

NOTE TECHNIQUE

DESTINATAIRE : Monsieur Hugo Latulippe, Mine Arnaud

COPIE CONFORME À : Madame Caroline Hardy, Mine Arnaud
Monsieur Bernard Massicotte, GENIVAR inc.

EXPÉDITEURS : Simon Latulippe, ing., GENIVAR inc.
Andréanne Hamel, Ing. M.Sc. GENIVAR inc.
Daniel Lemaire, ing. M.Sc., GENIVAR inc.

DATE : 26 août 2013

OBJET : **Mine Arnaud -
Estimation des débits d'eau de percolation sous la butte-
écran et sous le parc à résidus de flottation (float tails).**

N/Réf. : 121-17926-00

1. INTRODUCTION

Dans le cadre du projet de mine à ciel ouvert de Mine Arnaud inc. (Mine Arnaud), GENIVAR inc. (GENIVAR) a été mandatée afin d'évaluer le débit de percolation d'eau anticipé sous la butte-écran située au sud de la fosse, ainsi que celui sous le futur parc à résidus miniers. Le projet prévoit, entre autres, l'exploitation d'une fosse à ciel ouvert, l'entreposage de résidus miniers, la mise en place d'une butte-écran et la construction des installations (figure 1).

Des valeurs de débits de percolation avaient déjà été évaluées par Roche dans le cadre de l'étude d'impact (Roche, 2011) pour un secteur des parcs à résidus (deux designs ont été évalués). La présente étude vise donc à compléter l'évaluation des débits de percolation dans un secteur n'ayant pas été investigué, en incluant les informations additionnelles acquises en 2012 et 2013. Le secteur a été choisi en fonction d'obtenir les conditions les plus à risques, soit en ciblant une zone où le roc présente la perméabilité la plus élevée. Tel que stipulé dans la Directive 019, le débit de percolation sous les diverses installations à risques doit être évalué afin de vérifier s'il respecte les normes requises.

La présente étude vise donc à évaluer les taux de percolation sous la butte-écran au sud de la fosse et sous une section du parc à résidus afin de s'assurer de répondre aux exigences de la Directive 019.

La méthode employée, les résultats obtenus et les conclusions de cette étude sont présentés dans ce document, suivi des conditions générales et des limitations de l'étude.

2. CONTEXTE HYDROGÉOLOGIQUE

Le contexte hydrogéologique de la propriété de Mine Arnaud est décrit en détail dans le rapport de GENIVAR (2013). Les sections suivantes décrivent le contexte spécifique des secteurs de la butte-écran et des parcs à résidus.

2.1 Stratigraphie

Tel qu'illustré sur la figure 2, la coupe A-A' traverse la cellule Est du parc à résidus, parallèlement à la direction de l'écoulement du ruisseau R10 (rive est), et se trouve à proximité des puits PO-5R, PO5-S et 1166-13-198. De plus, les coupe B-B' et C-C' traversent la butte-écran parallèlement à la direction de l'écoulement. La coupe B-B' se trouve à proximité des puits PO-1R, PO-1S, PO-10R, alors que la coupe C-C' se trouve à proximité des puits OW-1, PO-2R et PO-2S.

2.1.1 Butte-écran

La stratigraphie générale dans le secteur de la butte-écran montre des dépôts de surface essentiellement constitués d'argile. Dans le secteur du profil B-B', environ 17 m de silt argileux repose sur un sable et gravier d'environ 10 m d'épaisseur, alors que dans le secteur du profil C-C', l'unité de silt argileux d'environ 5 m d'épaisseur repose directement sur le roc sain.

La composition des buttes-écran inclura un noyau de stériles miniers recouvert de matériaux tout-venant provenant des travaux de décapage et de préparation du terrain. Ceux-ci seront donc composés d'un mélange d'argile, de silt et de sable variant selon le secteur excavé.

Le roc est constitué principalement de roches intrusives du complexe anorthositique lité de la baie des Sept Îles. Selon les données de l'étude (GENIVAR, 2012), le roc est sain dans le secteur de la butte-écran.

2.1.2 Parc à résidus

Les conditions spécifiques du parc à résidus sont illustrées sur une coupe stratigraphique typique (figure 3). Les données utilisées pour la réalisation de cette coupe sont tirées des deux études hydrogéologiques complémentaires (GENIVAR, 2012-2013), ainsi qu'à partir du plan de conception des digues.

Le secteur des aires d'accumulation de résidus montre des dépôts de surface essentiellement constitués de silt argileux (till). L'épaisseur des dépôts meubles interceptés dans les forages PO5 et 1166-13-198 variait respectivement de 5 à 9 m.

Les données récoltées à partir du forage 1166-13-198 indiquent la présence de zones de fractures à des profondeurs entre 17 et 32 m de la surface. Des degrés de fracturation de moyen à élevé ont été observés. Cette zone de fractures pourrait être un horizon préférentiel pour l'écoulement de l'eau souterraine dans l'aquifère rocheux.

2.2 Conductivités hydrauliques

2.2.1 Butte-écran

Le tableau 1 présente les conductivités hydrauliques des unités stratigraphiques mesurées dans le cadre de l'étude hydrogéologique complémentaire (GENIVAR (2012)).

