



NOUVEAU MONDE GRAPHITE

Choisir l'avenir, transporter l'innovation



Projet Matawinie

Saint-Michel-des-Saints

Plan de réaménagement et de restauration pour le site du projet minier Matawinie

Ref. : 3211-16-019



LISTE DES RÉVISIONS APPORTÉES AU DOCUMENT

Révision					Pages Révisées	Remarques
#	Prép.	Rév.	App.	Date		
PA	P-YG & JD		MP	2018-12-21	Toutes	Émis pour commentaires internes
PA	P-YG & AG		MP	2019-02-14	Toutes	
PB	AG		MP	2019-02-25	Toutes	Émis pour commentaires client
PC	MD/MP		AC	2019-03-10	Toutes	Émis pour approbation du client
PC	MD/MP		AC	2019-03-18	Toutes	
PD	MD/MP		AC	2019-03-22	Toutes	
PE	MD/MP		AC	2019-03-25	Toutes	
PF	EV	MP/FG	MP	2019-10-16	Toutes	Émis pour révision du client
00	EV	MP	MP	2019-10-24	Toutes	Émis en version finale

AVIS AU LECTEUR

Ce document fait état de l'opinion professionnelle de SNC-Lavalin inc. («SNC-Lavalin») quant aux sujets qui y sont abordés. Son opinion a été formulée en se basant sur ses compétences professionnelles en la matière et avec les précautions qui s'imposent. Le document doit être interprété dans le contexte de la convention en date du 7 décembre 2017 (la «Convention») intervenue entre SNC-Lavalin et Nouveau Monde Graphite (le «Client»), ainsi que de la méthodologie, des procédures et des techniques utilisées, des hypothèses de SNC-Lavalin ainsi que des circonstances et des contraintes qui ont prévalu lors de l'exécution de ce mandat. Ce document n'a pour raison d'être que l'objectif défini dans la Convention et est au seul usage du Client, dont les recours sont limités à ceux prévus dans la Convention. Il doit être lu comme un tout, à savoir qu'une portion ou un extrait isolé ne peut être pris hors contexte.

En préparant ses estimations, le cas échéant, SNC-Lavalin a suivi une méthode et des procédures et pris les précautions appropriées au degré d'exactitude visé, en se basant sur ses compétences professionnelles en la matière et avec les précautions qui s'imposent, et est d'opinion qu'il y a une forte probabilité que les valeurs réelles seront compatibles aux estimations. Cependant, l'exactitude de ces estimations ne peut être garantie. À moins d'indication contraire expresse, SNC-Lavalin n'a pas contre-vérifié les hypothèses, données et renseignements en provenance d'autres sources (dont le Client, les autres consultants, laboratoires d'essai, fournisseurs d'équipements, etc.) et sur lesquelles est fondée son opinion. SNC-Lavalin n'en assume nullement l'exactitude et décline toute responsabilité à leur égard.

Dans toute la mesure permise par les lois applicables, SNC-Lavalin décline en outre toute responsabilité envers le Client et les tiers en ce qui a trait à l'utilisation (publication, renvoi, référence, citation ou diffusion) de tout ou partie du présent document, ainsi que toute décision prise ou action entreprise sur la foi dudit document.

Plan de réaménagement et de restauration pour le site du projet minier Matawinie		Original Version 00
24/10/2019	654068-6200-4EER-0001	Rapport technique
		i

Table des matières

	Page
1.0 Introduction	1-1
2.0 Renseignements généraux	2-1
2.1 Résumé du plan de restauration	2-1
2.2 Identification du requérant.....	2-3
2.2.1 Requérant.....	2-3
2.2.2 Consultant mandaté	2-3
2.2.3 Résolution du conseil d'administration	2-4
2.3 Emplacement du terrain	2-4
2.4 Géologie et minéralogie	2-7
2.4.1 Contexte géologique général	2-7
2.4.2 Dépôts meubles.....	2-8
2.4.3 Principales unités lithologiques	2-8
2.4.4 Description du gisement.....	2-10
2.4.5 Caractérisation géochimique des stériles miniers, du minerai et des résidus miniers.....	2-12
2.5 Historique du site visé par le plan de restauration	2-35
2.6 Autorisations diverses	2-36
2.7 Description du milieu	2-38
2.7.1 Climat	2-38
2.7.2 Topographie	2-39
2.7.3 Végétation et zones humides	2-39
3.0 Description du projet.....	3-1
3.1 Description des activités minières.....	3-1
3.1.1 Description des activités actuelles et futures	3-1
3.1.2 Nature des activités minières d'exploitation	3-3
3.2 Description et emplacement des installations, des infrastructures et des bâtiments connexes....	3-9
3.2.1 Infrastructures d'extraction et bâtiments connexes.....	3-10
3.2.2 Infrastructures électriques, de transport et de soutien	3-14
3.2.3 Autres bâtiments (bâtiments administratifs, cafétéria, etc.)	3-18
3.3 Aires d'accumulation des stériles et des résidus miniers, du minerai et du mort-terrain.....	3-19
3.3.1 Sélection du mode de gestion des résidus et stériles miniers	3-19
3.3.2 Aires d'accumulation de mort-terrain et de terre végétale	3-24
3.3.3 Aire d'accumulation du minerai (dôme d'entreposage).....	3-25
3.4 Gestion des eaux sur le site.....	3-26
3.4.1 Hydrologie	3-26
3.4.2 Hydrogéologie	3-31

Plan de réaménagement et de restauration pour le site du projet minier Matawinie		Original Version 00
24/10/2019	654068-6200-4EER-0001	Rapport technique
		ii



3.4.3	Bilan d'eau	3-33
3.5	Lieux d'entreposage et d'élimination	3-43
3.5.1	Produits chimiques, pétroliers et explosifs	3-43
3.5.2	Matières résiduelles non dangereuses.....	3-44
3.5.3	Matières résiduelles dangereuses.....	3-45
4.0	Mesures de protection, de réaménagement et de restauration.....	4-1
4.1	Sécurité des aires de travail et des ouvertures au jour.....	4-1
4.2	Démantèlement des bâtiments et des infrastructures	4-1
4.3	Démantèlement des infrastructures électriques, de transport et de soutien	4-2
4.3.1	Infrastructure électrique.....	4-2
4.3.2	Infrastructures de transport	4-3
4.3.3	Infrastructures de soutien.....	4-3
4.4	Équipements et machinerie lourde	4-3
4.5	Aires d'accumulation des résidus et stériles miniers	4-4
4.5.1	Analyse comparative des scénarios de restauration et sélection du scénario de restauration.....	4-5
4.5.2	Description détaillée du scénario de restauration choisi	4-10
4.5.3	Restauration progressive	4-17
4.5.4	Cellules expérimentales de terrain	4-1
4.5.5	Autres aires d'accumulation	4-1
4.6	Infrastructure de gestion de l'eau.....	4-2
4.6.1	Restauration spécifique aux milieux humides	4-2
4.7	Changements climatiques.....	4-3
4.8	Installations sanitaires.....	4-6
4.9	Réhabilitation du terrain	4-6
4.10	Produits pétroliers et chimiques, et matières résiduelles dangereuses et non dangereuses.....	4-6
5.0	Programme de suivi et d'entretien post restauration	5-1
5.1	Suivi et entretien de l'intégrité des ouvrages	5-1
5.1.1	Halde de co-disposition, fossés de drainage et fosse.....	5-1
5.2	Suivi environnemental.....	5-3
5.2.1	Suivi en période post-exploitation	5-3
5.2.2	Suivi en période post-restauration.....	5-4
5.2.3	Suivi des milieux humides	5-9
5.3	Suivi agronomique	5-9
6.0	Considérations économiques et temporelles.....	6-1
6.1	Évaluation détaillée des coûts de restauration	6-1
6.2	Garantie Financière.....	6-1
6.3	Type et durée de la garantie financière	6-2

Plan de réaménagement et de restauration pour le site du projet minier Matawinie		Original Version 00
24/10/2019	654068-6200-4EER-0001	Rapport technique
		iii

7.0	Calendrier de réalisation des travaux	7-1
8.0	Mesures en cas d'arrêt temporaire des activités	8-1
9.0	Plan d'urgence.....	9-1
10.0	Personnel.....	10-1
11.0	Références	11-1

