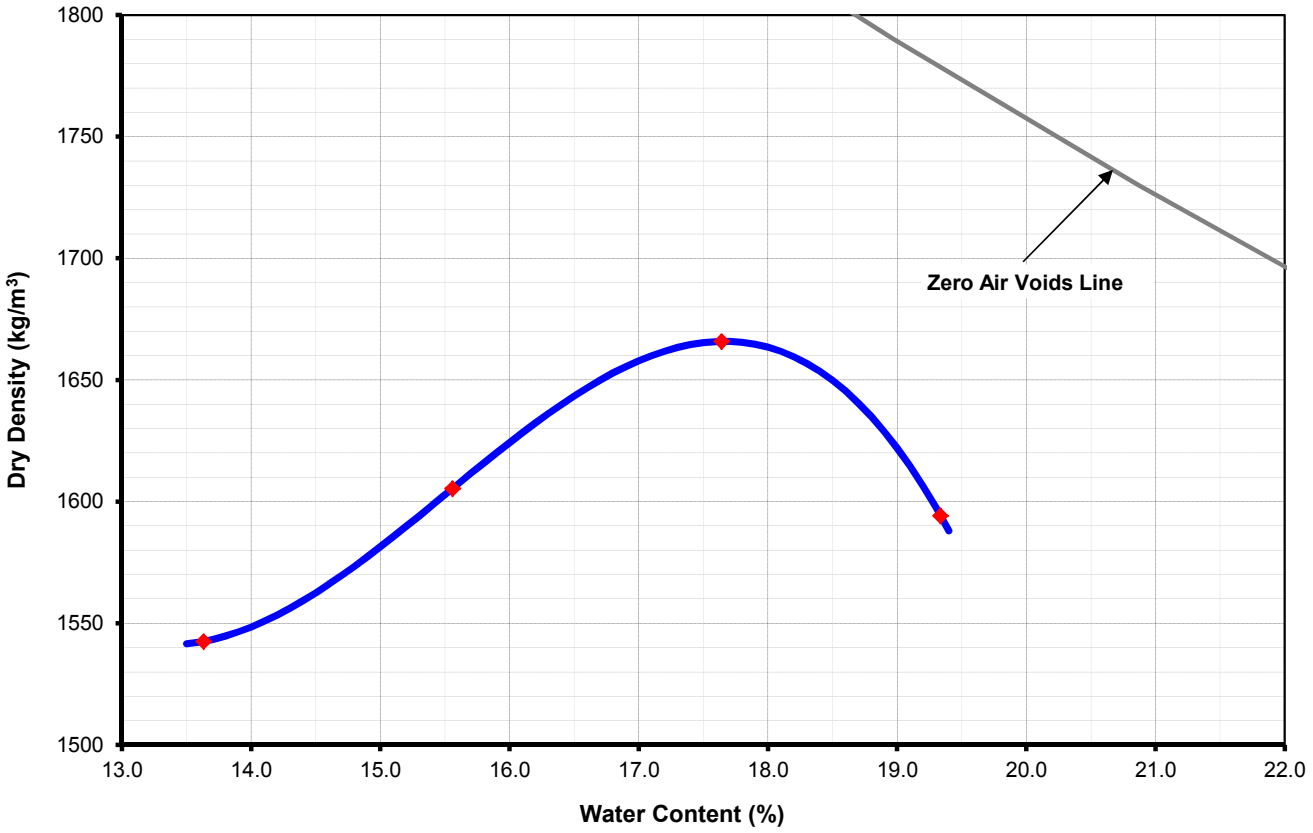
Remarques:

Préparé par: Lynne Geoffré Vérifié par: Benoit Cyr, B.Sc.géologie Date: 2016-10-31

GHD Consultants Ltée. 2385 rue Charbonneau Trois-Rivières Qc G9A 5C9

Standard Proctor Test (ASTM D698)

Client :	Ressources Métanor Inc.	**Lab No :**	WLA 719
Project/Site :	Rehaussement de la cellule no.1 du parc a résidus 200 chemin de la Mine Desmaraisville, Québec	**Project No :**	11128109-A1



Prepared Sample:	Dry	x	Moist	--			Provided G_s:	2.80
ASTM D698 Test Method:	A	x	B	--	C	--	Type of Hammer:	Manual
		4.75 mm		9.50 mm		19.0 mm		

Soil Type:	SILT, trace sand, trace gravel
Material:	Mine tailings
Proposed Use:	-
Sample Identification:	-
Sample Location:	-
Aggregate Supplier / Pit Name:	-
Sample Date:	n/a
Sampled By:	Client

Max. Dry Density:	**1666**	**kg/m^3**
Optimum Moisture:	**17.7**	**%**
% Retained on 4.75 mm:	**0.2**	**%**
Corrected Dry Density:	**1666**	**kg/m^3**
Corrected Opt. Moist.:	**17.7**	**%**

Remarks :

Performed by :	Blayne Stantic	**Date :**	November 14, 2016
Verified by :	Abdul Hafeez Khan, P.Eng.; Laboratory Manager	**Date :**	November 15, 2016

Direct Shear Test of Soils under Consolidated Drained Conditions
(ASTM 3080-11)

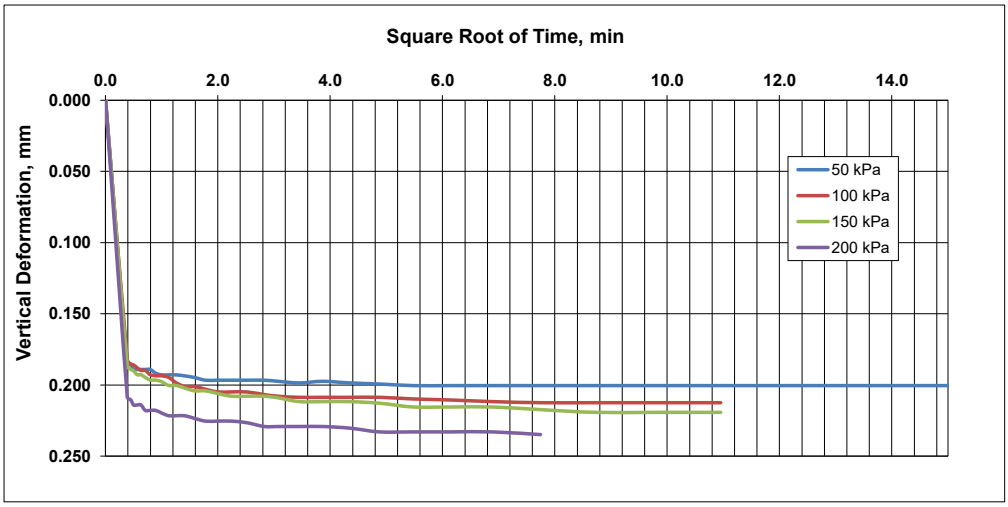
CLIENT:	Ressources Métanor	**LAB NO.:**	WLA 719
PROJECT/ SITE:	Rehaussement de la cellule no.1 du parc a residus, 200 Chemin de la Mine Demaraisville, Québec	**PROJECT NO.:**	11128109-A1

BH No.	-
Sample No.	-
Depth, m	-
Sampling Date	-
Sample Description	**SILT, trace sand, trace gravel**

Specimen Parameters					
Before Test		***50 kPa***	***100 kPa***	***150 kPa***	***200 kPa***
Area	cm^2	*36.0*	*36.0*	*36.0*	*36.0*
Height	cm	*2.0*	*2.0*	*2.0*	*2.0*
Volume	cm^3	72.0	72.0	72.0	72.0
Wet Mass	g	*150.3*	*147.6*	*149.3*	*148.2*
Moisture Content	%	*19.1*	*18.8*	*19.3*	*19.0*
Wet Density	kg/m^3	*2088*	*2050*	*2074*	*2059*
Dry Density	kg/m^3	*1752*	*1726*	*1738*	*1731*
Specific Gravity		*2.80*	*2.80*	*2.80*	*2.80*
Void Ratio		*0.60*	*0.62*	*0.61*	*0.62*
Degree of Saturation		*89.7*	*84.5*	*88.6*	*85.9*
Height of the specimen after consolidation, cm		*1.98*	*1.98*	*1.98*	*1.98*
Volume change due to the consolidation, cm3		*0.8*	*0.8*	*0.8*	*0.8*

Before Shear					
Volume	cm^3	71.2	71.2	71.2	71.2
Dry Density	kg/m^3	*1772*	*1745*	*1757*	*1751*

Shear parameters		***50 kPa***	***100 kPa***	***150 kPa***	***200 kPa***
Normal Stress	kPa	*50.0*	*100.0*	*150.0*	*200.0*
Shear Stress	kPa	*71.0*	*89.1*	*111.3*	*138.1*
Strain at failure	%	*3.1*	*8.6*	*4.9*	*6.3*
Rate of strain	%/min	*0.02*	*0.02*	*0.02*	*0.02*

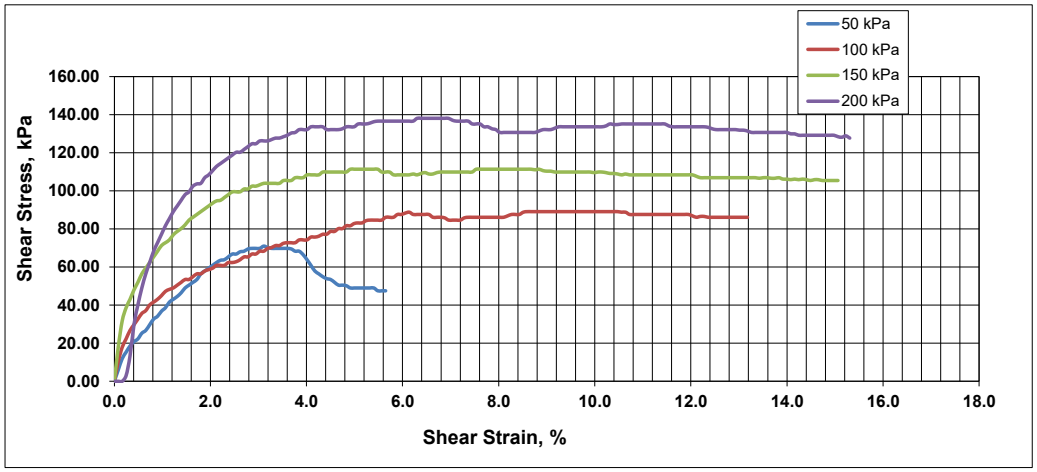


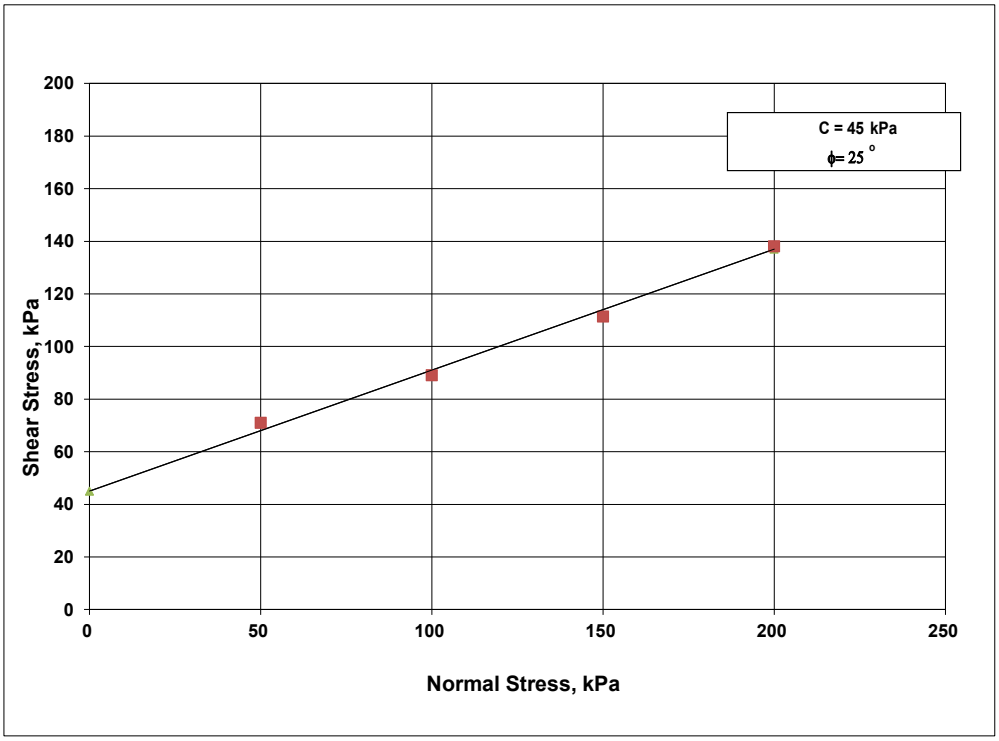
REMARKS

Performed by	S Segura	**DATE:**	Nov 15-23 2016
Verified by	Michael Braverman	**DATE:**	23-Nov-16

CLIENT:	Ressources Métanor	**LAB NO.:**	WLA 719
PROJECT/ SITE:	Rehaussement de la cellule no.1 du parc a residus, 200 Chemin de la Mine Demaraisville, Québec	**PROJECT NO.:**	11128109-A1

BH No.	-
Sample No.	-
Depth, m	-
Sampling Date	-
Sample Description	**SILT, trace sand, trace gravel**





REMARKS :

Performed by :	S Segura	**DATE:**	Nov 15-23 2016
Verified by :	Michael Braverman	**DATE:**	November 23, 2016

CONSOLIDATED UNDRAINED TRIAXIAL COMPRESSION TEST
FOR COHESIVE SOILS (ASTM D4767 - 11)

CLIENT:	Ressources Métanor	**LAB No.:**	WLA719
PROJECT/ SITE:	Rehaussement de la cellule no.1 du parc a résidus 200 chemin de la Mine Desmaraisville, Québec	**PROJECT No.:**	11128109-A1

BH No.	-
Sample ID	-
Depth, m	-
Sampling Date	-
Sample Description	**SILT, trace sand, trace gravel**

Vertical strain at failure taken based on **Maximum Stress Ratio**

Specimen Parameters

Initial		***Specimen A***	***Specimen B***	***Specimen C***	***Specimen D***
Specimen Depth	m	-	-	-	-
Diameter	cm	*3.80*	*3.80*	*3.80*	*3.80*
Height	cm	*8.00*	*8.00*	*8.00*	*8.00*
Height-to-Diameter Ratio		*2.1*	*2.1*	*2.1*	*2.1*
Volume	cm^3	90.7	90.7	90.7	90.7
Wet Mass	g	*181.0*	*181.0*	*182.4*	*182.3*
Dry Density	kg/m^3	*1680*	*1683*	*1681*	*1698*
Water Content	%	*18.7*	*18.5*	*19.6*	*18.3*
Specific Gravity		*2.80*	*2.80*	*2.80*	*2.80*
Void Ratio		*0.67*	*0.66*	*0.67*	*0.65*
Degree of Saturation	%	*79*	*78*	*82*	*79*
B-Value at end of Saturation		*0.93*	*0.93*	*1.01*	*0.91*
Volume change due to the consolidation, cm^3		*0.0*	*0.5*	*1.0*	*0.6*
Before Shear					
Volume	cm^3	90.7	90.2	89.7	90.1
Wet Mass	g	*179.4*	*179.5*	*181.2*	*181.7*
Dry Density	kg/m^3	*1680*	*1692*	*1700*	*1710*
Water Content	%	*17.7*	*17.6*	*18.8*	*17.9*
Void Ratio		*0.67*	*0.65*	*0.65*	*0.64*

		Specimen A	***Specimen B***	***Specimen C***	***Specimen D***
Cell pressure	kPa	601.1	600.3	600.4	601
Back pressure	kPa	549.9	501.5	463.1	411.7
Consolidation stress	kPa	51.2	98.8	137.3	189.3
Rate of strain	%/hour	0.8	0.7	0.8	0.7
Vertical strain at failure	%	2.50	3.00	3.50	4.00
Deviator stress at failure	kPa	671	419	778	915
Excess pore pressure at failure	kPa	-93.5	3.8	-48.2	-47.7
A_f coefficient		-0.14	0.01	-0.06	-0.05

Total Stresses		***Specimen A***	***Specimen B***	***Specimen C***	***Specimen D***
Minor principal stress, σ_3	kPa	51.2	98.8	137.3	189.3
Major principal stress, σ_1	kPa	722.1	517.4	915.6	1104.0
Radius, $(\sigma_1-\sigma_3)/2$	kPa	335.4	209.3	389.2	457.3
Intersection point, $(\sigma_1+\sigma_3)/2$	kPa	386.6	308.1	526.5	646.6

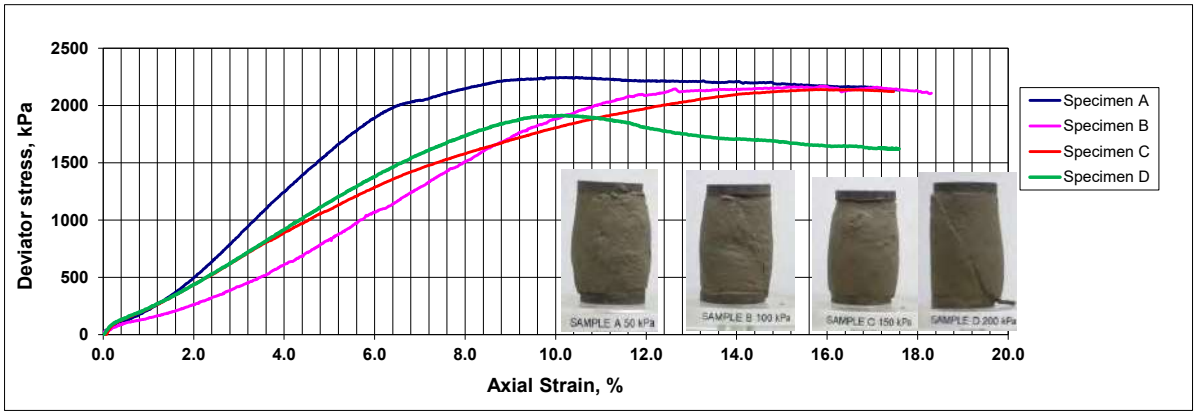
Effective Stresses		***Specimen A***	***Specimen B***	***Specimen C***	***Specimen D***
Minor principal stress, σ'_3	kPa	144.7	95	185.5	237
Major principal stress, σ'_1	kPa	815.6	513.6	963.8	1151.7
Radius, $(\sigma'_1-\sigma'_3)/2$	kPa	335.4	209.3	389.2	457.3
Intersection point, $(\sigma'_1+\sigma'_3)/2$	kPa	480.1	304.3	574.7	694.3
Shear Termination Criteria		Maximum Stress Ratio			

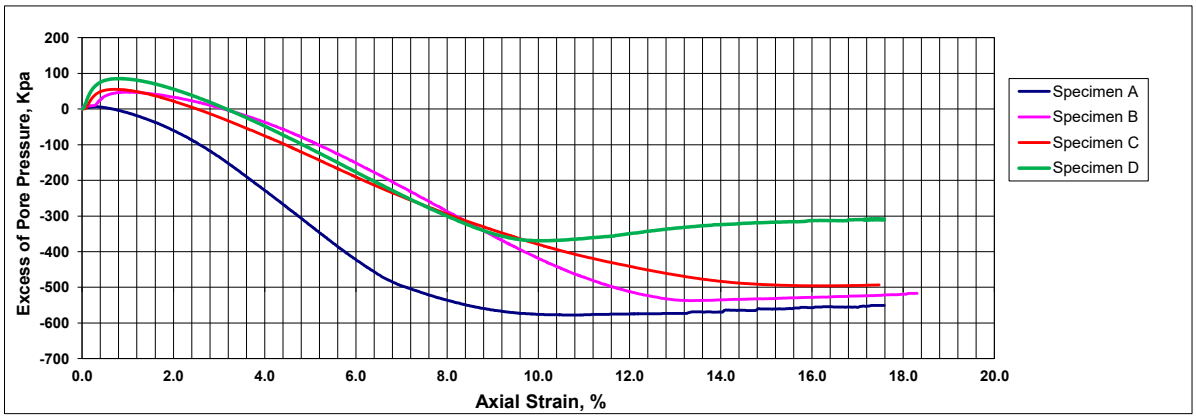
REMARKS:

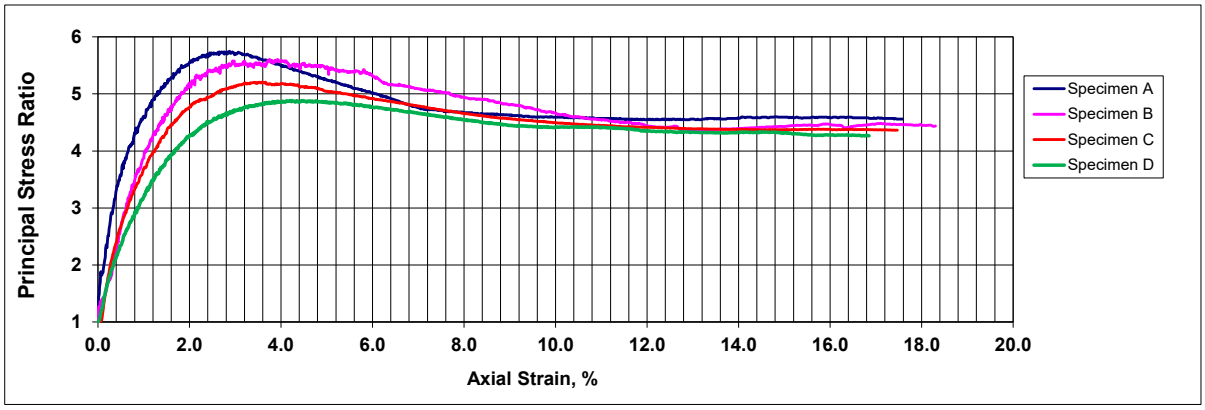
PERFORMED BY:	S.Segura	**DATE:**	Nov 16 - Nov 24, 2016
VERIFIED BY:	Michael Braverman	**DATE:**	24-Nov-16

CLIENT:	Ressources Métanor	**LAB No.:**	WLA719
PROJECT/ SITE:	Rehaussement de la cellule no.1 du parc a résidus 200 chemin de la Mine Desmaraisville, Québec	**PROJECT No.:**	11128109-A1

BH No.	**-**
Sample ID	**-**
Depth, m	**-**
Sampling Date	**-**
Sample description	**SILT, trace sand, trace gravel**





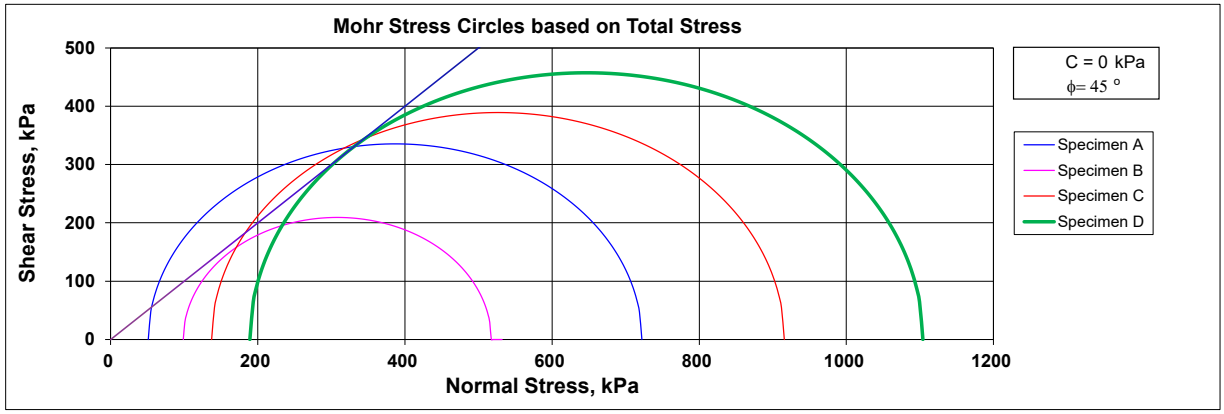


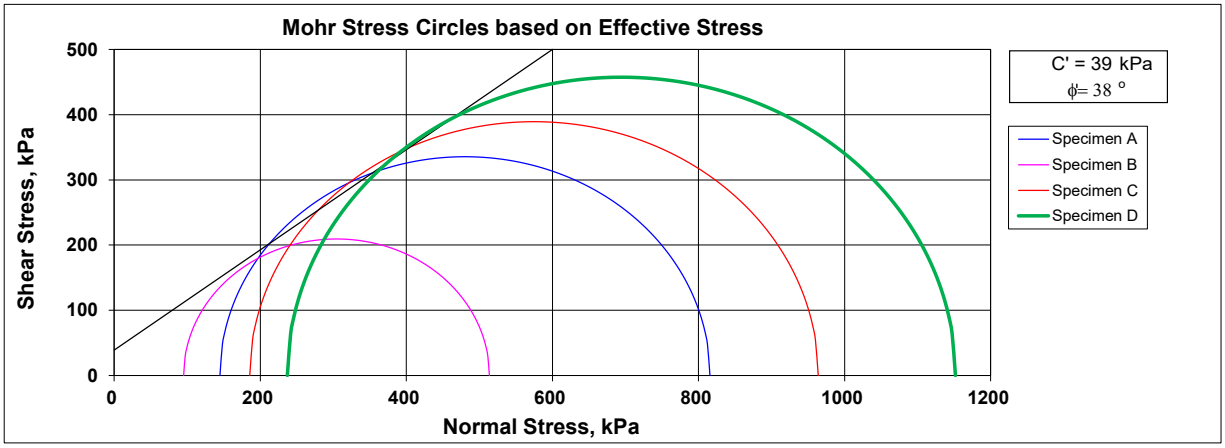
REMARKS:

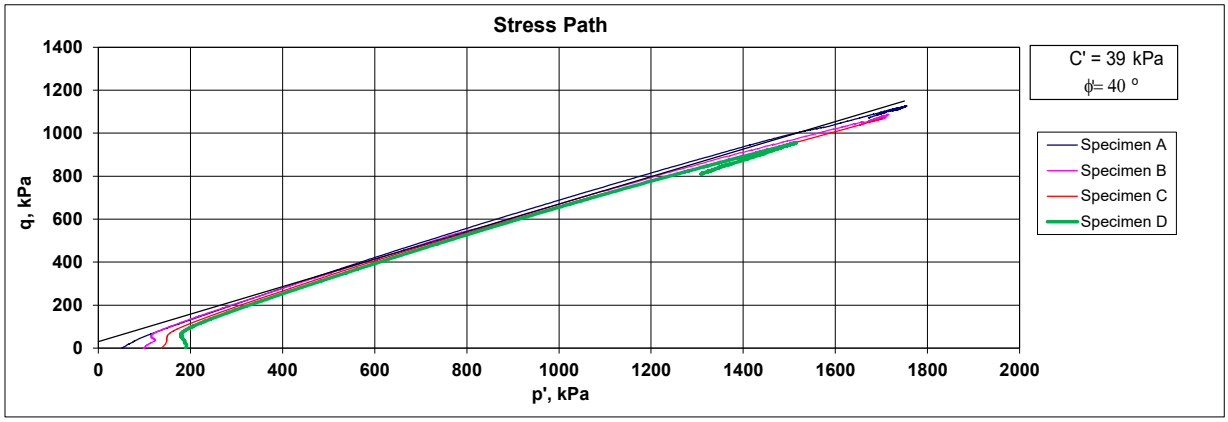
PERFORMED BY:	S.Segura	**DATE:**	Nov 16 - Nov 24, 2016
VERIFIED BY:	Michael Braverman	**DATE:**	24-Nov-16

CLIENT:	Ressources Métanor	**LAB No.:**	WLA719
PROJECT/ SITE:	Rehaussement de la cellule no.1 du parc a résidus 200 chemin de la Mine Desmaraisville, Québec	**PROJECT No.:**	11128109-A1

BH No.	**-**
Sample ID	**-**
Depth, m	**-**
Sampling Date	**-**
Sample description	**SILT, trace sand, trace gravel**







REMARKS:

PERFORMED BY:	S.Segura	**DATE:**	Nov 16 - Nov 24, 2016
VERIFIED BY:	Michael Braverman	**DATE:**	24-Nov-16

HYDRAULIC CONDUCTIVITY OF SATURATED POROUS MATERIALS (ASTM D5084)

CLIENT:	Ressources Métanor	**LAB No.:**	WLA-719
PROJECT/ SITE:	Rehaussement de la cellule no.1 du parc a residus, 200 chemin de la mine Desmaraisville, Québec	**PROJECT No.:**	11128109-A1

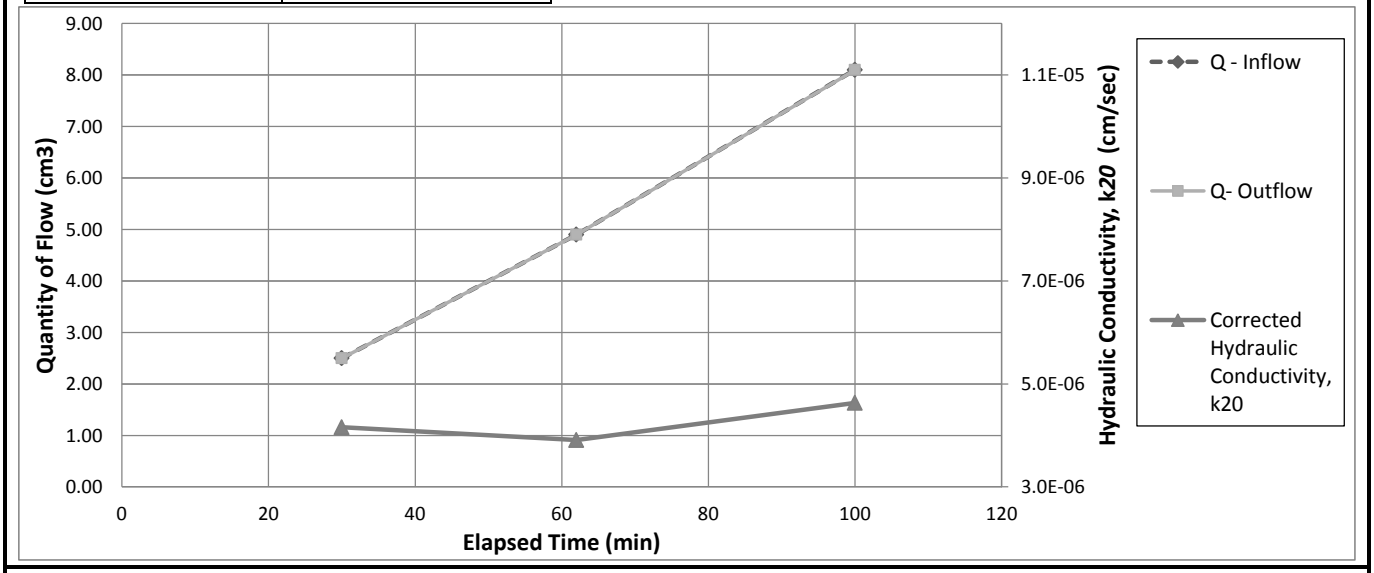
Sample Location:	-	**Sampled By:**	Client
Sample Height/Depth:	-	**Date Sampled:**	-
Sample Identification:	-	**Date Tested:**	Nov 15 - Nov 21, 2016

Method C- Falling Head, Rising Tailwater Elevation

Sample Description:	**SILT, trace sand, trace gravel - mine tailings**

Specimen Parameters	**Initial**	**Final**
Diameter, cm	3.8	
Length, cm	4.0	
Volume, cm^3	44.2	
Wet Mass, g	91.2	
Dry Density, kg/m^3	1744	1826
Moisture, %	18.4	18.3
Specific Gravity	2.8	
Degree of Saturation, %	85	96
Largest Particle Size, mm	4.75	

Permeation Condition	
Cell Pressure, kPa	420.0
Head Pressure, kPa	403.3
Back Pressure, kPa	392.0
B - Value	0.98
Effective Consolidation Pressure, kPa	25.50
Volume under Steady Flow, cm^3	8.1
Hydraulic Gradient, *i*	28.8
Hydraulic Conductivity, k_{20}, cm/sec	**4.0E-06**



REMARKS:

PERFORMED BY:	S.Segura	**DATE:**	November 15, 2016
VERIFIED BY:	Michael Braverman	**DATE:**	November 21, 2016

Annexe F
Papiers d’enregistrement du scissomètre de chantier

RÉSISTANCE AU CISAILLEMENT AU SCISSOMÈTRE

CLIENT: WSP Canada inc.
PROJET: 11128109-A1
Appareil Nilcon Vane Borer M-1000
Facteur (K): 1.0342

Constante des palettes (C):

Grandes:	0.5
Moyennes:	1.0
Petites:	2.0

Formules:
a = Ms - Mf (cm)
Cu = 9.80665*C*K*a (Kpa)

No Sondage	**Profondeur (m)**	**Ms - Mf (cm)**	**Cu (kPa)**
S-A-1	9.18	9.2	46.7
	9.68	9.1	46.1
	10.18	6.7	34.0
	10.68	6.5	33.0
	11.18	8.4	42.6
	11.42	9.6	48.7


SAI
SAI
11176109-A1
METANDON
GM-4611005
K-0.993-T
G. PALETTE
11.02
9.18m
9.68
10.18
10.18 R
10.69
81.11
81.11 R

RÉSISTANCE AU CISAILLEMENT AU SCISSOMÈTRE

CLIENT: WSP Canada inc.
PROJET: 11128109-A1
Appareil Nilcon Vane Borer M-1000
Facteur (K): 1.0342

Constante des palettes (C):

Grandes:	0.5
Moyennes:	1.0
Petites:	2.0

Formules:
a = Ms - Mf (cm)
Cu = 9.80665*C*K*a (Kpa)

No Sondage	**Profondeur (m)**	**Ms - Mf (cm)**	**Cu (kPa)**
F-A-2	9.6	9.5	96.3
	10.1	6.8	69.0
	10.6	3.7	37.5
	11.1	3.8	38.5
	11.6	3.6	36.5
	12.02	5	50.7

11.10
10.10
10.10
9.60
12.02
9.11
FA2
FA1
FA
FA movement
1.1 W
Y - 0116162
SW - 1169 - 245
1169 - 0116237
W movement
A1 - 6019211

RÉSISTANCE AU CISAILLEMENT AU SCISSOMÈTRE

CLIENT: WSP Canada inc.
PROJET: 11128109-A1
Appareil Nilcon Vane Borer M-1000
Facteur (K): 1.0342

Constante des palettes (C):

Grandes:	0.5
Moyennes:	1.0
Petites:	2.0

Formules:
a = Ms - Mf (cm)
Cu = 9.80665*C*K*a (Kpa)

No Sondage	**Profondeur (m)**	**Ms - Mf (cm)**	**Cu (kPa)**
F-A-3-2016	5.1	5.5	55.8
	5.57	3	30.4
	6.07	2.1	21.3
	6.57	1.8	18.3
	7.07	2	20.3
	7.37	9.4	95.3



RÉSISTANCE AU CISAILLEMENT AU SCISSOMÈTRE

CLIENT: WSP Canada inc.
PROJET: 11128109-A1
Appareil Nilcon Vane Borer M-1000
Facteur (K): 1.0342

Constante des palettes (C):

Grandes:	0.5
Moyennes:	1.0
Petites:	2.0

Formules:
a = Ms - Mf (cm)
Cu = 9.80665*C*K*a (Kpa)

No Sondage	**Profondeur (m)**	**Ms - Mf (cm)**	**Cu (kPa)**
F-E-1	9.82	9.1	46.1
	10.32	5.1	25.9
	11.32	4.5	22.8
	12.32	5.2	26.4
	13.32	5.8	29.4
	14.32	5.3	26.9

11,32
12,32 R
12,32
10,32 R
10,32
23,8
13,32
14,32
14,32
FEI
METANOR
SN - 4611009
K - 0,9937
Gnossienne
Zeiss
FA 1,M

RÉSISTANCE AU CISAILLEMENT AU SCISSOMÈTRE

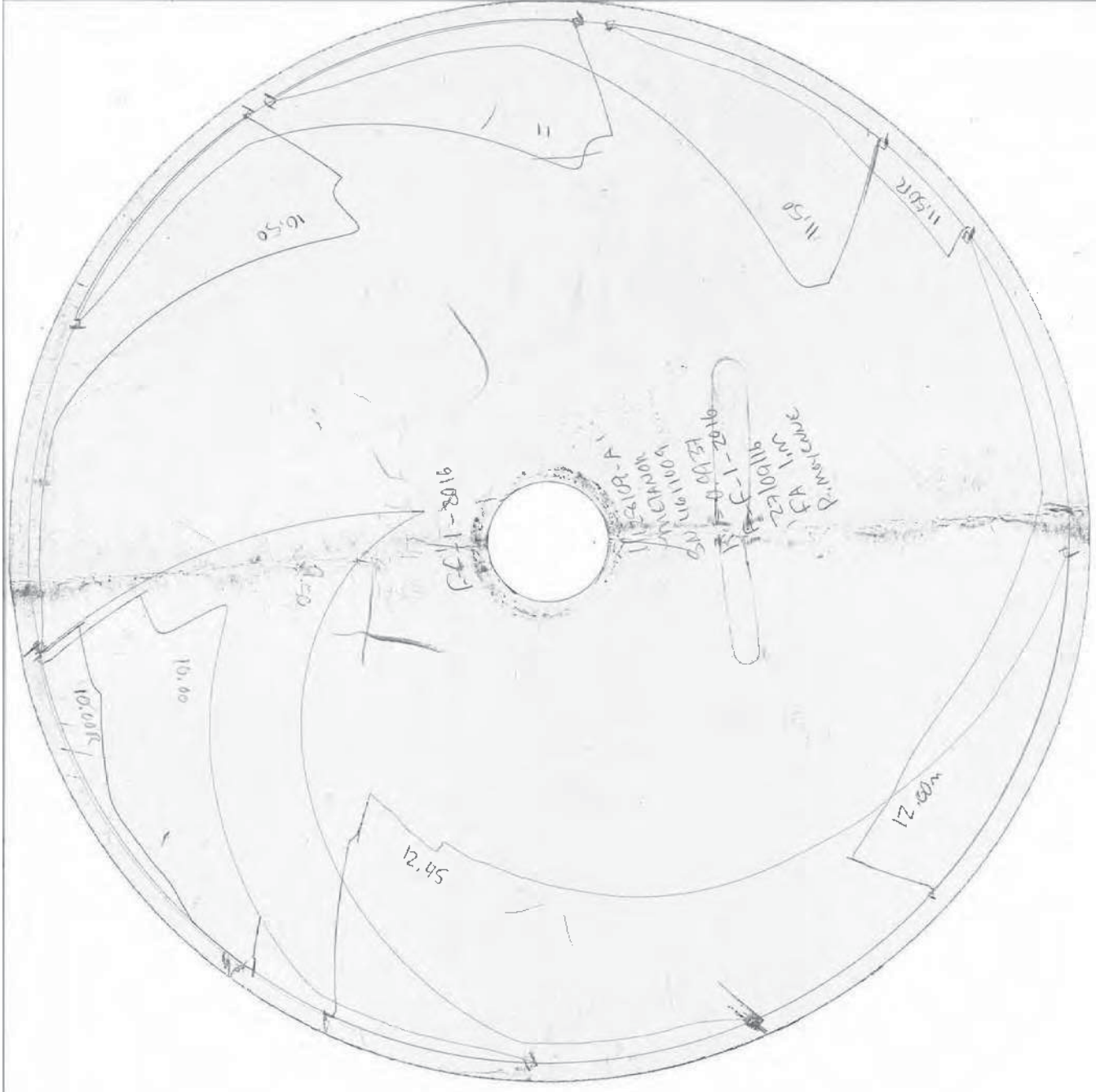
CLIENT: WSP Canada inc.
PROJET: 11128109-A1
Appareil Nilcon Vane Borer M-1000
Facteur (K): 1.0342

Constante des palettes (C):

Grandes:	0.5
Moyennes:	1.0
Petites:	2.0

Formules:
a = Ms - Mf (cm)
Cu = 9.80665*C*K*a (Kpa)

No Sondage	**Profondeur (m)**	**Ms - Mf (cm)**	**Cu (kPa)**
F-F-1-2016	9.5	9.3	94.3
	10	4.5	45.6
	10.5	3.7	37.5
	11	3.2	32.5
	11.5	3.4	34.5
	12	1.4	14.2
	12.45	4.7	47.7


11
10.50
11.50R
10.00
10.00R
12.45
12.50R

Annexe G
Synthèse de la stratigraphie *(tableau A)*

Tableau A Synthèse de la stratigraphie (m)

Secteur du projet	Sondage no	Élévation de la surface	Remblai	Résidus	Sols organiques		Couche de silt		Dépôt d'argile		Dépôt de till		Fin du sondage	
			Épaisseur	Épaisseur	Profondeur	Élévation	Profondeur	Élévation	Profondeur	Élévation	Profondeur	Élévation	Profondeur	Élévation
Digue médiane	F-A-2-2016	331,65	8,48	--	8,48	323,17	8,54	323,11	9,23	322,42	12,19	319,46	17,42	314,23
	F-A-3-2016	326,59	0,76	2,29	3,05	323,54	3,30	323,29	4,50	322,09	8,33	318,26	12,40	314,19
	F-F-1-2016	331,54	8,93	--	--	--	--	--	8,93	322,61	12,45	319,09	15,49	316,05
Cellule no 1	F-A-1-2016	332,03	0,61	6,10	6,71	325,32	--	--	7,47	324,56	11,43	320,60	15,33	316,70
	F-E-1-2016	331,49	3,05	6,10	9,15	322,34	--	--	9,31	322,18	14,48	317,01	17,49	314,00
	SCPTU-A1	nd	nd	± 6,2	± 7,0	nd	--	--	± 7,4	nd	± 11,3	nd	11,62	nd
	CPTU-A3	nd	nd	± 6,0	± 6,8	nd	--	--	± 7,0	nd	± 11,4	nd	12,98	nd
	CPTU-A4	nd	nd	± 6,0	± 6,8	nd	--	--	± 7,0	nd	± 11,0	nd	11,89	nd
	CPTU-B1	nd	nd	± 7,0	± 7,6	nd	--	--	± 8,0	nd	± 11,2	nd	12,22	nd
	CPTU-B2	nd	nd	± 6,0	± 6,7	nd	--	--	± 7,0	nd	± 11,2	nd	11,35	nd
	CPTU-B3	nd	nd	± 4,5	--	--	--	--	± 5,0	nd	± 9,2	nd	9,58	nd
	CPTU-C1	nd	nd	± 6,2	--	--	--	--	± 7,0	nd	± 17,4	nd	18,06	nd
	CPTU-C3	nd	nd	± 6,5	± 6,8	nd	--	--	± 7,0	nd	± 16,8	nd	17,83	nd
	CPTU-E2	nd	nd	± 6,5	± 7,4	nd	--	--	± 9,0	nd	± 17,2	nd	18,91	nd

Note : -- : unité stratigraphique non rencontrée
nd : information non disponible

Annexe H
Localisation des sondages
(dessin no 11128109-A1-1)



PLAN CLÉ

BASSIN DE SÉDIMENTATION

F-A-3-2016
ÉL. 326,59

F-A-2-2016
ÉL. 331,65

CPTU-A-3-2016

CPTU-A-4-2016

F-F-1-2016
ÉL. 331,54

ENV-F1
ÉL. 332,03

CPTU-A-1-2016

F-A-1-2016
ÉL. 332,03

CPTU-E-2-2016

F-E-1-2016
ÉL. 331,49

ENV-F2
ÉL. 331,18

BASSIN PRINCIPAL

VERS ROUTE PROVINCIALE

CPTU-B-1-2016

PARC À RÉSIDUS
CELLULE #1

CPTU-B-2-2016

CPTU-B-3-2016

ENV-F9

CPTU-C-3-2016

CPTU-C-1-2016

ENV-F8
ÉL. 331,58

ENV-F7
ÉL. 332,48

ENV-F6
ÉL. 331,61

PARC À RÉSIDUS
CELLULE #2

ENV-F5
ÉL. 331,74

ENV-F4
ÉL. 332,37

PARC À RÉSIDUS
CELLULE #3

ENV-P3
ÉL. 331,96

Source: **Données cartographiques © 2015 Google ou Image © 2015 Google, DigitalGlobe.**

LÉGENDE

F-A-1-2016 ÉL. 332,03	FORAGE ET NUMÉRO ÉLÉVATION DE LA SURFACE DU SOL (m)
ENV-F3 ÉL. 331,96	FORAGE ENVIRONNEMENTAL ET NUMÉRO ÉLÉVATION DE LA SURFACE DU SOL (m)
CPTU-B-2-2016	SONDAGE AU PIÉZOCÔNE ET NUMÉRO

ÉCHELLE = 1:2500

0 25 50 75m

Dessin par: J. SANTOS / Y. DESJARDINS

Dessin vérifié: L. MAURE

RESSOURCES MÉTANOR
200, CHEMIN DE LA MINE, DESMARAISVILLE, QUÉBEC
REHAUSSEMENT DE LA CELLULE NO 1 DU PARC À RÉSIDUS

ÉTUDE GÉOTECHNIQUE
LOCALISATION DES SONDAGES

11128109-A1
DÉC 2016

11128109-A1-1

Fichier CAD: 11128109a1-dessin1.dwg

www.ghd.com



ANNEXE

E

ÉVALUATION DU POTENTIEL DE LIQUÉFACTION DES RÉSIDUS MINIERS DE LA MINE BACHELOR

Calcul de l'aléa sismique - Code National du Bâtiment 2015

INFORMATION: Canada de l'Est Français (613) 995-0600 Anglais (613) 995-5548 Télécopieur (613) 992-8836
Canada de l'Ouest Anglais (250) 363-6500 Télécopieur (250) 363-6565

December 01 , 2016

Site: 49.4983 N, 76.1408 W Demandeur: Stéphane Côté, WSP

Bibliographie fichier utilisateur: Ressources Méthanor

Mouvements du sol CNB : Probabilité de dépassement de 2% sur 50 ans (0.000404 par année)

Sa(0.05)	Sa(0.1)	**Sa(0.2)**	Sa(0.3)	**Sa(0.5)**	**Sa(1.0)**	**Sa(2.0)**	**Sa(5.0)**	**Sa(10.0)**	**PGA (g)**	**PGV (m/s)**
0.057	0.080	**0.081**	0.073	**0.066**	**0.045**	**0.025**	**0.0063**	**0.0029**	**0.047**	**0.057**

Remarques. Spectral (Sa (T), où T est la période en secondes) et l'accélération maximale du sol (PGA) sont données en unités de g (9.81 m/s^2). La vitesse maximale du sol est donnée en m/s. Les valeurs sont pour la "terre ferme" (CNBC2015 Site Classe C, la vitesse moyenne des ondes de cisaillement de 450 m/s). Les valeurs du CNBC2015 et de CSAS6-14 sont spécifiés en caractères **gras**. Trois périodes supplémentaires sont fournis - leur utilisation est documenté dans les commentaires CNBC2015. Seuls 2 chiffres significatifs doivent être utilisés. ***Ces valeurs ont été interpolées à partir d'une grille de points de 10 km de distance. Selon le gradient des points à proximité, les valeurs peuvent varier. Plus de 95 pour cent des valeurs interpolées sont à 2 pour cent des valeurs calculées.***

Mouvements du sol pour d'autres probabilités :

Probabilité de dépassement par année	0.010	0.0021	0.001
Probabilité de dépassement dans 50 ans	40%	10%	5%
Sa(0.05)	0.0090	0.023	0.034
Sa(0.1)	0.015	0.035	0.051
Sa(0.2)	0.018	0.040	0.055
Sa(0.3)	0.017	0.038	0.051
Sa(0.5)	0.015	0.034	0.047
Sa(1.0)	0.0083	0.022	0.031
Sa(2.0)	0.0037	0.011	0.017
Sa(5.0)	0.0008	0.0027	0.0040
Sa(10.0)	0.0005	0.0012	0.0018
PGA	0.0085	0.021	0.030
PGV	0.0092	0.026	0.038

Bibliographie

Le code national du bâtiment du Canada 2015 NRCC no. 56190F;
Annexe C: Information climatique pour la conception des bâtiments au Canada - table dans l'Annexe C

Manuel d'utilisateur - CNB 2015, Commentaires structuraux CNRC no. xxxxxx (en préparation)
Commentaire J: Conception pour des effets sismiques
Commission Géologique du Canada Dossier public 7893 Cinquième génération du modèle des risques sismiques au Canada: Valeurs de grille pour être utilisés avec le Code national du bâtiment du Canada 2015

Voir les sites webs *www.SeismesCanada.ca* et *www.nationalcodes.ca* pour plus d'information

Also available in english



Client :	Ressource Métanor	Dossier n° :			
Projet n° :	161-07621	Feuille n°	1	of	
Projet :	Mine Bachelor	Preparé par :	SC	Date :	2016-11-25
Objet :	Évaluation du potentiel de liquéfaction du sondage CPTU-A1	Verifié par :	JFSL	Date :	2017-05-19
		Approuvé par :	MS	Date :	2017-05-29

Méthode : Évaluation de la liquéfaction selon la méthode simplifiée (Refs: Youd, T.L. et al., 2001)

CS	Coefficient de sécurité	r_d	Stress reduction factor
$CRR_{7,5}$	Cyclic resistance ratio	z	Depth
CSR	Cyclic stress ratio	z_{eau}	Water table depth
MSF	Magnitude scale factor	P_a	Atmospheric pressure
K_α	Correction factor for sloping ground		
K_σ	Correction factor for overburden stress		
a_{max}/g	Design earthquake loading		
F_a	Amplification factor		
q_c	Cone penetration resistance		
f_s	Sleeve friction resistance		
q_{c1N}	Normalized cone penetration resistance		
$(q_{c1N})_{cs}$	Adjustement for equivalent clean-sand value		
Q, F, n	Dimensioneless parameters		
I_c	Soil behavior type index		
K_c	Correction for grain caracteristics		

$$CS = \left(\frac{CRR_{7,5}}{CSR}\right) \cdot MSF \cdot K\alpha \cdot K\sigma$$

$$CSR = 0{,}65 \cdot \left(\frac{a_{max}}{g}\right) \cdot \left(\frac{\sigma_{vo}}{\sigma'_{vo}}\right) \cdot r_d$$

$$r_d = 1 - 0{,}00765 \cdot z \quad pour\ z \leq 9{,}15\ m$$

$$r_d = 1{,}174 - 0{,}02675 \cdot z \quad pour\ 9{,}15\ m \leq z \leq 23\ m$$

$$I_c = [(3{,}47 - logQ)^2 + (1{,}22 - logF)^2]^{0{,}5}$$

$$Q = \left[\frac{(q_c - \sigma_{v0})}{P_a}\right] \cdot \left[\left(\frac{P_a}{\sigma'_{v0}}\right)^n\right]$$

$$F = \left[\frac{f_s}{q_c - \sigma_{v0}}\right] \cdot 100$$

$$CRR_{7,5} = 0{,}833 \cdot \left[\frac{(q_{c1N})_{cs}}{1000}\right] + 0{,}05 \quad pour\ (q_{c1N})_{cs} < 50$$

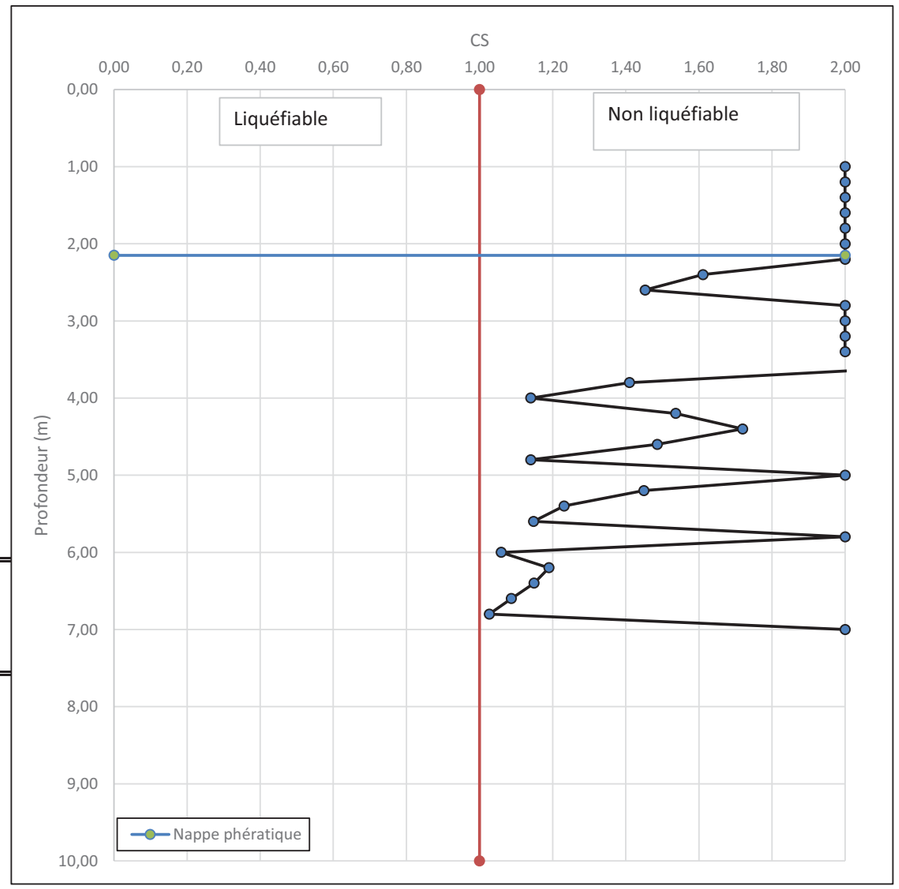
$$CRR_{7,5} = 93 \cdot \left[\frac{(q_{c1N})_{cs}}{1000}\right]^3 + 0{,}08 \quad pour\ 50 \leq (q_{c1N})_{cs} < 160$$

$$q_{c1N} = C_Q\left(\frac{q_c}{P_a}\right) \qquad C_Q = \left(\frac{P_a}{\sigma'_{v0}}\right)^n \leq 1{,}7$$

$$(q_{c1N})_{cs} = K_C \cdot q_{c1N} \qquad Pour\ I_c \leq 1{,}64 \rightarrow K_c = 1{,}0$$

$$K_c = -0{,}403I_c^4 + 5{,}58I_c^3 - 21{,}63I_c^2 + 33{,}75I_c - 17{,}88$$

n	Soil type
1,0	Clay
0,7	Silt
0,5	Sand



Paramètres de conception

Séisme de conceptio	2 500 ans	Classe sol fondation sur le site	E	(Vs 30 = ± 90 à 180 m/s)
Amax (Classe C)	0,047 g	Facteur Amplification	2,1	
		Amax conception	0,0987 g	

Information du site		Stratigraphie					Commentaires
M_w	7,50	Couche N°	Description des matériaux	De (m)	à (m)	Density γ_T (kN/m^3)	Choix du paramètre n: Poser n = 1, si I_c > 2,6, les matériaux sont plastiques et risque liquéfaction faible. Utiliser une autre méthode pour confirmer. Si I_c < 2,6, changer pour n = 0,5. Si ce nouveau I_c est < 2,6, c'est ok, sinon changer n pour 0,7. Si I_c > 2,4, vérifier avec une autre méthode.
$F_a \cdot a_{max}/g$	0,099	1	Résidus minier	0,00	7,00	16,00	
MSF	1,00	2					
P_a (kPa)	100,00	3					
z_{eau} (m)	2,15	4					

Information sur le sondage				CSR					CRR*									Correction		Résultats	
Essai	z (m)	q_c (kPa)	f_s (kPa)	σ_{vo} (kN/m^2)	μ (kPa)	σ'_{vo} (kN/m^2)	r_d	CSR	n	Q	F	I_c	K_c	C_Q	q_{c1N} (kPa)	$(q_{c1N})_{cs}$ (kPa)	$CRR_{7,5}$	Kσ	Kα	CS	Comments: Likely if CS > 0,955
1,00	1,00	2 061	20	16	0	16	0,992	0,064	0,5	51,12	0,96	2,13	1,51	1,70	35	53	0,094	1,0	1,0	NA	Above groundwater level
2,00	1,20	1 172	12	19	0	19	0,991	0,064	0,5	26,31	1,05	2,40	2,29	1,70	20	46	0,088	1,0	1,0	NA	Above groundwater level
3,00	1,40	1 828	17	22	0	22	0,989	0,063	0,5	38,16	0,92	2,23	1,73	1,70	31	54	0,095	1,0	1,0	NA	Above groundwater level
4,00	1,60	2 073	20	26	0	26	0,988	0,063	0,5	40,46	0,96	2,22	1,70	1,70	35	60	0,100	1,0	1,0	NA	Above groundwater level
5,00	1,80	1 781	14	29	0	29	0,986	0,063	0,5	32,64	0,80	2,25	1,80	1,70	30	55	0,095	1,0	1,0	NA	Above groundwater level
6,00	2,00	2 232	12	32	0	32	0,985	0,063	0,5	38,89	0,57	2,12	1,48	1,70	38	56	0,096	1,0	1,0	NA	Above groundwater level
7,00	2,20	1 609	32	35	0	35	0,983	0,064	0,7	33,02	2,06	2,48	2,67	1,70	27	73	0,116	1,0	1,0	NA	Use another method
8,00	2,40	2 165	40	38	2	36	0,982	0,067	1,0	59,17	1,90	2,26	1,83	1,70	37	67	0,108	1,0	1,0	1,61	Not likely
9,00	2,60	2 266	17	42	4	37	0,980	0,070	0,5	36,48	0,77	2,21	1,67	1,64	37	62	0,102	1,0	1,0	1,45	Not likely
10,00	2,80	1 738	29	45	6	38	0,979	0,073	0,7	33,08	1,69	2,43	2,42	1,70	30	71	0,114	1,0	1,0	NA	Use another method
11,00	3,00	740	33	48	8	40	0,977	0,076	1,0	17,44	4,77	2,93	5,95	1,70	13	75	0,119	1,0	1,0	NA	Use another method
12,00	3,20	1 137	30	51	10	41	0,976	0,078	1,0	26,55	2,79	2,64	3,55	1,70	19	69	0,110	1,0	1,0	NA	Use another method
13,00	3,40	2 413	122	54	12	42	0,974	0,081	0,5	36,34	5,16	2,72	4,10	1,54	37	152	0,410	1,0	1,0	NA	Use another method
14,00	3,60	3 244	64	58	14	43	0,972	0,083	0,5	48,38	2,00	2,35	2,09	1,52	49	103	0,181	1,0	1,0	2,19	Not likely
15,00	3,80	3 295	30	61	16	45	0,971	0,085	0,5	48,42	0,92	2,14	1,53	1,50	49	75	0,120	1,0	1,0	1,41	Not likely
16,00	4,00	2 651	15	64	18	46	0,969	0,087	0,5	38,20	0,59	2,13	1,50	1,48	39	59	0,099	1,0	1,0	1,14	Not likely
17,00	4,20	4 318	37	67	20	47	0,968	0,089	0,5	61,95	0,86	2,04	1,34	1,46	63	85	0,136	1,0	1,0	1,54	Not likely
18,00	4,40	4 891	46	70	22	48	0,966	0,090	0,5	69,35	0,96	2,02	1,32	1,44	70	93	0,155	1,0	1,0	1,72	Not likely
19,00	4,60	4 283	39	74	24	50	0,965	0,092	0,5	59,79	0,93	2,07	1,39	1,42	61	85	0,137	1,0	1,0	1,49	Not likely

Client :	Ressource Métanor	Dossier n° :			
Projet n° :	161-07621	Feuille n°	1	of	
Projet :	Mine Bachelor	Preparé par :	SC	Date :	#########
Objet :	Évaluation du potentiel de liquéfaction du sondage CPTU-A1	Verifié par :	JFSL	Date :	#########
		Approuvé par :	MS	Date :	#########

Méthode : Évaluation de la liquéfaction selon la méthode simplifiée (Refs: Youd, T.L. et al., 2001)

CS	Coefficient de sécurité	r_d	Stress reduction factor
$CRR_{7,5}$	Cyclic resistance ratio	z	Depth
CSR	Cyclic stress ratio	z_{eau}	Water table depth
MSF	Magnitude scale factor	P_a	Atmospheric pressure
K_α	Correction factor for sloping ground		
K_σ	Correction factor for overburden stress		
a_{max}/g	Design earthquake loading		
F_a	Amplification factor		
q_c	Cone penetration resistance		
f_s	Sleeve friction resistance		
q_{c1N}	Normalized cone penetration resistance		
$(q_{c1N})_{cs}$	Adjustement for equivalent clean-sand value		
Q, F, n	Dimensioneless parameters		
I_c	Soil behavior type index		
K_c	Correction for grain caracteristics		

$$CS = \left(\frac{CRR_{7,5}}{CSR}\right) \cdot MSF \cdot K\alpha \cdot K\sigma$$

$$CSR = 0{,}65 \cdot \left(\frac{a_{max}}{g}\right) \cdot \left(\frac{\sigma_{vo}}{\sigma'_{vo}}\right) \cdot r_d$$

$$r_d = 1 - 0{,}00765 \cdot z \quad pour\ z \leq 9{,}15\ m$$

$$r_d = 1{,}174 - 0{,}02675 \cdot z \quad pour\ 9{,}15\ m \leq z \leq 23\ m$$

$$I_C = [(3{,}47 - logQ)^2 + (1{,}22 - logF)^2]^{0{,}5}$$

$$Q = \left[\frac{(q_c - \sigma_{v0})}{P_a}\right] \cdot \left[\left(\frac{P_a}{\sigma'_{v0}}\right)^n\right]$$

$$F = \left[\frac{f_s}{q_c - \sigma_{v0}}\right] \cdot 100$$

$$CRR_{7,5} = 0{,}833 \cdot \left[\frac{(q_{c1N})_{cs}}{1000}\right] + 0{,}05 \quad pour\ (q_{c1N})_{cs} < 50$$

$$CRR_{7,5} = 93 \cdot \left[\frac{(q_{c1N})_{cs}}{1000}\right]^3 + 0{,}08 \quad pour\ 50 \leq (q_{c1N})_{cs} < 160$$

$$q_{c1N} = C_Q \left(\frac{q_c}{P_a}\right) \qquad C_Q = \left(\frac{P_a}{\sigma'_{v0}}\right)^n \leq 1{,}7$$

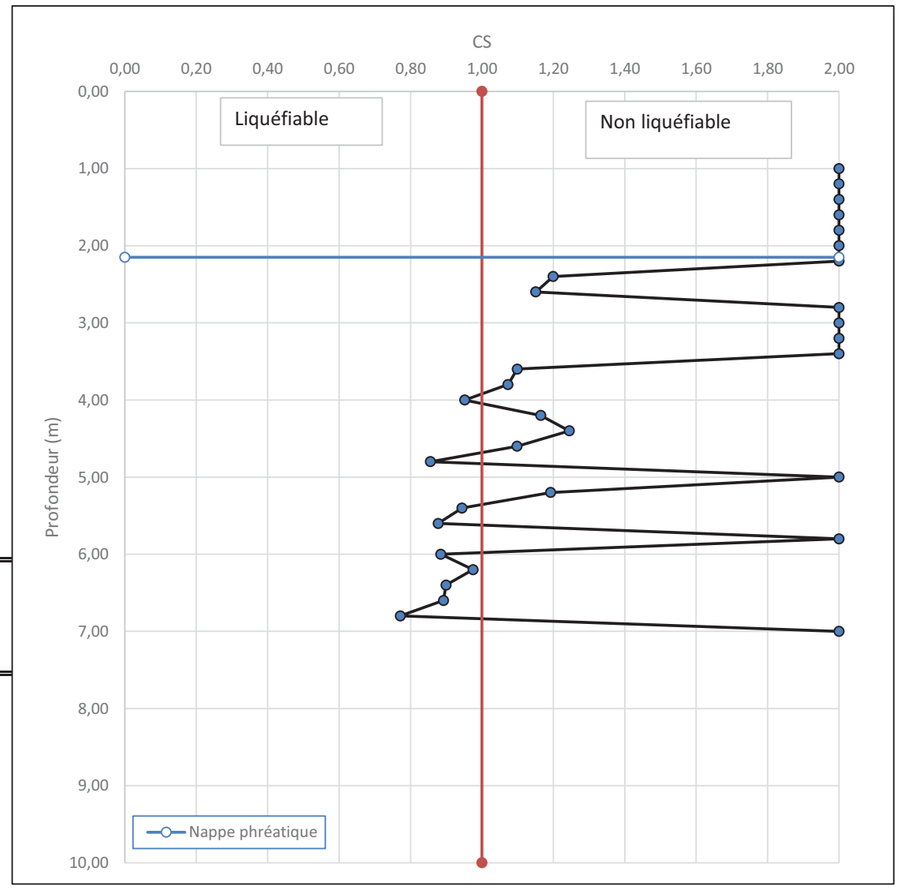
$$(q_{c1N})_{cs} = K_C \cdot q_{c1N} \qquad Pour\ I_c \leq 1{,}64 \rightarrow K_c = 1{,}0$$

$$K_c = -0{,}403I_c^4 + 5{,}58I_c^3 - 21{,}63I_c^2 + 33{,}75I_c - 17{,}88$$

n	Soil type
1,0	Clay
0,7	Silt
0,5	Sand

Paramètres de conception

Séisme de conceptio	2 500 ans	Classe sol fondation sur le site	E	(Vs 30 = ± 90 à 180 m/s)
Amax (Classe C)	0,047 g	Facteur Amplification	2,1	
		Amax conception	0,0987 g	



Information du site		Stratigraphie					Commentaires
M_w	7,50	Couche N°	Description des matériaux	De (m)	à (m)	Density γ_T (kN/m^3)	Choix du paramètre n: Poser n = 1, si I_c > 2,6, les matériaux sont plastiques et risque liquéfaction faible. Utiliser une autre méthode pour confirmer. Si I_c < 2,6, changer pour n = 0,5. Si ce nouveau I_c est < 2,6, c'est ok, sinon changer n pour 0,7. Si I_c > 2,4, vérifier avec une autre méthode.
$F_a \cdot a_{max}/g$	0,099	1	Résidus minier	0,00	7,00	16,00	
MSF	1,00	2					
P_a (kPa)	100,00	3					
z_{eau} (m)	2,15	4					

Information sur le sondage				CSR					CRR*									Correction		Résultats	
Essai	z (m)	q_c (kPa)	f_s (kPa)	σ_{vo} (kN/m^2)	μ (kPa)	σ'_{vo} (kN/m^2)	r_d	CSR	n	Q	F	I_c	K_c	c_Q	q_{c1N} (kPa)	$(q_{c1N})_{cs}$ (kPa)	$CRR_{7,5}$	$K\sigma$	$K\alpha$	CS	Comments: Likely if CS > 0,955
1,00	1,00	2 061	20	16	0	16	0,992	0,064	0,5	51,12	0,96	2,13	1,51	1,70	35	~~53~~	0,079	~~1,0~~	~~1,0~~	NA	Above groundwater level
2,00	1,20	1 172	12	19	0	19	0,991	0,064	0,5	26,31	1,05	2,40	2,29	1,70	20	~~46~~	0,067	~~1,0~~	~~1,0~~	NA	Above groundwater level
3,00	1,40	1 828	17	22	0	22	0,989	0,063	0,5	38,16	0,92	2,23	1,73	1,70	31	~~54~~	0,076	~~1,0~~	~~1,0~~	NA	Above groundwater level
4,00	1,60	2 073	20	26	0	26	0,988	0,063	0,5	40,46	0,96	2,22	1,70	1,70	35	~~60~~	0,079	~~1,0~~	~~1,0~~	NA	Above groundwater level
5,00	1,80	1 781	14	29	0	29	0,986	0,063	0,5	32,64	0,80	2,25	1,80	1,70	30	~~55~~	0,075	~~1,0~~	~~1,0~~	NA	Above groundwater level
6,00	2,00	2 232	12	32	0	32	0,985	0,063	0,5	38,89	0,57	2,12	1,48	1,70	38	~~56~~	0,082	~~1,0~~	~~1,0~~	NA	Above groundwater level
7,00	2,20	1 609	32	35	0	35	0,983	0,064	0,7	33,02	2,06	2,48	2,67	1,70	27	~~73~~	0,073	~~1,0~~	~~1,0~~	NA	Use another method
8,00	2,40	2 165	40	38	2	36	0,982	0,067	1,0	59,17	1,90	2,26	1,83	1,70	37	~~67~~	0,081	~~1,0~~	~~1,0~~	1,20	Not likely
9,00	2,60	2 266	17	42	4	37	0,980	0,070	0,5	36,48	0,77	2,21	1,67	1,64	37	~~62~~	0,081	~~1,0~~	~~1,0~~	1,15	Not likely
10,00	2,80	1 738	29	45	6	38	0,979	0,073	0,7	33,08	1,69	2,43	2,42	1,70	30	~~71~~	0,075	~~1,0~~	~~1,0~~	NA	Use another method
11,00	3,00	740	33	48	8	40	0,977	0,076	1,0	17,44	4,77	2,93	5,95	1,70	13	~~75~~	0,060	~~1,0~~	~~1,0~~	NA	Use another method
12,00	3,20	1 137	30	51	10	41	0,976	0,078	1,0	26,55	2,79	2,64	3,55	1,70	19	~~69~~	0,066	~~1,0~~	~~1,0~~	NA	Use another method
13,00	3,40	2 413	122	54	12	42	0,974	0,081	0,5	36,34	5,16	2,72	4,10	1,54	37	~~152~~	0,081	~~1,0~~	~~1,0~~	NA	Use another method
14,00	3,60	3 244	64	58	14	43	0,972	0,083	0,5	48,38	2,00	2,35	2,09	1,52	49	~~103~~	0,091	~~1,0~~	~~1,0~~	1,10	Not likely
15,00	3,80	3 295	30	61	16	45	0,971	0,085	0,5	48,42	0,92	2,14	1,53	1,50	49	~~75~~	0,091	~~1,0~~	~~1,0~~	1,07	Not likely
16,00	4,00	2 651	15	64	18	46	0,969	0,087	0,5	38,20	0,59	2,13	1,50	1,48	39	~~59~~	0,083	~~1,0~~	~~1,0~~	0,95	Likely
17,00	4,20	4 318	37	67	20	47	0,968	0,089	0,5	61,95	0,86	2,04	1,34	1,46	63	~~85~~	0,103	~~1,0~~	~~1,0~~	1,16	Not likely
18,00	4,40	4 891	46	70	22	48	0,966	0,090	0,5	69,35	0,96	2,02	1,32	1,44	70	~~93~~	0,112	~~1,0~~	~~1,0~~	1,24	Not likely
19,00	4,60	4 283	39	74	24	50	0,965	0,092	0,5	59,79	0,93	2,07	1,39	1,42	61	~~85~~	0,101	~~1,0~~	~~1,0~~	1,10	Not likely

Client :	Ressource Métanor	Dossier n° :			
Projet n° :	161-07621	Feuille n°	1	of	
Projet :	Mine Bachelor	Preparé par :	SC	Date :	2016-11-25
Objet :	Évaluation du potentiel de liquéfaction du sondage CPTU-A4	Verifié par :	JFSL	Date :	2017-05-19
		Approuvé par :	MS	Date :	2017-05-29

Méthode : Évaluation de la liquéfaction selon la méthode simplifiée (Refs: Youd, T.L. et al., 2001)

CS	Coefficient de sécurité	r_d	Stress reduction factor
$CRR_{7,5}$	Cyclic resistance ratio	z	Depth
CSR	Cyclic stress ratio	z_{eau}	Water table depth
MSF	Magnitude scale factor	P_a	Atmospheric pressure
K_α	Correction factor for sloping ground		
K_σ	Correction factor for overburden stress		
a_{max}/g	Design earthquake loading		
F_a	Amplification factor		
q_c	Cone penetration resistance		
f_s	Sleeve friction resistance		
q_{c1N}	Normalized cone penetration resistance		
$(q_{c1N})_{cs}$	Adjustement for equivalent clean-sand value		
Q, F, n	Dimensioneless parameters		
I_c	Soil behavior type index		
K_c	Correction for grain caracteristics		

$$CS = \left(\frac{CRR_{7,5}}{CSR}\right) \cdot MSF \cdot K\alpha \cdot K\sigma$$

$$CSR = 0{,}65 \cdot \left(\frac{a_{max}}{g}\right) \cdot \left(\frac{\sigma_{vo}}{\sigma'_{vo}}\right) \cdot r_d$$

$$r_d = 1 - 0{,}00765 \cdot z \quad pour\ z \leq 9{,}15\ m$$

$$r_d = 1{,}174 - 0{,}02675 \cdot z \quad pour\ 9{,}15\ m \leq z \leq 23\ m$$

$$I_C = [(3{,}47 - logQ)^2 + (1{,}22 - logF)^2]^{0{,}5}$$

$$Q = \left[\frac{(q_c - \sigma_{v0})}{P_a}\right] \cdot \left[\left(\frac{P_a}{\sigma'_{v0}}\right)^n\right]$$

$$F = \left[\frac{f_s}{q_c - \sigma_{v0}}\right] \cdot 100$$

$$CRR_{7,5} = 0{,}833 \cdot \left[\frac{(q_{c1N})_{cs}}{1000}\right] + 0{,}05 \quad pour\ (q_{c1N})_{cs} < 50$$

$$CRR_{7,5} = 93 \cdot \left[\frac{(q_{c1N})_{cs}}{1000}\right]^3 + 0{,}08 \quad pour\ 50 \leq (q_{c1N})_{cs} < 160$$

$$q_{c1N} = C_Q \left(\frac{q_c}{P_a}\right) \qquad C_Q = \left(\frac{P_a}{\sigma'_{v0}}\right)^n \leq 1{,}7$$

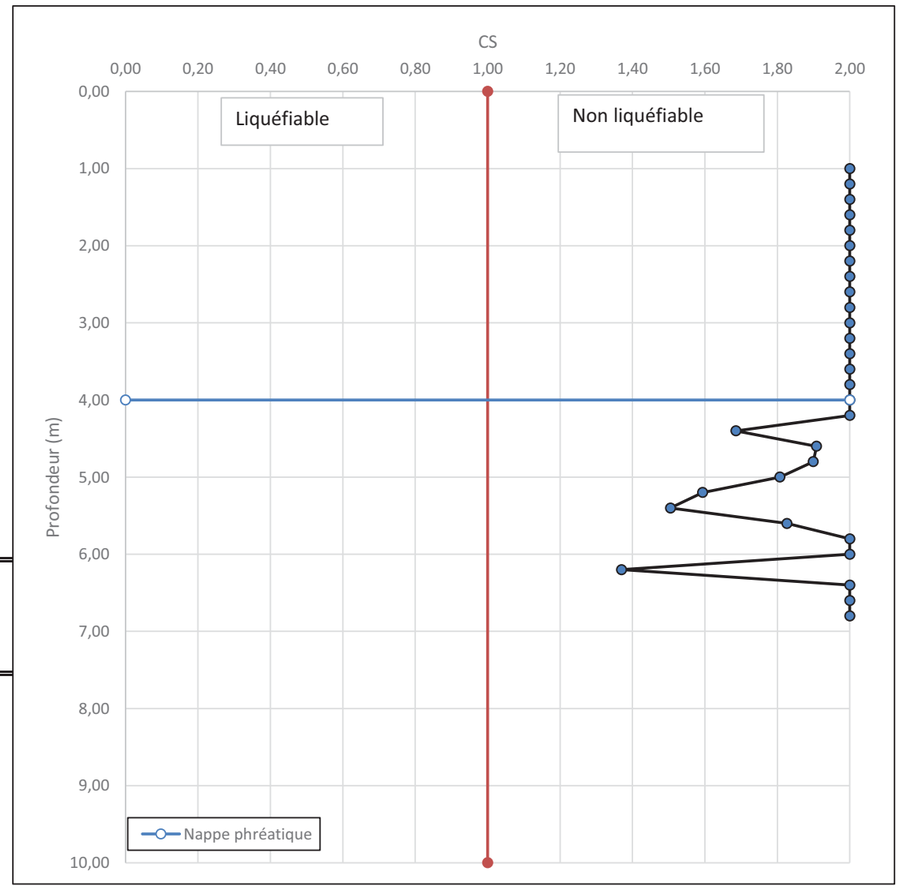
$$(q_{c1N})_{cs} = K_C \cdot q_{c1N} \qquad Pour\ I_c \leq 1{,}64 \rightarrow K_c = 1{,}0$$

$$K_c = -0{,}403I_c^4 + 5{,}58I_c^3 - 21{,}63I_c^2 + 33{,}75I_c - 17{,}88$$

n	Soil type
1,0	Clay
0,7	Silt
0,5	Sand

Paramètres de conception

Séisme de conceptio	2 500 ans	Classe sol fondation sur le site	E	(Vs 30 = ± 90 à 180 m/s)
Amax (Classe C)	0,047 g	Facteur Amplification	2,1	
		Amax conception	0,0987 g	



Information du site		Stratigraphie					Commentaires
M_w	7,50	Couche N°	Description des matériaux	De (m)	à (m)	Density γ_T (kN/m^3)	Choix du paramètre n: Poser n = 1, si I_c > 2,6, les matériaux sont plastiques et risque liquéfaction faible. Utiliser une autre méthode pour confirmer. Si I_c < 2,6, changer pour n = 0,5. Si ce nouveau I_c est < 2,6, c'est ok, sinon changer n pour 0,7. Si I_c > 2,4, vérifier avec une autre méthode.
$F_a \cdot a_{max}/g$	0,099	1	Résidus minier	0,00	6,80	16,00	
MSF	1,00	2					
P_a (kPa)	100,00	3					
z_{eau} (m)	4,00	4					

Information sur le sondage				CSR					CRR*								Correction		Résultats	
Essai	z (m)	q_c (kPa)	f_s (kPa)	σ_{vo} (kN/m^2)	μ (kPa)	σ'_{vo} (kN/m^2)	r_d	CSR	n	Q	F	I_c	K_c	C_Q	q_{c1N} (kPa)	$(q_{c1N})_{cs}$ (kPa)	$CRR_{7,5}$	$K\sigma$	$K\alpha$	CS	Comments: Likely if CS > 0,955
1,00	1,00	2 240	20	16	0	16	0,992	0,064	0,5	55,60	0,89	2,08	1,42	1,70	38	54	0,095	1,0	1,0	NA	Above groundwater level
2,00	1,20	1 301	10	19	0	19	0,991	0,064	0,5	29,24	0,76	2,29	1,89	1,70	22	42	0,085	1,0	1,0	NA	Above groundwater level
3,00	1,40	943	14	22	0	22	0,989	0,063	0,5	19,45	1,48	2,59	3,22	1,70	16	52	0,093	1,0	1,0	NA	Above groundwater level
4,00	1,60	714	11	26	0	26	0,988	0,063	0,5	13,60	1,58	2,73	4,22	1,70	12	51	0,093	1,0	1,0	NA	Above groundwater level
5,00	1,80	1 822	14	29	0	29	0,986	0,063	0,5	33,42	0,80	2,25	1,78	1,70	31	55	0,095	1,0	1,0	NA	Above groundwater level
6,00	2,00	1 720	15	32	0	32	0,985	0,063	0,5	29,84	0,86	2,31	1,96	1,70	29	57	0,097	1,0	1,0	NA	Above groundwater level
7,00	2,20	2 132	18	35	0	35	0,983	0,063	0,7	43,55	0,85	2,16	1,57	1,70	36	57	0,097	1,0	1,0	NA	Above groundwater level
8,00	2,40	2 160	18	38	0	38	0,982	0,063	1,0	55,26	0,86	2,08	1,41	1,70	37	52	0,093	1,0	1,0	NA	Above groundwater level
9,00	2,60	1 943	20	42	0	42	0,980	0,063	0,5	29,47	1,07	2,36	2,13	1,55	30	64	0,105	1,0	1,0	NA	Above groundwater level
10,00	2,80	1 611	31	45	0	45	0,979	0,063	0,7	27,48	1,96	2,53	2,92	1,70	27	80	0,128	1,0	1,0	NA	Above groundwater level
11,00	3,00	938	21	48	0	48	0,977	0,063	1,0	18,53	2,36	2,72	4,11	1,70	16	66	0,106	1,0	1,0	NA	Above groundwater level
12,00	3,20	1 380	30	51	0	51	0,976	0,063	1,0	25,96	2,27	2,59	3,25	1,70	23	76	0,121	1,0	1,0	NA	Above groundwater level
13,00	3,40	1 414	35	54	0	54	0,974	0,062	0,5	18,44	2,57	2,74	4,29	1,36	19	82	0,132	1,0	1,0	NA	Above groundwater level
14,00	3,60	613	10	58	0	58	0,972	0,062	0,5	7,32	1,76	2,99	6,60	1,32	8	53	0,094	1,0	1,0	NA	Above groundwater level
15,00	3,80	881	9	61	0	61	0,971	0,062	0,5	10,52	1,12	2,76	4,41	1,28	11	50	0,092	1,0	1,0	NA	Above groundwater level
16,00	4,00	1 392	33	64	0	64	0,969	0,062	0,5	16,60	2,50	2,77	4,52	1,25	17	79	0,125	1,0	1,0	NA	Above groundwater level
17,00	4,20	1 140	27	67	2	65	0,968	0,064	0,5	13,28	2,54	2,85	5,24	1,24	14	74	0,118	1,0	1,0	NA	Use another method
18,00	4,40	3 458	30	70	4	66	0,966	0,066	0,5	41,55	0,89	2,19	1,63	1,23	42	69	0,111	1,0	1,0	1,69	Not likely
19,00	4,60	4 523	42	74	6	68	0,965	0,067	0,5	54,07	0,95	2,11	1,46	1,22	55	80	0,128	1,0	1,0	1,91	Not likely

Client :	Ressource Métanor	Dossier n° :			
Projet n° :	161-07621	Feuille n°	1	of	
Projet :	Mine Bachelor	Preparé par :	SC	Date :	#########
Objet :	Évaluation du potentiel de liquéfaction du sondage CPTU-A4	Verifié par :	JFSL	Date :	#########
		Approuvé par :	MS	Date :	#########

Méthode : Évaluation de la liquéfaction selon la méthode simplifiée (Refs: Youd, T.L. et al., 2001)

CS	Coefficient de sécurité	r_d	Stress reduction factor
$CRR_{7,5}$	Cyclic resistance ratio	z	Depth
CSR	Cyclic stress ratio	z_{eau}	Water table depth
MSF	Magnitude scale factor	P_a	Atmospheric pressure
K_α	Correction factor for sloping ground		
K_σ	Correction factor for overburden stress		
a_{max}/g	Design earthquake loading		
F_a	Amplification factor		
q_c	Cone penetration resistance		
f_s	Sleeve friction resistance		
q_{c1N}	Normalized cone penetration resistance		
$(q_{c1N})_{cs}$	Adjustement for equivalent clean-sand value		
Q, F, n	Dimensioneless parameters		
I_c	Soil behavior type index		
K_c	Correction for grain caracteristics		

$$CS = \left(\frac{CRR_{7,5}}{CSR}\right) \cdot MSF \cdot K\alpha \cdot K\sigma$$

$$CSR = 0{,}65 \cdot \left(\frac{a_{max}}{g}\right) \cdot \left(\frac{\sigma_{vo}}{\sigma'_{vo}}\right) \cdot r_d$$

$$r_d = 1 - 0{,}00765 \cdot z \quad pour\ z \leq 9{,}15\ m$$

$$r_d = 1{,}174 - 0{,}02675 \cdot z \quad pour\ 9{,}15\ m \leq z \leq 23\ m$$

$$I_C = [(3{,}47 - logQ)^2 + (1{,}22 - logF)^2]^{0{,}5}$$

$$Q = \left[\frac{(q_c - \sigma_{v0})}{P_a}\right] \cdot \left[\left(\frac{P_a}{\sigma'_{v0}}\right)^n\right]$$

$$F = \left[\frac{f_s}{q_c - \sigma_{v0}}\right] \cdot 100$$

$$CRR_{7,5} = 0{,}833 \cdot \left[\frac{(q_{c1N})_{cs}}{1000}\right] + 0{,}05 \quad pour\ (q_{c1N})_{cs} < 50$$