Tableau 1 Compilation des valeurs de conductivités hydrauliques secteur de la fosse

Secteur	Puits	Essai 1 K (m/s)	Essai 2 K (m/s)	Moyenne géométrique K (m/s)	Unité(s) lithologique(s) crépiné(s)
Fosse	PO-1S	4,57E-08		4,57E-08	Silt argileux gris raide, trace de sable
	PO-2S	5,30E-08		5,30E-08	Silt argileux gris
	PO-1R	1,43E-04	1,35E-04	1,39E-04	Sable, traces de silt
	PO-10R	5,06E-06	5,06E-06	5,06E-06	Sable silteux gris Silt argileux, un peu de sable Roc
	PO-2R	4,85E-09		4,85E-09	Roc
	PO-3R	3,67E-09		3,67E-09	Roc

2.2.2 Parc à résidus

Le tableau 2 présente les conductivités hydrauliques des unités stratigraphiques mesurées dans le cadre des études antérieures [Roche/Asenco (2011), GENIVAR (2012), GENIVAR (2013)]. Les données de ce tableau proviennent de mesures effectuées dans le secteur du futur parc à résidus ou à partir de valeur typique (Freeze et Cherry, 1979). Les données présentées sont représentatives des valeurs typiquement observées pour ces matériaux.

Les zones de fractures les plus perméables se situent dans la portion supérieure du roc et pourraient correspondre à des horizons de roc plus altérés. En supposant que seul l'horizon fracturé contribue à l'écoulement, soit une épaisseur d'environ 20 m, la conductivité hydraulique de la portion supérieure du roc a été estimée à $3,5 \times 10^{-7}$ m/s GENIVAR (2013).

Tableau 2 Compilation des valeurs de conductivités hydrauliques

Lithologie	Conductivité hydraulique (m/s)		
	Min (m/s)	Max (m/s)	moyenne géométrique (m/s)
Unité 1 : silt argileux (till)	4,57E-08	2,93E-07	2,90E-07
Unité 2 : roc fracturé			3,50E-07
Unité 3 : roc sain	3,67E-09	1,26E-05	9,81E-08
Unité 4 : résidus Type float Tails ¹	1,00E-08	3,00E-07	7,70E-08
Unité 5 : résidus compacté			3,00E-07
Unité 6 : Argile imperméable ²	1,00E-09	1,00E-11	1,00E-9
Unité 7 : gravier de drainage ²	1,00E-03	1,00	1,00E-03
Unité 8 : Enrochement ²	1,00E-03	1,00	1,00E-03

¹ Valeurs estimées à partir des essais granulométriques réalisés sur les résidus Roche/Ausenco (2011).

² Valeurs typiques de la conductivité hydraulique (Freeze et Cherry, 1979)

2.3 Gradient hydraulique

Les tableaux 3 et 4 présentent les gradients hydrauliques des unités stratigraphiques mesurées dans le cadre de l'étude hydrogéologique complémentaire (GENIVAR, 2012).

2.3.1 Butte-écran

Pour le secteur de la butte-écran, les gradients verticaux ont été évalués aux deux sites aménagés en puits multiniveaux. Le gradient vertical mesuré au site des puits PO1 (R et S) est de 0,17 m/m (descendant) et celui au site des puits PO2 (R et S) est de 0,05 m/m (descendant).

Tableau 3 Évaluation des gradients verticaux (secteur butte écran)

Puits	Élévation sol (z) (m)	Élévation du roc (m)	Profondeur du puits p/r sol (m)	Niveau statique p/r sol (m)	Élévation piézo. (m)	milieu crépine (m)	Delta H (m)	Delta L (m)	Gradient calculé (m/m)
PO-1S	27,00	-1,22	5,03	0,39	26,61	3,66	-3,80	19,99	0,17 □
PO-1R	27,00	-1,22	28,22	3,80	23,20	23,65			
PO-2S	8,02	3,68	4,34	0,20	7,82	2,82	-0,57	7,70	0,05 □
PO-2R	7,98	3,05	13,56	0,53	7,45	10,52			

D'après les informations disponibles, la construction de la butte-écran inclura un réseau de captage comprenant des fossés de drainage afin de limiter la position du niveau d'eau statique à la base de celle-ci.

2.3.2 Parc à résidus

Pour le secteur des aires d'accumulation de résidus, les gradients verticaux ont été évalués aux deux sites aménagés en puits multiniveaux. Le gradient vertical mesuré au site des puits PO5R et PO5S est de 0,02 m/m (descendant) et celui au site des puits PO9 (R et S) est de 0,14 m/m (ascendant).

Tableau 4 Évaluation des gradients verticaux (secteur parc à résidus)

Puits	Élévation sol (z) (m)	Élévation du roc (m)	Profondeur du puits p/r sol (m)	Niveau statique p/r sol (m)	Élévation piézo. (m)	milieu crépine (m)	Delta H (m)	Delta L (m)	Gradient calculé (m/m)
PO-5S	86,96	81,96	4,45	0,08	86,88	3,68	-0,10	3,94	0,02 □
PO-5R	86,86	82,41	9,14	0,07	86,78	7,62			
PO-9S	70,50	67,89	2,11	0,33	70,17	1,65	0,37	2,46	0,14
PO-9R	70,50	68,97	5,03	-0,04	70,54	4,11			

D'après les informations disponibles, la conception des digues du parc à résidus prévoit une revanche de 1,5 m. Par conséquent, le niveau d'eau dans le parc sera maintenu à une élévation correspondante de 1,5 m en surface au niveau du parc à résidus, soit environ 20 m au-dessus de la surface des dépôts meubles.

3. CALCUL ANALYTIQUE DU TAUX DE PERCOLATION - SECTEUR BUTTE-ECRAN

D'après les informations disponibles, l'impact de la butte-écran sur le gradient hydraulique et le taux de percolation sera faible puisque le niveau d'eau statique restera pratiquement inchangé, soit près de la surface du sol. Les données nécessaires à l'évaluation du débit de percolation sont donc disponibles et un calcul analytique est suffisant pour obtenir une estimation représentative, mais conservatrice du nouveau débit de percolation. Voici les hypothèses conservatrices sur lesquelles se base le calcul analytique :

- la perte de charge hydraulique présentée au tableau 3 est associée à l'épaisseur de la couche d'argile seulement;
- l'augmentation du niveau d'eau à la surface de la couche de silt argileux sera considérée comme ayant une composante d'écoulement uniquement vertical.