Liste des tableaux

Tableau 2.1 :	Quantité de stériles miniers, de résidus miniers et de mort-terrain qui seront produits et répartition dans les aires d'accumulation	2-13
Tableau 2.2 :	Essais de caractérisation réalisés	2-15
Tableau 2.3 :	Récapitulatif des essais réalisés et leur nombre - Phase 1 de la caractérisation géochimique	2-16
Tableau 2.4 :	Récapitulatif des essais réalisés et leur nombre - Phase DEMO de la caractérisation géochimique	2-17
Tableau 2.5 :	Récapitulatif des essais réalisés et leur nombre - Phase 2 de la caractérisation géochimique	2-18
Tableau 2.6 :	Récapitulatif des essais réalisés et leur nombre pour la phase Expansion de la caractérisation géochimique	2-19
Tableau 2.7 :	Nombre d'échantillons composites caractérisés pour les résidus et stériles miniers.....	2-20
Tableau 2.8 :	Proportion volumique des unités lithologiques de roches stériles et nombre d'échantillons analysés par unité lithologique et par type d'analyse	2-21
Tableau 2.9 :	Proportion volumique des résidus et nombre d'échantillons analysés par type d'analyse	2-26
Tableau 2.10 :	Résumé des analyses de potentiel de génération d'acidité	2-29
Tableau 2.11 :	Résumé des résultats du potentiel de lixiviation	2-32
Tableau 2.12 :	Permis et autorisations émis dans le cadre du projet minier Matawinie (bloc Tony).....	2-36
Tableau 2.13 :	Caractéristiques des stations météorologiques	2-38
Tableau 2.14 :	Moyenne des températures mensuelles	2-38
Tableau 3.1 :	Ressources et réserves minérales (MC-DRA, 2018).....	3-2
Tableau 3.2 :	Plan minier (MC-DRA, 2018)	3-3
Tableau 3.3 :	Banc actifs en fonction du plan minier	3-4
Tableau 3.4 :	Quantités de mort-terrain (incluant la terre végétale) excavées	3-25
Tableau 3.5 :	Précipitations moyennes mensuelles	3-26
Tableau 3.6 :	IDF pour la période du printemps.....	3-27
Tableau 3.7 :	IDF pour la période de l'été-automne.....	3-27

Plan de réaménagement et de restauration pour le site du projet minier Matawinie		Original Version 00
24/10/2019	654068-6200-4EER-0001	Rapport technique
		iv

Tableau 3.8 :	Épaisseur du couvert de neige en fonction de la période de récurrence et son équivalent en lame d'eau.....	3-28
Tableau 3.9 :	Bilan d'eau moyen durant les années d'exploitation de la mine	3-33
Tableau 3.10 :	Dimensions des bassins de collecte	3-3
Tableau 3.11 :	Qualité projetée de l'effluent final.....	3-5
Tableau 3.12 :	Contaminants probables et potentiels et mesures d'atténuation associées	3-6
Tableau 3.13 :	Qualité attendue des eaux sanitaires traitées	3-7
Tableau 4.1 :	Avantages et désavantages du recouvrement CEBC et avec une géomembrane pour le projet Matawinie	4-7
Tableau 4.2 :	Résumé des modes de gestion des matières résiduelles.....	4-7
Tableau 5.1 :	Suivi proposé pour les eaux de surface en période post-restauration.....	5-4
Tableau 5.2 :	Paramètres du suivi de l'effluent final	5-5
Tableau 5.3 :	Suivi proposé pour les eaux souterraines en période post-restauration.....	5-7
Tableau 5.4 :	Suivi proposé pour les eaux souterraines en période d'exploitation.....	5-8
Tableau 6.1 :	Estimation des coûts de restauration	6-3
Tableau 6.2 :	Calendrier de versement de la garantie	6-5
Tableau 7.1 :	Calendrier préliminaire des travaux post-exploitation et post-restauration.....	7-3
Tableau 9.1 :	Éléments présents à perpétuité sur le site, risques de défaillance, causes et mesures de prévention.....	9-2

Liste des figures

Figure 2.1	Plan de localisation générale du site du projet minier Matawinie	2-5
Figure 2.2	Localisation des titres miniers du bloc Tony (MC-DRA, 2018)	2-6
Figure 2.3	Unités géologiques régionales	2-7
Figure 2.4	Géologie régionale et locale (MC-DRA, 2018).....	2-11
Figure 2.5 :	Topographie et dépôts meubles du secteur du projet minier Matawinie	2-40
Figure 3.1	Paramètres des parois de la fosse.....	3-6
Figure 3.2 :	Coupe de la fosse	3-7
Figure 3.3 :	Superficie finale de la fosse (avec les phases 1 à 5).....	3-7
Figure 3.4 :	Coupe type du chemin de transport minier	3-8
Figure 3.5 :	Arrangement général du site et installations de surface – Année 15	3-9
Figure 3.6 :	Schéma de procédé simplifié	3-11
Figure 3.7 :	Site de l'usine de traitement du minerai	3-12
Figure 3.8 :	Arrangement général du site - Année 26	3-17
Figure 3.9 :	Plan d'aménagement général du site (année 6)	3-21
Figure 3.10 :	Plan d'aménagement général du site (année 20).....	3-22

Plan de réaménagement et de restauration pour le site du projet minier Matawinie		Original Version 00
24/10/2019	654068-6200-4EER-0001	Rapport technique
		v

Figure 3.11 :	Plan d'aménagement général du site (année 26)	3-23
Figure 3.12 :	Bassins versants et hydrographie au site du projet minier Matawinie	3-29
Figure 3.13 :	Bassins versants et hydrographie au site du projet minier Matawinie après restauration	3-30
Figure 3.14 :	Schéma de la gestion des eaux pour la phase A (années 0 à 5)	3-34
Figure 3.15 :	Schéma de la gestion des eaux pour la phase B1 (années 6 à 15)	3-35
Figure 3.16 :	Schéma de la gestion des eaux pour la phase B2 (années 16 à 26)	3-36
Figure 3.17 :	Bilan d'eau de l'usine de traitement du minerai	3-2
Figure 4.1 :	Concept d'une cellule de co-disposition	4-11
Figure 4.2 :	Halde de co-disposition – coupe type	4-12
Figure 4.3 :	Halde de co-disposition – vue en plan	4-13
Figure 4.4 :	Halde de co-disposition avec couverture à effet de barrière capillaire – coupe type	4-14
Figure 4.5 :	Concept de co-disposition dans la fosse	4-17
Figure 4.6 :	Site dans son état post-restauration	4-19
Figure 5.1 :	Points d'échantillonnage possible pour le suivi des eaux souterraines	5-6

Liste des annexes

- Annexe A : Grille de validation du plan de restauration
- Annexe B : Résolution du conseil d'administration de Nouveau Monde Graphite
- Annexe C : Rapport de caractérisation géochimique des résidus et des stériles miniers
- Annexe D : Étude de stabilité géotechnique de la halde de co-disposition
- Annexe E : Simulations numériques dans le cadre de l'ingénierie de faisabilité pour la gestion des résidus et stériles miniers
- Annexe F : Calcul pour la radioactivité
- Annexe G : Modélisation hydrogéologique

Plan de réaménagement et de restauration pour le site du projet minier Matawinie		Original Version 00
24/10/2019	654068-6200-4EER-0001	Rapport technique
		vi



1.0 INTRODUCTION

Ce document constitue la première version du plan de réaménagement et de restauration pour le site du projet minier Matawinie (nommé ci-après plan de restauration). Le plan de restauration est remis au ministère de l'énergie et des ressources naturelles (MERN) pour approbation par le ministre en application de l'article 232.1 de la loi sur les mines, et aux fins d'information et de consultation publique en application de la procédure d'évaluation et d'examen des impacts sur l'environnement prévue par la Loi sur la qualité de l'environnement (Article 101 loi sur les mines) pour l'exploitation du gisement de graphite naturel.

Le plan de restauration du projet minier Matawinie répond aux exigences de la Loi sur les Mines (RLRQ, chapitre M-13.1, article 232.6). Il intègre toutes les sections demandées selon l'édition 2017 du *Guide de préparation du plan de réaménagement et de restauration des sites miniers du Québec*, Le plan de restauration inclut toutes les activités de restauration réalisées durant les opérations minières (restauration progressive) et à la fermeture de la mine ainsi que les activités de suivi du site à la suite de sa restauration complète.

Plan de réaménagement et de restauration pour le site du projet minier Matawinie		Original Version 00
24/10/2019	654068-6200-4EER-0001	Rapport technique
		1-1

2.0 RENSEIGNEMENTS GÉNÉRAUX

2.1 Résumé du plan de restauration

Le projet minier Matawinie de Nouveau Monde Graphite (NMG) se situe dans la région de Lanaudière à environ six (6) kilomètres au sud-ouest de la municipalité de Saint-Michel-des-Saints et à environ 120 kilomètres au nord de la ville de Montréal (Figure 2.1). Le gisement de graphite du projet Matawinie sera exploité à partir d'une mine à ciel ouvert (ou « fosse ») avec une durée de vie de 26¹ ans. Durant cette période, il est prévu extraire au total environ 59,8 millions de tonnes de minerai, pour une production d'environ 100,000 tonnes de graphite par année.

En date du 10 décembre 2018, l'estimation des réserves minérales était de 59,8 Mt de réserves probables à une teneur de 4,35% carbone graphitique (Cg). Les installations pour le traitement du minerai du projet Matawinie, incluant le concentrateur et l'usine de désulfuration des résidus, seront situées à proximité de la fosse. Pour alimenter le concentrateur, le taux d'extraction moyen par jour travaillé sera d'environ 9 000 tonnes de minerai. Le concentrateur est conçu pour produire annuellement 100 000 tonnes de concentré de graphite de haute qualité.