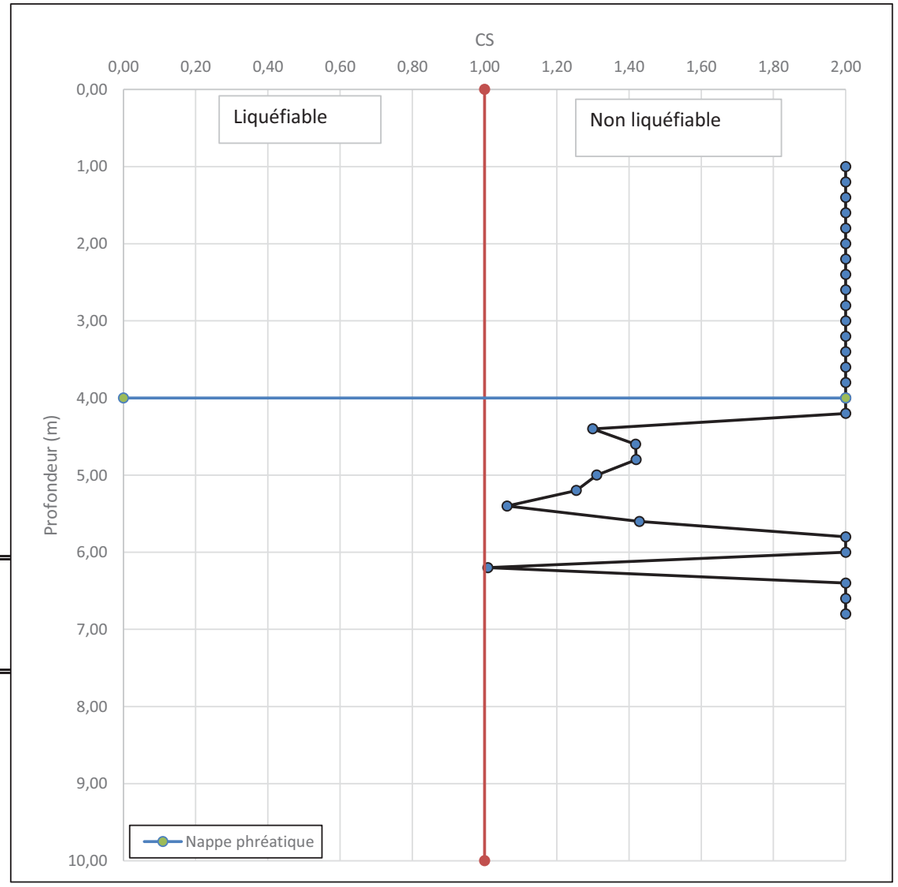
$$CRR_{7,5} = 93 \cdot \left[\frac{(q_{c1N})_{cs}}{1000}\right]^3 + 0{,}08 \quad pour\ 50 \leq (q_{c1N})_{cs} < 160$$

$$q_{c1N} = C_Q\left(\frac{q_c}{P_a}\right) \qquad C_Q = \left(\frac{P_a}{\sigma'_{v0}}\right)^n \leq 1{,}7$$

$$(q_{c1N})_{cs} = K_C \cdot q_{c1N} \qquad Pour\ I_c \leq 1{,}64 \rightarrow K_c = 1{,}0$$

$$K_c = -0{,}403I_c^4 + 5{,}58I_c^3 - 21{,}63I_c^2 + 33{,}75I_c - 17{,}88$$

n	Soil type
1,0	Clay
0,7	Silt
0,5	Sand



Paramètres de conception

Séisme de conceptio	2 500 ans	Classe sol fondation sur le site	E	(Vs 30 = ± 90 à 180 m/s)
Amax (Classe C)	0,047 g	Facteur Amplification	2,1	
		Amax conception	0,0987 g	

Information du site		Stratigraphie					Commentaires
M_w	7,50	Couche N°	Description des matériaux	De (m)	à (m)	Density γ_T (kN/m^3)	Choix du paramètre n: Poser n = 1, si I_c > 2,6, les matériaux sont plastiques et risque liquéfaction faible. Utiliser une autre méthode pour confirmer. Si I_c < 2,6, changer pour n = 0,5. Si ce nouveau I_c est < 2,6, c'est ok, sinon changer n pour 0,7. Si I_c > 2,4, vérifier avec une autre méthode.
$F_a \cdot a_{max}/g$	0,099	1	Résidus minier	0,00	6,80	16,00	
MSF	1,00	2					
P_a (kPa)	100,00	3					
z_{eau} (m)	4,00	4					

Information sur le sondage				CSR					CRR*									Correction		Résultats	
Essai	z (m)	q_c (kPa)	f_s (kPa)	σ_{vo} (kN/m^2)	μ (kPa)	σ'_{vo} (kN/m^2)	r_d	CSR	n	Q	F	I_c	K_c	c_Q	q_{c1N} (kPa)	$(q_{c1N})_{cs}$ (kPa)	$CRR_{7,5}$	Kσ	Kα	CS	Comments: Likely if CS > 0,955
1,00	1,00	2 240	20	16	0	16	0,992	0,064	0,5	55,60	0,89	2,08	1,42	1,70	38	~~54~~	0,082	~~1~~	~~1~~	NA	Above groundwater level
2,00	1,20	1 301	10	19	0	19	0,991	0,064	0,5	29,24	0,76	2,29	1,89	1,70	22	~~42~~	0,068	~~1~~	~~1~~	NA	Above groundwater level
3,00	1,40	943	14	22	0	22	0,989	0,063	0,5	19,45	1,48	2,59	3,22	1,70	16	~~52~~	0,063	~~1~~	~~1~~	NA	Above groundwater level
4,00	1,60	714	11	26	0	26	0,988	0,063	0,5	13,60	1,58	2,73	4,22	1,70	12	~~51~~	0,060	~~1~~	~~1~~	NA	Above groundwater level
5,00	1,80	1 822	14	29	0	29	0,986	0,063	0,5	33,42	0,80	2,25	1,78	1,70	31	~~55~~	0,076	~~1~~	~~1~~	NA	Above groundwater level
6,00	2,00	1 720	15	32	0	32	0,985	0,063	0,5	29,84	0,86	2,31	1,96	1,70	29	~~57~~	0,074	~~1~~	~~1~~	NA	Above groundwater level
7,00	2,20	2 132	18	35	0	35	0,983	0,063	0,7	43,55	0,85	2,16	1,57	1,70	36	~~57~~	0,080	~~1~~	~~1~~	NA	Above groundwater level
8,00	2,40	2 160	18	38	0	38	0,982	0,063	1,0	55,26	0,86	2,08	1,41	1,70	37	~~52~~	0,081	~~1~~	~~1~~	NA	Above groundwater level
9,00	2,60	1 943	20	42	0	42	0,980	0,063	0,5	29,47	1,07	2,36	2,13	1,55	30	~~64~~	0,075	~~1~~	~~1~~	NA	Above groundwater level
10,00	2,80	1 611	31	45	0	45	0,979	0,063	0,7	27,48	1,96	2,53	2,92	1,70	27	~~80~~	0,073	~~1~~	~~1~~	NA	Above groundwater level
11,00	3,00	938	21	48	0	48	0,977	0,063	1,0	18,53	2,36	2,72	4,11	1,70	16	~~66~~	0,063	~~1~~	~~1~~	NA	Above groundwater level
12,00	3,20	1 380	30	51	0	51	0,976	0,063	1,0	25,96	2,27	2,59	3,25	1,70	23	~~76~~	0,070	~~1~~	~~1~~	NA	Above groundwater level
13,00	3,40	1 414	35	54	0	54	0,974	0,062	0,5	18,44	2,57	2,74	4,29	1,36	19	~~82~~	0,066	~~1~~	~~1~~	NA	Above groundwater level
14,00	3,60	613	10	58	0	58	0,972	0,062	0,5	7,32	1,76	2,99	6,60	1,32	8	~~53~~	0,057	~~1~~	~~1~~	NA	Above groundwater level
15,00	3,80	881	9	61	0	61	0,971	0,062	0,5	10,52	1,12	2,76	4,41	1,28	11	~~50~~	0,059	~~1~~	~~1~~	NA	Above groundwater level
16,00	4,00	1 392	33	64	0	64	0,969	0,062	0,5	16,60	2,50	2,77	4,52	1,25	17	~~79~~	0,064	~~1~~	~~1~~	NA	Above groundwater level
17,00	4,20	1 140	27	67	2	65	0,968	0,064	0,5	13,28	2,54	2,85	5,24	1,24	14	~~74~~	0,062	~~1~~	~~1~~	NA	Use another method
18,00	4,40	3 458	30	70	4	66	0,966	0,066	0,5	41,55	0,89	2,19	1,63	1,23	42	~~69~~	0,085	~~1~~	~~1~~	1,30	Not likely
19,00	4,60	4 523	42	74	6	68	0,965	0,067	0,5	54,07	0,95	2,11	1,46	1,22	55	~~80~~	0,095	~~1~~	~~1~~	1,42	Not likely

Client :	Ressource Métanor	Dossier n° :				
Projet n° :	161-07621	Feuille n°	1	of		
Projet :	Mine Bachelor	Preparé par :	SC	Date :	##########	
Objet :	Évaluation du potentiel de liquéfaction du sondage CPTU-E2	Verifié par :	JFSL	Date :	##########	
		Approuvé par :	MS	Date :	##########	

Méthode : Évaluation de la liquéfaction selon la méthode simplifiée (Refs: Youd, T.L. et al., 2001)

CS	Coefficient de sécurité	r_d	Stress reduction factor
$CRR_{7,5}$	Cyclic resistance ratio	z	Depth
CSR	Cyclic stress ratio	z_{eau}	Water table depth
MSF	Magnitude scale factor	P_a	Atmospheric pressure
K_α	Correction factor for sloping ground		
K_σ	Correction factor for overburden stress		
a_{max}/g	Design earthquake loading		
F_a	Amplification factor		
q_c	Cone penetration resistance		
f_s	Sleeve friction resistance		
q_{c1N}	Normalized cone penetration resistance		
$(q_{c1N})_{cs}$	Adjustement for equivalent clean-sand value		
Q, F, n	Dimensioneless parameters		
I_c	Soil behavior type index		
K_c	Correction for grain caracteristics		

$$CS = \left(\frac{CRR_{7,5}}{CSR}\right) \cdot MSF \cdot K\alpha \cdot K\sigma$$

$$CSR = 0{,}65 \cdot \left(\frac{a_{max}}{g}\right) \cdot \left(\frac{\sigma_{vo}}{\sigma'_{vo}}\right) \cdot r_d$$

$$r_d = 1 - 0{,}00765 \cdot z \quad pour\ z \leq 9{,}15\ m$$

$$r_d = 1{,}174 - 0{,}02675 \cdot z \quad pour\ 9{,}15\ m \leq z \leq 23\ m$$

$$I_c = \{(3{,}47 - logQ)^2 + (1{,}22 - logF)^2\}^{0{,}5}$$

$$Q = \left[\frac{(q_c - \sigma_{v0})}{P_a}\right] \cdot \left[\left(\frac{P_a}{\sigma'_{v0}}\right)^n\right]$$

$$F = \left[\frac{f_s}{q_c - \sigma_{v0}}\right] \cdot 100$$

$$CRR_{7,5} = 0{,}833 \cdot \left[\frac{(q_{c1N})_{cs}}{1000}\right] + 0{,}05 \quad pour\ (q_{c1N})_{cs} < 50$$

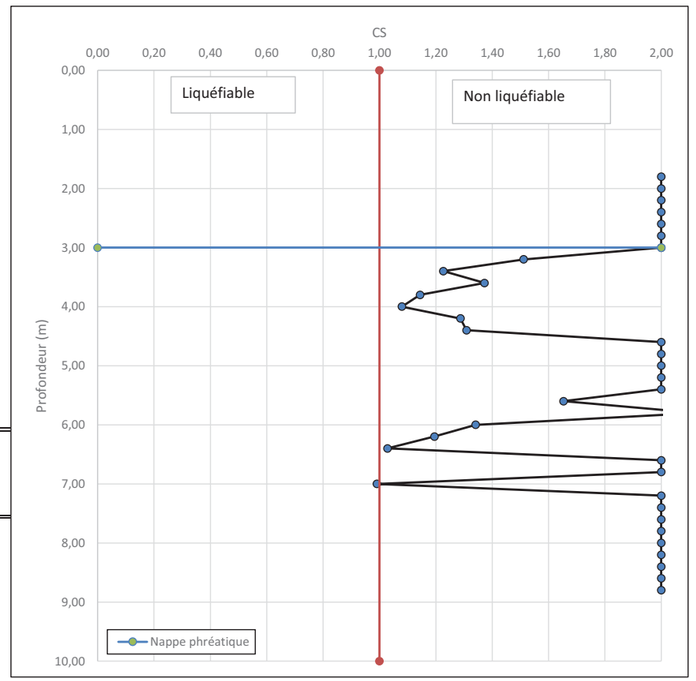
$$CRR_{7,5} = 93 \cdot \left[\frac{(q_{c1N})_{cs}}{1000}\right]^3 + 0{,}08 \quad pour\ 50 \leq (q_{c1N})_{cs} < 160$$

$$q_{c1N} = C_Q\left(\frac{q_c}{P_a}\right) \qquad C_Q = \left(\frac{P_a}{\sigma'_{v0}}\right)^n \leq 1{,}7$$

$$(q_{c1N})_{cs} = K_c \cdot q_{c1N} \qquad Pour\ I_c \leq 1{,}64 \rightarrow K_c = 1{,}0$$

$$K_c = -0{,}403I_c^4 + 5{,}581I_c^3 - 21{,}63I_c^2 + 33{,}75I_c - 17{,}88$$

n	Soil type
1,0	Clay
0,7	Silt
0,5	Sand



Paramètres de conception

Séisme de conceptio	2 500 ans	Classe sol fondation sur le site	E	(Vs 30 = ± 90 à 180 m/s)
Amax (Classe C)	0,047 g	Facteur Amplification	2,1	
		Amax conception	0,0987 g	

Information du site		Stratigraphie					Commentaires
M_w	7,50	Couche N°	Description des matériaux	De (m)	à (m)	Density γ_T (kN/m^3)	Choix du paramètre n: Poser n = 1, si I_c > 2,6, les matériaux sont plastiques et risque liquéfaction faible. Utiliser une autre méthode pour confirmer. Si I_c < 2,6, changer pour n = 0,5. Si ce nouveau I_c est < 2,6, c'est ok, sinon changer n pour 0,7. Si I_c > 2,4, vérifier avec une autre méthode.
$F_a \cdot a_{max}/g$	0,099	1	Résidus minier	0,00	8,80	16,00	
MSF	1,00	2					
P_a (kPa)	100,00	3					
z_{eau} (m)	3,00	4					

Information sur le sondage				CSR					CRR*									Correction		Résultats	
Essai	z (m)	q_c (kPa)	f_s (kPa)	σ_{vo} (kN/m^2)	μ (kPa)	σ'_{vo} (kN/m^2)	r_d	CSR	n	Q	F	I_c	K_c	c_Q	q_{c1N} (kPa)	$(q_{c1N})_{cs}$ (kPa)	$CRR_{7,5}$	Kσ	Kα	CS	Comments: Likely if CS > 0,955
1,00	1,80	875	19	29	0	29	0,986	0,063	0,5	15,77	2,28	2,77	4,48	1,70	15	67	0,108	1,0	1,0	NA	Above groundwater level
2,00	2,00	699	7	32	0	32	0,985	0,063	0,5	11,79	0,99	2,69	3,89	1,70	12	46	0,089	1,0	1,0	NA	Above groundwater level
3,00	2,20	843	5	35	0	35	0,983	0,063	0,5	13,61	0,67	2,56	3,08	1,69	14	44	0,086	1,0	1,0	NA	Above groundwater level
4,00	2,40	647	4	38	0	38	0,982	0,063	0,5	9,82	0,69	2,69	3,94	1,61	10	41	0,084	1,0	1,0	NA	Above groundwater level
5,00	2,60	621	5	42	0	42	0,980	0,063	0,5	8,99	0,80	2,76	4,41	1,55	10	42	0,085	1,0	1,0	NA	Above groundwater level
6,00	2,80	1 154	14	45	0	45	0,979	0,063	0,5	16,57	1,23	2,60	3,33	1,49	17	57	0,098	1,0	1,0	NA	Above groundwater level
7,00	3,00	473	7	48	0	48	0,977	0,063	0,7	7,10	1,61	2,98	6,53	1,67	8	52	0,093	1,0	1,0	NA	Above groundwater level
8,00	3,20	2 182	18	51	2	49	0,976	0,065	1,0	43,28	0,84	2,16	1,57	1,70	37	58	0,098	1,0	1,0	1,51	Not likely
9,00	3,40	1 690	4	54	4	50	0,974	0,067	0,5	23,02	0,25	2,20	1,64	1,41	24	39	0,083	1,0	1,0	1,23	Not likely
10,00	3,60	1 563	12	58	6	52	0,972	0,069	0,7	23,89	0,82	2,38	2,21	1,59	25	55	0,095	1,0	1,0	1,37	Not likely
11,00	3,80	1 340	4	61	8	53	0,971	0,072	1,0	24,16	0,32	2,21	1,68	1,70	23	38	0,082	1,0	1,0	1,14	Not likely
12,00	4,00	1 264	2	64	10	54	0,969	0,073	1,0	22,15	0,21	2,19	1,63	1,70	21	35	0,079	1,0	1,0	1,08	Not likely
13,00	4,20	2 154	16	67	12	55	0,968	0,075	0,5	28,03	0,78	2,31	1,96	1,34	29	57	0,097	1,0	1,0	1,29	Not likely
14,00	4,40	2 169	20	70	14	57	0,966	0,077	0,5	27,87	0,94	2,35	2,11	1,33	29	61	0,101	1,0	1,0	1,31	Not likely
15,00	4,60	897	8	74	16	58	0,965	0,079	0,5	10,82	0,92	2,71	4,03	1,31	12	48	0,090	1,0	1,0	NA	Use another method
16,00	4,80	313	7	77	18	59	0,963	0,080	0,5	3,07	2,78	3,42	12,57	1,30	4	51	0,092	1,0	1,0	NA	Use another method
17,00	5,00	412	17	80	20	60	0,962	0,082	0,5	4,27	5,22	3,44	12,93	1,29	5	69	0,110	1,0	1,0	NA	Use another method
18,00	5,20	1 245	25	83	22	62	0,960	0,083	0,5	14,80	2,15	2,77	4,55	1,27	16	72	0,115	1,0	1,0	NA	Use another method
19,00	5,40	1 423	12	86	24	63	0,959	0,085	0,5	16,86	0,91	2,53	2,93	1,26	18	53	0,094	1,0	1,0	NA	Use another method
20,00	5,60	5 217	46	90	26	64	0,957	0,086	0,5	64,05	0,90	2,03	1,34	1,25	65	87	0,142	1,0	1,0	1,65	Not likely
21,00	5,80	5 814	44	93	27	65	0,956	0,087	1,0	87,57	0,78	1,89	1,17	1,53	89	104	0,185	1,0	1,0	2,13	Not likely
22,00	6,00	2 863	36	96	29	67	0,954	0,088	0,5	33,92	1,30	2,35	2,12	1,23	35	74	0,118	1,0	1,0	1,34	Not likely
23,00	6,20	3 288	26	99	31	68	0,953	0,089	0,5	38,72	0,83	2,20	1,66	1,21	40	66	0,107	1,0	1,0	1,20	Not likely
24,00	6,40	2 113	13	102	33	69	0,951	0,090	0,5	24,20	0,66	2,33	2,04	1,20	25	52	0,093	1,0	1,0	1,03	Not likely
25,00	6,60	1 994	24	106	35	70	0,950	0,092	0,7	24,17	1,28	2,47	2,62	1,28	26	67	0,108	1,0	1,0	NA	Use another method
26,00	6,80	580	20	109	37	72	0,948	0,093	0,5	5,57	4,29	3,29	10,60	1,18	7	73	0,116	1,0	1,0	NA	Use another method
27,00	7,00	2 897	12	112	39	73	0,946	0,093	0,5	32,65	0,43	2,13	1,51	1,17	34	51	0,093	1,0	1,0	0,99	Not likely
28,00	7,20	964	11	115	41	74	0,945	0,094	0,5	9,87	1,31	2,81	4,88	1,16	11	55	0,095	1,0	1,0	NA	Use another method
29,00	7,40	534	12	118	43	75	0,943	0,095	0,5	4,79	2,99	3,27	10,15	1,15	6	62	0,103	1,0	1,0	NA	Use another method
30,00	7,60	211	17	122	45	76	0,942	0,096	0,5	1,03	19,49	4,27	32,42	1,14	2	78	0,125	1,0	1,0	NA	Use another method
31,00	7,80	390	2	125	47	78	0,940	0,097	1,0	3,41	0,61	3,10	7,95	1,29	5	40	0,083	1,0	1,0	NA	Use another method
32,00	8,00	703	8	115	49	66	0,939	0,105	0,5	7,23	1,39	2,94	6,13	1,23	9	53	0,094	1,0	1,0	NA	Use another method
33,00	8,20	1 170	20	115	51	64	0,937	0,108	1,0	16,44	1,92	2,71	4,05	1,56	18	74	0,117	1,0	1,0	NA	Use another method
34,00	8,40	296	1	115	53	62	0,936	0,111	1,0	2,91	0,57	3,16	8,69	1,61	5	41	0,084	1,0	1,0	NA	Use another method
35,00	8,60	221	0	115	55	60	0,934	0,115	1,0	1,76	0,39	3,32	11,06	1,66	4	41	0,084	1,0	1,0	NA	Use another method
36,00	8,80	132	12	115	57	58	0,933	0,118	1,0	0,30	67,76	5,03	56,77	1,70	2	128	0,274	1,0	1,0	NA	Use another method

*CRR limité à 0,600 pour $(q_{c1N})_{cs} > 160$.

Client :	Ressource Métanor	Dossier n° :			
Projet n° :	161-07621	Feuille n°	1	of	
Projet :	Mine Bachelor	Preparé par :	SC	Date :	#########
Objet :	Évaluation du potentiel de liquéfaction du sondage CPTU-E2	Verifié par :	JFSL	Date :	#########
		Approuvé par :	MS	Date :	#########

Méthode : Évaluation de la liquéfaction selon la méthode simplifiée (Refs: Youd, T.L. et al., 2001)

CS	Coefficient de sécurité	r_d	Stress reduction factor	
$CRR_{7,5}$	Cyclic resistance ratio	z	Depth	
CSR	Cyclic stress ratio	z_{eau}	Water table depth	
MSF	Magnitude scale factor	P_a	Atmospheric pressure	
K_α	Correction factor for sloping ground			
K_σ	Correction factor for overburden stress			
a_{max}/g	Design earthquake loading			
F_a	Amplification factor			
q_c	Cone penetration resistance			
f_s	Sleeve friction resistance			
q_{c1N}	Normalized cone penetration resistance			
$(q_{c1N})_{cs}$	Adjustement for equivalent clean-sand value			
Q, F, n	Dimensioneless parameters			
I_c	Soil behavior type index			
K_c	Correction for grain caracteristics			

$$CS = \left(\frac{CRR_{7,5}}{CSR}\right) \cdot MSF \cdot K\alpha \cdot K\sigma$$

$$CSR = 0{,}65 \cdot \left(\frac{a_{max}}{g}\right) \cdot \left(\frac{\sigma_{vo}}{\sigma'_{vo}}\right) \cdot r_d$$

$$r_d = 1 - 0{,}00765 \cdot z \quad pour\ z \leq 9{,}15\ m$$

$$r_d = 1{,}174 - 0{,}02675 \cdot z \quad pour\ 9{,}15\ m \leq z \leq 23\ m$$

$$I_C = [(3{,}47 - logQ)^2 + (1{,}22 - logF)^2]^{0{,}5}$$

$$Q = \left[\frac{(q_c - \sigma_{v0})}{P_a}\right] \cdot \left[\left(\frac{P_a}{\sigma'_{v0}}\right)^n\right]$$

$$F = \left[\frac{f_s}{q_c - \sigma_{v0}}\right] \cdot 100$$

$$CRR_{7,5} = 0{,}833 \cdot \left[\frac{(q_{c1N})_{cs}}{1000}\right] + 0{,}05 \quad pour\ (q_{c1N})_{cs} < 50$$

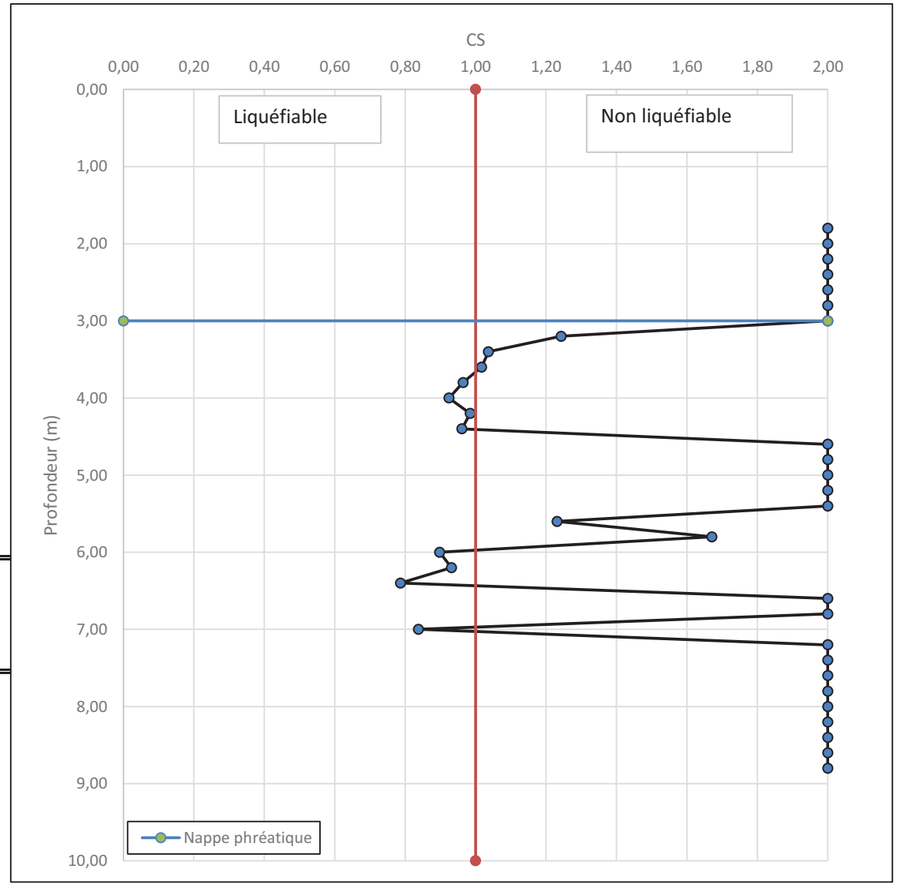
$$CRR_{7,5} = 93 \cdot \left[\frac{(q_{c1N})_{cs}}{1000}\right]^3 + 0{,}08 \quad pour\ 50 \leq (q_{c1N})_{cs} < 160$$

$$q_{c1N} = C_Q\left(\frac{q_c}{P_a}\right) \qquad C_Q = \left(\frac{P_a}{\sigma'_{v0}}\right)^n \leq 1{,}7$$

$$(q_{c1N})_{cs} = K_C \cdot q_{c1N} \qquad Pour\ I_c \leq 1{,}64 \rightarrow K_c = 1{,}0$$

$$K_c = -0{,}403I_c^4 + 5{,}58I_c^3 - 21{,}63I_c^2 + 33{,}75I_c - 17{,}88$$

n	Soil type
1,0	Clay
0,7	Silt
0,5	Sand



Paramètres de conception

Séisme de conceptio	2 500 ans	Classe sol fondation sur le site	E	(Vs 30 = ± 90 à 180 m/s)
Amax (Classe C)	0,047 g	Facteur Amplification	2,1	
		Amax conception	0,0987 g	

Information du site		Stratigraphie					Commentaires
M_w	7,50	Couche N°	Description des matériaux	De (m)	à (m)	Density γ_T (kN/m^3)	Choix du paramètre n: Poser n = 1, si I_c > 2,6, les matériaux sont plastiques et risque liquéfaction faible. Utiliser une autre méthode pour confirmer. Si I_c < 2,6, changer pour n = 0,5. Si ce nouveau I_c est < 2,6, c'est ok, sinon changer n pour 0,7. Si I_c > 2,4, vérifier avec une autre méthode.
$F_a \cdot a_{max}/g$	0,099	1	Résidus minier	0,00	8,80	16,00	
MSF	1,00	2					
P_a (kPa)	100,00	3					
z_{eau} (m)	3,00	4					

Information sur le sondage				CSR					CRR*									Correction		Résultats	
Essai	z (m)	q_c (kPa)	f_s (kPa)	σ_{vo} (kN/m^2)	μ (kPa)	σ'_{vo} (kN/m^2)	r_d	CSR	n	Q	F	I_c	K_c	c_Q	q_{c1N} (kPa)	$(q_{c1N})_{cs}$ (kPa)	$CRR_{7,5}$	Kσ	Kα	CS	Comments: Likely if CS > 0,955
1,00	1,80	875	19	29	0	29	0,986	0,063	0,5	15,77	2,28	2,77	4,48	1,70	15	~~67~~	0,062	~~1~~	~~1~~	NA	Above groundwater level
2,00	2,00	699	7	32	0	32	0,985	0,063	0,5	11,79	0,99	2,69	3,89	1,70	12	~~46~~	0,060	~~1~~	~~1~~	NA	Above groundwater level
3,00	2,20	843	5	35	0	35	0,983	0,063	0,5	13,61	0,67	2,56	3,08	1,69	14	~~44~~	0,062	~~1~~	~~1~~	NA	Above groundwater level
4,00	2,40	647	4	38	0	38	0,982	0,063	0,5	9,82	0,69	2,69	3,94	1,61	10	~~41~~	0,059	~~1~~	~~1~~	NA	Above groundwater level
5,00	2,60	621	5	42	0	42	0,980	0,063	0,5	8,99	0,80	2,76	4,41	1,55	10	~~42~~	0,058	~~1~~	~~1~~	NA	Above groundwater level
6,00	2,80	1 154	14	45	0	45	0,979	0,063	0,5	16,57	1,23	2,60	3,33	1,49	17	~~57~~	0,064	~~1~~	~~1~~	NA	Above groundwater level
7,00	3,00	473	7	48	0	48	0,977	0,063	0,7	7,10	1,61	2,98	6,53	1,67	8	~~52~~	0,057	~~1~~	~~1~~	NA	Above groundwater level
8,00	3,20	2 182	18	51	2	49	0,976	0,065	1,0	43,28	0,84	2,16	1,57	1,70	37	~~58~~	0,081	~~1~~	~~1~~	1,24	Not likely
9,00	3,40	1 690	4	54	4	50	0,974	0,067	0,5	23,02	0,25	2,20	1,64	1,41	24	~~39~~	0,070	~~1~~	~~1~~	1,04	Not likely
10,00	3,60	1 563	12	58	6	52	0,972	0,069	0,7	23,89	0,82	2,38	2,21	1,59	25	~~55~~	0,071	~~1~~	~~1~~	1,02	Not likely
11,00	3,80	1 340	4	61	8	53	0,971	0,072	1,0	24,16	0,32	2,21	1,68	1,70	23	~~38~~	0,069	~~1~~	~~1~~	0,96	Not likely
12,00	4,00	1 264	2	64	10	54	0,969	0,073	1,0	22,15	0,21	2,19	1,63	1,70	21	~~35~~	0,068	~~1~~	~~1~~	0,92	Likely
13,00	4,20	2 154	16	67	12	55	0,968	0,075	0,5	28,03	0,78	2,31	1,96	1,34	29	~~57~~	0,074	~~1~~	~~1~~	0,98	Not likely
14,00	4,40	2 169	20	70	14	57	0,966	0,077	0,5	27,87	0,94	2,35	2,11	1,33	29	~~61~~	0,074	~~1~~	~~1~~	0,96	Not likely
15,00	4,60	897	8	74	16	58	0,965	0,079	0,5	10,82	0,92	2,71	4,03	1,31	12	~~48~~	0,060	~~1~~	~~1~~	NA	Use another method
16,00	4,80	313	7	77	18	59	0,963	0,080	0,5	3,07	2,78	3,42	12,57	1,30	4	~~51~~	0,053	~~1~~	~~1~~	NA	Use another method
17,00	5,00	412	17	80	20	60	0,962	0,082	0,5	4,27	5,22	3,44	12,93	1,29	5	~~69~~	0,054	~~1~~	~~1~~	NA	Use another method
18,00	5,20	1 245	25	83	22	62	0,960	0,083	0,5	14,80	2,15	2,77	4,55	1,27	16	~~72~~	0,063	~~1~~	~~1~~	NA	Use another method
19,00	5,40	1 423	12	86	24	63	0,959	0,085	0,5	16,86	0,91	2,53	2,93	1,26	18	~~53~~	0,065	~~1~~	~~1~~	NA	Use another method

Client :	Ressource Métanor	Dossier n° :			
Projet n° :	161-07621	Feuille n°	1	of	
Projet :	Mine Bachelor	Preparé par :	SC	Date :	#########
Objet :	Évaluation du potentiel de liquéfaction du sondage CPTU-C3	Verifié par :	JFSL	Date :	#########
		Approuvé par :	MS	Date :	#########

Méthode : Évaluation de la liquéfaction selon la méthode simplifiée (Refs: Youd, T.L. et al., 2001)

CS	Coefficient de sécurité	r_d	Stress reduction factor
$CRR_{7,5}$	Cyclic resistance ratio	z	Depth
CSR	Cyclic stress ratio	z_{eau}	Water table depth
MSF	Magnitude scale factor	P_a	Atmospheric pressure
K_α	Correction factor for sloping ground		
K_σ	Correction factor for overburden stress		
a_{max}/g	Design earthquake loading		
F_a	Amplification factor		
q_c	Cone penetration resistance		
f_s	Sleeve friction resistance		
q_{c1N}	Normalized cone penetration resistance		
$(q_{c1N})_{cs}$	Adjustement for equivalent clean-sand value		
Q, F, n	Dimensioneless parameters		
I_c	Soil behavior type index		
K_c	Correction for grain caracteristics		

$$CS = \left(\frac{CRR_{7,5}}{CSR}\right) \cdot MSF \cdot K\alpha \cdot K\sigma$$

$$CSR = 0{,}65 \cdot \left(\frac{a_{max}}{g}\right) \cdot \left(\frac{\sigma_{vo}}{\sigma'_{vo}}\right) \cdot r_d$$

$$r_d = 1 - 0{,}00765 \cdot z \quad pour\ z \leq 9{,}15\ m$$

$$r_d = 1{,}174 - 0{,}02675 \cdot z \quad pour\ 9{,}15\ m \leq z \leq 23\ m$$

$$I_C = [(3{,}47 - logQ)^2 + (1{,}22 - logF)^2]^{0{,}5}$$

$$Q = \left[\frac{(q_c - \sigma_{v0})}{P_a}\right] \cdot \left[\left(\frac{P_a}{\sigma'_{v0}}\right)^n\right]$$

$$F = \left[\frac{f_s}{q_c - \sigma_{v0}}\right] \cdot 100$$

$$CRR_{7,5} = 0{,}833 \cdot \left[\frac{(q_{c1N})_{cs}}{1000}\right] + 0{,}05 \quad pour\ (q_{c1N})_{cs} < 50$$

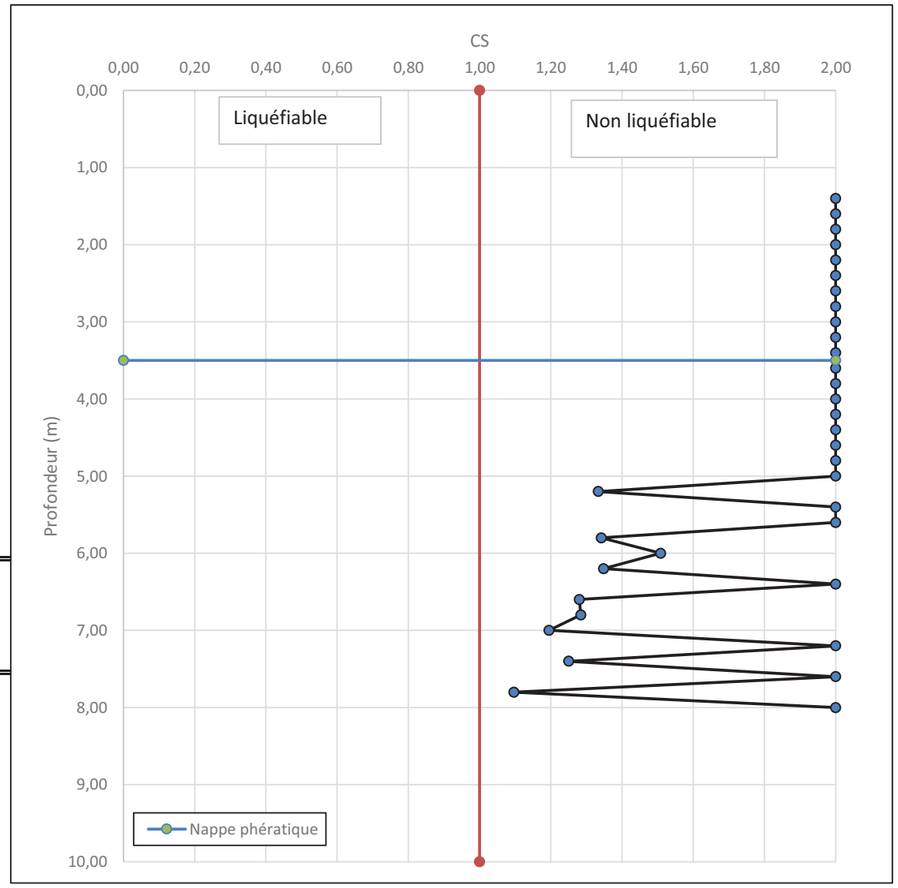
$$CRR_{7,5} = 93 \cdot \left[\frac{(q_{c1N})_{cs}}{1000}\right]^3 + 0{,}08 \quad pour\ 50 \leq (q_{c1N})_{cs} < 160$$

$$q_{c1N} = C_Q\left(\frac{q_c}{P_a}\right) \qquad C_Q = \left(\frac{P_a}{\sigma'_{v0}}\right)^n \leq 1{,}7$$

$$(q_{c1N})_{cs} = K_C \cdot q_{c1N} \qquad Pour\ I_c \leq 1{,}64 \rightarrow K_c = 1{,}0$$

$$K_c = -0{,}403I_c^4 + 5{,}58I_c^3 - 21{,}63I_c^2 + 33{,}75I_c - 17{,}88$$

n	Soil type
1,0	Clay
0,7	Silt
0,5	Sand



Paramètres de conception

Séisme de conceptio	2 500 ans	Classe sol fondation sur le site	E	(Vs 30 = ± 90 à 180 m/s)
Amax (Classe C)	0,047 g	Facteur Amplification	2,1	
		Amax conception	0,0987 g	

Information du site		Stratigraphie					Commentaires
M_w	7,50	Couche N°	Description des matériaux	De (m)	à (m)	Density γ_T (kN/m^3)	Choix du paramètre n: Poser n = 1, si I_c > 2,6, les matériaux sont plastiques et risque liquéfaction faible. Utiliser une autre méthode pour confirmer. Si I_c < 2,6, changer pour n = 0,5. Si ce nouveau I_c est < 2,6, c'est ok, sinon changer n pour 0,7. Si I_c > 2,4, vérifier avec une autre méthode.
$F_a \cdot a_{max}/g$	0,099	1	Résidus minier	0,00	8,00	16,00	
MSF	1,00	2					
P_a (kPa)	100,00	3					
z_{eau} (m)	3,50	4					

Information sur le sondage				CSR					CRR*								Correction		Résultats	
Essai	z (m)	q_c (kPa)	f_s (kPa)	σ_{vo} (kN/m^2)	μ (kPa)	σ'_{vo} (kN/m^2)	r_d	CSR	n	Q	F	I_c	K_c	c_Q	q_{c1N} (kPa)	$(q_{c1N})_{cs}$ (kPa)	$CRR_{7,5}$	Kσ	Kα	CS	Comments: Likely if CS > 0,955
1,00	1,40	1 540	12	22	0	22	0,989	0,063	0,5	32,07	0,82	2,27	1,83	1,70	26	48	0,090	1,0	1,0	NA	Above groundwater level
2,00	1,60	743	14	26	0	26	0,988	0,063	0,5	14,19	1,95	2,77	4,49	1,70	13	57	0,097	1,0	1,0	NA	Above groundwater level
3,00	1,80	501	6	29	0	29	0,986	0,063	0,5	8,81	1,20	2,84	5,11	1,70	9	44	0,086	1,0	1,0	NA	Above groundwater level
4,00	2,00	394	7	32	0	32	0,985	0,063	0,5	6,40	1,84	3,05	7,28	1,70	7	49	0,091	1,0	1,0	NA	Above groundwater level
5,00	2,20	946	11	35	0	35	0,983	0,063	0,5	15,36	1,18	2,62	3,46	1,69	16	55	0,096	1,0	1,0	NA	Above groundwater level
6,00	2,40	923	12	38	0	38	0,982	0,063	0,5	14,27	1,32	2,68	3,80	1,61	15	57	0,097	1,0	1,0	NA	Above groundwater level
7,00	2,60	766	9	42	0	42	0,980	0,063	0,7	13,38	1,28	2,69	3,92	1,70	13	51	0,092	1,0	1,0	NA	Above groundwater level
8,00	2,80	2 280	23	45	0	45	0,979	0,063	1,0	49,90	1,04	2,16	1,57	1,70	39	61	0,101	1,0	1,0	NA	Above groundwater level
9,00	3,00	2 257	26	48	0	48	0,977	0,063	0,5	31,89	1,19	2,36	2,13	1,44	33	69	0,111	1,0	1,0	NA	Above groundwater level
10,00	3,20	1 658	17	51	0	51	0,976	0,063	0,7	25,67	1,03	2,40	2,30	1,60	26	61	0,101	1,0	1,0	NA	Above groundwater level
11,00	3,40	1 649	19	54	0	54	0,974	0,062	1,0	29,32	1,18	2,38	2,23	1,70	28	63	0,103	1,0	1,0	NA	Above groundwater level
12,00	3,60	719	7	58	1	57	0,972	0,063	1,0	11,68	1,13	2,72	4,12	1,70	12	50	0,092	1,0	1,0	NA	Use another method
13,00	3,80	678	13	61	3	58	0,971	0,065	0,5	8,12	2,07	2,99	6,56	1,31	9	58	0,099	1,0	1,0	NA	Use another method
14,00	4,00	2 159	25	64	5	59	0,969	0,067	0,5	27,26	1,18	2,41	2,34	1,30	28	66	0,106	1,0	1,0	NA	Use another method
15,00	4,20	1 897	19	67	7	60	0,968	0,069	0,5	23,55	1,04	2,43	2,44	1,29	24	60	0,100	1,0	1,0	NA	Use another method
16,00	4,40	2 052	23	70	9	62	0,966	0,071	0,5	25,25	1,15	2,43	2,44	1,27	26	64	0,104	1,0	1,0	NA	Use another method
17,00	4,60	1 691	19	74	11	63	0,965	0,073	0,5	20,41	1,17	2,51	2,83	1,26	21	60	0,100	1,0	1,0	NA	Use another method
18,00	4,80	1 586	16	77	13	64	0,963	0,074	0,5	18,85	1,05	2,52	2,86	1,25	20	57	0,097	1,0	1,0	NA	Use another method
19,00	5,00	2 139	21	80	15	65	0,962	0,076	0,5	25,48	1,03	2,40	2,31	1,24	26	61	0,101	1,0	1,0	NA	Use another method

Client :	Ressource Métanor	Dossier n° :			
Projet n° :	161-07621	Feuille n°	1	of	
Projet :	Mine Bachelor	Preparé par :	SC	Date :	#########
Objet :	Évaluation du potentiel de liquéfaction du sondage CPTU-C3	Verifié par :	JFSL	Date :	#########
		Approuvé par :	MS	Date :	#########

Méthode : Évaluation de la liquéfaction selon la méthode simplifiée (Refs: Youd, T.L. et al., 2001)

CS	Coefficient de sécurité	r_d	Stress reduction factor
$CRR_{7,5}$	Cyclic resistance ratio	z	Depth
CSR	Cyclic stress ratio	z_{eau}	Water table depth
MSF	Magnitude scale factor	P_a	Atmospheric pressure
K_α	Correction factor for sloping ground		
K_σ	Correction factor for overburden stress		
a_{max}/g	Design earthquake loading		
F_a	Amplification factor		
q_c	Cone penetration resistance		
f_s	Sleeve friction resistance		
q_{c1N}	Normalized cone penetration resistance		
$(q_{c1N})_{cs}$	Adjustement for equivalent clean-sand value		
Q, F, n	Dimensioneless parameters		
I_c	Soil behavior type index		
K_c	Correction for grain caracteristics		

$$CS = \left(\frac{CRR_{7,5}}{CSR}\right) \cdot MSF \cdot K\alpha \cdot K\sigma$$

$$CSR = 0{,}65 \cdot \left(\frac{a_{max}}{g}\right) \cdot \left(\frac{\sigma_{vo}}{\sigma'_{vo}}\right) \cdot r_d$$

$$r_d = 1 - 0{,}00765 \cdot z \quad pour\ z \leq 9{,}15\ m$$

$$r_d = 1{,}174 - 0{,}02675 \cdot z \quad pour\ 9{,}15\ m \leq z \leq 23\ m$$

$$I_C = [(3{,}47 - logQ)^2 + (1{,}22 - logF)^2]^{0{,}5}$$

$$Q = \left[\frac{(q_c - \sigma_{v0})}{P_a}\right] \cdot \left[\left(\frac{P_a}{\sigma'_{v0}}\right)^n\right]$$

$$F = \left[\frac{f_s}{q_c - \sigma_{v0}}\right] \cdot 100$$

$$CRR_{7,5} = 0{,}833 \cdot \left[\frac{(q_{c1N})_{cs}}{1000}\right] + 0{,}05 \quad pour\ (q_{c1N})_{cs} < 50$$

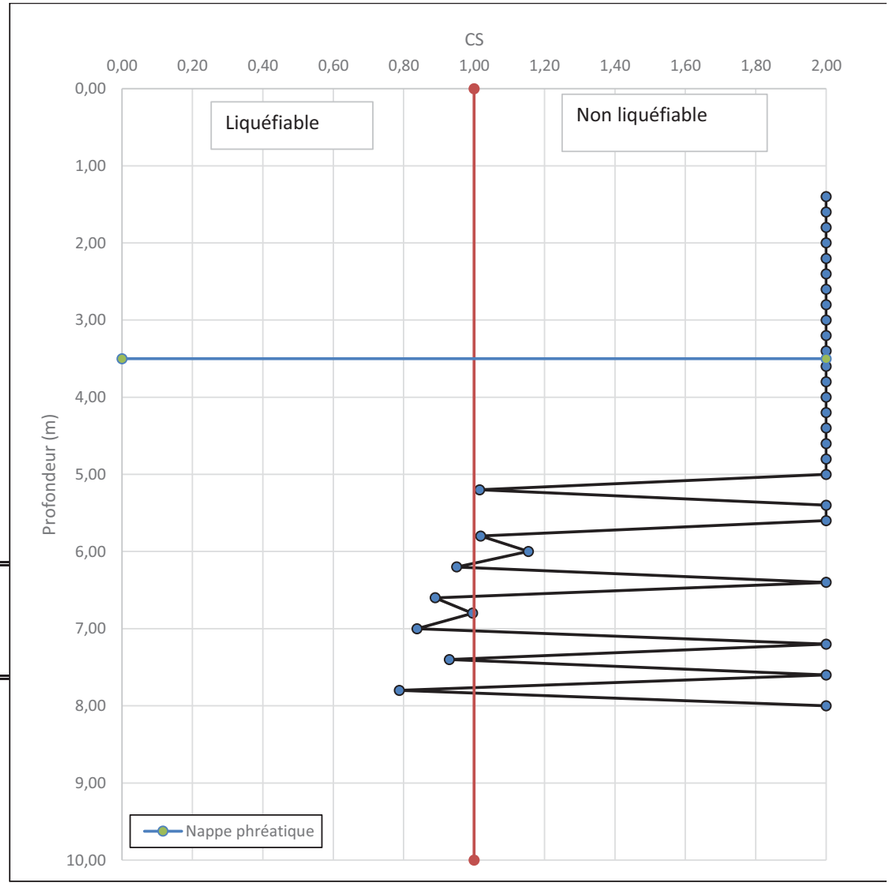
$$CRR_{7,5} = 93 \cdot \left[\frac{(q_{c1N})_{cs}}{1000}\right]^3 + 0{,}08 \quad pour\ 50 \leq (q_{c1N})_{cs} < 160$$

$$q_{c1N} = C_Q \left(\frac{q_c}{P_a}\right) \qquad C_Q = \left(\frac{P_a}{\sigma'_{v0}}\right)^n \leq 1{,}7$$

$$(q_{c1N})_{cs} = K_C \cdot q_{c1N} \qquad Pour\ I_c \leq 1{,}64 \rightarrow K_c = 1{,}0$$

$$K_c = -0{,}403I_c^4 + 5{,}58I_c^3 - 21{,}63I_c^2 + 33{,}75I_c - 17{,}88$$

n	Soil type
1,0	Clay
0,7	Silt
0,5	Sand



Paramètres de conception

Séisme de conceptio	2 500 ans	Classe sol fondation sur le site	E	(Vs 30 = ± 90 à 180 m/s)
Amax (Classe C)	0,047 g	Facteur Amplification	2,1	
		Amax conception	0,0987 g	

Information du site		Stratigraphie					Commentaires
M_w	7,50	Couche N°	Description des matériaux	De (m)	à (m)	Density γ_T (kN/m^3)	Choix du paramètre n: Poser n = 1, si I_c > 2,6, les matériaux sont plastiques et risque liquéfaction faible. Utiliser une autre méthode pour confirmer. Si I_c < 2,6, changer pour n = 0,5. Si ce nouveau I_c est < 2,6, c'est ok, sinon changer n pour 0,7. Si I_c > 2,4, vérifier avec une autre méthode.
$F_a \cdot a_{max}/g$	0,099	1	Résidus minier	0,00	8,00	16,00	
MSF	1,00	2					
P_a (kPa)	100,00	3					
z_{eau} (m)	3,50	4					

Information sur le sondage				CSR					CRR*								Correction		Résultats	
Essai	z (m)	q_c (kPa)	f_s (kPa)	σ_{vo} (kN/m^2)	μ (kPa)	σ'_{vo} (kN/m^2)	r_d	CSR	n	Q	F	I_c	K_c	c_Q	q_{c1N} (kPa)	$(q_{c1N})_{cs}$ (kPa)	$CRR_{7,5}$	Kσ	Kα	CS	Comments: Likely if CS > 0,955
1,00	1,40	1 540	12	22	0	22	0,989	0,063	0,5	32,07	0,82	2,27	1,83	1,70	26	~~48~~	0,072	~~1~~	~~1~~	NA	Above groundwater level
2,00	1,60	743	14	26	0	26	0,988	0,063	0,5	14,19	1,95	2,77	4,49	1,70	13	~~57~~	0,061	~~1~~	~~1~~	NA	Above groundwater level
3,00	1,80	501	6	29	0	29	0,986	0,063	0,5	8,81	1,20	2,84	5,11	1,70	9	~~44~~	0,057	~~1~~	~~1~~	NA	Above groundwater level
4,00	2,00	394	7	32	0	32	0,985	0,063	0,5	6,40	1,84	3,05	7,28	1,70	7	~~49~~	0,056	~~1~~	~~1~~	NA	Above groundwater level
5,00	2,20	946	11	35	0	35	0,983	0,063	0,5	15,36	1,18	2,62	3,46	1,69	16	~~55~~	0,063	~~1~~	~~1~~	NA	Above groundwater level
6,00	2,40	923	12	38	0	38	0,982	0,063	0,5	14,27	1,32	2,68	3,80	1,61	15	~~57~~	0,062	~~1~~	~~1~~	NA	Above groundwater level
7,00	2,60	766	9	42	0	42	0,980	0,063	0,7	13,38	1,28	2,69	3,92	1,70	13	~~51~~	0,061	~~1~~	~~1~~	NA	Above groundwater level
8,00	2,80	2 280	23	45	0	45	0,979	0,063	1,0	49,90	1,04	2,16	1,57	1,70	39	~~61~~	0,082	~~1~~	~~1~~	NA	Above groundwater level
9,00	3,00	2 257	26	48	0	48	0,977	0,063	0,5	31,89	1,19	2,36	2,13	1,44	33	~~69~~	0,077	~~1~~	~~1~~	NA	Above groundwater level
10,00	3,20	1 658	17	51	0	51	0,976	0,063	0,7	25,67	1,03	2,40	2,30	1,60	26	~~61~~	0,072	~~1~~	~~1~~	NA	Above groundwater level
11,00	3,40	1 649	19	54	0	54	0,974	0,062	1,0	29,32	1,18	2,38	2,23	1,70	28	~~63~~	0,073	~~1~~	~~1~~	NA	Above groundwater level
12,00	3,60	719	7	58	1	57	0,972	0,063	1,0	11,68	1,13	2,72	4,12	1,70	12	~~50~~	0,060	~~1~~	~~1~~	NA	Use another method
13,00	3,80	678	13	61	3	58	0,971	0,065	0,5	8,12	2,07	2,99	6,56	1,31	9	~~58~~	0,057	~~1~~	~~1~~	NA	Use another method
14,00	4,00	2 159	25	64	5	59	0,969	0,067	0,5	27,26	1,18	2,41	2,34	1,30	28	~~66~~	0,073	~~1~~	~~1~~	NA	Use another method
15,00	4,20	1 897	19	67	7	60	0,968	0,069	0,5	23,55	1,04	2,43	2,44	1,29	24	~~60~~	0,070	~~1~~	~~1~~	NA	Use another method
16,00	4,40	2 052	23	70	9	62	0,966	0,071	0,5	25,25	1,15	2,43	2,44	1,27	26	~~64~~	0,072	~~1~~	~~1~~	NA	Use another method
17,00	4,60	1 691	19	74	11	63	0,965	0,073	0,5	20,41	1,17	2,51	2,83	1,26	21	~~60~~	0,068	~~1~~	~~1~~	NA	Use another method
18,00	4,80	1 586	16	77	13	64	0,963	0,074	0,5	18,85	1,05	2,52	2,86	1,25	20	~~57~~	0,067	~~1~~	~~1~~	NA	Use another method
19,00	5,00	2 139	21	80	15	65	0,962	0,076	0,5	25,48	1,03	2,40	2,31	1,24	26	~~61~~	0,072	~~1~~	~~1~~	NA	Use another method

Client :	Ressource Métanor	Dossier n° :			
Projet n° :	161-07621	Feuille n°	1	of	
Projet :	Mine Bachelor	Preparé par :	SC	Date :	#########
Objet :	Évaluation du potentiel de liquéfaction du sondage CPTU-A1	Verifié par :	JFSL	Date :	#########
		Approuvé par :	MS	Date :	#########

Méthode : Évaluation de la liquéfaction selon la méthode simplifiée (Refs: Youd, T.L. et al., 2001)

CS	Coefficient de sécurité	r_d	Stress reduction factor
$CRR_{7,5}$	Cyclic resistance ratio	z	Depth
CSR	Cyclic stress ratio	z_{eau}	Water table depth
MSF	Magnitude scale factor	P_a	Atmospheric pressure
K_α	Correction factor for sloping ground		
K_σ	Correction factor for overburden stress		
a_{max}/g	Design earthquake loading		
F_a	Amplification factor		
q_c	Cone penetration resistance		
f_s	Sleeve friction resistance		
q_{c1N}	Normalized cone penetration resistance		
$(q_{c1N})_{cs}$	Adjustement for equivalent clean-sand value		
Q, F, n	Dimensioneless parameters		
I_c	Soil behavior type index		
K_c	Correction for grain caracteristics		

$$CS = \left(\frac{CRR_{7,5}}{CSR}\right) \cdot MSF \cdot K\alpha \cdot K\sigma$$

$$CSR = 0{,}65 \cdot \left(\frac{a_{max}}{g}\right) \cdot \left(\frac{\sigma_{vo}}{\sigma'_{vo}}\right) \cdot r_d$$

$$r_d = 1 - 0{,}00765 \cdot z \quad pour\ z \leq 9{,}15\ m$$

$$r_d = 1{,}174 - 0{,}02675 \cdot z \quad pour\ 9{,}15\ m \leq z \leq 23\ m$$

$$I_C = [(3{,}47 - logQ)^2 + (1{,}22 - logF)^2]^{0{,}5}$$

$$Q = \left[\frac{(q_c - \sigma_{v0})}{P_a}\right] \cdot \left[\left(\frac{P_a}{\sigma'_{v0}}\right)^n\right]$$

$$F = \left[\frac{f_s}{q_c - \sigma_{v0}}\right] \cdot 100$$

$$CRR_{7,5} = 0{,}833 \cdot \left[\frac{(q_{c1N})_{cs}}{1000}\right] + 0{,}05 \quad pour\ (q_{c1N})_{cs} < 50$$

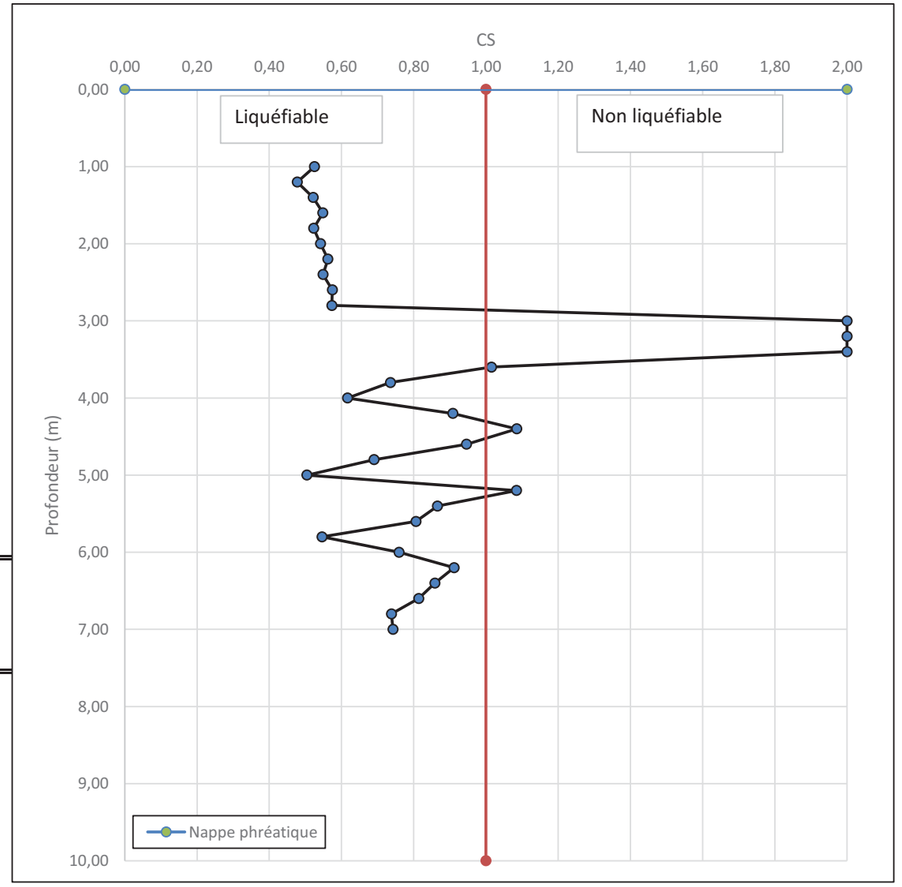
$$CRR_{7,5} = 93 \cdot \left[\frac{(q_{c1N})_{cs}}{1000}\right]^3 + 0{,}08 \quad pour\ 50 \leq (q_{c1N})_{cs} < 160$$

$$q_{c1N} = C_Q \left(\frac{q_c}{P_a}\right) \qquad C_Q = \left(\frac{P_a}{\sigma'_{v0}}\right)^n \leq 1{,}7$$

$$(q_{c1N})_{cs} = K_C \cdot q_{c1N} \qquad Pour\ I_c \leq 1{,}64 \rightarrow K_c = 1{,}0$$

$$K_c = -0{,}403I_c^4 + 5{,}58I_c^3 - 21{,}63I_c^2 + 33{,}75I_c - 17{,}88$$

n	Soil type
1,0	Clay
0,7	Silt
0,5	Sand



Paramètres de conception

Séisme de conceptio	2 500 ans	Classe sol fondation sur le site	E	(Vs 30 = ± 90 à 180 m/s)
Amax (Classe C)	0,047 g	Facteur Amplification	2,1	
		Amax conception	0,0987 g	

Information du site		Stratigraphie					Commentaires
M_w	7,50	Couche N°	Description des matériaux	De (m)	à (m)	Density γ_T (kN/m^3)	Choix du paramètre n: Poser n = 1, si I_c > 2,6, les matériaux sont plastiques et risque liquéfaction faible. Utiliser une autre méthode pour confirmer. Si I_c < 2,6, changer pour n = 0,5. Si ce nouveau I_c est < 2,6, c'est ok, sinon changer n pour 0,7. Si I_c > 2,4, vérifier avec une autre méthode.
$F_a \cdot a_{max}/g$	0,099	1	Résidus minier	0,00	7,00	16,00	
MSF	1,00	2					
P_a (kPa)	100,00	3					
z_{eau} (m)	0,00	4					

Information sur le sondage				CSR					CRR*									Correction		Résultats	
Essai	z (m)	q_c (kPa)	f_s (kPa)	σ_{vo} (kN/m^2)	μ (kPa)	σ'_{vo} (kN/m^2)	r_d	CSR	n	Q	F	I_c	K_c	c_Q	q_{c1N} (kPa)	$(q_{c1N})_{cs}$ (kPa)	$CRR_{7,5}$	$K\sigma$	$K\alpha$	CS	Comments: Likely if CS > 0,955
1,00	1,00	2 061	20	16	10	6	0,992	0,165	0,5	82,19	0,96	1,97	1,25	1,70	35	44	0,086	1,0	1,0	0,53	Likely
2,00	1,20	1 172	12	19	12	7	0,991	0,164	0,5	42,30	1,05	2,22	1,71	1,70	20	34	0,078	1,0	1,0	0,48	Likely
3,00	1,40	1 828	17	22	14	9	0,989	0,164	0,5	61,34	0,92	2,06	1,38	1,70	31	43	0,086	1,0	1,0	0,52	Likely
4,00	1,60	2 073	20	26	16	10	0,988	0,164	0,5	65,05	0,96	2,05	1,36	1,70	35	48	0,090	1,0	1,0	0,55	Likely
5,00	1,80	1 781	14	29	18	11	0,986	0,164	0,5	52,48	0,80	2,08	1,41	1,70	30	43	0,086	1,0	1,0	0,52	Likely
6,00	2,00	2 232	12	32	20	12	0,985	0,163	0,5	62,53	0,57	1,94	1,22	1,70	38	46	0,088	1,0	1,0	0,54	Likely
7,00	2,20	1 609	32	35	22	14	0,983	0,163	0,7	63,55	2,06	2,27	1,83	1,70	27	50	0,092	1,0	1,0	0,56	Likely
8,00	2,40	2 165	40	38	24	15	0,982	0,163	1,0	143,18	1,90	1,99	1,28	1,70	37	47	0,089	1,0	1,0	0,55	Likely
9,00	2,60	2 266	17	42	26	16	0,980	0,163	0,5	55,45	0,77	2,05	1,36	1,70	39	52	0,093	1,0	1,0	0,57	Likely
10,00	2,80	1 738	29	45	27	17	0,979	0,162	0,7	57,76	1,69	2,24	1,76	1,70	30	52	0,093	1,0	1,0	0,57	Likely
11,00	3,00	740	33	48	29	19	0,977	0,162	1,0	37,24	4,77	2,69	3,87	1,70	13	49	0,091	1,0	1,0	NA	Use another method
12,00	3,20	1 137	30	51	31	20	0,976	0,162	1,0	54,81	2,79	2,40	2,31	1,70	19	45	0,087	1,0	1,0	NA	Use another method
13,00	3,40	2 413	122	54	33	21	0,974	0,162	0,5	51,42	5,16	2,61	3,39	1,70	41	139	0,330	1,0	1,0	NA	Use another method
14,00	3,60	3 244	64	58	35	22	0,972	0,161	0,5	67,49	2,00	2,24	1,75	1,70	55	97	0,164	1,0	1,0	1,02	Not likely
15,00	3,80	3 295	30	61	37	24	0,971	0,161	0,5	66,69	0,92	2,03	1,33	1,70	56	74	0,118	1,0	1,0	0,74	Likely
16,00	4,00	2 651	15	64	39	25	0,969	0,161	0,5	51,99	0,59	2,01	1,31	1,70	45	59	0,099	1,0	1,0	0,62	Likely
17,00	4,20	4 318	37	67	41	26	0,968	0,161	0,5	83,37	0,86	1,93	1,21	1,70	73	89	0,146	1,0	1,0	0,91	Likely
18,00	4,40	4 891	46	70	43	27	0,966	0,160	0,5	92,38	0,96	1,93	1,21	1,70	83	100	0,174	1,0	1,0	1,09	Not likely
19,00	4,60	4 283	39	74	45	28	0,965	0,160	0,5	78,89	0,93	1,97	1,26	1,70	73	92	0,151	1,0	1,0	0,95	Likely

Client :	Ressource Métanor	Dossier n° :			
Projet n° :	161-07621	Feuille n°	1	of	
Projet :	Mine Bachelor	Preparé par :	SC	Date :	#########
Objet :	Évaluation du potentiel de liquéfaction du sondage CPTU-A4	Verifié par :	JFSL	Date :	#########
		Approuvé par :	MS	Date :	#########

Méthode : Évaluation de la liquéfaction selon la méthode simplifiée (Refs: Youd, T.L. et al., 2001)

CS	Coefficient de sécurité	r_d	Stress reduction factor
$CRR_{7,5}$	Cyclic resistance ratio	z	Depth
CSR	Cyclic stress ratio	z_{eau}	Water table depth
MSF	Magnitude scale factor	P_a	Atmospheric pressure
K_α	Correction factor for sloping ground		
K_σ	Correction factor for overburden stress		
a_{max}/g	Design earthquake loading		
F_a	Amplification factor		
q_c	Cone penetration resistance		
f_s	Sleeve friction resistance		
q_{c1N}	Normalized cone penetration resistance		
$(q_{c1N})_{cs}$	Adjustement for equivalent clean-sand value		
Q, F, n	Dimensioneless parameters		
I_c	Soil behavior type index		
K_c	Correction for grain caracteristics		

$$CS = \left(\frac{CRR_{7,5}}{CSR}\right) \cdot MSF \cdot K\alpha \cdot K\sigma$$

$$CSR = 0{,}65 \cdot \left(\frac{a_{max}}{g}\right) \cdot \left(\frac{\sigma_{vo}}{\sigma'_{vo}}\right) \cdot r_d$$

$$r_d = 1 - 0{,}00765 \cdot z \quad pour\ z \leq 9{,}15\ m$$

$$r_d = 1{,}174 - 0{,}02675 \cdot z \quad pour\ 9{,}15\ m \leq z \leq 23\ m$$

$$I_C = [(3{,}47 - logQ)^2 + (1{,}22 - logF)^2]^{0{,}5}$$

$$Q = \left[\frac{(q_c - \sigma_{v0})}{P_a}\right] \cdot \left[\left(\frac{P_a}{\sigma'_{v0}}\right)^n\right]$$

$$F = \left[\frac{f_s}{q_c - \sigma_{v0}}\right] \cdot 100$$

$$CRR_{7,5} = 0{,}833 \cdot \left[\frac{(q_{c1N})_{cs}}{1000}\right] + 0{,}05 \quad pour\ (q_{c1N})_{cs} < 50$$

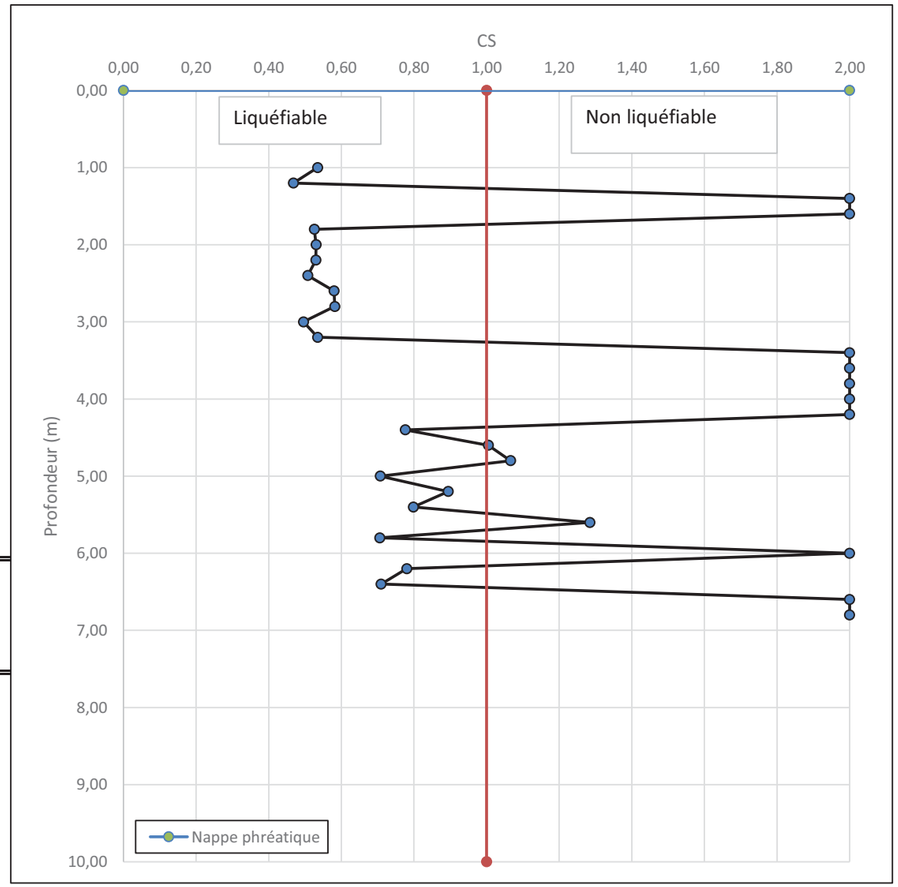
$$CRR_{7,5} = 93 \cdot \left[\frac{(q_{c1N})_{cs}}{1000}\right]^3 + 0{,}08 \quad pour\ 50 \leq (q_{c1N})_{cs} < 160$$

$$q_{c1N} = C_Q\left(\frac{q_c}{P_a}\right) \qquad C_Q = \left(\frac{P_a}{\sigma'_{v0}}\right)^n \leq 1{,}7$$

$$(q_{c1N})_{cs} = K_C \cdot q_{c1N} \qquad Pour\ I_c \leq 1{,}64 \rightarrow K_c = 1{,}0$$

$$K_c = -0{,}403I_c^4 + 5{,}58I_c^3 - 21{,}63I_c^2 + 33{,}75I_c - 17{,}88$$

n	Soil type
1,0	Clay
0,7	Silt
0,5	Sand



Paramètres de conception

Séisme de conceptio	2 500 ans	Classe sol fondation sur le site	E	(Vs 30 = ± 90 à 180 m/s)
Amax (Classe C)	0,047 g	Facteur Amplification	2,1	
		Amax conception	0,0987 g	

Information du site		Stratigraphie					Commentaires
M_w	7,50	Couche N°	Description des matériaux	De (m)	à (m)	Density γ_T (kN/m^3)	Choix du paramètre n: Poser n = 1, si I_c > 2,6, les matériaux sont plastiques et risque liquéfaction faible. Utiliser une autre méthode pour confirmer. Si I_c < 2,6, changer pour n = 0,5. Si ce nouveau I_c est < 2,6, c'est ok, sinon changer n pour 0,7. Si I_c > 2,4, vérifier avec une autre méthode.
$F_a \cdot a_{max}/g$	0,099	1	Résidus minier	0,00	6,80	16,00	
MSF	1,00	2					
P_a (kPa)	100,00	3					
z_{eau} (m)	0,00	4					

Information sur le sondage				CSR					CRR*								Correction		Résultats	
Essai	z (m)	q_c (kPa)	f_s (kPa)	σ_{vo} (kN/m^2)	μ (kPa)	σ'_{vo} (kN/m^2)	r_d	CSR	n	Q	F	I_c	K_c	c_Q	q_{c1N} (kPa)	$(q_{c1N})_{cs}$ (kPa)	$CRR_{7,5}$	Kσ	Kα	CS	Comments: Likely if CS > 0,955
1,00	1,00	2 240	20	16	10	6	0,992	0,165	0,5	89,38	0,89	1,92	1,20	1,70	38	46	0,088	1,0	1,0	0,53	Likely
2,00	1,20	1 301	10	19	12	7	0,991	0,164	0,5	47,02	0,76	2,11	1,46	1,70	22	32	0,077	1,0	1,0	0,47	Likely
3,00	1,40	943	14	22	14	9	0,989	0,164	0,5	31,28	1,48	2,41	2,36	1,70	16	38	0,081	1,0	1,0	NA	Use another method
4,00	1,60	714	11	26	16	10	0,988	0,164	0,5	21,87	1,58	2,56	3,07	1,70	12	37	0,081	1,0	1,0	NA	Use another method
5,00	1,80	1 822	14	29	18	11	0,986	0,164	0,5	53,73	0,80	2,07	1,39	1,70	31	43	0,086	1,0	1,0	0,53	Likely
6,00	2,00	1 720	15	32	20	12	0,985	0,163	0,5	47,97	0,86	2,13	1,50	1,70	29	44	0,087	1,0	1,0	0,53	Likely
7,00	2,20	2 132	18	35	22	14	0,983	0,163	0,7	84,66	0,85	1,92	1,21	1,70	36	44	0,086	1,0	1,0	0,53	Likely
8,00	2,40	2 160	18	38	24	15	0,982	0,163	1,0	142,84	0,86	1,75	1,07	1,70	37	39	0,083	1,0	1,0	0,51	Likely
9,00	2,60	1 943	20	42	26	16	0,980	0,163	0,5	47,39	1,07	2,19	1,62	1,70	33	54	0,094	1,0	1,0	0,58	Likely
10,00	2,80	1 611	31	45	27	17	0,979	0,162	0,7	53,43	1,96	2,31	1,96	1,70	27	54	0,094	1,0	1,0	0,58	Likely
11,00	3,00	938	21	48	29	19	0,977	0,162	1,0	47,91	2,36	2,40	2,28	1,70	16	36	0,080	1,0	1,0	0,50	Likely
12,00	3,20	1 380	30	51	31	20	0,976	0,162	1,0	67,11	2,27	2,28	1,87	1,70	23	44	0,086	1,0	1,0	0,53	Likely
13,00	3,40	1 414	35	54	33	21	0,974	0,162	0,5	29,65	2,57	2,58	3,18	1,70	24	76	0,122	1,0	1,0	NA	Use another method
14,00	3,60	613	10	58	35	22	0,972	0,161	0,5	11,77	1,76	2,81	4,86	1,70	10	51	0,092	1,0	1,0	NA	Use another method
15,00	3,80	881	9	61	37	24	0,971	0,161	0,5	16,92	1,12	2,58	3,17	1,70	15	47	0,090	1,0	1,0	NA	Use another method
16,00	4,00	1 392	33	64	39	25	0,969	0,161	0,5	26,69	2,50	2,61	3,35	1,70	24	79	0,126	1,0	1,0	NA	Use another method
17,00	4,20	1 140	27	67	41	26	0,968	0,161	0,5	21,03	2,54	2,69	3,92	1,70	19	76	0,121	1,0	1,0	NA	Use another method
18,00	4,40	3 458	30	70	43	27	0,966	0,160	0,5	64,92	0,89	2,03	1,33	1,70	59	78	0,124	1,0	1,0	0,78	Likely
19,00	4,60	4 523	42	74	45	28	0,965	0,160	0,5	83,38	0,95	1,96	1,24	1,70	77	95	0,161	1,0	1,0	1,01	Not likely

Client :	Ressource Métanor	Dossier n° :			
Projet n° :	161-07621	Feuille n°	1	of	
Projet :	Mine Bachelor	Preparé par :	SC	Date :	#########
Objet :	Évaluation du potentiel de liquéfaction du sondage CPTU-E2	Verifié par :	JFSL	Date :	#########
		Approuvé par :	MS	Date :	#########

Méthode : Évaluation de la liquéfaction selon la méthode simplifiée (Refs: Youd, T.L. et al., 2001)

CS	Coefficient de sécurité	r_d	Stress reduction factor
$CRR_{7,5}$	Cyclic resistance ratio	z	Depth
CSR	Cyclic stress ratio	z_{eau}	Water table depth
MSF	Magnitude scale factor	P_a	Atmospheric pressure
K_α	Correction factor for sloping ground		
K_σ	Correction factor for overburden stress		
a_{max}/g	Design earthquake loading		
F_a	Amplification factor		
q_c	Cone penetration resistance		
f_s	Sleeve friction resistance		
q_{c1N}	Normalized cone penetration resistance		
$(q_{c1N})_{cs}$	Adjustement for equivalent clean-sand value		
Q, F, n	Dimensioneless parameters		
I_c	Soil behavior type index		
K_c	Correction for grain caracteristics		

$$CS = \left(\frac{CRR_{7,5}}{CSR}\right) \cdot MSF \cdot K\alpha \cdot K\sigma$$

$$CSR = 0{,}65 \cdot \left(\frac{a_{max}}{g}\right) \cdot \left(\frac{\sigma_{vo}}{\sigma'_{vo}}\right) \cdot r_d$$

$$r_d = 1 - 0{,}00765 \cdot z \quad pour\ z \leq 9{,}15\ m$$

$$r_d = 1{,}174 - 0{,}02675 \cdot z \quad pour\ 9{,}15\ m \leq z \leq 23\ m$$

$$I_C = [(3{,}47 - logQ)^2 + (1{,}22 - logF)^2]^{0{,}5}$$

$$Q = \left[\frac{(q_c - \sigma_{v0})}{P_a}\right] \cdot \left[\left(\frac{P_a}{\sigma'_{v0}}\right)^n\right]$$

$$F = \left[\frac{f_s}{q_c - \sigma_{v0}}\right] \cdot 100$$

$$CRR_{7,5} = 0{,}833 \cdot \left[\frac{(q_{c1N})_{cs}}{1000}\right] + 0{,}05 \quad pour\ (q_{c1N})_{cs} < 50$$

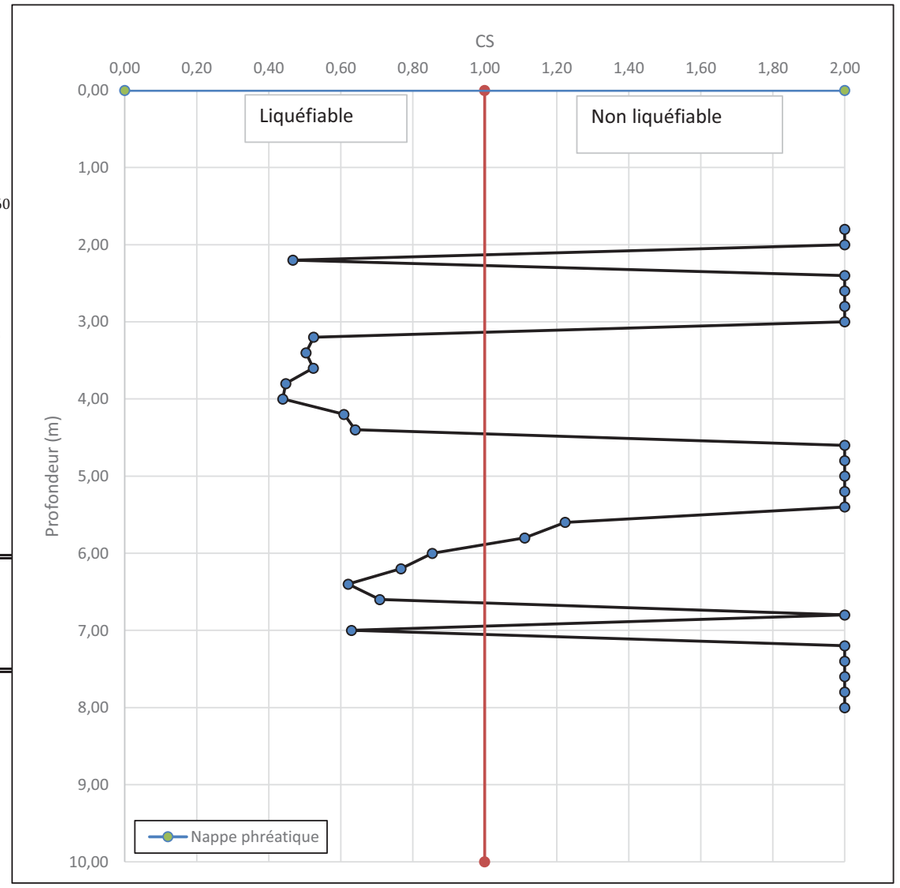
$$CRR_{7,5} = 93 \cdot \left[\frac{(q_{c1N})_{cs}}{1000}\right]^3 + 0{,}08 \quad pour\ 50 \leq (q_{c1N})_{cs} < 160$$

$$q_{c1N} = C_Q\left(\frac{q_c}{P_a}\right) \qquad C_Q = \left(\frac{P_a}{\sigma'_{v0}}\right)^n \leq 1{,}7$$

$$(q_{c1N})_{cs} = K_C \cdot q_{c1N} \qquad Pour\ I_c \leq 1{,}64 \rightarrow K_c = 1{,}0$$

$$K_c = -0{,}403I_c^4 + 5{,}58I_c^3 - 21{,}63I_c^2 + 33{,}75I_c - 17{,}88$$

n	Soil type
1,0	Clay
0,7	Silt
0,5	Sand



Paramètres de conception

Séisme de conceptio	2 500 ans	Classe sol fondation sur le site	E	(Vs 30 = ± 90 à 180 m/s)
Amax (Classe C)	0,047 g	Facteur Amplification	2,1	
		Amax conception	0,0987 g	

Information du site		Stratigraphie					Commentaires
M_w	7,50	Couche N°	Description des matériaux	De (m)	à (m)	Density γ_T (kN/m^3)	Choix du paramètre n: Poser n = 1, si I_c > 2,6, les matériaux sont plastiques et risque liquéfaction faible. Utiliser une autre méthode pour confirmer. Si I_c < 2,6, changer pour n = 0,5. Si ce nouveau I_c est < 2,6, c'est ok, sinon changer n pour 0,7. Si I_c > 2,4, vérifier avec une autre méthode.
$F_a \cdot a_{max}/g$	0,099	1	Résidus minier	0,00	8,80	16,00	
MSF	1,00	2					
P_a (kPa)	100,00	3					
z_{eau} (m)	0,00	4					