Afin d'évaluer le taux percolation de l'eau souterraine vers l'aquifère, il est possible d'utiliser la loi de Darcy (1856).

$$Q_p = K * i(z) A_u$$

où

Q_p	= débit de percolation (m^3/j)
K	= conductivité hydraulique (m/j)
$i(z)$	= gradient hydraulique verticale (m/m) ($\Delta H/\Delta L$)
A_u	= aire unitaire (m^2)

3.1 Secteur ouest de la butte (Profil B-B')

Dans le secteur ouest, la butte-écran sera construite sur une couche de silt argileux d'environ 17 m reposant sur une couche de sable et gravier. En présumant que la perte de charge hydraulique entre le puits PO-1S et PO1-R est associée à la couche de silt argileux et que le niveau d'eau augmentera à l'élévation de la surface de la couche de silt argileux, on obtient une estimation du gradient hydraulique de 0,22 (m/m). Avec une conductivité hydraulique de $4,57E-08$ m/s ($3,9E-03$ m/jour) pour le silt argileux dans le secteur de PO1-R, on obtient alors un débit de percolation quotidien de $8,8E-04$ m^3/j ($0,88$ L/m²/jour), ce qui est inférieur au débit quotidien maximum stipulé par la Directive 019 ($3,3$ L/m²/jour).

3.2 Secteur est de la butte (Profil C-C')

Dans le secteur est, la butte-écran sera construite sur une couche de silt argileux d'environ 5 m reposant sur le roc. En présumant que la perte de charge hydraulique entre le puits PO-2S et PO2-R est associée à la couche de silt argileux et que le niveau d'eau augmentera à l'élévation de la surface de la couche de silt argileux, on obtient une estimation du gradient hydraulique de 0,03 (m/m). Avec une conductivité hydraulique de $5,30E-08$ m/s ($4,3E-03$ m/jour) pour le silt argileux dans le secteur de PO2-R, on obtient un débit de percolation quotidien de $1,5E-04$ m^3/j ($0,15$ L/m²/jour), ce qui est inférieur au débit quotidien maximum stipulé par la Directive 019 ($3,3$ L/m²/jour).

4. MODELISATION NUMERIQUE DU TAUX DE PERCOLATION - SECTEUR PARC A RESIDUS

Les travaux de modélisation ont été réalisés à partir d'un modèle bidimensionnel en coupe représentant la coupe stratigraphique présentée à la section précédente. Le modèle est construit avec le logiciel Feflow - Finite Element Subsurface Flow System (Dierch, 2004 a et b). Celui-ci utilise la méthode des éléments finis pour résoudre les équations d'écoulement de l'eau souterraine.

Le choix de la position de la coupe a été fait en fonction des données stratigraphiques, piézométriques et hydrogéologiques disponibles dans le secteur. Le choix a été fait de façon à tenir compte d'un secteur où la portion supérieure du roc pourrait correspondre à des horizons de roc plus altérés. Ainsi, la coupe sélectionnée permet de couvrir la situation stratigraphique suivante :

- le modèle représentant la coupe A-A' simule les conditions d'écoulement de l'eau dans la cellule Est du parc à résidus en considérant une épaisseur moyenne des dépôts de surface (silt argileux) de 5 m en contact avec une couche de 20 m de roc fracturé, puis sur 70 m de roc sain.

Le modèle simule les conditions à la fin d'exploitation minière mine Arnaud, soit avec le profil anticipé des résidus. Les simulations ont été réalisées en régime permanent, sans fluctuations journalières ou saisonnières du niveau de la nappe phréatique, ce qui permet de rester conservateur dans la détermination des débits de percolation vers le roc.

4.1 Construction du maillage et conditions limites

La coupe A-A' a été discrétisée en 55 528 éléments finis triangulaires. Le modèle simule une coupe de 1697,5 m de long et le maillage a été raffiné pour toutes les unités se trouvant à moins de 20 m de la surface (figure 3).

La taille minimale des éléments est de 1 m.

Pour la coupe A-A', les conditions de charge hydraulique qui ont été imposées au modèle sont :

- charge hydraulique imposée au roc à une élévation de 92 m à la limite nord de la coupe. Cette valeur de charge provient des données piézométriques de GENIVAR (2012);
- charge hydraulique imposée au roc à une élévation de 82 m à la limite sud de la coupe. Cette valeur de charge provient des données piézométriques de GENIVAR (2013).

La conception des digues du parc à résidus prévoit une revanche de 1,5 m. Par conséquent, le niveau d'eau dans le parc sera maintenu à une élévation correspondante avec une charge hydraulique imposée de 110 m en surface au niveau du parc à résidus.

À la surface de la pente de la digue, une charge hydraulique égale à l'élévation fixée au sommet considère une infiltration en eau maximale.

4.2 Conductivités hydrauliques

Les conductivités hydrauliques simulées dans le modèle hydrogéologique pour le cas de base sont les valeurs moyennes présentées au tableau 2, qui proviennent de mesures réalisées dans le secteur du futur parc à résidus ou à partir de valeur typique (Freeze et Cherry, 1979) pour les matériaux de conception de la digue. Il est anticipé que les matériaux de la digue auront une conductivité hydraulique plus élevée, mais une valeur faible a été sélectionnée de façon à ce que l'évaluation du taux de percolation verticale soit conservatrice. Une analyse de la sensibilité du modèle aux paramètres estimés a été effectuée en diminuant ou en augmentant la conductivité hydraulique d'un ordre de grandeur.