Le gisement de graphite du projet fait actuellement l'objet d'un projet de démonstration qui comprend l'échantillonnage en vrac d'une quantité de 40 000 tonnes de minerai.

Une des particularités de cette mine est l'électrification de l'ensemble des activités menées au site. En effet, tous les équipements au site seront alimentés par l'électricité². Ceci représente une réorganisation au niveau des activités minières mais permettra de réduire l'empreinte environnementale de la mine.

Les dimensions finales de la fosse seront approximativement de 2 600 m de longueur en surface (dans l'axe SSO-NNE) avec une largeur variant de 155 à 380 mètres (dans l'axe NNO-SSE) en surface. Le remblaiement progressif de la fosse est prévu à partir de l'année 6.

Le minerai sera amené par camion de la fosse au concasseur jouxtant le concentrateur. Le projet de Nouveau Monde Graphite utilisera une usine de désulfuration afin de retirer les sulfures des résidus miniers issus du traitement du minerai par un processus de flottation et de séparation magnétique et ainsi produire deux types de résidus miniers. La plus grande quantité de résidus, soit 78% de la masse totale de résidus (ou 81% du volume), sera le résidu désulfuré non générateur acide. Le second type de résidus miniers, soit 22% de la masse (ou 19% du volume), est un résidu concentré en sulfures qui est potentiellement générateur d'acide (PGA).

¹ Le plan minier prévoit 25,5 années d'exploitation commerciale mais le nombre d'années a été arrondi à 26 années.

² La volonté de NMG est d'opérer une mine en phase d'exploitation alimentée entièrement à l'électricité, incluant les équipements mobiles. Si la validation du concept pour certains équipements mobiles, notamment ceux alimentés par des batteries, n'est pas complétée ou non disponible dans les premières années d'exploitation commerciale, certains équipements fonctionnant au diésel pourraient être utilisés.

Plan de réaménagement et de restauration pour le site du projet minier Matawinie		Original Version 00
24/10/2019	654068-6200-4EER-0001	Rapport technique
		2-1

Les stériles miniers et les deux types de résidus miniers générés par les activités d'extraction et de concentration du minerai seront gérés dans une halde de co-disposition et dans la fosse minière. Une halde à mort-terrain sera présente sur le site et utilisée en partie ou en totalité pour les activités de restauration.

Les résidus miniers issus du traitement du minerai seront filtrés (asséchés aux filtres à bandes) et seront suffisamment dé-saturés pour être transportés par camion sans se liquéfier (taux d'humidité de 15% pour les résidus PGA et 17,5% pour les résidus désulfurés).

La technique de gestion des résidus et stériles miniers pour le projet Matawinie est une co-disposition des résidus désulfurés et PGA ainsi que les stériles miniers. La déposition se fera en cellules par inclusion de matériel potentiellement générateur d'acide (« PGA ») à l'intérieur du matériel potentiellement non générateur d'acide (résidus désulfurés).

La restauration progressive au site NMG débutera dès l'année 4 avec la restauration de la halde de co-disposition et des infrastructures connexes. La restauration proposée est un recouvrement avec effet de barrière capillaire (CEBC) qui sera construit avec les résidus désulfurés et des stériles miniers triés.

Les principales mesures de restauration mises en place au site du projet Matawinie incluent :

- › La démolition ou le démantèlement des bâtiments et autres infrastructures de surface pour lesquels aucun usage alternatif n'aura été identifié. Cette activité inclut la restauration et la réhabilitation du secteur ;
- › Le démantèlement et la démobilitation du système de traitement des eaux et des infrastructures connexes incluant la restauration et la réhabilitation du secteur ;
- › La sécurisation du site et particulièrement de la fosse minière ;
- › L'approche 3RV-E sera systématiquement utilisée pour la gestion de toutes les matières résiduelles générées par les travaux de démolition/démantèlement ;
- › La gestion des résidus et des stériles miniers dans une halde de co-disposition et dans la fosse minière ;
- › La restauration progressive de la halde de co-disposition avec un recouvrement de type CEBC ;
- › La restauration des infrastructures de gestion des eaux (fossés et bassins) et mise en place de milieux humides ;
- › L'enneigement de la section Nord de la fosse (formation d'un lac) ;
- › Le rétablissement des réseaux d'écoulement naturel des eaux de ruissellement et végétation du site ;
- › Un programme de suivi de l'intégrité des ouvrages, environnemental et agronomique.

Les objectifs visés par ces travaux de restauration sont de remettre le site dans un état satisfaisant, tel que défini à la Section 4-1 du *Guide de Préparation du Plan de Réaménagement et de Restauration des Sites Miniers au Québec* (MERN, 2017), c'est-à-dire :

- › Éliminer les risques inacceptables pour la santé et assurer la sécurité des personnes ;
- › Limiter la production et la propagation de substances susceptibles de porter atteinte au milieu récepteur et, à long terme, viser à éliminer toute forme d'entretien et de suivi ; et
- › Remettre le site dans un état visuellement acceptable pour la collectivité.

La mise en œuvre du programme de surveillance et de suivi environnemental permettra de vérifier et de démontrer l'atteinte des objectifs de restauration et la remise du site dans un état compatible avec son environnement et sécuritaire pour les usagers.

Plan de réaménagement et de restauration pour le site du projet minier Matawinie		Original Version 00
24/10/2019	654068-6200-4EER-0001	Rapport technique
		2-2

Les travaux de restauration se poursuivront de 18 à 24 mois suivants la fin des opérations minières. Le coût estimé des travaux est de 25 521 127,77 \$ en incluant les coûts directs, indirects et la contingence.

Ce plan a été rédigé en fonction des informations actuellement disponibles quant aux activités d'exploitation minière prévues sur le site de la future mine. Les informations sont tirées de l'étude de faisabilité (MC-DRA, 2018) et autres études complémentaires disponibles. Des optimisations sont possibles et celles-ci seront étudiées lors de l'ingénierie de détail. Cependant, l'envergure du projet minier et les concepts de réhabilitation, sécurisation et de restauration demeureront les mêmes.

2.2 Identification du requérant

2.2.1 Requérant

Le plan de restauration pour le site du projet minier Matawinie est présenté par :

Nom du requérant :	Nouveau Monde Graphite
Adresse :	331 rue Brassard St-Michel-des-Saints, Québec, J0K 3B0
Téléphone :	(450) 757-8905
Site internet :	http://nouveaumonde.ca/
Numéro d'entreprise :	1168854637
Représentant autorisé :	Frédéric Gauthier Directeur Développement Durable fgauthier@nouveaumonde.com

2.2.2 Consultant mandaté

Le plan de restauration a été préparé en collaboration avec NMG par :

Consultant :	SNC-Lavalin Inc.
Adresse :	5400, boul. des Galeries, Québec (Québec) G2K 0A1
Téléphone :	(418) 621-5500
Site internet :	http://www.snclavalin.com/fr/
Représentant	Érika Voyer Erika.voyer@snclavalin.com

Plan de réaménagement et de restauration pour le site du projet minier Matawinie		Original Version 00
24/10/2019	654068-6200-4EER-0001	Rapport technique
		2-3

2.2.3 Résolution du conseil d'administration

Une copie de la résolution du Conseil d'administration autorisant le requérant à déposer le plan de restauration se retrouve à l'Annexe B.

2.3 Emplacement du terrain

Le projet minier Matawinie de NMG se trouve principalement sur des terres publiques. L'empreinte du projet se trouve dans les limites de la municipalité de Saint-Michel-des-Saints et est adjacente à la municipalité de Saint-Zénon au sud et au territoire non organisé (TNO) de Saint Guillaume Nord à l'ouest. Le zonage municipal de la zone du projet est défini comme rural et de villégiature. Ces municipalités et TNO sont chapeautés par la municipalité régionale de comté (MRC) de Matawinie.

Le site du projet minier Matawinie est situé à environ six (6) kilomètres au sud-ouest de la municipalité de Saint-Michel-des-Saints et à environ 120 kilomètres au nord de la ville de Montréal. Le site est accessible à partir de Montréal par la Route 131 jusqu'à St-Michel-des-Saints et par des chemins forestiers jusqu'au site minier. Les coordonnées UTM18 de l'emplacement de la fosse seront : 578639 E (longitude) et 5163394 N (latitude).

Le projet d'exploration Matawinie est composé de plusieurs blocs de titres miniers (ou claims) dispersés sur un territoire d'environ 70 km par 45 km, situé dans la région de la Haute-Matawinie. Le projet minier Matawinie, dont il est question dans ce document, est plus précisément localisé sur le bloc de claims « Tony ». Ce bloc est composé de 145 claims couvrant une superficie approximative de 7 544 ha. Parmi les secteurs y ayant fait l'objet de travaux, seule la zone Ouest du bloc Tony a fait l'objet de travaux d'exploration avancés ainsi que d'une mise en valeur. Le projet minier Matawinie, tel que référé à l'intérieur de ce plan de restauration, fait donc uniquement référence à cette zone Ouest du bloc Tony. La Figure 2.2 illustre la localisation des titres miniers associés au bloc Tony. Les infrastructures de surface sont montrées aux figures de la Section 3.0.