Information sur le sondage				CSR					CRR*								Correction		Résultats	
Essai	z (m)	q_c (kPa)	f_s (kPa)	σ_{vo} (kN/m^2)	μ (kPa)	σ'_{vo} (kN/m^2)	r_d	CSR	n	Q	F	I_c	K_c	c_Q	q_{c1N} (kPa)	$(q_{c1N})_{cs}$ (kPa)	$CRR_{7,5}$	Kσ	Kα	CS	Comments: Likely if CS > 0,955
1,00	1,80	875	19	29	18	11	0,986	0,164	0,5	25,36	2,28	2,60	3,31	1,70	15	49	0,091	1,0	1,0	NA	Use another method
2,00	2,00	699	7	32	20	12	0,985	0,163	0,5	18,96	0,99	2,51	2,78	1,70	12	33	0,078	1,0	1,0	NA	Use another method
3,00	2,20	843	5	35	22	14	0,983	0,163	0,5	21,89	0,67	2,37	2,20	1,70	14	31	0,076	1,0	1,0	0,47	Likely
4,00	2,40	647	4	38	24	15	0,982	0,163	0,5	15,79	0,69	2,51	2,79	1,70	11	31	0,076	1,0	1,0	NA	Use another method
5,00	2,60	621	5	42	26	16	0,980	0,163	0,5	14,45	0,80	2,57	3,13	1,70	11	33	0,078	1,0	1,0	NA	Use another method
6,00	2,80	1 154	14	45	27	17	0,979	0,162	0,5	26,64	1,23	2,43	2,41	1,70	20	47	0,089	1,0	1,0	NA	Use another method
7,00	3,00	473	7	48	29	19	0,977	0,162	0,7	13,81	1,61	2,73	4,22	1,70	8	34	0,078	1,0	1,0	NA	Use another method
8,00	3,20	2 182	18	51	31	20	0,976	0,162	1,0	107,59	0,84	1,84	1,13	1,70	37	42	0,085	1,0	1,0	0,52	Likely
9,00	3,40	1 690	4	54	33	21	0,974	0,162	0,5	35,65	0,25	2,01	1,31	1,70	29	38	0,081	1,0	1,0	0,50	Likely
10,00	3,60	1 563	12	58	35	22	0,972	0,161	0,7	43,07	0,82	2,16	1,56	1,70	27	41	0,084	1,0	1,0	0,52	Likely
11,00	3,80	1 340	4	61	37	24	0,971	0,161	1,0	54,38	0,32	1,88	1,16	1,70	23	26	0,072	1,0	1,0	0,45	Likely
12,00	4,00	1 264	2	64	39	25	0,969	0,161	1,0	48,48	0,21	1,86	1,15	1,70	21	25	0,071	1,0	1,0	0,44	Likely
13,00	4,20	2 154	16	67	41	26	0,968	0,161	0,5	40,93	0,78	2,16	1,57	1,70	37	58	0,098	1,0	1,0	0,61	Likely
14,00	4,40	2 169	20	70	43	27	0,966	0,160	0,5	40,21	0,94	2,21	1,69	1,70	37	62	0,103	1,0	1,0	0,64	Likely
15,00	4,60	897	8	74	45	28	0,965	0,160	0,5	15,43	0,92	2,57	3,13	1,70	15	48	0,090	1,0	1,0	NA	Use another method
16,00	4,80	313	7	77	47	30	0,963	0,160	0,5	4,33	2,78	3,29	10,48	1,70	5	56	0,096	1,0	1,0	NA	Use another method
17,00	5,00	412	17	80	49	31	0,962	0,159	0,5	5,97	5,22	3,32	10,97	1,70	7	77	0,122	1,0	1,0	NA	Use another method
18,00	5,20	1 245	25	83	51	32	0,960	0,159	0,5	20,48	2,15	2,66	3,68	1,70	21	78	0,124	1,0	1,0	NA	Use another method
19,00	5,40	1 423	12	86	53	33	0,959	0,159	0,5	23,12	0,91	2,41	2,35	1,70	24	57	0,097	1,0	1,0	NA	Use another method

Client :	Ressource Métanor	Dossier n° :			
Projet n° :	161-07621	Feuille n°	1	of	
Projet :	Mine Bachelor	Preparé par :	SC	Date :	#########
Objet :	Évaluation du potentiel de liquéfaction du sondage CPTU-C3	Verifié par :	JFSL	Date :	#########
		Approuvé par :	MS	Date :	#########

Méthode : Évaluation de la liquéfaction selon la méthode simplifiée (Refs: Youd, T.L. et al., 2001)

CS	Coefficient de sécurité	r_d	Stress reduction factor
$CRR_{7,5}$	Cyclic resistance ratio	z	Depth
CSR	Cyclic stress ratio	z_{eau}	Water table depth
MSF	Magnitude scale factor	P_a	Atmospheric pressure
K_α	Correction factor for sloping ground		
K_σ	Correction factor for overburden stress		
a_{max}/g	Design earthquake loading		
F_a	Amplification factor		
q_c	Cone penetration resistance		
f_s	Sleeve friction resistance		
q_{c1N}	Normalized cone penetration resistance		
$(q_{c1N})_{cs}$	Adjustement for equivalent clean-sand value		
Q, F, n	Dimensioneless parameters		
I_c	Soil behavior type index		
K_c	Correction for grain caracteristics		

$$CS = \left(\frac{CRR_{7,5}}{CSR}\right) \cdot MSF \cdot K\alpha \cdot K\sigma$$

$$CSR = 0{,}65 \cdot \left(\frac{a_{max}}{g}\right) \cdot \left(\frac{\sigma_{vo}}{\sigma'_{vo}}\right) \cdot r_d$$

$$r_d = 1 - 0{,}00765 \cdot z \quad pour\ z \leq 9{,}15\ m$$

$$r_d = 1{,}174 - 0{,}02675 \cdot z \quad pour\ 9{,}15\ m \leq z \leq 23\ m$$

$$I_C = [(3{,}47 - logQ)^2 + (1{,}22 - logF)^2]^{0{,}5}$$

$$Q = \left[\frac{(q_c - \sigma_{v0})}{P_a}\right] \cdot \left[\left(\frac{P_a}{\sigma'_{v0}}\right)^n\right]$$

$$F = \left[\frac{f_s}{q_c - \sigma_{v0}}\right] \cdot 100$$

$$CRR_{7,5} = 0{,}833 \cdot \left[\frac{(q_{c1N})_{cs}}{1000}\right] + 0{,}05 \quad pour\ (q_{c1N})_{cs} < 50$$

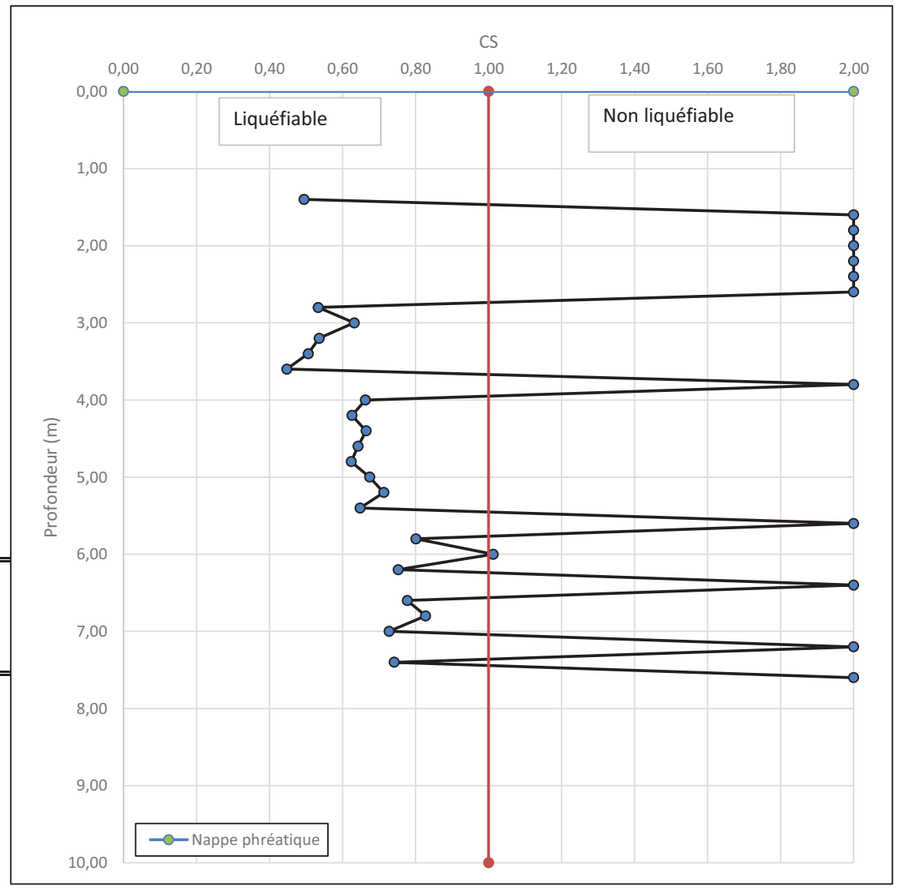
$$CRR_{7,5} = 93 \cdot \left[\frac{(q_{c1N})_{cs}}{1000}\right]^3 + 0{,}08 \quad pour\ 50 \leq (q_{c1N})_{cs} < 160$$

$$q_{c1N} = C_Q\left(\frac{q_c}{P_a}\right) \qquad C_Q = \left(\frac{P_a}{\sigma'_{v0}}\right)^n \leq 1{,}7$$

$$(q_{c1N})_{cs} = K_C \cdot q_{c1N} \qquad Pour\ I_c \leq 1{,}64 \rightarrow K_c = 1{,}0$$

$$K_c = -0{,}403I_c^4 + 5{,}58I_c^3 - 21{,}63I_c^2 + 33{,}75I_c - 17{,}88$$

n	Soil type
1,0	Clay
0,7	Silt
0,5	Sand



Paramètres de conception

Séisme de conceptio	2 500 ans	Classe sol fondation sur le site	E	(Vs 30 = ± 90 à 180 m/s)
Amax (Classe C)	0,047 g	Facteur Amplification	2,1	
		Amax conception	0,0987 g	

Information du site		Stratigraphie					Commentaires
M_w	7,50	Couche N°	Description des matériaux	De (m)	à (m)	Density γ_T (kN/m^3)	Choix du paramètre n: Poser n = 1, si I_c > 2,6, les matériaux sont plastiques et risque liquéfaction faible. Utiliser une autre méthode pour confirmer. Si I_c < 2,6, changer pour n = 0,5. Si ce nouveau I_c est < 2,6, c'est ok, sinon changer n pour 0,7. Si I_c > 2,4, vérifier avec une autre méthode.
$F_a \cdot a_{max}/g$	0,099	1	Résidus minier	0,00	8,00	16,00	
MSF	1,00	2					
P_a (kPa)	100,00	3					
z_{eau} (m)	0,00	4					

Information sur le sondage				CSR					CRR*									Correction		Résultats	
Essai	z (m)	q_c (kPa)	f_s (kPa)	σ_{vo} (kN/m^2)	μ (kPa)	σ'_{vo} (kN/m^2)	r_d	CSR	n	Q	F	I_c	K_c	c_Q	q_{c1N} (kPa)	$(q_{c1N})_{cs}$ (kPa)	$CRR_{7,5}$	Kσ	Kα	CS	Comments: Likely if CS > 0,955
1,00	1,40	1 540	12	22	14	9	0,989	0,164	0,5	51,56	0,82	2,09	1,43	1,70	26	37	0,081	1,0	1,0	0,49	Likely
2,00	1,60	743	14	26	16	10	0,988	0,164	0,5	22,81	1,95	2,60	3,29	1,70	13	42	0,085	1,0	1,0	NA	Use another method
3,00	1,80	501	6	29	18	11	0,986	0,164	0,5	14,16	1,20	2,66	3,69	1,70	9	31	0,076	1,0	1,0	NA	Use another method
4,00	2,00	394	7	32	20	12	0,985	0,163	0,5	10,29	1,84	2,87	5,40	1,70	7	36	0,080	1,0	1,0	NA	Use another method
5,00	2,20	946	11	35	22	14	0,983	0,163	0,5	24,69	1,18	2,45	2,50	1,70	16	40	0,083	1,0	1,0	NA	Use another method
6,00	2,40	923	12	38	24	15	0,982	0,163	0,5	22,95	1,32	2,50	2,75	1,70	16	43	0,086	1,0	1,0	NA	Use another method
7,00	2,60	766	9	42	26	16	0,980	0,163	0,7	26,01	1,28	2,45	2,49	1,70	13	32	0,077	1,0	1,0	NA	Use another method
8,00	2,80	2 280	23	45	27	17	0,979	0,162	1,0	128,98	1,04	1,84	1,13	1,70	39	44	0,086	1,0	1,0	0,53	Likely
9,00	3,00	2 257	26	48	29	19	0,977	0,162	0,5	51,27	1,19	2,19	1,62	1,70	38	62	0,102	1,0	1,0	0,63	Likely
10,00	3,20	1 658	17	51	31	20	0,976	0,162	0,7	49,91	1,03	2,16	1,56	1,70	28	44	0,087	1,0	1,0	0,54	Likely
11,00	3,40	1 649	19	54	33	21	0,974	0,162	1,0	75,78	1,18	2,05	1,36	1,70	28	38	0,082	1,0	1,0	0,51	Likely
12,00	3,60	719	7	58	35	22	0,972	0,161	1,0	29,67	1,13	2,37	2,18	1,70	12	27	0,072	1,0	1,0	0,45	Likely
13,00	3,80	678	13	61	37	24	0,971	0,161	0,5	12,73	2,07	2,82	4,93	1,70	12	57	0,097	1,0	1,0	NA	Use another method
14,00	4,00	2 159	25	64	39	25	0,969	0,161	0,5	42,11	1,18	2,25	1,79	1,70	37	66	0,106	1,0	1,0	0,66	Likely
15,00	4,20	1 897	19	67	41	26	0,968	0,161	0,5	35,88	1,04	2,28	1,87	1,70	32	60	0,100	1,0	1,0	0,63	Likely
16,00	4,40	2 052	23	70	43	27	0,966	0,160	0,5	37,96	1,15	2,28	1,89	1,70	35	66	0,106	1,0	1,0	0,66	Likely
17,00	4,60	1 691	19	74	45	28	0,965	0,160	0,5	30,32	1,17	2,37	2,18	1,70	29	63	0,103	1,0	1,0	0,64	Likely
18,00	4,80	1 586	16	77	47	30	0,963	0,160	0,5	27,68	1,05	2,38	2,21	1,70	27	60	0,100	1,0	1,0	0,62	Likely
19,00	5,00	2 139	21	80	49	31	0,962	0,159	0,5	37,00	1,03	2,27	1,83	1,70	36	67	0,108	1,0	1,0	0,67	Likely

Client :	Ressource Métanor	Dossier n° :			
Projet n° :	161-07621	Feuille n°	1	of	
Projet :	Mine Bachelor	Preparé par :	SC	Date :	2016-11-25
Objet :	Évaluation du potentiel de liquéfaction du sondage CPTU-A1	Verifié par :	JFSL	Date :	
		Approuvé par :	MS	Date :	2017-05-29

Méthode : Évaluation de la liquéfaction selon la méthode simplifiée (Refs: Youd, T.L. et al., 2001)

CS	Coefficient de sécurité par rapport à la liquéfaction	z	Depth
$CRR_{7,5}$	Cyclic resistance ratio	z_{eau}	Water table depth
CSR	Cyclic stress ratio	P_a	Atmospheric pressure
MSF	Magnitude scale factor	FC	Fine content (<0,75µm)
r_d	Stress reduction factor		
K_α	Correction factor for sloping ground		
K_σ	Correction factor for overburden stress		
a_{max}/g	Design earthquake loading		
F_a	Amplification factor		
V_s	Shear wave velocity		
V_{s1}	Overburden-stress corrected shear wave velocity		
V^*_{s1}	Limiting upper value of V_{s1}		
a et b	Curve fitting paraneters (0,022 and 2,8)		

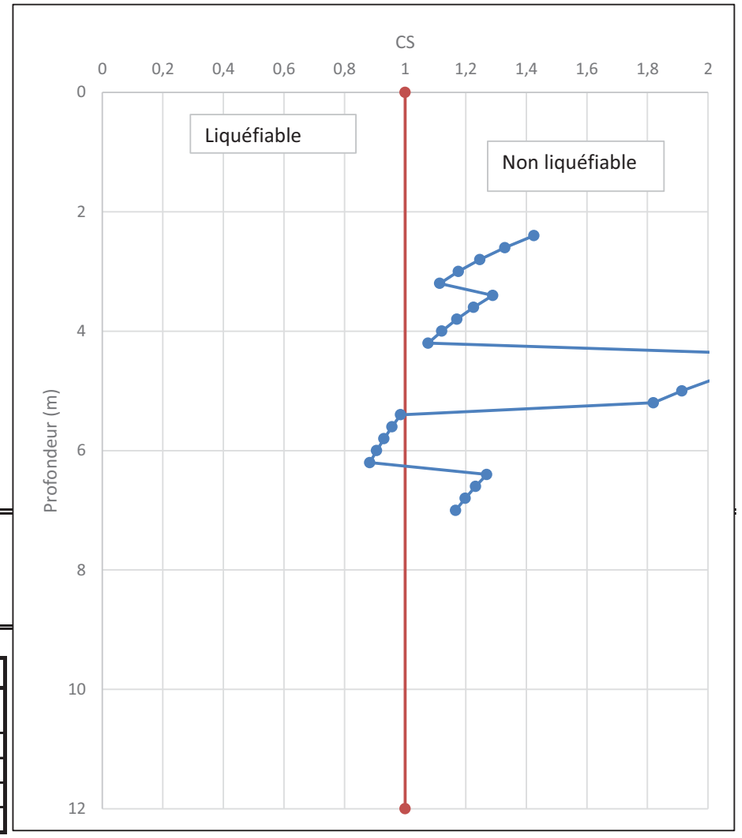
$$CS = \left(\frac{CRR_{7,5}}{CSR}\right) \cdot MSF \cdot K\alpha \cdot K\sigma$$

$$CSR = 0{,}65 \cdot \left(\frac{a_{max}}{g}\right) \cdot \left(\frac{\sigma_{vo}}{\sigma'_{vo}}\right) \cdot r_d$$

$$r_d = 1 - 0{,}00765 \cdot z \quad pour\ z \leq 9{,}15\ m$$
$$r_d = 1{,}174 - 0{,}0267 \cdot z \quad pour\ 9{,}15\ m \leq z \leq 23\ m$$

$$CRR_{7,5} = a\left(\frac{V_{s1}}{100}\right)^2 + b\left(\frac{1}{V^*_{s1} - V_{s1}} - \frac{1}{V^*_{s1}}\right)$$

$$V_{s1} = V_s \cdot \left(\frac{P_a}{\sigma'_{v0}}\right)^{0,25}$$



Paramètres de conception

Séisme de conception	2 500 ans	Classe sol fondation sur le site	E	(Vs 30 = ± 90 à 180 m/s)
Amax (Classe C)	0,047 g	Facteur Amplification	2,1	
		Amax conception	0,0987 g	

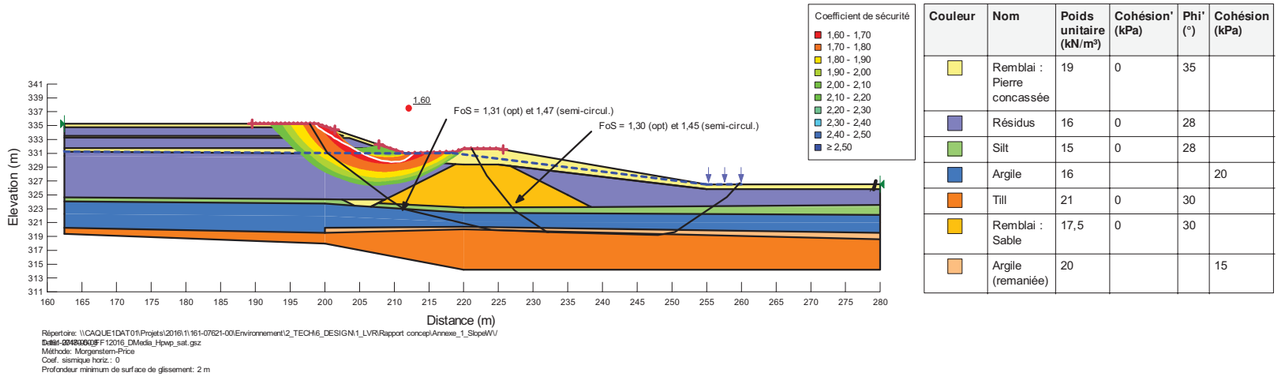
Information du site		Stratigraphie					Critère pour V^*_{s1}	
Mw	7,50	Couche N°	Description des matériaux	De (m)	à (m)	γ_T (kN/m^3)	% Fines <0.075mm	V^*_{s1} (m/s)
$F_a \cdot a_{max}/g$	0,099	1	Résidus minier	0	7	16,00	35	200
MSF	1,00	2					25	205
P_a (kPa)	100,00	3					15	210
z_{eau} (m)	2,15	4					5	215

Information sur le sondage				CSR					CRR(*)			Correction		Résultats	
Essai	z (m)	V_s (m/s)	% Fines <0.075mm	σ_{vo} (kN/m^2)	µ (kPa)	σ'_{vo} (kN/m^2)	r_d	CSR	V_{s1} (m/s)	V^*_{s1} (m/s)	$CRR_{7.5}$	Kσ	Kα	CS	Comments (If CS > 0,955 = Not likely)
1	1,40	158	35	22	0	22	0,989	0,063	230	200	NA	1,0	1,0	NA	Above groundwater level
2	1,60	158	35	26	0	26	0,988	0,063	222	200	NA	1,0	1,0	NA	Above groundwater level
3	1,80	158	35	29	0	29	0,986	0,063	216	200	NA	1,0	1,0	NA	Above groundwater level
4	2,00	158	35	32	0	32	0,985	0,063	210	200	NA	1,0	1,0	NA	Above groundwater level
6	2,20	158	35	35	0	35	0,983	0,064	206	200	NA	1,0	1,0	NA	Above groundwater level
7	2,40	118	35	38	2	36	0,982	0,067	152	200	0,096	1,0	1,0	1,43	Not likely
8	2,60	118	35	42	4	37	0,980	0,070	151	200	0,094	1,0	1,0	1,33	Not likely
9	2,80	118	35	45	6	38	0,979	0,073	150	200	0,091	1,0	1,0	1,25	Not likely
10	3,00	118	35	48	8	40	0,977	0,076	149	200	0,089	1,0	1,0	1,18	Not likely
11	3,20	118	35	51	10	41	0,976	0,078	148	200	0,087	1,0	1,0	1,11	Not likely
12	3,40	126	35	54	12	42	0,974	0,081	156	200	0,104	1,0	1,0	1,29	Not likely
13	3,60	126	35	58	14	43	0,972	0,083	155	200	0,102	1,0	1,0	1,23	Not likely
14	3,80	126	35	61	16	45	0,971	0,085	154	200	0,099	1,0	1,0	1,17	Not likely
15	4,00	126	35	64	18	46	0,969	0,087	153	200	0,097	1,0	1,0	1,12	Not likely
16	4,20	126	36	67	20	47	0,968	0,089	152	200	0,095	1,0	1,0	1,08	Not likely
17	4,40	151	37	70	22	48	0,966	0,090	181	200	0,206	1,0	1,0	2,28	Not likely
18	4,60	151	38	74	24	50	0,965	0,092	180	200	0,197	1,0	1,0	2,14	Not likely
19	4,80	151	39	77	26	51	0,963	0,093	179	200	0,189	1,0	1,0	2,02	Not likely
20	5,00	151	40	80	28	52	0,962	0,095	178	200	0,182	1,0	1,0	1,91	Not likely
21	5,20	151	41	83	30	53	0,960	0,096	177	200	0,175	1,0	1,0	1,82	Not likely
22	5,40	131	42	86	32	55	0,959	0,097	152	200	0,096	1,0	1,0	0,99	Not likely

ANNEXE

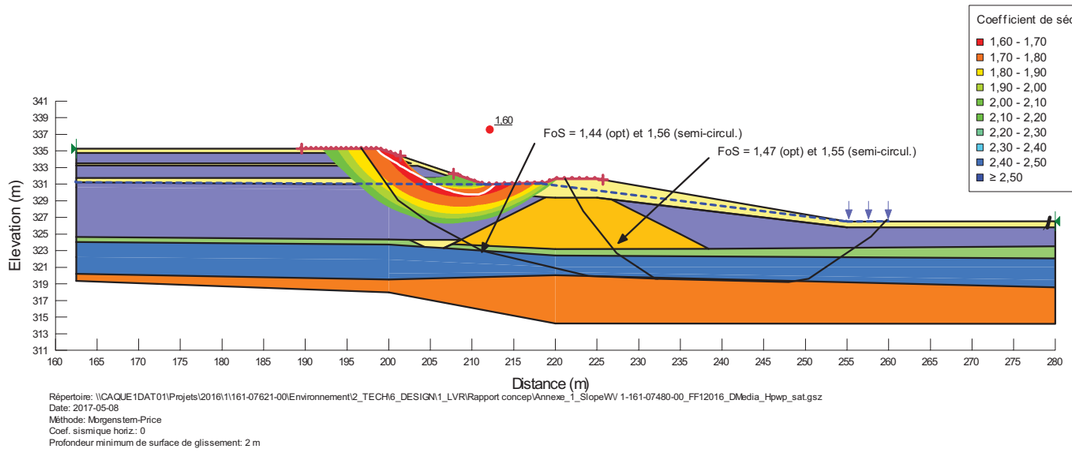
F

FIGURES PRÉSENTANT LES CERCLES DE RUPTURES DE L'EMPILEMENT



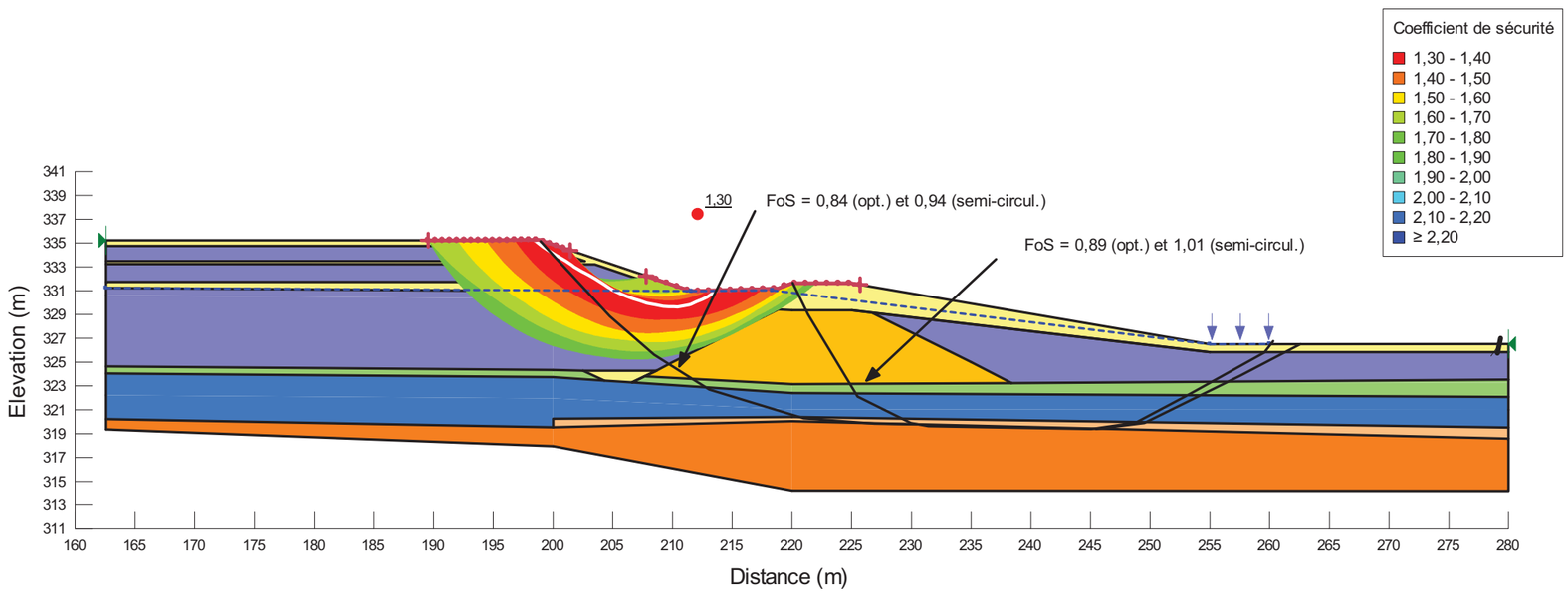
Couleur	Nom	Poids unitaire (kN/m³)	Cohésion' (kPa)	Phi' (°)	Cohésion (kPa)
	Remblai : Pierre concassée	19	0	35	
	Résidus	16	0	28	
	Silt	15	0	28	
	Argile	16			20
	Till	21	0	30	
	Remblai : Sable	17,5	0	30	
	Argile (remaniée)	20			15

Figure 1- 1 : Cercles de rupture semi-circulaire de l'empilement – Condition non drainée, nappe phréatique élevée, chargement statique avec un horizon de faible résistance vis-à-vis digue Médiane



Couleur	Nom	Poids unitaire (kN/m³)	Cohésion' (kPa)	Phi' (°)	Cohésion (kPa)
	Remblai : Pierre concassée	19	0	35	
	Résidus	16	0	28	
	Silt	15	0	28	
	Argile	16			20
	Till	21	0	30	
	Remblai : Sable	17,5	0	30	

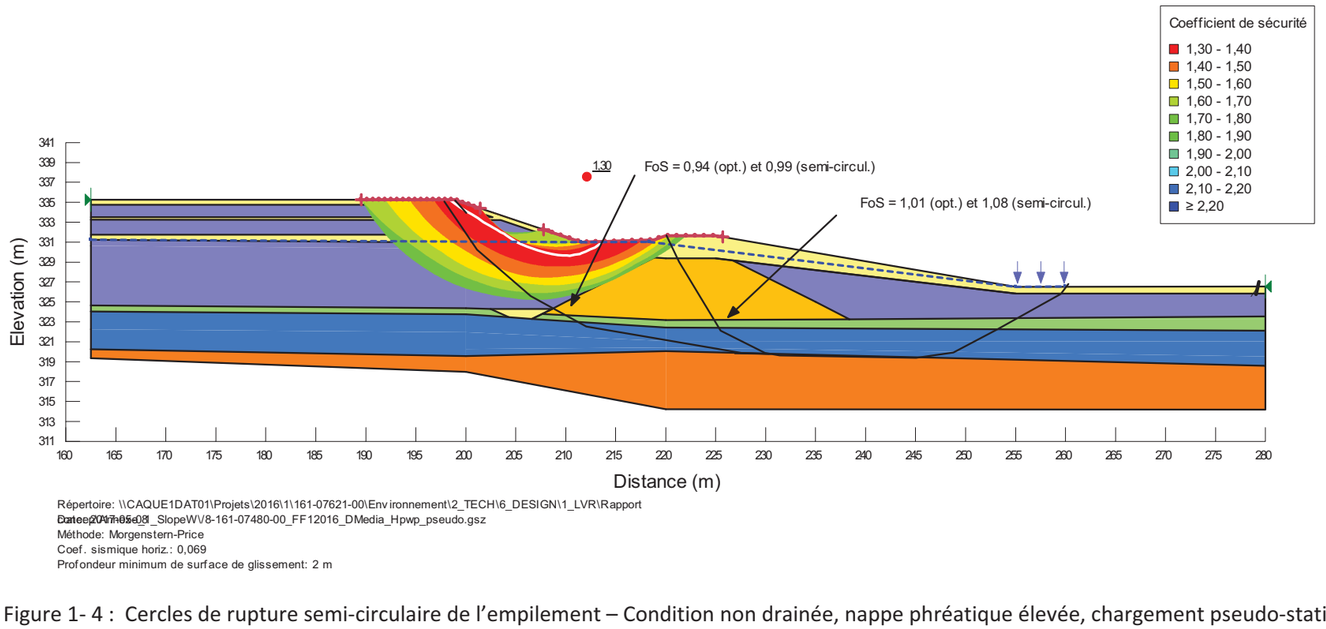
Figure 1- 2 : Cercles de rupture semi-circulaire de l'empilement – Condition non drainée, nappe phréatique élevée, chargement statique sans horizon de faible résistance vis-à-vis digue Médiane



Couleur	Nom	Poids unitaire (kN/m³)	Cohésion' (kPa)	Phi' (°)	Cohésion (kPa)
	Remblai : Pierre concassée	19	0	35	
	Résidus	16	0	28	
	Silt	15	0	28	
	Argile	16			20
	Till	21	0	30	
	Remblai : Sable	17,5	0	30	
	Argile (remaniée)	20			15

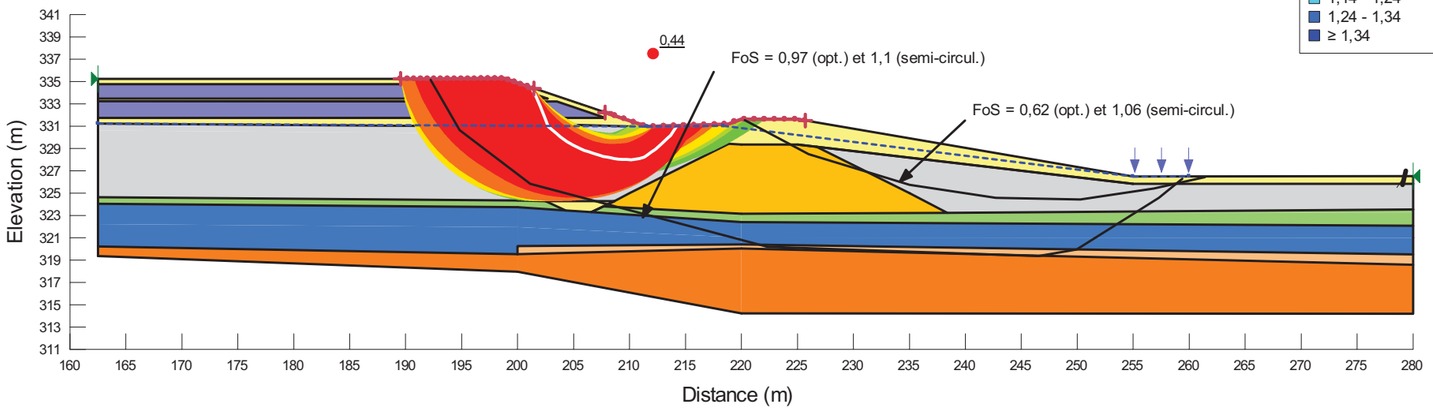
Répertoire: \\CAQUE1DAT01\Projets\2016\1\161-07621-00\Environnement\2_TECH\6_DESIGN\1_LVR\Rapport concep\Annexe_1_SlopeW\8-161-07480-00_FF12016_DMedia_Hpwp_pseudo.gsz
Date: 2017-05-08
Méthode: Morgenstern-Price
Coef. sismique horiz.: 0,069
Profondeur minimum de surface de glissement: 2 m

Figure 1- 3 : Cercles de rupture semi-circulaire de l'empilement – Condition non drainée, nappe phréatique élevée, chargement pseudo-statique avec un horizon de faible résistance vis-à-vis digue Médiane



Couleur	Nom	Poids unitaire (kN/m³)	Cohésion' (kPa)	Phi' (°)	Cohésion (kPa)
	Remblai : Pierre concassée	19	0	35	
	Résidus	16	0	28	
	Silt	15	0	28	
	Argile	16			20
	Till	21	0	30	
	Remblai : Sable	17,5	0	30	

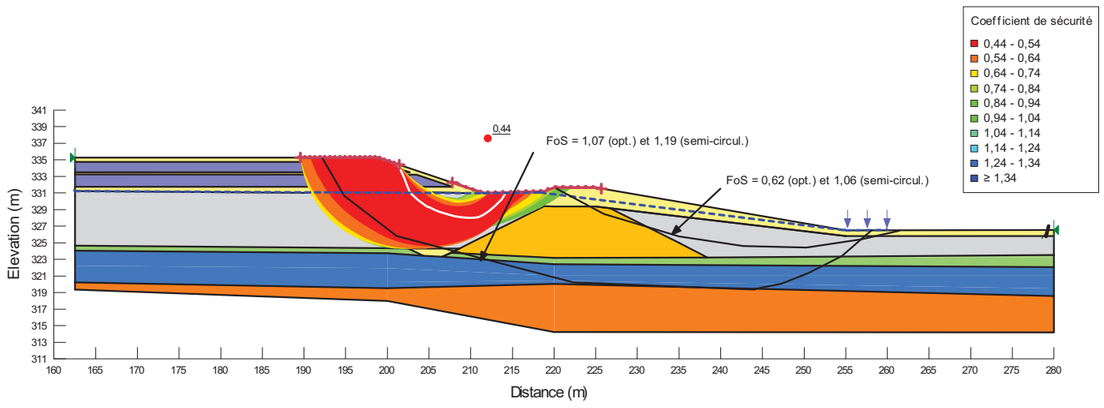
Figure 1- 4 : Cercles de rupture semi-circulaire de l'empilement – Condition non drainée, nappe phréatique élevée, chargement pseudo-statique sans l'horizon de faible résistance vis-à-vis digue Médiane



Couleur	Nom	Poids unitaire (kN/m³)	Cohésion' (kPa)	Phi' (°)	Cohésion (kPa)	Rapport Tau/Sigma	Résistance minimum (kPa)
	Remblai : Pierre concassée	19	0	35			
	Résidus	16	0	28			
	Silt	15	0	28			
	Argile	16			20		
	Till	21	0	30			
	Remblai : Sable	17,5	0	30			
	Argile (remaniée)	20			15		
	Résidus (Liq)	16				0,1	0

Répertoire: \\CAQUE1DAT01\Projets\2016\1\161-07621-00\Environnement\2_TECH\6_DESIGN\1_LVR\Rapport concep\Annexe_1_SlopeW\9-161-07480-00_FF12016_DMedia_Hpw p_post.gsz
Date: 2017-05-08
Méthode: Morgenstern-Price
Coef. sismique horiz.: 0
Profondeur minimum de surface de glissement: 2 m

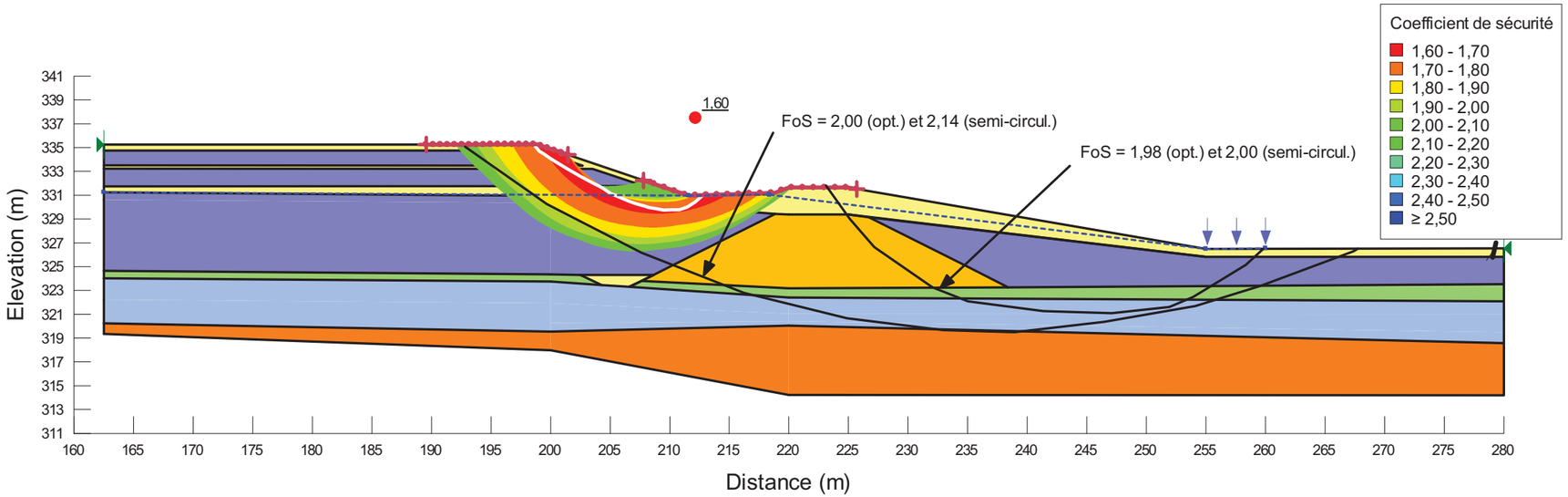
Figure 1- 5 : Cercles de rupture semi-circulaire de l'empilement – Condition non drainée, nappe phréatique élevée, chargement statique, condition post séisme avec un horizon de faible résistance vis-à-vis digue Médiane



Couleur	Nom	Poids unitaire (kN/m³)	Cohésion' (kPa)	Phi' (°)	Cohésion (kPa)	Rapport Tau/Sigma	Résistance minimum (kPa)
	Remblai : Pierre concassée	19	0	35			
	Résidus	16	0	28			
	Silt	15	0	28			
	Argile	16			20		
	Till	21	0	30			
	Remblai : Sable	17,5	0	30			
	Résidus (Liq)	16				0,1	0

Répertoire: \\CAQUE1DAT01\Projets\2016\1\161-07621-00\Environnement\2_TECH\6_DESIGN\1_LVR\Rapport concep\Annexe_1_SlopeW\9-161-07480-00_FF12016_DMedia_Hpwp_post.gsz
Date: 2017-05-08
Méthode: Morgenstern-Price
Coef. sismique horiz.: 0
Profondeur minimum de surface de glissement: 2 m

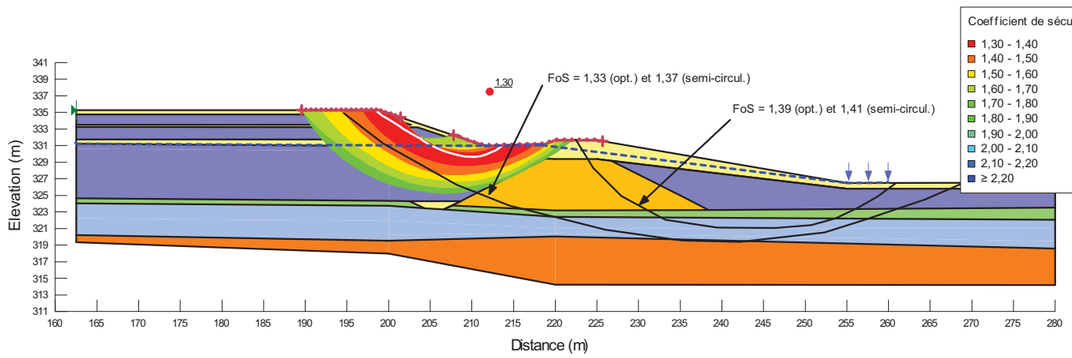
Figure 1- 6 : Cercles de rupture semi-circulaire de l'empilement – Condition non drainée, nappe phréatique élevée, chargement statique, condition post séisme sans l'horizon de faible résistance vis-à-vis digue Médiane



Couleur	Nom	Poids unitaire (kN/m³)	Cohésion' (kPa)	Phi' (°)
	Remblai : Pierre concassée	19	0	35
	Résidus	16	0	28
	Silt	15	0	28
	Till	21	0	30
	Remblai : Sable	17,5	0	30
	Argile (LT)	16	0	25

Répertoire: \\CAQUE1DAT01\Projets\2016\1\161-07621-00\Environnement\2_TECH\6_DESIGN\1_LVR\Rapport concep\Annexe_1_SlopeW\/10-161-07480-00_FF12016_DMedia_Hpwp_LT.gsz
Date: 2017-05-09
Méthode: Morgenstern-Price
Coef. sismique horiz.: 0
Profondeur minimum de surface de glissement: 2 m

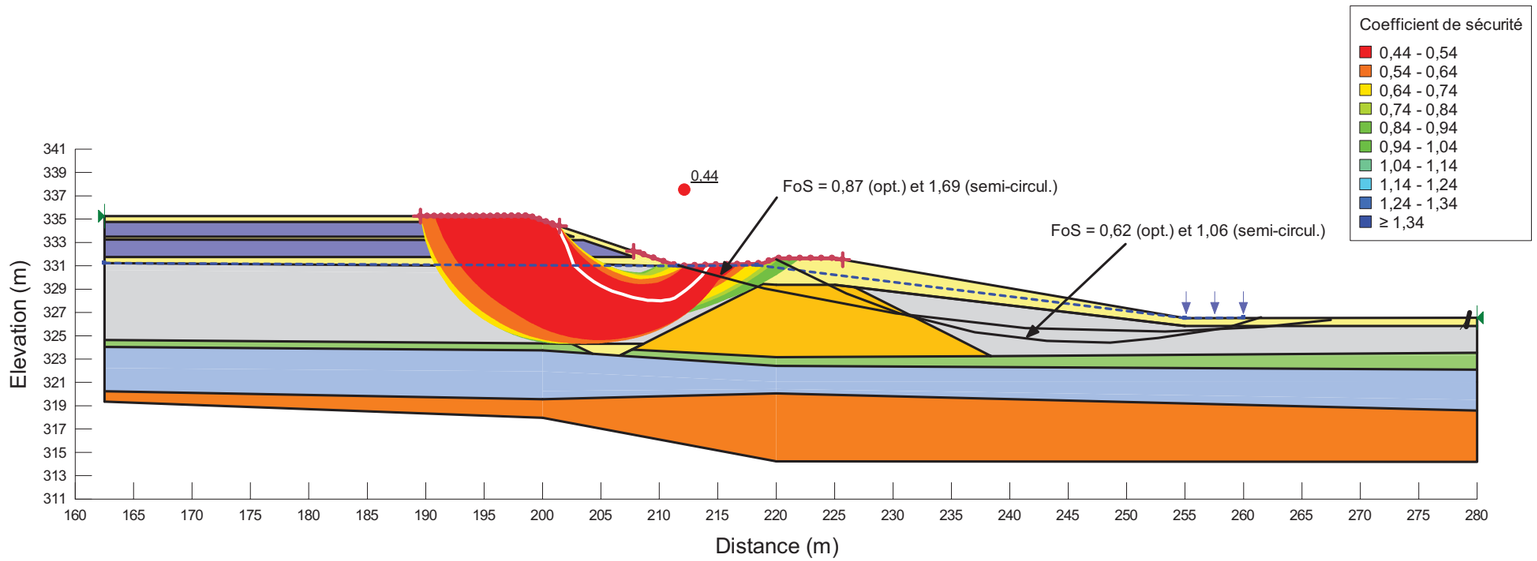
Figure 1- 7 : Cercles de rupture semi-circulaire de l'empilement – Condition drainée, nappe phréatique élevée, chargement statique vis-à-vis digue Médiane



Couleur	Nom	Poids unitaire (kN/m³)	Cohésion' (kPa)	Phi' (°)
	Remblai : Pierre concassée	19	0	35
	Résidus	16	0	28
	Silt	15	0	28
	Till	21	0	30
	Remblai : Sable	17,5	0	30
	Argile (LT)	16	0	25

Répertoire: \\CAQUE1DAT01\Projets\2016\1\161-07621-00\Environnement\2_TECH\6_DESIGN\1_LVR\Rapport concep\Annexe_1_SlopeW\/12-161-07480-00_FF12016_DMedia_Hpwp_LT_pseudo.gsz
Date: 2017-05-09
Méthode: Morgenstern-Price
Coef. sismique horiz.: 0,069
Profondeur minimum de surface de glissement: 2 m

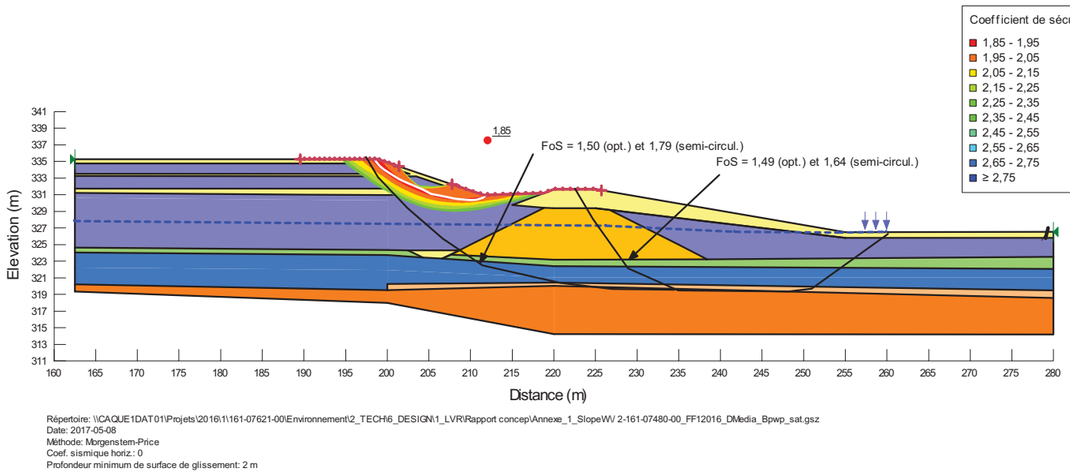
Figure 1- 8 : Cercles de rupture semi-circulaire de l'empilement – Condition drainée, nappe phréatique élevée, chargement pseudo-statique vis-à-vis digue Médiane



Couleur	Nom	Poids unitaire (kN/m³)	Cohésion' (kPa)	Phi' (°)	Rapport Tau/Sigma	Résistance minimum (kPa)
	Remblai : Pierre concassée	19	0	35		
	Résidus	16	0	28		
	Silt	15	0	28		
	Till	21	0	30		
	Remblai : Sable	17,5	0	30		
	Argile (LT)	16	0	25		
	Résidus (Liq)	16			0,1	0

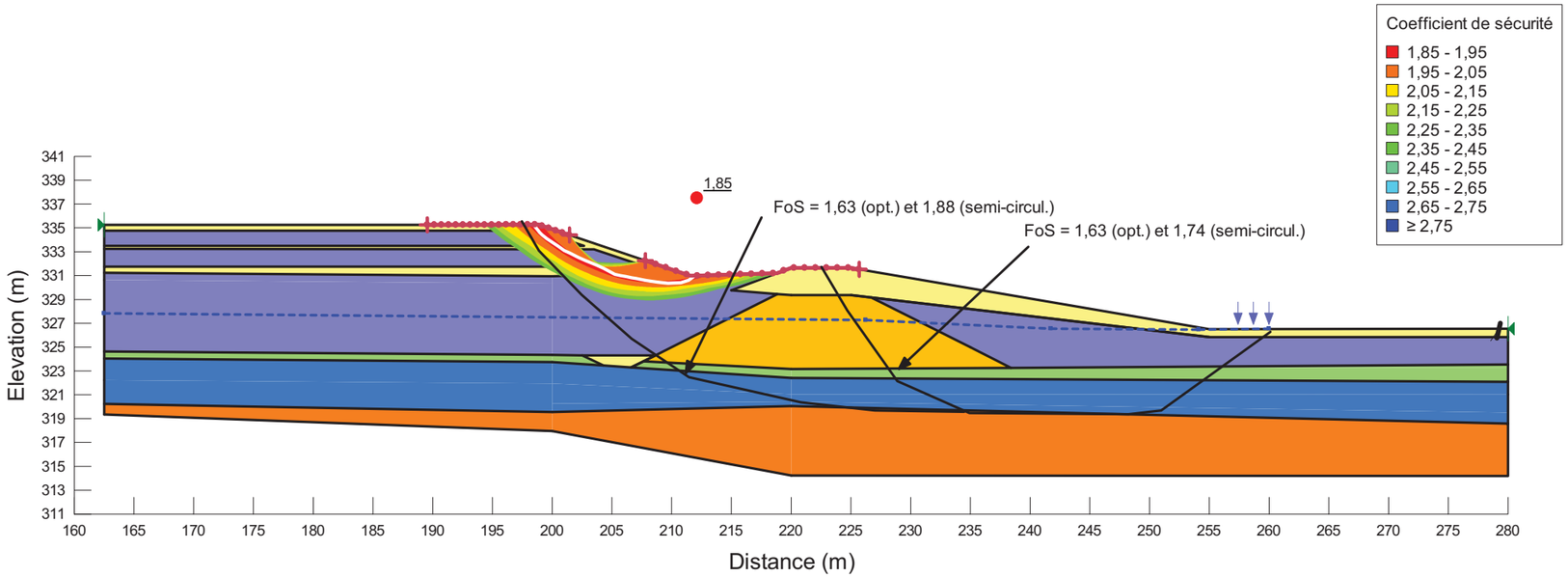
Répertoire: \\CAQUE1DAT01\Projets\2016\1\161-07621-00\Environnement\2_TECH\6_DESIGN\1_LVR\Rapport concep\Annexe_1_SlopeW\11-161-07480-00_FF12016_DMedia_Hpwp_LT_post.gsz
Date: 2017-05-09
Méthode: Morgenstern-Price
Coef. sismique horiz.: 0
Profondeur minimum de surface de glissement: 2 m

Figure 1- 9 : Cercles de rupture semi-circulaire de l'empilement – Condition drainée, nappe phréatique élevée, chargement-statique condition post-séisme vis-à-vis digue Médiane



Couleur	Nom	Poids unitaire (kN/m³)	Cohésion' (kPa)	Phi' (°)	Cohésion (kPa)
	Remblai : Pierre concassée	19	0	35	
	Résidus	16	0	28	
	Silt	15	0	28	
	Argile	16			20
	Till	21	0	30	
	Remblai : Sable	17,5	0	30	
	Argile (remaniée)	20			15

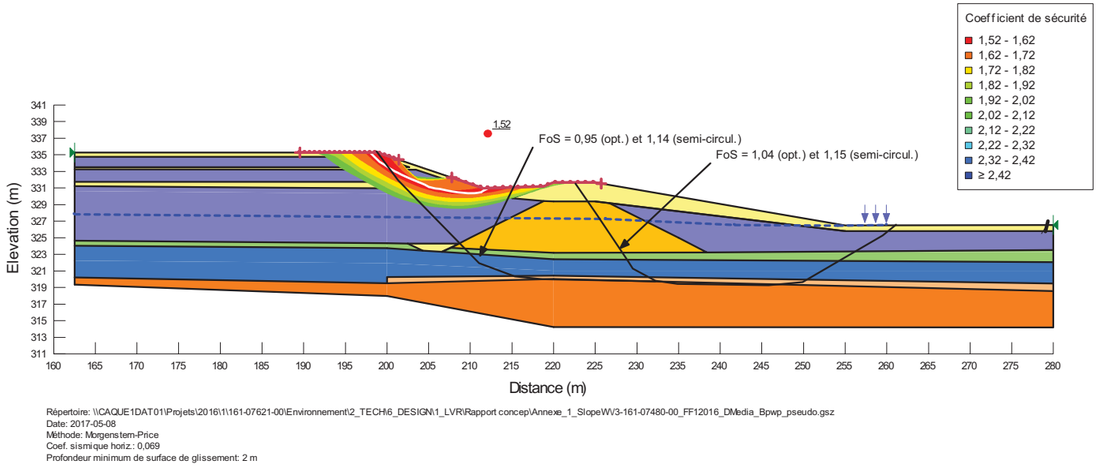
Figure 1- 10 : Cercles de rupture semi-circulaire de l'empilement – Condition non drainée, nappe phréatique basse, chargement statique avec un horizon de faible résistance vis-à-vis digue Médiane



Couleur	Nom	Poids unitaire (kN/m³)	Cohésion' (kPa)	Phi' (°)	Cohésion (kPa)
	Remblai : Pierre concassée	19	0	35	
	Résidus	16	0	28	
	Silt	15	0	28	
	Argile	16			20
	Till	21	0	30	
	Remblai : Sable	17,5	0	30	

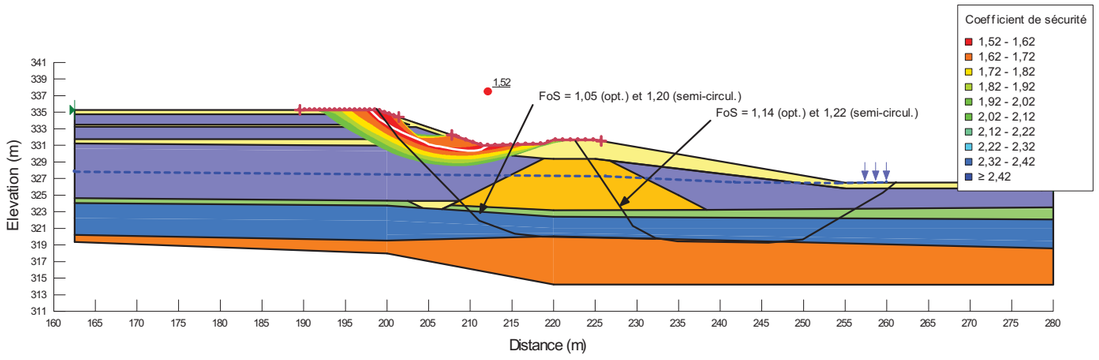
Répertoire: \\CAQUE1DAT01\Projets\2016\1\161-07621-00\Environnement\2_TECH\6_DESIGN\1_LVR\Rapport concep\Annexe_1_SlopeW\ 2-161-07480-00_FF12016_DMedia_Bpwp_sat.gsz
Date: 2017-05-08
Méthode: Morgenstern-Price
Coef. sismique horiz.: 0
Profondeur minimum de surface de glissement: 2 m

Figure 1- 11 : Cercles de rupture semi-circulaire de l'empilement – Condition non drainée, nappe phréatique basse, chargement statique sans horizon de faible résistance vis-à-vis digue Médiane



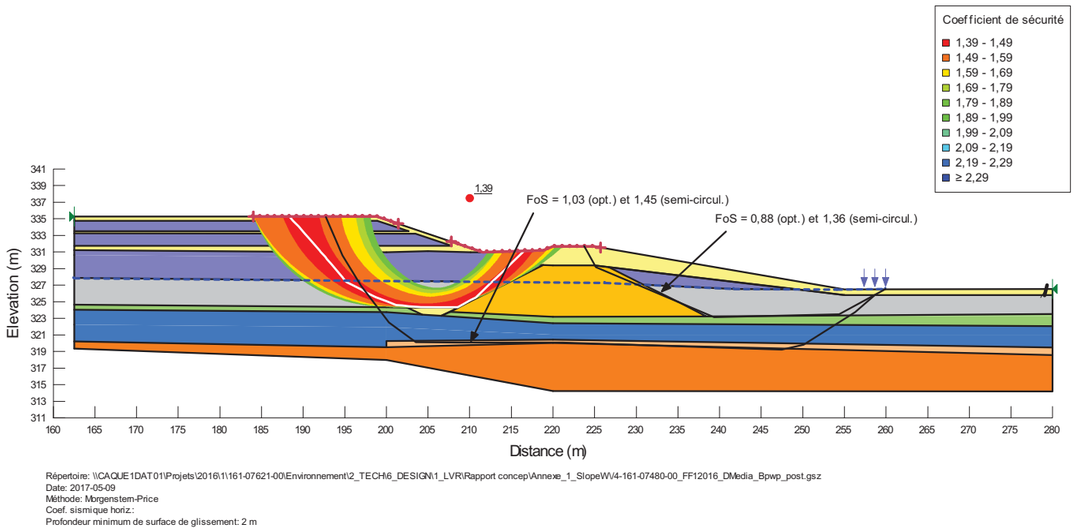
Couleur	Nom	Poids unitaire (kN/m³)	Cohésion' (kPa)	Phi' (°)	Cohésion (kPa)
	Remblai : Pierre concassée	19	0	35	
	Résidus	16	0	28	
	Silt	15	0	28	
	Argile	16			20
	Till	21	0	30	
	Remblai : Sable	17,5	0	30	
	Argile (remaniée)	20			15

Figure 1- 12 : Cercles de rupture semi-circulaire de l'empilement – Condition non drainée, nappe phréatique basse, chargement pseudo-statique avec un horizon de faible résistance vis-à-vis digue Médiane



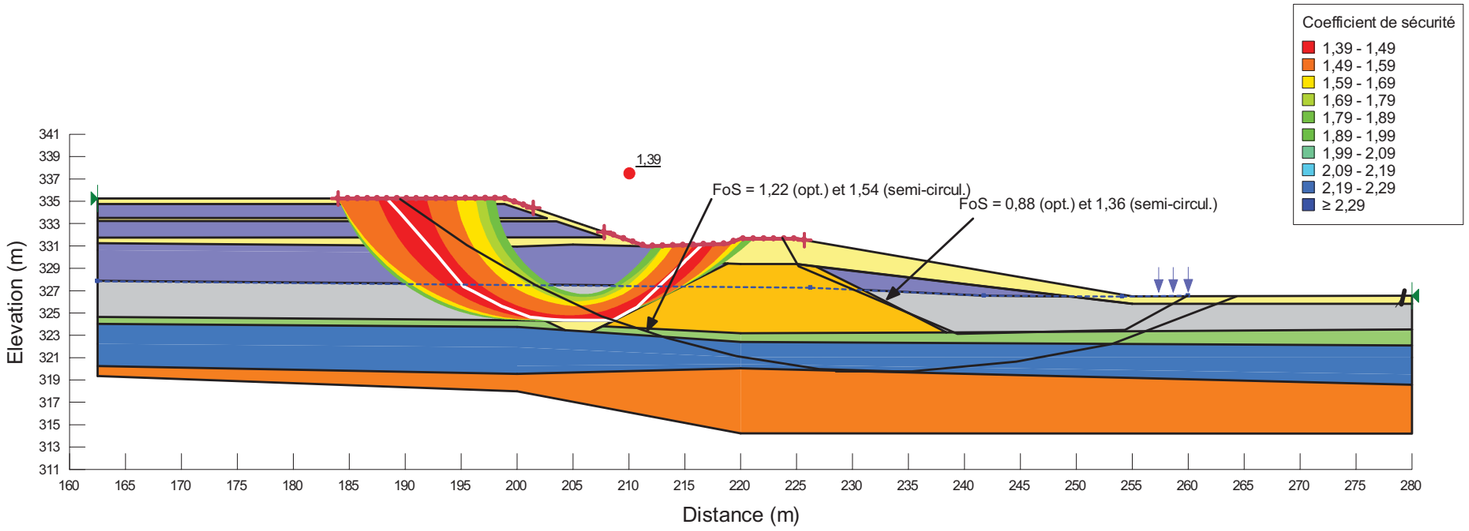
Couleur	Nom	Poids unitaire (kN/m³)	Cohésion' (kPa)	Phi' (°)	Cohésion (kPa)
	Remblai : Pierre concassée	19	0	35	
	Résidus	16	0	28	
	Silt	15	0	28	
	Argile	16			20
	Till	21	0	30	
	Remblai : Sable	17,5	0	30	

Figure 1- 13 : Cercles de rupture semi-circulaire de l'empilement – Condition non drainée, nappe phréatique basse, chargement pseudo-statique sans l'horizon de faible résistance vis-à-vis digue Médiane



Couleur	Nom	Poids unitaire (kN/m³)	Cohésion' (kPa)	Phi' (°)	Cohésion (kPa)	Rapport Tau/Sigma	Résistance minimum (kPa)
	Remblai : Pierre concassée	19	0	35			
	Résidus	16	0	28			
	Silt	15	0	28			
	Argile	16			20		
	Till	21	0	30			
	Remblai : Sable	17,5	0	30			
	Argile (remaniée)	20			15		
	Résidus (liq)	16				0,1	0

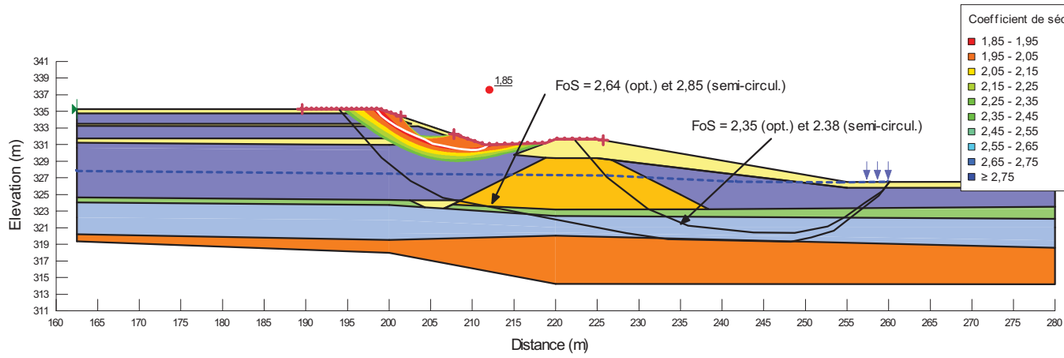
Figure 1- 14 : Cercles de rupture semi-circulaire de l'empilement – Condition non drainée, nappe phréatique basse, chargement statique, condition post séisme avec un horizon de faible résistance vis-à-vis digue Médiane



Couleur	Nom	Poids unitaire (kN/m³)	Cohésion' (kPa)	Phi' (°)	Cohésion (kPa)	Rapport Tau/Sigma	Résistance minimum (kPa)
	Remblai : Pierre concassée	19	0	35			
	Résidus	16	0	28			
	Silt	15	0	28			
	Argile	16			20		
	Till	21	0	30			
	Remblai : Sable	17,5	0	30			
	Résidus (liq)	16				0,1	0

Répertoire: \\CAQUE1DAT01\Projets\2016\1\161-07621-00\Environnement\2_TECH\6_DESIGN\1_LVR\Rapport concep\Annexe_1_SlopeW\4-161-07480-00_FF12016_DMedia_Bpwp_post.gsz
Date: 2017-05-09
Méthode: Morgenstern-Price
Coef. sismique horiz.:
Profondeur minimum de surface de glissement: 2 m

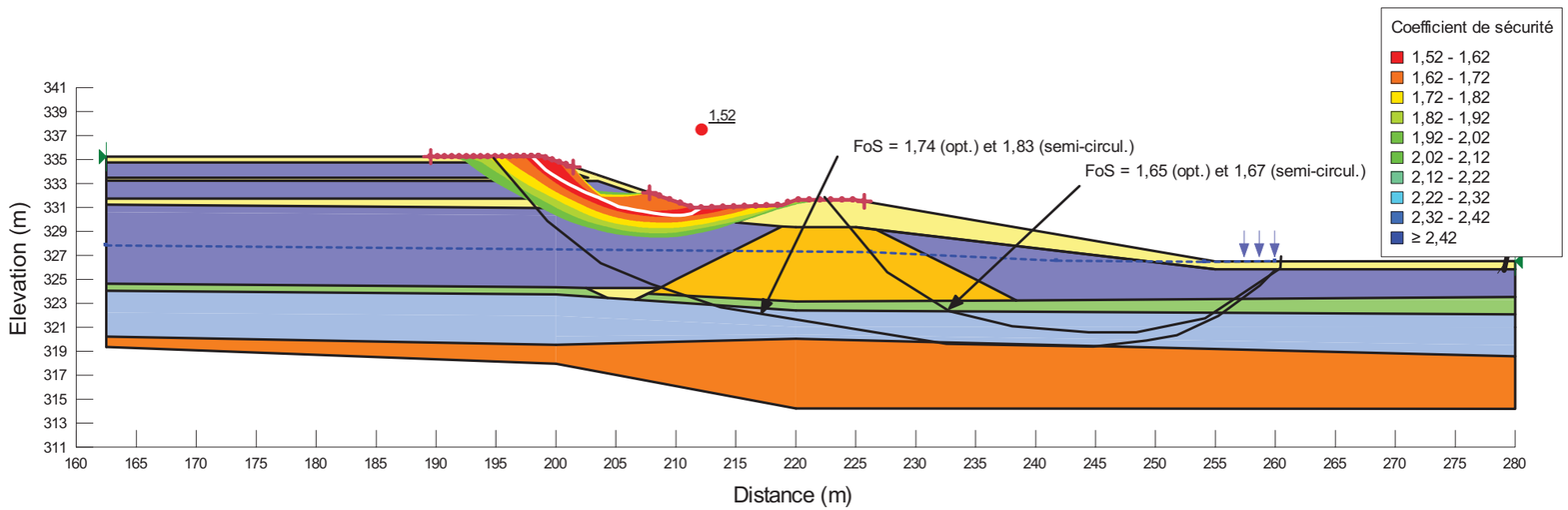
Figure 1- 15 : Cercles de rupture semi-circulaire de l'empilement – Condition non drainée, nappe phréatique basse, chargement statique, condition post séisme sans l'horizon de faible résistance vis-à-vis digue Médiane



Couleur	Nom	Poids unitaire (kN/m³)	Cohésion' (kPa)	Phi' (°)
	Remblai : Pierre concassée	19	0	35
	Résidus	16	0	28
	Silt	15	0	28
	Till	21	0	30
	Remblai : Sable	17,5	0	30
	Argile (LT)	16	0	25

Répertoire: \\CAQUE1DAT01\Projets\2016\1\161-07621-00\Environnement\2_TECH\6_DESIGN\1_LVR\Rapport concep\Annexe_1_SlopeW\6-161-07480-00_FF12016_DMedia_Bpwp_LT.gsz
Date: 2017-05-08
Méthode: Morgenstern-Price
Coef. sismique horiz.: 0
Profondeur minimum de surface de glissement: 2 m

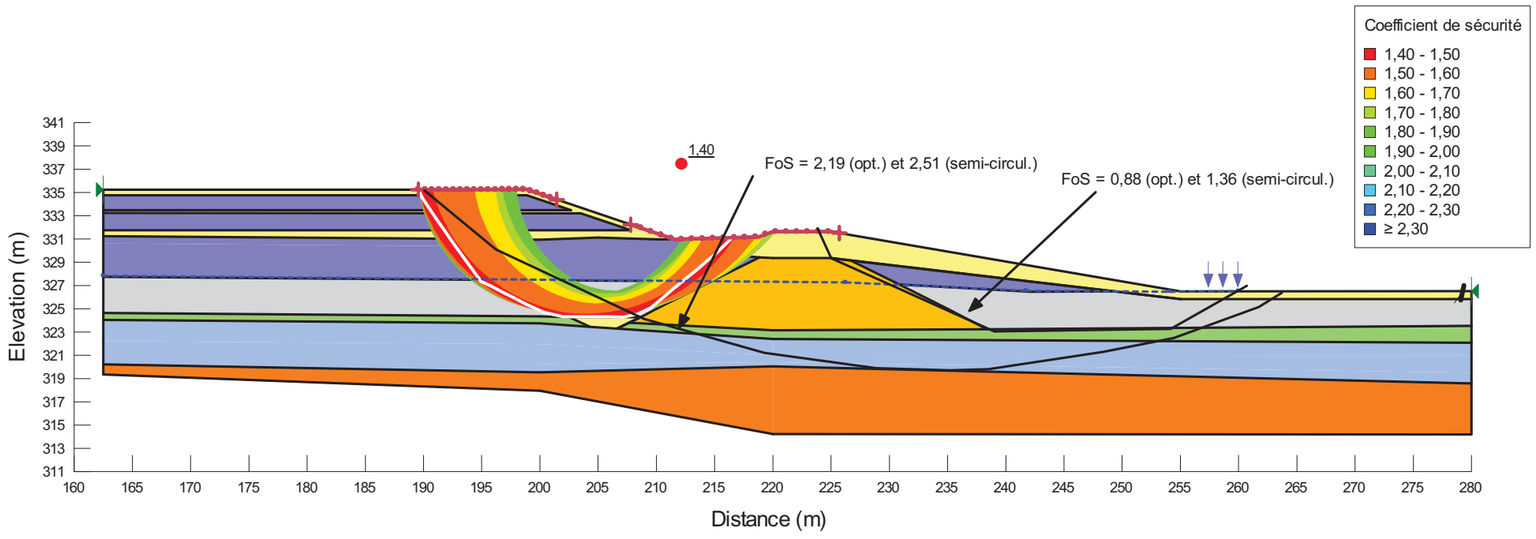
Figure 1- 16 : Cercles de rupture semi-circulaire de l'empilement – Condition drainée, nappe phréatique basse, chargement statique vis-à-vis digue Médiane



Couleur	Nom	Poids unitaire (kN/m³)	Cohésion' (kPa)	Phi' (°)
	Remblai : Pierre concassée	19	0	35
	Résidus	16	0	28
	Silt	15	0	28
	Till	21	0	30
	Remblai : Sable	17,5	0	30
	Argile (LT)	16	0	25

Répertoire: \\CAQUE1DAT01\Projets\2016\1\161-07621-00\Environnement\2_TECH\6_DESIGN\1_LVR\Rapport concep\Annexe_1_SlopeW\ 5-161-07480-00_FF12016_DMedia_Bpw p_LTpseudo.gsz
Date: 2017-05-08
Méthode: Morgenstern-Price
Coef. sismique horiz.: 0,069
Profondeur minimum de surface de glissement: 2 m

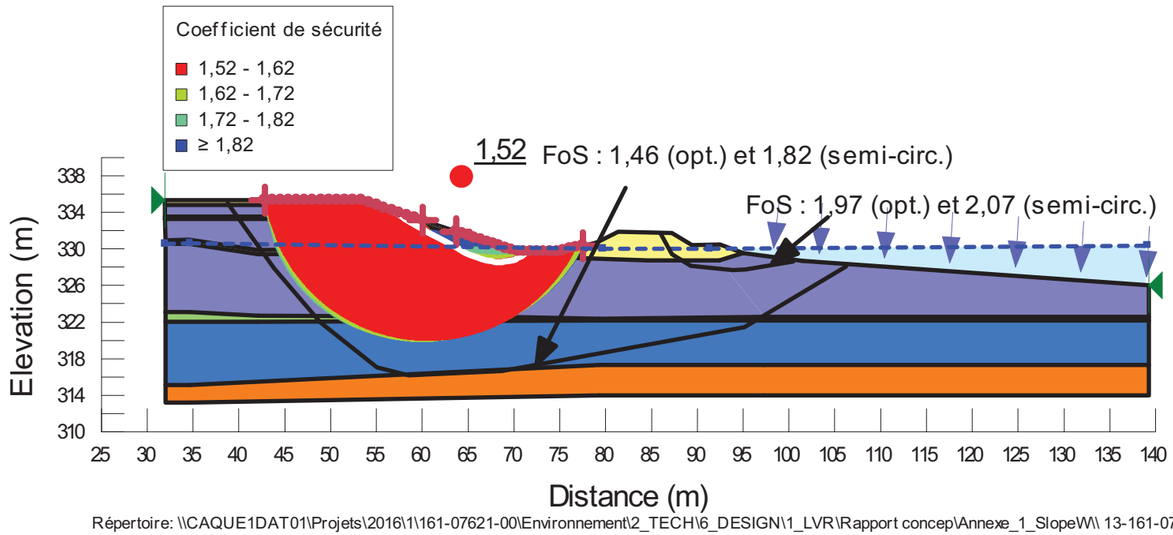
Figure 1- 17 : Cercles de rupture semi-circulaire de l'empilement – Condition drainée, nappe phréatique basse, chargement pseudo-statique vis-à-vis digue Médiane



Couleur	Nom	Poids unitaire (kN/m³)	Cohésion' (kPa)	Phi' (°)	Rapport Tau/Sigma	Résistance minimum (kPa)
	Remblai : Pierre concassée	19	0	35		
	Résidus	16	0	28		
	Silt	15	0	28		
	Till	21	0	30		
	Remblai : Sable	17,5	0	30		
	Argile (LT)	16	0	25		
	Résidus (liq)	16			0,1	0

Répertoire: \\CAQUE1DAT01\Projets\2016\1\161-07621-00\Environnement\2_TECH\6_DESIGN\1_LVR\Rapport concep\Annexe_1_SlopeW\ 7-161-07480-00_FF12016_DMedia_Bpw p_LT_post.gsz
Date: 2017-05-08
Méthode: Morgenstern-Price
Coef. sismique horiz.: 0
Profondeur minimum de surface de glissement: 2 m

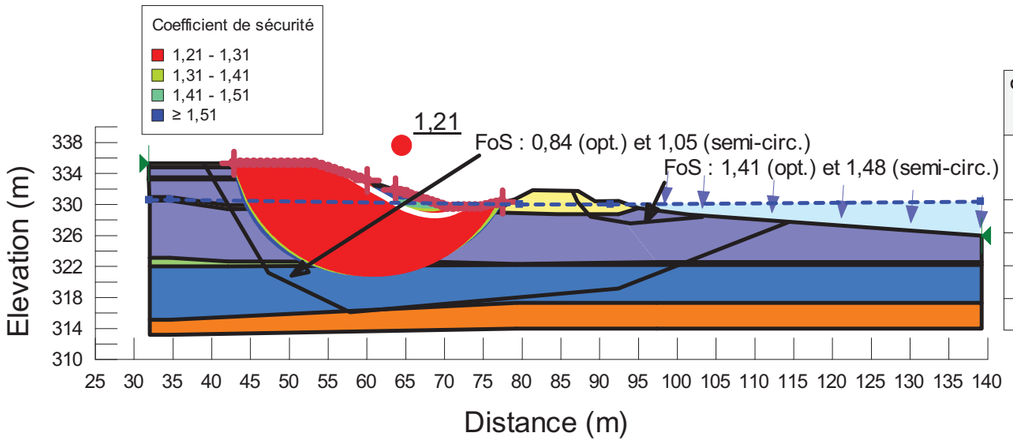
Figure 1- 18 : Cercles de rupture semi-circulaire de l'empilement – Condition drainée, nappe phréatique basse, chargement-statique condition post-séisme vis-à-vis digue Médiane



Couleur	Nom	Poids unitaire (kN/m³)	Cohésion' (kPa)	Phi' (°)	Cohésion (kPa)
	Remblai : Pierre concassée	19	0	35	
	Résidus	16	0	28	
	Tourbe	12	0	20	
	Argile	16			17
	Till	21	0	30	

Répertoire: \\CAQUE1DAT01\Projets\2016\1\161-07621-00\Environnement\2_TECH\6_DESIGN\1_LVR\Rapport concep\Annexe_1_SlopeW\\ 13-161-07480-00 Metanor_FE12016_DIPrinc_Hpwp_sat.gsz
Date: 2017-05-09
Méthode: Morgenstern-Price
Coef. sismique horiz.: 0
Profondeur minimum de surface de glissement: 2 m

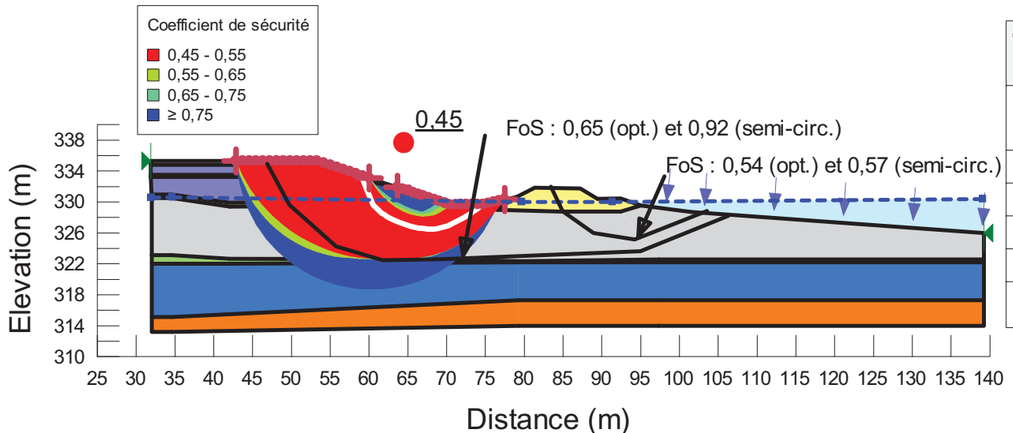
Figure 1- 19 : Cercles de rupture semi-circulaire de l'empilement – Condition non-drainée, nappe phréatique haute, chargement-statique vis-à-vis digue interne principale



Couleur	Nom	Poids unitaire (kN/m³)	Cohésion' (kPa)	Phi' (°)	Cohésion (kPa)
	Remblai : Pierre concassée	19	0	35	
	Résidus	16	0	28	
	Tourbe	12	0	20	
	Argile	16			17
	Till	21	0	30	

Répertoire: \\CAQUE1DAT01\Projets\2016\1\161-07621-00\Environnement\2_TECH\6_DESIGN\1_LVR\Rapport concep\Annexe_1_SlopeW\\ 14-161-07480-00 Metanor_FE12016_DIPrinc_Hpwp_pseudo.gsz
Date: 2017-05-09
Méthode: Morgenstern-Price
Coef. sismique horiz.: 0,069
Profondeur minimum de surface de glissement: 2 m

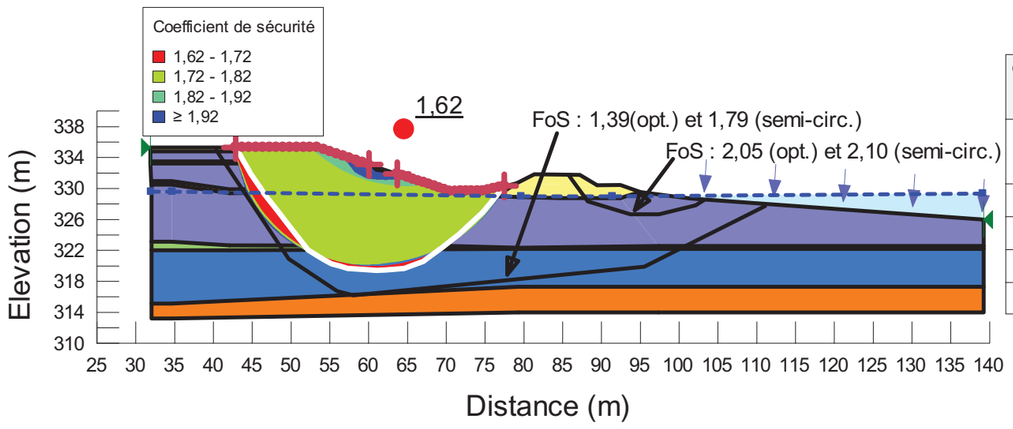
Figure 1- 20 : Cercles de rupture semi-circulaire de l'empilement – Condition non-drainée, nappe phréatique haute, chargement pseudo-statique vis-à-vis digue interne principale



Couleur	Nom	Poids unitaire (kN/m³)	Cohésion' (kPa)	Phi' (°)	Cohésion (kPa)	Rapport Tau/Sigma	Résistance minimum (kPa)
	Remblai : Pierre concassée	19	0	35			
	Résidus	16	0	28			
	Tourbe	12	0	20			
	Argile	16			17		
	Till	21	0	30			
	Résidus (liq)	16				0,1	0

Répertoire: \\CAQUE1DAT01\Projets\2016\1\161-07621-00\Environnement\2_TECH\6_DESIGN\1_LVR\Rapport concep\Annexe_1_SlopeW\\ 15-161-07480-00 Metanor_FE12016_DIPrinc_Hpw p_post.gsz
Date: 2017-05-09
Méthode: Morgenstern-Price
Coef. sismique horiz.: 0
Profondeur minimum de surface de glissement: 2 m