4.3 Résultats

4.3.1 Cas de base

Le tableau 5 présente un sommaire des débits de percolation quotidiens par unité de surface pour le cas de base. Ces débits unitaires correspondent à la quantité d'eau en provenance des résidus qui atteint le roc. Ces débits unitaires ont été calculés le long de deux profils : le premier profil correspond au fond de l'aire d'accumulation de résidus miniers de la cellule Est (figure 4) et le deuxième profil correspond au fond de l'aire d'accumulation sous la digue sud de la cellule Est (figure 4). Les débits de percolation quotidiens moyens varient de 0,22 à 1,17 L/m².

En guise de comparaison, la Directive 019 sur l'industrie minière (avril 2005) stipule qu'une aire d'entreposage de résidus miniers lixiviables ou acidogènes doit être conçue de sorte à ce que le débit de percolation quotidien soit inférieur à 3,3 L/m². Les valeurs présentées au tableau 5 sont au moins trois fois inférieures au débit quotidien maximum stipulé par la Directive 019.

Tableau 5 Débits unitaires de percolation pour le cas de base

Coupe	Débit quotidien moyen L/m ²	
	Sous l'aire d'accumulation (profil 1)	Sous la digue (profil 2)
A-A'	0,22	1,17

Les valeurs du débit d'eau de percolation du parc à résidus sont similaires à celle obtenue par Roche (2011).

4.3.2 Analyse de sensibilité

Une analyse de sensibilité a été effectuée afin d'étudier l'incertitude liée à la variation de certains paramètres du modèle. Les simulations suivantes ont été effectuées lors de l'analyse de sensibilité :

- **SS1** : diminution d'un ordre de grandeur de la conductivité hydraulique de l'enrochement et du gravier de drainage (1×10^{-4} m/s);
- **SS2** : augmentation d'un ordre de grandeur de la conductivité hydraulique des résidus compactés (3×10^{-6} m/s);
- **SS3** : augmentation d'un ordre de grandeur de la conductivité hydraulique de l'argile (1×10^{-8} m/s);
- **SS4** : élimination de la couche de silt argileux avec un parc à résidus reposant directement sur le roc;
- **SS5** : augmentation d'un ordre de grandeur de la conductivité hydraulique du silt argileux ($2,9 \times 10^{-6}$ m/s);
- **SS6** : augmentation d'un ordre de grandeur de la conductivité hydraulique des résidus Type float Tails ($7,7 \times 10^{-7}$ m/s);
- **SS7** : augmentation d'un ordre de grandeur de la conductivité hydraulique du roc fracturé ($3,5 \times 10^{-6}$ m/s);

Les résultats de l'analyse de sensibilité sont présentés au tableau 6. Ces résultats indiquent que pour chacun des cas considérés, le débit de percolation est toujours inférieur au débit quotidien maximum stipulé par la Directive 019. Par ailleurs, les résultats montrent que le débit de percolation calculé avec le modèle est peu sensible aux modifications des valeurs de conductivités hydrauliques (simulations SS1 à SS3) et à l'épaisseur de l'unité de silt argileux (simulations SS4). L'augmentation de la conductivité hydraulique du silt argileux a même pour effet de diminuer le taux de percolation dans le roc en favorisant un écoulement horizontal dans l'unité de silt argileux (simulations SS6). Le modèle montre plus de sensibilité à la modification de la valeur de conductivité hydraulique de l'unité de résidus Type float Tails (simulations SS6) et de l'unité de roc fracturé (simulations SS7).

Tableau 6 Débits de percolation pour chacun des cas considérés lors de l'analyse de sensibilité

Coupe A-A'	Débit quotidien moyen L/m ²							
	Cas de base	SS1	SS2	SS3	SS4	SS5	SS6	SS7
Sous l'aire d'accumulation (profil 1)	0,22	0,22	0,22	0,22	0,25	0,21	0,29	0,71
Sous la digue (profil 2)	1,17	1,17	1,18	1,17	1,40	0,98	1,92	2,54

5. CONCLUSIONS

La présente évaluation a permis de calculer analytiquement le taux de percolation de l'eau sous la future butte-écran vers l'aquifère rocheux et de simuler, à l'aide d'un modèle numérique, le taux de percolation de l'eau sous un secteur du futur parc à résidus vers l'aquifère du roc à la fin du projet d'exploitation de la mine Arnaud. Les résultats de l'évaluation permettent de tirer les conclusions suivantes :

- selon les résultats obtenus avec le calcul analytique, le débit de percolation quotidien moyen est de 0,88 L/m² dans le secteur ouest de la butte-écran et de 0,15 L/m² dans le secteur est. Ces valeurs sont inférieures au débit de percolation quotidien maximum stipulé par la Directive 019 (3,3 L/m²);
- selon les résultats obtenus avec le modèle, le débit de percolation quotidien moyen pour le fond de l'aire d'accumulation est de 0,22 L/m², alors que le débit sous la digue est de 1,17 L/m². Ces valeurs sont trois fois inférieures au débit de percolation quotidien maximum stipulé par la Directive 019 (3,3 L/m²);
- l'analyse de sensibilité du modèle numérique démontre le respect du débit quotidien maximum de la Directive 019 même après la variation significative de certains paramètres du modèle.

Considérant des simulations conservatrices (taux d'infiltration maximal, conductivité hydraulique du roc fracturé maximum observée), ces résultats indiquent que les taux de percolation de l'eau sous le futur parc à résidus miniers ainsi que sous la butte-écran rencontrent nettement le débit de percolation quotidien maximum stipulé dans la Directive 019.

Préparée par :



Daniel Lemaire, ing. M. Sc.