Le propriétaire du droit foncier des terrains visés par le présent plan de restauration est le gouvernement du Québec. Ainsi, un bail de location des terres est exigé en vertu des articles 47 à 50 de la Loi sur les terres du Domaine de l'État tant pour l'emplacement des bâtiments de surface que pour l'emplacement de la halde de co-disposition.

Plan de réaménagement et de restauration pour le site du projet minier Matawinie		Original Version 00
24/10/2019	654068-6200-4EER-0001	Rapport technique
		2-4

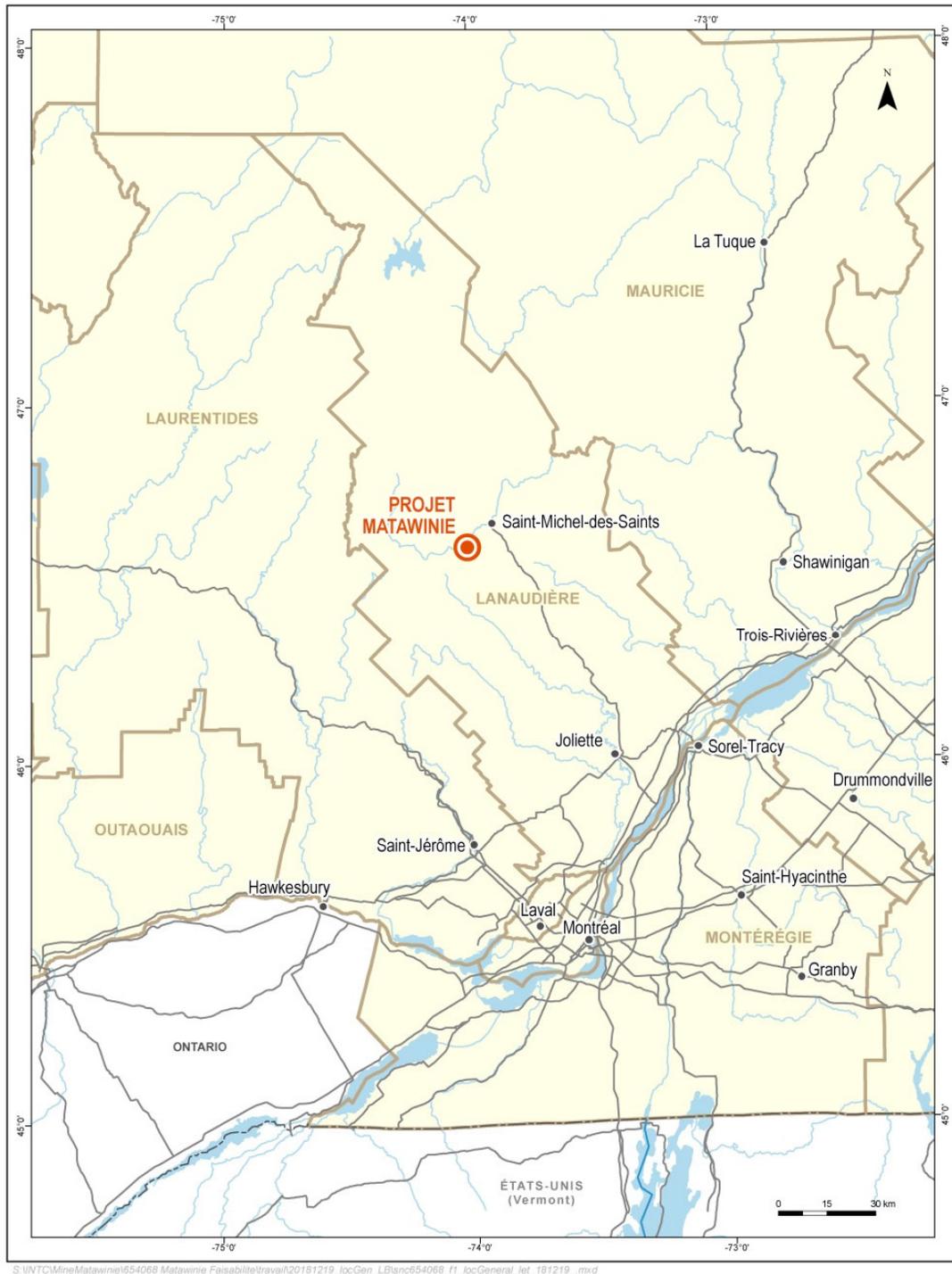
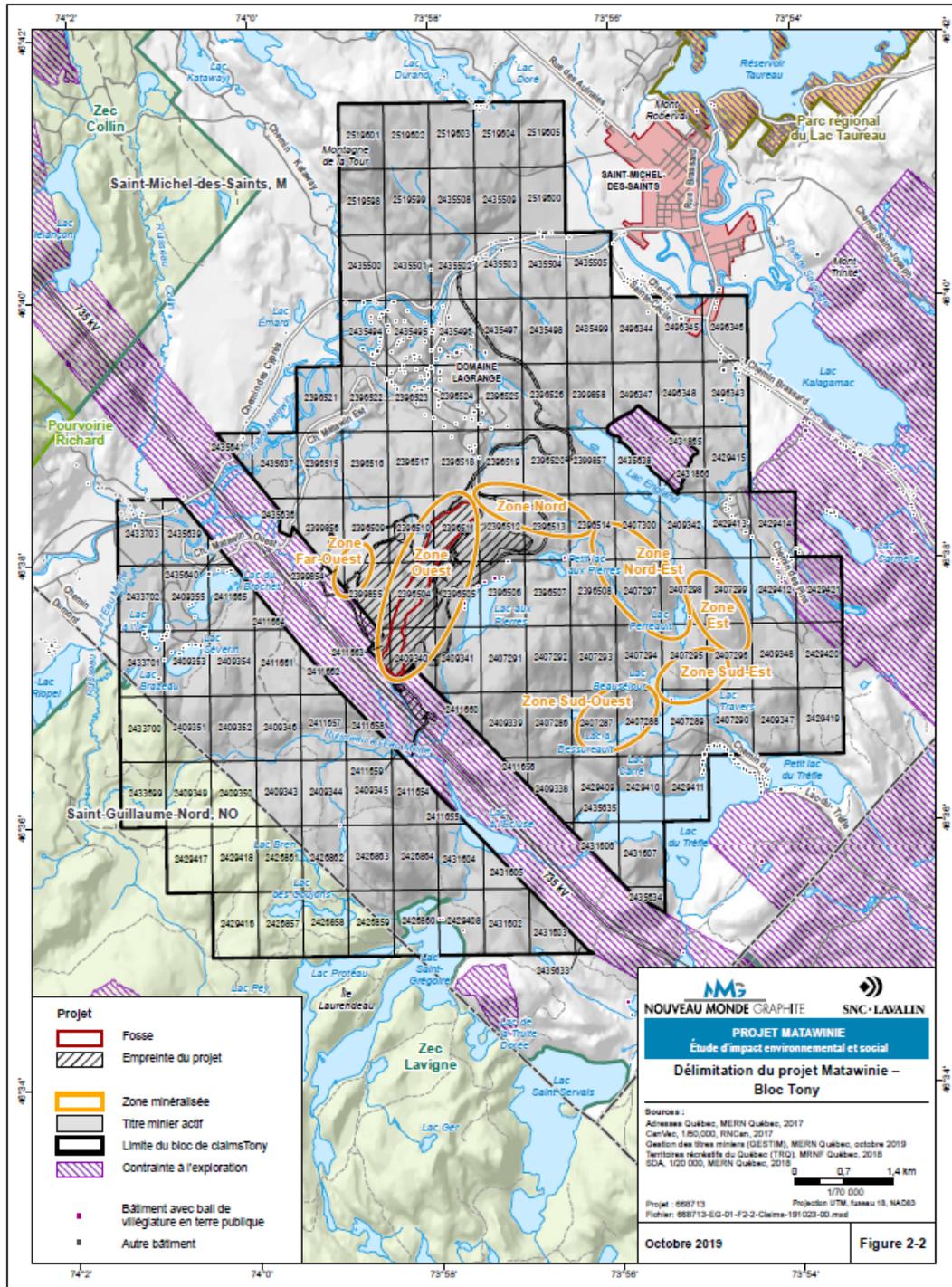


Figure 2.1 Plan de localisation générale du site du projet minier Matabwinie

Plan de réaménagement et de restauration pour le site du projet minier Matabwinie		Original Version 00
24/10/2019	654068-6200-4EER-0001	Rapport technique
		2-5



C:\INTC\mine\Matabwinie\688713 Update_Plan restauration\interne\Diffusion\Produit\01-PlanRestauratoin\688713-EG-01-F2-2-Claims-191023-00.mxd

Figure 2.2 Localisation des titres miniers du bloc Tony (MC-DRA, 2018)

Plan de réaménagement et de restauration pour le site du projet minier Matabwinie		Original Version 00
24/10/2019	654068-6200-4EER-0001	Rapport technique
		2-6

2.4 Géologie et minéralogie

2.4.1 Contexte géologique général

Le site du projet Matawinie est situé dans le secteur sud-ouest de la province géologique de Grenville. Les roches présentes dans la région sont de type plutonique et métamorphique. La géologie du substrat rocheux de la région de Grenville est composée d'un complexe gneissique archéen, d'un complexe métasédimentaire ainsi que d'une association de granulites recoupée par des roches intrusives de la série Morin (Figure 2.3).