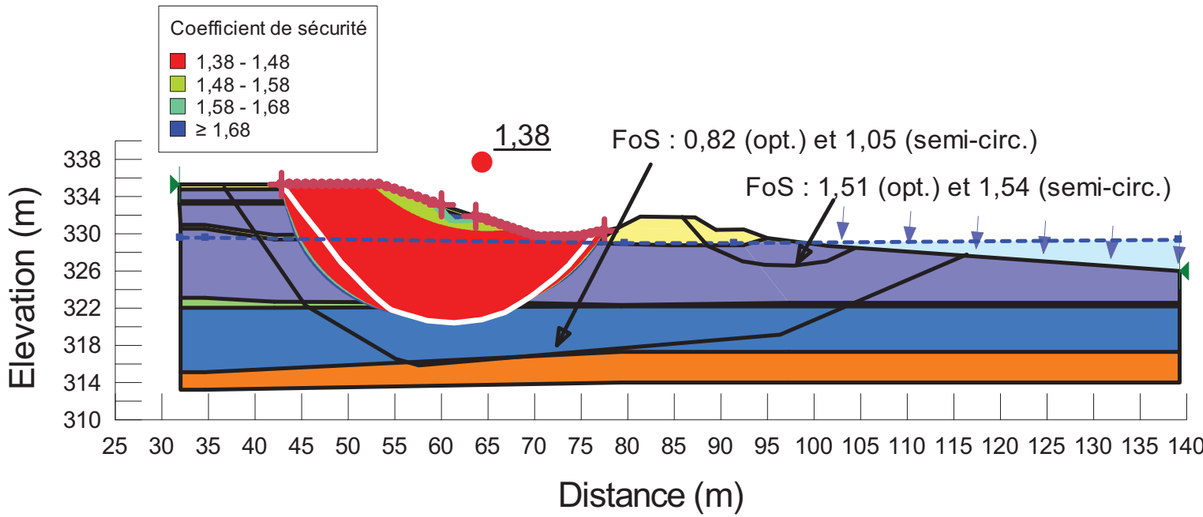
Figure 1- 21 : Cercles de rupture semi-circulaire de l'empilement – Condition non-drainée, nappe phréatique haute, chargement statique condition post séisme vis-à-vis digue interne principale



Couleur	Nom	Poids unitaire (kN/m³)	Cohésion' (kPa)	Phi' (°)	Cohésion (kPa)
	Remblai : Pierre concassée	19	0	35	
	Résidus	16	0	28	
	Tourbe	12	0	20	
	Argile	16			17
	Till	21	0	30	

Répertoire: \\CAQUE1DAT01\Projets\2016\1\161-07621-00\Environnement\2_TECH\6_DESIGN\1_LVR\Rapport concep\Annexe_1_SlopeW\\ 16-161-07480-00 Metanor_FE12016_DIPrinc_Bpw p_sat.gsz
Date: 2017-05-09
Méthode: Morgenstern-Price
Coef. sismique horiz.: 0
Profondeur minimum de surface de glissement: 2 m

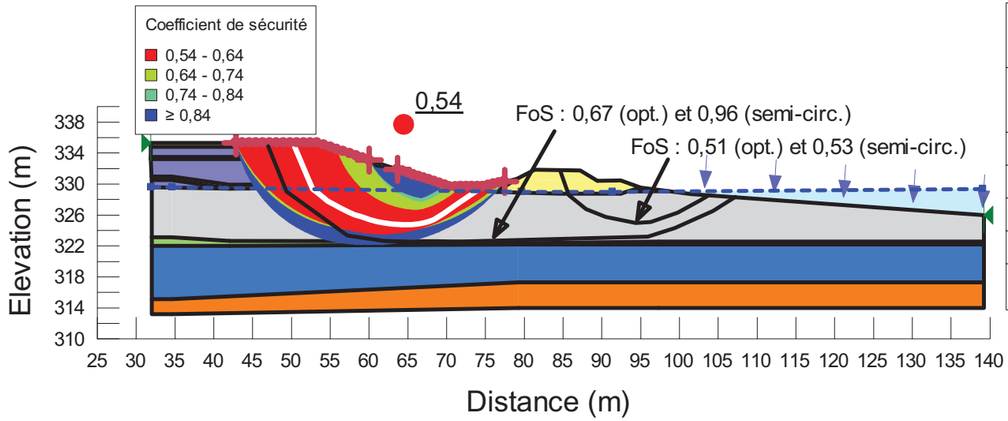
Figure 1- 22 : Cercles de rupture semi-circulaire de l'empilement – Condition non-drainée, nappe phréatique base, chargement-statique vis-à-vis digue interne principale



Couleur	Nom	Poids unitaire (kN/m³)	Cohésion' (kPa)	Phi' (°)	Cohésion (kPa)
	Remblai : Pierre concassée	19	0	35	
	Résidus	16	0	28	
	Tourbe	12	0	20	
	Argile	16			17
	Till	21	0	30	

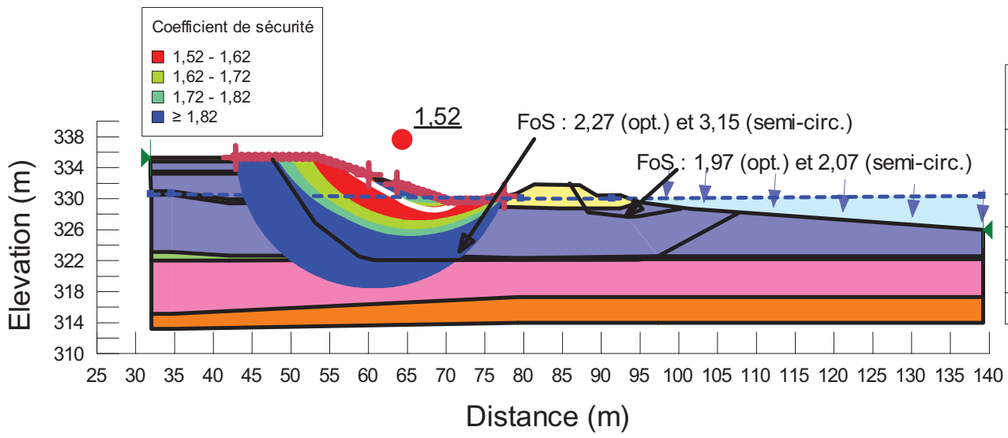
Répertoire: \\CAQUE1DAT01\Projets\2016\1\161-07621-00\Environnement\2_TECH\6_DESIGN\1_LVR\Rapport concep\Annexe_1_SlopeW\\ 18-161-07480-00 Metanor_FE12016_DIPrinc_Bpwp_pseudo.gsz
Date: 2017-05-09
Méthode: Morgenstern-Price
Coef. sismique horiz.: 0,069
Profondeur minimum de surface de glissement: 2 m

Figure 1- 23 : Cercles de rupture semi-circulaire de l'empilement – Condition non-drainée, nappe phréatique base, chargement pseudo-statique vis-à-vis digue interne principale



Couleur	Nom	Poids unitaire (kN/m³)	Cohésion' (kPa)	Phi' (°)	Cohésion (kPa)	Rapport Tau/Sigma	Résistance minimum (kPa)
	Remblai : Pierre concassée	19	0	35			
	Résidus	16	0	28			
	Tourbe	12	0	20			
	Argile	16			17		
	Till	21	0	30			
	Résidus (liq)	16				0,1	0

Répertoire: \\CAQUE1DAT01\Projets\2016\1\161-07621-00\Environnement\2_TECH\6_DESIGN\1_LVR\Rapport concep\Annexe_1_SlopeW\\ 17-161-07480-00 Metanor_FE12016_DlPrinc_Bpw p_post.gsz
Date: 2017-05-09
Méthode: Morgenstern-Price
Coef. sismique horiz.: 0
Profondeur minimum de surface de glissement: 2 m

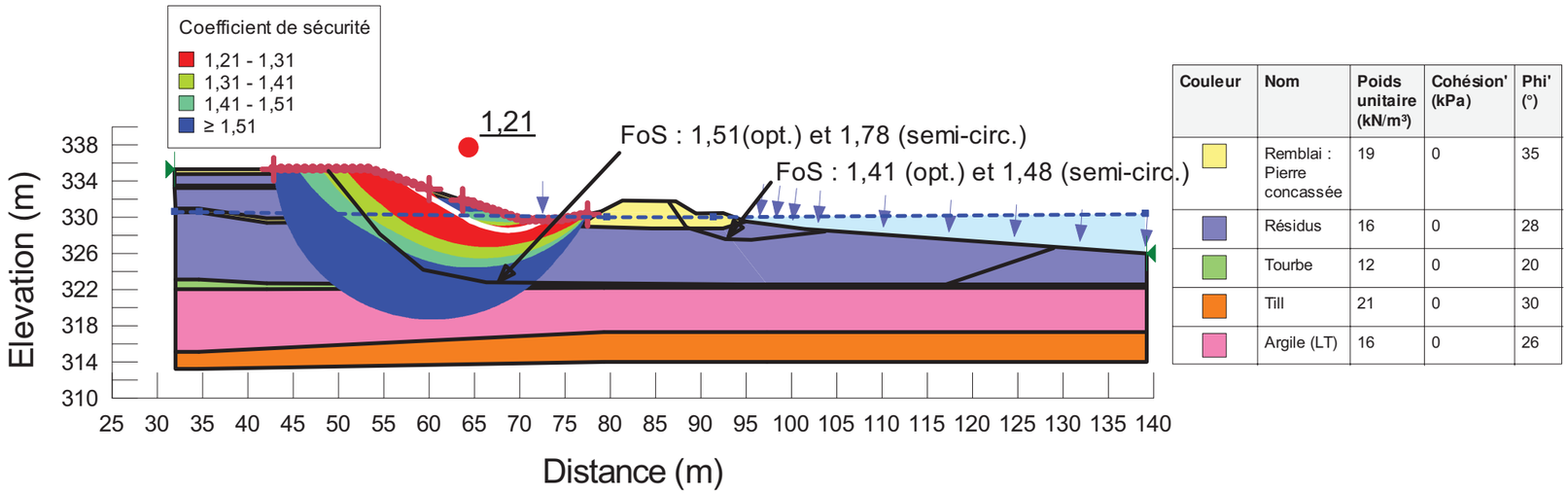


Couleur	Nom	Poids unitaire (kN/m³)	Cohésion' (kPa)	Phi' (°)
	Remblai : Pierre concassée	19	0	35
	Résidus	16	0	28
	Tourbe	12	0	20
	Till	21	0	30
	Argile (LT)	16	0	26

Répertoire: \\CAQUE1DAT01\Projets\2016\1\161-07621-00\Environnement\2_TECH\6_DESIGN\1_LVR\Rapport concep\Annexe_1_SlopeW\\ 19-161-07480-00 Metanor_FE12016_DlPrinc_Hpw p_LT_sat.gsz
Date: 2017-05-09
Méthode: Morgenstern-Price
Coef. sismique horiz.: 0
Profondeur minimum de surface de glissement: 2 m

Figure 1- 24 : Cercles de rupture semi-circulaire de l'empilement – Condition non-drainée, nappe phréatique base, chargement-statique condition post séisme vis-à-vis digue interne principale

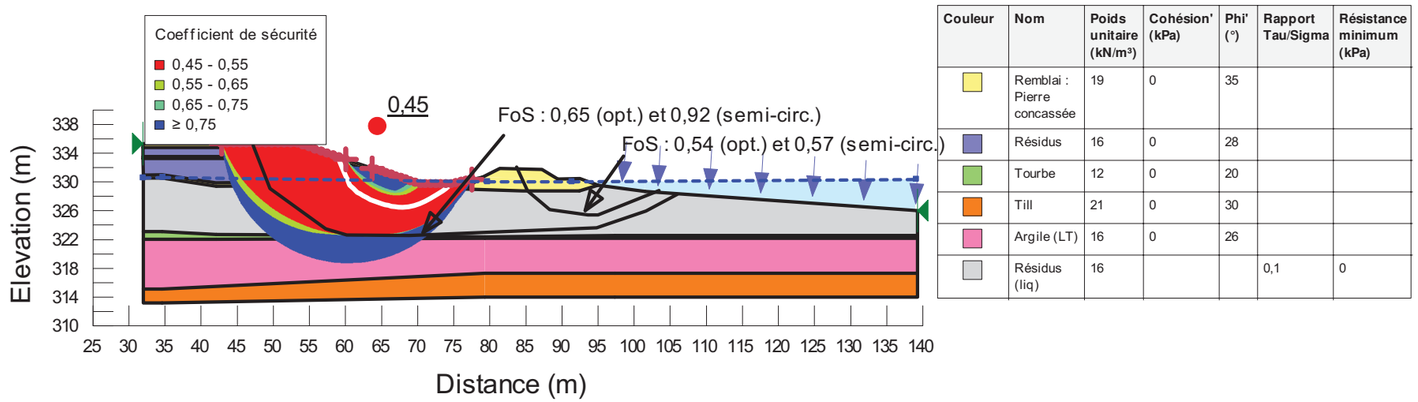
Figure 1- 25 : Cercles de rupture semi-circulaire de l'empilement – Condition drainée, nappe phréatique haute, chargement-statique vis-à-vis digue interne principale



Couleur	Nom	Poids unitaire (kN/m³)	Cohésion' (kPa)	Phi' (°)
	Remblai : Pierre concassée	19	0	35
	Résidus	16	0	28
	Tourbe	12	0	20
	Till	21	0	30
	Argile (LT)	16	0	26

Répertoire: \\CAQUE1DAT01\Projets\2016\1\161-07621-00\Environnement\2_TECH\6_DESIGN\1_LVR\Rapport concep\Annexe_1_SlopeW\\ 20-161-07480-00 Metanor_FE12016_DIPrinc_Hpwp_LT_pseudo.gsz
Date: 2017-05-09
Méthode: Morgenstern-Price
Coef. sismique horiz.: 0,069
Profondeur minimum de surface de glissement: 2 m

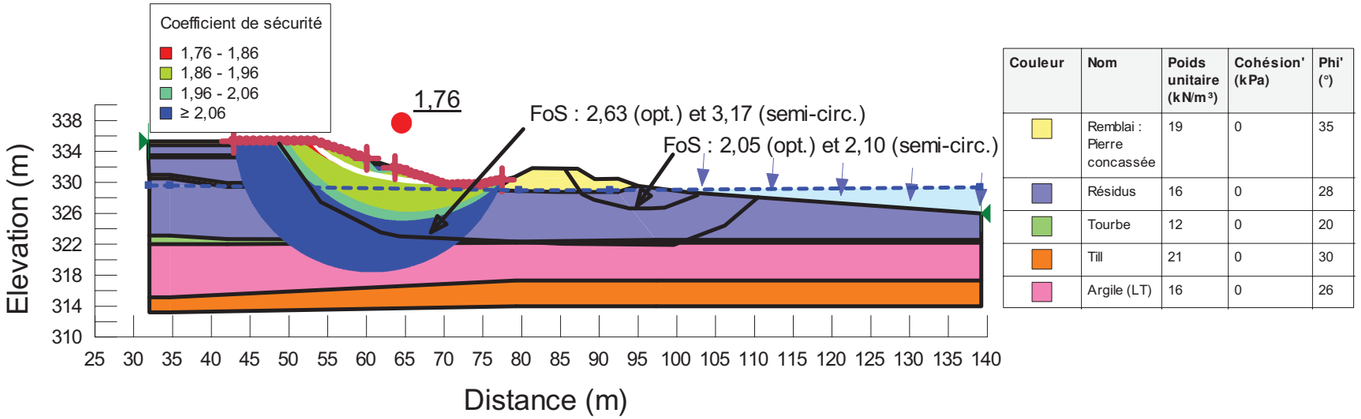
Figure 1- 26 : Cercles de rupture semi-circulaire de l'empilement – Condition drainée, nappe phréatique haute, chargement pseudo--statique vis-à-vis digue interne principale



Couleur	Nom	Poids unitaire (kN/m³)	Cohésion' (kPa)	Phi' (°)	Rapport Tau/Sigma	Résistance minimum (kPa)
	Remblai : Pierre concassée	19	0	35		
	Résidus	16	0	28		
	Tourbe	12	0	20		
	Till	21	0	30		
	Argile (LT)	16	0	26		
	Résidus (liq)	16			0,1	0

Répertoire: \\CAQUE1DAT01\Projets\2016\1\161-07621-00\Environnement\2_TECH\6_DESIGN\1_LVR\Rapport concep\Annexe_1_SlopeW\\ 21-161-07480-00 Metanor_FE12016_DIPrinc_Hpwp_LT_post.gsz
Date: 2017-05-09
Méthode: Morgenstern-Price
Coef. sismique horiz.: 0
Profondeur minimum de surface de glissement: 2 m

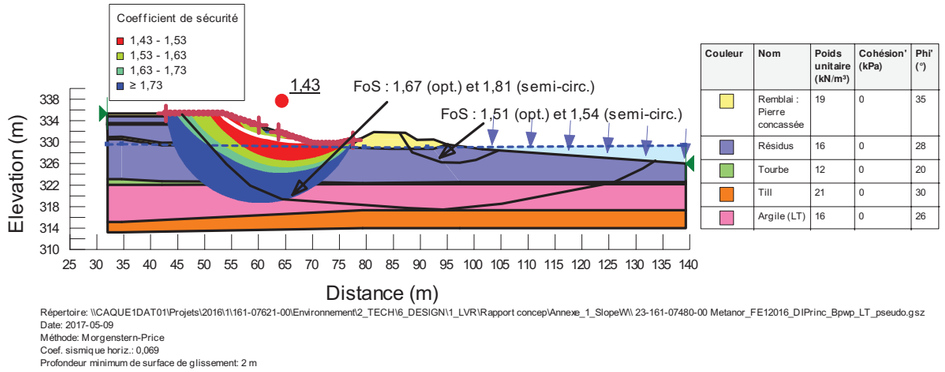
Figure 1- 27: Cercles de rupture semi-circulaire de l'empilement – Condition drainée, nappe phréatique haute, chargement-statique condition post séisme vis-à-vis digue interne principale



Couleur	Nom	Poids unitaire (kN/m³)	Cohésion' (kPa)	Phi' (°)
	Remblai : Pierre concassée	19	0	35
	Résidus	16	0	28
	Tourbe	12	0	20
	Till	21	0	30
	Argile (LT)	16	0	26

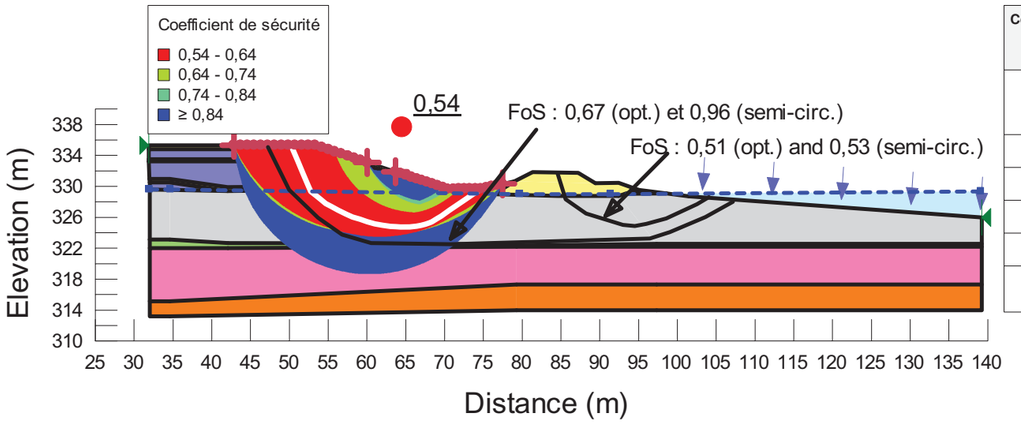
Répertoire: \\CAQUE1DAT01\Projets\2016\1\161-07621-00\Environnement\2_TECH\6_DESIGN\1_LVR\Rapport concep\Annexe_1_SlopeW\\ 22-161-07480-00 Metanor_FE12016_DIPrinc_Bpwp_LT_sat.gsz
Date: 2017-05-09
Méthode: Morgenstern-Price
Coef. sismique horiz.: 0
Profondeur minimum de surface de glissement: 2 m

Figure 1- 28 : Cercles de rupture semi-circulaire de l'empilement – Condition drainée, nappe phréatique base, chargement-statique vis-à-vis digue interne principale



Couleur	Nom	Poids unitaire (kN/m³)	Cohésion' (kPa)	Phi' (°)
	Remblai : Pierre concassée	19	0	35
	Résidus	16	0	28
	Tourbe	12	0	20
	Till	21	0	30
	Argile (LT)	16	0	26

Figure 1- 29 : Cercles de rupture semi-circulaire de l'empilement – Condition drainée, nappe phréatique base, chargement-pseudo-statique vis-à-vis digue interne principale



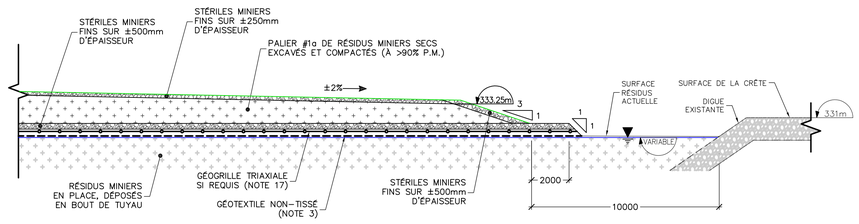
Couleur	Nom	Poids unitaire (kN/m³)	Cohésion' (kPa)	Phi' (°)	Rapport Tau/Sigma	Résistance minimum (kPa)
	Remblai : Pierre concassée	19	0	35		
	Résidus	16	0	28		
	Tourbe	12	0	20		
	Till	21	0	30		
	Argile (LT)	16	0	26		
	Résidus (liq)	16			0,1	0

Figure 1- 30 : Cercles de rupture semi-circulaire de l'empilement – Condition drainée, nappe phréatique base, chargement statique condition post séisme vis-à-vis digue interne principale

ANNEXE

G

PLAN POUR CONSTRUCTION DE L'EMPILEMENT DE RÉSIDUS SECS À LA SURFACE DE LA CELLULE #1 (161–7621-00_F01)

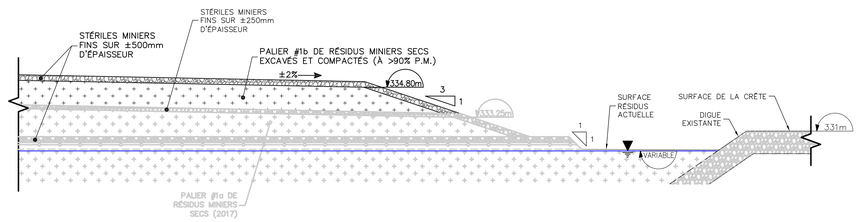


177_202

COUPE TYPIQUE 1

PALIER #1a DE RÉSIDUS MINIERS SECS (2017)

Échelle: Aucune

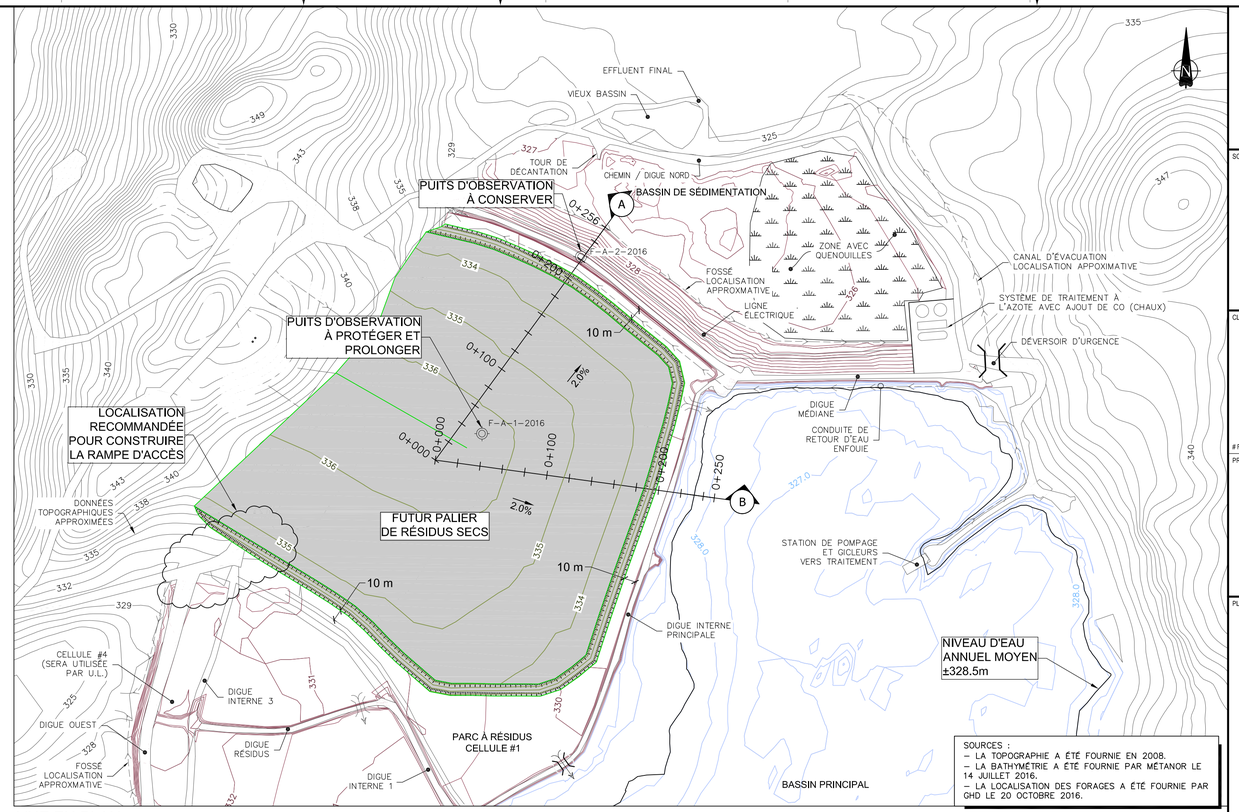


177_202

COUPE TYPIQUE 2

PALIER #1b DE RÉSIDUS MINIERS SECS (2018)

Échelle: Aucune



SOURCES :
- LA TOPOGRAPHIE A ÉTÉ FOURNIE EN 2008.
- LA BATHYMÉTRIE A ÉTÉ FOURNIE PAR MÉTANOR LE 14 JUILLET 2016.
- LA LOCALISATION DES FORAGES A ÉTÉ FOURNIE PAR GHD LE 20 OCTOBRE 2016.

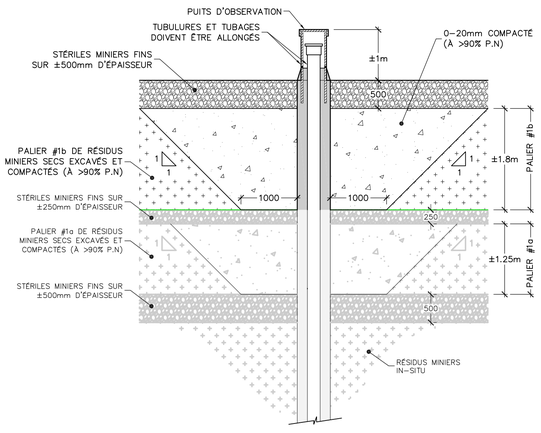
VUE EN PLAN

EMPILEMENT DE DÉSIDUS MINIERS SECS (2017)

Échelle 1 : 2500

DIRECTIVES POUR LA CONSTRUCTION :

1. LA CONSTRUCTION DE L'EMPILEMENT DEVRA DÉBUTER UNE FOIS LA TOTALITÉ DU COUVERT DE NEIGE FONDUE ET QU'ENVIRON 50 % DE LA SURFACE DE LA CELLULE NO 1 EST EXEMPTE D'EAU LIBRE.
2. UN GÉOTEXTILE NON TISSÉ DE TYPE MIRAFI HP270, GEO9 OU L'ÉQUIVALENT DEVRA ÊTRE DÉPLOYÉ À LA SURFACE DES RÉSIDUS MINIERS DE LA CELLULE N°1 PRÉALABLEMENT À LA CONSTRUCTION DE L'EMPILEMENT.
3. LES GÉOTEXTILES DEVRONT SE CHEVAUCHER DE 300 MM ET ÊTRE COUSUS.
4. LE GÉOTEXTILE DEVRA ÊTRE RECOUVERT D'UNE COUCHE DE STÉRILES MINIERS FINS D'UNE ÉPAISSEUR MINIMALE DE 500 MM, ET CE, PRÉALABLEMENT À LA CONSTRUCTION DE L'EMPILEMENT DE RÉSIDUS MINIERS.
5. LA MÉTHODOLOGIE DE MISE EN PLACE DE LA COUCHE DE 500 MM DE STÉRILES MINIERS PAR-DESSUS LE GÉOTEXTILE DEVRA GARANTIR QUE LE GÉOTEXTILE RESTERA EN PLACE ET NE SE DÉCHIRE PAS.
6. LE BOUTEUR NE PEUT PAS EFFECTUER DE VIRAGE À LA SURFACE DE LA COUCHE DE STÉRILES MINIERS AFIN DE PRÉSERVER L'INTÉGRITÉ DU GÉOTEXTILE SOUS-JACENT.
7. LES RÉSIDUS MINIERS MIS EN PLACE DANS L'EMPILEMENT DEVRONT AVOIR UNE COMPACITÉ MINIMALE DE 90 % DU PROCTOR NORMAL (P.N.).
8. LA MISE EN PLACE ET LA COMPACTION DES RÉSIDUS ET STÉRILES MINIERS DEVRONT ÊTRE RÉALISÉES AVEC L'AIDE D'UN BOUTEUR À FAIBLE PRESSION AU SOL ET À FAIBLE VITESSE.
9. UNE RAMPE D'ACCÈS AVEC UNE PENTE MINIMALE DE 10H ;1V D'UNE LARGEUR MINIMALE DE 15 M DEVRA ÊTRE CONSTRUITE ENTIÈREMENT EN STÉRILES MINIERS À L'EXTRÉMITÉ OUEST DE L'EMPILEMENT.
10. UNE BERME DE PROTECTION PRÉSENTANT UNE HAUTEUR MINIMALE DE 1 M DEVRA ÊTRE CONSTRUITE DE PART ET D'AUTRE DE L'ACCÈS.
11. LA MISE EN PLACE DES DIFFÉRENTS MATÉRIAUX REQUIS À LA CONSTRUCTION DE L'EMPILEMENT DEVRAIT ÊTRE EFFECTUÉE DU NORD-OUEST (SECTEUR DU POSTE DE GARDE) VERS LE SUD-EST (DIGUE INTERNE PRINCIPALE) AFIN D'ASSURER UNE GESTION DE L'EAU DE SURFACE ADÉQUATE.
12. LA MÉTHODE DE CONSTRUCTION DEVRA GARANTIR QUE L'EAU QUI SERA PRÉSENTE À LA SURFACE DES RÉSIDUS DE LA CELLULE NO 1 SOIT DIRIGÉE VERS LES BRÈCHES PRÉSENTES DANS LA DIGUE INTERNE PRINCIPALE.
13. IL EST RECOMMANDÉ QU'UN SEUL FRONT D'AVANCEMENT / CONSTRUCTION INITIAL D'UNE ÉPAISSEUR DE ± 300 MM SOIT UTILISÉ AFIN DE LIMITER LE RISQUE DE TRAPPER DE L'EAU À L'INTÉRIEUR DE L'EMPILEMENT. PAR CONSÉQUENT, LE SOUS-PALIER DE 1,25 M DEVRAIT ÊTRE CONSTRUIT EN QUATRE TEMPS.
14. IL EST RECOMMANDÉ QUE LA CIRCULATION DES CAMIONS À LA SURFACE DES RÉSIDUS SECS SOIT LIMITÉE LE PLUS POSSIBLE, LA MÉTHODE DE CONSTRUCTION MISE DE L'AVANT DEVRAIT S'ASSURER QUE LES CAMIONS CIRCULENT PRINCIPALEMENT SUR DU STÉRILES MINIERS
15. UN MINIMUM DE 10 MESURES JOURNALIÈRES DE LA DENSITÉ IN SITU DES RÉSIDUS MIS EN PLACE DANS L'EMPILEMENT EST REQUIS ET DOIT SE FAIRE AU MOYEN D'UN NUCLÉODENSIMÈTRE ADÉQUATEMENT CALIBRÉ.
16. LES NIVEAUX D'EAU DANS LES PUITS D'OBSERVATIONS LOCALISÉS AU DROIT DU F-A-1-2016 ET F-A-2-2016 DOIVENT ÊTRE RELEVÉS QUOTIDIENNEMENT DURANT LA CONSTRUCTION DES DIFFÉRENTS SOUS-PALIERS DE L'EMPILEMENT.
17. L'UTILISATION D'UNE GÉOGRILLE TRIAXIALE DE TYPE TX190L, OU ÉQUIVALENT, POURRAIT ÊTRE REQUISE AFIN DE LIMITER L'ENLISEMENT DE LA MACHINERIE.

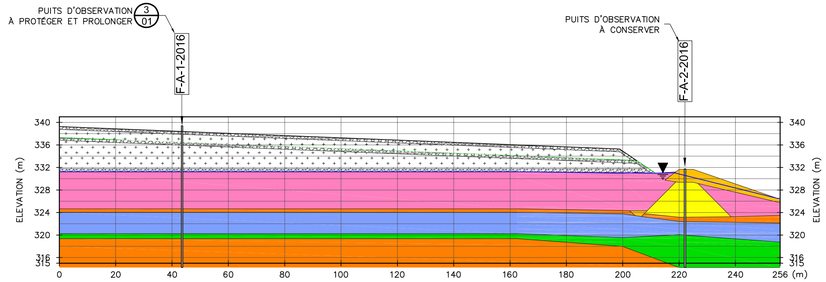


177_203

SCHÉMA TYPIQUE 3

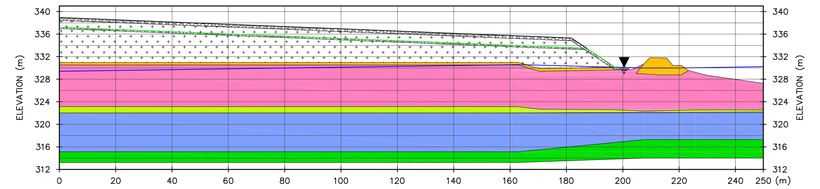
PUITS D'OBSERVATION À PROTÉGER ET PROLONGER (F-A-1-2016)

Échelle: Aucune



COUPE A

Échelle H 1:1000 / V 1:500



COUPE B

Échelle H 1:1000 / V 1:500

MATERIAUX
- REMBLAI : PIERRE CONCASSÉE
- RESIDUS
- TOURBE
- ARGILE
- SILT
- REMBLAI : SABLE
- TILL

5355, BOULEVARD DES GRADINS
QUÉBEC (QUÉBEC) CANADA G2J 1C8
TÉL. : 1-418-623-2254 | TÉLÉC. : 1-418-624-1857 | WWW.WSPGROUP.COM

SCEAU :

CLIENT :

METANOR RESOURCES INC.

RÉF. CLIENT :

PROJET :

MÉTANOR
INGÉNIERIE DE L'EMPILEMENT DE RÉSIDUS "SECS"

PLAN CLÉ :

AVERTISSEMENT : DROIT D'AUTEUR :

CE DESSIN EST LA PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE DE WSP. AUCUNE RÉVISION, REPRODUCTION OU TOUT AUTRE USAGE N'EST PERMIS SANS L'AUTORISATION ÉCRITE DE WSP. L'ENTREPRENEUR DEVRA VÉRIFIER TOUTES LES DIMENSIONS AUX PLANS ET FAIRE LOCALISER TOUS LES SERVICES D'UTILITÉS PUBLIQUES ET RAPPORTER TOUTES ERREURS OU OMISSIONS AVANT DE COMMENCER LES TRAVAUX. L'ÉCHELLE DE CE DESSIN NE DOIT PAS ÉTRE MODIFIÉE.

ÉMISSION - RÉVISION :

ÉM.	RV.	DATE	DESCRIPTION
2		2017-06-02	PRÉLIMINAIRE - POUR RÉVISION PAR LE CLIENT
1		2017-01-16	DEMANDE DE C.A.

NO PROJET : 161-07621-00

DATE : 2016-07-25

ÉCHELLE ORIGINALE : Indiquée

SI CETTE BARRE NE MESURE PAS 25mm, AJUSTER VOTRE ÉCHELLE DE TRAÇAGE.

25mm

CONÇU PAR : Valérie Fortin, ing. / Jean-François St-Laurent, ing. M.Sc.

DESSINÉ PAR : Jean-Marc Tremblay, tech. & Gaël Godmaire, tech

VÉRIFIÉ PAR : Myléne Sansoucy, ing. M.Sc. Jean-François St-Laurent, ing. M.Sc.

DISCIPLINE : **ENVIRONNEMENT**

TITRE :

AUGMENTATION DE LA CAPACITÉ D'EMMAGASINEMENT DE L'AIRE D'ACCUMULATION - CONSTRUCTION D'UN EMPILEMENT DE RÉSIDUS MINIERS

NUMÉRO DU FEUILLET : **161-07621-00_F01**

FEUILLET # : 01 DE 01

ÉMISSION : **PRÉLIMINAIRE - POUR RÉVISION PAR LE CLIENT**

EN DATE DU : **2017-06-02**

ÉM. / RV. : **2**

Arch D-CM: \\Caque1da001\Projets\2016\161\07621-00\Environnement\2_TECH\5_DAO_CADD\E_LocalisationForages\Master\161-07621-00_F01.dwg, 2017-06-02 09:37:44

F. SYNTHÈSE DES INSPECTIONS STATUAIRES 2010 À 2020 DU PARC À RÉSIDUS DU SITE MINIER MOROY.
RAPPORT PRODUIT POUR RESSOURCES BONTERRA INC.
25 PAGES ET ANNEXES. (FNX, 2020)

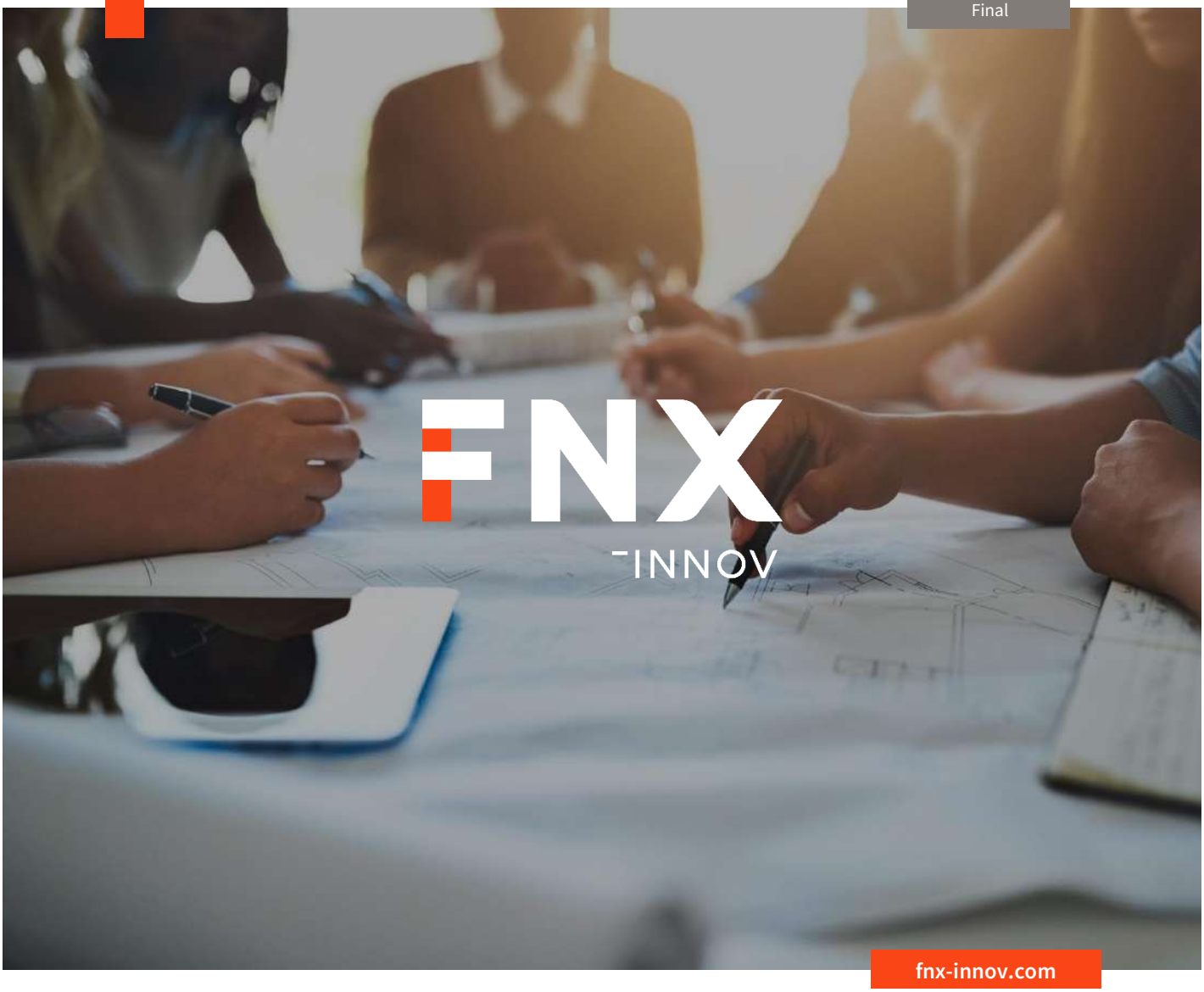
Rapport synthèse

F2001114-002

Ressources BonTerra inc.
Septembre 2020

Synthèse des inspections statutaires 2010 à 2020 du parc à résidus du site minier Moroy

Final



fnx-innov.com

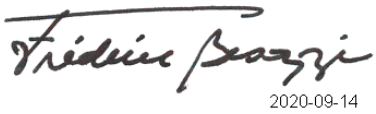
Synthèse des inspections statutaires 2010 à 2020 du parc à résidus du site minier Moroy

Desmaraisville (Québec)

Présenté à :

Monsieur Steve Gaudreault
Surintendant environnement
Ressources BonTerra inc.
200, chemin de la Mine
Desmaraisville (Québec) J0Y 1H0

Préparé par :



2020-09-14

Frédéric Besozzi, ing., M. Sc. A., n° OIQ 124719
Directeur de projets – Géotechnique

Équipe de réalisation

M. Frédéric Besozzi, ing., M.Sc.A. Directeur de projets - Géotechnique

Registre des émissions et révisions		
Identification	Date	Description de l'émission et/ou révision
R01	2020-09-14	Rapport final
R00	2020-09-11	Rapport préliminaire émis pour commentaires

Table des matières

1 Introduction 1
1.1 Mandat 1
1.2 Méthodologie générale des inspections 1
1.3 Documents revus dans le cadre de cette synthèse 2
1.4 Contenu du rapport 2
2 Description du site 3
2.1 Parc à résidus 3
2.2 Statut actuel du PAR 5
3 Synthèse des rapports d'inspection 7
3.1 Inspection de 2010 par Génivar 7
3.2 Inspection de 2011 par Amec E&E 8
3.3 Inspection de 2013 par Amec E&I 9
3.4 Inspection de 2014 par Amec E&I 10
3.5 Inspection de 2015 par Amec Foster Wheeler 11
3.6 Inspection de 2016 par WSP 11
3.7 Inspection de 2017 par WSP 12
3.8 Inspection de 2018 par SRK 13
3.9 Inspection de 2019 par FNX-INNOV 14
3.10 Inspection de 2020 par FNX-INNOV 15
4 Synthèse des recommandations 17
5 Points en suspens 19
6 Constats généraux 21
7 Limitations 23
8 Références 25

Liste des figures

Figure 1 – Arrangement général du parc à résidus en 2016 (extrait de WSP, 2016) 4

Annexes

Annexe A Tableaux de suivi des recommandations courantes et complétées

1 Introduction

1.1 Mandat

Les services de **FNX-INNOV** ont été retenus par **Ressources BonTerra inc.** (ci-après « BonTerra ») afin d'effectuer la synthèse des inspections statutaires annuelle au parc à résidus (PAR) du site minier Moroy (anciennement la mine Bachelor), situé à Desmaraisville (Québec) pour les dix dernières années (2010-2020). Cette synthèse a été préparée dans le but de répondre à la question **QC-15** du ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MELCC) dans le cadre de l'examen des impacts environnementaux du projet d'agrandissement du PAR du site minier Moroy. Cette question se décline ainsi : **« De plus, le promoteur devra présenter un rapport des inspections des infrastructures existantes et mesures correctives qui ont déjà été proposées et mises en œuvre. Dans le cas où les mesures correctives recommandées n'ont pas été mises en œuvre, le promoteur devra justifier pourquoi. »**

1.2 Méthodologie générale des inspections

L'inspection statutaire annuelle est une inspection géotechnique exhaustive réalisée chaque année dans le cadre du programme environnemental de suivi et de gestion au PAR du site minier. Elle consiste à évaluer le comportement des aires d'accumulation des résidus miniers et à constater l'état de chacune de ses composantes (digues, barrages, fossés, bassins, déversoirs et structures de décantation).

L'inspection doit être réalisée par un ingénieur qualifié maîtrisant la conception, l'entretien et l'exploitation de parcs à résidus formés de digues tel que recommandé par l'*Association minière du Canada* (AMC) et l'*Association canadienne des barrages* (ACB). Le rapport d'inspection est transmis au MELCC.

Plus spécifiquement, l'inspection statutaire vise à identifier et à signaler toute détérioration, anomalie ou défaillance visible au moment de la visite pouvant mettre en cause l'intégrité ou la sécurité des ouvrages. Au terme de l'inspection, des recommandations sont formulées en ce qui a trait aux mesures préventives ou correctives et autres actions à entreprendre afin de corriger ces anomalies et réduire les risques à un niveau acceptable. Les éléments suivants doivent être identifiés, lorsque présents :

- Érosion, fissuration ou déformation en crête ou dans la pente d'une digue;
- Dépression ou affaissement de la crête ou dans la pente d'une digue;
- Exfiltration en pied de talus ou dans la pente aval d'une digue;
- Érosion du pied de talus;
- Signes d'érosion interne;
- Effondrement, cavité, trous, terriers d'animaux; et
- Toute autre condition jugée inappropriée au niveau des ouvrages ou des infrastructures connexes.

L'inspecteur est généralement accompagné d'un représentant de la mine responsable des opérations du PAR. Un rapport photographique est produit et la visite peut s'accompagner d'une entrevue avec les gestionnaires du PAR afin de documenter certains aspects opérationnels et administratifs et de présenter les principales observations et recommandations.

1.3 Documents revus dans le cadre de cette synthèse

Seuls les documents suivants ont été revus dans le cadre du mandat et sont discutés dans le présent rapport synthèse :

- GENIVAR (2010). Inspection annuelle des digues - Mine Bachelor, 2010 - Desmaraisville, Qc. Rapport préparé pour Ressources Métanor inc., N/Réf. : AA121785, 23 septembre 2010;
- AMEC Earth & Environmental (2011). Rapport d'inspection statutaire 2011 - Parc à résidus mine du lac Bachelor. Rapport présenté à Ressources Métanor inc., N/Réf. : TX 11 1456 03, 22 juin 2011;
- AMEC Environnement & Infrastructure (2013). Rapport d'inspection statutaire - Parc à résidus Mine du lac Bachelor. Rapport présenté à Ressources Métanor inc., N/Réf. : TX 13 1235 03, 11 septembre 2013;
- AMEC Environnement & Infrastructure (2014). Rapport d'inspection statutaire - Parc à résidus Mine du lac Bachelor. Rapport présenté à Ressources Métanor inc., N/Réf. : TX 14 1240 03, 24 octobre 2014;
- AMEC FOSTER WHEELER Environnement & Infrastructure (2015). Inspection statutaire 2015 - Parc à résidus - Mine du lac Bachelor. Rapport présenté à Ressources Métanor inc., N/Réf. : TX15012903-RMR-0001-A, 10 août 2015;
- WSP Canada inc. (2016). Rapport d'inspection statutaire du parc à résidus du lac Bachelor, 2016. Rapport préparé pour Ressources Métanor inc., N/Réf. : 161-07480-00, 20 juillet 2016;
- WSP Canada inc. (2017). Inspection statutaire annuelle du parc à résidus de la mine Bachelor, 2017. Rapport préparé pour Ressources Métanor inc., N/Réf. : 171-06919-00, 7 septembre 2017;
- SRK Consulting inc. (2018). Inspection statutaire annuelle du parc à résidus de la mine Bachelor, 2018. Rapport préparé pour Ressources Métanor inc., N/Réf. : 1CM041.000, 5 novembre 2018;
- FNX-INNOV (2019). Inspection statutaire annuelle du parc à résidus de la mine Bachelor, 2019. Rapport préparé pour Ressources BonTerra, N/Réf. : F1901696-001, 20 décembre 2019;
- FNX-INNOV (2020). Inspection statutaire annuelle du parc à résidus de la mine Moroy, 2020. Rapport préparé pour Ressources BonTerra, N/Réf. : F2001114-002, 28 août 2020.

Les inspections du PAR ont été effectuées par GENIVAR en 2010, puis par AMEC (Amec Foster Wheeler) en 2011 et de 2013 à 2015. Les inspections de 2016 et 2017 ont été réalisées par WSP Canada inc. (anciennement GÉNIVAR et ci-après « WSP ») (WSP, 2016 et 2017). L'inspection de 2018 a été réalisée par la firme « *SRK Consulting* » (ci-après « SRK ») (SRK, 2018b). Les inspections de 2019 et 2020 ont été réalisées par FNX-INNOV, le 16 septembre 2019 et le 16 juin 2020 (FNX-INNOV, 2019 et 2020). Aucun rapport d'inspection statutaire n'a été retracé pour l'année 2012 qui précéda la mise en production commerciale de la mine en 2013.

1.4 Contenu du rapport

L'étendue du mandat et la méthodologie d'inspection ont été présentées en introduction de ce rapport. Les sections suivantes couvrent les éléments suivants :

- Brève description du site, des composantes du PAR et du statut opérationnel (section 2);
- Principales observations sur l'état des composantes du PAR et recommandations présentées chacun des rapports d'inspection, mesures correctives apportées (études, suivis, travaux de construction réalisés, etc.) en lien avec ces recommandations (section 3);
- Présentation des tableaux de suivi des recommandations (section 3, annexe A);
- Discussion des mesures laissées en suspens ou reportées, ainsi que les justifications s'y rapportant.

2 Description du site

Le site minier Moroy est situé dans l'extension de l'ancienne mine Bachelor, une mine d'or souterraine située dans le canton de Le Sueur à environ 225 kilomètres au nord-est de Val-d'Or et à 30 km de la communauté Crie de Waswanipi. Le site est accessible par la route provinciale R-113 qui connecte Val-d'Or et Chibougamau. La mine a été découverte en 1946 par la compagnie « *O'Brien Gold Mines Ltd.* » et a produit plus de 130 000 onces d'or entre 1982 et 1989. La mine a été reprise en 2004 par la compagnie « *Ressources Métanor* » qui a reconstruit et amélioré les installations puis débuté la production commerciale en 2013. La mine comprend l'usine de traitement de minerai Urban-Barry d'une capacité de 800 tonnes par jour, un camp quatre-saisons pour les travailleurs et un parc à résidus d'une superficie de 64 hectares. BonTerra s'est fusionnée avec Ressources Métanor le 25 septembre 2018.

2.1 Parc à résidus

Le parc à résidus (PAR) du site minier de l'ancienne mine Bachelor permet l'entreposage des résidus miniers dans des cellules aménagées au cours des années 2013 à 2015, et séparées par des digues filtrantes en enrochement. L'aire d'accumulation des résidus était alors divisée en trois : la cellule Nord, la cellule Centrale et la cellule Sud. En 2016, les cellules sont renumérotées de 1 à 4 telles qu'illustrées à la figure 1. Les résidus miniers ont une distribution granulométrique correspondant à celle d'un silt uniforme. Ils sont pompés et transportés sous pression dans une conduite de polyéthylène et déposés sous forme de boue dans la portion ouest du PAR couvrant une superficie approximative de 24 hectares. Les quatre cellules du PAR sont ceinturées par les ouvrages de confinement suivants : la digue Médiane, la digue interne principale, la digue Ouest, les digues internes 1 à 3 et le chemin ouest. La longueur de ces ouvrages varie de 150 m à 1 100 m.

Avant 2014, l'aire d'accumulation était constituée d'un seul grand bassin, nommé bassin Ouest par Amec E&I (2013). Les digues de départ du parc à résidus ont été construites au cours des années 1980, lorsque le site était exploité par la compagnie « *Bachelor Lake Gold Mines Ltd* ». Certains ajouts ont été construits en 2008 par Ressources Métanor.

Les digues ouest et médiane ont fait l'objet de travaux de rehaussement et de stabilisation en 2013 et 2014 (Amec E&I, 2013; 2014). Puis en 2015, des bermes stabilisatrices étaient en construction le long des digues filtrantes (Amec Foster Wheeler, 2015).

Le PAR comprend un grand bassin de collecte situé au sud de la digue Médiane, à l'est de la digue interne principale, actuellement désigné sous le nom de **bassin principal**. SRK (2018b) a utilisé le nom « bassin de polissage » pour le même bassin alors qu'avant la construction des cellules, ce bassin était simplement désigné comme le bassin du parc à résidus (GÉNIVAR, 2010). Le bassin principal occupe une superficie d'environ 36 hectares et permet de contenir les eaux de procédé, de contact, de précipitation et de ruissellement provenant du bassin versant amont. Le déversoir d'urgence du bassin principal se situe à l'extrémité est de la **digue Médiane**, aussi connue sous le nom de digue « Nord ». Le déversoir d'urgence a été réaménagé en 2017 selon les recommandations émises par la firme « *WSP* » (WSP, 2017d).

Le bassin principal est bordé à l'est par un terrain boisé et une colline. Un fossé de dérivation, le **fossé de dérivation *est***, dévie une partie des eaux de ruissellement provenant de cette colline et diminue les apports d'eau dans le bassin principal. Ce fossé a été construit selon les plans émis par la firme « *Norinfra* » pour le « bassin Nord » (Norinfra, 2017). Son point de décharge est situé dans le canal d'évacuation du déversoir d'urgence du bassin principal.

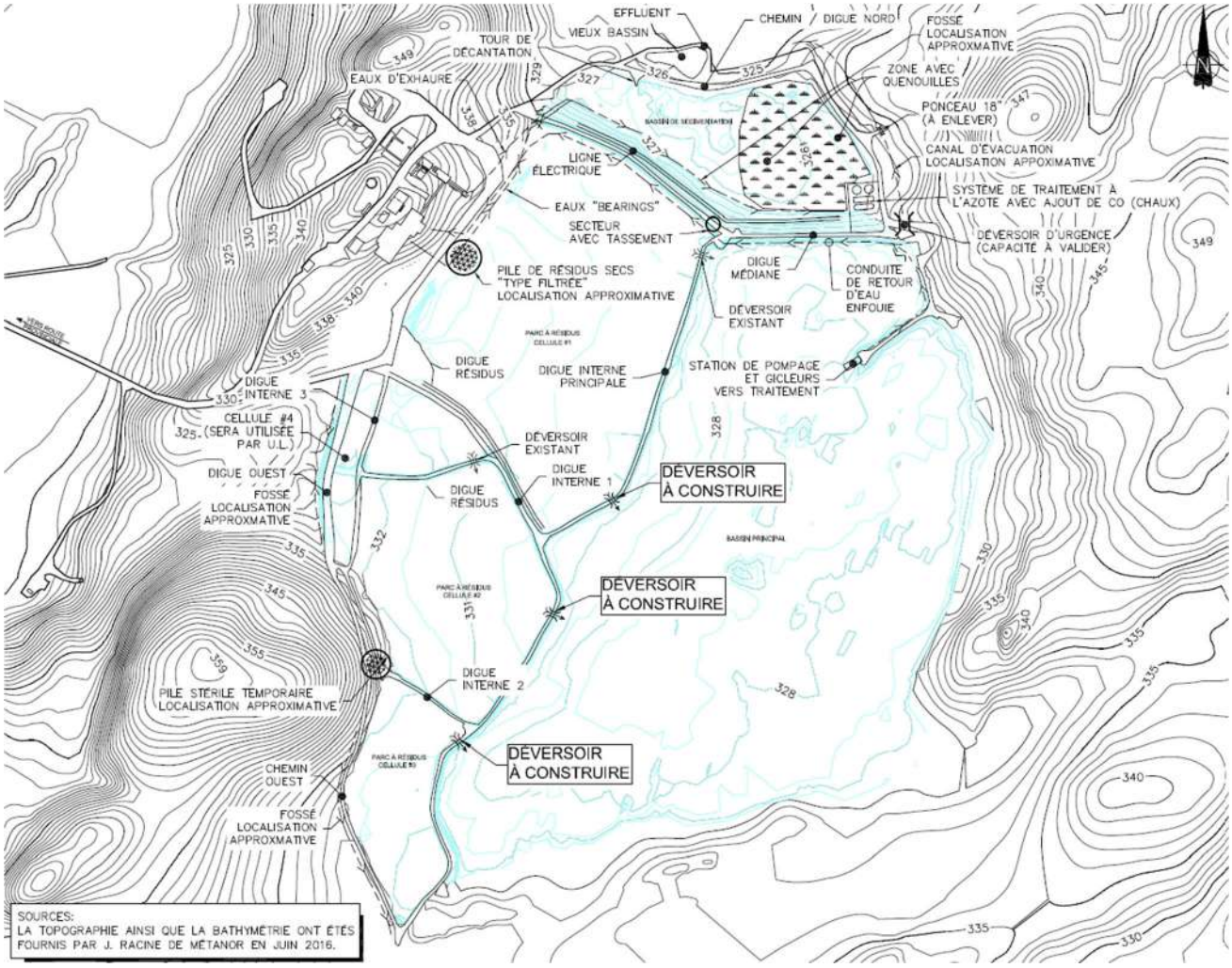


Figure 1 – Arrangement général du parc à résidus en 2016 (extrait de WSP, 2016)

Un **bassin de sédimentation** (ou « bassin de polissage ») est localisé au nord du PAR, au pied de la digue Médiane. Ce bassin reçoit l'eau d'exhaure de la mine souterraine et l'eau traitée de l'usine de traitement d'eau (UTE). Il possède une superficie d'environ 6 hectares dont environ le tiers oriental est colonisé par des quenouilles. Un fossé de 300 m de longueur au pied de la « berme stabilisatrice » de la digue Médiane achemine l'eau d'exhaure jusqu'à l'extrémité sud-est du bassin. La tour de transfert, une structure de décantation située à l'extrémité nord-ouest du bassin, se jette dans un petit bassin de polissage d'environ 2 000 m^2 précédant la décharge de l'effluent final vers l'environnement. Le débit au point d'effluent final est mesuré à l'aide d'un canal Parshall. Le déversoir d'urgence du bassin de sédimentation est situé sur la **digue Nord**, une structure en remblai aussi connue sous le nom de « chemin Nord » qui a été construite au début de l'exploitation.

La **digue interne principale** est une digue filtrante d'orientation nord-sud d'une longueur d'environ 1 100 m. Elle sépare le bassin principal des cellules 1 à 3. Des informations supplémentaires sur cette structure sont présentées dans le rapport de WSP (2017b) qui a procédé à la validation de la stabilité de cette structure. La cellule 1 (nord) est délimitée par la digue Médiane, au nord, et la digue interne 1, au sud. Les cellules 2 et 3, situées au sud de la cellule 1, sont délimitées par les digues internes 1 à 3 et le chemin ouest. La cellule 4, située à l'ouest de la cellule 2, est délimitée par la digue Ouest et la digue interne 3. La **digue Ouest** est une digue étanche munie d'une géomembrane sur la face amont. La cellule 4 est divisée en parcelles expérimentales visant à tester divers traitements de végétalisation en vue de la restauration ultérieure du site.

La **digue Médiane** est une structure étanche munie d'une géomembrane sur la face amont. Une berme stabilisatrice forme le pied aval. Des zones d'affaissement en crête, d'ampleur variable, ont été découvertes lors de l'inspection statutaire de 2016 (WSP, 2016), particulièrement au niveau de la jonction avec la digue interne principale. La crête a été mise à niveau en novembre 2016 par ajout de stériles miniers fins. WSP a complété un suivi des tassements et une analyse des causes et concluait que ces affaissements étaient reliés à la consolidation de l'argile composant la fondation de la digue (WSP, 2017a). WSP a aussi complété une série d'analyse de stabilité dans le cadre de cet examen. Lors de l'inspection statutaire de 2018 (SRK, 2018b) aucun affaissement additionnel n'a été observé, toutefois la géomembrane en polyéthylène haute-densité (PEHD) texturée qui scelle la face amont de la digue Médiane était exposée en plusieurs endroits entre la digue interne principale et le déversoir d'urgence. Des recommandations pour la réparation ont été formulées par SRK (2018a) et, en avril 2019, la géomembrane a été recouverte de sable, suivie d'un géotextile non tissé et d'une couche de sable moyen à grossier (FNX-INNOV, 2019).

Avant que la capacité d'entreposage des résidus par déposition hydraulique ne soit épuisée, WSP proposa, en juin 2017, de procéder à l'**empilement de résidus asséchés** dans la cellule 1 afin d'augmenter la capacité d'emmagasinement du PAR et de prolonger sa durée de vie utile de 2 ans (WSP, 2017c). La préparation de l'assise de l'empilement a débuté en juillet 2017 (WSP, 2017d). Au moment de l'inspection par SRK en août 2018, l'empilement de résidus miniers secs à la surface de la cellule 1 était en construction. Les résidus étaient déposés sous forme de boue dans la partie nord de la cellule 2 et les résidus asséchés étaient excavés dans la partie sud de la cellule (SRK, 2018b). Un étage de résidus a été complété et recouvert d'une couche de stériles.

2.2 Statut actuel du PAR

Les opérations minières et de traitement de minerai ont été suspendues temporairement en octobre 2018. Le PAR est actuellement dans une phase d'entretien et suivi (*Care and Maintenance*).

L'usine Urban-Barry de BonTerra verra sa capacité augmentée à 2 400 tonnes par jour dans le cadre d'un projet d'expansion impliquant également l'agrandissement du PAR. Au cours de la période 2017-2019, Ressources Métanor a entrepris une série d'études pour développer un plan de gestion à long terme des résidus impliquant l'ajout de nouvelles digues et le rehaussement des digues Ouest, Médiane et Nord (BBA, 2018). Ce projet suit le processus d'évaluation des impacts sur l'environnement. Les rapports d'étude ont été déposés auprès des autorités compétentes au cours de l'automne 2019 et sont en cours d'analyse. Si ce projet va de l'avant, les travaux aux digues débuteront après l'ingénierie détaillée du projet, lorsque les autorisations environnementales auront été obtenues. Dans ce contexte, il est anticipé que les travaux aux digues débuteront en 2022.

Depuis octobre 2018, les activités sur le site sont réduites au minimum en attendant l'obtention des permis et du financement pour le projet d'expansion. Les activités de gestion des résidus miniers sont arrêtées, mais les activités de gestion des eaux et de suivi se poursuivent. Les précipitations sont le seul apport d'eau au niveau de l'aire d'accumulation des résidus (cellules 1 à 4) et du bassin principal. L'eau qui s'accumule dans le bassin principal est pompée vers l'UTE. Les activités de dénoyage de la mine souterraine se poursuivent, ce qui fournit un apport d'eau régulier au bassin de sédimentation.

3 Synthèse des rapports d'inspection

La présente section résume les observations, les recommandations et les travaux constatés dans les rapports d'inspection annuels de 2010 à 2020 au PAR. Ce résumé n'est pas exhaustif et vise à répondre de manière générale à la question du MELCC à l'égard de la gestion responsable des ouvrages de retenue et des ouvrages hydrauliques du parc à résidus et de la mise en œuvre des recommandations émises par les consultants ayant réalisé les inspections.

3.1 Inspection de 2010 par Génivar

Cette inspection des digues et autres ouvrages de retenue de la mine du lac Bachelor a été réalisée le 7 juin 2010 en présence de madame Julie Raîche, technicienne minière de Ressources Métanor. À cette époque, le site comporte seulement trois digues : la digue Médiane (principale), la digue Nord (bassin de polissage) et la digue Ouest. L'élévation de la crête de la digue Médiane s'établit alors à 329,95 m alors que celle de la digue Nord s'établit à 327 m. Les déversoirs de chacune de ces structures s'établissent à 329,0 m et 326,3 m.

GENIVAR (2010) ne constate aucun « défaut significatif » et formule les conclusions et recommandations suivantes dans son rapport :

- Les digues actuelles autour du site de stockage de résidus miniers de la mine Bachelor ne présentent aucun défaut significatif susceptible d'être la cause ou l'amorce d'instabilité. De plus, la propreté générale des crêtes et des surfaces de talus doit être soulignée;
- Dans le cas de digue Ouest où les matériaux en crête sont dans un état lâche, une reprise du compactage de ces matériaux permettra d'en améliorer le comportement mécanique et de réduire l'impact d'une éventuelle érosion superficielle;
- Particulièrement dans la partie sud-ouest du site, l'entretien des fossés et l'enlèvement des jeunes pousses d'arbres ou d'arbrisseaux dans les fossés favorisera un meilleur écoulement des eaux collectées et une plus grande efficacité du système de gestion des eaux de surface;
- La partie exposée de la membrane du déversoir de la digue du bassin de polissage devra être remise en état pour en assurer la protection et la durabilité. En effet et de façon générale, les polymères constituant les membranes synthétiques sont sensibles à l'exposition au rayonnement UV et donc susceptibles d'une dégradation plus rapide lorsqu'exposés;
- Au moment de notre inspection, la base des digues était hors d'atteinte des crues provenant de cours d'eau environnants, ce qui assure une protection des pieds de digues et réduit le risque d'érosion à cet endroit;
- Enfin, il est recommandé que chaque rapport annuel soit construit à partir du précédent afin de donner suite à tout commentaire ou recommandation associé ou non à des mesures correctives; l'essentiel étant de garder, dans la continuité de l'opération du site, traces du résultat des inspections annuelles.

GENIVAR (2010) mentionne que 15 forages ont été réalisés par GOLDER Associés en 2007 dans le cadre de la conception du parc à résidus. Les niveaux piézométriques observés en juin et août 2010 dans quatre (4) puits sont légèrement plus élevés ou comparables aux résultats de GOLDER (2007).

Deux plaques de tassement (points D1 et D2) établies en 2009 présentent des tassements de l'ordre de 2 à 3 cm et jugés non significatifs compte tenu de l'erreur de mesure probable.

GENIVAR (2010) valide les analyses de stabilité par GOLDER (2007) et conclut que les paramètres sismiques utilisés et les facteurs de sécurité obtenus sont acceptables.

Ce rapport mentionne que la revanche minimale d'une digue devrait être d'au moins 1,0 mètre et qu'elle doit pouvoir être mesurée précisément en tout temps.

3.2 Inspection de 2011 par Amec E&E

Cette inspection statutaire des ouvrages de confinement des résidus et de l'eau de pulpe de la mine du lac Bachelor a été réalisée le 31 mai 2011 par messieurs John Lemieux, ingénieur, et Pier-Alexandre Rochon, technicien, tous deux de la firme « AMEC Earth & Environmental » (AMEC E&E).

AMEC E&E (2011) constate quelques « anomalies » et suggère d'effectuer les travaux d'entretien majeurs et mineurs suivants pour « garantir la conformité des installations » et un « bon fonctionnement à long terme » :

- Rehausser la digue Ouest et faire une nouvelle route sur la crête de la digue (printemps/été 2011) pour éviter l'accumulation d'eau entre l'actuelle route et la digue. Aménager temporairement une ouverture au travers de la route;
- Déplacer le point de déposition des résidus à l'extrémité sud du parc (hiver 2011-2012), pour éviter de nuire au drainage;
- Remplacer les joints de type *« Hugger »* par des joints mécaniques ou fusionnés. Un tuyau avec ce type de raccord était présent sur la crête d'une digue. Leur remplacement a été recommandé, car ces joints peuvent s'ouvrir accidentellement et risquent d'endommager la digue en cas de fuite;
- Apporter des modifications au fossé *de la fiche 3*[1]. Ce fossé s'écoulant vers le bassin du parc doit être creusé (été 2011) pour permettre un débit d'écoulement plus élevé et muni de pierre dans sa courbe. Il pourrait être envoyé vers le bassin de polissage (aussi nommé bassin de sédimentation);
- Refaire la crête de la digue *Médiane*[2] selon les plans et devis. Le niveau d'eau constaté dans le bassin est trop élevé (probablement au-dessus du niveau de la membrane). La digue présente des signes d'affaissement et de tassement depuis sa construction;
- *Corriger les déversoirs d'urgence selon les plans et spécifications d'un ingénieur*. Les deux déversoirs d'urgence (digue Médiane et digue Nord) sont jugés non conformes aux normes en termes de dimensions, matériaux et élévations;
- *Restaurer la section de la digue près de la station d'effluent*. De l'érosion a été constatée. Remplacer le matériau existant en bordure de la structure en béton par un matériau imperméable compacté (p. ex., argile).

D'après notre compréhension, il y aurait confusion entre la digue Médiane et la digue Nord dans le rapport d'AMEC E&E (2011). Les recommandations précédentes ont été reformulées à partir des photographies et des fiches d'inspection.

Outre ces recommandations, AMEC E&E (2011) conclut au bon état des autres ouvrages et à l'absence de défectuosités visuelles associées à un risque direct pour la sécurité ou la stabilité des digues. Elle recommande un suivi annuel par arpentage de la crête de la digue Médiane.

Par ailleurs, il n'y a pas de suivi par rapport aux recommandations découlant de l'inspection précédente tel que recommandé par GENIVAR (2010). D'après les fiches d'inspection du rapport d'AMEC E&E (2011), la géomembrane du déversoir du bassin de polissage semble toujours exposée.

[1] « *fossé de la digue Nord* » dans le rapport d'AMEC E&E (2011)
[2] « *Refaire la crête de la digue Nord* » dans le rapport d'AMEC E&E (2011).

3.3 Inspection de 2013 par Amec E&I

Aucun rapport d'inspection pour 2012 n'a été retrouvé dans les archives de BonTerra. L'inspection statutaire suivante a été réalisée le 16 juillet 2013 par monsieur Vu Tran, ingénieur pour la firme « AMEC Environnement & Infrastructure » (AMEC E&I), accompagné de madame Julie Raîche de Ressources Métanor. Cette visite incluait notamment l'inspection du rehaussement de la digue Ouest. Plusieurs travaux et suivis sont recommandés dans le rapport d'AMEC E&I (2013) pour assurer un bon comportement des ouvrages. À noter que, dans ce rapport, AMEC E&I fait allusion aux bassins Ouest et Nord qui sont décrits comme suit :

- Le bassin Ouest (avec un bassin de sédimentation) sert à l'entreposage de résidus provenant de l'usine de traitement de minerai aurifère. Les résidus du site sont silteux, non générateurs d'acide, mais contaminés par des cyanures;
- Le bassin Nord est utilisé comme bassin de polissage.

Le bassin Ouest correspond au bassin du parc à résidus (ou bassin principal), délimité par les digues Médiane et Ouest, alors que le bassin Nord correspond au bassin de sédimentation, en aval de l'actuelle usine de traitement des eaux, et délimité par le chemin Nord (ou digue Nord).

Le rapport fait état de travaux de rehaussement de la digue Ouest réalisés au mois de juin 2013 sous la surveillance du personnel de Ressources Métanor. Les irrégularités suivantes ont été soulevées :

- Le matériau utilisé comme couche de protection de la pente amont est non conforme, un matériel de calibre approximativement 0-100 mm a été utilisé. Une couche de protection d'enrochement 100-300 mm avait été proposée pour limiter l'érosion de la pente et des problèmes subséquents;
- Au sud : le rehaussement se termine sur le terrain naturel. Selon le personnel de Ressources Métanor, la clé pour la membrane de ce secteur a été remblayée avec du sable et du gravier (un matériau étanche était spécifié aux plans);
- Au nord : le rehaussement se termine sur une route d'accès existante (un remblai granulaire non imperméable), mais non sur le terrain naturel. Une éventuelle accumulation d'eau dans ce secteur est probable. La présence d'une route d'accès à l'intérieur du bassin Ouest, en amont et parallèle à la digue Ouest, et de résidus en amont de cette route au-delà du niveau du terrain et de la digue, pourraient forcer l'eau à passer entre la membrane et le remblai granulaire mentionné pour rejoindre l'environnement;
- Un fossé a été aménagé au pied aval de la digue Ouest. Ce fossé n'a pas été excavé et construit selon les règles de l'art et est susceptible à l'érosion.

En lien avec les irrégularités constatées au niveau de la digue Ouest, les recommandations suivantes sont formulées par AMEC E&I (2013) :

- Une inspection mensuelle de la pente amont devra être réalisée lors de la déposition. La mise en place d'un matériau 100-300 mm sur les zones érodées devra être planifiée au besoin;
- Des travaux de reprofilage du terrain entre le chemin et la digue sont suggérés à court terme afin de diriger l'eau d'écoulement de surface vers un point bas au sud. Un ponceau pourra être mis en place à travers la route, à cet endroit, pour rediriger l'eau dans le bassin, évitant ainsi une accumulation d'eau;
- Au nord, des travaux de réfection doivent être prévus pour corriger l'ancrage de la membrane. Ces travaux pourront être planifiés et réalisés lors du rehaussement de la digue Médiane. Tant que la membrane au secteur nord de la digue Ouest n'est pas convenablement ancrée, une attention particulière doit être portée lors de la déposition des résidus (deux points de déposition ont été prévus, soit au nord et au sud de la digue Ouest) pour éviter que l'eau de procédé traverse cette zone non scellée. Il est également possible de construire un batardeau permanent en résidus à l'amont de cette zone avant les opérations de déposition, sans retravailler la membrane. Ce batardeau doit être construit selon les spécifications d'un ingénieur. Même avec ce batardeau permanent, un suivi rigoureux lors de la déposition sera nécessaire;
- Une inspection du fossé au pied de la digue Ouest est recommandée lors de forte pluie et lors de la fonte des neiges. Des travaux d'entretien devront être planifiés en conséquence.

Le rapport d'AMEC E&I (2013) fait également état des problématiques suivantes :

- Le niveau d'eau (16 juillet 2013) dans le bassin Ouest semble élevé et limite par rapport à la revanche permise de 1,0 m. Un suivi régulier du niveau d'eau est recommandé. Lorsque nécessaire, le niveau d'eau doit être abaissé;
- De petits arbres ont été observés sur la pente amont de la digue Médiane. Un suivi est nécessaire et ces arbres doivent être coupés pour éviter que leurs racines endommagent la membrane de la digue;
- Le fossé existant connecté au déversoir d'urgence de la digue Médiane a un profil très irrégulier et ne permettra pas un écoulement convenable. En plus des correctifs du déversoir, un reprofilage de ce fossé est nécessaire.

En conclusion, des travaux ont été réalisés en 2013 afin de rehausser la digue Ouest, tel que recommandé par AMEC E&E (2011). Toutefois, le rehaussement de la crête de la digue Médiane et la mise aux normes des deux déversoirs d'urgence n'avaient pas été complétés lors de la visite de juillet 2013. De plus, des tuyaux avec des joints de type « Hugger » sont toujours présents sur la digue médiane.

Le rapport d'AMEC E&I (2013) mentionne l'existence de plans de rehaussement pour la digue Médiane et d'une coupe type pour le déversoir d'urgence sans toutefois donner plus de détails. Ce rapport ne mentionne rien au sujet de la possible existence d'un rapport d'inspection pour l'année 2012.

3.4 Inspection de 2014 par Amec E&I

L'inspection statutaire 2014 a été réalisée le 22 juillet 2014 par monsieur Gilles Bouclin, ingénieur de la firme AMEC E&I, en compagnie de madame Julie Raîche, de Ressources Métanor. Cette inspection a suivi le rehaussement de la digue Médiane et la réfection des déversoirs d'urgence de la digue Médiane et du chemin Nord. Le reprofilage du fossé en aval du déversoir de la digue Médiane a été réalisé en août 2014 (AMEC E&I, 2014).

Aucune anomalie (p.ex. érosion) n'a été observée au niveau de la digue Ouest lors de la visite de juillet 2014 en rapport avec les irrégularités soulevées par AMEC E&I (2013). Au moment de la visite, la déposition des résidus était pratiquement complétée en amont de la digue. Une plage de résidus avait été mise en place dans le secteur sud avant la déposition. Par ailleurs, AMEC E&I (2014) constate que la construction de « digues internes en enrochement » (routes d'accès) dans le parc a créé une cellule fermée (l'actuelle cellule 4) qui pourrait déborder par-dessus la digue Ouest en période de crue, en l'absence d'un ponceau ou d'un déversoir. Ainsi, les auteurs recommandent l'installation d'un ponceau et la poursuite des inspections visuelles dans le fossé au pied de la digue afin de déceler des signes d'érosion, et suggèrent de planifier le nettoyage du fossé.

Le rapport fait état des travaux de rehaussement de la digue Médiane réalisés au mois de juin 2014 sous la surveillance du personnel de Ressources Métanor. Les irrégularités suivantes ont été soulevées :

- Près de l'extrémité ouest en aval de la digue, le pied du talus de la digue est abrupt. De plus, le rejet d'une conduite y est dirigé. L'effluent de la conduite se déverse vers un ponceau traversant un chemin;
- L'eau du bassin à l'est de la digue médiane est pompée directement au pied de la berme aval de cette digue;
- Une instabilité a été observée en crête de la digue au niveau de la couche de roulement dont le talus abrupt offre peu de support latéral;
- La largeur de la berme est inférieure à celle prévue aux plans.

En lien avec les irrégularités constatées au niveau de la digue Médiane, les recommandations suivantes sont formulées par AMEC E&I (2014) :

- Éloigner suffisamment le point de rejet des conduites de drainage et de pompage du pied de la digue. Aménager un enrochement adapté ou un dispositif adéquat à l'effluent du pompage pour protéger le pied de la digue et la berme contre l'érosion;
- Vérifier l'intégrité et la capacité du ponceau près de l'extrémité ouest de la digue afin d'assurer qu'il n'y a pas d'accumulation d'eau au pied de la digue;
- À l'ouest, adoucir la pente du pied de talus à l'aide d'enrochement. À l'est, uniformiser la pente du talus dans la section de crête instable à l'ensemble du talus. Vérifier si la fissuration progresse et compléter la berme selon la largeur prévue.

Finalement, AMEC E&I (2014) mentionne que des relevés d'arpentage tel que construit de la digue Médiane et des déversoirs d'urgence sont requis pour valider les élévations et radiers par rapport à leur conception. Les auteurs recommandent également de détourner le passage des véhicules en aval du déversoir d'urgence de la digue Médiane et d'installer des repères de niveau d'opération maximal dans les deux bassins.

3.5 Inspection de 2015 par Amec Foster Wheeler

Cette inspection statutaire a été réalisée le 2 juin 2015 par messieurs Vu Tran et Desheng Deng, ingénieurs de la firme Amec Foster Wheeler, en compagnie de madame Julie Raiche, de Ressources Métanor. Les auteurs mentionnent dans leur rapport que trois cellules internes ont été formées depuis 2013 au bassin Ouest, par la construction de digues internes en enrochement, soit les cellules Sud, Centrale et Nord (Amec Foster Wheeler, 2015). Ces cellules ont permis d'augmenter la capacité d'emmagasinement des résidus à court terme. Au moment de la visite, des bermes de stabilité étaient en construction pour la cellule Sud.

Les observations suivantes ont été faites lors de l'inspection et les recommandations suivantes, formulées par Amec Foster Wheeler (2015) pour assurer le bon comportement des ouvrages du parc à résidus :

- Il est recommandé de réduire la hauteur des bermes de stabilité des digues internes à un mètre au-dessus du niveau d'eau d'opération et de poursuivre leur construction pour les cellules Centrale et Nord. Il est également recommandé de vérifier la stabilité à court et long terme des digues internes avec l'ajout des bermes par des analyses de stabilité;
- Les cellules sont fermées sans structures d'évacuation d'eau. Des zones d'accumulation ont été observées à plusieurs endroits. Il a été recommandé d'aménager des déversoirs au sud de la cellule Centrale et au sud de la cellule Nord; et d'ajuster la déposition des résidus dans la cellule Nord pour éloigner l'eau loin de la digue Médiane et combler les dépressions;
- La pente amont de la digue Médiane est érodée par les vagues et la glace. La géomembrane n'est pas exposée. Les sections érodées doivent être protégées contre l'érosion par la mise en place d'un enrochement plus gros. Un suivi mensuel doit être maintenu;
- Certaines zones en crête de digue montrent des signes d'érosion par les eaux de ruissellement. Un suivi doit être réalisé dans ces zones surtout lors de fortes pluies et des travaux d'entretien doivent être planifiés pour éviter la progression des sillons d'érosion;
- La revanche aux déversoirs d'urgence est relativement faible. L'élévation de conception du seuil des déversoirs doit être validée et abaissée au besoin;
- Le profil du fossé connecté au déversoir d'urgence de la digue Médiane favorise l'écoulement vers le bassin de polissage (de sédimentation). Cette section de fossé doit être corrigée.

Les recommandations concernant l'inspection et l'entretien du fossé de pied de la digue ouest sont reconduites.

3.6 Inspection de 2016 par WSP

Cette inspection statutaire a été réalisée le 1er juin 2016 par monsieur Jean-François St-Laurent, ingénieur de la firme WSP Canada, en compagnie de madame Julie Raiche, coordonnatrice en environnement de Ressources Métanor, et de son stagiaire. Certains des travaux correcteurs recommandés par Amec Foster Wheeler (2015), par exemple la stabilisation de la digue interne principale par la construction d'une berme, avaient été complétés en 2015. Toutefois, l'évaluation de la stabilité de cette digue ne semblait pas avoir été réalisée puisque WSP (2016) recommandait de l'intégrer dans le cadre d'une révision de la stabilité de l'ensemble des digues.

WSP (2016) conclut dans son rapport que le comportement des ouvrages est conforme aux attentes à l'exception des observations suivantes :

- Il manque des déversoirs sur les digues internes afin de mieux gérer l'eau s'accumulant à la surface des résidus;
- Les résidus miniers agissant comme matériel de protection de membrane, sur la pente amont de la digue médiane, se font éroder par les vagues présentes dans le bassin principal;

- La capacité d'évacuation du déversoir du bassin principal et de son canal de fuite semble faible et limitée par la présence d'un ponceau partiellement comblé;
- L'élévation des crêtes des digues est variable;
- La crête de la digue médiane présente un secteur qui s'affaisse continuellement. Des fissures longitudinales ont été observées à la surface de la pente aval;
- L'eau dans le bassin principal était rouge au moment de la visite;
- De l'eau propre provenant du fossé au pied aval du chemin ouest s'écoulait vers la surface de la cellule 3;
- Il y a des évidences de « piping » des cellules de résidus vers le bassin principal;
- De l'eau s'accumule en surface des résidus miniers.

En conclusion, WSP (2016) recommande de construire de nouveaux déversoirs sur les digues internes qui permettront d'évacuer l'eau s'accumulant en surface des résidus miniers. Cela, afin d'assurer leur assèchement, de réduire les pressions d'eau sur la digue interne principale et de limiter les risques d'érosion interne ou de surverse. L'auteur recommande également l'amélioration du perré de protection sur la pente amont de la digue Médiane afin de limiter l'érosion des résidus mis en place sur la membrane et de réduire les risques d'exposition et/ou de perforation de cette dernière. Enfin, pour se conformer à l'exigence ministérielle, WSP notait qu'une échelle limnimétrique devait être mise en place au bassin principal.

3.7 Inspection de 2017 par WSP

Cette inspection statutaire a été réalisée le 6 juillet 2017 par madame Mylène Sansoucy, ingénieure de la firme WSP Canada. Elle a été réalisée pendant les premières étapes de la construction de l'empilement, alors que la fondation était en préparation. La construction semblait bien débutée et conforme aux exigences. WSP (2017d) notait une accumulation d'eau dans le secteur nord-ouest par-dessus le géotextile et recommandait de pomper ces eaux à l'extérieur de la cellule 1 avant de procéder à la mise en place de la couche de stériles dans ce secteur. Elle recommandait de continuer le suivi des piézomètres installés sur la crête de la digue Médiane et dans la cellule 1 tout au long de la construction de l'empilement.