Approuvée par :



Andréanne Hamel, ing. M. Sc.
Chargé de projet

6. REFERENCES

- AUSENCO VECTOR, 2011. Draft Hydrogeologic Investigation Report. Mine Arnaud. 32 p and appendix.
- GENIVAR. 2012. *Projet minier Arnaud. Rapport sectoriel. Hydrogéologie* Rapport de GENIVAR à Mine Arnaud inc.. 64 p. et annexes.
- GENIVAR. 2013. *Projet minier Arnaud. Complément n° 7 à l'étude d'impact sur l'environnement. Rapport de modélisation hydrogéologique. Révision 1* Rapport de GENIVAR à Mine Arnaud inc. 41 p. et annexes.
- GENIVAR. 2013. *Projet minier Arnaud. Étude complémentaire : hydrogéologie, essais Lugeon avec obturateurs*, Rapport de GENIVAR à Mine Arnaud inc. 22 p. et annexes.
- JOURNEAUX ASSOC., 2011. Mine Infrastructure, Relocated Rail Arnaud Mine, Sept-Îles, Quebec. Geotechnical and Hydrogeological Investigation. Report No. L-10-1411.
- MDDEP, 2005, Directive 019 sur l'industrie minière, Le ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, 101 p.
- ROCHE, 2011. Estimation par modélisation du débit d'eau d'exfiltration du parc à résidus de flottation vers les eaux souterraines du roc, annexe 7.6.2

Utilisation du rapport et de son contenu

Ce rapport a été préparé pour l'usage exclusif du Client ou de ses agents. Les données factuelles, les interprétations, les commentaires, les recommandations et les fichiers électroniques qu'il contient sont spécifiques à l'étude qu'il couvre et ne s'appliquent à aucun autre projet ou autre site. Ces informations ne doivent en aucun cas être utilisées à d'autres fins que celles spécifiées aux objectifs du mandat à moins que cela ne soit clairement indiqué dans le texte de ce rapport ou formellement autorisé par GENIVAR. Ce rapport doit être lu dans son ensemble, puisque des sections pourraient être faussement interprétées lorsque prises individuellement ou hors contexte. Par ailleurs, le texte de la version finale de ce rapport prévaut sur tout autre texte, opinion ou version préliminaire émis par GENIVAR.

GENIVAR ne pourra être tenue responsable de dommages résultant de conditions souterraines imprévisibles, de conditions qui lui seraient inconnues, de l'inexactitude de données provenant d'autres sources que GENIVAR et de changements ultérieurs aux conditions du site à moins d'avoir été prévenue par le Client de tout événement, activité, information, découverte passée ou future susceptible de modifier les conditions souterraines décrites dans ce rapport et d'avoir eu la possibilité de réviser les interprétations, commentaires et recommandations formulés dans ce rapport.

De plus, GENIVAR ne pourra être tenue responsable de dommages résultant de toutes modifications futures aux règlements, normes ou critères applicables, de toute utilisation faite du présent rapport par un tiers et/ou à des fins autres que celles pour lesquelles il a été rédigé, de perte de valeur réelle ou perçue du site ou de la propriété, ni de l'échec d'une quelconque transaction en raison des informations factuelles contenues dans ce rapport.

Les références aux lois et règlements contenues dans ce rapport sont fournies à titre indicatif, sur une base technique. Comme les lois et règlements sont sujets à interprétation, GENIVAR recommande au Client de consulter ses conseillers juridiques afin d'obtenir les avis appropriés.