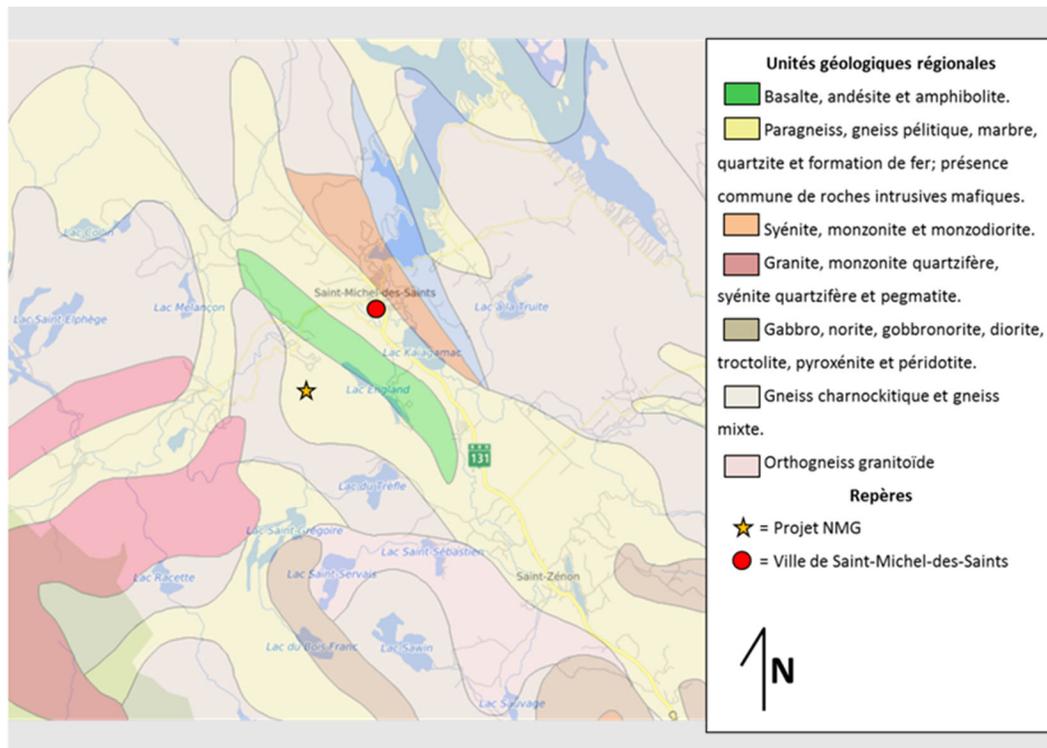


Figure 2.3 Unités géologiques régionales

Plan de réaménagement et de restauration pour le site du projet minier Matawinie		Original Version 00
24/10/2019	654068-6200-4EER-0001	Rapport technique
		2-7

2.4.2 Dépôts meubles

Les dépôts meubles de la région sont d'âge quaternaire et sont composés majoritairement de till. Il s'agit de l'unité la plus abondante sur le territoire et elle repose en discordance sur le roc en formant une couverture d'épaisseur discontinue. L'épaisseur a tendance à augmenter dans les vallées et à diminuer sur les flancs et les sommets des collines.

L'empreinte du projet Matawinie est un terrain qui ne présente pas un historique d'utilisation industrielle et il n'est pas susceptible d'avoir été contaminé par des activités anthropiques. Conformément au Guide de caractérisation physicochimique de l'état initial des sols (MDELCC, 2016), une caractérisation des sols a été effectuée à l'intérieur de l'aire d'étude locale du projet, ainsi qu'une caractérisation des sols de surface dans l'aire d'étude élargie. À la lumière des investigations réalisées, le site à l'étude présente deux cas distincts d'agencement stratigraphique. Ces séquences stratigraphiques correspondent un sol organique superposé à un sable silteux puis au roc, ou bien, à un sol organique sus-jacent à un sable graveleux puis au roc (SNC-Lavalin, 2019d).

2.4.3 Principales unités lithologiques

La géologie du gisement de graphite du projet est plus particulièrement associée à des sédiments métamorphisés et déformés, incluant du paragneiss et des roches calco-silicatées. Des intrusions granitiques, gabbroïques et pegmatitiques sont aussi présentes sur la propriété. À l'échelle locale, les unités stratigraphiques comprises dans le site à l'étude sont les suivantes (MC-DRA, 2018) :

- › Paragneiss à grenat, à mica et graphitique ;
- › Métagabbro ;
- › Charnockite ;
- › Roches calco-silicatées.

Ces unités sont décrites de façon plus détaillée dans les sous-sections suivantes (MC-DRA, 2018).

2.4.3.1 Paragneiss à grenat, à mica et graphitique

Le paragneiss est le type de roche le plus abondant rencontré dans la région. Il est également hôte de la minéralisation de graphite observée au sein du bloc Tony. Les paragneiss sont dérivés du métamorphisme et de la déformation des roches sédimentaires qui ont eu lieu pendant l'orogénèse de Grenville. Les paragneiss sont identifiés visuellement par l'alternance de bandes claires à sombres (de l'ordre du centimètre et pouvant aller jusqu'au décimètre) ainsi que par leurs assemblages de minéraux. Les paragneiss situés dans le bloc Tony sont principalement constitués de quartz, de plagioclase et de feldspath potassique (orthoclase, microcline). Le minéral mafique le plus répandu dans les paragneiss est la biotite. Les autres minéraux couramment observés dans les paragneiss sont : le graphite, le grenat, la sillimanite, la cordiérite, les sulfures (pyrrhotite, pyrite), les pyroxènes, la muscovite et la magnétite. Les minéraux accessoires observés dans les coupes minces comprennent l'apatite, le zircon et la monazite. Les paragneiss à grenat de la région contiennent généralement moins d'un (1)% de graphite. Il est assez courant d'observer la présence de flocons de graphite disséminés dans les paragneiss à biotite et les marbres du groupe de Grenville, au sein d'une formation appelée la « ceinture centrale métasédimentaire » (CCM) qui se situe au Québec et en Ontario. Ces deux (2) types de roches sont considérées favorables économiquement pour leur grande concentration en graphite.

Plan de réaménagement et de restauration pour le site du projet minier Matawinie		Original Version 00
24/10/2019	654068-6200-4EER-0001	Rapport technique
		2-8

2.4.3.2 Métagabbro

De minces unités de métagabbro ont été observées lors de la description des carottes de forage. Les métagabbros représentent de petites intrusions mafiques sous forme de dykes qui ont été transposés parallèlement à la structure générale des roches métasédimentaires environnantes. Ils sont identifiés visuellement par leur couleur vert foncé et leur assemblage minéral. Ils possèdent également un contact tranchant qui est généralement riche en biotite.

Les métagabbros représentent des gabbros déformés et métamorphisés, qui ont subi un degré élevé de recristallisation, tout en préservant certaines textures primaires et assemblages de minéraux. Les minéraux primaires incluent des grains grossiers de plagioclase, de clinopyroxène et d'orthopyroxène.

Les conséquences de la déformation et de la recristallisation sont les suivantes : des grains de plagioclase plus petits et recristallisés, de clinopyroxène, des grains d'orthopyroxène recristallisés, le développement de petits et plus gros flocons de biotite rougeâtre montrant une bonne orientation préférentielle. Le métagabbro peut aussi contenir des porphyroblastes à grenat, petits et grossiers. Les minéraux accessoires observés en coupe mince comprennent l'apatite, la magnétite, le sulfure et le zircon.

2.4.3.3 Charnockite

Plusieurs affleurements de granite à charnockite ont été observés dans la partie centrale du bloc Tony. La taille des grains varie de moyens à grossiers. La roche montre généralement une foliation, pouvant être très intense dans le cas de certains affleurements. La particularité de cette roche granitique est une couleur verdâtre à rose sur les surfaces fraîches et une couleur brunâtre sur les surfaces altérées, ce qui est très caractéristique des roches de type charnockite.