De manière générale, WSP (2017d) a jugé la condition des ouvrages satisfaisante, à l'exception des points suivants, et formulé les recommandations suivantes :

- Sur la digue médiane, il y a présence de sillons d'érosion dans la partie supérieure de la pente aval. Un empierrement de protection doit être mis en place pour contrôler l'érosion hydrique;
- Le déversoir d'urgence du bassin principal, localisé sur la crête de la digue médiane, doit être ajusté en termes de profil et de calibre d'empierrement. Le déversoir localisé sur le chemin Nord semble avoir une capacité d'évacuation trop faible et des matériaux sont entreposés à la sortie de celui-ci. La capacité d'évacuation des deux déversoirs en place sur la crête de la digue interne principale semble limitée; une accumulation importante d'eaux rougeâtres est observable dans la cellule de résidus 2, au contact avec la digue interne principale, alors qu'aucun déversoir n'est en place. L'aménagement des déversoirs doit être revu et corrigé. Les capacités d'évacuation requises devraient être évaluées;
- *Une végétation importante est présente sur les pentes et au pied de la pente aval du chemin Nord ainsi que du chemin Ouest*. Sur les chemins et digues en périphérie du parc à résidus, la végétation doit être contrôlée sur les pentes et dans les fossés aux pieds aval;
- La pente aval de la digue interne principale face à la cellule de résidus 3 est déformée et montre des signes d'érosion interne; la surface des résidus de la cellule 3 est inégale et présente des signes d'érosion et de ravinement à proximité du contact avec la digue interne principale. La surface des résidus de la cellule 3 doit être nivelée pour contrôler le potentiel d'érosion et éviter la formation de chemin d'écoulement préférentiel;
- Des dépressions sont présentes à la surface de la cellule de résidus 3, aux endroits où des chemins de stériles ont été mis en place puis enlevés, favorisant l'accumulation d'eau et l'érosion potentielle;
- *L'élévation de la crête des digues et chemins est variable*. Un relevé d'arpentage de la crête des digues et chemins doit être réalisé;

- *Aucun repère d'élévation ou échelle limnimétrique n'est présent au pourtour du bassin principal.* Une échelle limnimétrique doit être installée au pourtour du bassin principal pour s'assurer du respect de la revanche de 1 m;
- Une jetée perméable est en place dans le bassin principal pour contenir, en partie, les résidus actuellement rejetés. Une surverse en crête est observée à plusieurs endroits le long de cet ouvrage et la performance de celui-ci ne peut être statuée. Il est recommandé d'effectuer un suivi du comportement de cet ouvrage.

Lors de l'inspection de WSP (2016), la présence d'affaissements de la crête de la digue médiane, dont l'ampleur était variable, avait été constatée. Une zone de tassements plus importants avait aussi été notée près de la jonction avec la digue interne principale. À la suite d'une campagne d'investigations géotechniques, une analyse portant spécifiquement sur ces tassements a été effectuée (WSP, 2017a) et concluait que ces affaissements étaient reliés à la consolidation du dépôt d'argile naturelle à la base de la digue. WSP (2017d) suggérait que le rythme d'accroissement de l'affaissement devrait diminuer dans le temps et recommandait de rehausser et de niveler la crête de la digue sur une base régulière afin de maintenir la revanche minimale requise.

Toujours lors de l'inspection de WSP (2016), des irrégularités avaient été observées sur la pente aval de la digue interne principale et une étude de stabilité avait été recommandée. La campagne d'investigations géotechniques a permis de recueillir les données nécessaires à cette étude. L'étude réalisée par WSP (2017b) a démontré que la digue interne principale respecte les critères de stabilité recommandés.

Lors de l'inspection par WSP (2017d), il a été constaté que le profil et le calibre d'enrochement mis en place au fond du déversoir d'urgence du bassin principal ne permettaient pas de respecter les critères de la Directive 019 (MDDELP, 2012). Des spécifications concernant la section d'écoulement requise pour le passage de la crue de conception, ainsi que le calibre de l'empierrement de protection contre l'érosion dans le déversoir et son canal de fuite ont été émis par WSP (2017).

De façon à augmenter la capacité d'emmagasinement de l'aire d'accumulation de résidus sans construire de nouvelles digues de retenues ni augmenter la superficie du parc à résidus, WSP a évalué différentes options, puis a proposé à Ressources Métanor la construction d'un empilement de résidus secs sur la surface de la cellule 1 (WSP, 2017c). Lors de la campagne d'investigations géotechniques de l'automne 2016, des piézomètres ont été installés dans certains trous de forage, dont un des forages réalisés sur la crête de la digue médiane (F-A-2-2015) et un des forages réalisés dans la cellule de résidus 1 (F-A-1-2015). Ces piézomètres permettent d'évaluer les niveaux d'eau souterraine dans le dépôt d'argile naturel sous-jacent, dans le remblai de la digue médiane, ainsi que dans les résidus de la cellule 1.

3.8 Inspection de 2018 par SRK

Cette inspection statutaire a été réalisée le 16 août 2018 par messieurs Jean-François St-Laurent et Erik Ketilson, ingénieurs au service de la firme SRK Consulting (SRK), en compagnie de monsieur Steve Gaudreault de Ressources Métanor et de madame Émilie Bélanger de la firme GCM Consultants, responsable du soutien technique pour divers aspects environnementaux du site.

Au moment de l'inspection, Ressources Métanor était en processus de sélection d'une firme pour la réalisation de l'ingénierie détaillée de l'agrandissement de son parc à résidus. Les travaux de construction devaient alors débuter lors de l'été 2019. L'empilement de résidus miniers secs à la surface de la cellule 1 était en cours de construction. La déposition de résidus miniers était sous forme de boues dans la partie nord de la cellule 2 alors que l'excavation des résidus asséchés avait lieu dans la partie sud de la même cellule. Le tout a été jugé satisfaisant par SRK (2018). Un fossé de dérivation des eaux de surface avait été construit dans la colline tel que recommandé par Amec Foster Wheeler (2017) afin de limiter l'apport d'eau au bassin principal.

SRK (2018) fait état d'un certain nombre d'éléments observés nécessitant des mesures correctives devant être mises en place avant la période hivernale 2018-2019 ou rapidement au printemps 2019, telles que :

- Une solution afin de réduire les probabilités de perforation de la membrane exposée sur la pente [amont] de la digue médiane du côté du [bassin principal] doit être mise en œuvre cet automne;

- La végétation présente dans le canal d'évacuation du déversoir d'urgence du bassin principal doit être coupée et gérée adéquatement afin de permettre le libre écoulement de l'eau;
- L'exutoire du canal d'évacuation du déversoir d'urgence du bassin principal doit être libre de toute végétation afin de permettre un libre écoulement de l'eau dans l'environnement et d'éviter des effets de refoulement;
- L'aménagement du déversoir de la digue nord doit être revu et corrigé.

SRK (2018) constate que les recommandations de priorité 1 du rapport d'inspection de WSP (2017d) ont été suivies. Des réparations étaient perceptibles à plusieurs endroits, dont la mise à jour du déversoir d'urgence du bassin principal, la réparation de nombreux sillons d'érosion, le relevé d'arpentage des digues et la réalisation d'un relevé bathymétrique du bassin principal.

Au cours de la même année, SRK a procédé à la validation de la capacité d'évacuation requise au bassin de sédimentation et a fourni des recommandations quant à son dimensionnement (SRK, 2018c). Elle révise également le niveau d'opération normal maximal du bassin principal afin de respecter les exigences de capacité d'emmagasinement en conformité avec la Directive 019. Ce niveau est abaissé de l'élévation 329,70 m à l'élévation 328,46 m pour entreposer la crue de conception.

Finalement, des recommandations de revêtement sur la face amont de la digue Médiane sont formulées par SRK (2018a) afin de réduire la probabilité de perforation de la géomembrane jusqu'aux travaux d'agrandissement du PAR. BonTerra préconise un recouvrement constitué d'une couche de résidus ou de sable, suivie d'un géotextile non tissé et d'un enrochement de protection.

3.9 Inspection de 2019 par FNX-INNOV

Cette inspection statutaire a été réalisée le 16 septembre 2019 par monsieur Frédéric Besozzi, ingénieur de la firme FNX-INNOV, en compagnie de monsieur Steve Gaudreault de BonTerra.

Le rapport fait état de travaux de construction d'un revêtement de protection de la membrane sur la face amont de la digue Médiane et de réfection du déversoir d'urgence du bassin de sédimentation avaient respectivement été réalisés en avril 2019 et juin 2019 par le personnel de BonTerra. Les autres travaux suivants avaient également été complétés avant l'inspection statutaire :

- Débroussaillage dans le canal d'évacuation du déversoir d'urgence du bassin principal, en juin et juillet 2019;
- Enlèvement de ponceaux traversant la digue interne principale, en octobre 2018, à la demande du MELCC;
- Travaux correcteurs sur les déversoirs (brèches) en crête de la digue interne principale, en septembre 2018;
- Correction des sillons d'érosion sur toutes les digues dans le cadre des travaux d'entretien annuel, en septembre 2018;
- Ajout de barrières à sédiments terrestres dans le fossé de dérivation est;
- Construction d'un fossé de collecte au pied de la digue ouest et d'une pompe, à la demande du MELCC, pour retourner les exfiltrations et les eaux de contact dans le PAR.

FNX-INNOV (2019) indique que les travaux de reconstruction du déversoir du bassin de sédimentation sur la digue nord sont conformes aux dimensions prescrites, mais soulève les irrégularités suivantes :

- Les pentes latérales du déversoir ont été adoucies pour permettre le passage des véhicules; et
- Une géomembrane texturée a été installée sous l'enrochement de protection au lieu d'un géotextile;
- L'enrochement du déversoir semble de diamètre insuffisant par rapport à la conception de SRK (2018c) dont les plans indiquent un diamètre moyen (d_{50}) de 200 mm alors que le diamètre moyen observé est d'environ 100 mm.

Les commentaires suivants sont mentionnés dans le rapport par rapport au revêtement de protection de la membrane sur la face amont de la digue Médiane :

- L'enrochement de protection a été remplacé par une couche de sable;
- Cette couche est susceptible à l'érosion et le niveau du bassin principal doit être maintenu près du niveau minimum d'opération pour limiter les dommages, et les inspections multipliées pour déceler rapidement toute anomalie;
- D'éventuels sillons d'érosion dans la couche de sable supérieure devraient être comblés par des stériles miniers.

Le rapport de FNX-INNOV (2019), qui compile les recommandations antérieures depuis 2017, fait état d'un bon nombre de recommandations non résolues. La plupart de ces mesures ont été reportées, avec raison, à l'ingénierie ou aux futurs travaux d'agrandissement du PAR.

3.10 Inspection de 2020 par FNX-INNOV

Cette inspection statutaire a été réalisée le 16 juin 2020 par monsieur Frédéric Besozzi, ingénieur de la firme FNX-INNOV, en compagnie de monsieur Steve Gaudreault de BonTerra. Plusieurs travaux recommandés en 2018 et 2019 avaient été réalisés avant la visite d'inspection telles que des opérations de débroussaillage général en périphérie du bassin de sédimentation, incluant la digue Nord et le fossé d'évacuation d'urgence du bassin principal et celui au pied de la digue Ouest. Une nouvelle règle limnimétrique avait été installée sur l'ouvrage de transfert du bassin de sédimentation. Les stériles accumulés au pied de la digue interne principale avaient été retirés, la crête nivelée par endroit, et des équipements s'affairaient à niveler la crête de la digue interne 1. La mise en place d'une couche de stériles miniers était en cours de construction pour contrôler l'érosion de la face amont de la digue médiane puis les zones de membrane exposées à la digue ouest avaient été recouvertes.

Dans le rapport de FNX-INNOV (2020), l'auteur conclut que le comportement des ouvrages est conforme aux attentes et leur état général est satisfaisant, à l'exception du niveau d'opération élevé dans le bassin de sédimentation et de quelques travaux mineurs à compléter au cours de l'été ou de l'automne ou sur un horizon d'un à deux ans :

- Réparer la section endommagée pour rétablir la profondeur minimale du fossé est et l'empierrement de protection tel que prévu au plan de Norinfra (2017);
- Retirer les arbustes sur la rive droite du canal d'évacuation d'urgence du bassin principal;
- Planifier et réaliser la réfection de la portion amont du canal d'évacuation d'urgence du bassin principal et la mise en place d'enrochement;
- Inspecter le déversoir d'urgence de la digue nord chaque semaine pour des signes d'exfiltration et de vérifier que la tour de transfert est libre de tout débris;
- Réaliser une analyse de risque de déversement accidentel d'eau contaminée par le déversoir d'urgence de la digue nord avant de reprendre les opérations de traitement de minerai et d'envisager des mesures correctives telles que l'enlèvement des quenouilles et le dragage du bassin de sédimentation.

Tout comme l'inspection de 2019, les commentaires et recommandations formulées prennent en compte que les opérations de gestion des résidus sont actuellement suspendues, que l'ingénierie détaillée pour l'agrandissement du PAR sera complétée en 2021 et que des travaux majeurs seront effectués en 2022 et couvrirons l'ensemble des recommandations formulées depuis 2018, incluant la mise à niveau de tous les ouvrages.

Des travaux de cette envergure sont généralement suivis par la sélection d'un ingénieur désigné, la réalisation d'une évaluation de sécurité des barrages complète, l'installation d'instrumentation (jauges de niveau d'eau et de débit, repères de tassement, piézomètres, inclinomètres, etc.) et la préparation d'un manuel d'exploitation, d'entretien et de surveillance du parc à résidus.

4 Synthèse des recommandations

L'état des recommandations émises à la suite des inspections statutaires des années 2010 à 2020, des informations reçues du gestionnaire du PAR et des observations réalisées lors des inspections subséquentes est présenté à l'annexe A. Les recommandations courantes, non complétées, sont énumérées dans le tableau A-1 alors que celles qui sont résolues figurent au tableau A-2.

Ces recommandations sont émises pour remédier aux conditions jugées non conformes aux attentes, lesquelles pourraient compromettre la sécurité, la stabilité et/ou l'intégrité des ouvrages ou des infrastructures inspectés.

Amec E&I (2013 et 2014) classe ses observations et recommandations selon trois catégories : la sécurité, la surveillance et l'entretien. La catégorie « sécurité » concerne les observations qui présentent une menace à court terme pour l'intégrité des structures du parc à résidus. La catégorie « entretien » considère tous les écarts relevés lors de l'inspection qui ne posent aucun risque à court terme pour la sécurité, mais qui pourraient mener à la détérioration des structures à long terme. La catégorie « surveillance » tient compte des observations qui demandent un suivi.

Depuis 2016, un système de classification de la gravité des observations et de la priorité des recommandations a été adopté. La nomenclature utilisée pour déterminer le risque de détérioration des éléments observés ou la gravité de la situation est décrite ci-dessous :

Gravité	Signification
0	Pas de risque ou risque négligeable
1	Risque mineur, mettre en place une surveillance
2	Risque important, avertir le supérieur immédiat et mettre en place des mesures correctives
3	Risque majeur ou récurrent, mettre en place le plan d'urgence et les mesures correctives; avertir le superviseur et le personnel de gestion de la sécurité

La nomenclature utilisée pour déterminer la priorité de mise en œuvre des recommandations est décrite ci-dessous :

Priorité	Signification
1	Devrait être appliquée dans un délai de 0 à 6 mois
2	Devrait être appliquée dans un délai de 0 à 12 mois
3	Devrait être appliquée dans un délai de 0 à 2 ans
4	Devrait être appliquée dans un délai de 0 à 5 ans
5	Application facultative, mais situation à surveiller

Selon ce système, toutes les mesures correctives sont présentées dans la même colonne. Les suivis et actions mis en place sont considérés complétés lorsqu'ils font partie du programme d'exploitation, d'entretien et de surveillance du parc à résidus.

5 Points en suspens

Les recommandations non résolues sont énumérées dans le tableau A-1 (annexe A). Ces recommandations ont été émises entre 2018 et 2020. Certaines seront mises en œuvre à court terme (0 à 12 mois), mais la plupart d'entre elles ont été reportés à l'ingénierie détaillée de l'agrandissement du PAR ou aux travaux de construction, des travaux d'envergure majeure qui impliquent notamment, l'ajout de nouvelles digues et le rehaussement des digues Ouest, Médiane et Nord (BBA, 2018). Ces travaux impliqueront la mise aux normes des principaux ouvrages de retenue et de gestion des eaux et donc, c'est alors que les mesures qui concernent la gestion des eaux et l'instrumentation des ouvrages seront adressées.

6 Constats généraux

La revue des rapports d'inspection statutaire annuels de 2010 à 2020 révèle que l'opérateur du parc à résidus, BonTerra (« le promoteur »), et son prédécesseur Ressources Métanor, ont réalisé la très grande majorité des recommandations formulées par ses consultants au terme des visites d'inspection, réalisant les travaux et les activités de surveillance requis, ou octroyant des mandats d'analyse ou de conception, le cas échéant. Ainsi, tout semble indiquer que BonTerra a pris les moyens nécessaires, d'une année à l'autre, afin d'assurer une gestion active et sécuritaire de son parc à résidus.

En 2017, BonTerra a entrepris une série d'études pour développer un plan de gestion à long terme des résidus impliquant l'ajout de nouvelles digues et le rehaussement des digues Ouest, Médiane et Nord. En 2018, elle interrompait ses opérations de traitement de minerai en vue de l'agrandissement de son parc à résidus miniers, mais continue de monitorer son site. Les rapports d'inspection 2018 à 2020 démontrent l'engagement de BonTerra de compléter l'ensemble des recommandations non résolues au cours de l'ingénierie détaillée à venir ou des travaux de construction qui s'ensuivront.

En matière de sécurité des barrages, il ressort qu'aucune étude d'évaluation de sécurité des barrages ne semble avoir été réalisée au cours de la période 2010 à 2020. Il serait donc approprié de compléter cet examen une fois la construction complétée. Un « ingénieur désigné » devrait être nommé pour le PAR et cette personne serait notamment responsable de réaliser les inspections statutaires. Finalement, bien que certaines procédures soient en place, le PAR n'a pas de manuel d'exploitation, d'entretien et de surveillance (EES). Un manuel EES devrait être rédigé avant la reprise des opérations.

7 Limitations

Ce document fait état de l'opinion professionnelle de **FNX-INNOV INC.** quant aux sujets qui y sont abordés. Elle a été formulée en se basant sur ses compétences professionnelles en la matière et avec les précautions qui s'imposent. Ce document doit être interprété dans le contexte du mandat ainsi que de la méthodologie, des procédures et des techniques, des hypothèses et des données utilisées, des circonstances et des contraintes qui ont prévalu lors de l'exécution de ce mandat. Ce document doit être lu comme un tout, à savoir qu'une portion ou un extrait isolé ne peut être pris hors contexte.

À moins d'indications contraires, **FNX-INNOV INC.** n'a pas contre-vérifié les hypothèses, données et renseignements en provenance d'autres sources (dont Ressources BonTerra inc., les autres consultants, les laboratoires d'essai, fournisseurs d'équipement, etc.) et sur lesquelles est fondée son opinion. **FNX-INNOV INC.** n'en assume nullement l'exactitude et décline toute responsabilité à leur égard.

Ce document a été préparé pour le seul bénéfice de Ressources BonTerra inc. **FNX-INNOV INC.** décline toute responsabilité en ce qui a trait à l'utilisation de ce rapport par une tierce personne, de même que toute décision prise ou action entreprise sur la base dudit document.

8 Références

- AMEC Earth & Environmental (2011). Rapport d'inspection statutaire 2011 - Parc à résidus mine du lac Bachelor. Rapport présenté à Ressources Métanor inc., N/Réf. : TX 11 1456 03, 22 juin 2011.
- AMEC Environnement & Infrastructure (2013). Rapport d'inspection statutaire - Parc à résidus Mine du lac Bachelor. Rapport présenté à Ressources Métanor inc., N/Réf. : TX 13 1235 03, 11 septembre 2013.
- AMEC Environnement & Infrastructure (2014). Rapport d'inspection statutaire - Parc à résidus Mine du lac Bachelor. Rapport présenté à Ressources Métanor inc., N/Réf. : TX 14 1240 03, 24 octobre 2014.
- AMEC Foster Wheeler Environnement & Infrastructure (2015). Inspection statutaire 2015 - Parc à résidus - Mine du lac Bachelor. Rapport présenté à Ressources Métanor inc., N/Réf. : TX15012903-RMR-0001-A, 10 août 2015.
- Amec Foster Wheeler (2017). Calcul de crue. Document PDF, daté du 2017-11-21. [Cité dans SRK (2018)]
- BBA, 2018. Étude parc à résidus Métanor : parc à résidus, vue en plan. Série de plans émise aux autorités, N/Réf. : 6098002-4G, rév. AB, 15 feuilles, 16 novembre 2018.
- FNX-INNOV (2019). Inspection statutaire annuelle du parc à résidus de la mine Bachelor, 2019. Rapport préparé pour Ressources BonTerra, N/Réf. : F1901696-001, 20 décembre 2019.
- FNX-INNOV (2020). Inspection statutaire annuelle du parc à résidus de la mine Moroy, 2020. Rapport préparé pour Ressources BonTerra, N/Réf. : F2001114-002, 28 août 2020.
- GENIVAR (2010). Inspection annuelle des digues - Mine Bachelor, 2010 - Desmaraisville, Qc. Rapport préparé pour Ressources Métanor inc., N/Réf. : AA121785, 23 septembre 2010.
- MDDEP (2012). Directive 019 sur l'industrie minière. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, mars 2012.
- Norinfra Services d'ingénierie (2017). Fossés de ségrégation – bassin tributaire est – 2 émissaires. Plan préliminaire émis pour approbation, N/Réf. : 17-0114-00 rév. B, 26 avril 2017.
- SRK Consulting inc. (2018). Inspection statutaire annuelle du parc à résidus de la mine Bachelor, 2018. Rapport préparé pour Ressources Métanor inc., N/Réf. : 1CM041.000, 5 novembre 2018.
- SRK Consulting inc. (2018a). Exposed Geomembrane. Memorandum 01, N/Réf. : 1CM041.001 Memo – 01, 5 novembre 2018.
- SRK Consulting inc. (2018b). Inspection statutaire annuelle du parc à résidus de la mine Bachelor, 2018. Rapport préparé pour Ressources Métanor inc., N/Réf. : 1CM041.000, 5 novembre 2018.
- SRK Consulting inc. (2018c). Polishing Pond Capacity and Sedimentation Pond Spillway. Memorandum 02, N/Réf. : 1CM041.001 Memo – 02, 7 novembre 2018.
- WSP Canada inc. (2016). Rapport d'inspection statutaire du parc à résidus du lac Bachelor, 2016. Rapport préparé pour Ressources Métanor inc., N/Réf. : 161-07480-00, 20 juillet 2016.
- WSP Canada inc. (2017). Revue de la gestion des eaux – Parc à résidus de la mine Bachelor. Note technique 01, N/Réf : 161-07621-00_TECH01, 4 mai 2017.
- WSP Canada inc. (2017a). Étude de l'affaissement de la digue Médiane à la jonction avec la digue interne principale. Note technique 02, N/Réf. : 161-07621-00_TECH02, 15 mai 2017.
- WSP Canada inc. (2017b). Validation de la stabilité de la digue interne principale. Note technique 03, N/Réf. : 161-07621-00, 15 mai 2017.
- WSP Canada inc. (2017c). Augmentation de la capacité d'emmagasinement de l'aire d'accumulation; construction d'un empilement de résidus miniers. Rapport préparé pour Ressources Métanor inc., N/Réf. : 161-07621-00, 26 juin 2017.
- WSP Canada inc. (2017d). Inspection statutaire annuelle du parc à résidus de la mine Bachelor, 2017. Rapport préparé pour Ressources Métanor inc., N/Réf. : 171-06919-00, 7 septembre 2017.
- GOLDER Associés (2007). Étude géotechnique et hydrogéologique, conception du parc à résidus de la mine du lac Bachelor, Desmaraisville, Québec. Septembre 2007. [Cité dans GENIVAR (2010)].

Annexe A

Tableaux de suivi des recommandations courantes et complétées

Tableau A1 - Recommandations courantes (dernière révision par FNX-INNOV le 2020-08-27)

N°	OUVRAGE / LOCALISATION	OBSERVATION	GRAVITÉ DE L'OBSERVATION	MESURES RECOMMANDÉES	PRIORITÉ D'APPLICATION DE LA MESURE CORRECTIVE SUGGÉRÉE	NOTES	SUIVI BONTERRA	STATUT / DATE
2020-01	Fossé de dérivation est, ch. 0+500	Section endommagée par la machinerie d'exploration	2	Réparer la section endommagée pour rétablir la profondeur minimale du fossé et l'empierrement de protection tel que prévu au plan de Norinfra (2017)	2			
2020-02	Canal d'évacuation du bassin principal, portion amont	Végétation arbustive sur la rive droite du canal à l'embouchure du fossé de dérivation	2	Retirer les arbustes sur la rive droite du canal	1			
2020-03	Canal d'évacuation du bassin principal, portion amont	Manque d'enrochement et section d'écoulement irrégulière	2	Planifier et réaliser la réfection de la portion amont du canal d'évacuation et la mise en place d'enrochement	3			
2020-04	Digue nord	Niveau d'eau élevé, à moins de 150 mm sous le seuil du déversoir d'urgence	2	Inspecter le déversoir chaque semaine pour des signes d'exfiltration. Vérifier que la tour de transfert est libre de tout débris	1			
2020-05	Digue nord	Niveau d'eau élevé, à moins de 150 mm sous le seuil du déversoir d'urgence	2	Réaliser une analyse de risque de déversement accidentel d'eau contaminée avant de reprendre les opérations de traitement de minerai . Envisager des mesures correctives telles que l'enlèvement des quenouilles et le dragage du bassin de sédimentation.	2			
2018-07	Gestion des eaux de surface de non-contact	Construction d'un fossé de dérivation des eaux de ruissellement provenant de la colline à l'est du bassin principal se jetant dans le canal d'évacuation du déversoir d'urgence du bassin principal.	2	La capacité du canal d'évacuation du déversoir d'urgence devrait être validée afin de s'assurer que ce volume d'eau additionnel puisse être gérer adéquatement par le canal d'évacuation. Le fossé de dérivation devra être protégé contre l'érosion	2		L'ingénierie de détail du parc à résidus changera le secteur et il sera évalué avec le nouveau projet d'agrandissement du parc à résidus	Reporté à l'ingénierie détaillée pour l'agrandissement du PAR
2018-11	Bassin principal	Aucun niveau de fonctionnement défini	1	Un niveau normal de fonctionnement devra être défini	3		Sera défini à la reprise des opérations	Reporté à la reprise des opérations
2018-12	Site de la mine	Pas de station météorologique sur le site	2	Mettre en place une station météorologique afin d'améliorer la gestion des eaux de surface et de prédire les phénomènes climatiques extrêmes	3	Devrait être mise en place lors de l'agrandissement du PAR	Sera évalué et des recommandations seront émises après l'étude d'impact et l'ingénierie de détail	Reporté à la reprise des opérations
2018-13	Site du PAR	Relevé d'arpentage présentant des lignes d'élévation qui se croisent. Lorsque les résidus miniers sont dans un état lâche et que l'arpenteur ne peux pas marcher dessus, cela fait en sorte que des secteurs ne sont pas arpentés	1	Utilisation d'une technologie de type lidar, drone ou satellite afin d'effectuer un relevé d'arpentage du PAR sur une base annuelle, y compris la bathymétrie	3	Devrait être réalisé avant les travaux d'agrandissement	L'arpentage de 2018 prévoyait l'utilisation d'un drone et du LIDAR, mais les conditions météorologiques n'ont pas permis l'utilisation de cette technologie. Aucun arpentage et bathymétrie en 2019 car aucune production réalisée.	Reporté à l'ingénierie détaillée pour l'agrandissement du PAR
2018-14	Site du PAR	Aucune analyse de rupture des digues n'est disponible afin d'établir la superficie pouvant être touchée par un épanchement de résidus miniers	2	Effectuer une analyse de rupture des digues	3	Devrait être réalisé dans le cadre des travaux d'agrandissement	Sera inclus dans l'ingénierie de détail de l'agrandissement du parc à résidus	Reporté à l'ingénierie détaillée pour l'agrandissement du PAR

Tableau A1 - Recommandations courantes (dernière révision par FNX-INNOV le 2020-08-27)

N°	OUVRAGE / LOCALISATION	OBSERVATION	GRAVITÉ DE L'OBSERVATION	MESURES RECOMMANDÉES	PRIORITÉ D'APPLICATION DE LA MESURE CORRECTIVE SUGGÉRÉE	NOTES	SUIVI BONTERRA	STATUT / DATE
2018-15	Puits d'observation	Fluctuations du niveau d'eau importantes et non explicables	2	Mise en place de piézomètres à corde vibrante afin de remplacer les puits d'observation	1	Avant que les travaux d'agrandissement ne débutent	Cette mise en place sera effectuée avant les travaux d'agrandissement. Complété à 30%. Les piézomètres à cordes vibrantes sont acquis par Marathon et seront installés lors d'une campagne de forage au site avant les travaux d'agrandissement.	Reporté à la construction de l'agrandissement du PAR
2018-18	Pied aval de la digue ouest	Sol "mou"	2	Le drainage de ce secteur devrait être amélioré et un suivi de la situation réalisé afin de repérer toute source d'exfiltration	2		L'ingénierie de détail du parc à résidus prendra en compte ce point	Reporté à l'ingénierie détaillée pour l'agrandissement du PAR

Notes pour 2016 à 2020:

Définition de la gravité de l'observation
Gravité

0 pas de risque ou risque négligeable
1 risque mineur, mettre en place une surveillance
2 risque important, avertir le supérieur immédiat et mettre en place des mesures correctives
3 risque majeur ou récurrent, mettre en place le plan d'urgence et les mesures correctives; avertir le superviseur et le personnel de gestion de la sécurité

Définition de la priorité d'implantation de la mesure corrective suggérée
Priorité

1 devrait être appliquée dans un délai de 0 à 6 mois
2 devrait être appliquée dans un délai de 0 à 12 mois
3 devrait être appliquée dans un délai de 0 à 2 ans
4 devrait être appliquée dans un délai de 0 à 5 ans
5 application facultative, mais situation à surveiller

Tableau A2 - Recommandations complétées

N°	DATE D'OBSERVATION	OUVRAGE / LOCALISATION	OBSERVATION	GRAVITÉ DE L'OBSERVATION	MESURES RECOMMANDÉES (ENTRETIEN)	MESURES RECOMMANDÉES (SURVEILLANCE)	FRÉQUENCE DE SURVEILLANCE	PRIORITÉ D'APPLICATION DE LA MESURE CORRECTIVE SUGGÉRÉE	NOTES	STATUT / DATE
2010-01		Digue ouest	matériaux en crête sont dans un état lâche		Reprise du compactage de ces matériaux permettra d'en améliorer le comportement mécanique et de réduire l'impact d'une éventuelle érosion superficielle					juin-13
2010-02		Partie sud-ouest du site			Entretien des fossés et l'enlèvement des jeunes pousses d'arbres ou d'arbrisseaux dans les fossés favorisera un meilleur écoulement des eaux collectées et une plus grande efficacité du système de gestion des eaux de surface					Entretien complet observé en 2019-2020
2010-03		Digue du bassin de polissage	partie exposée de la membrane du déversoir		Remise en état pour en assurer la protection et la durabilité, les polymères constituant les membranes synthétiques sont sensibles à l'exposition au rayonnement UV					Membrane toujours exposée en 2016, Le déversoir a été reconstruit en 2018
2011-01		Digue Ouest	Configuration problématique		Relever la digue afin de permettre à l'eau d'innonder la route pour créer un seul bassin. Faire une nouvelle route sur la crête.			1	Comme solution immédiate, un point bas peut être amménager dans la route actuelle pour empêcher que l'eau s'accumule entre la digue et la route.	juin-13
2011-02		Digue Nord	Joint Hugger		Enlever ce type de joint qui ne doit être utilisé qu'en cas d'urgence.	Faire le suivi	Inspecter lors de chaque démarrage	1	Les joints Hugger ne sont pas recommandés, ce type de joint comporte des risques de fuite.	????
2011-03		Digue Nord	Le fossé nécessite des travaux afin de pouvoir résister à de forts débits		Creuser d'avantage le fossé et installer de la grosse pierre dans le haut de la courbe.			1		Un nouveau fossé se déversant dans le bassin de sédimentation a été construit (été 2011?).
2011-04&05		Digue Nord	La digue n'est pas en bon étât, elle s'affaisse et le niveau d'eau est trop haut.		Envisager reconstruire cette digue.	Faire le suivi du tassement et du niveau d'eau	Inspecter chaque mois	2	Jusqu'à la reconstruction, il est important de surveiller le comportement de la digue.	juin-14
2011-06&07&08		Déversoirs d'urgence	Ils semblent non-conformes et doivent être inspectés d'avantage.		Faire inspecter les installations actuelles et corriger les éléments qui ne respectent pas les normes.			1		juin-14
2011-09		Station d'effluent	La digue près de la dalle de béton devant station d'effluent s'érode.		Refaire une surface lisse et solide en enlevant le materiel actuel et en le remplacant avec du matériel imperméable bien compacté.			1		D'après l'inspection 2019-2020, semble avoir été complété
2013-01		Digue Ouest et Bassin Ouest	Le matériau utilisé pour la couche de protection de la pente amont est non conforme.		Remplacer ce matériau par du 100-300 mm.					Complété Été 2013
2013-02		Digue Ouest et Bassin Ouest	La clé pour l'ancrage de la membrane au secteur sud est non conforme.		À réparer selon les recommandations de la fiche 2.				Une attention particulière devra être portée lors de la réparation pour éviter d'endommager la membrane dans la clé.	Complété Été 2013
2013-03		Digue Ouest et Bassin Ouest	Le rehaussement au secteur nord n'est pas correctement scellé.		Des travaux de réfection doivent être prévus pour corriger l'ancrage de la membrane du secteur nord de la digue Ouest.	Lors de la déposition ou lors de forte pluie.			Les travaux de réparation pourront être planifiés/réalisés lors du rehaussement de la digue médiane. Il est également possible de construire un batardeau en résidus permanent à l'amont de cette zone, avant les opérations de déposition sans retravailler la membrane. Ce batardeau doit être construit selon les spécifications d'un ingénieur. Même avec ce batardeau permanent, un suivi rigoureux lors de la déposition sera nécessaire.	Complété Été 2013

Tableau A2 - Recommandations complétées

N°	DATE D'OBSERVATION	OUVRAGE / LOCALISATION	OBSERVATION	GRAVITÉ DE L'OBSERVATION	MESURES RECOMMANDÉES (ENTRETIEN)	MESURES RECOMMANDÉES (SURVEILLANCE)	FRÉQUENCE DE SURVEILLANCE	PRIORITÉ D'APPLICATION DE LA MESURE CORRECTIVE SUGGÉRÉE	NOTES	STATUT / DATE
2013-04		Digue Ouest et Bassin Ouest	Une éventuelle accumulation d'eau est probable entre le chemin d'accès et la digue Ouest; risque de fuite à travers les secteurs mal scellés.		Des travaux de reprofilage du terrain entre le chemin et la digue sont suggérés à cout terme afin de diriger l'eau d'écoulement de surface vers un point plus bas au sud.					Complété Été 2013
2013-05		Digue Ouest et Bassin Ouest	Le fossé en aval de la digue Ouest est susceptible à l'érosion.			Un suivi visuel fréquent de ce fossé est recommandé. Des travaux de maintenance pourraient être planifiés en conséquences.		Lors de forte pluie ou de la fonte.		Complété Été 2013
2013-06		Digue médiane	Le niveau d'eau du bassin est à la limite de la revanche minimale requise.			Un suivi du niveau d'eau devrait être réalisé de façon régulière.	Lors de forte pluie ou de la fonte.		La revanche minimale de 1m doit être respectée en tout temps.	Complété Été 2013
2013-07		Digue médiane	Des joints de type hugger.		Des joints de type "bride" ou fusionnés sont suggérés.				Les joints de type hugger comporte un risque de fuite car ils peuvent se déconnecter par contraction et dillatation thermique.	Complété Été 2013
2013-08		Déversoirs d'urgence	Ils sont non-conformes et doivent être corrigés.		Il est recommandé de les refaire.				Une coupe type du déversoir d'urgence de la digue médiane est montrée sur les plan de rehaussement de celle-ci.	Complété Été 2014
2013-09		Fossé d'évacuation	Ce fossé a un profil très irrégulier et ne permettra pas un écoulement convenable.		Un reprofilage de ce fossé sera nécessaire.	À planifier en parallèle avec la réfection du déversoir d'urgence.				Complété Automne 2014
2014-01	16 juillet 2013 et 22 juillet 2014	Digue Ouest	Le fossé est susceptible à l'érosion		Un suivi de ce fossé est recommandé. En absence d'un enrochement de protection suffisant, des travaux de reprofilage pourront être requis.	Faire le suivi	Mensuelle	P-3		Suivi effectué
2014-02	2014-07-22	Digue Ouest	Cellule fermée sans ponceau ni déversoir		Installer un ponceau ou aménager un déversoir pour assurer qu'il n'y ait pas débordement par la digue Ouest.	Faire le suivi	Au besoin	P-2	Bien que l'enrochement constituant la dige interne soit perméable, il peut se colmater éventuellement.	Puisard installé
2014-03	2014-07-22	Digue médiane	Le pied du talus de la digue est abrupt. De plus, le rejet d'une conduite est dirigé vers ce dernier.		Le rejet de la conduite doit être éloigné de la digue. La pente du pied de talus doit être adoucie à l'aide d'enrochement.	Lorsque la conduite est en mode d'évacuation	Hebdomadaire tant que la situation n'est pas corrigée	P-2	Il y a érosion pouvant résulter en une instabilité du talus.	Potentiellement résolu
2014-04	2014-07-22	Digue médiane	Le ponceau traversant le chemin en aval de la digue semble endommagé.		S'assurer que le ponceau est efficace pour maintenir l'accumulation d'eau éloignée du pied de la digue.	Faire le suivi	Mensuelle, au printemps et lors de fortes pluies	P-2	Si l'eau ne peut être évacuée, il y aura accumulation vers le pied de la digue et risque d'érosion de celle-ci.	Potentiellement résolu
2014-05	2014-07-22	Digue médiane	L'eau est pompée directement au pied de la berme. La largeur de la berme est inférieure à celle indiquée aux plans.		S'assurer que la largeur minimale de la berme prévue aux plans est respectée et que le pompage dans le bassin de polissage ne provoque pas d'érosion.	Faire le suivi	Quotodienne	P-1	Il y a risque d'instabilité de la pente résultant d'un manque de contrepoids au pied de la digue.	Complété en 2015
2014-06	2014-07-22	Digue médiane	La berme est incomplète. Instabilité en crête de la digue où la pente est plus abrupte. Le talus est aussi un peu plus abrupt.		Compléter la construction de la berme, adoucir, puis uniformiser la pente du talus et de la couche de roulement.	Faire le suivi	Quotodienne	P-1	Il y a risque d'instabilité de la pente résultant d'un maque de contrepoids au pied de la digue. La talus abrupt de la couche de roulement offre peu de support latéral en crête.	Complété en 2015
2014-07	2014-07-22	Chemin	Aucune observation		-	Faire le suivi	Mensuelle			

Tableau A2 - Recommandations complétées

N°	DATE D'OBSERVATION	OUVRAGE / LOCALISATION	OBSERVATION	GRAVITÉ DE L'OBSERVATION	MESURES RECOMMANDÉES (ENTRETIEN)	MESURES RECOMMANDÉES (SURVEILLANCE)	FRÉQUENCE DE SURVEILLANCE	PRIORITÉ D'APPLICATION DE LA MESURE CORRECTIVE SUGGÉRÉE	NOTES	STATUT / DATE
2014-08	2014-07-22	Bassins	Absence de repère de niveau d'opération maximum permettant d'assurer que la revanche est respectée.		Installer des repères de niveau d'eau maximum dans chaque bassin d'eau.	Faire le suivi	Quotidienne	P-2	Un repère bien localisé permet à n'importe qui de réaliser et d'informer quiconque que le niveau d'eau est élevé.	Mai 2017 (repères visuels) 2018 (échelle limnimétrique)
2014-09	2014-07-22	Déversoir d'urgence de la digue médiane	Le niveau du seuil et l'intégrité de la surface du déversoir d'urgence sont affectés par le passage de véhicules.		La circulation doit être dirigée en aval du déversoir d'urgence (ajout de blocs ou clôture). L'élavation du radier du déversoir doit être validée par rapport à celle prévue à sa conception.	Faire le suivi	Mensuelle	P-2		
2014-10	2013-07-16	Déversoir d'urgence de la digue médiane	Le profil du fossé en aval du déversoir est déficient.		Profilage du fossé	Faire le suivi	Mensuelle		Les travaux de profilage ont été réalisés et supervisés par Ressources Métanor	Complété 2014-09-30
2015-01	2015-06-02	Digue ouest	Cellule fermée sans ponceau ni déversoir		Installer ou aménager un déversoir ou une dépression à travers la digue interne en enrochement	Lors de fortes précipitations et au printemps	Hebdomadaire avant les réparations Mensuelle après les travaux d'entretien et lors de fortes pluies	P-2	Débordement probable lors de la crue	Complété Novembre 2015
2015-02	2015-06-02	Cellules internes (Nord, Sud et Centrale)	Digue interne, cellule Sud - La digue interne de la cellule Sud, comme pour les autres cellules, a été rehaussée plus haut que les recommandations en 2013 d'AMEC		Baisser la hauteur de la berme (maximum 1 mètre au-dessus du niveau de l'eau) et poursuivre la construction de cette berme pour toutes les cellules internes (Sud, Centrale et Nord)	Faire le suivi des travaux de façon régulière tant que les travaux d'entretien suggérés ne sont pas exécutés	Hebdomadaire avant les réparations Mensuelle après les travaux	P-1	Lors de l'inspection, la mise en place d'une berme en aval de la digue par Métanor avait été observée	Complété Octobre 2015
2015-03	2015-06-02	Cellules internes (Nord, Sud et Centrale)	Digue interne, cellule Centrale - Cellule fermée et accumulation d'eau		Aménager un déversoir ou une dépression à travers la digue interne en enrochement pour éliminer le bassin d'eau	Lors de fortes précipitations et au printemps	Hebdomadaire avant les réparations Mensuelle après les travaux d'entretien et lors de fortes pluies	P-2	Débordement probable lors de la crue	Complété Juin 2015
2015-04	2015-06-02	Cellules internes (Nord, Sud et Centrale)	Digue interne, cellule Nord - Cellule fermée et accumulation d'eau au secteur nord et nord-ouest		Aménager un déversoir ou une dépression à travers la digue interne en enrochement, réajuster la déposition afin que le drainage s'éloigne de la digue médiane et éliminer le bassin d'eau	Lors de fortes précipitations et au printemps	Hebdomadaire avant les réparations, mensuelle après les travaux d'entretien et lors de fortes pluies	P-2	Débordement probable lors de la crue	Complété Juin 2015
2015-05	2015-06-02	Digue médiane	Érosion de la pente amont par les vagues		Réparer la pente amont érodée par la mise en place d'un enrochement plus grossier	Faire le suivi des travaux tant que les travaux d'entretien suggérés ne sont pas exécutés	Mensuelle et lors de fortes pluies	P-2	Aucun	Complété Juin 2015
2015-06	2015-06-02	Digue médiane	Érosion de la crête par écoulement de surface		Des travaux d'entretien devront être planifiés au besoin pour éviter d'accentuer l'érosion	Un suivi régulier de l'évolution des zones érodées est requis	Mensuelle et lors de fortes pluies	P-3	Aucun	Complété Juin 2015
2015-07	2015-06-02	Déversoirs d'urgence de la digue médiane et du chemin nord	Déversoir d'urgence de la digue médiane - Le seuil du déversoir semble haut		Valider l'élévation du seuil du déversoir selon la conception, abaisser le seuil au besoin	Aucune	Aucune	P-3	Moins de 1 mètre de revanche	Complété Juin 2015
2015-08	2015-06-02	Déversoirs d'urgence de la digue médiane et du chemin nord	Déversoir d'urgence de la digue médiane - La section d'entrée du canal d'évacuation se draine vers le bassin de polissage		Corriger la section d'entrée du canal d'évacuation	Aucune	Aucune	P-3	Une portion de l'eau sera dirigée vers le bassin de polissage, au lieu de s'écouler vers la nature	Complété Juin 2015

Tableau A2 - Recommandations complétées

N°	DATE D'OBSERVATION	OUVRAGE / LOCALISATION	OBSERVATION	GRAVITÉ DE L'OBSERVATION	MESURES RECOMMANDÉES (ENTRETIEN)	MESURES RECOMMANDÉES (SURVEILLANCE)	FRÉQUENCE DE SURVEILLANCE	PRIORITÉ D'APPLICATION DE LA MESURE CORRECTIVE SUGGÉRÉE	NOTES	STATUT / DATE
2015-09	2015-06-02	Déversoirs d'urgence de la digue médiane et du chemin nord	Déversoir d'urgence de la digue médiane - Le seuil du déversoir semble haut		Valider l'élévation du seuil du déversoir selon la conception, abaisser le seuil au besoin	Aucune	Aucune	P-3	Moins de 1 mètre de revanche	Complété Juin 2015
2016-01		Digue médiane	Érosion des résidus miniers protégeant la membrane sous le «rip-rap»	2	Améliorer la qualité du « rip-rap » afin de limiter le potentiel d'érosion/lavage des résidus miniers			1	Tâche recommandée en 2016	Complété Juin 2016
2016-02		Digue médiane	Zone présentant un affaissement continu	2	Réalisation d'une investigation géotechnique afin d'établir si des mesures correctrices peuvent être mises en place et la stabilité de cette structure			2	Tâche a réalisé en considérant la vie de la mine, à devancer au besoin	Complété par WSP Mai 2017
2016-03		Digue médiane	Déversoir d'urgence du bassin principal et son canal de fuite semble de faible capacité et mal protégé	2	Réalisation d'une étude afin de valider la capacité d'évacuation et réalisation de travaux correcteurs, le cas échéant			3		Complété par WSP Mai 2017 révisé Novembre 2018 par SRK
2016-04		Digue médiane	Présence d'un ponceau partiellement obstrué dans le canal de fuite du déversoir d'urgence du bassin principal	2	Enlever ce ponceau			1		Complété Juin 2016
2016-05		Digue médiane	Finalité du canal de fuite obstruée par de la végétation	2	Nettoyer le canal de fuite de la végétation			2		Complété Août 2016
2016-06		Chemin nord	Géomembrane du déversoir exposée	1	Recouvrir la géomembrane d'empierrement			4		Complété Juillet 2016
2016-07		Chemin ouest	Fossé au pied aval de la digue est plein de végétation et permet à l'eau de s'écouler vers la surface des résidus miniers de la cellule n°3	1	Nettoyer le fossé de la végétation et assurer son efficacité de drainage			3		Complété Août 2016
2016-08		Cellule n°1	Accumulation d'eau à la surface des résidus miniers	2	Construire un second déversoir afin d'évacuer l'eau vers le bassin principal			1	Comme recommandé en 2015	Complété Août 2016
2016-09		Cellule n°2	Accumulation d'eau à la surface des résidus miniers	2	Construire un déversoir afin d'évacuer l'eau vers le bassin principal			1	Comme recommandé en 2015	Complété Août 2016
2016-10		Cellule n°3	Accumulation d'eau à la surface des résidus miniers	2	Construire un déversoir afin d'évacuer l'eau vers le bassin principal ou vers la cellule n°2			1	Comme recommandé en 2015	Complété Août 2016
2016-11		Cellule n°4	Accumulation d'eau à la surface des résidus miniers	2	Construire un second déversoir afin d'évacuer l'eau vers le bassin principal			1	Comme recommandé en 2015	Complété 2015
2016-12		Toutes les digues	Élévation de la crête est variable	2	Réalisation d'un relevé d'arpentage afin de valider que la revanche minimale est respectée			1		Relevé effectué, validation de la revanche effectuée par SRK en novembre 2018
2016-13		Toutes les digues	Signes d'érosion par ruissellement d'eau de surface sur les pentes	1	Effectuer des travaux correcteurs par la mise en place d'empierrement			5	À réaliser ou requis et au besoin	Complété À chaque année
2016-14		Digues internes 1, 2 et 3	Capacité d'évacuation des déversoirs semble limitée	2	Valider la capacité des déversoirs et effectuer des travaux correcteurs, le cas échant			3		Complété Août 2016
2016-15		Digue interne principale	Élévation de la crête variable et mise en place d'une berme de stabilisation en 2015	1	Évaluer la stabilité de cette digue			2		Complété par WSP Mai 2017

Tableau A2 - Recommandations complétées

N°	DATE D'OBSERVATION	OUVRAGE / LOCALISATION	OBSERVATION	GRAVITÉ DE L'OBSERVATION	MESURES RECOMMANDÉES (ENTRETIEN)	MESURES RECOMMANDÉES (SURVEILLANCE)	FRÉQUENCE DE SURVEILLANCE	PRIORITÉ D'APPLICATION DE LA MESURE CORRECTIVE SUGGÉRÉE	NOTES	STATUT / DATE
2016-16		Instrumentation	Il n'y a pas d'instrumentation afin de suivre les niveaux d'eau dans les digues	1	Évaluer la pertinence et possibilité de mettre en place des piézomètres dans la digue médiane			3		Complété Automne 2016
2017-01		Digue médiane	Présence de sillons d'érosion par ruissellement d'eau dans la partie supérieure de la pente aval	1	Effectuer des travaux correcteurs par la mise en place d'empierrement			2		Complété Août 2017 et Juillet 2018
2017-02		Digue médiane – Déversoir d'urgence du bassin principal	Profil et calibre d'empierrement ne fournissent pas la capacité nécessaire pour évacuer la crue de conception et éviter l'érosion	2	Procéder aux travaux correctifs pour respecter le profil et le calibre de l'empierrement de protection, selon les spécifications de la note technique 01, WSP, 4 mai 2017			1		Complété Octobre 2017 - Septembre 2018
2017-03		Chemin Nord	Végétation importante et propice à la densification sur les pentes et au pied de la pente aval	1	Nettoyer les pentes et le fossé au pied de la pente aval de la végétation abondante et faire un contrôle régulier			3		Complété Août 2017
2017-04		Chemin Nord	Capacité d'évacuation du déversoir semble limitée et absence d'un canal de fuite	2	Évaluer la capacité d'évacuation requise, abaisser le radier du déversoir en conséquence et aménager un canal de fuite libre de tout équipement et/ou matériaux d'entreposage			2		Complété Août 2017
2017-05		Digue interne principale	Capacité d'évacuation des déversoirs semble limitée et accumulation d'eau à la surface des résidus dans la cellule 2	2	Évaluer la capacité d'évacuation requise et abaisser le radier des 2 déversoirs mis en place en 2016 (face aux cellules de résidus 1 et 3) en conséquence. Procéder de même pour former un 3e déversoir face à la cellule de résidus 2 dans le secteur où des eaux rougeâtres s'accumulent. Ajouter un enrochement de protection du calibre minimal requis sur le radier et les pentes de chacun de ces 3 déversoirs.			2		Complété Août 2017
2017-06		Digue interne principale	Face à la cellule de résidus 3, pente aval déformée montrant des signes d'érosion interne	2	Effectuer des travaux correcteurs par la mise en place de remblai granulaire compacté pour uniformiser la pente aval. Faire un suivi du comportement de la digue dans ce secteur.			1		Complété Septembre 2017
2017-07		Cellule de résidus 3	Signes d'érosion et de ravinement dans la couche de surface des résidus, à proximité du contact avec la digue interne principale	2	Niveler la surface des résidus de façon à éliminer le chemin d'érosion préférentiel			1		Complété Août 2017
2017-08		Cellule de résidus 3	Dépressions localisées en surface des résidus suite à la mise en place puis l'excavation des stériles miniers	2	Niveler la surface des résidus pour éviter l'accumulation d'eau localisée dans les dépressions			1		Complété 2018-12-31
2017-09		Chemin ouest	Végétation importante et propice à la densification sur les pentes et dans le fossé au pied	1	Nettoyer les pentes et le fossé au pied de la pente aval de la végétation abondante et faire un contrôle régulier			3		Complété Octobre 2017
2017-10		Toutes les digues et chemins	Élévation variable de la crête	1	Réaliser un relevé d'arpentage des crêtes et valider le respect de la revanche réelle			2	Comme recommandé en 2016	Complété Août 2017

Tableau A2 - Recommandations complétées

N°	DATE D'OBSERVATION	OUVRAGE / LOCALISATION	OBSERVATION	GRAVITÉ DE L'OBSERVATION	MESURES RECOMMANDÉES (ENTRETIEN)	MESURES RECOMMANDÉES (SURVEILLANCE)	FRÉQUENCE DE SURVEILLANCE	PRIORITÉ D'APPLICATION DE LA MESURE CORRECTIVE SUGGÉRÉE	NOTES	STATUT / DATE
2017-11		Bassin principal	Absence de repère au pourtour du bassin principal pour suivre le niveau d'eau	1	Mettre en place une échelle limnimétrique pour s'assurer de respecter la revanche de 1 m à tout moment pendant les opérations. Cette échelle pourrait être mise en place au droit de la station de pompage.			2	Constaté lors d'inspection statutaire 2019	Mai 2017 (repères visuels) 2018 (échelle limnimétrique)
2017-12		Empilement de résidus en construction	Accumulation d'eau par-dessus le géotextile dans le secteur nord-ouest de l'emprise.	2	Pomper les eaux de surface dans ce secteur avant la mise en place de la couche de stériles			1		Complété Juillet 2017
2017-13		Empilement de résidus en construction	Présence de piézomètres sur la crête de la digue médiane (F-A-2-2016) et dans la cellule de résidus 1 (F-A-1-2016)	0	Continuer à relever les niveaux d'eau dans les piézomètres de façon journalière pour toute la durée des travaux			1		Complété pendant la construction de l'empilement de résidus
2017-14		Jetée perméable dans le bassin principal	Aucune revanche, surverse en crête par les eaux du bassin à plusieurs endroits	2	Élargir et rehausser la crête. Faire un suivi du comportement			1		N/A
2018-01		Digue médiane, section est dans le bassin de polissage	Géomembrane exposé	2	La géomembrane doit être recouverte afin de réduire la probabilité de perforation			1	Réparation avant la période hivernale 2018-2019	Complété 2019-04-23
2018-02		Canal d'évacuation du déversoir d'urgence du bassin de polissage	Capacité d'évacuation réduite en raison de la présence de végétation	2	La végétation doit être coupé et gérer adhéquatement afin de permettre un libre écoulement de l'eau			1	Réparation avant la période hivernale 2018-2019	Complété 2019-06-06
2018-03		Exutoire du canal d'évacuation d'urgence du bassin de polissage	Diminution de la qualité d'évacuation en raison de la présence de la forêt	2	La végétation doit être coupé et gérer adhéquatement afin de permettre un libre écoulement de l'eau dans l'environnement et de na pas avoir d'effet de refoulement			1	Réparation avant la période hivernale 2018-2019	Complété 2019-07-15
2018-04		Déversoir du bassin de sédimentation sur la digue nord	Ce déversoir a été remblayer par erreur et dégager par la suite, mais sa configuration originale n'a pas été respectée	2	La capacité d'évacuation de ce déversoir doit être confirmée et des travaux correcteurs doivent être réalisé au besoins (agrandissement de la section d'écoulement, dimension de l'empierrement de protection, etc.)			1	Réparation avant la période hivernale 2018-2019. Recommandé en 2017 et non réalisé	Complété 2019-07-15
2018-05		Brèches sur la crête de la digues interne principale	La capacité d'évacuation de ces brèches semblent limitée et inconnue.	2	La capacité d'évacuation de ce déversoir doit être confirmée et des travaux correcteurs doivent être réalisé au besoins (agrandissement de la section d'écoulement, dimension de l'empierrement de protection, etc.) afind'assurer qu'il n'y aura pas de débordement incontrôléau droit de la digue médiane, du chemin ouest et de la digue interne n°3			1	Réparation avant la période hivernale 2018-2019. Recommandé en 2017 et non réalisé	Travaux faits aux alentour du 26 septembre 2018
2018-06		Gestion des eaux de surface de contact	Les ponceaux mis en place sous les accès temporaires requis pour l'excavation des résidus miniers asséchés sont de petit diamètre.	2	Des ponceaux de plus grand diamètre devraient être mis en place et des points bas dans les accès temporaires devraient être construits. Ainsi une gestion de l'eau par gravité pourra être faite dans le cas d'une pluie abondante			2	Ponceaux retirés	Travaux fait en octobre 2018
2018-08		Gestion des eaux de surface	Le système de pompage des eaux n'a qu'une seule source d'alimentation en énergie	2	Un système de redondance énergétique devrait être mis en place afin d'assurer le fonctionnement des pompes en tout temps			2	Avant la crue printranière 2019, Génératrice louée pour l'UTE	Complété 2019-04-29
2018-09		Toutes les digues	Sillon d'érosion	2	Réparer les sillons d'érosion sur une base régulière			2	Comme réalisé normalement sur le site	Complété vers le 2018-09-20

Tableau A2 - Recommandations complétées

N°	DATE D'OBSERVATION	OUVRAGE / LOCALISATION	OBSERVATION	GRAVITÉ DE L'OBSERVATION	MESURES RECOMMANDÉES (ENTRETIEN)	MESURES RECOMMANDÉES (SURVEILLANCE)	FRÉQUENCE DE SURVEILLANCE	PRIORITÉ D'APPLICATION DE LA MESURE CORRECTIVE SUGGÉRÉE	NOTES	STATUT / DATE
2018-10		Chemin ouest, digue nord et fossé au pied de la digue médiane	Végétation de plus en plus abondante	1	Planifier une gestion de la végétation dans le fossé du chemin ouest et sur la crête de la digue nord, dégager le fossé au pied de la digue médiane			2	Comme recommandé en 2017. Priorité d'application augmentée	Complété Mai 2020
2018-10-2		Toutes les digues et tous les chemins	Élévation variable de la crête	1	Le relevé d'arpentage a été réaliser en 2018; il reste à valider le respect de la revanche réelle			2	Comme recommandé en 2017.	Complété 2019-11-14
2018-16		Puit d'observation	Mesure de niveau d'eau en profondeur.	2	Relever l'élévation du sommet des puits d'observation et du sol adjacent afin de pouvoir établir l'élévation du niveau d'eau et faire une mesure régulière pendant toute l'année			1	Avant la période hivernale 2018-2019 ou rapidement au printemps 2019	Complété 2019-11-14
2018-16		Puits d'observation	Mesure du niveau d'eau en profondeur	2	Relever l'élévation du sommet des puits d'observation et du sol adjacent afin de pouvoir établir l'élévation du niveau d'eau et faire une mesure régulière pendant toute l'année			1		Complété 2019-11-14
2018-17		Bassin de polissage et de sédimentation	Absence de repères sur le pourtour du bassin principal pour le niveau d'eau	1	Mettre en place une échelle limnémétrique pour s'assurer de respecter la revanche de 1m à tout moment pendant l'activité. Cette échelle pourrait être mise en place au droit de la station de pompage			3	Devrait être mise en place lors de l'agrandissement du PAR - Recommandation de 2017	Complété 2019-09-16
2019-01		Digue ouest, face amont	Géomembrane exposée vis-à-vis le puisard de la cellule #4	2	Recouvrir la géomembrane afin de réduire la probabilité de perforation.			1		Complété 2020-06-27
2019-02		Digue interne principale, crête, à l'intersection de la digue interne 3	Ornières, tubage de forage, dépression dans la crête	2	Couper les tubages, mettre en place des stériles miniers pour niveler la dépression dans la crête.			2		Complété 2020-06-15
2019-03		Digue médiane, section est dans le bassin principal	Recouvrement de sable sujet à l'érosion	1	Surveiller lors des inspections. Remplacer toute perte de matériel par des stériles miniers.			1	Suivi hebdo instauré. Couche de stériles mise en place. Retour au suivi mensuel.	Complété 2020-06-16
2019-04		Digue ouest, pente et pied aval, épaulement sud	Végétation excessive	2	Retirer toute végétation excessive pour faciliter l'inspection des pentes et l'observation des exfiltrations. Pomper toute accumulation d'eau à la base du fossé vers la cellule #4.			2		Complété 2020-05-25
2019-05		Bassin de sédimentation	La revanche opérationnelle est faible par rapport au seuil du déversoir	2	Augmenter la fréquence des inspections. Faire un suivi hebdomadaire du niveau d'eau dans le bassin.			1	Échelle limnimétrique installée. Suivi hebdo instauré.	Complété
2019-06		Digue interne principale, face amont	Surexcavation des résidus du pied amont de la digue augmentant le risque d'érosion interne et pouvant affecter la stabilité de l'ouvrage. Talus de résidus instable.	2	Porter attention aux signes d'instabilité lors des inspections. Maintenir une bande de résidus d'au moins 3 m de largeur sur la face amont pour réduire le taux d'infiltration. Vérifier la stabilité amont ou renforcir le pied de pente en ajoutant des stériles miniers selon une pente 2H:1V.			1	Porté une attention lors du suivi et des interventions	Complété 2020-06-09
2019-07		Cellule #2, gestion des eaux	Des accumulations d'eau sont présentes en plusieurs points dans la cellule. Absence de plan de gestion des eaux. Pas de pompe sur place.	2	Procéder à des brèches des chemins de construction temporaires pour faciliter le libre écoulement de l'eau vers le point bas de la cellule. Définir les critères et les actions à prendre en cas de crue. Pomper sans délai toute accumulation d'eau importante dans le bassin principal.			2	Drainage interne aux cellules régularisé. Déversoir d'opération aménagé temporairement pour évacuer la crue printanière.	Complété 2020-06-10

Tableau A2 - Recommandations complétées

N°	DATE D'OBSERVATION	OUVRAGE / LOCALISATION	OBSERVATION	GRAVITÉ DE L'OBSERVATION	MESURES RECOMMANDÉES (ENTRETIEN)	MESURES RECOMMANDÉES (SURVEILLANCE)	FRÉQUENCE DE SURVEILLANCE	PRIORITÉ D'APPLICATION DE LA MESURE CORRECTIVE SUGGÉRÉE	NOTES	STATUT / DATE
2019-08		Digue interne principale, pied aval	Exfiltrations d'eau formant des crevasses d'érosion dans les résidus en raison du bas niveau du bassin principal	1	Surveiller lors des inspections. Mettre des repères pour indiquer la position des crevasses et suivre la progression de l'érosion. Contacter un ingénieur géotechnique si l'érosion ou le débit des exfiltrations augmente.			1	Intégré au suivi. Sillons plus profonds remblayés avec des stériles miniers.	Complété 2020-06-10
2019-09		Digue interne principale, face aval	Accumulation de stériles dans la pente aval	2	Retirer l'accumulation de stériles et rétablir la géométrie originale de la digue afin de permettre l'inspection visuelle.			2		Complété 2020-06-10
2019-10		Digue interne 3 face amont (Est)	Instabilité locale	1	Maintenir l'accès à la digue fermé à la circulation de véhicules tant que la pente ne sera pas rectifiée.			1		Complété 2020-06-12
2019-11		Digue interne 1	La digue est recouverte de résidus	2	Retirer les résidus de la digue pour éviter l'accumulation d'eau et faciliter l'inspection.			3		Complété 2020-06-15
2019-12		Chemin ouest	Ornières, tubage de forage, dépression dans la crête	2	Couper les tubages, mettre en place des stériles miniers pour niveler la dépression dans la crête.			2		Complété 2020-06-11

LÉGENDE

XXX	Recommandations complétées (date connue)
XXX	Recommandations présumément complétées sur la base des observations récentes par FNX-INNOV (2019, 2020), d'indicence limitée ou faisant actuellement partie du suivi par BonTerra (date inconnue)

Notes pour 2016 à 2020:

Définition de la gravité de l'observation
Gravité

0 pas de risque ou risque négligeable
1 risque mineur, mettre en place une surveillance
2 risque important, avertir le supérieur immédiat et mettre en place des mesures correctives
3 risque majeur ou récurrent, mettre en place le plan d'urgence et les mesures correctives; avertir le superviseur et le personnel de gestion de la sécurité

Définition de la priorité d'implantation de la mesure corrective suggérée
Priorité

1 devrait être appliquée dans un délai de 0 à 6 mois
2 devrait être appliquée dans un délai de 0 à 12 mois
3 devrait être appliquée dans un délai de 0 à 2 ans
4 devrait être appliquée dans un délai de 0 à 5 ans
5 application facultative, mais situation à surveiller



740, Galt Ouest, 2e étage
Sherbrooke (Québec) J1H 1Z3
Tél. 819-566-8855
Téléc. 819-566-0224

fnx-innov.com

G. SUPPORT AUX RÉPONSES POUR SIX QUESTIONS DU COMEX -PROJET BACHELOR. RAPPORT GÉOTECHNIQUE. 11 PAGES ET ANNEXES (BBA, 2020A)

BONTERRA

Bonterra

Support aux réponses pour six questions du Comex - Projet Bachelor

Val-d'Or, QC

Rapport technique

Rapport géotechnique

N° document BBA / Rév. : 6098006-000000-4G-ERA-0001 / R00

2 octobre 2020

FINAL

Préparé et vérifié par :
Vahid Marefat, ing., Ph.D.
OIQ nº 5088729

Vérifié par :
Luciano Piciacchia, ing., Ph.D
OIQ nº 35912

2020, boul. Robert-Bourassa, bureau 300
Montréal, Québec H3A 2A5 CANADA
T +1 514.866.2111 **F** +1 514.866.2116
bba.ca

Tous droits réservés. © BBA

HISTORIQUE DES RÉVISIONS

Révision	État du document – Description de la révision	Date
R00	Final	2020-10-02

Ce document est préparé par BBA pour le seul bénéfice de son Client et ne peut être utilisé par aucune autre partie et pour aucune autre fin sans le consentement préalable écrit de BBA. BBA ne sera en aucun cas responsable des dommages, pertes, réclamations ou frais quels qu'ils soient découlant ou en relation avec l'utilisation de ce document par toute autre personne que le Client.

Bien que les informations contenues dans ce document soient fiables sous réserve des conditions et limitations qui y sont prévues, ce document est fondé sur des informations qui ne sont pas sous le contrôle de BBA ou que BBA n'a pu vérifier; par conséquent, BBA ne peut en garantir la suffisance et l'exactitude. Les commentaires contenus dans ce document reflètent l'opinion de BBA à la lumière des informations disponibles au moment de la préparation du document.

L'utilisation de ce document confirme l'acceptation de ces conditions.

TABLE DES MATIÈRES

1. Introduction 1
2. Méthodologie 1
   2.1 Critères de conception 1
   2.2 Classification des digues 2
   2.3 Évènement sismique de conception 2
3. Données d'entrée 3
   3.1 Données géotechniques dans l'emprise du secteur du parc à résidus 3
4. Conception géotechnique des Digues 7
   4.1 Digue Sud 7
   4.2 Digue Ouest 7
   4.3 Digue Interne 7
   4.4 Digue Médiane 8
   4.5 Digue Nord 8
   4.6 Digue dry stack/basin G et résidus 8
5. Hypothèses utilisées pour les analyses de stabilité 9
6. Intrants du modèle 9
7. Resultats des analyse de stabilite 10
8. Conclusions et recommandations 11

LISTE DE TABLEAUX

Tableau 1 : Normes et directives utilisées pour l'analyse de stabilité 2

Tableau 2 : Accélération spectrale (Sa) et accélération maximale du sol (AMS-PGA) estimées pour le site de la mine pour une probabilité de 2 % sur 50 ans 3

Tableau 3: Résistance au cisaillement in-situ 5

Tableau 4 : Paramètres géotechniques des sols 9

Tableau 5 : Résultats de l'analyse de stabilité locale et globale 10

ANNEXES

Annexe A : Digues du parc à résidus

Annexe B : Plans et résultats de l'analyse stabilité

1. INTRODUCTION

Le projet Métanor de Bonterra comprend la mise à niveau du parc à résidus (PAR) avec l'établissement de nouvelles digues et le rehaussement de digues existantes. Une étude de stabilité des digues a donc été réalisée afin de valider les paramètres de conception.

La conception du parc à résidus comprend les six digues suivantes (annexe A) :

- Digue sud;
- Digue ouest;
- Digue médiane;
- Digue interne ;
- Digue nord; et
- Digue dry stack/basin G et bassin des résidus.

Les analyses de stabilité ont été réalisées sur 14 sections types représentatives de l'importance relative des diverses digues.

Les analyses de stabilité ont été produites en tenant compte des matériaux constituant les digues, des matériaux constituant l'assise des digues et des conditions hydrogéologiques. Les résultats obtenus ont été comparés aux critères présentés dans la Directive 019 sur l'industrie minière et dans le Guide de préparation du plan de réaménagement et de restauration des sites miniers du Québec.

2. MÉTHODOLOGIE

2.1 Critères de conception

Les normes et les directives utilisées pour l'analyse de stabilité sont présentés dans les documents suivants (Tableau 1):

- Directive 019 sur l'industrie minière (MDDEP; 2012);
- Guide de préparation du plan de réaménagement et de restauration des sites miniers au Québec (MERN, 2016).

Tableau 1 : Normes et directives utilisées pour l'analyse de stabilité

Condition de chargement	Facteur de sécurité (FS) minimum	
	Directive 019	**Guide de préparation**
Stabilité locale		
Condition statique: court terme	-	1,0 à 1,1
Condition statique: long terme	-	1,2
Stabilité globale		
Condition statique: court terme	1,3 à 1,5	1,3 à 1,5
Condition statique: long terme	1,5	1,5
Condition pseudo-statique	1,1	1,1 à 1,3
Condition post-séisme	1,3	1,3

2.2 Classification des digues

La classification du risque des digues du parc à résidus miniers de la mine Bachelor devrait tout d'abord être réalisée afin d'établir le séisme de conception.

En se basant sur les recommandations de l'Association canadienne des barrages (ACB), les digues dans le parc à résidus Bachelor sont classifiées au niveau « Important/Significatif ». Il est considéré qu'une rupture de la digue médiane pourrait avoir des conséquences environnementales élevées en raison de la présence du lac Bachelor à environ 3 200 m en aval de cette digue.

Étant donné que le site se trouve dans un secteur forestier à accès limité, de type récréatif saisonnier (chasse et pêche) et qu'il ne semble pas y avoir d'activité particulière dans ce secteur, le risque relatif à la population ou à la perte de vie est considéré faible. En termes de risques d'impact économique, il est considéré que seuls les équipements de loisirs, les lieux de travail saisonniers et les voies de transport privées peu fréquentées seraient concernés.

Par conséquent, les digues du parc à résidus Bachelor correspondent donc à la classification qualitative « Important/Significatif » selon les recommandations ACB 2007.

2.3 Évènement sismique de conception

L'ACB recommande que l'événement sismique de conception pour un ouvrage de retenue soit établi sur sa classification du risque. Conformément à la Directive 019 (D019) sur l'industrie minière au Québec (MDDEP, 2012), un séisme d'une récurrence minimale de 2 500 ans doit être utilisé pour les aires d'accumulation de résidus miniers. Par conséquent, un séisme de conception

d'une récurrence de 2 500 ans a été utilisé afin d'établir la sécurité sismique des digues du parc à résidus de la mine Bachelor.

L'accélération maximale du sol au site a été déterminée à l'aide de l'outil de calcul de l'aléa sismique du Code national du bâtiment du Canada (CNB, 2015). Pour le site de la mine Bachelor, l'accélération maximale horizontale d'un sol de classe C pour une probabilité annuelle de dépassement de 2 % en 50 ans (1/2 475 ans) est de 0,047 g. Les données qui ont été estimées sont présentées au Tableau 2.

Tableau 2 : Accélération spectrale (Sa) et accélération maximale du sol (AMS-PGA) estimées pour le site de la mine pour une probabilité de 2 % sur 50 ans

Paramètre	Valeur	Unité
Sa (0,05 seconde)	0,056	g[1]
Sa (0,1 seconde)	0,080	g
Sa (0,2 seconde)	0,081	g
Sa (0,3 seconde)	0,073	g
Sa (0,5 seconde)	0,066	g
Sa (1,0 seconde)	0,044	g
Sa (2,0 secondes)	0,025	g
Sa (5,0 secondes)	0,006	g
Sa (10,0 secondes)	0,003	g
PGA (g)	0,047	g
PGV (m/s)	0,057	m/s

[1] g = 9,81 m/s²

3. DONNÉES D'ENTRÉE

3.1 Données géotechniques dans l'emprise du secteur du parc à résidus

Depuis 1981, au moins six (6) campagnes géotechniques ont été exécutées sur le site minier Lac Bachelor. Les campagnes ont été menées par le Laboratoire Ville-Marie inc. (en 1981), Golder Associés (en 2007), GHD (en 2016), Richelieu Hydrogéologie Inc. (en 2018) et BBA (en 2019 et 2020). Les informations utilisées pour la présente étude de stabilité proviennent des sources suivantes :

- Forages réalisés en 1981 : 2

[1] C.-à-d. 9.8 m/s²

- Tranchées exploratoires réalisées en 1981 : 5
- Forages réalisés en 2007 : 15
- Forages réalisés en 2016 : 5
- Sondages réalisés au piézocône en 2016: 8
- Forages réalisés en 2018 :9
- Forages réalisés en 2019 : 31
- Forages réalisés en 2020 : 4

Les forages et les tranchées exploratoires ont été analysés pour produire un modèle géotechnique 3D à utiliser lors de la conception géotechnique du PAR.

Les résultats et les données obtenus par des forages et des sondages au piézocône ainsi que des essais en laboratoire dans le secteur du PAR ont été utilisés par divers consultants pour produire une description de la stratigraphie des sols rencontrés dans le secteur. Les sections suivantes présentent ces descriptions.

3.1.1 Terre végétale

Une couche superficielle de terre végétale pouvant atteindre jusqu'à 0,2 m a été rencontrée dans les majorités des forages. La terre végétale est hautement compressible, humide à saturée et très lâche. Des morceaux de bois ont été rencontrés dans la couche superficielle des remblais routiers (BBA 2019; Golder Associés, 2007). La terre végétale est parfois mélangée avec du sol superficiel, soit du sable et des cailloux ou soit de l'argile et du silt. La teneur en matières organiques a été évaluée à 33 % du poids sec de l'échantillon et la teneur en eau s'établissait à 156 %.

3.1.2 Couche de sable silteux superficiel

Sous l'horizon de terre végétale, notamment au sud du site, une couche naturelle de sable silteux avec des traces de gravier et d'argile à sable et gravier silteux avec trace d'argile a été rencontrée sur des épaisseurs respectives de 0,10 m à 2,90 m. Le sable silteux était très lâche à compact avec des valeurs d'indice « N » qui varient entre 2 et 20 (Richelieu Hydrogéologie Inc., 2018; BBA, 2019).

3.1.3 Dépôt d'argile

Un dépôt d'argile varvée et hétérogène a été rencontré sur le site, notamment sous la couche de tourbe et parfois en surface. Le dépôt d'argile a été rencontré principalement dans la partie

centrale de la vallée, vers le nord et vers l'ouest. Les sols argileux (argile et silt argileux) atteignent des épaisseurs comprises entre 0,6 m à 11,35 m.

L'argile de la partie supérieure du dépôt est principalement brune, raide et surconsolidée. Elle devient grise, saturée et ferme à molle (parfois très molle) dans certaines couches. La partie supérieure est normalement appelée la croûte. La croûte possède une résistance au cisaillement raide à ferme.

L'argile sous la croûte est ferme à très molle et légèrement surconsolidée avec une pression de préconsolidation variant entre le 85 kPa et 110 kPa (BBA, 2019).

La consistance du dépôt argileux varie de raide à ferme et molle selon les mesures in situ. Toutefois, des mesures de laboratoire ont montré que la consistance de l'argile varie de dur à très molle. Selon les résultats des différentes investigations géotechniques réalisées sur le site Bachelor, les résistances au cisaillement (C_u) obtenues sont présentés au Tableau 3.

Tableau 3: Résistance au cisaillement in-situ

Investigation par	Année	Épaisseur de sol argileux (m)	Résistance au cisaillement (kPa)
Laboratoire Ville-Marie inc.	1981	7-8	26,2 à 64,3 en surface 13,7 à 14,2 en profondeur
Golder Associés	2007	0,6 à 8,5	30 à 80 en surface 20 à 22 en profondeur 6 à 9 par endroits
GHD	2016	0.6 à 8,5 m	20 à 124
Richelieu Hydrogéologie Inc.	2018	0 à 5,94	Par endroits 25,48 profondeurs 6,86 m 45,35 profondeurs 10,06 m
BBA inc.	2019	0,71 m à 11,35 m	19 à 100 kPa

L'argile a été classée dans la catégorie moyennement sensible à sensible selon les mesures au scissomètre in situ. Selon les résultats obtenus, la teneur en eau naturelle et l'indice de plasticité de l'argile varient respectivement entre 21 % et 79 % et entre 9 % et 44 %. La plasticité de l'argile change d'une plasticité faible à une plasticité élevée.

Selon les l'investigation menée par BBA (2019), les argiles plus sableuses sont associées à des teneurs en eau plus faibles. L'argile dans la partie supérieure du site (croûte) est surconsolidée et l'argile en profondeur est légèrement surconsolidée. Des pressions de préconsolidation allant de 85 à 235 kPa ont été obtenues.

Les coefficients de consolidation de l'argile mesurés ont varié entre 3 et 20 m^2/an. La perméabilité de l'argile est de l'ordre de $1x10^{-9}$ m/s.

3.1.4 Dépôt till

Au sud du site, la couche de sable supérieure est suivie par un dépôt granulaire de till, avec des épaisseurs variant de 0,25 à 4,9 m, jusqu'au socle rocheux. Des valeurs d'indice « N » variant de 25 à plus de 100 ont été mesurées dans le dépôt de till. A l'ouest du site, la couche supérieure de sable est aussi suivie par le dépôt de till jusqu'au socle rocheux. Dans les autres forages le dépôt till a été rencontré sous l'argile. Des valeurs d'indice « N » variant de 19 à plus de 100 ont été mesurées dans le dépôt de till.

Dans le centre du site, le dépôt de till a été rencontré sous la couche d'argile. Des valeurs d'indice « N » variaient de 5 à plus de 100.

La composition prédominante du till est constituée de sable silteux avec un peu de gravier et de trace d'argile.

3.1.5 Résidus miniers

Des résidus miniers constitués majoritairement de silt et argile avec des proportions variables en sable ont été observés sur une épaisseur évaluée à environ 7,6 m. Les résidus miniers sont dans un état qualifié de très lâche à compact avec des valeurs d'indices « N » variant entre 1 et 18.

Les caractérisations mécaniques (densité relative, Proctor, granulométrie et perméabilité) ont été mesurées par GHD en 2016 et Golder Associés en 2007. La densité relative des grains des résidus est de 2,77 et la perméabilité varie de 1,0 x 10^{-8} m/s à 5,0 x 10^{-8} m/s. La granulométrie des résidus réalisée par GHD (2016) et Golder Associés (2007) montre que les résidus sont constitués d'environ 80-90 % de silt et argile et 10-20 % de sable. L'essai Proctor standard réalisé par GHD (2016) indiquait une masse volumique sèche maximale de 1 666 kg/m^3 et une teneur en eau optimale de 17,7 %.

3.1.6 Nappe phréatique

Le niveau des eaux souterraines au site était variable. Selon la campagne géotechnique menée par BBA (2019), au sud, il a été rencontré entre 0,92 et 2,9 m de profondeur Le niveau était plus profond dans quelques forages et dans certains, la nappe phréatique n'a pas été atteinte. Au nord, les eaux souterraines ont été rencontrées entre 0,76 et 2,3 m de profondeur. Dans les résidus solides, les eaux souterraines ont été rencontrées entre 3,81 et 6,86 m de profondeur. Du côté ouest, elles ont été rencontrées entre 0,8 et 3,0 m de profondeur.

4. CONCEPTION GÉOTECHNIQUE DES DIGUES

La conception et le dimensionnement des digues ont été réalisés en prenant compte des critères suivants :

4.1 Digue Sud

- Le profil de la digue et la coupe transversale typique avec des détails sont présentés dans le plan 6098002-4G-D01-0001 à l'annexe B;
- Les sols de fondation sont granulaires, il n'y a pas de sol argileux sur la fondation;
- Une géomembrane sera utilisée pour l'étanchéité de la digue;
- Le cœur de la digue sera constitué de matériaux d'emprunt granulaires ou de résidus non acidogènes avec une couverture minimum de 900 mm d'enrochement en amont et 1 200 mm d'enrochement en aval;
- L'angle des pentes aval et amont sera de 2,5H: 1V.

4.2 Digue Ouest

- Le profil de la digue et la coupe transversale typique avec des détails sont présentés dans le plan 6098002-4G-D01-0002 à l'annexe B.
- Les sols de fondation sont constitués de sol granulaire avec un peu d'argile;
- Une géomembrane sera utilisée pour l'étanchéité de la digue;
- Le cœur de la digue sera constitué de matériaux d'emprunt granulaires ou de résidus non acidogènes avec une couverture minimum de 900 mm d'enrochement en amont et plus que 1 200 mm d'enrochement en aval;
- L'angle de la pente aval sera 3H: 1V et l'angle de la pente amont sera de 2,5H: 1V.

4.3 Digue Interne

- Le profil de la digue et la coupe transversale typique avec des détails sont présentés dans les plans 6098002-4G-D01-0003 à 0005 à l'annexe B.
- Les sols de fondation sont constitués de sol argileux;
- La digue sera constituée d'enrochement;
- Une berme de stabilisation est conçue pour assurer la stabilité de la digue;
- L'angle des pentes aval et amont sera de 2,5H: 1V.

4.4 Digue Médiane

- Le profil de la digue et la coupe transversale typique avec des détails sont présentés dans les plans 6098002-4G-D01-0006 à 0007 à l'annexe B.
- Les sols de fondation sont constitués de sol argileux;
- Une géomembrane sera utilisée pour l'étanchéité de la digue;
- Le cœur de la digue sera constitué de matériaux d'emprunt granulaires ou de résidus non acidogènes avec une couverture minimum de 900 mm d'enrochement en amont et en aval;
- Une berme de stabilisation est conçue pour assurer la stabilité de la digue;
- L'angle des pentes aval et amont sera de 2,5H: 1V.

4.5 Digue Nord

- Le profil de la digue et la coupe transversale typique avec des détails sont présentés dans les plans 6098002-4G-D01-0008 à 0011 à l'annexe B.
- Les sols de fondation sont constitués de sol argileux;
- Une géomembrane sera utilisée pour l'étanchéité de la digue;
- Le cœur de la digue sera constitué de matériaux d'emprunt granulaires ou de résidus non acidogènes avec une couverture minimum de 900 mm d'enrochement en amont et en aval;
- Une berme de stabilisation est conçue pour assurer la stabilité de la digue;
- L'angle des pentes aval et amont sera de 2,5H: 1V.

4.6 Digue dry stack/basin G et résidus

- Le profil de la digue et la coupe transversale typique avec des détails sont présentés dans les plans 6098002-4G-D01-0012 à 0014 à l'annexe B.
- Les sols de fondation sont constitués de résidus non saturés ;
- Le pente aval de la digue sera couverte avec une couche d'enrochement d'une épaisseur minimum de 1 200 mm;
- La digue sera constituée de matériaux d'emprunt granulaires ou de résidus Nnon acidogènes;
- L'angle des pentes aval et amont sera de 3H: 1V.