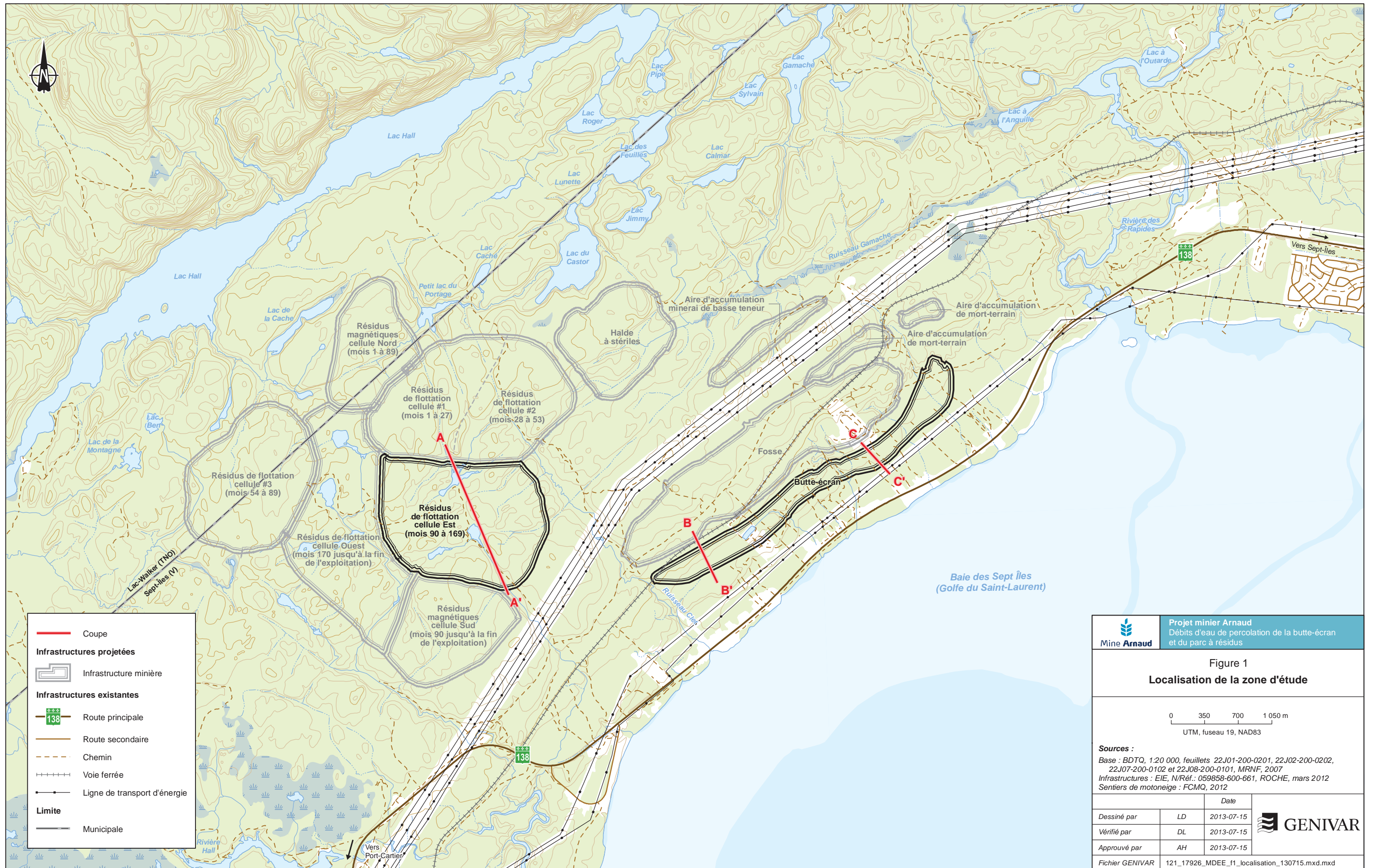
Modélisation hydrogéologique

Un modèle numérique utilise des lois scientifiques et des hypothèses dictées par le jugement professionnel pour intégrer les données disponibles à l'intérieur d'une représentation mathématique conceptualisant les caractéristiques essentielles d'un système hydrogéologique existant. Bien qu'un modèle numérique ne puisse représenter toute la réalité détaillée d'un système hydrogéologique existant, un modèle numérique valide est un outil capable d'en simuler de façon raisonnable le comportement sous diverses contraintes et conditions. La validité du modèle ainsi que sa précision dépendent de la quantité, de la qualité et de la distribution des données disponibles de même que de la complexité du contexte géologique, la géochimie du milieu et la nature des composés dissous. Ainsi, chaque modélisation hydrogéologique est une simplification d'un système réel et les résultats obtenus doivent donc être interprétés et utilisés avec précaution et discernement. Le modèle décrit dans ce rapport ne fait pas exception.

Les travaux de modélisation hydrogéologique effectués par GENIVAR et décrits dans ce rapport furent réalisés conformément aux règles et pratiques professionnelles reconnues et acceptées au moment de leur réalisation. À moins d'avis contraire, les résultats de travaux antérieurs ou simultanés, provenant d'autres sources que GENIVAR, cités et/ou utilisés dans ce rapport furent considérés comme ayant été obtenus en respectant les règles et pratiques professionnelles reconnues et acceptées et, conséquemment, comme étant valides. Ce modèle constitue un outil scientifique de prédiction permettant d'évaluer les impacts de modifications imposées à un système hydrogéologique existant et/ou permettant de comparer divers scénarios dans le cadre d'un processus décisionnel. Cependant, la précision du modèle demeure liée à l'incertitude normale inhérente aux travaux de modélisation hydrogéologique et, même si une attention professionnelle a été apportée lors de sa construction et des simulations, aucune garantie directe ou indirecte n'est donnée.



FIGURES



Coupe

Infrastructures projetées

Infrastructures existantes

Limite

Mine Arnaud | **Projet minier Arnaud**
Débits d'eau de percolation de la butte-écran et du parc à résidus

Figure 1
Localisation de la zone d'étude

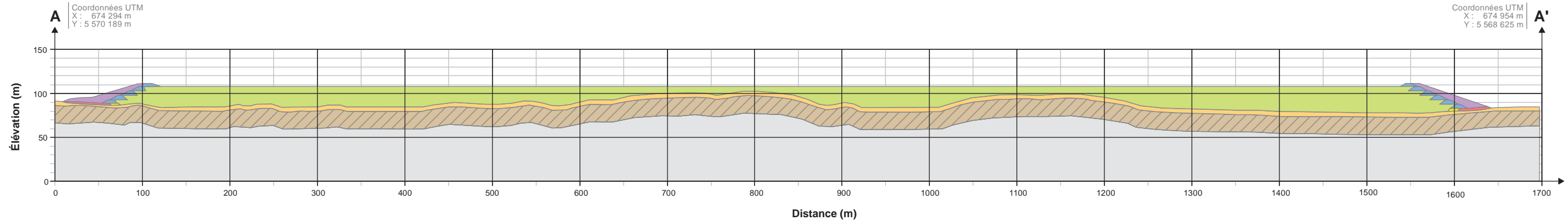
0 350 700 1 050 m
UTM, fuseau 19, NAD83

Sources :
Base : BDTQ, 1:20 000, feuillets 22J01-200-0201, 22J02-200-0202, 22J07-200-0102 et 22J08-200-0101, MRNF, 2007
Infrastructures : EIE, N/Réf.: 059858-600-661, ROCHE, mars 2012
Sentiers de motoneige : FCMQ, 2012