2.4.3.4 Roches calco-silicatées

Les roches calco-silicatées, contenant une plus grande proportion de minéraux carbonatés et accompagnées d'une plus petite proportion de minéraux calco-silicatés, représentent en fait les impuretés dans la CCM. La recristallisation des minéraux carbonatés et le développement des minéraux calco-silicatés ont eu lieu au cours de la période de déformation et de métamorphisme de l'orogénèse de Grenville.

La présence d'unités calco-silicatées, avec une épaisseur allant du centimètre à plusieurs mètres, a été observée et enregistrée pendant la description des carottes de forage. Certaines de ces unités sont également utiles comme des horizons clés pouvant être mis en corrélation dans différents sondages, en particulier pour les zones sud. Ces unités peuvent être identifiées par une réaction effervescente à l'acide chlorhydrique dilué (HCl). Elles sont généralement de couleur pâle avec des taches vertes ou vertes claires et montrent un contact graduel avec les unités de paragneiss.

Les roches calco-silicatées sont généralement composées de grains moyens à grossiers et les minéraux carbonatés granoblastiques prédominent. De plus, des grains de diopside et de scapolite y sont bien répartis. La roche peut contenir de très petits grains de sphène et dans certains cas, la présence de tourmaline, de couleur bleu-vert, a également été notée.

Plan de réaménagement et de restauration pour le site du projet minier Matawinie		Original Version 00
24/10/2019	654068-6200-4EER-0001	Rapport technique
		2-9

2.4.4 Description du gisement

La zone minéralisée du projet Matawinie est associée à une anomalie conductrice circulaire qui ceinture, en grande partie, le lac aux Pierres. Trois zones de minéralisation à teneur élevée en graphite, soit les zones Ouest, Sud-est et Sud-ouest, ont été identifiées sur cette anomalie. Ces différentes zones sont illustrées à la Figure 2.4. Il est à noter que parmi les secteurs ayant fait l'objet de travaux d'exploration sur le bloc Tony, seule la zone Ouest a fait l'objet de travaux d'exploration avancés et d'une mise en valeur.

La minéralisation de graphite est caractérisée par un encaissement de paragneiss à biotite-graphite en alternance avec des horizons de paragneiss à grenat. Il s'agit de l'unité lithologique la plus abondante sur le site et a pris place lors de l'orogénèse de la province géologique du Grenville. Les minéraux accessoires observés dans cette unité incluent l'apatite, le zircon et la monazite. Le paragneiss enrichi en graphite comprend également des sulfures (pyrrhotite et/ou pyrite) disséminés dont le ratio graphite/sulfures est d'environ 1 pour 0,75. La zone minéralisée comprend des horizons subparallèles, de direction générale nord-nord-est qui plongent d'environ -65° vers le sud-est dans le secteur nord de la fosse. La foliation se redresse graduellement en allant vers le sud pour atteindre une direction nord-sud et un pendage sub-vertical (-90°) à l'extrémité sud du gisement. Cette minéralisation est présente sous forme de flocons, ou paillettes, de graphite cristallisé disséminés de façon homogène dans les horizons minéralisés.

Le minerai, tous les stériles miniers et les résidus miniers du projet Matawinie ne sont pas susceptibles de présenter des propriétés radioactives au sens de la Directive 019 (critère S).

En plus du contexte géologique du projet NMG qui ne présente pas de source uranifère significative à proximité, les teneurs en uranium et thorium obtenus à la suite des analyses des différentes lithologies et résidus du projet suggèrent une activité radioactive comparable, voire même plus faible que des valeurs moyennes retrouvées naturellement dans la croûte terrestre. De plus, les valeurs du coefficient S estimées pour chaque lithologie, et ce même pour les concentrations maximales, sont nettement inférieures au critère de la Directive 019 (les résidus classifiés comme étant radioactifs ont une valeur de $S > 1$). NMG ne prévoit donc pas de mesure spécifique concernant la radioactivité émise par la faible présence d'éléments radioactifs.

La démonstration réalisée dans le cadre des réponses aux questions au MELCC de l'EIES (SNC-Lavalin, 2019c) est présentée à l'Annexe F.

Plan de réaménagement et de restauration pour le site du projet minier Matawinie		Original Version 00
24/10/2019	654068-6200-4EER-0001	Rapport technique
		2-10

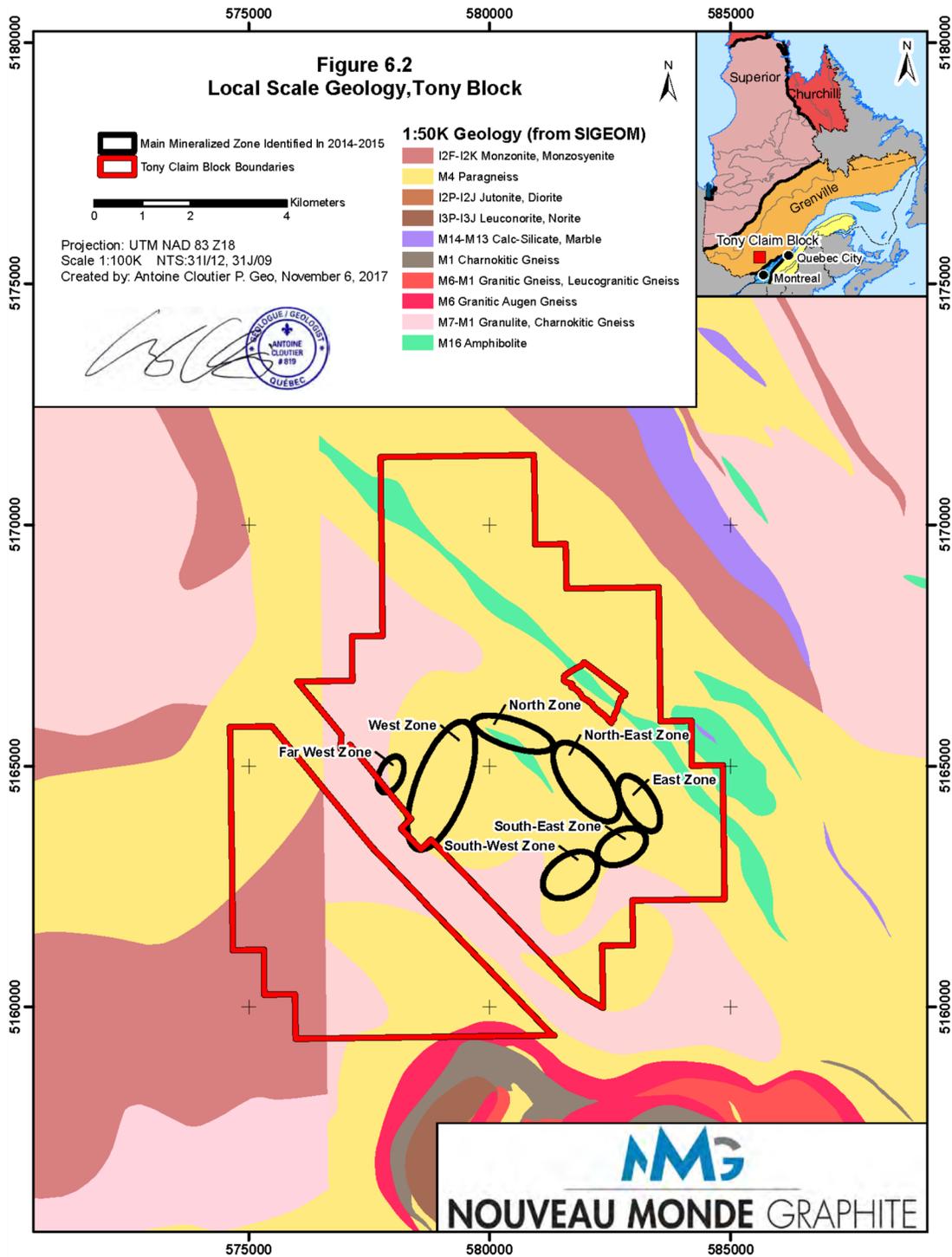


Figure 2.4 Géologie régionale et locale (MC-DRA, 2018)

Plan de réaménagement et de restauration pour le site du projet minier Matawinie		Original Version 00
24/10/2019	654068-6200-4EER-0001	Rapport technique
		2-11

2.4.5 Caractérisation géochimique des stériles miniers, du minerai et des résidus miniers

Le projet Matawinie utilisera une usine de désulfuration afin de retirer les sulfures des résidus miniers issus du traitement du minerai par un processus de flottation et de séparation magnétique et ainsi produire deux types de résidus miniers. La plus grande quantité de résidus miniers, soit 78% de la masse totale de résidus, sera le résidu désulfuré non générateur acide. Le second type de résidus miniers, soit 22% de la masse, est un résidu concentré en sulfures qui est potentiellement générateur d'acide (PGA).