5. HYPOTHÈSES UTILISÉES POUR LES ANALYSES DE STABILITÉ

Les hypothèses suivantes ont été retenues pour les analyses de stabilité des pentes :

- La stratigraphie des sols de fondation et les paramètres de résistance au cisaillement retenues proviennent des rapports 07-12227-0010 de Golder Associés en 2007, 11182659-A1-Rév.3 GHD en 2018 et le rapport de Richelieu Hydrogéologie Inc en 2018;
- Pour l'analyse à court terme (fin de construction) et à long terme, le matériau granulaire a été modélisé par le critère de rupture de Mohr-Coulomb. La cohésion (C) du matériau granulaire a été supposée égale à zéro;
- Le matériau argileux a été modélisé à l'aide de la méthode dite de contrainte totale (ø = 0)
- L'analyse de stabilité à long terme a été modélisé par le critère de rupture de Mohr-Coulomb;
- Les paramètres hydrauliques et de résistance des matériaux de la fondation et des résidus sont supposés uniformes;
- La force sismique horizontale est la seule utilisée dans l'analyse pseudo-statique. En effet, le coefficient sismique horizontal (K_h) augmente les forces et diminue la résistance des matériaux et le coefficient sismique vertical est négligeable;
- Le coefficient sismique horizontal utilisé est de K_h=0,5 PGA/g.

6. INTRANTS DU MODÈLE

Les paramètres géotechniques utilisés dans le cadre des analyses de stabilité sont présentés au Tableau 4.

Tableau 4 : Paramètres géotechniques des sols

Matériau	γ (kN/m^3)	Propriétés drainées		Propriétés non-drainées		K_{sat} (m/s)
		C' (kPa)	Φ' (°)	Φ (°)	Su (kPa)	
Enrochement	20	0	35	Na	Na	$1x10^{-4}$
Résidus	18	0	28	Na	Na	$1x10^{-8}$
Sable fin et silt / silt sableuse (fondation)	17	0	30	Na	Na	$1x10^{-6}$
Sable grossier (fondation)	18	0	36	Na	Na	$1x10^{-5}$
Argile-supérieur (fondation)	17	0	30	0	20	$1x10^{-9}$
Argile-inferieur (fondation)	17	0	30	0	17	$1x10^{-9}$
Substrat rocheux	Impénétrable					$1x10^{-11}$

* Une gamme inférieure pour l'argile molle

7. RESULTATS DES ANALYSE DE STABILITE

Les modèles de stabilité pour la section transversale sélectionnée ont été définis sur la base des données/informations des forages et des tranchées exploratoires le long ou à proximité de la section sélectionnée.

Pour chacune des digues, d'une à quatre sections ont été sélectionnées pour l'analyse de stabilité. Les sections ont été sélectionnées où la digue a la hauteur maximale et la fondation est constituée de divers matériaux.

Les sections analysées pour chacune des digues sont présentées à l'annexe A. Le Tableau 5 résume le coefficient de sécurité obtenu pour les sections sélectionnées.

Tableau 5 : Résultats de l'analyse de stabilité locale et globale

Digues	Coupes critiques	F_S minimum estimé		
		Court terme	Long terme	Pseudo-statique
		Critère = 1,3	Critère = 1,5	Critère = 1,1
Sud	A	1,5	1,5	1,4
Ouest	A'	1,5	1,7	1,4
Interne	B	1,5	1,8	1,3
	B'	1,5	1,8	1,1
	B''	1,6	1,8	1,3
Median	C	1,5	1,8	1,3
	D	1,6	1,8	1,4
Nord	E	1,6	2,2	1,4
	F	1,5	2,0	1,4
	F'	1,5	2,1	1,2
	F''	1,5	2,0	1,3
Dry stack/Basin G	G	1,5	1,60	1,2
Dry stack/résidus	H	1,5	1,5	1,3
	I	1,5	1,5	1,4

8. CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

- L'analyse de stabilité montre que les facteurs de sécurité à court terme, long terme et pseudo statique respectent les facteurs de sécurité exigés par la Directive 019 et le Guide de préparation du plan de restauration;
- Une analyse plus approfondie est nécessaire de manière à intégrer les nouvelles données géotechniques obtenues à partir des investigations réalisées par BBA en 2019 et 2020, ce qui permettra l'optimisation de la conception des digues;
- Il est recommandé d'instrumenter la fondation des digues lors de la construction afin de suivre la surpression interstitielle et de valider les analyses de la stabilité.

Annexe A : Digues du parc à résidus



1 : 2000 40 20 0 40 80 120 160 200 m

VUE D'ENSEMBLE

ÉCHELLE 1:2 000

OPTION 6

DÉPOSITION CONVENTIONNELLE
TONNAGE VISÉ: 6M t
VOLUME (1.44t/m³): ± 5.6M m³

LÉGENDE:

- BASSIN VERSANT
- DÉVERSOIR D'OPÉRATION PROPOSÉ
- DÉVERSOIR D'URGENCE ET STRUCTURE DE DÉCANTATION PROPOSÉS
- COURBE ARGILE (INTERVALLES AUX 3 m)

NOTES
1. LORS D'UNE CONCEPTION DÉTAILLÉE, IL EST ESSENTIEL DE PROCÉDER À UNE CAMPAGNE D'ESSAIS GÉOTECHNIQUES SUR LE SITE AINSI QU'À DES TEST DE LABORATOIRE ET CE, AFIN DE MIEUX CARACTÉRISER L'ARGILE EN PLACE.
2. INTERPRÉTATION BASÉE SUR DES FORAGES GÉOTHECNIQUES LIMITÉS

INDEX DES PLANS

6098002-4G-D50-0001	PARC À RESIDUS		-		VUE EN PLAN
6098002-4G-D50-0001	RÉFECTION AVANT DÉPOSITION		-		VUE EN PLAN
6098002-4G-D01-0001	DIGUE SUD A	-	DÉTAIL TYPIQUE ET PROFIL	-	VUE EN PROFIL
6098002-4G-D01-0002	DIGUE OUEST	-	DÉTAIL TYPIQUE ET PROFIL	-	VUE EN PROFIL
6098002-4G-D01-0003	DIGUE INTERNE B'	-	DÉTAIL TYPIQUE ET PROFIL	-	VUE EN PROFIL
6098002-4G-D01-0004	DIGUE INTERNE B	-	DÉTAIL TYPIQUE ET PROFIL	-	VUE EN PROFIL
6098002-4G-D01-0005	DIGUE INTERNE B''	-	DÉTAIL TYPIQUE ET PROFIL	-	VUE EN PROFIL
6098002-4G-D01-0006	DIGUE MÉDIANE C	-	DÉTAIL TYPIQUE ET PROFIL	-	VUE EN PROFIL
6098002-4G-D01-0007	DIGUE MÉDIANE D	-	DÉTAIL TYPIQUE ET PROFIL	-	VUE EN PROFIL
6098002-4G-D01-0008	DIGUE NORD E	-	DÉTAIL TYPIQUE ET PROFIL	-	VUE EN PROFIL
6098002-4G-D01-0009	DIGUE NORD F	-	DÉTAIL TYPIQUE ET PROFIL	-	VUE EN PROFIL
6098002-4G-D01-0010	DIGUE NORD F'	-	DÉTAIL TYPIQUE ET PROFIL	-	VUE EN PROFIL
6098002-4G-D01-0011	DIGUE NORD F''	-	DÉTAIL TYPIQUE ET PROFIL	-	VUE EN PROFIL
6098002-4G-D01-0012	DIGUE DRYSTACK G	-	DÉTAIL TYPIQUE ET PROFIL	-	VUE EN PROFIL
6098002-4G-D01-0013	DIGUE DRYSTACK H	-	DÉTAIL TYPIQUE ET PROFIL	-	VUE EN PROFIL
6098002-4G-D01-0014	DIGUE DRYSTACK I	-	DÉTAIL TYPIQUE ET PROFIL	-	VUE EN PROFIL

TABLEAU VOLUME DE DÉPOSITION

VOLUME	HAUTEUR DIGUE SUD	HAUTEUR DIGUE INTERNE	HAUTEUR DIGUE OUEST
5.55M m3	342.3 - 344.7 m	336.8 - 346.0 m	339.0-343.5 m
4.96M m3	341.3 - 343.7 m	335.8 - 346.0 m	338.0-342.5 m
4.39M m3	340.3 - 342.7 m	334.8 - 346.0 m	337.0-341.5 m
3.83M m3	339.3 - 341.7 m	333.8 - 346.0 m	336.0-340.5 m
3.29M m3	338.3 - 340.7 m	332.8 - 346.0 m	335.0-339.5 m
2.77M m3	337.3 - 339.7 m	331.8 - 346.0 m	334.0-338.5 m
2.28M m3	336.3 - 338.7 m	330.8 - 346.0 m	333.0-337.5 m
1.80M m3	335.3 - 337.7 m	329.8 - 346.0 m	332.0-336.5 m
1.36M m3	334.3 - 336.7 m	328.8 - 346.0 m	331.0-335.5 m
0.96M m3	333.3 - 335.7 m	327.8 - 346.0 m	330.0-334.5 m
0.55M m3	332.3 - 334.7 m	326.8 - 346.0 m	329.0-333.5 m

TABLEAU VOLUME DE CONSTRUCTION DES DIGUES

DIGUE	VOLUME DE RÉSIDUS (±) (m³)	VOLUME D'ENROCHEMENT (±) (m³)	TOTAL (±) (m³)
SUD	464 173.26	111 921.00	576 094.17
OUEST	112 494.48	96 284.89	208 779.37
INTERNE	0	251 969.51	251 969.51
MÉDIANE	34 637.98	40 661.35	75 299.83
NORD	81 097.02	82 673.72	163 770.74
DRYSTACK/ BASSIN	4 934.88	9 193.12	14 128.00
DRYSTACK/ RÉSIDUS	23 509.34	0	23 509.34
TOTAL	720 846.96	592 703.59	1 313 550.96

POUR ÉMISSION AUX AUTORITÉS
NE PAS UTILISER POUR CONSTRUCTION
DATE: 2018-11-16

BBA

SURFACE .BAUX.MINIER	PLAN DE DÉPOSITION OPTION 6				
BAIL VUE CAMPEMENT	BAIL SURFACE (18 SEPTEMBRE 2018)				
ENVI_182038-1	BATHYMÉTRIE ET TOPOGRAPHIE DU PARC À RÉSIDUS	AB	POUR ÉMISSION AUX AUTORITÉS	M-A. DOUCET / L. PICIACCHIA	2018-11-16
	(RELEVÉ 25-26 SEPTEMBRE 2018)	AA	POUR COMMENTAIRES	M-A. DOUCET / L. PICIACCHIA	2018-11-09
DESSIN No	DESCRIPTION	RÉV	DESCRIPTION	VÉRIFIÉ PAR / APPROUVÉ PAR	DATE
DESSINS DE RÉFÉRENCE		RÉVISIONS			

SCEAU:

BBA

CLIENT: BONTERRA Ressources Métanor Une filiale de Bonterra

PROJET: ÉTUDE PARC À RÉSIDUS METANOR

TITRE: PARC À RESIDUS
VUE EN PLAN

CONÇU PAR: L. PICIACCHIA	DESSINÉ PAR: M-A. DOUCET
VÉRIFIÉ PAR: MAREFAT Y.	APPROUVÉ PAR: L. PICIACCHIA
ÉCHELLE: 1:2000	DATE: 2018-10-31

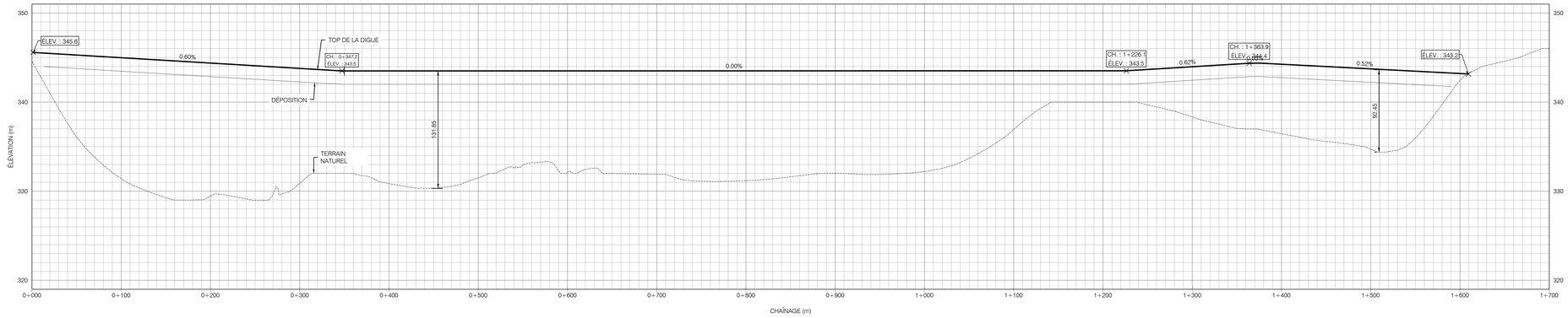
DESSIN No: 6098002-4G-D50-0001 | FEUILLE | FORMAT: A0 | RÉV: AB

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 cm

G:\6098\002\40_ING_ENG\4G_GEOTECH\DESS_DWGS\PROJET_PROJECT\EN COURS\6098002-4G-D50-0001.DWG

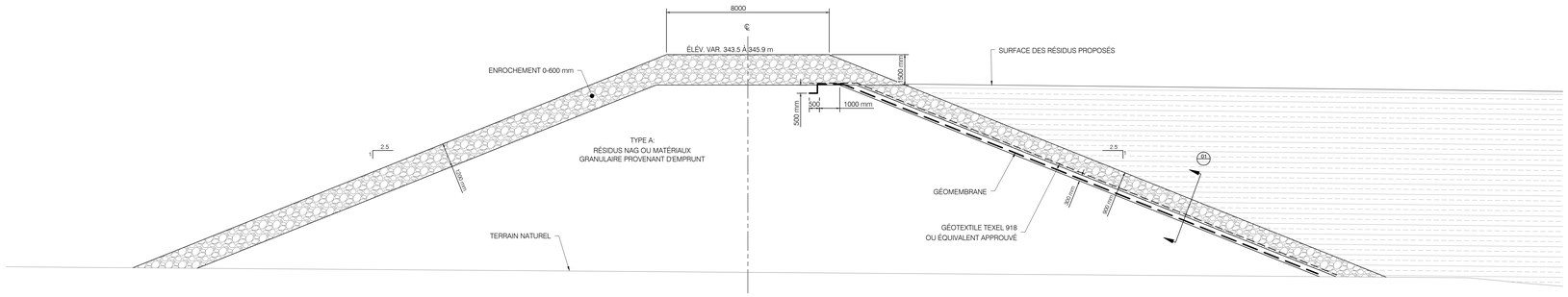
PAR:DOUCET, MARC-ANDRE
IMPRIMÉ LE: 2018-11-16 14:43:13

Annexe B : Plans et résultats de l'analyse stabilité



DIGUE SUD - PROFIL

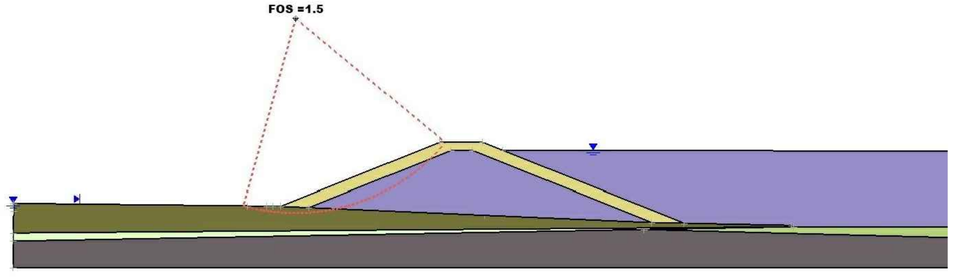
ÉCHELLE H 1:2 000 ; V:1:200



A 1:100 DIGUE SUD - COUPE TYPIQUE CH: 0+785

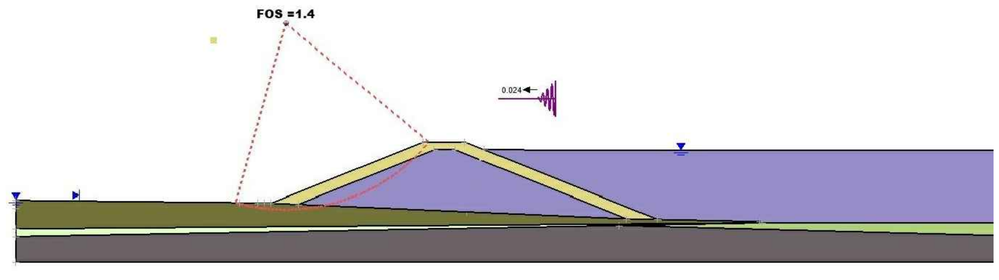


01 1:100 STRUCTURE DE MEMBRANE



DIGUE SUD - RÉSULTAT DE LA STABILITÉ DES PENTES - CONDITION NON DRAINÉE

ÉCHELLE N.A.É.



DIGUE SUD - RÉSULTAT DE LA STABILITÉ DES PENTES - PSEUDO STATIQUE

ÉCHELLE N.A.É.

POUR ÉMISSION AUX AUTORITÉS
NE PAS UTILISER POUR CONSTRUCTION
DATE: 2018-11-16

BBA

NOTES
1. LORS D'UNE CONCEPTION DÉTAILLÉE, IL EST ESSENTIEL DE PROCÉDER À UNE CAMPAGNE D'ESSAIS GÉOTECHNIQUES SUR LE SITE AINSI QU'À DES TEST DE LABORATOIRE ET CE, AFIN DE MIEUX CARACTÉRISER L'ARGILE EN PLACE.
2. NAG: NON-ACID GENERATOR

DESSIN No	DESCRIPTION
-	-

DESSINS DE RÉFÉRENCE

RÉV	DESCRIPTION	VÉRIFIÉ PAR	APPROUVÉ PAR	DATE
AB	POUR ÉMISSION AUX AUTORITÉS	M-A. DOUCET	L. PICIACCHIA	2018-11-16
AA	POUR COMMENTAIRES	M-A. DOUCET	L. PICIACCHIA	2018-11-09

RÉVISIONS

SCEAU:

CLIENT: BONTERRA Ressources Métanor Une filiale de Bonterra

PROJET: ÉTUDE PARC À RÉSIDUS METANOR

TITRE: DIGUE SUD A
DÉTAIL TYPIQUE ET PROFIL
VUE EN PROFIL

CONÇU PAR:	DESSINÉ PAR:
V. MAREFAT	M-A. DOUCET
VÉRIFIÉ PAR:	APPROUVÉ PAR:
M-A. DOUCET	L. PICIACCHIA
ÉCHELLE: INDIQUÉE	DATE: 2018-10-31

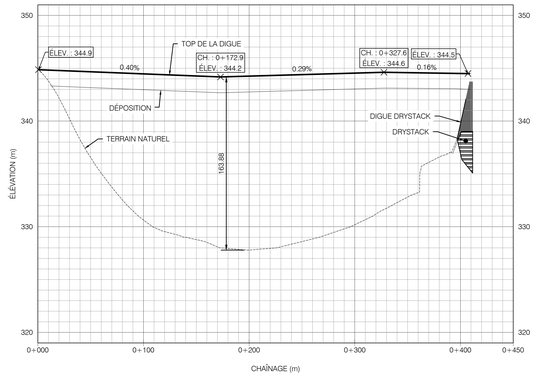
DESSIN No: 6098002-4G-D01-0001 | FEUILLE | FORMAT: A0 | REV: AB

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 cm

G:\6098\0003\40_ING_ENG\40_GEOTECH\DESS_DWGS\PROJET_PROJECT\EN COURS\6098002-4G.DWG

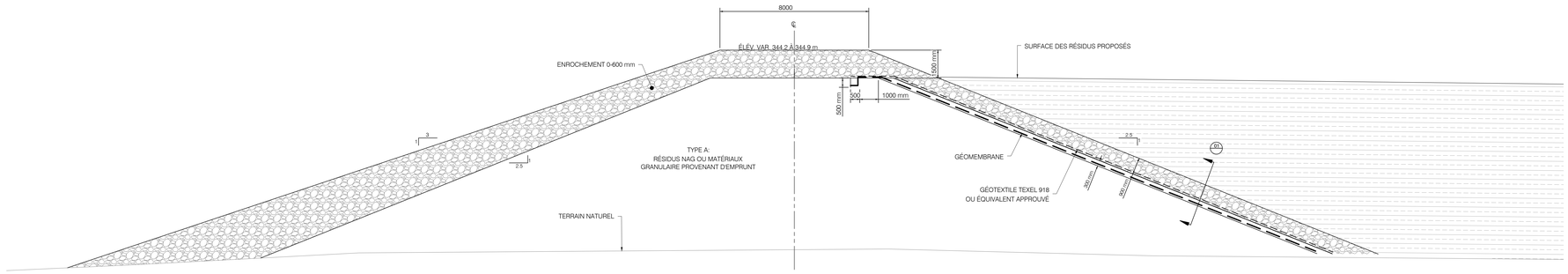
PAR:DOUCET, MARC-ANDRÉ
APPROUVÉ PAR:MAREFAT, VAHID

6098002-4G-D01-0001



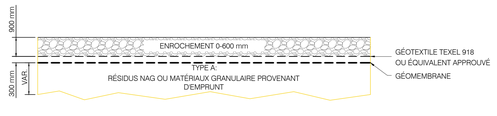
DIGUE OUEST - PROFIL

ÉCHELLE H 1:2 000 ; V 1:200



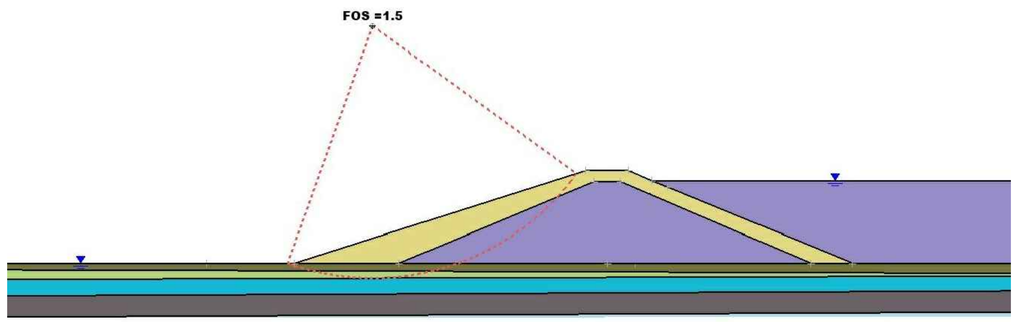
A1 250-0007 DIGUE OUEST - COUPE TYPIQUE CH: 0+155

1:100



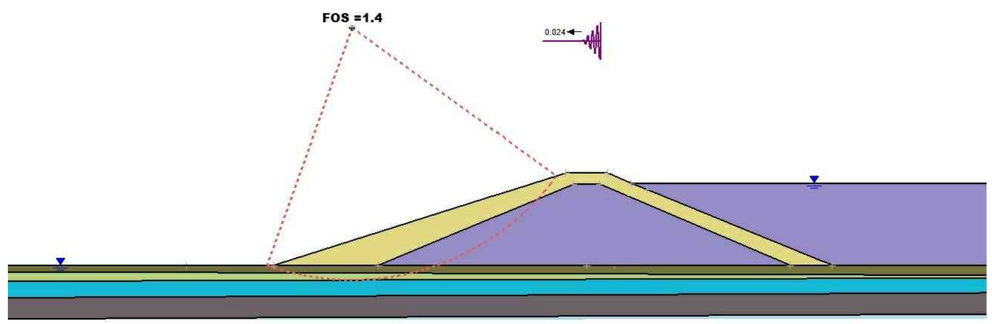
01 STRUCTURE DE MEMBRANE

1:100



DIGUE OUEST - RÉSULTAT DE LA STABILITÉ DES PENTES - CONDITION NON DRAINÉE

ÉCHELLE N.A.É.



DIGUE OUEST - RÉSULTAT DE LA STABILITÉ DES PENTES - PSEUDO STATIQUE

ÉCHELLE N.A.É.

POUR ÉMISSION AUX AUTORITÉS
NE PAS UTILISER POUR CONSTRUCTION
DATE: 2018-11-16

BBA

NOTES

1. LORS D'UNE CONCEPTION DÉTAILLÉE, IL EST ESSENTIEL DE PROCÉDER À UNE CAMPAGNE D'ESSAIS GÉOTECHNIQUES SUR LE SITE AINSI QU'À DES TEST DE LABORATOIRE ET CE, AFIN DE MIEUX CARACTÉRISER L'ARGILE EN PLACE.
2. NAG: NON-ACID GENERATOR

DESSIN No	DESCRIPTION
-	-

DESSINS DE RÉFÉRENCE

RÉV.	DESCRIPTION	VÉRIFIÉ PAR	APPROUVÉ PAR	DATE
AB	POUR ÉMISSION AUX AUTORITÉS	M-A. DOUCET	L. PICIACCHIA	2018-11-16
AA	POUR COMMENTAIRES	M-A. DOUCET	L. PICIACCHIA	2018-11-09

RÉVISIONS

SCEAU:

BBA

CLIENT:

BONTERRA
Ressources Métanor
Une filiale de Bonterra

PROJET: ÉTUDE PARC À RÉSIDUS METANOR

TITRE: DIGUE OUEST A'
DÉTAIL TYPIQUE ET PROFIL
VUE EN PROFIL

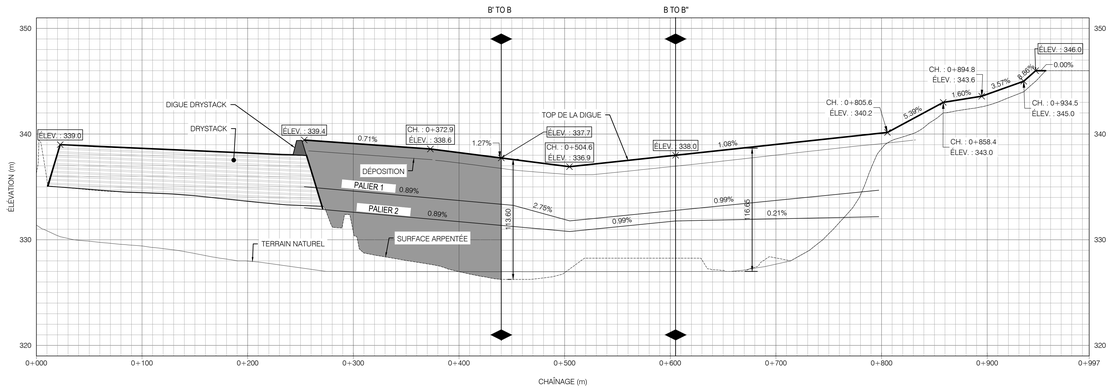
CONÇU PAR:	DESSINÉ PAR:
V. MAREFAT	M-A. DOUCET
VÉRIFIÉ PAR:	APPROUVÉ PAR:
M-A. DOUCET	L. PICIACCHIA
ÉCHELLE:	DATE:
INDIQUÉE	2018-11-09

DESSIN No: 6098002-4G-D01-0002 | FEUILLE | FORMAT: A0 | REV.: AB

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 cm

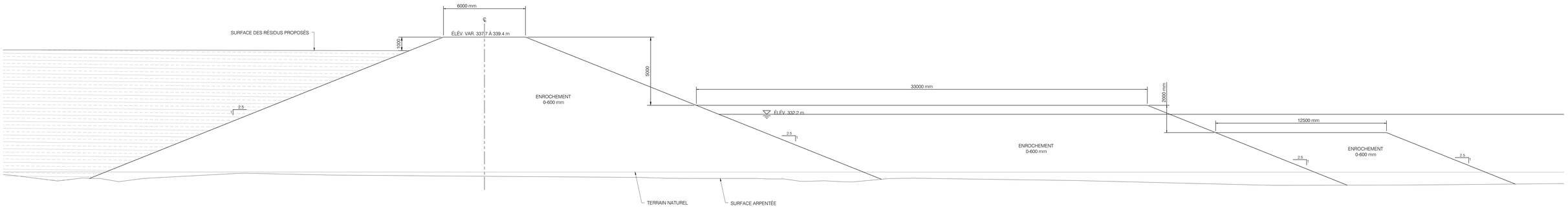
G:\6098\0002\40_ING_ENG\4G_GEOTECH\DESS_DWGS\PROJET_PROJECTEN COURS\6098002-4G.DWG

PAR DOUCET, MAIA-ANDRÉ
IMPRIMÉ LE 14 NOV. 2018

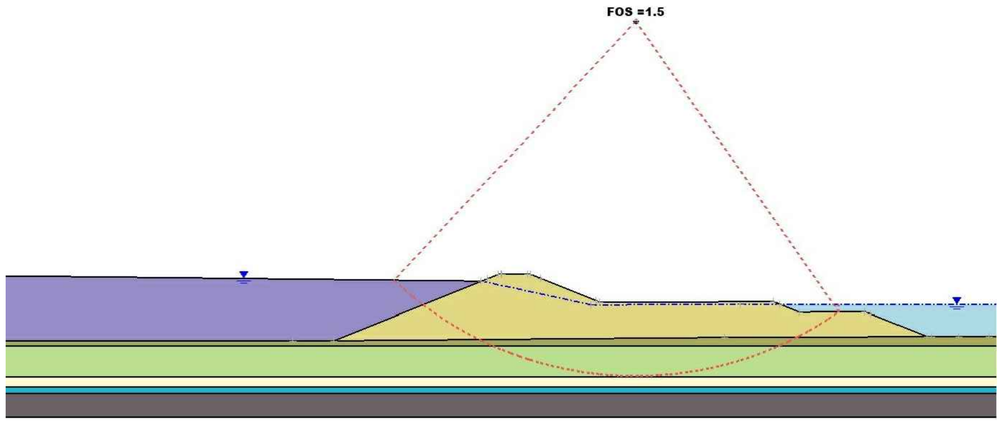


DIGUE INTERNE - PROFIL

ÉCHELLE H 1:2 000 ; V 1:200

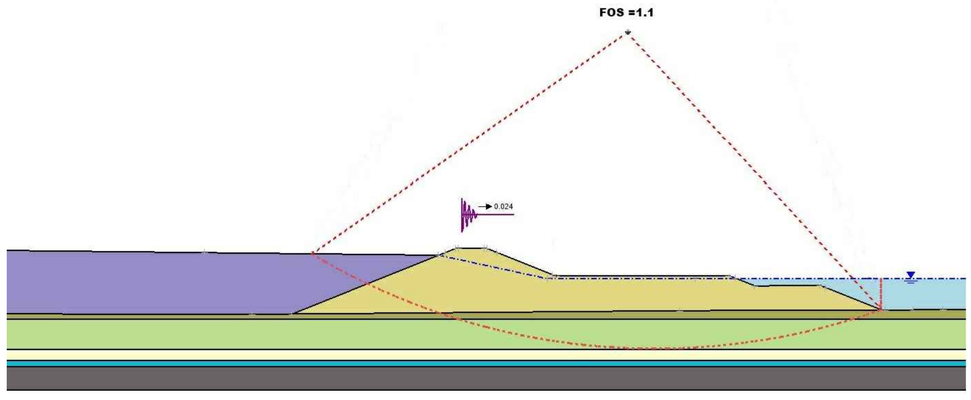


B' 6+000-0007 1:100 DIGUE INTERNE - COUPE TYPIQUE CH: 0+345



DIGUE INTERNE B' - RÉSULTAT DE LA STABILITÉ DES PENTES - CONDITION NON DRAINÉE

ÉCHELLE N.A.É.



DIGUE INTERNE B' - RÉSULTAT DE LA STABILITÉ DES PENTES - PSEUDO STATIQUE

ÉCHELLE N.A.É.

POUR ÉMISSION AUX AUTORITÉS
NE PAS UTILISER POUR CONSTRUCTION
DATE: 2018-11-16

BBA

NOTES
1. LORS D'UNE CONCEPTION DÉTAILLÉE, IL EST ESSENTIEL DE PROCÉDER À UNE CAMPAGNE D'ESSAIS GÉOTECHNIQUES SUR LE SITE AINSI QU'À DES TEST DE LABORATOIRE ET CE, AFIN DE MIEUX CARACTÉRISER L'ARGILE EN PLACE.

DESSIN No	DESCRIPTION
-	-

DESSINS DE RÉFÉRENCE

REV	DESCRIPTION	VÉRIFIÉ PAR	APPROUVÉ PAR	DATE
AB	POUR ÉMISSION AUX AUTORITÉS	M-A. DOUCET	L. PICIACCHIA	2018-11-16
AA	POUR COMMENTAIRES	M-A. DOUCET	L. PICIACCHIA	2018-11-09

RÉVISIONS

SCEAU:

BBA

CLIENT:
BONTERRA
Ressources Métanor
Une filiale de Bonterra

PROJET: ÉTUDE PARC À RÉSIDUS METANOR

TITRE: DIGUE INTERNE B'
DÉTAIL TYPIQUE ET PROFIL
VUE EN PROFIL

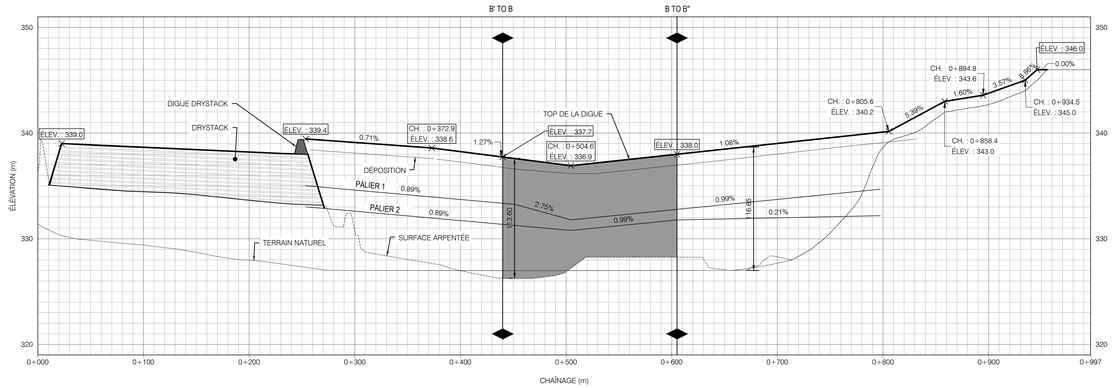
CONÇU PAR:	DESSINÉ PAR:
MAREFAT V.	M-A. DOUCET
VÉRIFIÉ PAR:	APPROUVÉ PAR:
M-A. DOUCET	L. PICIACCHIA
ÉCHELLE:	DATE:
INDIQUÉE	2018-11-09

DESSIN No: 6098002-4G-D01-0003
FEUILLE: FORMAT: A0 REV.: AB

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 cm

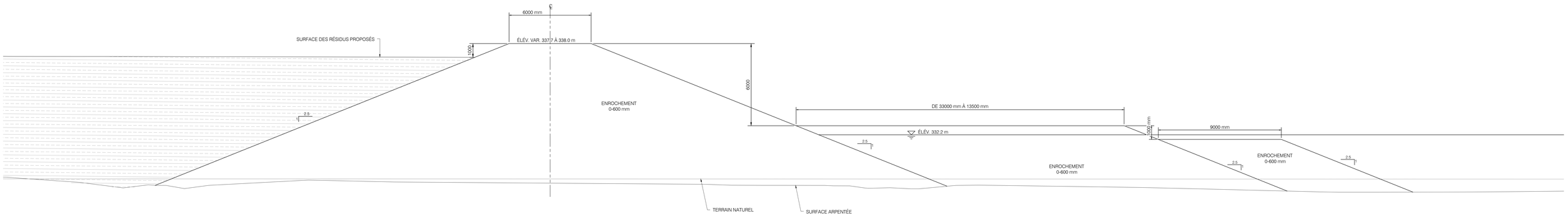
G:\6098\0002\40_ING_ENG\4G_GEOTECH\DESS_DWGS\PROJET_PROJECT\EN COURS\6098002-4G.DWG

PAR:DOUCET, MARC-ANDRÉ
IMPRIMÉ LE: 14 NOV. 2018



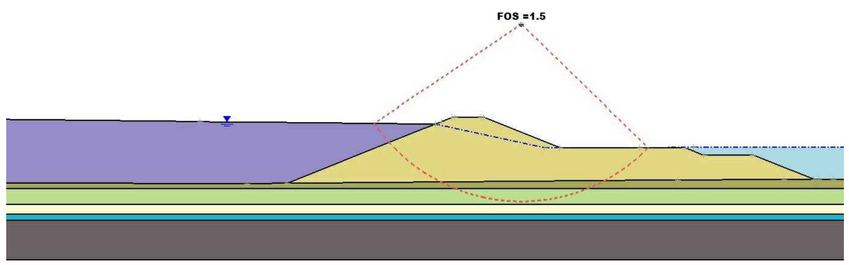
DIGUE INTERNE - PROFIL

ÉCHELLE H 1:2 000 ; V 1:200



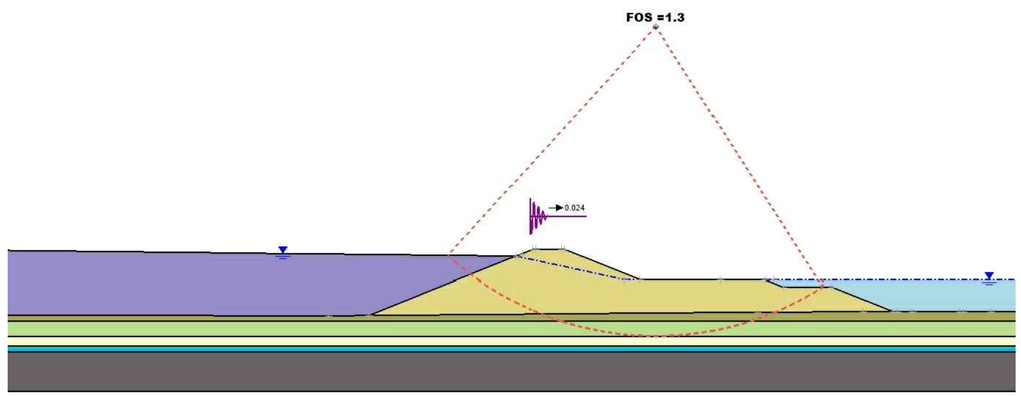
B 250-0007 DIGUE INTERNE - COUPE TYPIQUE CH: 0+480

1:100



DIGUE INTERNE B - RÉSULTAT DE LA STABILITÉ
DES PENTES - CONDITION NON DRAINÉE

ÉCHELLE N.A.É.



DIGUE INTERNE B - RÉSULTAT DE LA STABILITÉ
DES PENTES - PSEUDO STATIQUE

ÉCHELLE N.A.É.

POUR ÉMISSION AUX AUTORITÉS
NE PAS UTILISER POUR CONSTRUCTION
DATE: 2018-11-16

BBA

NOTES
1. LORS D'UNE CONCEPTION DÉTAILLÉE, IL EST ESSENTIEL DE PROCÉDER À UNE CAMPAGNE D'ESSAIS GÉOTECHNIQUES SUR LE SITE AINSI QU'À DES TEST DE LABORATOIRE ET CE, AFIN DE MIEUX CARACTÉRISER L'ARGILE EN PLACE.

DESSIN No	DESCRIPTION
-	-

DESSINS DE RÉFÉRENCE

RÉV.	DESCRIPTION	VÉRIFIÉ PAR	APPROUVÉ PAR	DATE
AB	POUR ÉMISSION AUX AUTORITÉS	M-A. DOUCET	L. PICIACCHIA	2018-11-16
AA	POUR COMMENTAIRES	M-A. DOUCET	L. PICIACCHIA	2018-11-09

RÉVISIONS

SCEAU:

CLIENT:
BONTERRA
Ressources Métanor
Une filiale de Bonterra

BBA

PROJET: ÉTUDE PARC À RÉSIDUS METANOR

TITRE: DIGUE INTERNE B
DÉTAIL TYPIQUE ET PROFIL
VUE EN PROFIL

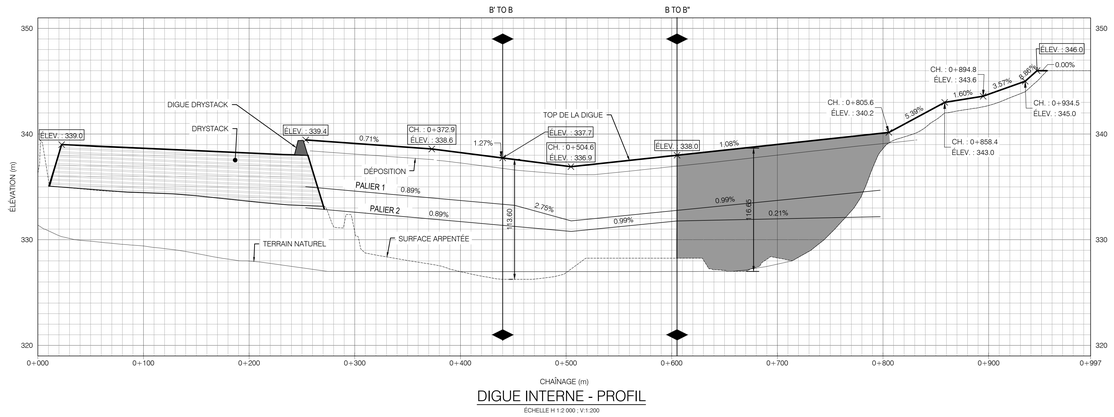
CONÇU PAR:	DESSINÉ PAR:
V. MAREFAT	M-A. DOUCET
VÉRIFIÉ PAR:	APPROUVÉ PAR:
M-A. DOUCET	L. PICIACCHIA
ÉCHELLE: INDIQUÉE	DATE: 2018-11-09

DESSIN No: 6098002-4G-D01-0004 | FEUILLE | FORMAT: A0 | REV.: AA

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 cm

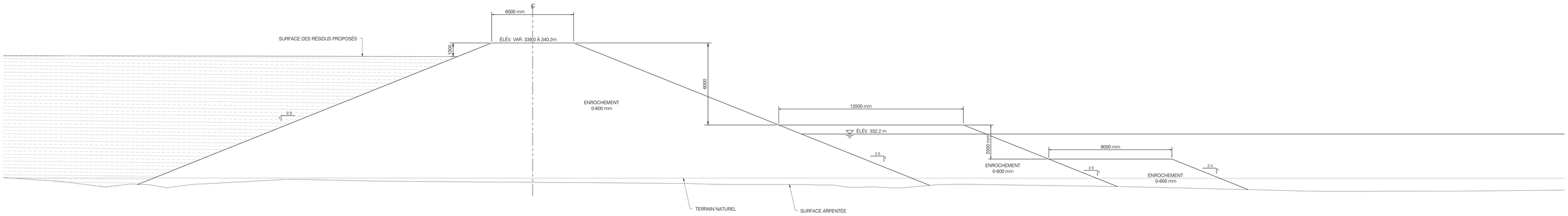
G:\6098\002\40_ING_ENG\4G_GEOTECH\DESS_DWGS\PROJET_PROJECTION COURS\6098002-4G.DWG

PAR:DOUCET, MARC-ANDRÉ
IMPRIMÉ LE:2018-11-16 09:44:46



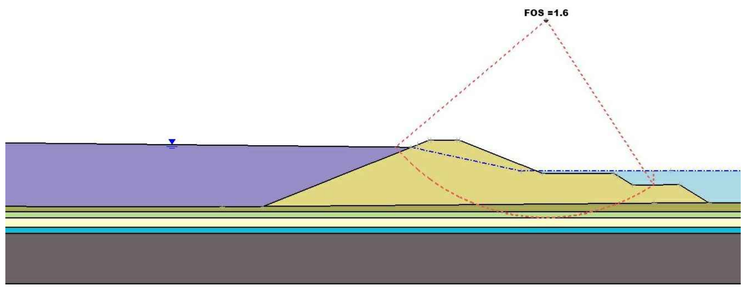
DIGUE INTERNE - PROFIL

ÉCHELLE H 1:2 000 : V 1:200



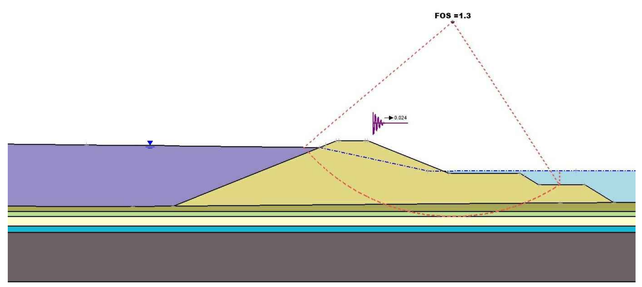
B" 0+000 / 0+997 DIGUE INTERNE - COUPE TYPIQUE CH: 0+680

1:100



DIGUE INTERNE B" - RÉSULTAT DE LA STABILITÉ DES PENTES - CONDITION NON DRAINÉE

ÉCHELLE N.A.É.



DIGUE INTERNE B" - RÉSULTAT DE LA STABILITÉ DES PENTES - PSEUDO STATIQUE

ÉCHELLE N.A.É.

POUR ÉMISSION AUX AUTORITÉS
NE PAS UTILISER POUR CONSTRUCTION
DATE: 2018-11-16

BBA

NOTES
1. LORS D'UNE CONCEPTION DÉTAILLÉE, IL EST ESSENTIEL DE PROCÉDER À UNE CAMPAGNE D'ESSAIS GÉOTECHNIQUES SUR LE SITE AINSI QU'À DES TEST DE LABORATOIRE ET CE, AFIN DE MIEUX CARACTÉRISER L'ARGILE EN PLACE.

DESSINS DE RÉFÉRENCE		RÉVISIONS				
DESSIN No	DESCRIPTION	RÉV	DESCRIPTION	VÉRIFIÉ PAR	APPROUVÉ PAR	DATE
-	-	AA	POUR COMMENTAIRES	M-A. DOUCET	L. PICIACCHIA	2018-11-09
		AB	POUR ÉMISSION AUX AUTORITÉS	M-A. DOUCET	L. PICIACCHIA	2018-11-16

SCEAU:

BBA

CLIENT:
BONTERRA
Ressources Métanor
Une filiale de Bonterra

PROJET: ÉTUDE PARC À RÉSIDUS METANOR

TITRE: DIGUE INTERNE B"
DÉTAIL TYPIQUE ET PROFIL
VUE EN PROFIL

CONÇU PAR:	DESSINÉ PAR:
V. MARÉFAT	M-A. DOUCET
VÉRIFIÉ PAR:	APPROUVÉ PAR:
M-A. DOUCET	L. PICIACCHIA
ÉCHELLE: INDIQUÉE	DATE: 2018-11-09

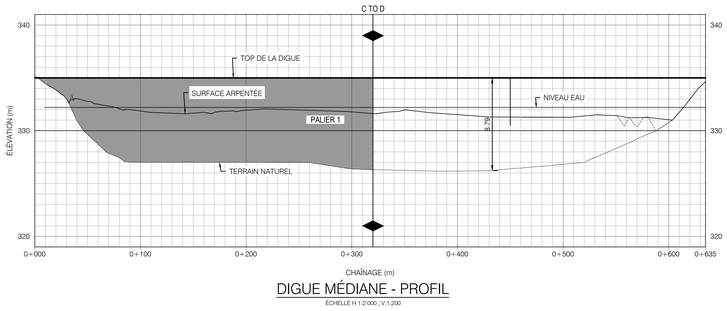
DESSIN No: 6098002-4G-D01-0005 | FEUILLE | FORMAT: A0 | RÉV: AB

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 cm

G:\6098\002\40_ING_ENG\40_GEOTECH\DESS_DWGS\PROJET_PROJECT\EN COURS\6098002-4G.DWG

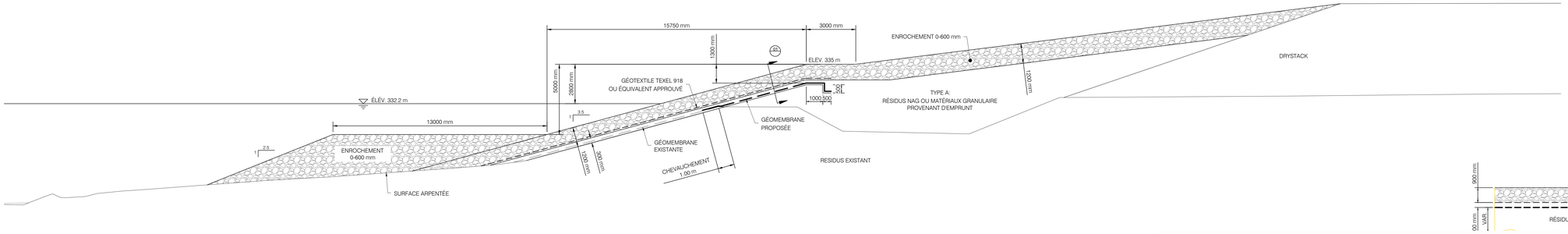
PAR:DOUCET, MARC-ANDRÉ
MPDF:2018-11-14 08:46:42

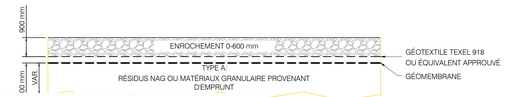
6098002-4G-D01-0005



DIGUE MÉDIANE - PROFIL

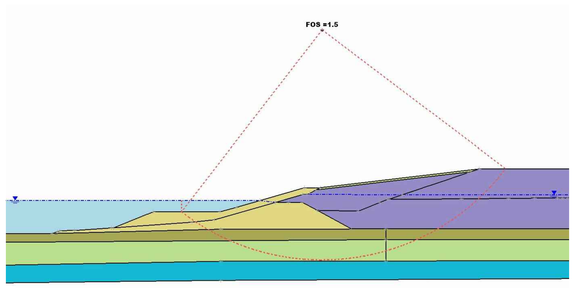
ÉCHELLE H 1:2 000 ; V 1:200





C DIGUE MÉDIANE - COUPE TYPIQUE CH: 0+185

1:100

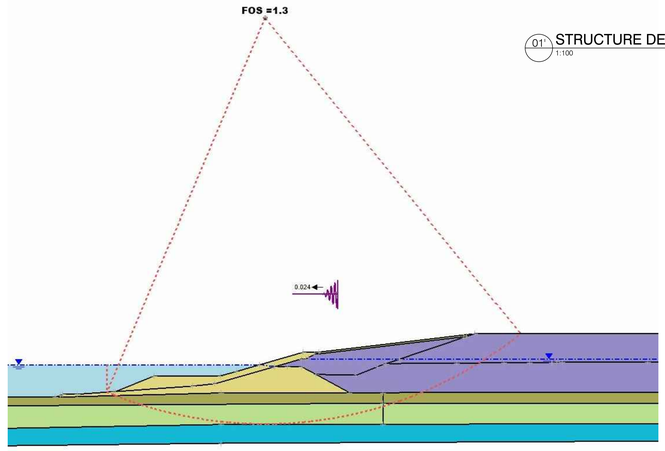


DIGUE MÉDIANE C -
RÉSULTAT DE LA STABILITÉ DES PENTES - CONDITION NON DRAINÉE

ÉCHELLE N.A.É.

01 STRUCTURE DE MEMBRANE

1:100



DIGUE MÉDIANE C - RÉSULTAT DE LA STABILITÉ
DES PENTES - PSEUDO STATIQUE

ÉCHELLE N.A.É.

POUR ÉMISSION AUX AUTORITÉS
NE PAS UTILISER POUR CONSTRUCTION
DATE: 2018-11-16

BBA

NOTES

1. LORS D'UNE CONCEPTION DÉTAILLÉE, IL EST ESSENTIEL DE PROCÉDER À UNE CAMPAGNE D'ESSAIS GÉOTECHNIQUES SUR LE SITE AINSI QUÀ DES TEST DE LABORATOIRE ET CE, AFIN DE MIEUX CARACTÉRISER L'ARGILE EN PLACE.
2. NAG: NON-ACID GENERATOR

DESSIN No	DESCRIPTION
-	-

DESSINS DE RÉFÉRENCE

RÉV.	DESCRIPTION	VÉRIFIÉ PAR	APPROUVÉ PAR	DATE
AB	POUR ÉMISSION AUX AUTORITÉS	M-A. DOUCET	L. PICIACCHIA	2018-11-16
AA	POUR COMMENTAIRES	M-A. DOUCET	L. PICIACCHIA	2018-11-09

RÉVISIONS

SCEAU:

BBA

CLIENT:

BONTERRA
Ressources Métanor
Une filiale de Bonterra

PROJET: ÉTUDE PARC À RÉSIDUS METANOR

TITRE: DIGUE MÉDIANE C
DÉTAIL TYPIQUE ET PROFIL
VUE EN PROFIL

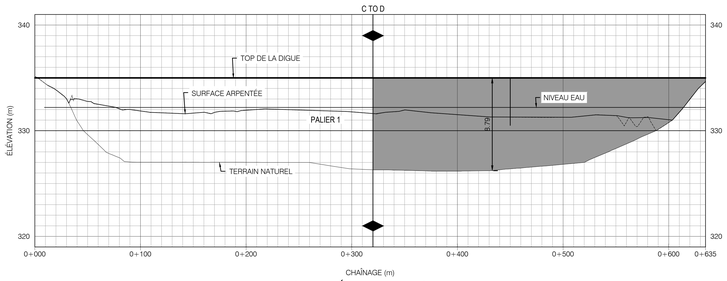
CONÇU PAR:	DESSINÉ PAR:
V. MAREFAT	M-A. DOUCET
VÉRIFIÉ PAR:	APPROUVÉ PAR:
M-A. DOUCET	L. PICIACCHIA
ÉCHELLE:	DATE:
INDIQUÉE	2018-11-09

DESSIN No: 6098002-4G-D01-0006 | FEUILLE | FORMAT: A0 | RÉV.: AB

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 cm

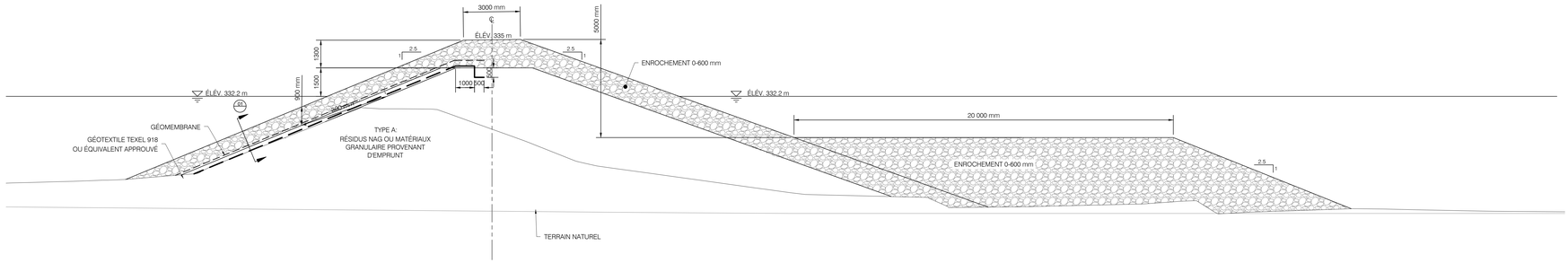
G:\6098\002\40_ING_ENG\4G_GEOTECH\DESS_DWGS\PROJET_PROJECTEN COURS\6098002-4G.DWG

PAR DOUCET, MARC-ANDRÉ
IMPRIMÉ LE 16 NOVEMBRE 2018

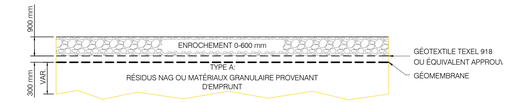


DIGUE MÉDIANE - PROFIL

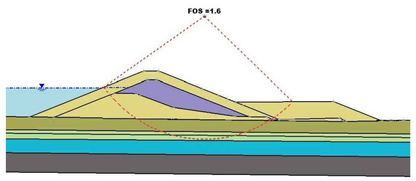
ÉCHELLE H 1:2 000 ; V 1:200



D DIGUE MÉDIANE - COUPE TYPIQUE CH: 0+433
050+000 1:100

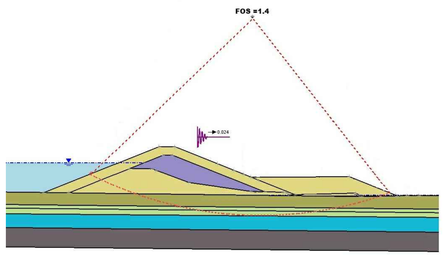


01 STRUCTURE DE MEMBRANE
1:100



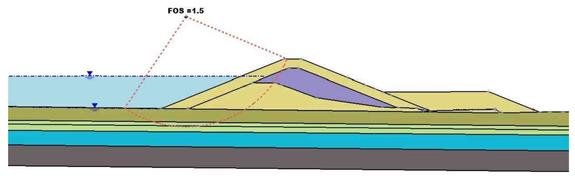
DIGUE MÉDIANE D -
RÉSULTAT DE LA STABILITÉ DES PENTES - CONDITION NON DRAINÉE

ÉCHELLE N.A.É.



DIGUE MÉDIANE D - RÉSULTAT DE LA STABILITÉ DES PENTES - PSEUDO STATIQUE

ÉCHELLE N.A.É.



DIGUE MÉDIANE D - RÉSULTAT DE LA STABILITÉ DES PENTES - RAPID DRAWDOWN

ÉCHELLE N.A.É.

POUR ÉMISSION AUX AUTORITÉS
NE PAS UTILISER POUR CONSTRUCTION
DATE: 2018-11-16

BBA

NOTES
1. LORS D'UNE CONCEPTION DÉTAILLÉE, IL EST ESSENTIEL DE PROCÉDER À UNE CAMPAGNE D'ESSAIS GÉOTECHNIQUES SUR LE SITE AINSI QU'À DES TEST DE LABORATOIRE ET CE, AFIN DE MIEUX CARACTÉRISER L'ARGILE EN PLACE.
2. NAG: NON-ACID GENERATOR

DESSIN No	DESCRIPTION
-	-

DESSINS DE RÉFÉRENCE

REV.	DESCRIPTION	VÉRIFIÉ PAR	APPROUVÉ PAR	DATE
AB	POUR ÉMISSION AUX AUTORITÉS	M-A. DOUCET	L. PICIACCHIA	2018-11-16
AA	POUR COMMENTAIRES	M-A. DOUCET	L. PICIACCHIA	2018-11-09

RÉVISIONS

SCEAU:

BBA

CLIENT:
BONTERRA
Ressources Métanor
Une filiale de Bonterra

PROJET: ÉTUDE PARC À RÉSIDUS METANOR

TITRE: DIGUE MÉDIANE D
DÉTAIL TYPIQUE ET PROFIL
VUE EN PROFIL

CONÇU PAR:	DESSINÉ PAR:
V. MAREFAT	M-A. DOUCET
VÉRIFIÉ PAR:	APPROUVÉ PAR:
M-A. DOUCET	L. PICIACCHIA
ÉCHELLE:	DATE:
INDIQUÉE	2018-11-09

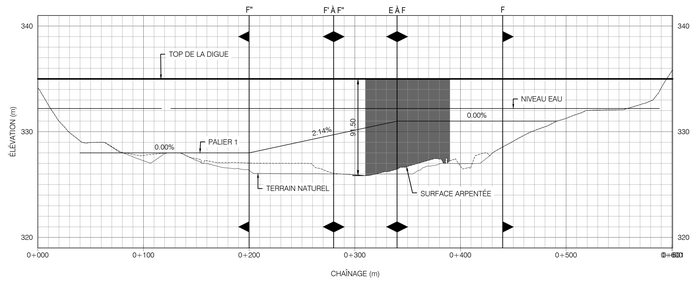
DESSIN No: 6098002-4G-D01-0007 | FEUILLE | FORMAT: A0 | REV.: AB

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 cm

G:\6098\0007\40_ING_ENG\4G_GEOTECH\DESS_DWGS\PROJET_PROJECT\EN COURS\6098002-4G.DWG

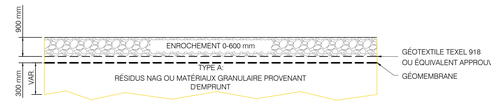
PAR DOUCET, MARC-ANDRÉ
IMPRIMÉ LE: 16 NOV 2018

6098002-4G-D01-0007



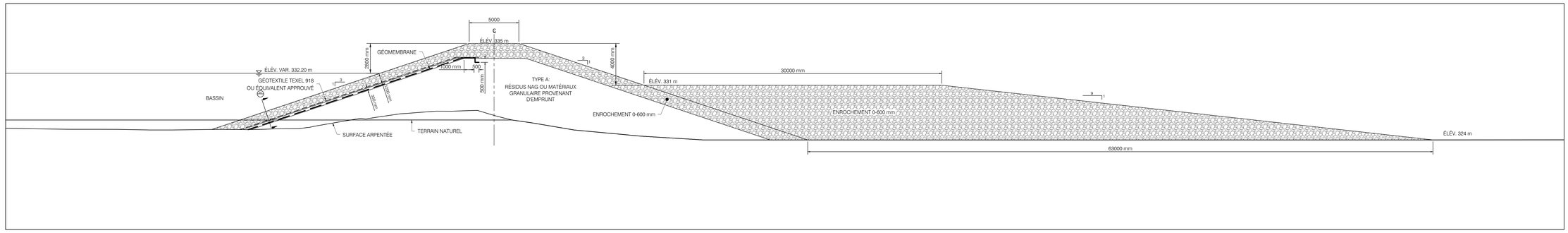
DIGUE NORD - PROFIL

ÉCHELLE H 1:2 000 ; V 1:200



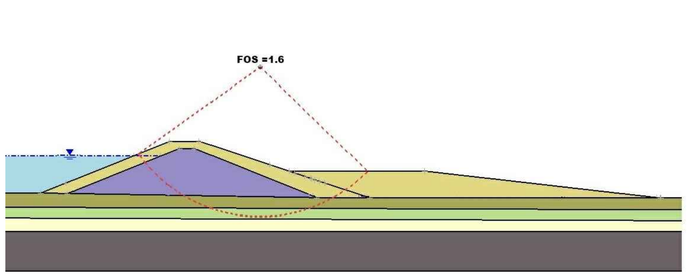
01 STRUCTURE DE MEMBRANE

1:100



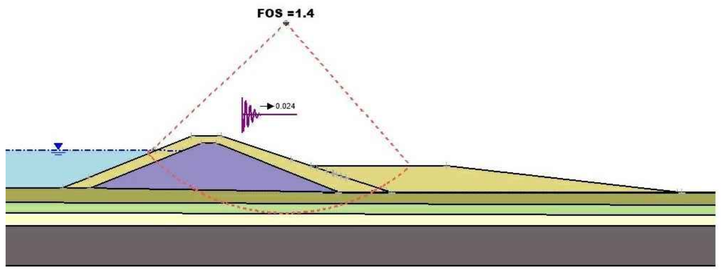
E DIGUE NORD - COUPE TYPIQUE CH: 0+340

1:100



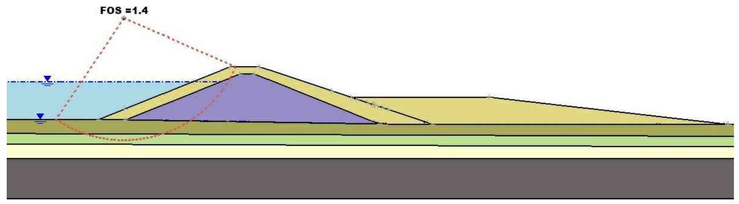
DIGUE NORD E - RÉSULTAT DE LA STABILITÉ DES PENTES - CONDITION NON DRAINÉE

ÉCHELLE N.A.É.



DIGUE NORD E - RÉSULTAT DE LA STABILITÉ DES PENTES - PSEUDO STATIQUE

ÉCHELLE N.A.É.



DIGUE NORD E - RÉSULTAT DE LA STABILITÉ DES PENTES - RAPID DRAWDOWN

ÉCHELLE N.A.É.

POUR ÉMISSION AUX AUTORITÉS
NE PAS UTILISER POUR CONSTRUCTION
DATE: 2018-11-16
BBA

NOTES

1. LORS D'UNE CONCEPTION DÉTAILLÉE, IL EST ESSENTIEL DE PROCÉDER À UNE CAMPAGNE D'ESSAIS GÉOTECHNIQUES SUR LE SITE AINSI QU'À DES TEST DE LABORATOIRE ET CE, AFIN DE MIEUX CARACTÉRISER L'ARGILE EN PLACE.
2. NAG: NON-ACID GENERATOR.

DESSIN No	DESCRIPTION
.	.

DESSINS DE RÉFÉRENCE

RÉV	DESCRIPTION	VÉRIFIÉ PAR	APPROUVÉ PAR	DATE
AB	POUR ÉMISSION AUX AUTORITÉS	M-A. DOUCET	L. PICIACCHIA	2018-11-16
AA	POUR COMMENTAIRES	M-A. DOUCET	L. PICIACCHIA	2018-11-09

RÉVISIONS

SCEAU:

BBA

CLIENT:

BONTERRA
Ressources Métanor
Une filiale de Bonterra

PROJET: ÉTUDE PARC À RESIDUS METANOR

TITRE: DIGUE NORD E
DÉTAIL TYPIQUE ET PROFIL
VUEN EN PROFIL

CONÇU PAR:	DESSINÉ PAR:
V. MARÉFAT	M-A. DOUCET
VÉRIFIÉ PAR:	APPROUVÉ PAR:
M-A. DOUCET	L. PICIACCHIA
ÉCHELLE: INDIQUÉE	DATE: 2018-11-09

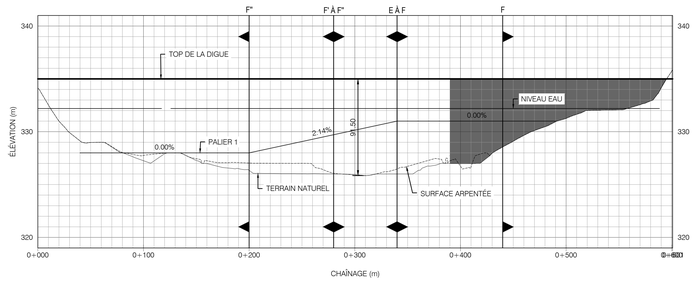
DESSIN No:	FEUILLE	FORMAT:	RÉV.
6098002-4G-D01-0008		A0	AB

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 cm

G:\6098\002\40_ING_ENG\4G_GEOTECH\DESS_DWGS\PROJET_PROJECT\EN COURS\6098002-4G.DWG

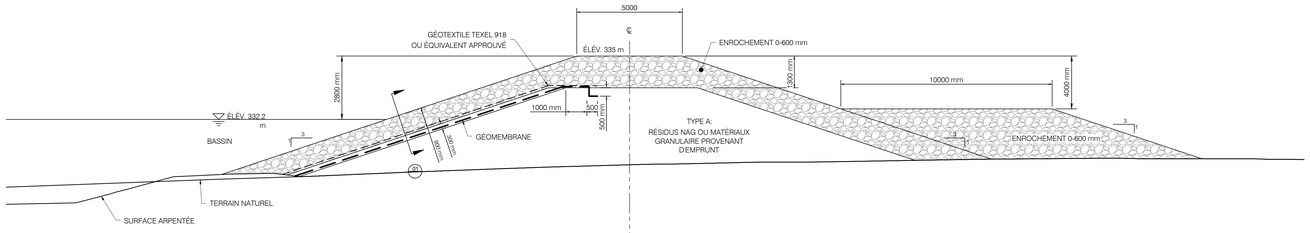
PAR DOUCET, MARC-ANDRÉ
MERCREDI, 14 NOVEMBRE 2018 - 13:56:36

6098002-4G-D01-0008



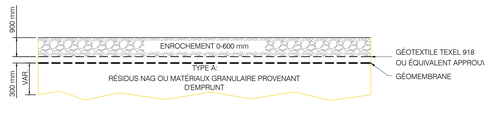
DIGUE NORD - PROFIL

ÉCHELLE H 1:2 000 ; V 1:200



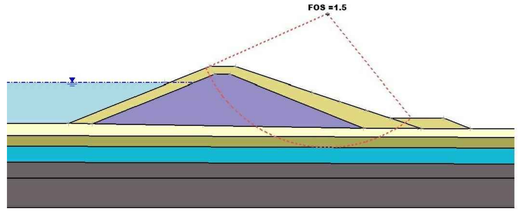
F DIGUE NORD - COUPE TYPIQUE CH: 0+440

050-0007 1:100



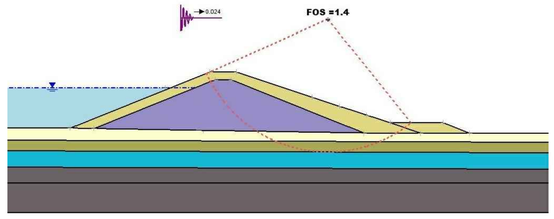
01 STRUCTURE DE MEMBRANE

1:100



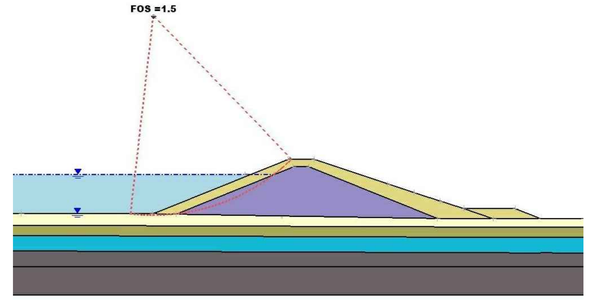
DIGUE NORD F- RÉSULTAT DE LA STABILITÉ DES PENTES - CONDITION NON DRAINÉE

ÉCHELLE N.A.É.



DIGUE NORD F - RÉSULTAT DE LA STABILITÉ DES PENTES - PSEUDO STATIQUE

ÉCHELLE N.A.É.



DIGUE NORD F - RÉSULTAT DE LA STABILITÉ DES PENTES - RAPID DRAWDOWN

ÉCHELLE N.A.É.

POUR ÉMISSION AUX AUTORITÉS
NE PAS UTILISER POUR CONSTRUCTION
DATE: 2018-11-16
BBA

NOTES
1. LORS D'UNE CONCEPTION DÉTAILLÉE, IL EST ESSENTIEL DE PROCÉDER À UNE CAMPAGNE D'ESSAIS GÉOTECHNIQUES SUR LE SITE AINSI QU'À DES TEST DE LABORATOIRE ET CE, AFIN DE MIEUX CARACTÉRISER L'ARGILE EN PLACE.
2. NAG: NON-ACID GENERATOR

DESSIN No	DESCRIPTION
-	-
DESSINS DE RÉFÉRENCE	

REV	DESCRIPTION	VÉRIFIÉ PAR	APPROUVÉ PAR	DATE
AB	POUR ÉMISSION AUX AUTORITÉS	M-A. DOUCET	L. PICIACCHIA	2018-11-16
AA	POUR COMMENTAIRES	M-A. DOUCET	L. PICIACCHIA	2018-11-09
RÉVISIONS				

SCEAU:

BBA

CLIENT:

BONTERRA
Ressources Métanor
Une filiale de Bonterra

PROJET: ÉTUDE PARC À RESIDUS METANOR

TITRE: DIGUE NORD F
DÉTAIL TYPIQUE ET PROFIL
VUEN EN PROFIL

CONÇU PAR:	DESSINÉ PAR:
V. MAREFAT	M-A. DOUCET
VÉRIFIÉ PAR:	APPROUVÉ PAR:
M-A. DOUCET	L. PICIACCHIA
ÉCHELLE: INDIQUÉE	DATE: 2018-10-31

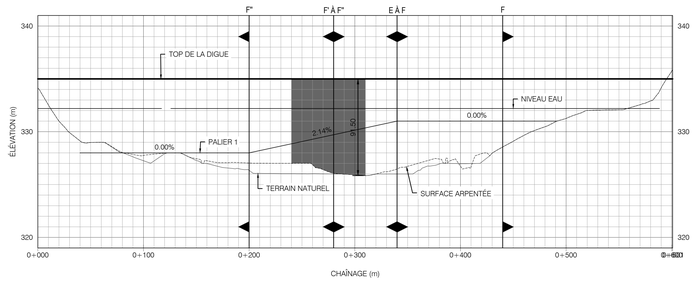
DESSIN No: 6098002-4G-D01-0009 | FEUILLE | FORMAT: A0 | REV: AB

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 cm

G:\6098\0002\40_ING_ENG\4G_GEOTECH\DESS_DWGS\PROJET_PROJECT\EN COURS\6098002-4G.DWG

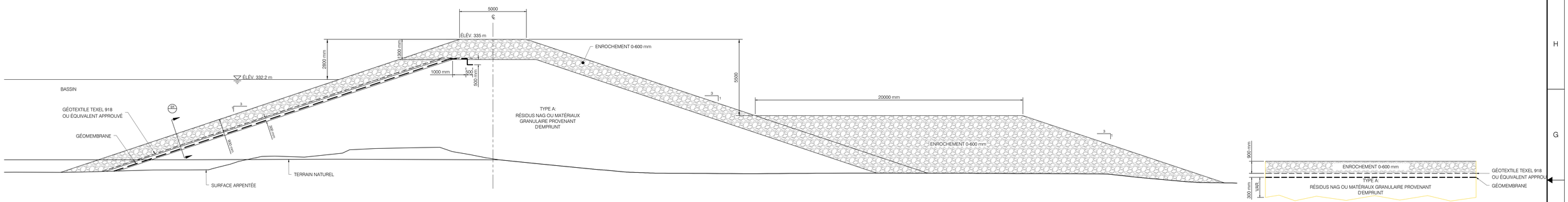
PAR:DOUCET, MARC-ANDRÉ
MP:PICIACCHIA, LUCA

6098002-4G-D01-0009



DIGUE NORD - PROFIL

ÉCHELLE H 1:2 000 ; V 1:200

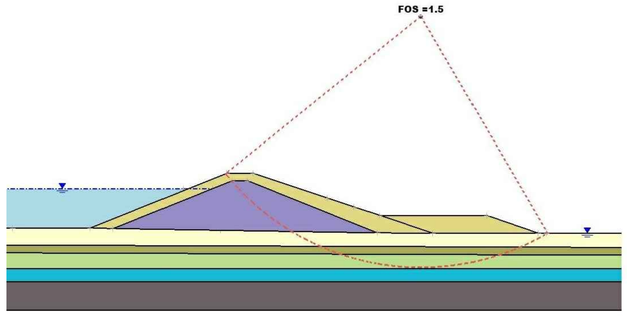


F' DIGUE NORD - COUPE TYPIQUE CH: 0+280

050-0007 1:100

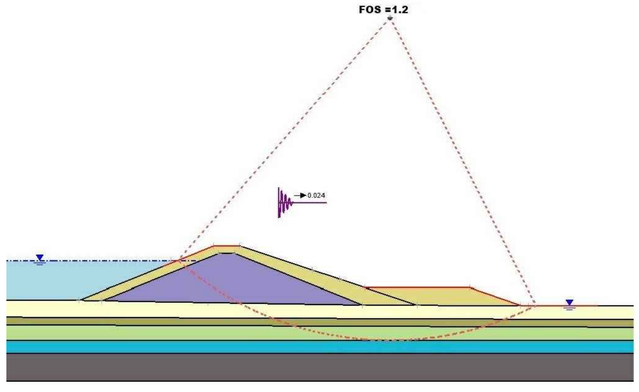
01 STRUCTURE DE MEMBRANE

1:100



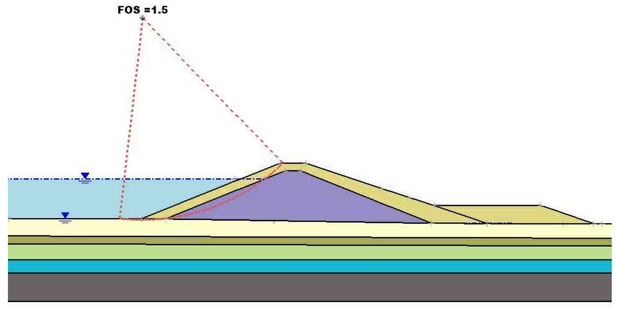
DIGUE NORD F' - RÉSULTAT DE LA STABILITÉ DES PENTES - CONDITION NON DRAINÉE

ÉCHELLE N.A.É.



DIGUE NORD F' - RÉSULTAT DE LA STABILITÉ DES PENTES - PSEUDO STATIQUE

ÉCHELLE N.A.É.



DIGUE NORD F' - RÉSULTAT DE LA STABILITÉ DES PENTES - RAPID DRAWDOWN

ÉCHELLE N.A.É.

POUR ÉMISSION AUX AUTORITÉS
NE PAS UTILISER POUR CONSTRUCTION
DATE: 2018-11-16
BBA

NOTES
1. LORS D'UNE CONCEPTION DÉTAILLÉE, IL EST ESSENTIEL DE PROCÉDER À UNE CAMPAGNE D'ESSAIS GÉOTECHNIQUES SUR LE SITE AINSI QU'À DES TEST DE LABORATOIRE ET CE, AFIN DE MIEUX CARACTÉRISER L'ARGILE EN PLACE.
2. NAG: NON-ACID GENERATOR

DESSINS DE RÉFÉRENCE		RÉVISIONS				
DESSIN No	DESCRIPTION	RÉV.	DESCRIPTION	VÉRIFIÉ PAR	APPROUVÉ PAR	DATE
-	-	AA	POUR COMMENTAIRES	M-A. DOUCET	L. PICIACCHIA	2018-11-09
		AB	POUR ÉMISSION AUX AUTORITÉS	M-A. DOUCET	L. PICIACCHIA	2018-11-16

SCEAU:

CLIENT:
BONTERRA
Ressources Métanor
Une filiale de Bonterra

PROJET: ÉTUDE PARC À RESIDUS METANOR

TITRE: DIGUE NORD F'
DÉTAIL TYPIQUE ET PROFIL
VUEN EN PROFIL

CONÇU PAR:	DESSINÉ PAR:
V. MAREFAT	M-A. DOUCET
VÉRIFIÉ PAR:	APPROUVÉ PAR:
M-A. DOUCET	L. PICIACCHIA
ÉCHELLE:	DATE:
INDIQUÉE	2018-10-31

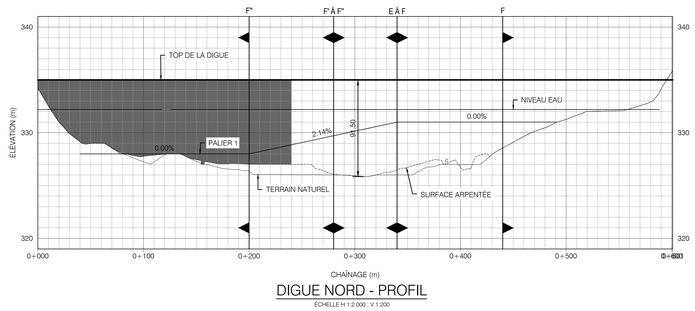
DESSIN No: 6098002-4G-D01-0010 | FEUILLE | FORMAT: A0 | RÉV. AB

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 cm

G:\6098\6002\40_ING_ENG\4G_GEOTECH\DESS_DWGS\PROJET_PROJECT\EN COURS\6098002-4G.DWG

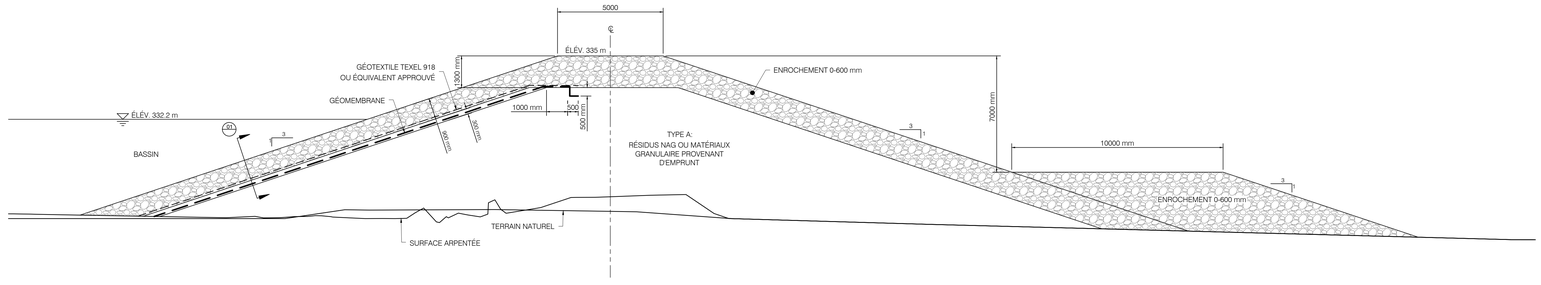
PAR:DOUCET, MARC-ANDRÉ
IMPRIMÉ LE:16 JUIN 2018

6098002-4G-D01-0010



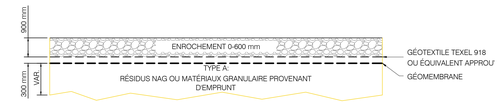
DIGUE NORD - PROFIL

ÉCHELLE H 1:2 000 ; V 1:200



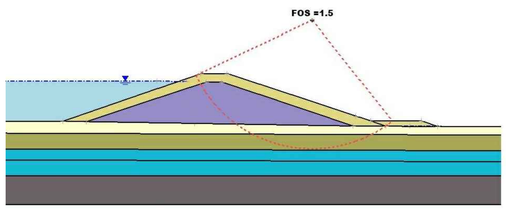
F" DIGUE NORD - COUPE TYPIQUE CH: 0+200

0+000 / 0+500 1:100



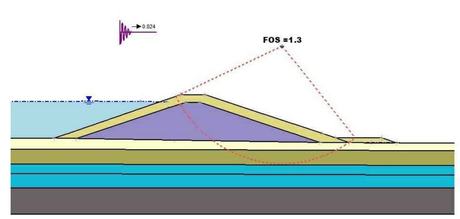
01 STRUCTURE DE MEMBRANE

1:100



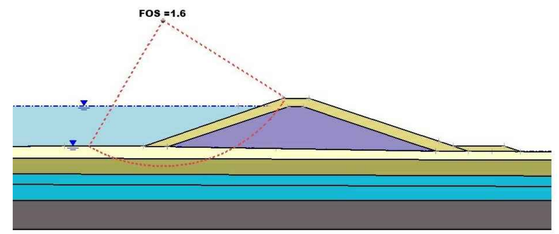
DIGUE NORD F" - RÉSULTAT DE LA STABILITÉ DES PENTES - CONDITION NON DRAINÉE

ÉCHELLE N.A.E.



DIGUE NORD F" - RÉSULTAT DE LA STABILITÉ DES PENTES - PSEUDO STATIQUE

ÉCHELLE N.A.E.



DIGUE NORD F" - RÉSULTAT DE LA STABILITÉ DES PENTES - RAPID DRAWDOWN

ÉCHELLE N.A.E.