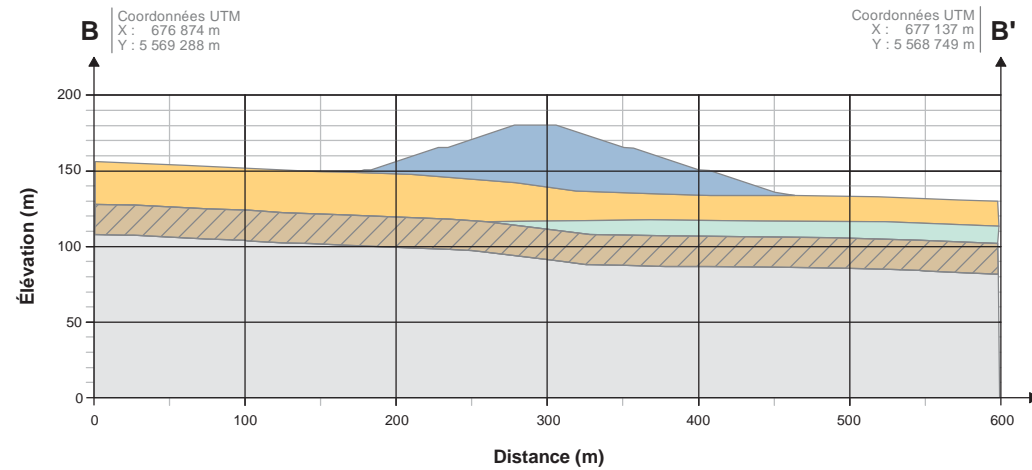
		Date
Dessiné par	LD	2013-07-15
Vérifié par	DL	2013-07-15
Approuvé par	AH	2013-07-15
Fichier GENIVAR	121_17926_MDEE_f1_localisation_130715.mxd.mxd	

GENIVAR

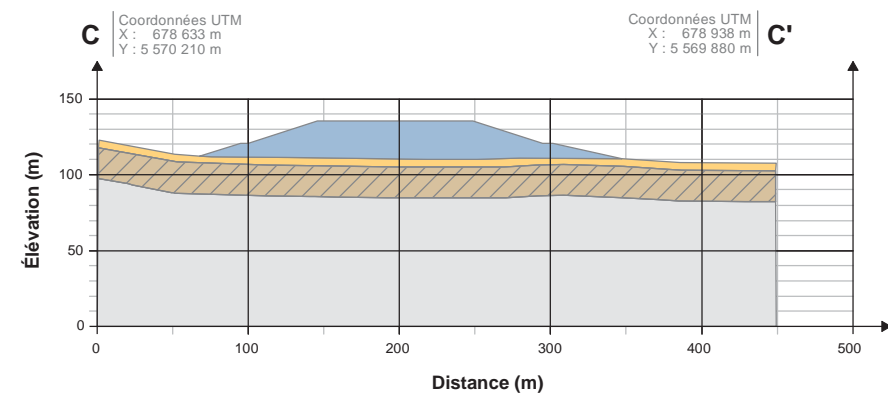
Parc à résidus



Butte-écran schématique



Butte-écran schématique



- Argile imperméable
- Butte-écran
- Enrochement
- Gravier de drainage
- Résidus compactés
- Résidus de type *float tails*
- Roc fracturé
- Roc sain
- Sable et gravier
- Silt argileux

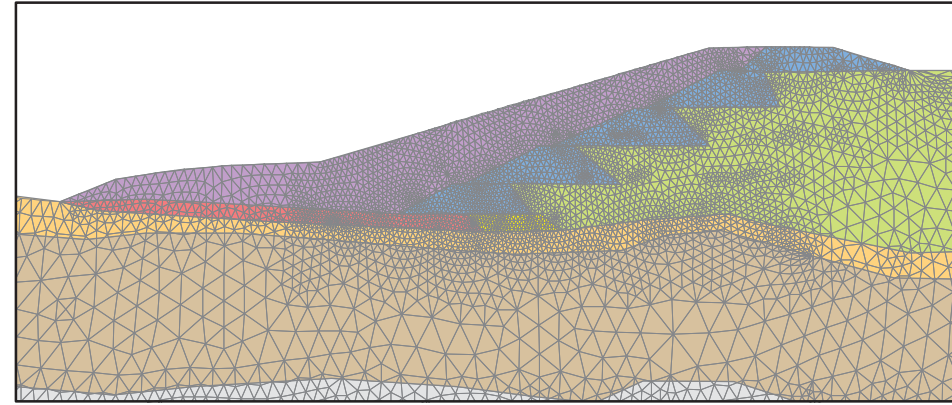
Projet minier Arnaud
Débits d'eau de percolation de la butte-écran
et du parc à résidus

Figure 2
Vue en coupe des profils A – A', B – B' et C – C'

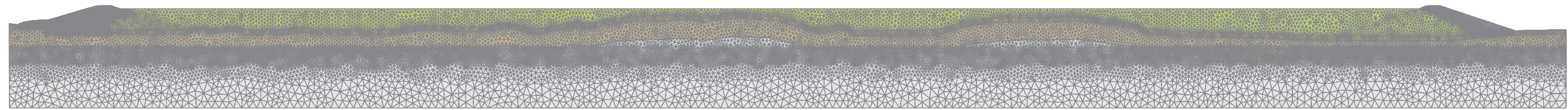
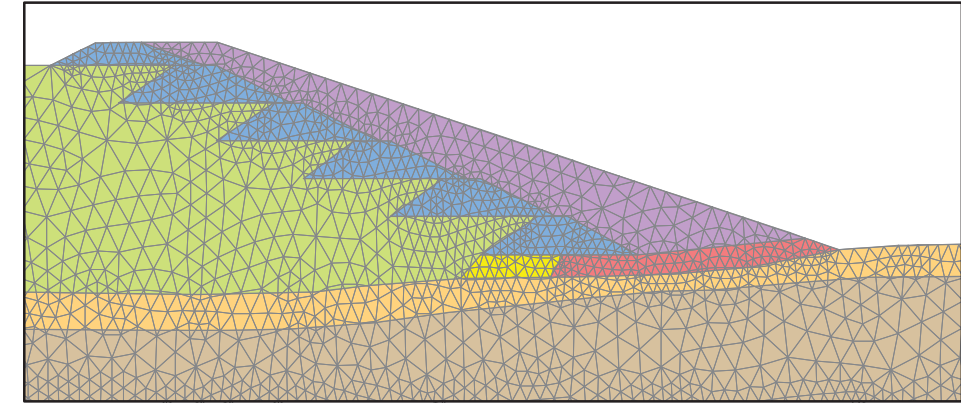
UTM, fuseau 19, NAD83