Au total, 56,49 Mm³ de résidus et stériles miniers seront produits :

- › 22,6 Mm³ de stériles miniers, considérant un facteur de foisonnement de 25% et une densité sèche de 2,21 t/m³
- › 27,5 Mm³ de résidus désulfurés considérant une densité sèche de 1,63 t/m³
- › 6,4 Mm³ de résidus PGA considérant une densité sèche de 1,97 t/m³

Le taux moyen journalier de résidus miniers au concentrateur après désulfuration sur la durée de vie de la mine est estimé à 4999 tonnes par jour de résidus désulfurés et de 1226 tonnes par jour de résidus miniers sulfurés (PAG).

Un total de 6,3 Mm³ de mort terrain sera aussi préalablement retiré par décapage.

Une campagne d'échantillonnage et de caractérisation géochimique a été réalisée dans le but d'étudier les propriétés de chacun de ces matériaux et d'établir un mode de gestion et de restauration optimal selon les résultats obtenus. L'étude de caractérisation géochimique des stériles et résidus miniers détaillée est disponible à l'Annexe C.

Les matériaux inclus dans la caractérisation géochimique sont :

- › Les résidus miniers PGA qui représentent le concentré de sulfures après la désulfuration. La composition du résidu concentré en sulfures montre un enrichissement en sulfures de fer. Notamment, la pyrrhotite est parmi les éléments les plus abondants avec le quartz. Les proportions de sulfures dans ce résidu sont de jusqu'à 39,5% de pyrrhotite et 7,25% de pyrite. La composition minéralogique restante est essentiellement constituée de différents silicates.
- › Les résidus miniers désulfurés qui sont composés presque exclusivement de minéraux silicatés (quartz, feldspath) et de la gangue gneissique.
- › Les résidus miniers non-désulfurés³ qui sont produits lors du processus de concentration du graphite avant le procédé de désulfuration. Le quartz, le feldspath et d'autres silicates composent la majorité de la minéralogie de ces résidus. Le sulfure le plus présent est la pyrrhotite et sa proportion massique est comprise entre 6,4% et 7,85%.
- › Le minerai, qui se retrouve majoritairement dans l'unité lithologique du paragneiss graphitique. Les proportions de sulfures dans ce matériau sont de l'ordre de 7,13% de pyrrhotite et de 1,24% de pyrite. Lorsque la teneur en graphite est de plus de 2,2%, cette unité est considérée comme étant le minerai de graphite.

³ Ce type de résidus miniers n'est pas prévu dans le projet puisque 100% des résidus miniers seront désulfurés.

Plan de réaménagement et de restauration pour le site du projet minier Matawinie		Original Version 00
24/10/2019	654068-6200-4EER-0001	Rapport technique
		2-12

- › Le mort-terrain qui est un till composé principalement de sable silteux sur la base des données disponibles.
- › Les stériles miniers qui sont représentés par les lithologies suivantes :
 - Paragneiss mixte
 - Paragneiss graphitique⁴
 - Paragneiss à biotite
 - Méta-gabbro
 - Charnockite.

Les tonnages et volumes anticipés pour chacun des matériaux ainsi que leur répartition dans la halde de co-disposition et la fosse sont présentés au Tableau 2.1.

Tableau 2.1 : Quantité de stériles miniers, de résidus miniers et de mort-terrain qui seront produits et répartition dans les aires d'accumulation

Matériaux	Tonnage (Mt)	Volume (Mm ³)
Résidus PGA	12,57	6,39
Résidus désulfurés	44,89	27,47
Stériles miniers	49,96	22,63
Total	107,43	56,49
Capacité de la halde de co-disposition	64,46	33,89
Capacité de déposition dans la fosse	42,97	22,60

Le programme de caractérisation géochimique du projet Matawinie a été réalisé en différentes itérations qui sont résumées ci-dessous :

- › Phase I : Dans une première phase, avec le géologue⁵ de projet et un géochimiste senior⁵ de SNC-Lavalin, un échantillonnage de toutes les sous-unités géologiques a été réalisé afin de les caractériser et d'identifier des lithologies représentatives pour la campagne de géochimie et l'exploitation de la fosse, notamment :
 - En rassemblant les lithologies semblables pour en faire un constat au niveau de la géochimie; sur la base de la géologie, de l'assemblage minéralogique et du pourcentage en soufre principalement;
 - Détermination de l'homogénéité des échantillons pour définir des lithologies distinctes, et sélection d'échantillons composites dans une même lithologie pour la phase II du programme de caractérisation.
- › Phase II : La sélection d'un nombre d'échantillons suffisants pour représenter chacune des lithologies selon leur représentation dans le gisement sur le site et cibler les problématiques environnementales potentielles, notamment :
 - Caractérisation plus poussée ou complémentaire sur des échantillons composites représentatifs et ciblés par lithologie;

⁴ Il est à noter que le paragneiss graphitique est la lithologie contenant la ressource de graphite. Une teneur de coupure déterminée par des facteurs économiques sépare ce qui est considéré comme minerai de ce qui est considéré comme stérile minier.

⁵ Antoine Cloutier, géologue, Nouveau Monde Graphite et Andrew Botfield, géochimiste senior, SNC-Lavalin.

Plan de réaménagement et de restauration pour le site du projet minier Matawinie		Original Version 00
24/10/2019	654068-6200-4EER-0001	Rapport technique
		2-13

- Inclus des essais cinétiques en cellule humide (HCT) et en colonne sur différents échantillons représentatifs et ciblés selon l'interprétation des résultats de la phase I.
- › Phase (P-DEMO) : Des échantillons ciblés pour le minerai et les résidus miniers pour le projet de démonstration (40 000 tonnes).
- › Phase (P-Expansion) : Sélection d'échantillons supplémentaires provenant du sud de la fosse⁶ à la suite des sondages d'exploration complétés en janvier 2018 pour valider l'homogénéité des lithologies pour le projet expansion (production annuelle de 100 000 tonnes de graphite) avec les lithologies du projet initial (production annuelle de 52 000 tonnes de graphite).

Les essais de caractérisation réalisés avec les paramètres analysés sont montrés au Tableau 2 2. Le nombre d'essais par phase réalisés sur chaque lithologie ou matériau est présenté aux Tableau 2 3 à Tableau 2 7.

Les essais minéralogiques XRD et QEMSCAN permettent d'identifier les minéraux dans l'échantillon, notamment ceux associés au potentiel de génération d'acide, ou de lixiviation.

Les essais statiques TCLP⁷ permettent de valider si les échantillons sont à risques élevés, ou lixiviables, selon les critères de la Directive 019 (MDDEP, 2012). Les essais SPLP et CTEU-9 représentent des conditions différentes de l'essai TCLP et servent aussi à identifier le potentiel de lixiviation sous les conditions particulières de l'essai⁸.

Les essais HCT sont des essais en laboratoire et ont comme objectif principal de donner une indication du potentiel d'acidification et de lixiviation à long terme des matériaux basés sur un taux unitaire de la lixiviation en fonction de la masse (charge)⁸.

Les essais en colonne représentent une oxydation et une vitesse de réaction simulée plus rapide que pour l'essai standardisé HCT et sont des essais en laboratoire non standardisé communément utilisés pour simuler et comparer des scénarios de restauration. Ces essais n'ont pas pour but de représenter les conditions du terrain dans le cas des colonnes réalisées sur les matériaux du projet de Matawinie mais plutôt de déterminer si le résidu ou le stérile minier a le potentiel de générer ultimement de l'acide dans le cadre de la consommation de son potentiel de neutralisation. L'essai vise ainsi à provoquer la réaction et le maintenir en condition désaturée, et pour cela, une succion est appliquée pour promouvoir la désaturation du matériel (Bouzahzah et al., 2015; Lapakko, 2003; et Pool and Balederrama, 1994).

⁶ Des échantillons avaient déjà été sélectionnés plus en profondeur lors des phases I et II du programme de caractérisation.

⁷ L'essai TCLP simule des conditions acides via une exposition à un acide organique (acide acétique). Initialement, il a été créé pour reproduire les conditions de lixiviation dans des centres d'enfouissement de déchets municipaux. Le pH n'est pas maintenu à 5 durant l'essai mais c'est le liquide d'extraction qui est tamponné, soit à pH 4,93 pour la solution d'extraction no.1, soit à pH 2,88 pour la solution d'extraction no.2. Ces conditions ne sont pas nécessairement représentatives des conditions sur le site mais cet essai est utilisé pour identifier les paramètres clés potentiellement lixiviables sous ces conditions spécifiques.

⁸ De plus amples détails sur le but de chaque essai sont donnés à l'Annexe C.