POUR ÉMISSION AUX AUTORITÉS
NE PAS UTILISER POUR CONSTRUCTION
DATE: 2018-11-16

BBA

NOTES
1. LORS D'UNE CONCEPTION DÉTAILLÉE, IL EST ESSENTIEL DE PROCÉDER À UNE CAMPAGNE D'ESSAIS GÉOTECHNIQUES SUR LE SITE AINSI QUÀ DES TEST DE LABORATOIRE ET CE, AFIN DE MIEUX CARACTÉRISER L'ARGILE EN PLACE.
2. NAG: NON-ACID GENERATOR

DESSINS DE RÉFÉRENCE		RÉVISIONS				
DESSIN No	DESCRIPTION	RÉV	DESCRIPTION	VÉRIFIÉ PAR	APPROUVÉ PAR	DATE
-	-	AA	POUR COMMENTAIRES	M-A. DOUCET	L. PICIACCHIA	2018-11-09
		AB	POUR ÉMISSION AUX AUTORITÉS	M-A. DOUCET	L. PICIACCHIA	2018-11-16

SCEAU:

CLIENT: BONTERRA Ressources Métanor Une filiale de Bonterra

PROJET: ÉTUDE PARC À RESIDUS METANOR

TITRE: DIGUE NORD F" DÉTAIL TYPIQUE ET PROFIL VUE EN PROFIL

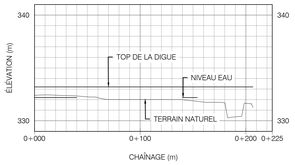
CONÇU PAR:	DESSINÉ PAR:
MAREFAT V.	M-A. DOUCET
VÉRIFIÉ PAR:	APPROUVÉ PAR:
M-A. DOUCET	L. PICIACCHIA
ÉCHELLE:	DATE:
INDIQUÉE	2018-10-31

DESSIN No: 6098002-4G-D01-0011 | FEUILLE | FORMAT: A0 | RÉV: AB

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 cm

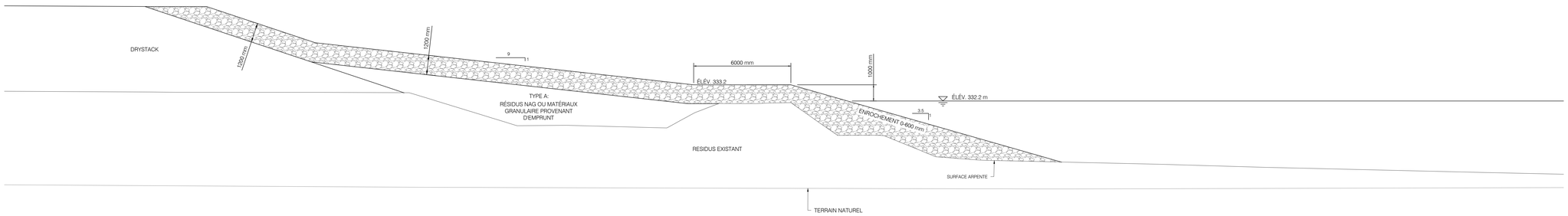
G:\6098\002-40_ING_ENG\4G_GEOTECH\DESS_DWGS\PROJET_PROJECT\EN COURS\6098002-4G.DWG

PAR:DOUCET, MARC-ANDRÉ
APPROUVÉ PAR:PICIACCHIA, LUCA



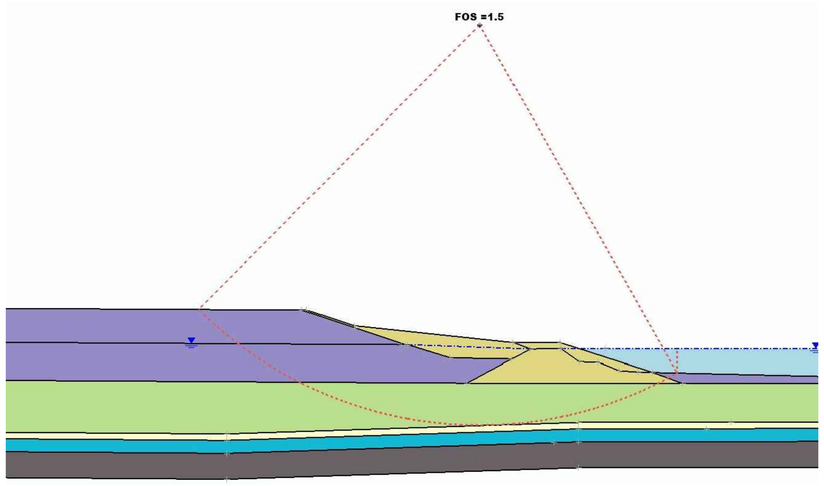
DIGUE DRYSTACK\ BASSIN - PROFIL

ÉCHELLE H 1:2 000 ; V 1:200



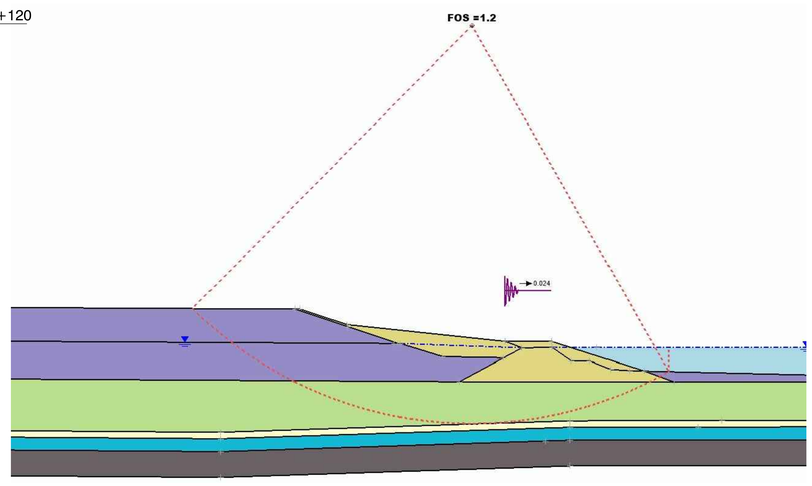
G DIGUE DRYSTACK\ BASSIN- COUPE TYPIQUE CH: 0+120

050-0003 1:100



DIGUE DRYSTACK/ BASSIN G - RÉSULTAT DE LA STABILITÉ DES PENTES - CONDITION NON DRAINÉE

ÉCHELLE N.A.É.



DIGUE DRYSTACK/ BASSIN G - RÉSULTAT DE LA STABILITÉ DES PENTES - PSEUDO STATIQUE

ÉCHELLE N.A.É.

POUR ÉMISSION AUX AUTORITÉS
NE PAS UTILISER POUR CONSTRUCTION
DATE: 2018-11-16

BBA

NOTES
1. LORS D'UNE CONCEPTION DÉTAILLÉE, IL EST ESSENTIEL DE PROCÉDER À UNE CAMPAGNE D'ESSAIS GÉOTECHNIQUES SUR LE SITE AINSI QUÀ DES TEST DE LABORATOIRE ET CE, AFIN DE MIEUX CARACTÉRISER L'ARGILE EN PLACE.

DESSINS DE RÉFÉRENCE		RÉVISIONS				
DESSIN No	DESCRIPTION	RÉV	DESCRIPTION	VÉRIFIÉ PAR	APPROUVÉ PAR	DATE
-	-	AA	POUR COMMENTAIRES	M-A. DOUCET	L. PICIACCHIA	2018-11-09
		AB	POUR ÉMISSION AUX AUTORITÉS	M-A. DOUCET	L. PICIACCHIA	2018-11-16

SCEAU:

BBA

CLIENT:

BONTERRA
Ressources Métanor
Une filiale de Bonterra

PROJET: ÉTUDE PARC À RESIDUS METANOR

TITRE: DIGUE DRYSTACK/ BASSIN G
DÉTAIL TYPIQUE ET PROFIL
VUEN EN PROFIL

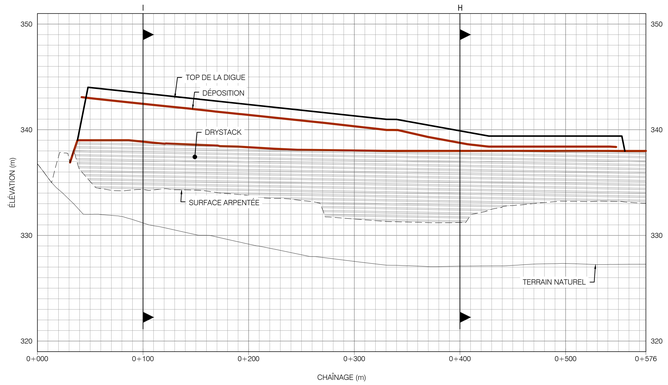
CONÇU PAR:	DESSINÉ PAR:
MAREFAT V.	M-A. DOUCET
VÉRIFIÉ PAR:	APPROUVÉ PAR:
M-A. DOUCET	L. PICIACCHIA
ÉCHELLE: INDIQUÉE	DATE: 2018-11-09

DESSIN No: 6098002-4G-D01-0012 | FEUILLE | FORMAT: A0 | RÉV: AB

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 cm

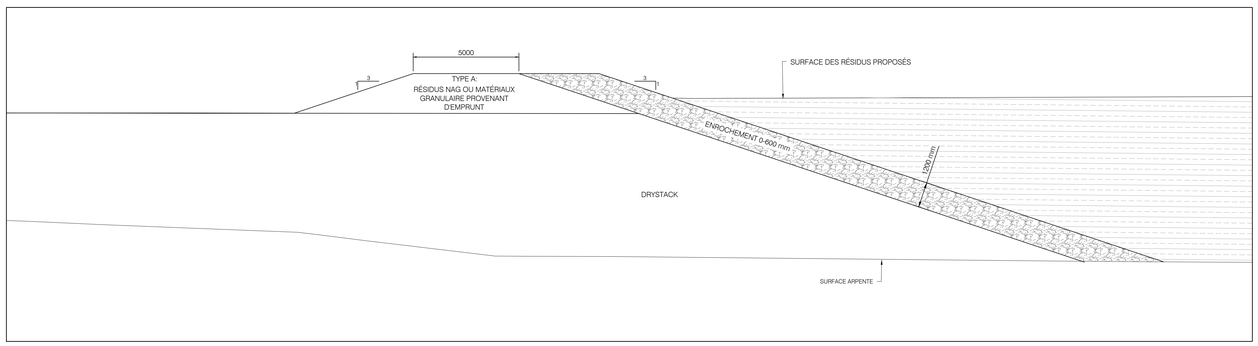
G:\6098\002\40_ING_ENG\4G_GEOTECH\DESS_DWGS\PROJET_PROJECT\EN COURS\6098002-4G.DWG

PAR DOUCET, MARC-ANDRÉ
IMPRIMÉ LE 16 NOV 2018



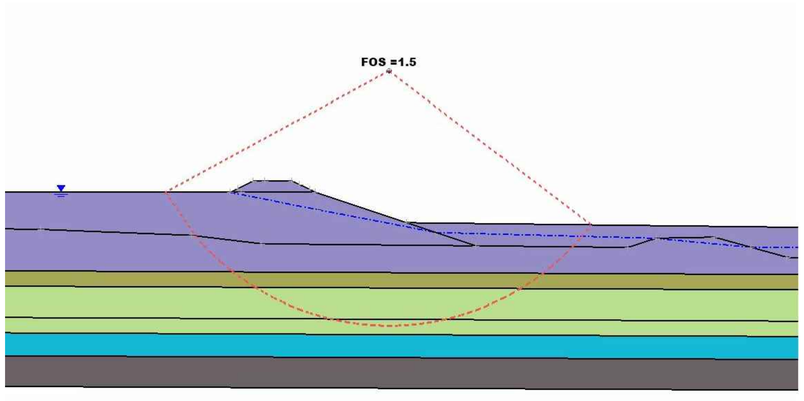
DIGUE DRYSTACK/ RÉSIDUS - PROFIL

ECHELLE H 1:2 000 ; V 1:200



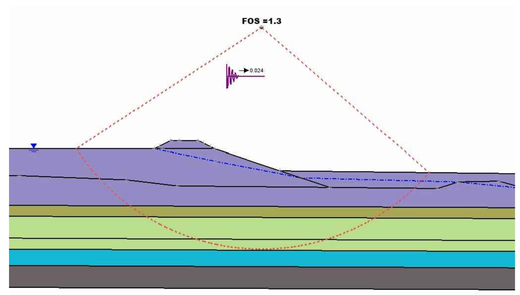
H (0+000) DIGUE DRYSTACK/ RÉSIDUS - COUPE TYPIQUE CH: 0+400

1:100



DIGUE DRYSTACK/ RÉSIDUS H - RÉSULTAT DE LA STABILITÉ DES PENTES - CONDITION NON DRAINÉE

ÉCHELLE N.A.É.



DIGUE DRYSTACK/ RÉSIDUS H - RÉSULTAT DE LA STABILITÉ DES PENTES - PSEUDO STATIQUE

ÉCHELLE N.A.É.

POUR ÉMISSION AUX AUTORITÉS
NE PAS UTILISER POUR CONSTRUCTION
DATE: 2018-11-16
BBA

NOTES
1. LORS D'UNE CONCEPTION DÉTAILLÉE, IL EST ESSENTIEL DE PROCÉDER À UNE CAMPAGNE D'ESSAIS GÉOTECHNIQUES SUR LE SITE AINSI QU'À DES TEST DE LABORATOIRE ET CE, AFIN DE MIEUX CARACTÉRISER L'ARGILE EN PLACE.

DESSIN No	DESCRIPTION
-	-

DESSINS DE RÉFÉRENCE

RÉV	DESCRIPTION	VÉRIFIÉ PAR	APPROUVÉ PAR	DATE
AB	POUR ÉMISSION AUX AUTORITÉS	M-A. DOUCET	L. PICIACCHIA	2018-11-16
AA	POUR COMMENTAIRES	M-A. DOUCET	L. PICIACCHIA	2018-11-09

RÉVISIONS

SCEAU:

BBA

CLIENT:
BONTERRA
Ressources Métanor
Une filiale de Bonterra

PROJET: ÉTUDE PARC À RESIDUS METANOR

TITRE: DIGUE DRYSTACK/ RÉSIDUS H
DETAIL TYPIQUE ET PROFIL
VUEN EN PROFIL

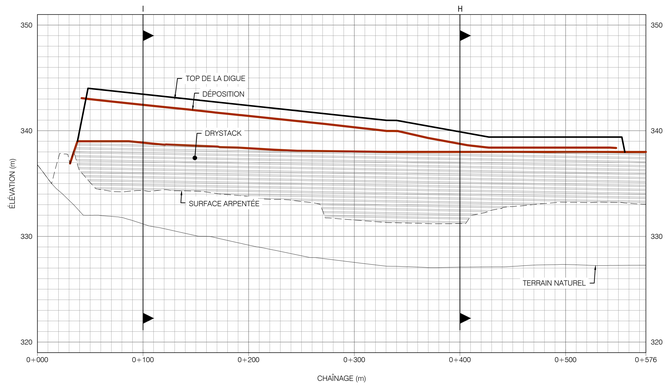
CONÇU PAR:	DESSINÉ PAR:
MAREFAT V.	M-A. DOUCET
VÉRIFIÉ PAR:	APPROUVÉ PAR:
M-A. DOUCET	L PICIACCHIA
ÉCHELLE:	DATE:
INDIQUÉE	2018-11-09

DESSIN No: 6098002-4G-D01-0013 | FEUILLE | FORMAT | RÉV.
A0 | AB

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 cm

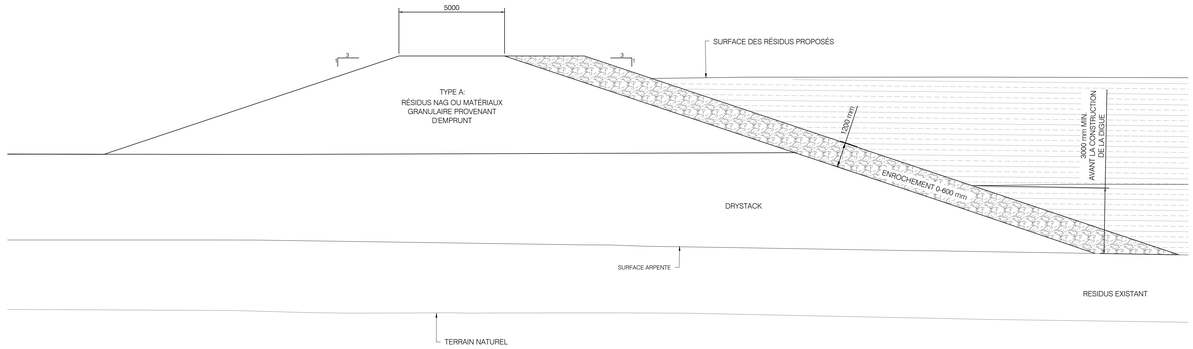
G:\6098\002\40_ING_ENG\4G_GEOTECH\DESS_DWGS\PROJET_PROJECT\EN COURS\6098002-4G.DWG

PAR:DOUCET, MARC-ANDRÉ
MPDF:PDFCreator



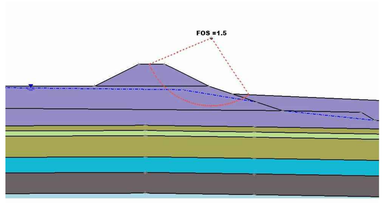
DIGUE DRYSTACK/ RÉSIDUS - PROFIL

ECHELLE H 1:2 000 ; V 1:200



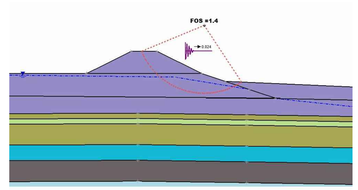
1 / D50-0013 DIGUE DRYSTACK/ RÉSIDUS - COUPE TYPIQUE CH: 0+100

1:100



DIGUE DRYSTACK/ RÉSIDUS I - RÉSULTAT DE LA STABILITÉ DES PENTES - CONDITION NON DRAINÉE

ECHELLE N.A.E.



DIGUE DRYSTACK/ RÉSIDUS I - RÉSULTAT DE LA STABILITÉ DES PENTES - PSEUDO STATIQUE

ÉCHELLE N.A.E.

POUR ÉMISSION AUX AUTORITÉS
NE PAS UTILISER POUR CONSTRUCTION
DATE: 2018-11-16
BBA

NOTES
1. LORS D'UNE CONCEPTION DÉTAILLÉE, IL EST ESSENTIEL DE PROCÉDER À UNE CAMPAGNE D'ESSAIS GÉOTECHNIQUES SUR LE SITE AINSI QUÀ DES TEST DE LABORATOIRE ET CE, AFIN DE MIEUX CARACTÉRISER L'ARGILE EN PLACE.

DESSIN No	DESCRIPTION
-	-

DESSINS DE RÉFÉRENCE

RÉV	DESCRIPTION	VÉRIFIÉ PAR	APPROUVÉ PAR	DATE
AB	POUR ÉMISSION AUX AUTORITÉS	M-A. DOUCET	L. PICIACCHIA	2018-11-16
AA	POUR COMMENTAIRES	M-A. DOUCET	L. PICIACCHIA	2018-11-09

RÉVISIONS

SCEAU:

BBA

CLIENT:
BONTERRA
Ressources Métanor
Une filiale de Bonterra

PROJET: ÉTUDE PARC À RESIDUS METANOR

TITRE: DIGUE DRYSTACK/ RÉSIDUS I
DETAIL TYPIQUE ET PROFIL
VUE EN PROFIL

CONÇU PAR:	DESSINÉ PAR:
MAREFAT V.	M-A. DOUCET
VÉRIFIÉ PAR:	APPROUVÉ PAR:
M-A. DOUCET	L. PICIACCHIA
ÉCHELLE: INDIQUÉE	DATE: 2018-11-09

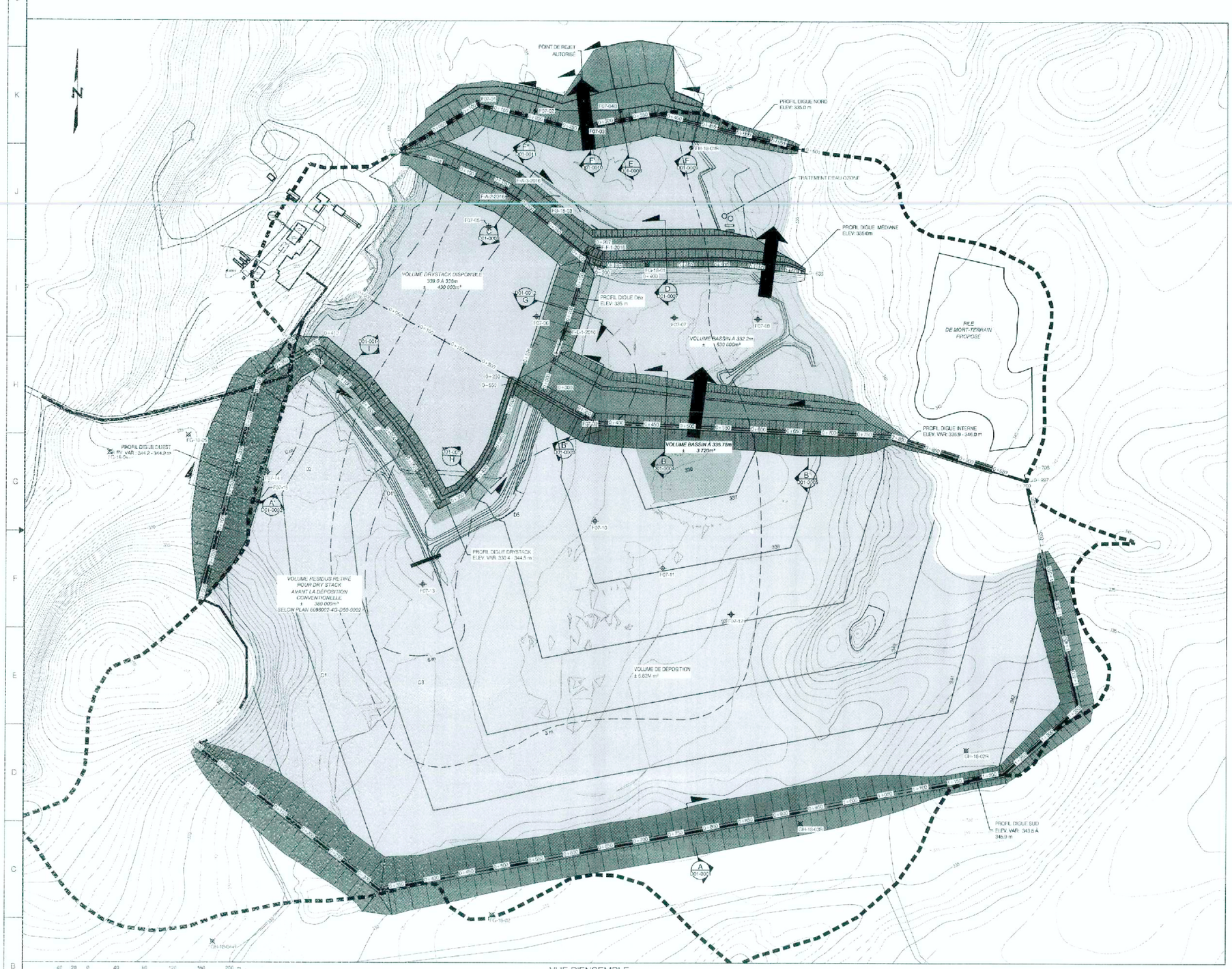
DESSIN No: 6098002-4G-D01-0014 | FEUILLE | FORMAT: A0 | RÉV: AB

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 cm

G:\6098\002\40_ING_ENG\4G_GEOTECH\DESS_DWGS\PROJET_PROJECT\EN COURS\6098002-4G.DWG

REPRODUCTION, MARQUAGE OU MODIFICATION INTERDITS SANS AUTORISATION PAR DOUCET, MARC-ANDRÉ

H. PLANS ET SECTIONS – ANALYSES DE STABILITÉ DU PARC À RÉSIDUS
(VERSION SIGNÉE ET SCELLÉE)



VUE D'ENSEMBLE

ÉCHELLE : 1:2 000

OPTION 6

DÉPOSITION CONVENTIONNELLE
TONNAGE VISÉ: 8M t
VOLUME (T. 44b-m³) : 5.6M m³

LÉGENDE:

- BASSIN VERSANT
- DÉVERSOIR D'OPÉRATION PROPOSÉ
- DÉVERSOIR D'URGENCE ET STRUCTURE DE DÉCANTATION PROPOSÉS
- COURBE ARBITRE (INTERVALLES AUX 5 m)

NOTES:
1. LORS D'UNE CONCEPTION DÉTAILLÉE, IL EST ESSENTIEL DE PROCÉDER À UNE CAMPAGNE D'ESSAIS GÉOTECHNIQUES SUR LE SITE AINSI QUÀ DES TEST DE LABORATOIRE ET CE, AFIN DE MIEUX CARACTÉRISER L'ARGILE EN PLACE.
2. INTERPRÉTATION BASÉE SUR DES FORAGES GÉOTECHNIQUES LIMITÉS.

INDEX DES PLANS

6098002-4G-D50-0001	PARC À RESIDUS	-		VUE EN PLAN
6098002-4G-D50-0001	RÉFECTION AVANT DÉPOSITION	-		VUE EN PLAN
6098002-4G-D01-0001	DIGUE SUD A	- DÉTAIL TYPIQUE ET PROFIL	-	VUE EN PROFIL
6098002-4G-D01-0002	DIGUE OUEST	- DÉTAIL TYPIQUE ET PROFIL	-	VUE EN PROFIL
6098002-4G-D01-0003	DIGUE INTERNE B'	- DÉTAIL TYPIQUE ET PROFIL	-	VUE EN PROFIL
6098002-4G-D01-0004	DIGUE INTERNE B	- DÉTAIL TYPIQUE ET PROFIL	-	VUE EN PROFIL
6098002-4G-D01-0005	DIGUE INTERNE B''	- DÉTAIL TYPIQUE ET PROFIL	-	VUE EN PROFIL
6098002-4G-D01-0006	DIGUE MÉDIANE C	- DÉTAIL TYPIQUE ET PROFIL	-	VUE EN PROFIL
6098002-4G-D01-0007	DIGUE MÉDIANE D	- DÉTAIL TYPIQUE ET PROFIL	-	VUE EN PROFIL
6098002-4G-D01-0008	DIGUE NORD E	- DÉTAIL TYPIQUE ET PROFIL	-	VUE EN PROFIL
6098002-4G-D01-0009	DIGUE NORD F	- DÉTAIL TYPIQUE ET PROFIL	-	VUE EN PROFIL
6098002-4G-D01-0010	DIGUE NORD F'	- DÉTAIL TYPIQUE ET PROFIL	-	VUE EN PROFIL
6098002-4G-D01-0011	DIGUE NORD F''	- DÉTAIL TYPIQUE ET PROFIL	-	VUE EN PROFIL
6098002-4G-D01-0012	DIGUE DRYSTACK G	- DÉTAIL TYPIQUE ET PROFIL	-	VUE EN PROFIL
6098002-4G-D01-0013	DIGUE DRYSTACK H	- DÉTAIL TYPIQUE ET PROFIL	-	VUE EN PROFIL
6098002-4G-D01-0014	DIGUE DRYSTACK I	- DÉTAIL TYPIQUE ET PROFIL	-	VUE EN PROFIL

TABLEAU VOLUME DE DÉPOSITION

VOLUME	HAUTEUR DIGUE SUD	HAUTEUR DIGUE INTERNE	HAUTEUR DIGUE OUEST
5.65M m3	343.3 - 344.7 m	336.8 - 346.0 m	339.0-343.5 m
1.99M m3	341.3 - 343.7 m	335.8 - 346.0 m	338.0-342.5 m
4.39M m3	340.3 - 343.7 m	334.8 - 346.0 m	337.0-341.5 m
3.83M m3	339.3 - 341.7 m	333.8 - 346.0 m	336.0-339.6 m
3.25M m3	338.3 - 340.7 m	332.8 - 346.0 m	335.0-338.6 m
2.77M m3	337.3 - 339.7 m	331.8 - 346.0 m	334.0-338.6 m
2.29M m3	336.3 - 338.7 m	330.8 - 346.0 m	333.0-337.5 m
1.90M m3	335.3 - 337.7 m	329.8 - 346.0 m	332.0-336.5 m
1.56M m3	334.3 - 336.7 m	328.8 - 346.0 m	331.0-336.5 m
0.90M m3	333.3 - 335.7 m	327.8 - 346.0 m	330.0-334.5 m
0.55M m3	332.3 - 334.7 m	326.8 - 346.0 m	329.0-333.5 m

TABLEAU VOLUME DE CONSTRUCTION DES DIGUES

DIGUE	VOLUME DE RÉSIDUS (±) (m³)	VOLUME D'ENROCHEMENT (±) (m³)	TOTAL (±) (m³)
SUD	464 173.09	111 921.00	576 094.17
OUEST	132 491.49	96 264.69	228 756.37
INTERNE	0	251 969.01	251 969.01
MÉDIANE	34 407.98	40 661.35	75 069.33
NORD	81 092.99	82 673.75	163 773.74
DRYSTACK/ BASSIN	4 934.88	9 185.12	14 120.00
DRYSTACK/ RESIDUS	23 509.34	0	23 509.34
TOTAL	740 349.96	592 733.59	1 313 850.96

POUR ÉMISSION AUX AUTORITÉS
NE PAS UTILISER POUR CONSTRUCTION
DATE: 2018-11-15

BBA

SURFACE_BaseMiner	PLAN DE DÉPOSITION OPTION 6				
BAIL VUE CAMPEMENT	BAIL SURFACE (18 SEPTEMBRE 2018)				
ENVI_180308-1	BATHYMÉTRIE ET TOPOGRAPHIE DU PARC À RÉSIDUS	AB	POUR ÉMISSION AUX AUTORITÉS	M-A EDUCET	L PICIACCHIA 2018-11-15
	RELEVÉ (25-26 SEPTEMBRE 2018)	AA	POUR COMMENTAIRES	M-A EDUCET	L PICIACCHIA 2018-11-09
DESSIN No	DESCRIPTION	REV	DESCRIPTION	VÉRIFIÉ PAR	APPROUVÉ PAR DATE

DESSINS DE RÉFÉRENCE — RÉVISIONS

SCEAU: Luciano Picciacchia, INGÉNIEUR - ENGINEER, QUÉBEC — Nov 16, 2018

BBA

CLIENT: BONTERRA Ressources Métanor, Une filiale de Bonterra

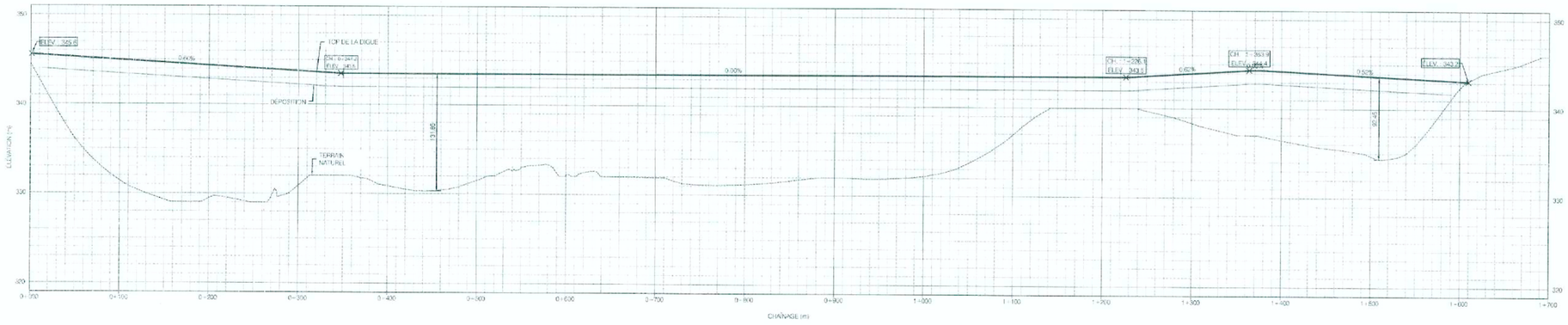
PROJET: ÉTUDE PARC À RÉSIDUS METANOR

TITRE: PARC À RÉSIDUS VUE EN PLAN

CONÇU PAR: L PICIACCHIA	DESSINÉ PAR: M-A DEGUET
VÉRIFIÉ PAR: MARTIN V	APPROUVÉ PAR: L PICIACCHIA
ÉCHELLE: 1:2000	DATE: 2018-10-31
DESSIN No: 6098002-4G-D50-0001	ÉCHELLE: A0 / FORMAT: A0 / REV: AB

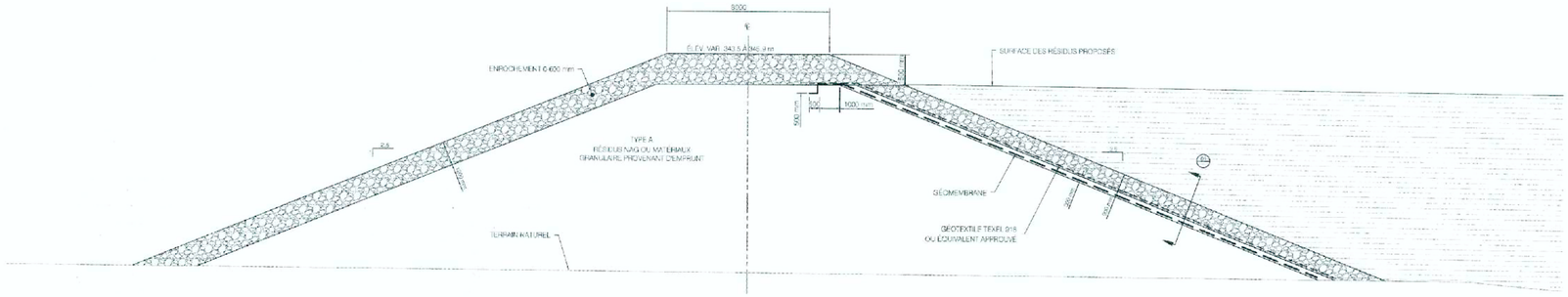
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 cm

G:\6098002\4G_NO ENDUS_SECTION\D50\DWG\PROJET_PROJECTION\6098002-4G-D50-0001.dwg



DIGUE SUD - PROFIL

ÉCHELLE H : 2 000, V : 200



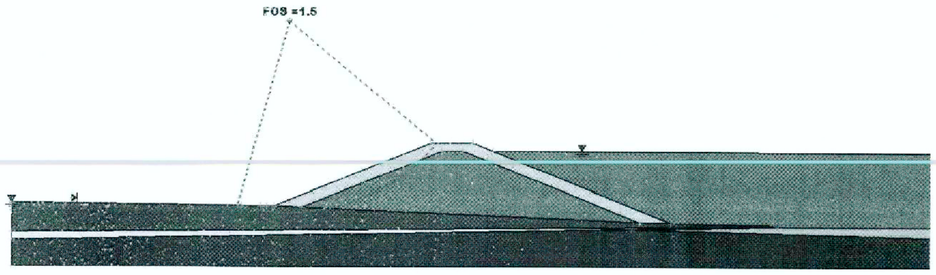
A DIGUE SUD - COUPE TYPIQUE CH: 0+785

ÉCHELLE V 1:200 ; H 1:00



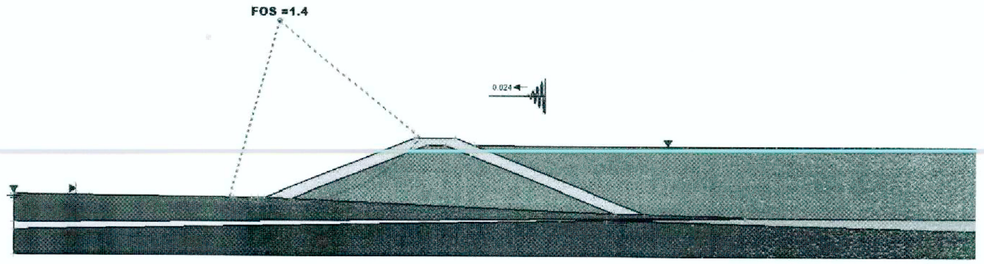
01 STRUCTURE DE MEMBRANE

1:00



DIGUE SUD - RÉSULTAT DE LA STABILITÉ DES PENTES - CONDITION NON DRAINÉE

ÉCHELLE N.A.E.



DIGUE SUD - RÉSULTAT DE LA STABILITÉ DES PENTES - PSEUDO STATIQUE

ÉCHELLE N.A.E.

POUR ÉMISSION AUX AUTORITÉS
NE PAS UTILISER POUR CONSTRUCTION
DATE: 2018-11-16

BBA

NOTES:
1. LORS D'UNE CONCEPTION DÉTAILLÉE, IL EST ESSENTIEL DE PROCÉDER À UNE CAMPAGNE D'ESSAIS GÉOTECHNIQUES SUR LE SITE AINSI QUÀ DES TEST DE LABORATOIRE ET DE, AFIN DE MIEUX CARACTÉRISER L'ARGILE EN PLACE
2. NAG: NON-ACID GENERATOR

DESSIN No	DESCRIPTION

DESSINS DE RÉFÉRENCE

RÉV	DESCRIPTION	VÉRIFIÉ PAR	APPROUVÉ PAR	DATE
AB	POUR ÉMISSION AUX AUTORITÉS	M.A. DOUCET	L. PICACCHIA	2018-11-16
AA	POUR COMMENTAIRES	M.A. DOUCET	L. PICACCHIA	2018-11-09

RÉVISIONS

SCEAU: Ingénieurs Conseils Luc-Alain Picacchia 35912 QUÉBEC Nov 16. 2018

BBA

CLIENT: BONTERRA Ressource Métanor Une filiale de Bonterra

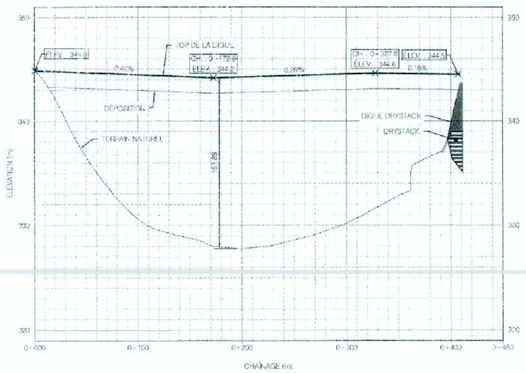
PROJET: ÉTUDE PARC À RÉSIDUS METANOR

TITRE: DIGUE SUD A DÉTAIL TYPIQUE ET PROFIL VUE EN PROFIL

CONÇU PAR: V. MARTAT	DESSINÉ PAR: M.A. DOUCET
VÉRIFIÉ PAR: M.A. DOUCET	APPROUVÉ PAR: L. PICACCHIA
ÉCHELLE: INDIQUÉE	DATE: 2018-10-31
DESSIN No: 6096002-4G-D01-0001	RÉVISION FORMAT: A0
	RÉV: AB

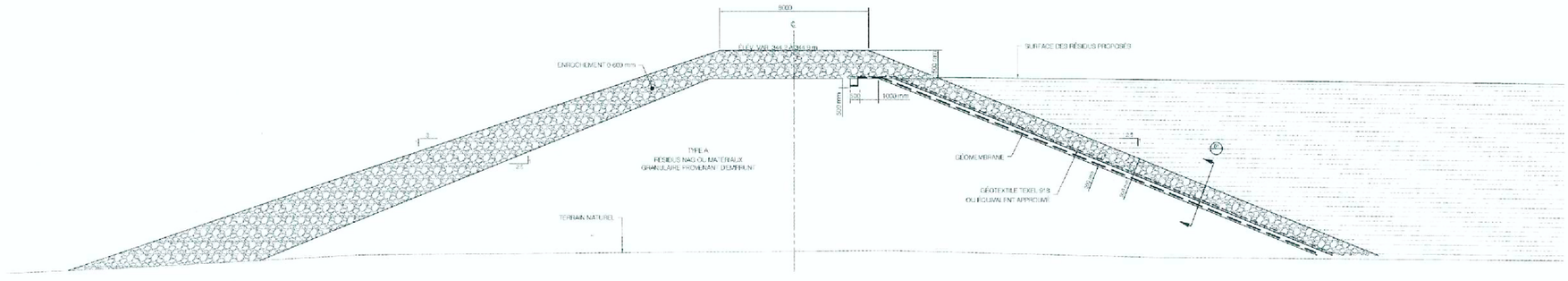
0 2 3 4 5 6 7 8 9 10 cm

SI DIMENSIONS INCORRECTES OU ÉNIGMATIQUES, CONTACTEZ LE CHARGÉ DE PROJET. PROJECTION DU DESSIN MODIFIÉE À L'ÉCHELLE



DIGUE OUEST - PROFIL

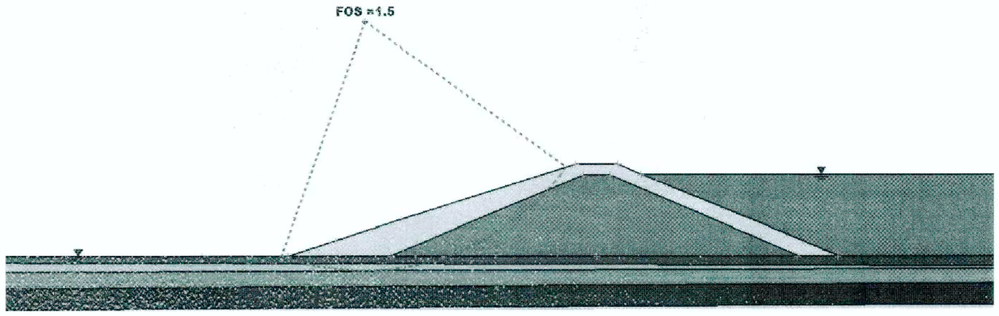
ÉCHELLE H 1:2 000 , V 1:500



A' DIGUE OUEST - COUPE TYPIQUE CH: 0+155

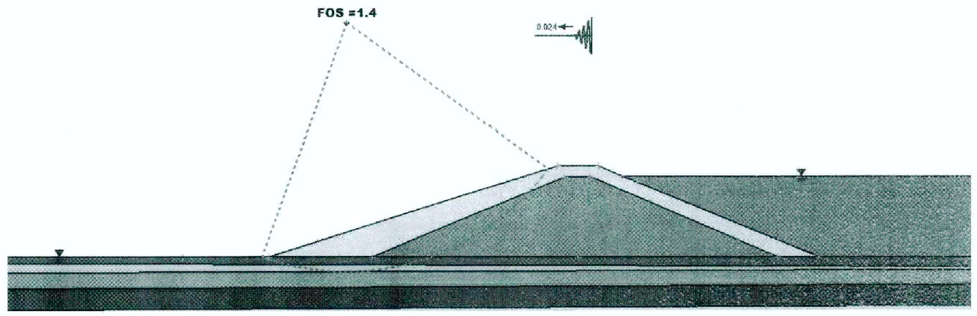


D1 STRUCTURE DE MEMBRANE



DIGUE OUEST - RÉSULTAT DE LA STABILITÉ DES PENTES - CONDITION NON DRAINÉE

ÉCHELLE NAT.



DIGUE OUEST - RÉSULTAT DE LA STABILITÉ DES PENTES - PSEUDO STATIQUE

ÉCHELLE NAT.

POUR ÉMISSION AUX AUTORITÉS
NE PAS UTILISER POUR CONSTRUCTION
DATE: 2018-11-16

BBA

NOTES:
1. LORS D'UNE CONCEPTION DÉTAILLÉE, IL EST ESSENTIEL DE PROCÉDER À UNE CAMPAGNE D'ESSAIS GÉOTECHNIQUES SUR LE SITE AINSI QUE DES TEST DE LABORATOIRE ET DE, AFIN DE MIEUX CARACTÉRISER L'ARGILE EN PLACE.
2. NAG: NON-ACID GENERATOR

DESSIN NO	DESCRIPTION
DESSINS DE RÉFÉRENCE	

RÉV.	DESCRIPTION	VÉRIFIÉ PAR	APPROUVÉ PAR	DATE
A0	POUR ÉMISSION AUX AUTORITÉS	M-A. DOUCET	L. PICACCHIA	2018-11-16
A1	POUR COMMENTAIRES	M-A. DOUCET	L. PICACCHIA	2018-11-02

RÉVISIONS

SCEAU: INGÉNIEUR ENGINEER Luciano Picacchia QUÉBEC Nov. 16. 2018

CLIENT: BONTERRA Ressources Métanor Une filiale de Bonterra

PROJET: ÉTUDE PARC À RÉSIDUS METANOR

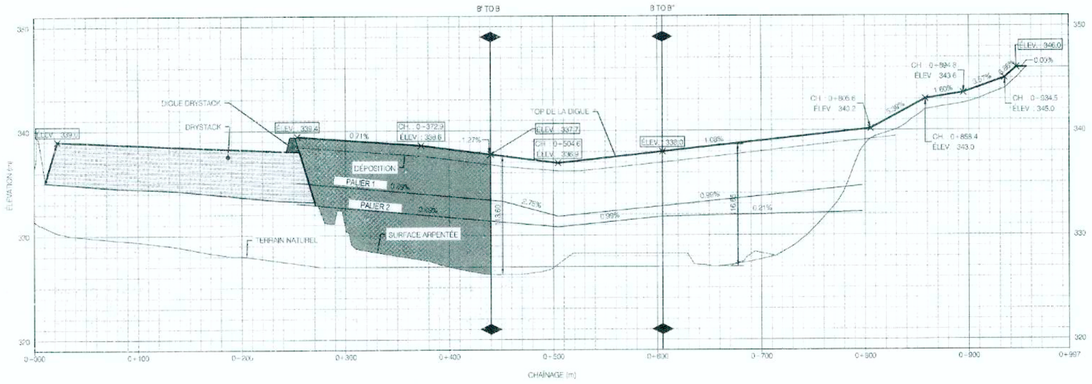
TITRE: DIGUE OUEST A' DÉTAIL TYPIQUE ET PROFIL VUE EN PROFIL

CONÇU PAR:	DESSINÉ PAR:
V. NIPRIEAT	MA. DOUCET
VÉRIFIÉ PAR:	APPROUVÉ PAR:
MA. DOUCET	L. PICACCHIA
ÉCHELLE:	DATE:
AUCUNE	2018-11-00

DESSIN NO: 6098002-4G-D01-0002 | RÉVISION: | FORMAT: A0 | REV: AB

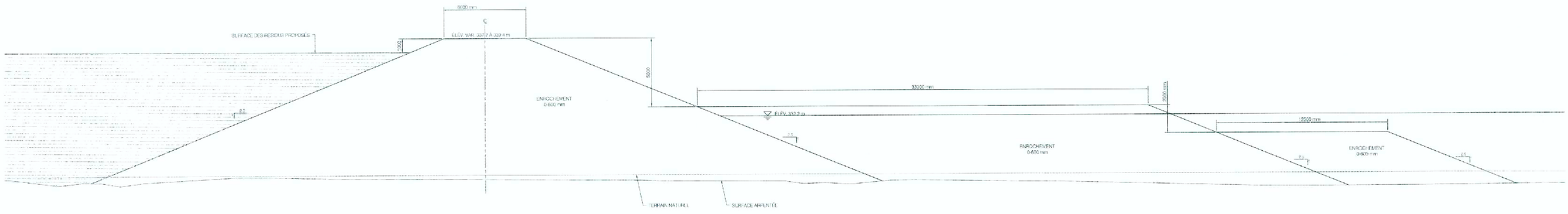
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 cm

© BBA INGÉNIERIE INC. TOUS DROITS RÉSERVÉS. CE DESSIN EST LA PROPRIÉTÉ DE BBA INGÉNIERIE INC. IL NE PEUT ÊTRE UTILISÉ, REPRODUIT OU MODIFIÉ SANS AUTORISATION ÉCRITE PRÉALABLE DE BBA INGÉNIERIE INC.



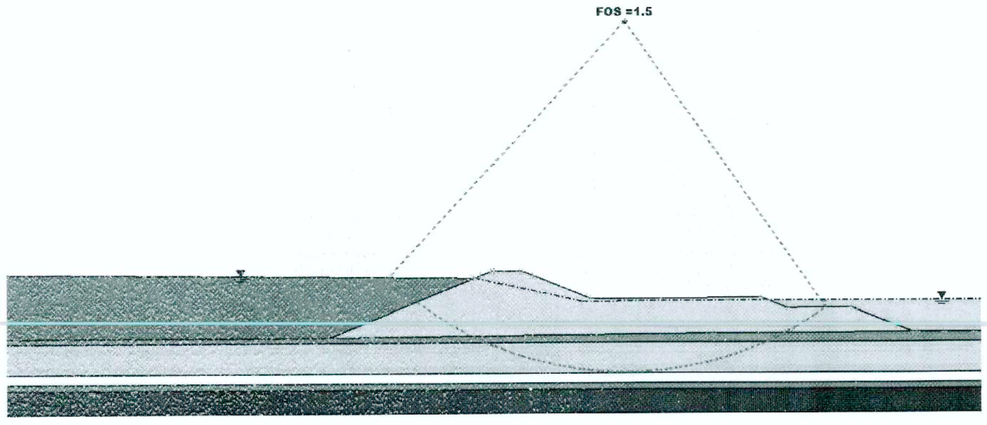
DIGUE INTERNE - PROFIL

ÉCHELLE 1:2500, V:H 2/3



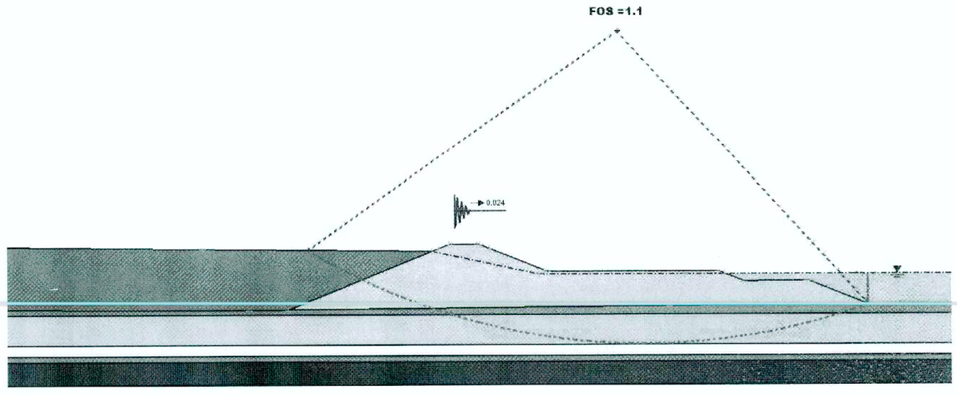
B' DIGUE INTERNE - COUPE TYPIQUE CH: 0+345

1:100



DIGUE INTERNE B' - RÉSULTAT DE LA STABILITÉ
DES PENTES - CONDITION NON DRAINÉE

ÉCHELLE N.A.E.



DIGUE INTERNE B' - RÉSULTAT DE LA STABILITÉ
DES PENTES - PSEUDO STATIQUE

ÉCHELLE N.A.E.

POUR ÉMISSION AUX AUTORITÉS
NE PAS UTILISER POUR CONSTRUCTION
DATE: 2018-11-16

BBA

NOTES:
1. LORS D'UNE CONCEPTION DÉTAILLÉE, IL EST ESSENTIEL DE PROCÉDER À UNE CAMPAGNE D'ESSAIS GÉOTECHNIQUES SUR LE SITE AINSI QUÀ DES TEST DE LABORATOIRE ET CE AFIN DE MIEUX CARACTÉRISER L'ARGILE EN PLACE.

DESSIN No	DESCRIPTION
DESSINS DE RÉFÉRENCE	

RÉV.	DESCRIPTION	VÉRIFIÉ PAR	APPROUVÉ PAR	DATE
A6	POUR ÉMISSION AUX AUTORITÉS	M-A. DOUCET	L.PICIACCHIA	2018-11-16
A5	POUR COMMENTAIRES	M-A. DOUCET	L.PICIACCHIA	2018-11-09

RÉVISIONS

SCEAU: Nov. 16th 2018 — Luciano Piciacchia 35912 — OIQ

BBA

CLIENT: BONTERRA Ressources Métanor — Une filiale de Bonterra

PROJET: ÉTUDE PARC À RÉSIDUS METANOR

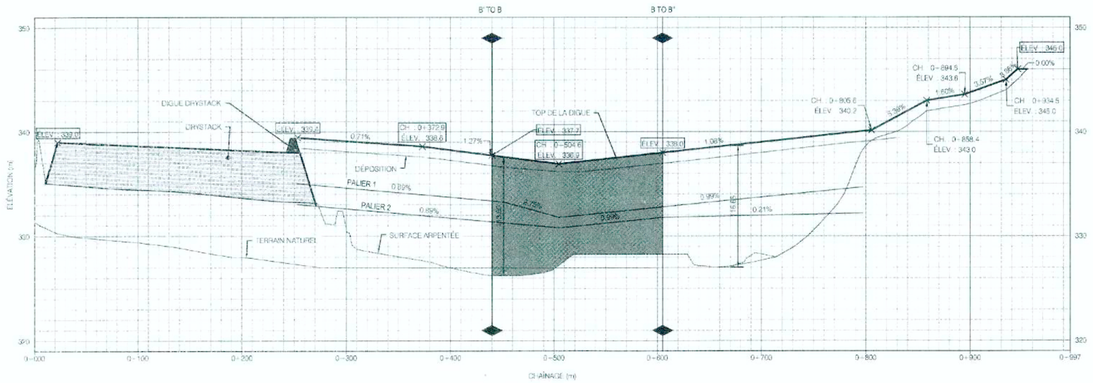
TITRE: DIGUE INTERNE B'
DÉTAIL TYPIQUE ET PROFIL
VUE EN PROFIL

CONÇU PAR	DESSINÉ PAR
MAREFAT V.	M-A. DOUCET
VÉRIFIÉ PAR	APPROUVÉ PAR
M-A. DOUCET	L.PICIACCHIA
ÉCHELLE	DATE
INDIQUÉE	2018-11-09

DESSIN No: 6086002-4G-D01-0003 — FEUILLE FORMAT: A0 — REV.: A6

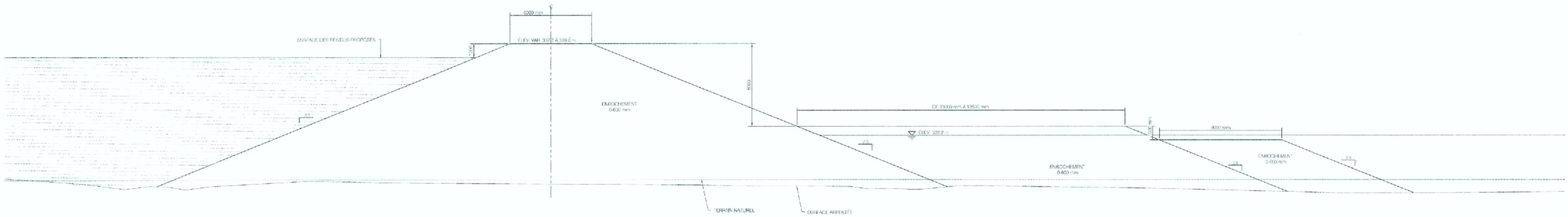
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 cm
(L'ÉCHELLE DÉPEND DU FORMAT DU DESSIN)

6086002-4G-D01-0003



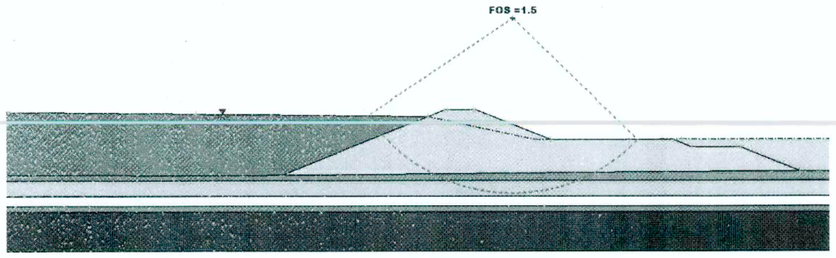
DIGUE INTERNE - PROFIL

ÉCHELLE H 1:2 500 / V 1:250



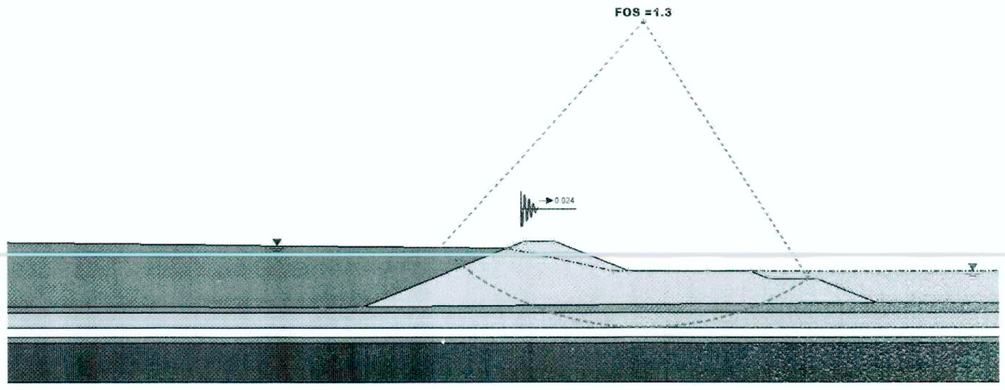
B DIGUE INTERNE - COUPE TYPIQUE CH: 0+480

ÉCHELLE 1:100



DIGUE INTERNE B - RÉSULTAT DE LA STABILITÉ
DES PENTES - CONDITION NON DRAINÉE

ÉCHELLE N.A.É



DIGUE INTERNE B - RÉSULTAT DE LA STABILITÉ
DES PENTES - PSEUDO STATIQUE

ÉCHELLE N.A.É

POUR ÉMISSION AUX AUTORITÉS
NE PAS UTILISER POUR CONSTRUCTION
DATE: 2018-11-16

BBA

NOTES:
1. LORS D'UNE CONCEPTION DÉTAILLÉE, IL EST ESSENTIEL DE PROCÉDER À UNE CAMPAGNE D'ESSAIS GÉOTECHNIQUES SUR LE SITE AINSI QUÀ DES TEST DE LABORATOIRE ET CE, AFIN DE MIEUX CARACTÉRISER L'ARGILE EN PLACE.

DESSIN No	DESCRIPTION
DESSINS DE RÉFÉRENCE	

RÉV	DESCRIPTION	VÉRIFIÉ PAR	APPROUVÉ PAR	DATE
AB	POUR ÉMISSION AUX AUTORITÉS	M-A. DOUCET	L. PICARCHA	2018-11-16
AA	POUR COMMENTAIRES	M-A. DOUCET	L. PICARCHA	2018-11-09

RÉVISIONS

SCEAU: Ordre des ingénieurs du Québec — Nov. 16 2018

BBA

CLIENT: BONTERRA Ressources Métanor — Une filiale de Bonterra

PROJET: ÉTUDE PARC À RÉSIDUS METANOR

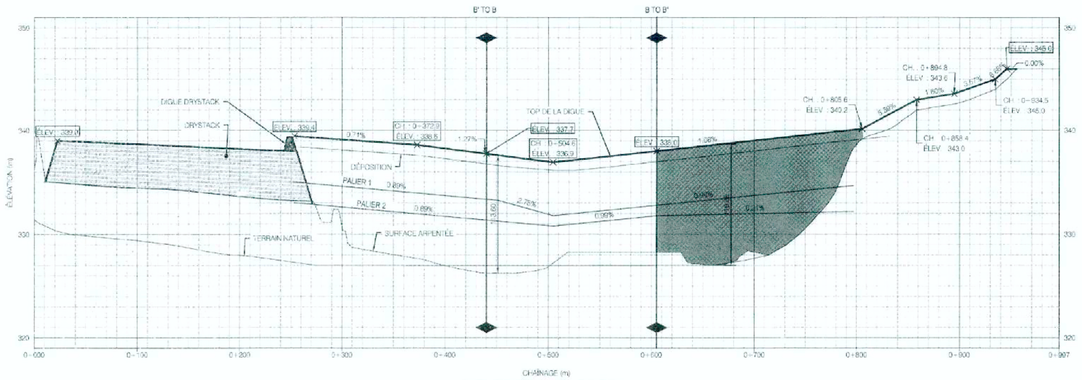
TITRE: DIGUE INTERNE B
DÉTAIL TYPIQUE ET PROFIL
VUE EN PROFIL

CONÇU PAR	DESSINÉ PAR
V. MARCEAU	M-A. DOUCET
VÉRIFIÉ PAR	APPROUVÉ PAR
M-A. DOUCET	L. PICARCHA
ÉCHELLE	DATE
PATRIQUÉE	2018-11-09
DESSIN No	FEUILLE / FORMAT
6098002-4G-D01-0004	A0
	REV. AA

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 cm

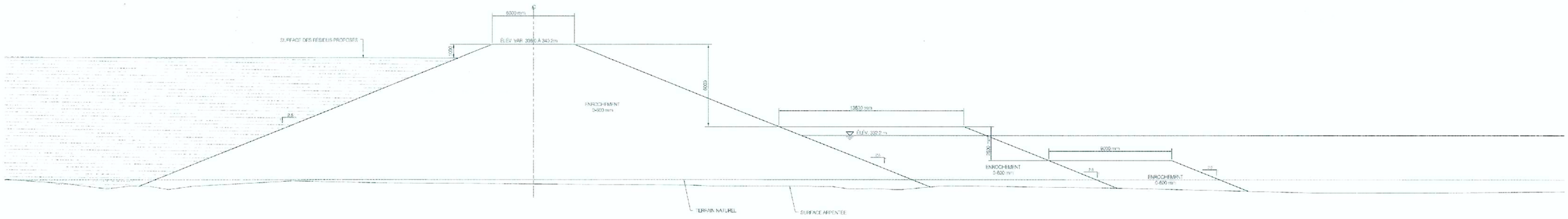
G:\6098002\MTO_ING_ENG\4G_GEOTECH\DESS_INFRA\PROJET\1_PROJECTS\6098002-4G-D01-0004.DWG

6098002-4G-D01-0004



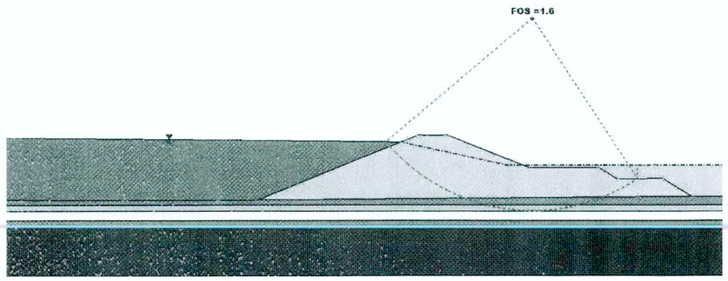
DIGUE INTERNE - PROFIL

ÉCHELLE H 1:2 000 / V 1:50



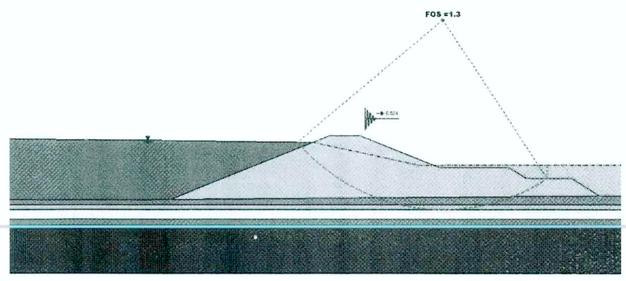
B* DIGUE INTERNE - COUPE TYPIQUE CH: 0+680

ÉCHELLE : 1:100



DIGUE INTERNE B* - RÉSULTAT DE LA STABILITÉ DES PENTES - CONDITION NON DRAINÉE

ÉCHELLE N.A.E.



DIGUE INTERNE B* - RÉSULTAT DE LA STABILITÉ DES PENTES - PSEUDO STATIQUE

ÉCHELLE N.A.E.

POUR ÉMISSION AUX AUTORITÉS
NE PAS UTILISER POUR CONSTRUCTION
DATE: 2018-11-16

BBA

NOTES:
1. LORS D'UNE CONCEPTION DÉTAILLÉE, IL EST ESSENTIEL DE PROCÉDER À UNE CAMPAGNE D'ESSAIS GÉOTECHNIQUES SUR LE SITE AINSI QUÀ DES TEST DE LABORATOIRE ET CE, AFIN DE MIEUX CARACTÉRISER L'ARGILE EN PLACE.

REV	DESCRIPTION	VÉRIFIÉ PAR	APPROUVÉ PAR	DATE
A0	POUR ÉMISSION AUX AUTORITÉS	M-A. DOUCET	L. PICACCHIA	2018-11-16
A1	POUR COMMENTAIRES	M-A. DOUCET	L. PICACCHIA	2018-11-02

DESSINS DE RÉFÉRENCE — RÉVISIONS

SCEAU: Ingénieur Luciano Picacchia 35012 QUÉBEC Nov 16 2018

BBA

CLIENT: BONTERRA Ressources Métanor Une filiale de Bonterra

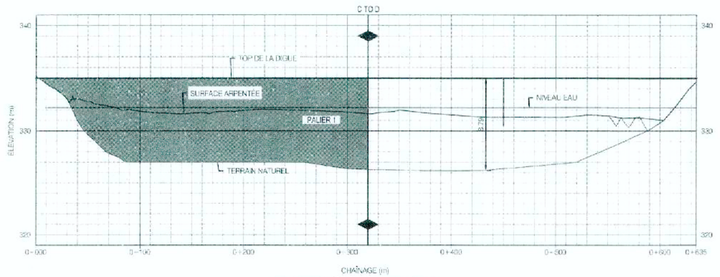
PROJET: ÉTUDE PARC À RÉSIDUS METANOR

TITRE: DIGUE INTERNE B* DÉTAIL TYPIQUE ET PROFIL VUE EN PROFIL

CONÇU PAR: V. MAREAT	DESSINÉ PAR: M-A. DOUCET
VÉRIFIÉ PAR: M-A. DOUCET	APPROUVÉ PAR: L. PICACCHIA
ÉCHELLE: INDIQUÉE	DATE: 2018-11-09

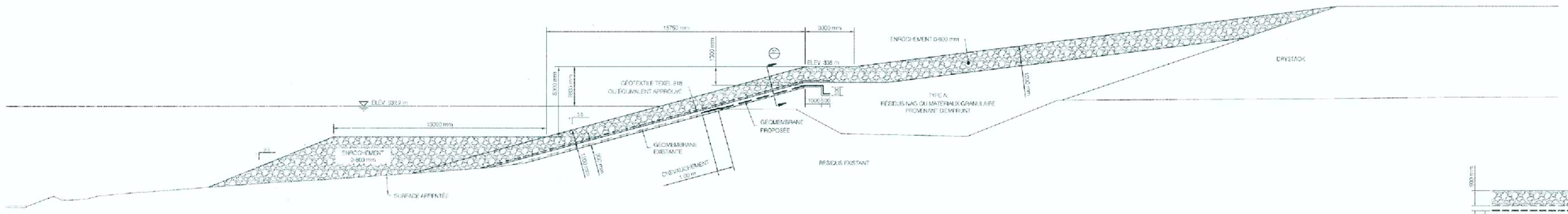
DESSIN No: 6098002-4G-D01-0005 — FEUILLE: A0 — FINAL: AB — REV.

6098002-4G-D01-0005



DIGUE MÉDIANE - PROFIL

ÉCHELLE H 1:2 000 - V 1:200



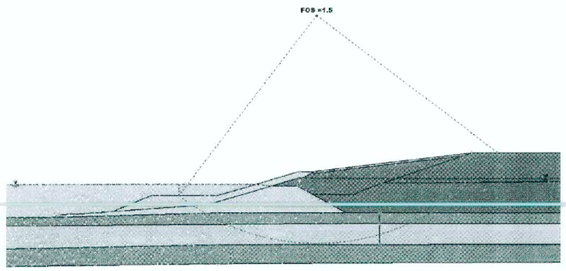
C DIGUE MÉDIANE - COUPE TYPIQUE CH: 0+185

ÉCHELLE 1:100



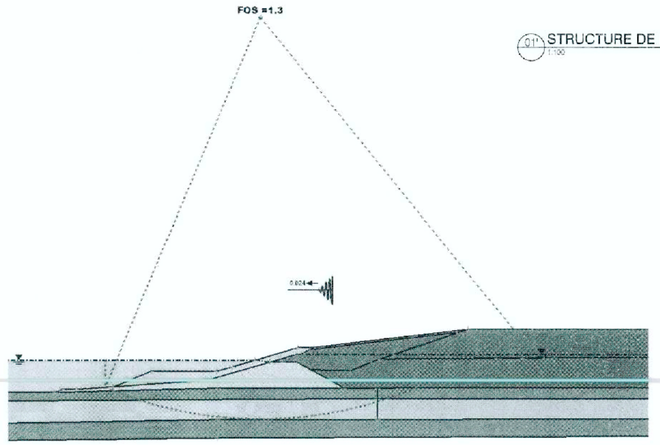
D11 STRUCTURE DE MEMBRANE

1:100



DIGUE MÉDIANE C -
RÉSULTAT DE LA STABILITÉ DES PENTES - CONDITION NON DRAINÉE

ÉCHELLE N.A.F.



DIGUE MÉDIANE C - RÉSULTAT DE LA STABILITÉ DES PENTES - PSEUDO STATIQUE

ÉCHELLE N.A.F.

POUR ÉMISSION AUX AUTORITÉS
NE PAS UTILISER POUR CONSTRUCTION
DATE: 2018-11-16

BBA

NOTES
1. LORS D'UNE CONCEPTION DÉTAILLÉE, IL EST ESSENTIEL DE PROCÉDER À UNE CAMPAGNE D'ESSAIS GÉOTECHNIQUES SUR LE SITE AINSI QUÀ DES TEST DE LABORATOIRE ET CE, AFIN DE MIEUX CARACTÉRISER L'ARGILE EN PLACE.
2. NAG: NONACID GEMINATOR

DESSIN NO.	DESCRIPTION	REV.	DESCRIPTION	VÉRIFIÉ PAR	APPROUVÉ PAR	DATE
DESSINS DE RÉFÉRENCE		AB	POUR ÉMISSION AUX AUTORITÉS	M-A DOUCET	L.PICHOCHA	2018-11-16
		AA	POUR COMMENTAIRES	M-A DOUCET	L.PICHOCHA	2018-11-09
		RÉVISIONS				

SCEAU: Ordre des ingénieurs du Québec — Louis Pichocha — 35912 — QUÉBEC — Nov 16. 2018

CLIENT: BONTERRA Ressources Métanor — Une filiale de Bonterra

PROJET: ÉTUDE PARC À RÉSIDUS METANOR

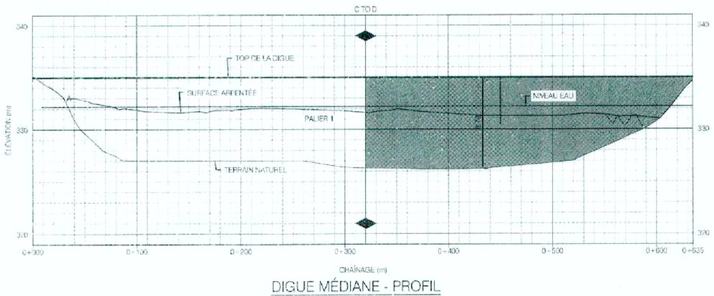
TITRE: DIGUE MÉDIANE C DÉTAIL TYPIQUE ET PROFIL VUE EN PROFIL

CONCU PAR	DESSINÉ PAR
V. MARTIAT	M-A. DOUCET
VÉRIFIÉ PAR	APPROUVÉ PAR
M-A. DOUCET	L.PICHOCHA
ÉTS-ÉLÉE	DATE
INGÉLÉE	2018-11-09

DESSIN No: 6096002-4G-D01-0006 — FEUILLE: A9 — REV: AB

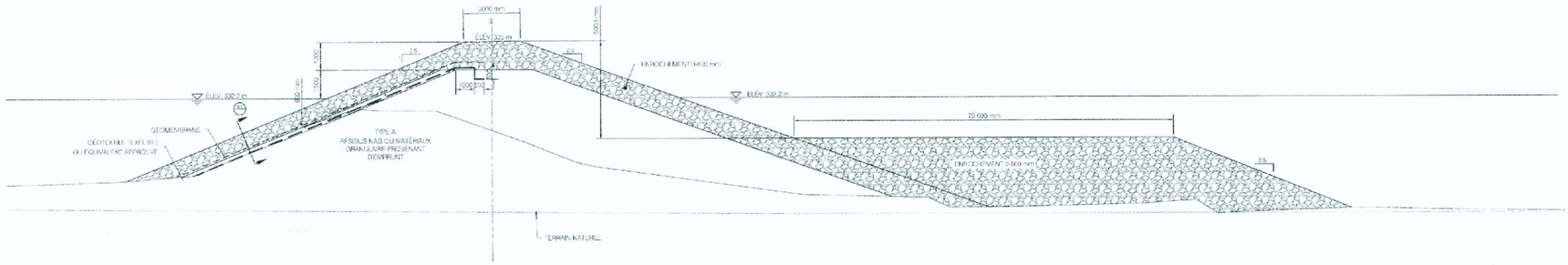
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 cm

G:\PROJETS\6096002\ENGINEERING\DESSINS\PROJET\PROJET\DIGUE\DIGUE MEDIANE C.DWG



DIGUE MÉDIANE - PROFIL

ÉCHELLE: H: 1:500, V: 1:100



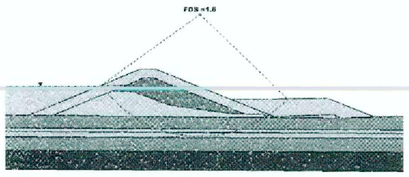
D DIGUE MÉDIANE - COUPE TYPIQUE CH: 0+433

1:100



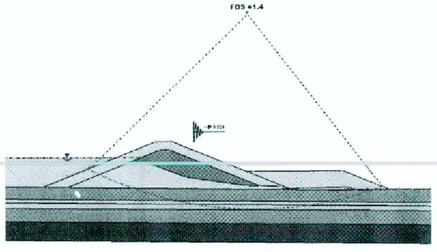
01 STRUCTURE DE MEMBRANE

1:100



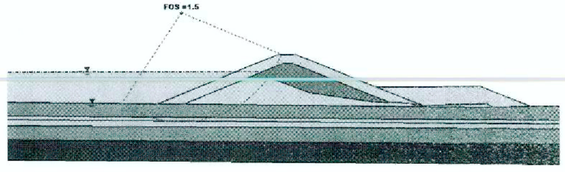
DIGUE MÉDIANE D -
RÉSULTAT DE LA STABILITÉ DES PENTES - CONDITION NON DRAINÉE

ÉCHELLE NAE



DIGUE MÉDIANE D - RÉSULTAT DE LA STABILITÉ DES PENTES - PSEUDO STATIQUE

ÉCHELLE NAT



DIGUE MÉDIANE D - RÉSULTAT DE LA STABILITÉ DES PENTES - RAPID DRAWDOWN

ÉCHELLE NAE

POUR ÉMISSION AUX AUTORITÉS
NE PAS UTILISER POUR CONSTRUCTION
DATE: 2018-11-16
BBA

NOTES
1. LORS D'UNE CONCEPTION DÉTAILLÉE, IL EST ESSENTIEL DE PROCÉDER À UNE CAMPAGNE D'ESSAIS GÉOTECHNIQUES SUR LE SITE AINSI QUÀ DES TEST DE LABORATOIRE ET DE AFIN DE MIEUX CARACTÉRISER L'ARGILE EN PLACE.
2. NAG: NON ACID GENERATOR

DESSINS DE RÉFÉRENCE		RÉVISIONS				
DESSIN No	DESCRIPTION	REV	DESCRIPTION	VÉRIFIÉ PAR	APPROUVÉ PAR	DATE
		A5	POUR ÉMISSION AUX AUTORITÉS	M.A. DOUCET	L. PICACCHIA	2018-11-16
		M	POUR COMMENTAIRES	M.A. DOUCET	L. PICACCHIA	2018-11-09

Luigi Picacchia
35912
QUÉBEC
Nov. 16 2018

BBA

CLIENT
BONTERRA
Ressources Métanor
Une filiale de Bonterra

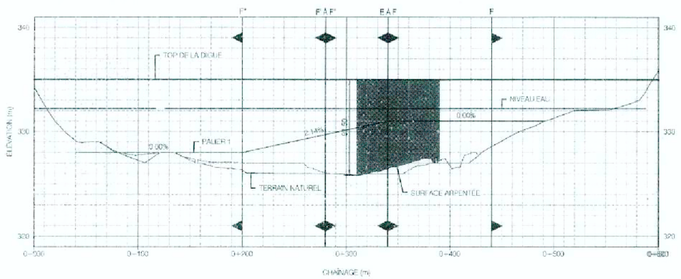
PROJET: ÉTUDE PARC À RÉSIDUS MÉTANOR

TITRE: DIGUE MÉDIANE D
DÉTAIL TYPIQUE ET PROFIL
VUE EN PROFIL

CONÇU PAR	DESSINÉ PAR
V. MARTIAT	M.A. DOUCET
VÉRIFIÉ PAR	APPROUVÉ PAR
M.A. DOUCET	L. PICACCHIA
ÉCHELLE	DATE
AS SHOWN	2018-11-09

DESSIN No: 6090002-4G-D01-0007 | FEUILLE | FORMAT: A0 | REV: A5

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 cm
G:\PROJETS\PROJETS EN COURS\6090002-4G-D01-0007.DWG



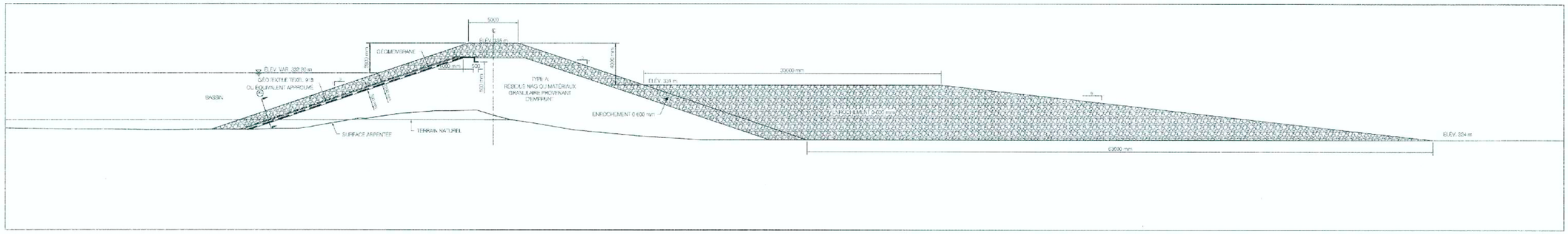
DIGUE NORD - PROFIL

ÉCHELLE H : 2 000 ; V : 200



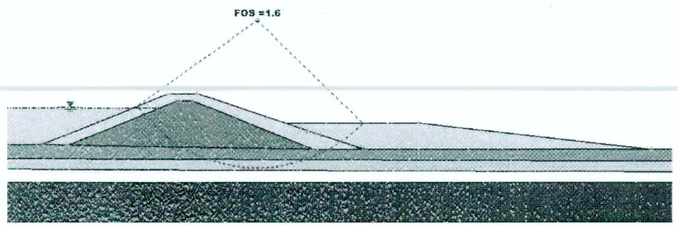
01 STRUCTURE DE MEMBRANE

1:100



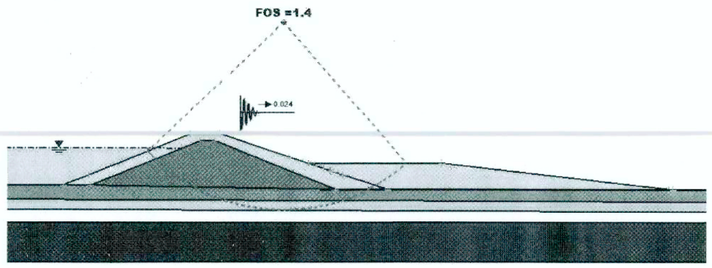
E DIGUE NORD - COUPE TYPIQUE CH: 0+340

1:100



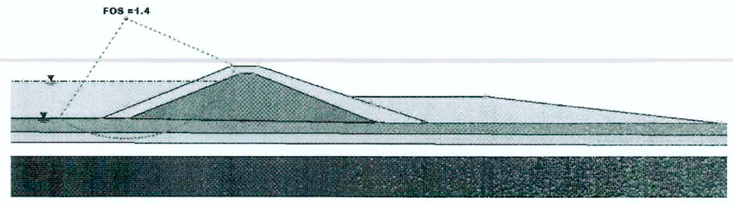
DIGUE NORD E - RÉSULTAT DE LA STABILITÉ DES PENTES - CONDITION NON DRAINÉE

ÉCHELLE N.A.E.



DIGUE NORD E - RÉSULTAT DE LA STABILITÉ DES PENTES - PSEUDO STATIQUE

ÉCHELLE N.A.E.



DIGUE NORD E - RÉSULTAT DE LA STABILITÉ DES PENTES - RAPID DRAWDOWN

ÉCHELLE N.A.E.

POUR ÉMISSION AUX AUTORITÉS
NE PAS UTILISER POUR CONSTRUCTION
DATE: 2018-11-16
BBA

NOTES:
1. LORS DUNE CONCEPTION DETAILLEE, IL EST ESSENTIEL DE PROCEDER À UNE CAMPAGNE D'ESSAIS GÉOTECHNIQUES SUR LE SITE AINSI QUÀ DES TEST DE LABORATOIRE ET CIE, AFIN DE MIEUX CARACTÉRISER L'ARGILE EN PLACE.
2. NAG: NON-ACID GENERATOR.