Sources :
Base : BDTQ, 1:20 000, feuillets 22J01-200-0201, 22J02-200-0202, 22J07-200-0102 et 22J08-200-0101, MRNF Québec, 2007
Infrastructures : EIE, N/Réf.: 059858-600-661, ROCHE, mars 2012
Données de projet : GENIVAR, mai 2013

		Date
Dessiné par	LD	2013-07-15
Vérifié par	DL	2013-07-15
Approuvé par	AH	2013-07-15
Fichier GENIVAR	121_17926_MDEE_f2_coupe_130715.mxd.mxd	

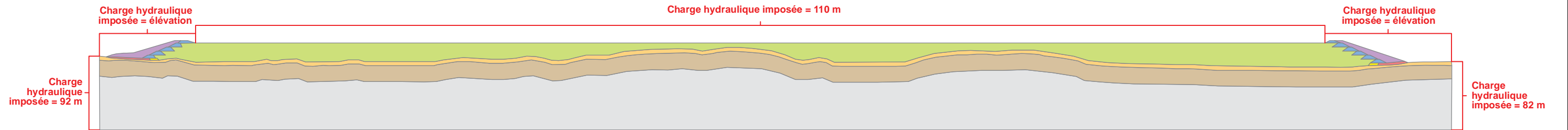


Maillage d'éléments fins



Exagération verticale = 1X

Distribution des valeurs de perméabilité (K)



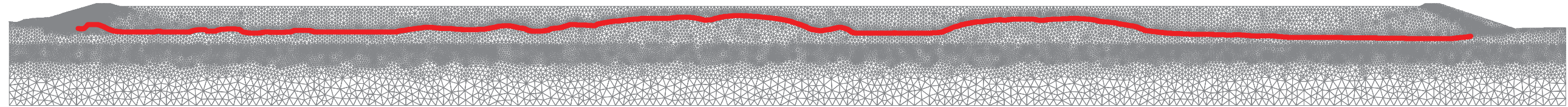
Exagération verticale = 1X

Lithologie	Conductivité hydraulique (m/s)
Argile imperméable	$1,00 \times 10^{-03}$
Enrochement	$1,00 \times 10^{-03}$
Gravier de drainage	$1,00 \times 10^{-03}$
Résidus compactés	$3,00 \times 10^{-07}$
Résidus de type float tails	$7,70 \times 10^{-08}$
Roc fracturé	$3,50 \times 10^{-07}$
Roc sain	$9,81 \times 10^{-08}$
Silt argileux	$2,90 \times 10^{-07}$

		Projet minier Arnaud Débits d'eau de percolation de la butte-écran et du parc à résidus	
Figure 3 Maillage d'éléments fins utilisés pour la coupe A – A' et distribution des valeurs de perméabilité (K) pour la portion Est de la coupe			
Sources : Base : BDTQ, 1:20 000, feuillets 22J01-200-0201, 22J02-200-0202, 22J07-200-0102 et 22J08-200-0101, MRNF Québec, 2007 Infrastructures : EIE, N/Réf.: 059858-600-661, ROCHE, mars 2012 Données de projet : GENIVAR, mai 2013			
Dessiné par	LD	Date	2013-07-15
Vérifié par	DL	Date	2013-07-15
Approuvé par	AH	Date	2013-07-15
Fichier GENIVAR	121_17926_MDEE_f3_perméabilite_130715.mxd.mxd		

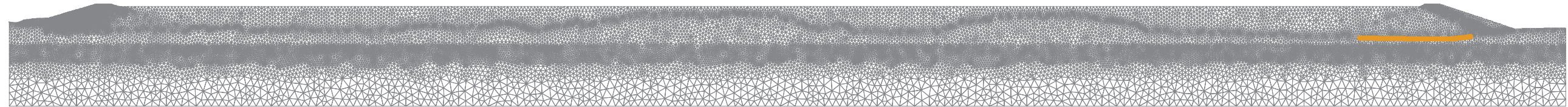


Aire d'accumulation de résidus miniers de la cellule est


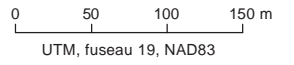


Exagération verticale = 1X

Aire d'accumulation sous la digue sud de la cellule



Exagération verticale = 1X

 Mine Arnaud	Projet minier Arnaud Débits d'eau de percolation de la butte-écran et du parc à résidus
Figure 4 Calculs du débit unitaire – Profil du fond de l'aire d'accumulation de résidus miniers de la cellule Est et de l'aire d'accumulation sous la digue Sud de la cellule	
	
Sources : Base : BDTQ, 1:20 000, feuillets 22J01-200-0201, 22J02-200-0202, 22J07-200-0102 et 22J08-200-0101, MRNF Québec, 2007 Infrastructures : EIE, N/Réf.: 059858-600-661, ROCHE, mars 2012 Données de projet : GENIVAR, mai 2013	
	Date
Dessiné par	LD 2013-07-15
Vérifié par	DL 2013-07-15
Approuvé par	AH 2013-07-15
Fichier GENIVAR	121_17926_MDEE_f4_profil_fond_130715.mxd.mxd