DESSIN N°	DESCRIPTION
-	

DESSINS DE RÉFÉRENCE

RÉV	DESCRIPTION	VÉRIFIÉ PAR	APPROUVÉ PAR	DATE
AB	POUR ÉMISSION AUX AUTORITÉS	M.A. DOUCET	L. PIZZACCHIA	2018-11-16
AA	POUR COMMENTAIRES	M.A. DOCUET	L. PIZZACCHIA	2018-11-09

RÉVISIONS

SCEAU: Luciano Pizzacchia 35912 QUÉBEC
Nov. 16. 2018

CLIENT: BONTERRA Ressources Métanor, Une filiale de Bonterra

BBA

PROJET: ÉTUDE PARC À RESIDUS METANOR

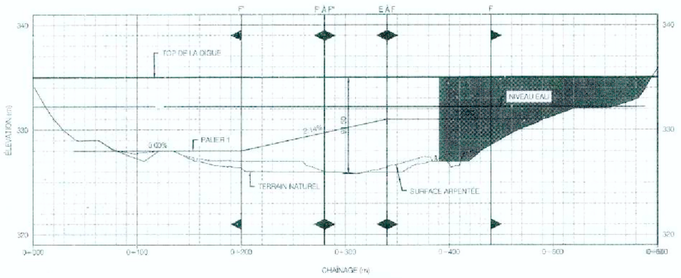
TITRE: DIGUE NORD E DÉTAIL TYPIQUE ET PROFIL VUE EN PROFIL

CONÇU PAR	DESSINÉ PAR
V. MAREAT	M.A. DOUCET
VÉRIFIÉ PAR	APPROUVÉ PAR
M.A. DOUCET	L. PIZZACCHIA
ÉCHELLE	DATE
INDIQUÉE	2018-11-09

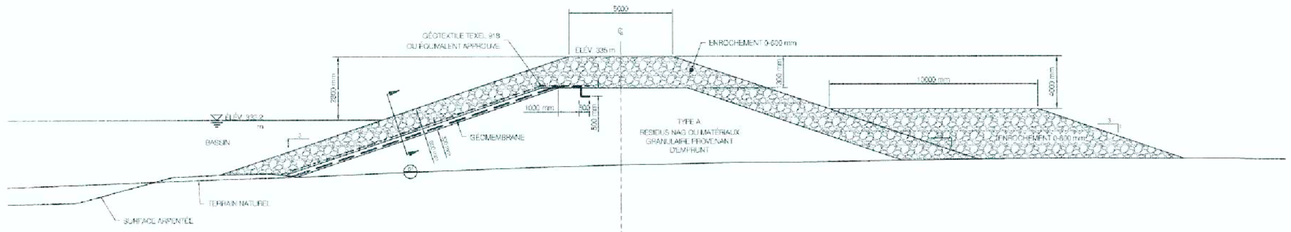
DESSIN N° 6098002-4G-D01-0008 | FEUILLE | FORMAT A0 | REV. AB

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 cm

G:\6098002-4G_ENG_ENVIRO_METOTECH-DOCS_SWISS-PACIFIC_PROJECTS\DWG\6098002-4G-D01-0008.DWG



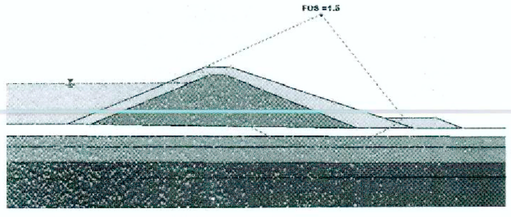
DIGUE NORD - PROFIL



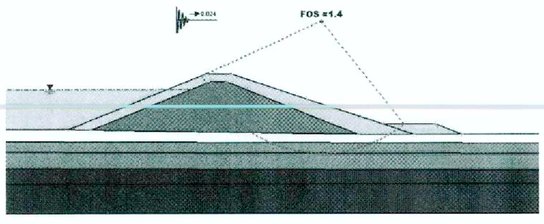
(F) DIGUE NORD - COUPE TYPIQUE CH: 0+440



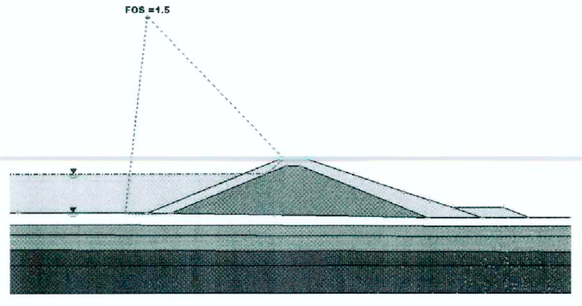
Q1 STRUCTURE DE MEMBRANE



DIGUE NORD F- RÉSULTAT DE LA STABILITÉ DES PENTES - CONDITION NON DRAINÉE



DIGUE NORD F - RÉSULTAT DE LA STABILITÉ DES PENTES - PSEUDO STATIQUE



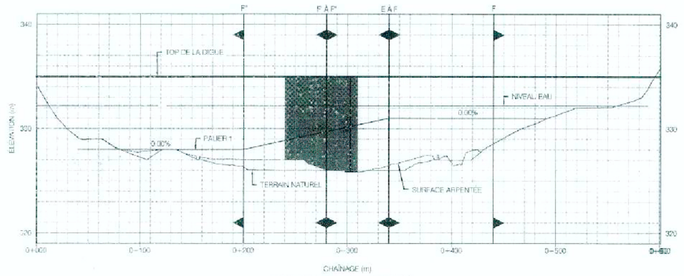
DIGUE NORD F - RÉSULTAT DE LA STABILITÉ DES PENTES - RAPID DRAWDOWN

POUR ÉMISSION AUX AUTORITÉS
NE PAS UTILISER POUR CONSTRUCTION
DATE: 2018-11-16
BBA

NOTES
1. LORS D'UNE CONCEPTION DÉTAILLÉE, IL EST ESSENTIEL DE PROCÉDER À UNE CAMPAGNE D'ESSAIS GÉOTECHNIQUES SUR LE SITE AINSI QUA DES TEST DE LABORATOIRE ET DE, AFIN DE MIEUX CARACTÉRISER LAROILE EN PLACE.
2. NAG: NON-ACID GENERATOR

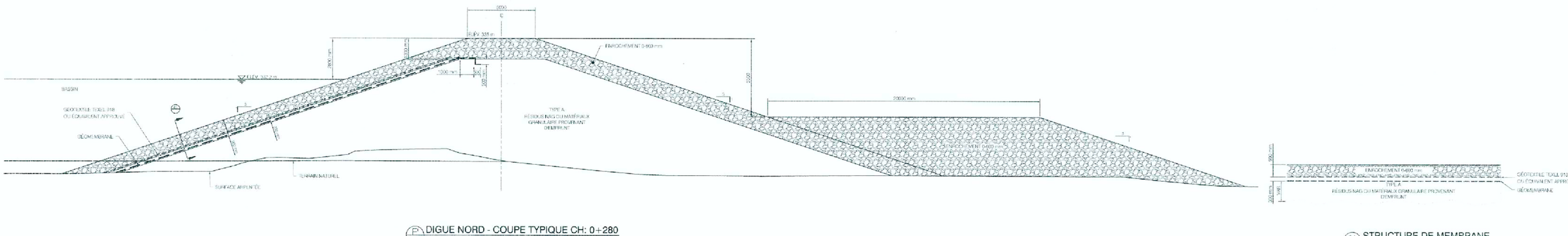
DESSIN No	DESCRIPTION
DESSINS DE RÉFÉRENCE	

REV	DESCRIPTION	VÉRIFIÉ PAR	APPROUVÉ PAR	DATE
A0	POUR ÉMISSION AUX AUTORITÉS	M-A. DOUCET	L. PICIACCHIA	2018-11-16
AA	POUR COMMENTAIRES	M-A. DOUCET	L. PICIACCHIA	2018-11-09



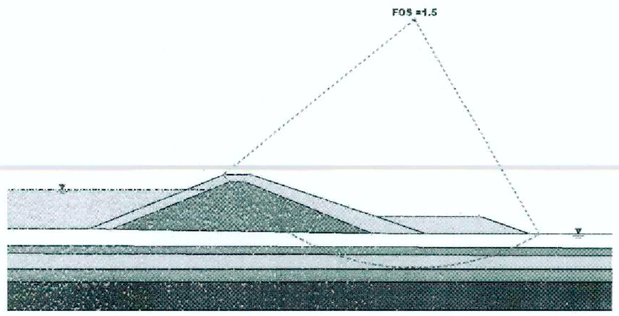
DIGUE NORD - PROFIL

ÉCHELLE H:1:2 000, V:1:200



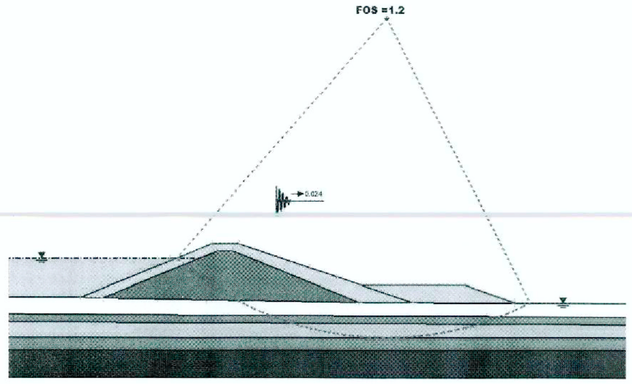
F DIGUE NORD - COUPE TYPIQUE CH: 0+280

01 STRUCTURE DE MEMBRANE



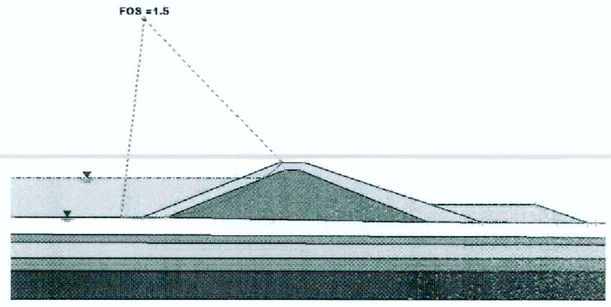
DIGUE NORD F' - RÉSULTAT DE LA STABILITÉ DES PENTES - CONDITION NON DRAINEE

ÉCHELLE N.A.E



DIGUE NORD F' - RÉSULTAT DE LA STABILITÉ DES PENTES - PSEUDO STATIQUE

ÉCHELLE N.A.E



DIGUE NORD F' - RÉSULTAT DE LA STABILITÉ DES PENTES - RAPID DRAWDOWN

ÉCHELLE N.A.E

POUR ÉMISSION AUX AUTORITÉS
NE PAS UTILISER POUR CONSTRUCTION
DATE: 2018-11-16
BBA

NOTES:
1. LORS D'UNE CONCEPTION DÉTAILLÉE, IL EST ESSENTIEL DE PROCÉDER À UNE CAMPAGNE D'ESSAIS GÉOTECHNIQUES SUR LE SITE AINSI QUE DES TEST DE LABORATOIRE ET DE, AFIN DE MIEUX CARACTÉRISER L'ARGILE EN PLACE.
2. NAG: NON ACID GENERATOR

REV	DESCRIPTION	VÉRIFIÉ PAR	APPROUVÉ PAR	DATE
A8	POUR ÉMISSION AUX AUTORITÉS	M-A DOUCET	L PORACCHIA	2018-11-16
A7	POUR COMMENTAIRES	M-A DOUCET	L PORACCHIA	2018-11-09

DESSIN No | DESCRIPTION — DESSINS DE RÉFÉRENCE — RÉVISIONS

SCEAU: Luciano Poracchia 35912 QUÉBEC — Nov. 16 2018

CLIENT: BONTERRA Ressources Métanor, Une filiale de Bonterra

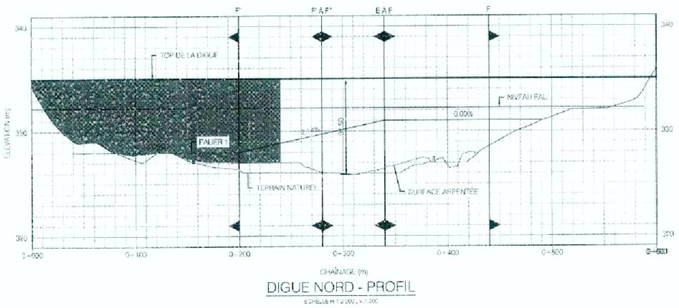
BBA

PROJET: ÉTUDE PARC À RESIDUS METANOR

TITRE: DIGUE NORD F' DÉTAIL TYPIQUE ET PROFIL VUE EN PROFIL

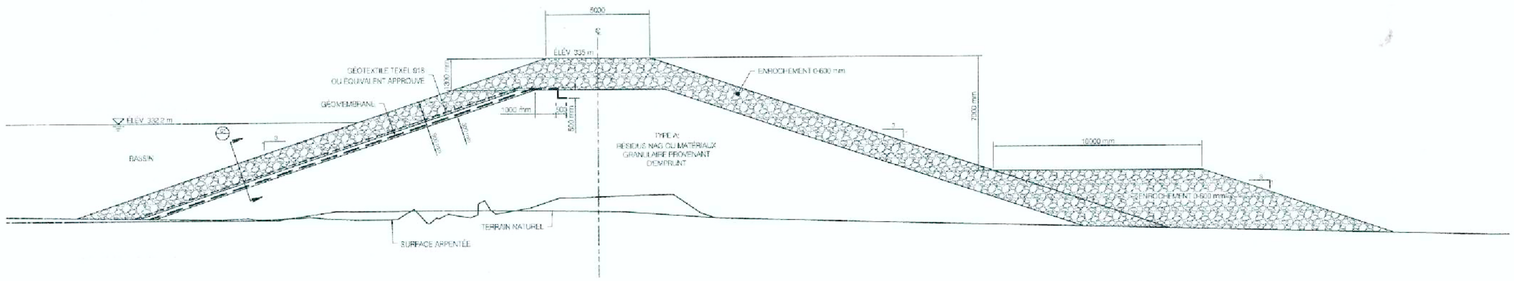
CONÇU PAR: V.MAHEAT	DESSINÉ PAR: M-A DOUCET
VÉRIFIÉ PAR: M-A DOUCET	APPROUVÉ PAR: L PORACCHIA
ÉCHELLE: INDIQUÉE	DATE: 2018-10-31
DESSIN No: 6096002-4G-D01-0010	PROJET: FORMAT: A0 REV: A8

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 cm
SI 609600246-D01-0010 REV A8 ENCAS GÉOTECHNIQUES DWG(without projection coordinates).dwg



DIGUE NORD - PROFIL

ÉCHELLE H 1:2 000 / V 1:200



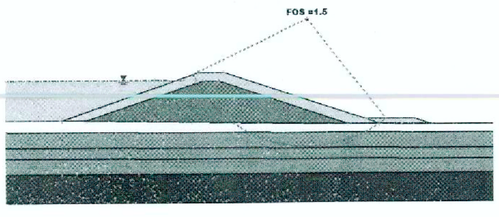
F1 DIGUE NORD - COUPE TYPIQUE CH: 0+200

1:100



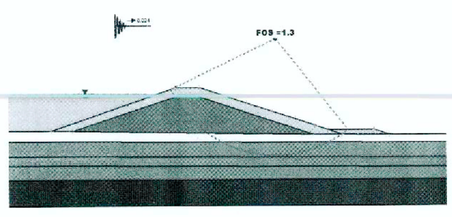
01 STRUCTURE DE MEMBRANE

1:100



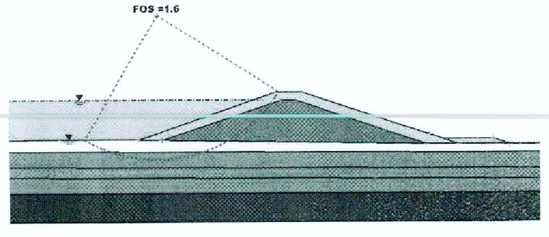
DIGUE NORD F1 - RÉSULTAT DE LA STABILITÉ DES PENTES - CONDITION NON DRAINÉE

ÉCHELLE N.A.T.



DIGUE NORD F1 - RÉSULTAT DE LA STABILITÉ DES PENTES - PSEUDO STATIQUE

ÉCHELLE N.A.T.



DIGUE NORD F1 - RÉSULTAT DE LA STABILITÉ DES PENTES - RAPID DRAWDOWN

ÉCHELLE N.A.T.

POUR ÉMISSION AUX AUTORITÉS
NE PAS UTILISER POUR CONSTRUCTION
DATE: 2018-11-16
BRA

NOTES
1. LORS D'UNE CONCEPTION DÉTAILLÉE, IL EST ESSENTIEL DE PROCÉDER À UNE CAMPAGNE D'ESSAIS GÉOTECHNIQUES SUR LE SITE AINSI QU'À DES TEST DE LABORATOIRE ET CE, AFIN DE MIEUX CARACTÉRISER L'ARGILE EN PLACE
2. NAG: NON ACID GENERATOR

DESSIN NO	DESCRIPTION
	DESSINS DE RÉFÉRENCE

AB	POUR ÉMISSION AUX AUTORITÉS	M-A. DOUCET	L. PIGNACCA	2018-11-16
AA	POUR COMMENTAIRES	M-A. DOUCET	L. PIGNACCA	2018-11-09
REV	DESCRIPTION	VÉRIFIÉ PAR	APPROUVÉ PAR	DATE

REVISIONS

SCEAU
Luciano Pignacca
35912
QUÉBEC
Nov 16 2018

BRA

CLIENT
BONTERRA
Ressources Métanor
Une filiale de Bonterra

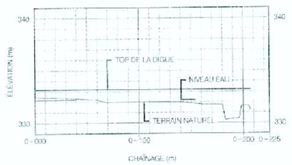
PROJET: ÉTUDE PARC À RÉSIDUS METANOR

TITRE: DIGUE NORD F1 DÉTAIL TYPIQUE ET PROFIL VUE EN PROFIL

CONÇU PAR: M-A. DOUCET	DESSINÉ PAR: M-A. DOUCET
VÉRIFIÉ PAR: L. PIGNACCA	APPROUVÉ PAR: L. PIGNACCA
ÉCHELLE:	DATE: 2018-10-31
DIMENSION:	PROJET: 6098002-4G-D01-0011
FORMAT: A0	REV.: AB

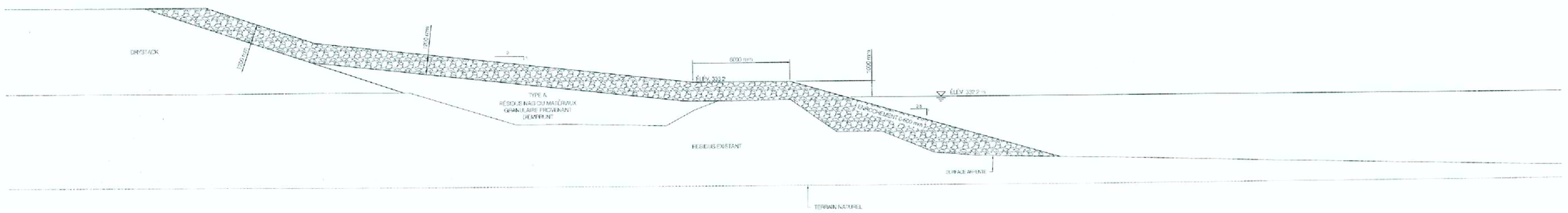
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 cm

G:\6098\002\40 ING_ENG\05_GEOTECH\05_TWO\PROJET_PROJECTION (2).PRO6098002-4G-D01-0011.DWG



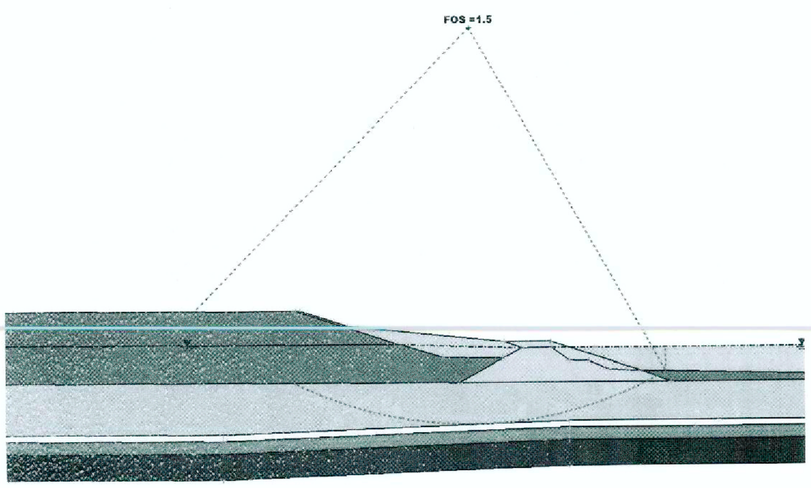
DIGUE DRYSTACK\ BASSIN - PROFIL

ÉCHELLE: H: 1:200 V: 1:200



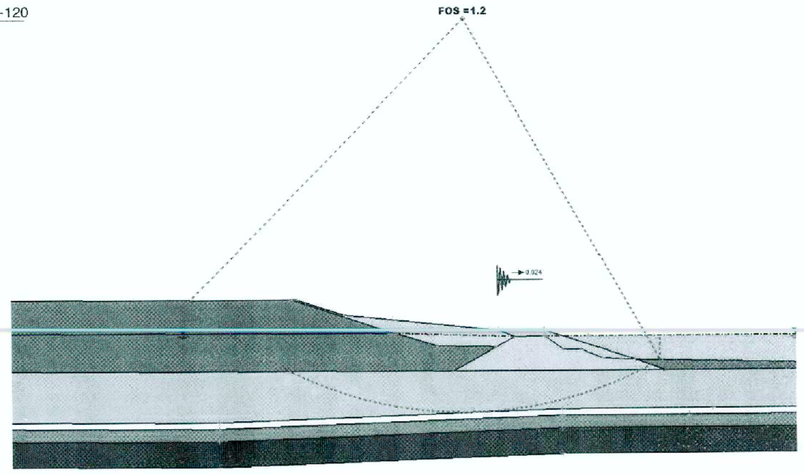
G DIGUE DRYSTACK\ BASSIN- COUPE TYPIQUE CH: 0+120

ÉCHELLE: 1:100



DIGUE DRYSTACK/ BASSIN G - RÉSULTAT DE LA STABILITÉ DES PENTES - CONDITION NON DRAINÉE

ÉCHELLE: N.A.E.



DIGUE DRYSTACK/ BASSIN G - RÉSULTAT DE LA STABILITÉ DES PENTES - PSEUDO STATIQUE

ÉCHELLE: N.A.E.

POUR ÉMISSION AUX AUTORITÉS
NE PAS UTILISER POUR CONSTRUCTION
DATE: 2018-11-16
BBA

NOTES:
1. LORS D'UNE CONCEPTION DÉTAILLÉE, IL EST ESSENTIEL DE PROCÉDER À UNE CAMPAGNE D'ESSAIS GÉOTECHNIQUES SUR LE SITE AINSI QUÀ DES TEST DE LABORATOIRE ET DE, AFIN DE MIEUX CARACTÉRISER L'ARGILE EN PLACE.

RÉVISIONS				
REV	DESCRIPTION	VÉRIFIÉ PAR	APPROUVÉ PAR	DATE
AB	POUR ÉMISSION AUX AUTORITÉS	M.A. DOUCET	L. PICCICHIA	2018-11-16
AA	POUR COMMENTAIRES	M.A. DOUCET	L. PICCICHIA	2018-11-09

DESSINS DE RÉFÉRENCE

DESSIN No: — DESCRIPTION

SCEAU: Luciano Piccichia 35912 QUÉBEC Nov 16 2018

CLIENT: BONTERRA Ressources Métanor, Une filiale de Bonterra

BBA

PROJET: ÉTUDE PARC À RESIDUS METANOR

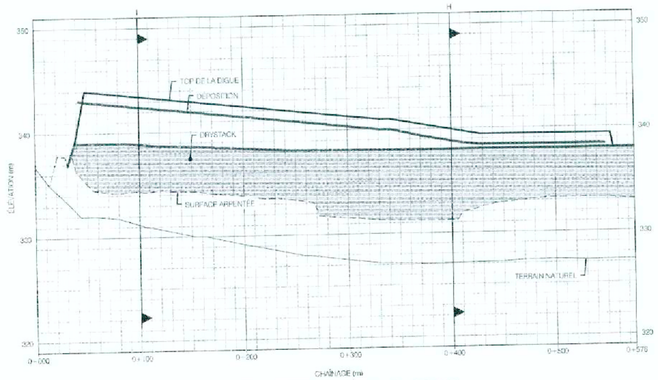
TITRE: DIGUE DRYSTACK/ BASSIN G DÉTAIL TYPIQUE ET PROFIL VUES EN PROFIL

CONÇU PAR:	DESSINÉ PAR:
MARSAT V.	M.A. DOUCET
VÉRIFIÉ PAR:	APPROUVÉ PAR:
M.A. DOUCET	L. PICCICHIA
ÉCHELLE:	DATE:
INDIQUÉE	2018-11-09

DESSIN No: 6098002-4G-D01-0012 — FEUILLE: A0 — FORMAT: A0 — REV.: AB

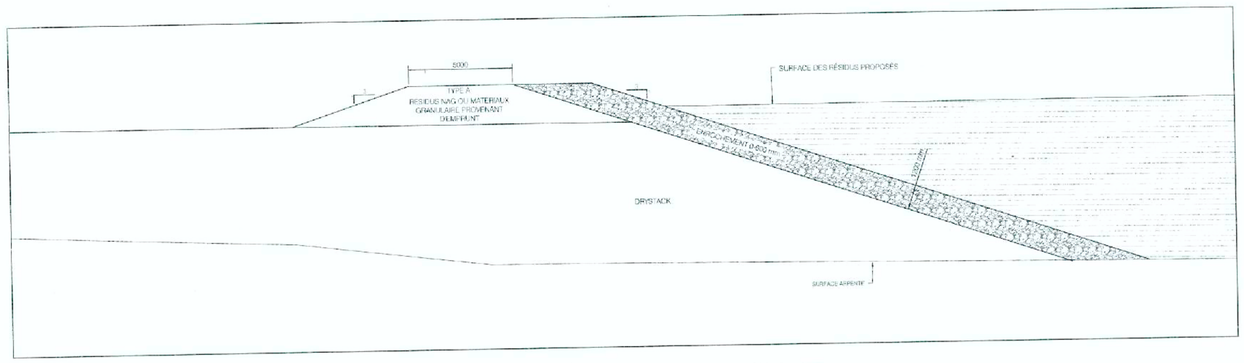
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 5 cm

© 6098002-4G-D01-0012 - DRYSTACK/ BASSIN G - DETAIL TYPIQUE ET PROFIL - VUES EN PROFIL.DWG



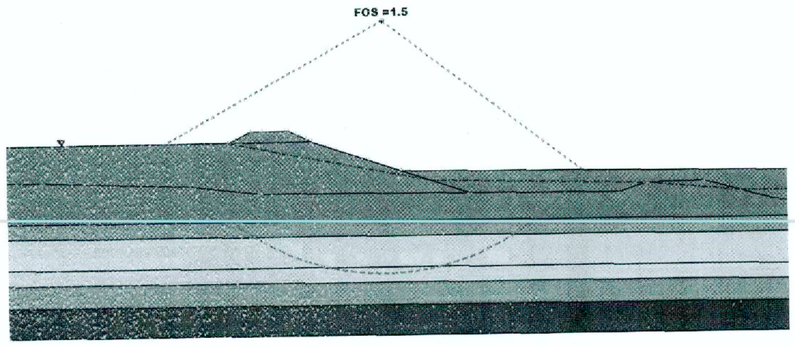
DIGUE DRYSTACK/ RÉSIDUS - PROFIL

ÉCHELLE 1:2000 V / 1:200



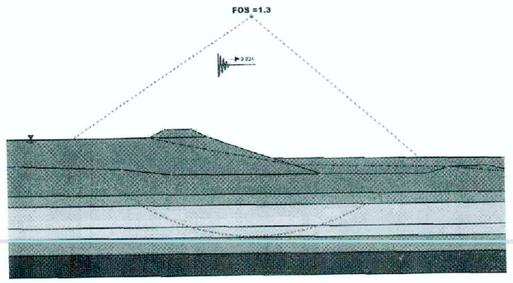
DIGUE DRYSTACK/ RÉSIDUS - COUPE TYPIQUE CH: 0+400

ÉCHELLE 1:100



DIGUE DRYSTACK/ RÉSIDUS H - RÉSULTAT DE LA STABILITÉ DES PENTES - CONDITION NON DRAINÉE

ÉCHELLE N.A.E.



DIGUE DRYSTACK/ RÉSIDUS H - RÉSULTAT DE LA STABILITÉ DES PENTES - PSEUDO STATIQUE

ÉCHELLE N.A.E.

POUR ÉMISSION AUX AUTORITÉS
NE PAS UTILISER POUR CONSTRUCTION
DATE: 2016-11-16
BBA

NOTES
1. LORS D'UNE CONCEPTION DÉTAILLÉE, IL EST ESSENTIEL DE PROCÉDER À UNE CAMPAGNE D'ESSAIS GÉOTECHNIQUES SUR LE SITE AINSI QUÀ DES TEST DE LABORATOIRE ET CIE, AFIN DE MIEUX CARACTÉRISER L'ARGILE EN PLACE.

DESSIN No	DESCRIPTION
DESSINS DE RÉFÉRENCE	

RÉV	DESCRIPTION	VÉRIFIÉ PAR	APPROUVÉ PAR	DATE
A5	POUR ÉMISSION AUX AUTORITÉS	M-A. DOUCET	L. PICIACCHIA	2016-11-16
A4	POUR COMMENTAIRES	M-A. DOUCET	L. PICIACCHIA	2016-11-09

RÉVISIONS

SCEAU: Luciano Piciacchia 35912 QUÉBEC — 16 NOV 2016

BBA

CLIENT: BONTERRA Ressources Minières — Une filiale de Bonterra

PROJET: ÉTUDE PARC À RÉSIDUS METANOR

TITRE: DIGUE DRYSTACK/ RÉSIDUS H DÉTAIL TYPIQUE ET PROFIL VUES EN PROFIL

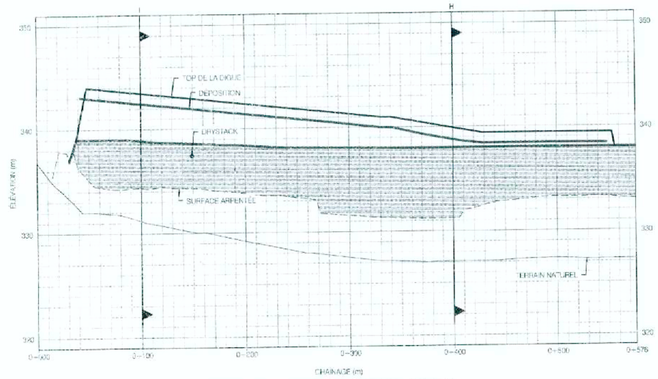
CONÇU PAR: MARFAT V.	DESSINÉ PAR: M-A. DOUCET
VÉRIFIÉ PAR: M-A. DOUCET	APPROUVÉ PAR: L.PICIACCHIA
ÉCHELLE: INDIQUÉE	DATE: 2016-11-09

DESSIN No: 6096002-4G-D01-0013 — FEUILLE — FORMAT: A0 — RÉV: A5

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 cm

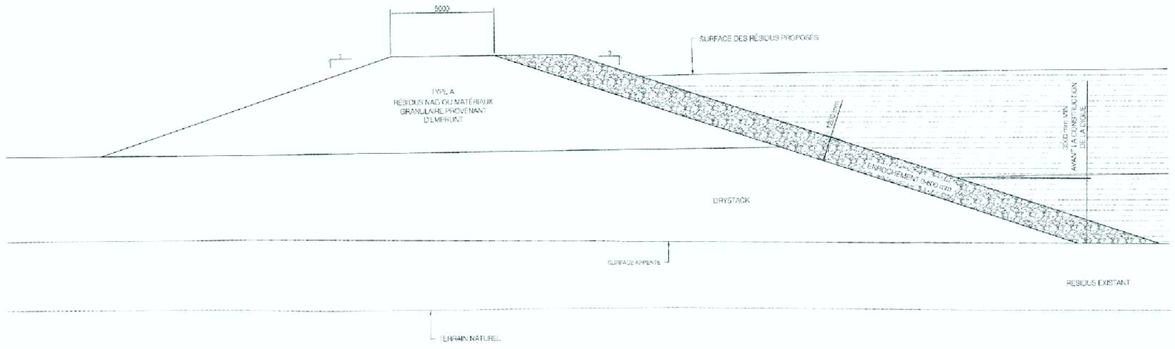
© BBA 2016 TOUS DROITS RÉSERVÉS. CE DESSIN EST LA PROPRIÉTÉ DE BBA ET NE PEUT ÊTRE UTILISÉ SANS SON AUTORISATION.

6096002-4G-D01-0013



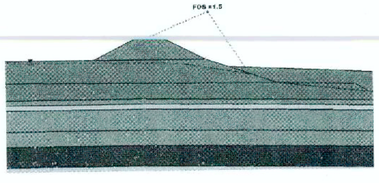
DIGUE DRYSTACK/ RÉSIDUS - PROFIL

ÉCHELLE 1:200, V:1:100



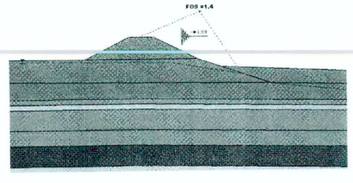
DIGUE DRYSTACK/ RÉSIDUS - COUPE TYPIQUE CH: 0+100

ÉCHELLE 1:100



DIGUE DRYSTACK/ RÉSIDUS I - RÉSULTAT DE LA STABILITÉ DES PENTES - CONDITION NON DRAINÉE

ÉCHELLE N.A.É.



DIGUE DRYSTACK/ RÉSIDUS I - RÉSULTAT DE LA STABILITÉ DES PENTES - PSEUDO STATIQUE

ÉCHELLE N.A.É.

POUR ÉMISSION AUX AUTORITÉS
NE PAS UTILISER POUR CONSTRUCTION
DATE: 2018-11-16
BBA

NOTES
1. LORS D'UNE CONCEPTION DÉTAILLÉE, IL EST ESSENTIEL DE PROCÉDER À UNE CAMPAGNE D'ESSAIS GÉOTECHNIQUES SUR LE SITE AINSI QU'À DES TEST DE LABORATOIRE ET IOL AFIN DE MIEUX CARACTÉRISER L'ARGILE EN PLACE.

RÉV	DESCRIPTION	VÉRIFIÉ PAR	APPROUVÉ PAR	DATE
A0	POUR ÉMISSION AUX AUTORITÉS	M-A. DOUCET	L. PICACCHIA	2018-11-16
NA	POUR COMMENTAIRES	M-A. DOUCET	L. PICACCHIA	2018-11-09

DESSIN N° | DESCRIPTION — DESSINS DE RÉFÉRENCE — RÉVISIONS

SCEAU: Luciano Picacchia 35912 QUÉBEC Nov. 16 2018

BBA

CLIENT: BONTERRA Ressources Métanor, Une filiale de Bonterra

PROJET: ÉTUDE PARC À RESIDUS METANOR

TITRE: DIGUE DRYSTACK/ RÉSIDUS I DÉTAIL TYPIQUE ET PROFIL VUES EN PROFIL

CONÇU PAR:	DESSINÉ PAR:
M-A.F.V.	M-A. DOUCET
VÉRIFIÉ PAR:	APPROUVÉ PAR:
M-A. DOUCET	L. PICACCHIA
ÉCHELLE:	DATE:
INDIQUÉE	2018-11-09

DESSIN N°: 6098002-4G-D01-0014 — FEUILLE (FORMAT): A0 — REV.: AB

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 cm

CE DOCUMENT EST LA PROPRIÉTÉ DE BBA INC. IL NE PEUT ÊTRE UTILISÉ, REPRODUIT OU DIVULGUÉ SANS L'AUTORISATION ÉCRITE DE BBA INC. THIS DOCUMENT IS THE PROPERTY OF BBA INC. IT CANNOT BE USED, REPRODUCED OR DISCLOSED WITHOUT THE WRITTEN PERMISSION OF BBA INC.

ANNEXE 7

PLAN DE MESURES D'URGENCE

Plan d'urgence

Mine Bachelor

Préparé par : _____
Julie Raiche
Coordonnatrice en environnement

Approuvé par : _____
Pascal Hamelin, ing.
Vice-Président de l'exploitation

Date de réalisation : 9 juillet 2013

Table des matières

1.0 INTRODUCTION 1
1.1 But du document 1
1.2 Personnel 1
1.3 Équipements 2
1.4 Accès au site 2
1.5 Bassins versants et sécurité civile 3
1.6 Matériaux d'emprunt 3
1.7 Localisation du plan d'urgences 3
1.8 Rapport d'incident environnemental 3
1.9 Conclusion 4
2.0 OUVRAGES ET DÉFAILLANCES POSSIBLES 5
2.1 Digues 5
2.2 Canal d'amené, fossé d'évacuation d'urgence et déversoirs 7
2.3 Chute de béton dans une ouverture de la mine souterraine 8

Table des annexes

ANNEXE 1 : Organigramme des personnes clés 9
ANNEXE 2 : Entrepreneurs disponibles 11

1.0 INTRODUCTION

1.1 But du document

Le présent document vise à établir les plans d'urgence pour gérer les accidents ayant un potentiel à haut risque qui pourraient survenir pendant la réalisation des travaux de restauration et en période de post-restauration.

1.2 Personnel

Un organigramme des personnes clé est présenté à l'annexe 1. Toutes les personnes mentionnées dans cet organigramme doivent être informées de leurs rôles et responsabilités et de leur implication au niveau des communications.

Rôle des intervenants

Témoin

Le témoin d'activités susceptibles de nuire à l'intégrité des ouvrages de rétention ou de bris des ouvrages de rétention, de ses composantes ou d'une contamination doit aviser le coordonnateur en environnement et/ou le poste de garde.

Poste de garde

Suite à l'avertissement, le gardien du poste de garde avise immédiatement le coordonnateur environnement.

Coordonnateur environnement

Le coordonnateur environnement se rend sur les lieux de l'activité susceptible de nuire à l'intégrité des ouvrages de rétention ou du bris des ouvrages de rétention, de ses composantes ou de la contamination.

Le coordonnateur environnement s'assure que l'activité est sécuritaire, que la réparation est effectuée adéquatement ou que la contamination est contrôlée et enlevée et que tous les travaux sont faits dans le respect des normes environnementales.

Le coordonnateur environnement est chargé de remplir le registre de déclaration des évènements et de le transmettre aux instances gouvernementales concernées.

1.3 Équipements

En cas d'urgence majeure où des équipements seraient nécessaires (pelle, chargeuse sur roues, camion), le département des achats doit être contacté par le coordonnateur environnement afin de pouvoir réagir. Le département des achats doit immédiatement contacter un entrepreneur.

Les entrepreneurs disponibles se trouvent à l'annexe 2.

1.4 Accès au site

La mine Bachelor est localisée sur le territoire de la municipalité de la Baie-James. Elle est située à environ 225 kilomètres au nord-est de Val-d'Or, 95 kilomètres à l'est de Lebel-sur-Quévillon, 30 kilomètres au sud de la communauté crie de Waswanipi et 3.5 kilomètres à l'est du village de Desmaraisville (le voisin le plus proche). La propriété est accessible via la route 113 qui relie Val-d'Or et Chibougamau.

L'adresse du siège social est la suivante :

2872, chemin Sullivan, bureau 2, Val-d'Or, Québec, J9P 0B8
Téléphone : 819-825-8678
Fax : 819-825-8224

L'adresse de la mine est la suivante :

200, chemin de la mine, Desmaraisville, Québec, J0Y 1H0
Téléphone : 819-753-2043
Fax : 819-753-2110

Les coordonnées de la mine sont les suivantes :

Latitude : 49°29' Longitude : 76°09' ; ou
UTM : 417 250 m Est, 5 483 250 m Nord

La propriété se situe sur le canton LeSueur et est constituée de 177 claims et de deux concessions minières couvrant une superficie totale de 4 837.56 hectares.

Le parc à résidus est situé à l'est des installations minières. La partie résidus est située à l'ouest du parc et le bassin de polissage est situé au nord du parc à résidus.

1.5 Bassins versants et sécurité civile

Les eaux de ruissellement et de pluie provenant du parc à résidus se jetteront dans un petit ruisseau sans nom (milieu récepteur) qui se jette à son tour dans le lac Bachelor.

Le bassin versant du parc à résidus et du bassin de polissage est de 1.26 kilomètre carré.

1.6 Matériaux d'emprunt

Un banc d'emprunt est situé à 4 kilomètres au sud-ouest des installations minières. Du sable et du gravier sont disponibles.

1.7 Localisation du plan d'urgences

Une copie du plan d'urgence doit être disponible en tout temps au poste de garde et au siège social de l'entreprise à Val-d'Or.

1.8 Rapport d'incident environnemental

À chaque fois qu'un évènement susceptible de nuire à l'intégrité des ouvrages de rétention ou d'un bris des ouvrages de rétention, de ses composantes ou qu'une contamination survient, le coordonnateur en environnement doit remplir le registre de déclaration des évènements. Des photos des interventions sont prises au besoin.

Toute activité susceptible de nuire à l'intégrité des ouvrages de rétention, tout bris des ouvrages de rétention ou de ses composantes ou toute contamination doit être déclaré au Ministère du Développement Durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs (MDDEFP), à Environnement Canada et au Ministère des Ressources Naturelles (MRN) sans délai. Le contrôle de la situation est cependant prioritaire à la déclaration.

Les déclarations se font sur le formulaire présent dans le registre des évènements qui se trouve au poste de garde. L'information est d'abord transmise par téléphone puis par e-mail.

Si une activité susceptible de nuire à l'intégrité des ouvrages de rétention ou si un bris des ouvrages de rétention ou de ses composantes ou si de la contamination survient sur le site de la mine Bachelor, mais que ce dernier est attribuable à un entrepreneur, ce dernier doit le déclarer à qui de droit. Ressources Métanor pourrait faire la déclaration au nom de l'entrepreneur.

1.9 Conclusion

Ce plan d'urgence devra être révisé annuellement, approuvé par la Direction du site et l'organigramme des personnes-ressources devra être mis à jour au besoin. Le personnel et les différents intervenants susceptibles d'être appelés à travailler un jour pour contrer une situation d'urgence doivent être informés du contenu de ce plan d'urgence et recevoir la formation qui pourrait leur être utile pour mieux orienter les interventions.

2.0 OUVRAGES ET DÉFAILLANCES POSSIBLES

2.1 Digues

La digue médiane et la digue ouest sont des digues imperméables dont la masse repose sur l'argile naturelle et le roc. La longueur de la digue médiane est de 475 mètres et celle de la digue ouest est de 250 mètres. La digue médiane et la digue ouest sont faites d'enrochement stérile (banc d'emprunt).

Les activités susceptible de nuire à l'intégrité des ouvrages de rétention ou du bris des ouvrages de rétention, de ses composantes et de la contamination qui pourraient survenir pourraient être dû à un tremblemment de terre, à de fortes pluies ou lors d'une fonte des neiges rapide.

Défaillance : Exfiltration d'eau dans la fondation ou à travers la digue

Observations

1. Observer s'il y a entraînement de particules avec l'eau.
2. Observer s'il y a saturation du sol à l'aval de la digue.
3. Observer s'il y a présence de boulance (sable mouvant).
4. Évaluer la variation des débits d'exfiltration.
5. Prendre des photos.

Interventions

Étape 1 : Avertir le coordonnateur environnement.

Étape 2 : Contacter les instances gouvernementales et le consultant technique (AMEC, bureau : (514) 429-6555.

Étape 3 : Évaluer le débit d'exfiltration de la zone critique à toutes les heures et noter l'évolution.

Délais

Situation 1 : Dans le cas où il y a exfiltration d'eau claire sans augmentation de débit ni entraînement de particules, la période d'observation permettra d'évaluer la situation pour prendre si nécessaire les mesures correctives qui s'imposent. Si la situation est stable, le délai d'intervention peut être de quelques jours. L'option de déposer des résidus directement à l'amont de la digue afin de former une plage et éloigner l'eau de la digue, si ce n'est pas déjà fait, peut être envisagée pour diminuer l'écoulement à travers la digue.

Situation 2 : Dans le cas où il y a exfiltration d'eau avec entraînement de particules et une augmentation des débits d'eau, l'intervention devra être appliquée très rapidement et le délai ne sera que de quelques heures.

Situation 3 : Dans le cas où il y a exfiltration d'eau à la mi-pente, un tapis de gravier de 2 m de largeur doit être placé le plus rapidement possible sur la zone humide pour garder en place le matériau de la digue. L'intervention doit être immédiate.

Défaillance : Brèche ou rupture d'une digue et débordement

Brèche qui permet à l'eau et/ou aux résidus de s'échapper de façon non contrôlée du parc à résidus pouvant être causée par de l'eau sur la digue ou un niveau d'eau trop élevée dans le parc à résidus (fossés bloqués).

Observations

1. Localisation de la brèche et évaluation de l'ampleur du déversement.
2. Prendre des photos.

Interventions

Étape 1 : Procéder au colmatage de la brèche à l'aide des matériaux disponibles et/ou construction d'une digue filtrante temporaire en matériel non générateur d'acide pour empêcher la dispersion des particules solides. Le matériel qui servira à construire la digue sera pris dans la réserve de stériles ou au banc d'emprunt.

L'équipe procédera ensuite à la réparation de la ligne brisée avec le matériel disponible de façon à éviter une perte supplémentaire de matériau et/ou d'eau dans l'environnement. Le responsable technique (AMEC) devra être contacté

afin d'évaluer si d'autres réparations sont nécessaires en plus des réparations d'urgence pour que la digue retrouve son intégrité.

Étape 2 : S'il y a eu déversement d'eau ou de résidus à l'extérieur du parc, contacter les instances gouvernementales pour signaler le déversement non contrôlé.

Étape 3 : Prendre des échantillons des résidus, de l'eau déversée et du sol autour du lieu de la brèche pour vérifier le niveau de contamination.

Étape 4 : Procéder à la décontamination des lieux si nécessaire.

Étape 5: Rédiger un rapport détaillé de l'incident et le faire parvenir aux instances gouvernementales.

Délai

Dans tous les cas de brèche ou de rupture, l'intervention doit être immédiate.

2.2 Canal d'amené, fossé d'évacuation d'urgence et déversoirs

Le canal de d'amené des eaux de ruissellement qui se retrouve dans le parc à résidus est situé du côté nord-est du parc à résidus. Ce canal a une longueur d'environ 300 mètres. Il se jette dans le milieu récepteur qui est lié au ruisseau sans nom qui se jette dans le lac Bachelor (même ruisseau que l'effluent final).

Le fossé d'évacuation d'urgence se trouve au nord du parc à résidus. Ce fossé est lié directement au parc par un déversoir d'urgence qui est d'une élévation de 1 mètre sous l'élévation de la digue médiane. Ce déversoir et ce fossé ont été construit dans le but de servir de canal d'évacuation de l'eau du parc advenant que le canal d'amené soit bloqué. Le fossé d'évacuation d'urgence a une longueur de 200 mètres et celui-ci est connecté avec le milieu récepteur.

Défaillance : Obstruction d'un fossé ou d'un déversoir

Observations

1. Localisation de l'obstruction.

2. Nature de l'obstruction.
3. Prendre des photos.

Interventions

Dégager l'obstruction de façon à ce que l'écoulement se fasse naturellement.

Délai

Dès que l'obstruction est localisée, il est préférable de procéder le plus rapidement possible au dégagement de celle-ci.

2.3 Chute de béton dans une ouverture de la mine souterraine

Suite à la restauration du site minier, il y a eu la construction de 4 dalles de béton sur les 4 ouvertures de la mine souterraine à la surface. Il se pourrait qu'un bris survienne suite à un tremblement de terre, une forte pluie ou simplement par détérioration.

Observations

1. Localisation du bris de la dalle de béton.
2. Contacter le MRN.
3. Contacter un entrepreneur en construction.
4. Prendre des photos.

Interventions

Réparer la dalle de béton.

Délai

Dès que le bris est localisée, il est préférable de procéder le plus rapidement possible à la réparation de celle-ci.

ANNEXE 1 : Organigramme des personnes à contacter en cas de déversement ou d'urgence

Personnes à contacter en cas d'urgence

Julie Raiche, Coordonnatrice en environnement 819-753-2043 # 2016 (Bachelor) ou [redacted]
Gardien de sécurité 819-753-2043 # 2001

Autres numéros importants

Urgence environnement Fédéral: 1-866-283-2333

Urgence environnement Provincial: 1-866-694-5454

Canutec: 1-613-966-6666

Centre anti-poison: 1-800-463-5060

ANNEXE 2 : Entrepreneurs disponibles

Entrepreneurs disponibles

Mamu Sibi
15, route 113
Waswanipi (Québec)
J0Y 3C0
Téléphone : (819) 753-2622

Blais et Langlois Inc.
1137, boulevard Industriel
Lebel-sur-Quévillon (Québec)
J0Y 2A0
Téléphone : (819) 755-3220

Construction Val-d'Or Ltée
1935, 3ième avenue
Val-d'Or (Québec)
J9P 4P3
Téléphone : (819) 874-7272

ANNEXE 8

ESTIMATION DES COÛTS DE RESTAURATION

INFORMATION ET DESCRIPTION DU PROJET

No de projet:	19-0696-0612
Document:	ECP-0612-1501
Par:	Valérie Fortin
Date:	2021.02.05
Révision :	**00**

Client: Ressources Bonterra inc.

Adresse: 2872, chemin Sullivan,
Val-d'Or (Québec)
J9P 0B9

Responsable: M. Pascal Hamelin

Projet: Plan de restauration - Site Bachelor

PERSONNES-RESSOURCES GCM:

Directeur / Directrice de projet:	Émilie Bélanger
Sécurisation du site minier	V. Fortin
Démantèlement, démolition et démobilisation des infrastructures de surface	L. Bouliane
Démantèlement des équipements de l'usine de traitement du minerai	L. Bouliane
Démolition du campement des travailleurs	L. Bouliane
Restauration de l'empreinte affectée par les activités minières	V. Fortin
Restauration des aires d'accumulation	V. Fortin
Restauration du système de gestion des eaux	V. Fortin
Gestion des sols contaminés	V. Fortin

DESCRIPTION SOMMAIRE DU PROJET:

Les coûts de restauration ont été évalués dans le cadre de la mise à jour du plan de restauration du site Bachelor suivant la déposition de l'étude d'impact (Wood, 2019).

ESTIMATION BASÉE SUR LES HYPOTHÈSES ET/OU DOCUMENTS SUIVANTS:

Type d'estimation:

- ☐ +/- 50%
- ☑ +/- 30%
- ☐ +/- 15%

Plan de restauration:

Document: ☑ ENV # ENV0612-1501-00

Hypothèses spécifiques:

Voir notes dans les sections

Préparé par: *Valérie Fortin* 2021.02.05
Valérie Fortin, ing.

Note:

Les coûts estimés selon le type d'estimation proposé ont été préparés à titre de guide pour l'évaluation et la réalisation des travaux de restauration à partir de l'information disponible au moment de l'estimation. Les coûts de restauration finaux peuvent dépendre des coûts réels de la main-d'œuvre, des conditions concurrentielles du marché, de la portée finale du projet, de l'échéancier d'exécution et d'autres facteurs variables. Comme résultante, les coûts de restauration du projet peuvent varier par rapport à l'estimation ci-jointe. Conséquemment, ceux-ci devront être revus lors du plan de restauration final pour s'assurer d'une évaluation précise du projet réalisé.

GCM CONSULTANTS	Projet :	**PLAN DE RESTAURATION - SITE BACHELOR**	Par : V. Fortin
	No projet :	19-0696-0612	
BONTERRA	Document :	**ESTIMATION DE COÛTS DE RESTAURATION**	Rév. : **00**
	No document :	ECP0612-1501-00	Date : 2021.02.05

TYPE D'ESTIMATION	☐ +/- 50%	☑ +/- 30%	☐ +/- 15%

COÛTS DIRECTS

No ITEM	TITRE	TOTAL
1000	Sécurisation du site minier	108 000 $
2000	Démantèlement, démolition et démobilisation des infrastructures de surface au complexe industriel	478 900 $
3000	Démantèlement des équipements de l'usine de traitement du minerai	34 500 $
4000	Démolition du campement des travailleurs	58 900 $
5000	Restauration de l'empreinte affectée par les activités minières	277 000 $
6000	Restauration des aires d'accumulation	3 741 600 $
7000	Restauration du système de gestion des eaux	717 200 $
8000	Gestion des sols contaminés	66 700 $
	Sous-total des coûts directs	**5 482 800 $**

COÛTS INDIRECTS

No ITEM	TITRE		QUANTITÉ	UNITÉ	COÛTS UNITAIRES	TOTAL
100	Mobilisation et démobilisation	5%	1	lot	274 140 $	274 140 $
200	Suivi annuel de l'intégrité des ouvrages		5	an	9 120 $	45 600 $
300	Suivi agronomique annuel		5	an	7 040 $	35 200 $
400	Suivi environnemental post-opération	(18 mois)	18	mois	2 806 $	50 500 $
500	Suivi environnemental post-restauration	(30 visites sur 5 ans)	5	an	28 440 $	142 200 $
600	Ingénierie conceptuelle	10%	1	lot	569 420 $	569 420 $
					Sous-total des coûts Indirects	1 117 100 $

TOTAL COÛTS DIRECTS ET INDIRECTS		6 599 900 $
CONTINGENCES	**15%**	989 985 $
COÛT TOTAL $ cdn		**7 589 885 $**

Vérifié par: Richard Fallon ing. / P.Eng Date: 2021.02.05

Richard Fallon, ing.

ESTIMATION DES COÛTS DE RESTAURATION

Efficacité 100%

1000 SÉCURISATION DU SITE MINIER — **TAUX HORAIRE ($/h)** 110 $

No ITEM	DESCRIPTION	SOUS-CONTRAT				MAIN-D'ŒUVRE		TOTAL
		UNITÉ	QTÉ	PRIX/UNITÉ ($)	MONTANT ($)	HRES /UNITÉ	MONTANT ($)	($)
1100	**Mise en place d'une dalle de béton sur l'ouverture du puits de production**				**42 000 $**		**- $**	**42 000 $**
1101	Volume de béton[1]	m^3	24	800 $	19 200 $		- $	19 200 $
1102	Préparation de la fondation, du coffrage et mise en place de la dalle incluant les armatures	lot	1	22 800 $	22 800 $		- $	22 800 $
1200	**Mise en place d'une dalle de béton sur l'ouverture de la cheminée de ventilation**				**22 000 $**		**- $**	**22 000 $**
1201	Volume de béton[2]	m^3	15	800 $	12 000 $		- $	12 000 $
1202	Préparation de la fondation, du coffrage et mise en place de la dalle incluant les armatures	lot	1	10 000 $	10 000 $		- $	10 000 $
1300	**Mise en place de dalles de béton sur les ouvertures des anciennes monteries désaffectées**				**44 000 $**		**- $**	**44 000 $**
1301	Volume de béton[3]	m^3	30	800 $	24 000 $		- $	24 000 $
1302	Préparation de la fondation, du coffrage et mise en place de la dalle incluant les armatures	lot	2	10 000 $	20 000 $		- $	20 000 $
			SOUS-TOTAL		108 000 $		- $	108 000 $

TOTAL $ cdn **108 000 $**

NOTES:

1 Il a été considéré la mise en place d'une dalle en béton de 8 m X 5 m et d'une épaisseur de 60 cm.

2 Il a été considéré la mise en place d'une dalle en béton de 5 m X 5 m et d'une épaisseur de 60 cm.

3 Il a été considéré la mise en place d'une dalle en béton de 5 m X 5 m et d'une épaisseur de 60 cm sur chacune des deux ouvertures.

ESTIMATION DES COÛTS DE RESTAURATION

Efficacité 100%

2000 DÉMANTÈLEMENT, DÉMOLITION ET DÉMOBILISATION DES INFRASTRUCTURES DE SURFACE AU COMPLEXE INDUSTRIEL — **TAUX HORAIRE ($/h)** 110 $

No ITEM	DESCRIPTION	SOUS-CONTRAT				MAIN-D'ŒUVRE		TOTAL
		UNITÉ	QTÉ	PRIX/UNITÉ ($)	MONTANT ($)	HRES /UNITÉ	MONTANT ($)	($)
2100	**Infrastructures d'extraction**				**27 357 $**		**55 735 $**	**83 092 $**
2101	Abri du puits: 9m x 14m x 10m H, démo	m³	1 260	2.35 $	2 961 $	0.0522	7 235 $	10 196 $
2102	Chevalement: hypothèse 5m x 5m x 30m, démo	m³	750	2.35 $	1 763 $	0.0522	4 307 $	6 069 $
2103	Salle de compresseurs: 18m x 21m x hyp 10m H, démo	m³	3 780	2.35 $	8 883 $	0.0522	21 705 $	30 588 $
2104	Salle de treuil: 11m x 16m x 10m H	m³	1 760	2.35 $	4 136 $	0.0522	10 106 $	14 242 $
2105	Salles: Concassage fondations et dalle de béton	h	6	50.00 $	277 $	1.0000	609 $	886 $
2106	Réservoir de diesel: 2,5m dia x 6m l, riggage + transport	ch	1	500.00 $	500 $	2.0000	220 $	720 $
2107	Réservoir de glycol (antigel): 2,5m dia x 6m L, riggage + transport	ch	1	500.00 $	500 $	2.0000	220 $	720 $
2108	Concasseur	m³	1 134	2.35 $	2 665 $	0.0522	6 511 $	9 176 $
2109	Convoyeurs - Proposée: longueur totale 90m, démo	/ 10 m	9	500.00 $	4 500 $	4.0000	3 960 $	8 460 $
2110	Trémie - Proposée: 3,5m x 7m x hyp 3m H	m³	74	2.35 $	173 $	0.0522	422 $	595 $
2111	Entrepôt d'explosifs: hypothèse 1 conteneur 3m x 6m	ch	1	500.00 $	500 $	2.0000	220 $	720 $
2112	Entrepôt de détonateurs: hypothèse 1 conteneur 3m x 6m	ch	1	500.00 $	500 $	2.0000	220 $	720 $
2200	**Usine de traitement du minerai**				**61 430 $**		**148 179 $**	**209 609 $**
2201	Bâtiment concasseur: 10m x 22m x hyp 11m H	m³	2 420	2.35 $	5 687 $	0.0522	13 896 $	19 583 $
2202	Bâtiment Unine no 1 Floculant: 30x40x10H+23x30x11H+10x17x17H	m³	22 480	2.35 $	52 828 $	0.0522	129 080 $	181 908 $
2203	Concassage fondations/dalles de béton	h	23.3	50.00 $	1 165 $	1.0000	2 563 $	3 728 $
2204	Réservoir de cyanure de sodium liquide: 5m dia x hyp 5mH	lot	1	250.00 $	250 $	4.0000	440 $	690 $
2205	Réservoir de propane	ch	1	250.00 $	250 $	2.0000	220 $	470 $
2206	Réservoirs de soude caustique liquide: 4m dia x hyp 4mH	lot	4	250.00 $	1 000 $	4.0000	1 760 $	2 760 $
2207	Silo de chaux vive sous forme de poudre fine	lot	1	250.00 $	250 $	2.0000	220 $	470 $
2300	**Bâtiments connexes (Bureau, garage, etc.)**				**42 376 $**		**67 879 $**	**110 256 $**
2301	Carothèque: 15m x 18m x hyp 7m H, demo	m³	1 890	2.35 $	4 442 $	0.0522	10 852 $	15 294 $
2302	Conteneur de rangement: chargement + transport	ch	1	500.00 $	500 $	2.0000	220 $	720 $
2303	Conteneurs d'entreposage	ch	3	500.00 $	1 500 $	2.0000	660 $	2 160 $
2304	Réservoir de propane: 2m dia x 5m l	ch	1	250.00 $	250 $	2.0000	220 $	470 $
2305	Atelier d'usinage: hypothèse 10m x 7m x 5m	m³	350	2.35 $	823 $	0.0522	2 010 $	2 832 $
2306	Bureaux, hyp: 13 roulottes 25m, démo partielle+ riggage+transport	ch	16	700.00 $	11 200 $	8.0000	14 080 $	25 280 $
2307	Cabane d'arpentage: hyp 1 roulotte 2,6m x 9m, riggage+transport	ch	1	500.00 $	500 $	4.0000	440 $	940 $
2309	Garage: 12m x 20m x hyp 5m H	m³	1 200	2.35 $	2 820 $	0.0522	6 890 $	9 710 $
2310	Garage Concassage dalles de béton	h	4	50.00 $	200 $	1.0000	440 $	640 $
2311	Laboratoire: 4m x 5m x 3m H	m³	60	2.35 $	141 $	0.0522	345 $	486 $
2312	ALLOCATION Lavoir	lot	1	2 500.00 $	2 500 $		- $	2 500 $
2313	Magasin: hyp 3 roulottes 25m, démo part+riggage+transport	ch	3	700.00 $	2 100 $	8.0000	2 640 $	4 740 $
2314	ALLOCATION Poudrière	lot	1	2 500.00 $	2 500 $		- $	2 500 $
2315	Réservoir de propane: hypothèses 2m dia x 5m l	lot	1	500.00 $	500 $	2.0000	220 $	720 $

ESTIMATION DES COÛTS DE RESTAURATION

2316	Réservoir d'huiles usées: hypothèse 1.5m dia x 3m l	lot	1	250.00 $	250 $	2.0000	220 $	470 $
2317	Réservoirs d'eau souterraine: 13m dia x hyp 13m H	lot	1	500.00 $	500 $	16.0000	1 760 $	2 260 $
2318	Salle de dîner: 1 roulotte 3,5m x 17m L	ch	1	700.00 $	700 $	8.0000	880 $	1 580 $
2319	Salle d'entretient - Forage: 26m x 18m x hyp 5m H, démo	m³	2 340	2.35 $	5 499 $	0.0522	13 436 $	18 935 $
2320	Sécherie: hypothèse 20m x 15m x 5m (60 travailleurs)	m³	1 500	2.35 $	3 525 $	0.0522	8 613 $	12 138 $
2321	Station de pompage: 4m x 4m x hyp 3m H	m³	48	2.35 $	113 $	0.0522	276 $	388 $
2322	Voûte: 6m x 6m x hyp 4m H	m³	144	2.35 $	338 $	0.0522	827 $	1 165 $
2323	Guérite: 5m x 5m x hyp 3m H	m³	75	2.35 $	176 $	0.0522	431 $	607 $
2324	Clôture, 400m longueur, démo	/200 m	2	400.00 $	800 $	8.0000	1 760 $	2 560 $
2325	Pesée: 7m L	lot	1	500.00 $	500 $	6.0000	660 $	1 160 $
2400	**Aire d'entreposage (Cour arrière)**				**15 047 $**		**15 484 $**	**30 531 $**
2401	Aire d'entrepôt future: hypothèse déchet de 20m x 4m x 2m H	m˘	160	43.00 $	6 880 $		- $	6 880 $
2402	Conteneur d'entreposage (Environnement) 2,6m x 10m x hyp 4m H	m³	146	2.35 $	342 $	0.0522	836 $	1 178 $
2403	Conteneur entrepos. Mat. Dang./ d'huiles usées: 5m x 13m x hyp 5m H	m³	325	2.35 $	764 $	0.0522	1 866 $	2 630 $
2404	Dôme d'entreposage: 14m x 9m x hyp 4m H	m³	504	2.35 $	1 184 $	0.0522	2 894 $	4 078 $
2405	Super dômes d'entreposage: 9m x 13m et 9m x 20m, hyp 4m H	m³	1 188	2.35 $	2 792 $	0.0522	6 821 $	9 613 $
2406	Entrepôt des matières dangereuses: 2m x 6m x hyp 3m H, démo	m³	36	2.35 $	85 $	0.0522	207 $	291 $
2407	Pesée: 10m x 3,5m, demo	lot	1	500.00 $	500 $	6.0000	660 $	1 160 $
2408	Réservoir d'huiles usées: hypothèse 4000l	lot	1	500.00 $	500 $	4.0000	440 $	940 $
2409	Réservoirs d'hydrocarbure: hypothèse 2 riggages+transport	lot	2	500.00 $	1 000 $	4.0000	880 $	1 880 $
2410	Réservoirs de propane (20m/5m) 2 riggages+transport	lot	2	500.00 $	1 000 $	4.0000	880 $	1 880 $
2500	**Infrastructures électriques**				**19 063 $**		**1 019 $**	**20 082 $**
2501	Génératrice Olympian	lot	1	500.00 $	500 $	4.0000	440 $	940 $
2502	Génératrice Detroit Diesel	lot	1	500.00 $	500 $	4.0000	440 $	940 $
2503	ALLOCATION Déconnexion Ligne électrique Waswanipi WAN-234	lot	1	4 000.00 $	4 000 $		- $	4 000 $
2504	ALLOCATION DéconnexionLigne électrique Quévillon QUE-221	lot	1	4 000.00 $	4 000 $		- $	4 000 $
2505	ALLOCATION Démantelement Unité de transformateurs	lot	1	10 000.00 $	10 000 $		- $	10 000 $
2506	ALLOCATION concassage dalle Unité de transformateurs	h	1	50.00 $	63 $	1.0000	139 $	202 $
2600	**Secteur du parc à résidus et de l'usine de traitement des eaux industrielles**				**10 292 $**		**15 067 $**	**25 359 $**
2601	Station pompage recirc. eau vers usine traitement minerai	lot	1	75.00 $	75 $	1.5000	165 $	240 $
2602	Conduites de résidus (digues) hypothèse pvc dia 8'' x 2000m	h	40.0	160.00 $	6 400 $	2.0000	8 800 $	15 200 $
2603	Station de contrôle de l'effluent final (CONTENEUR)	ch	1	500.00 $	500 $	2.0000	220 $	720 $
2604	Traitement d'eau à l'ozone (conteneur)	ch	1	500.00 $	500 $	2.0000	220 $	720 $
2605	ALLOCATION Géotube: 17m x 29m x hyp 2m	m³	986	2.35 $	2 317 $	0.0522	5 662 $	7 979 $
2606	Conduite effluent final, hyp: remblayer 2 extrémités	lot	1	500.00 $	500 $	-	- $	500 $
			SOUS-TOTAL		175 565 $		303 363 $	478 928 $

TOTAL $ cdn **478 928 $**

ESTIMATION DES COÛTS DE RESTAURATION

								Efficacité	100%
3000	**DÉMANTÈLEMENT DES ÉQUIPEMENTS DE L'USINE DE TRAITEMENT DU MINERAI**							**TAUX HORAIRE ($/h)**	110 $
No ITEM	**DESCRIPTION**	**SOUS-CONTRAT**				**MAIN-D'ŒUVRE**			
		UNITÉ	**QTÉ**	**PRIX/UNITÉ ($)**	**MONTANT ($)**	**HRES /UNITÉ**	**MONTANT ($)**	**($)**	
3100	**Étape 1. Circuit de concassage et d'entreposage du minerai fin**				**2 150 $**		**4 730 $**	**6 880 $**	
3101	Alimenteur	lot	1	25 $	25 $	0.5	55 $	80 $	
3102	Alimenteur à plaques - Proposé	lot	2	25 $	50 $	0.5	110 $	160 $	
3103	Broyeur semi-autogène - Proposé	lot	1	50 $	50 $	1.0	110 $	160 $	
3104	Concasseur (1) à mâchoires:	lot	1	50 $	50 $	1.0	110 $	160 $	
3105	Crible grossier « grizzly » équipé d'un marteau hydraulique - Proposé	lot	1	25 $	25 $	0.5	55 $	80 $	
3106	Silo d'entreposage du minerai brut (26'dia x 26'H)	lot	1	400 $	400 $	8.0	880 $	1 280 $	
3107	Silos d'entreposage minerai fin, 32'diax30'H - Proposé	lot	2	600 $	1 200 $	12.0	2 640 $	3 840 $	
3108	Système de convoyeurs: hyp longueur totale 140m, démo	/ 10 m	14	25 $	350 $	0.5	770 $	1 120 $	
3200	**Étape 2. Circuit de broyage**				**1 625 $**		**3 575 $**	**5 200 $**	
3201	Alimenteur pour le silo de chaux	lot	1	25 $	25 $	0.5	55 $	80 $	
3202	Batterie d´hydrocyclones avec deux cyclones additionnels; (Assumer 4 total)	lot	1	25 $	25 $	0.5	55 $	80 $	
3203	Boîte de pompage - Proposée	lot	1	25 $	25 $	0.5	55 $	80 $	
3204	Broyeur semi-autogène - Proposé	lot	1	100 $	100 $	2.0	220 $	320 $	
3205	Broyeurs à boulets (présumons 5) - Proposé	lot	5	100 $	500 $	2.0	1 100 $	1 600 $	
3206	Concentrateurs centrifuges Knelson - Proposé	lot	2	25 $	50 $	0.5	110 $	160 $	
3207	Cyclone - Proposé	lot	2	25 $	50 $	0.5	110 $	160 $	
3208	Dépoussiéreur à sacs	lot	1	25 $	25 $	0.5	55 $	80 $	
3209	Réservoir d'accumulation du concentré gravimétrique - Proposé	lot	1	100 $	100 $	2.0	220 $	320 $	
3210	Silo de concentré - Proposé	lot	1	400 $	400 $	8.0	880 $	1 280 $	
3211	Système de convoyeurs: hyp 10 convoyeurs démo	/ 10 m	10	25 $	250 $	0.5	550 $	800 $	
3212	Table de concentration à secousses à action réciproque - Proposée	lot	1	25 $	25 $	0.5	55 $	80 $	
3213	Tamis à rebus	lot	1	25 $	25 $	0.5	55 $	80 $	
3214	Tamis vibrant - Proposé	lot	1	25 $	25 $	0.5	55 $	80 $	
3300	**Étape 3. Circuit de lixiviation et de charbon en pulpe**				**5 900 $**		**12 980 $**	**18 880 $**	
3301	Cuves cyanuration: 7m dia x hyp 7m H	ch	6	500 $	3 000 $	10.0	6 600 $	9 600 $	
3302	Cuves d'agitation pour la cyanuration - Proposée	lot	7	200 $	1 400 $	4.0	3 080 $	4 480 $	

ESTIMATION DES COÛTS DE RESTAURATION

3303	Épaississeur: 17m dia x hyp 5m H	ch	1	1 000 $	1 000 $	20.0	2 200 $	3 200 $
3304	Épaississeur extérieur - Proposé	lot	3	50 $	150 $	1.0	330 $	480 $
3305	Réservoirs de charbon en pulpe - Proposé	lot	3	100 $	300 $	2.0	660 $	960 $
3306	Tamis	lot	1	50 $	50 $	1.0	110 $	160 $
3400	**Étape 4. Circuit de traitement du charbon et de raffinage**				**1 200 $**		**2 310 $**	**3 510 $**
3401	Cellules d'électrolyse avec cathodes	lot	1	50 $	50 $	1.0	110 $	160 $
3402	Filtre à plaques, 12'dia x 14'H	lot	3	250 $	750 $	4.0	1 320 $	2 070 $
3403	Four de réactivation du charbon	lot	1	50 $	50 $	1.0	110 $	160 $
3404	Four pour le gâteau de boue métallique filtrée	lot	1	50 $	50 $	1.0	110 $	160 $
3405	Fournaise	lot	1	50 $	50 $	1.0	110 $	160 $
3406	Réservoir d'élution	lot	1	50 $	50 $	1.0	110 $	160 $
3407	Réservoir de lavage	lot	1	50 $	50 $	1.0	110 $	160 $
3408	Réservoir tampon	lot	1	50 $	50 $	1.0	110 $	160 $
3409	Structure dendritique	lot	1	50 $	50 $	1.0	110 $	160 $
3410	Tamis	lot	1	50 $	50 $	1.0	110 $	160 $
			SOUS-TOTAL		10 875 $		23 595 $	34 470 $

TOTAL $ cdn **34 470 $**

ESTIMATION DES COÛTS DE RESTAURATION

Efficacité 100%

4000 DÉMOLITION DU CAMPEMENT DES TRAVAILLEURS — **TAUX HORAIRE ($/h)** 110 $

No ITEM	DESCRIPTION	SOUS-CONTRAT				MAIN-D'ŒUVRE		TOTAL
		UNITÉ	QTÉ	PRIX/UNITÉ ($)	MONTANT ($)	HRES /UNITÉ	MONTANT ($)	($)
4100	**Campement des travailleurs**				**24 892 $**		**34 054 $**	**58 946 $**
4101	Camps F, G, I: 8 roulottes 14'x64': démo part+riggage+transport	ch	8	700 $	5 600 $	8	7 040 $	12 640 $
4102	Clôture longueur 600m, démo	/200 m	3	400 $	1 200 $	8	2 640 $	3 840 $
4103	Cuisine (4 roulottes) démo part+riggage+transport	ch	4	700 $	2 800 $	8	3 520 $	6 320 $
4104	Dortoir des dirigeants (1 roulotte) démo part+riggage+transport	ch	3	700 $	2 100 $	8	2 640 $	4 740 $
4105	Dortoir des employés-cadres (3 roulottes) démo part+riggage+transport	ch	3	700 $	2 100 $	8	2 640 $	4 740 $
4106	Dortoir des employés horaires (10 roulottes) démo part+riggage+transport	ch	10	700 $	7 000 $	8	8 800 $	15 800 $
4107	Fémina (1 roulotte): riggage+transport	ch	1	500 $	500 $	4	440 $	940 $
4108	Garage, 7x9x hyp 5m H, démo	m^3	315	2.35 $	740 $	0.0522	1 809 $	2 549 $
4109	Réservoir de propane	lot	1	500.00 $	500 $	4.0000	440 $	940 $
4110	Salle communautaire (2 roulottes) démo partielle, riggage+transport	ch	2	700 $	1 400 $	8	1 760 $	3 160 $
4111	Station de pompage, 9x9x hyp 5m H		405	2.35 $	952 $	0.0522	2 326 $	3 277 $
			SOUS-TOTAL		24 892 $		34 054 $	58 946 $

TOTAL $ cdn **58 946 $**

ESTIMATION DES COÛTS DE RESTAURATION

									Efficacité	100%
5000	**RESTAURATION DE L'EMPREINTE AFFECTÉE PAR LES ACTIVITÉS MINIÈRES**								**TAUX HORAIRE ($/h)**	110 $
No ITEM	**DESCRIPTION**	**SOUS-CONTRAT**				**MAIN-D'ŒUVRE**		**TOTAL**		
		UNITÉ	**QTÉ**	**PRIX/UNITÉ ($)**	**MONTANT ($)**	**HRES /UNITÉ**	**MONTANT ($)**	**($)**		
5100	**Restauration de l'empreinte affectée par les activités minières**				**275 759 $**		**- $**	**275 759 $**		
5101	Recouvrement de 150 mm de matières organiques en provenance de la halde à mort-terrain[4,5]	m^3	2 070	6.50 $	13 455 $		- $	13 455 $		
5102	Scarification des aires de services[6]	m^2	108 185	0.20 $	21 637 $		- $	21 637 $		
5103	Scarification des chemins[7]	m^2	33 935	0.20 $	6 787 $		- $	6 787 $		
5104	Mise en végétation des aires par ensemencement hydraulique	m^2	155 920	1.50 $	233 880 $		- $	233 880 $		
5200	**Restauration des fosses septiques**				**1 220 $**		**- $**	**1 220 $**		
5201	Remplissage des fosses septiques de matériaux inertes en provenance de la halde à mort-terrain[8]	m^3	114	10.70 $	1 220 $		- $	1 220 $		
			SOUS-TOTAL		276 979 $		- $	276 979 $		
							TOTAL $ cdn	**276 979 $**		

NOTES:

4 Le coût unitaire inclut le chargement, le transport et l'épandage du sol en considérant que le matériel provient de la halde à mort-terrain. Il est présumé que la quantité disponible sur la halde à mort terrain est suffisante pour l'ensemble des travaux de recouvrement. La volumétrie devra être prise en considération lors de la prochaine révision du plan de restauration.

5 L'estimation considère une superficie de 13 800 m^2 dans le secteur de l'usine de traitement du minerai.

6 La superficie des aires de services comprend le secteur du campement (46 710 m^2), du secteur d'entreposage des explosifs (2 400 m^2) et du secteur de la cour arrière de l'usine de traitement du minerai (59 075 m^2).

7 L'estimation considère les chemins d'accès sud et nord au campement, le chemin reliant le campement et l'extrême ouest du parc à résidus, le chemin menant à l'aire d'entreposage des explosifs, le chemin d'accès sud au Complexe Bachelor, le tronçon au sud du parc à résidus Bachelor et l'accès sud proposé.

8 L'estimation considère le remblayage de 8 fosses septiques d'un volume 14,3 m^3.

ESTIMATION DES COÛTS DE RESTAURATION

Efficacité 100%

6000 RESTAURATION DES AIRES D'ACCUMULATION — **TAUX HORAIRE ($/h)** 110 $

No ITEM	DESCRIPTION	SOUS-CONTRAT				MAIN-D'ŒUVRE		TOTAL
		UNITÉ	QTÉ	PRIX/UNITÉ ($)	MONTANT ($)	HRES /UNITÉ	MONTANT ($)	($)
6100	**Haldes à minerai temporaires**				**8 055 $**		**- $**	**8 055 $**
6101	Recouvrement de 150 mm de matières organiques en provenance de la halde à mort-terrain[4]	m^3	488	6.5 $	3 172 $		- $	3 172 $
6102	Mise en végétation des aires par ensemencement hydraulique	m^2	3 255	1.5 $	4 883 $		- $	4 883 $
6200	**Halde à mort-terrain**				**122 322 $**		**- $**	**122 322 $**
6201	Nivellement	m^2	33 060	2.2 $	72 732 $		- $	72 732 $
6202	Mise en végétation de l'aire par ensemencement hydraulique	m^2	33 060	1.5 $	49 590 $		- $	49 590 $
6300	**Halde à stériles temporaire**				**18 711 $**		**- $**	**18 711 $**
6301	Recouvrement de 150 mm de matières organiques sur l'empreinte de la halde[4]	m^3	1 134	6.5 $	7 371 $		- $	7 371 $
6302	Mise en végétation de l'aire par ensemencement hydraulique	m^2	7 560	1.5 $	11 340 $		- $	11 340 $
6400	**Empilement à sec (cellule 1 du parc à résidus Bachelor)**				**161 370 $**		**- $**	**161 370 $**
6401	Recouvrement - 150 mm de matière organique[4]	m^3	9 780	6.5 $	63 570 $		- $	63 570 $
6402	Mise en végétation de l'aire par ensemencement hydraulique	m^2	65 200	1.5 $	97 800 $		- $	97 800 $
6500	**Bassin surnageant (nouvelle cellule de résidus incluant les anciennes cellules 2 et 3)**				**2 937 551 $**		**- $**	**2 937 551 $**
6501	Nivellement du plateau de l'élévation 337m	m^2	12 680	2.2 $	27 896 $		- $	27 896 $
6502	Recouvrement - 300 mm de stériles	m^3	184 740	7.5 $	1 385 550 $		- $	1 385 550 $
6503	Recouvrement - 150 mm de matières organiques[4]	m^3	92 370	6.5 $	600 405 $		- $	600 405 $
6504	Mise en végétation de l'aire par ensemencement hydraulique	m^2	615 800	1.5 $	923 700 $		- $	923 700 $
6600	**Parc à résidus - Digues**				**493 544 $**		**- $**	**493 544 $**
6601	Recouvrement - 150 mm de matières organiques sur terrain en pente[4]	m^3	27 044	8.25 $	223 109 $		- $	223 109 $
6602	Mise en végétation des aires par ensemencement hydraulique	m^2	180 290	1.5 $	270 435 $		- $	270 435 $
			SOUS-TOTAL		3 741 552 $		- $	3 741 552 $

TOTAL $ cdn **3 741 552 $**

NOTES:

4 Le coût unitaire inclut le chargement, le transport et l'épandage du sol en considérant que le matériel provient de la halde à mort-terrain. Il est présumé que la quantité disponible sur la halde à mort terrain est suffisante pour l'ensemble des travaux de recouvrement. La volumétrie devra être prise en considération lors de la prochaine révision du plan de restauration.

ESTIMATION DES COÛTS DE RESTAURATION

									Efficacité	100%
7000	**RESTAURATION DU SYSTÈME DE GESTION DES EAUX**								**TAUX HORAIRE ($/h)**	110 $
No ITEM	**DESCRIPTION**	**SOUS-CONTRAT**				**MAIN-D'ŒUVRE**		**TOTAL**		
		UNITÉ	**QTÉ**	**PRIX/UNITE ($)**	**MONTANT ($)**	**HRES /UNITÉ**	**MONTANT ($)**	**($)**		
7100	**Mise en place d'une brèche dans la digue du bassin de sédimentation**				**76 889 $**		**- $**	**76 889 $**		
7101	Excavation	m^3	2 537	10.4 $	26 482 $		- $	26 482 $		
7102	Géotextile (Texel 918)	m^2	3 476	3.5 $	12 167 $		- $	12 167 $		
7103	Empierrement (100-300 mm 400 mm épais)	m^3	1 391	27.5 $	38 240 $		- $	38 240 $		
7200	**Restauration du bassin de sédimentation**				**208 980 $**		**- $**	**208 980 $**		
7201	Épandage de 150 mm de matière organique dans l'empreinte du bassin[4]	m^3	10 393	6.5 $	67 553 $		- $	67 553 $		
7202	Aménagement du canal d'amenée	m	300	125.0 $	37 500 $		- $	37 500 $		
7203	Mise en végétation de l'aire par ensemencement hydraulique	m^2	69 285	1.5 $	103 928 $		- $	103 928 $		
7300	**Mise en place d'une brèche dans la digue du bassin de recirculation**				**76 889 $**		**- $**	**76 889 $**		
7301	Excavation	m^3	2 537	10.44 $	26 482 $		- $	26 482 $		
7302	Géotextile (Texel 918)	m^2	3 476	3.5 $	12 167 $		- $	12 167 $		
7303	Empierrement (100-300 mm 400 mm épais)	m^3	1 391	27.5 $	38 240 $		- $	38 240 $		
7400	**Restauration du bassin de recirculation**				**151 928 $**		**- $**	**151 928 $**		
7401	Épandage de 150 mm de matière organique dans l'empreinte du bassin[4]	m^3	9 208	6.5 $	59 850 $		- $	59 850 $		
7402	Mise en végétation de l'aire par ensemencement hydraulique	m^2	61 385	1.5 $	92 078 $		- $	92 078 $		
7500	**Remise en état du réseau de drainage naturel**				**202 475 $**		**- $**	**202 475 $**		
7501	Remblayage des fossés du parc à résidus Bachelor[9]	m^3	12 441	10.7 $	133 119 $		- $	133 119 $		
7502	Remblayage des fossés du Complexe industriel Bachelor[9]	m^3	2 898	10.7 $	31 009 $		- $	31 009 $		
7503	Mise en végétation des fossés par ensemencement hydraulique	m^2	25 565	1.5 $	38 348 $		- $	38 348 $		
			SOUS-TOTAL		717 161 $		- $	717 161 $		

TOTAL $ cdn **717 161 $**

NOTES:

4 Le coût unitaire inclut le chargement, le transport et l'épandage du sol en considérant que le matériel provient de la halde à mort-terrain. Il est présumé que la quantité disponible sur la halde à mort terrain est suffisante pour l'ensemble des travaux de recouvrement. La volumétrie devra être prise en considération lors de la prochaine révision du plan de restauration.

9 L'estimation considère un fossé typique avec une pente de 2 :1 et un fond d'une largeur de 1 m. Une longueur totale d'environ 4 150 m et 970 m a été considéré respectivement pour les fossés ceinturant le parc à résidus et les fossés au complexe industriel.

ESTIMATION DES COÛTS DE RESTAURATION

								Efficacité	100%
8000	**GESTION DES SOLS CONTAMINÉS**							**TAUX HORAIRE ($/h)**	110 $
No ITEM	**DESCRIPTION**	**SOUS-CONTRAT**				**MAIN-D'ŒUVRE**		**TOTAL**	
		UNITÉ	**QTÉ**	**PRIX/UNITÉ ($)**	**MONTANT ($)**	**HRES /UNITÉ**	**MONTANT ($)**	**($)**	
8100	**Caractérisation environnementale du site**[10]				**60 245 $**		**- $**	**60 245 $**	
8101	Mobilisation visite	lot	1	7 700 $	7 700 $		- $	7 700 $	
8102	Réalisation de tranchée	lot	20	350 $	7 000 $		- $	7 000 $	
8103	Réalisation de forages	lot	11	2 500 $	27 500 $		- $	27 500 $	
8104	Analyses chimiques	lot	1	9 045 $	9 045 $		- $	9 045 $	
8105	Rapport	lot	1	9 000 $	9 000 $		- $	9 000 $	
8200	**Enlèvement et disposition des sols contaminés aux hydrocarbures**[11]				**2 717 $**		**- $**	**2 717 $**	
8201	Excavation	m^3	10	12.7 $	127 $		- $	127 $	
8202	Transport	h	12	120 $	1 440 $		- $	1 440 $	
8203	Disposition	lot	1	1 150 $	1 150 $		- $	1 150 $	
8300	**Gestion des sols contaminés en métaux**[11]				**1 905 $**		**- $**	**1 905 $**	
8301	Gestion des sols contaminés en métaux	m^3	150	12.7 $	1 905 $		- $	1 905 $	
8400	**Caractérisation des boues dans le géotube**[12]				**1 853 $**		**- $**	**1 853 $**	
8401	Mobilisation visite	lot	1	1 665 $	1 665 $		- $	1 665 $	
8402	Analyses chimiques	lot	1	188 $	188 $		- $	188 $	
			SOUS-TOTAL		66 720 $		- $	66 720 $	
							TOTAL $ cdn	**66 720 $**	

NOTES:

10 Il a été considéré que la caractérisation environnementale du site se ferait par un tiers. Le forfait inclut la mobilisation et démobilisation d'un technicien de la région de Val-d'Or, les travaux de caractérisation incluant la réalisation de 20 tranchées et 11 forages aménagés et la production d'un rapport de caractérisation.

11 Dans une phase préliminaire, il a été considéré qu'une surface de 20 m2 de sols autour des réservoirs d'essence aura subi une contamination en hydrocarbures pétroliers sur une épaisseur de 50 cm. Il a été considéré d'excaver et de disposer des sols affectés par les hydrocarbures pétroliers dans un site autorisé. Il a aussi été considéré que 30 % des aires d'accumulation de minerai (3 255 m2) auront été affectées par les métaux sur 150 mm. Il est prévu de relocaliser les sols affectés par les métaux sous terre ou dans le parc à résidus.

12 Il a été considéré que la caractérisation des boues se ferait par un tiers. Le forfait inclut la mobilisation et démobilisation d'un technicien de la région de Val-d'Or, l'échantillonnage et l'analyse des boues.