Plan de réaménagement et de restauration pour le site du projet minier Matawinie		Original Version 00
24/10/2019	654068-6200-4EER-0001	Rapport technique
		2-14

Tableau 2.2 : Essais de caractérisation réalisés

Analyse	Paramètres analysés	Méthode
Net acid generation test (NAG-test)		MEND 1.16.1a (MEND, 2009)
Bilan acide-base modifié selon la méthode Sobek (MABA)	pH en pâte; Soufre total (%S total); Soufre sous forme de sulfates; Soufre sous forme de sulfures; Carbone total; Carbonates (CO ₃); Potentiel de neutralisation (PN); Potentiel d'acidification (PA); Potentiel net de neutralisation (PNN). Ration PN/PA (RPN)	Sobek modifiée pour déterminer le potentiel de neutralisation (PN). MEND 1.16.1a (MEND, 2009)
Teneur en métaux	Ag, As, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Sn, Mn, Hg, Mo, Ni, Pb, Se, Zn, Al, B, Be, Bi, Ca, Fe, K, Li, Mg, Na, P, Sb, Sr, Ti, Th, Tl, U, Va.	M.A.200 – Mét. 1.2
Potentiel de lixiviation de métaux TCLP SPLP CTEU-9	Al, Sb, Ag, As, Ba, B, Cd, Cr, Co, Cu, Sn, Mn, Hg, Mo, Ni, Pb, Se, Na, U, Zn, F-, Cl-, NO ₂ -, NO ₃ -, SO ₄ , Br-, Be, Bi, Ca, Fe, K, Li, Mg, P, Ti, Tl, Si, Sr, V, pH	MA.100-Lix.com. 1.1
Minéralogie semi-quantitative	Paramètres analysés détaillés à l'Annexe C	XRD (Diffraction à rayons X)
Minéralogie quantitative	Paramètres analysés détaillés à l'Annexe C	QEMSCAN (Évaluation quantitative des matériaux par microscopie électronique à balayage)
Essais cinétiques Colonnes Cellules humides	Paramètres analysés détaillés à l'Annexe C	Pas normalisés (MEND Project 1.16.1b) ASTM D5744-07e1

Plan de réaménagement et de restauration pour le site du projet minier Matawinie		Original Version 00
24/10/2019	654068-6200-4EER-0001	Rapport technique
		2-15

Le nombre d'échantillons et les essais réalisés ont été sélectionnés sur la base de :

Projet commercial - phase I (P1) : une première caractérisation basée sur les paramètres de base et un plus grand nombre d'échantillons pour identifier les problématiques environnementales à partir d'essais statiques. Cette campagne a été réalisée à la fin de l'année 2016 et au début de l'année 2017 à partir d'échantillons provenant à l'intérieur et en proximité des limites de la fosse⁹ identifiée lors de l'étude de préfaisabilité (MC-DRA, 2017) :

- › Résidus désulfurés et résidus PGA : NAG-test, bilan acide-base pour déterminer le potentiel d'acidification (Acid Base Accounting – ABA), teneur en métaux (MA200 – Met 1.2 Digest) et potentiel de lixiviation en métaux (TCLP et SPLP). De plus, l'analyse de roche totale et un essai de vieillissement accéléré ont été conduits sur les résidus désulfurés.
- › Résidus non-désulfurés : ABA, teneur en métaux (MA200 – Met 1.2 Digest), potentiel de lixiviation en métaux (TCLP, SPLP, CTEU-9), analyse minéralogique (diffraction des rayons X et QEMScan pour analyses de la minéralogie).
- › Stériles miniers : Analyse minéralogique (diffraction des rayons X et QEMScan), NAG-test, bilan acide-base pour déterminer le potentiel d'acidification (Acid Base Accounting – ABA), teneur en métaux (MA200 – Met 1.2 Digest) et potentiel de lixiviation en métaux (TCLP, SPLP, CTEU-9).
- › Mort-terrain : ABA, teneur en métaux, potentiel de lixiviation en métaux (TCLP, SPLP, CTEU-9).

Tableau 2.3 : Récapitulatif des essais réalisés et leur nombre - Phase 1 de la caractérisation géochimique

Matériaux / Essai		Phase 1							
		XRD	QEMScan	ABA	Elemental	TCLP	SPLP	CTEU-9	NAG Leach
Roches stériles	Paragneiss graphitique	1	1	24	24	5	2	2	1
	Paragneiss mixe	2	0	30	30	11	4	4	2
	Meta-gabbro	0	0	5	5	2	1	1	0
	Charnockite	0	0	10	10	3	1	1	0
	Paragneiss à biotite	0	0	5	5	2	1	1	0
Mort-terrain	Mort-terrain	0	0	3	3	2	1	1	0
Minerai	Paragneiss graphitique	0	0	0	0	0	0	0	0
Résidus miniers	Résidus non-désulfurés	1	1	1	1	1	1	1	0
	Résidus désulfurés	0	0	1	1	1	1	0	0
	Résidus concentrés en sulfures (PGA)	0	0	1	1	1	1	0	0
Total		4	2	80	80	28	13	11	3

⁹ N'incluait pas l'extrémité Sud de la fosse

Plan de réaménagement et de restauration pour le site du projet minier Matawinie		Original Version 00
24/10/2019	654068-6200-4EER-0001	Rapport technique
		2-16

Projet de démonstration (P-DEMO) : Les échantillons analysés provenaient des résidus miniers PGA et désulfurés ainsi que du minerai provenant d'échantillons du secteur de la fosse où l'échantillon en vrac de 40 000 tonnes pour le projet de démonstration est prélevé. Il est à noter que ce secteur comprend une teneur légèrement plus élevée en graphite que la moyenne du gisement, soit 4,74% Cg selon les analyses de SGS Canada, plutôt que 4,42% Cg pour les réserves minérales lorsque le facteur de dilution n'est pas appliqué :

- › Résidus désulfurés et PGA : Bilan acide-base pour déterminer le potentiel d'acidification (Acid Base Accounting – ABA), teneur en métaux, potentiel de lixiviation en métaux (TCLP, SPLP, CTEU-9), minéralogie (diffraction des rayons X et QEMScan), essais cinétiques en cellules humides ou *Humidity Cell Test* (HCT) et essais en colonne (résidu désulfuré uniquement).
- › Minerai : ABA, teneur en métaux, potentiel de lixiviation (TCLP, SPLP, CTEU-9), et minéralogie (diffraction des rayons X et QEMScan), essai cinétique en cellule humide.

Tableau 2.4 : Récapitulatif des essais réalisés et leur nombre - Phase DEMO de la caractérisation géochimique

Phase		Phase DEMO								
Matériaux / Essais		XRD	QEMScan	ABA	Elemental	TCLP	SPLP	CTEU-9	HCT Kinetic	Column (SGS)
Minerai	Paragneiss graphitique	1	1	1	1	1	1	1	1	0
Résidus miniers	Résidus non-désulfurés	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Résidus désulfurés	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Résidus concentrés en sulfures (PGA)	1	1	1	1	1	1	1	1	0
Total		3	3	3	3	3	3	3	3	1

Projet commercial - phase 2 (P2) : un approfondissement de la caractérisation environnementale sur des échantillons sélectionnés pour des essais complémentaires et cinétiques sur les différents rejets miniers provenant d'échantillons à l'intérieur et en proximité des limites de la fosse¹⁰ identifiée lors de l'étude de préfaisabilité (MC-DRA, 2017) :

- › Résidus désulfurés et résidus PGA : Analyse minéralogique (diffraction des rayons X et QEMScan), bilan acide-base pour déterminer le potentiel d'acidification, teneur en métaux (MA200 – Met 1.2 Digest), potentiel de lixiviation en métaux (TCLP, SPLP, CTEU-9), NAG test, analyse de roche totale, essais cinétiques en cellules humides (HCT) et essais en colonnes.

¹⁰ N'incluait pas l'extrémité Sud de la fosse

- › Stériles miniers : Analyse minéralogique (diffraction des rayons X et QEMScan), bilan acide-base pour déterminer le potentiel d'acidification (Modified Acid Base Accounting – MABA), teneur en métaux (MA200 – Met 1.2 Digest), potentiel de lixiviation en métaux (TCLP, SPLP et CTEU-9), NAG (net acid generation), essai de digestion de 4 acides, analyse de roche totale et des essais cinétiques en cellules humides et en colonnes.
- › Mort-terrain : Analyse minéralogique (diffraction des rayons X – silicate cristalline), bilan acide-base pour déterminer le potentiel d'acidification (Modified Acid Base Accounting – MABA), teneur en métaux (MA200 – Met 1.2 Digest) et potentiel de lixiviation en métaux (TCLP, SPLP, CTEU-9).
- › Minerai : Analyse minéralogique (diffraction des rayons X et QEMScan), essai de digestion de 4 acides, bilan acide-base pour déterminer le potentiel d'acidification, teneur en métaux (MA200 – Met 1.2 Digest), potentiel de lixiviation en métaux (TCLP, SPLP et CTEU-9), NAG test et analyse de roche totale.

Tableau 2.5 : Récapitulatif des essais réalisés et leur nombre - Phase 2 de la caractérisation géochimique

Phase		Phase 2									
Matériaux / Essai		XRD	QEMScan	MABA	Elemental	TCLP	SPLP	CTEU-9	NAG Leach	HCT Kinetic	Column
Stériles miniers	Paragneiss graphitique	1	1	12	12	12	12	12	1	1	1
	Paragneiss mixte	1	1	7	7	7	7	7	1	1	1
	Meta-gabbro	1	1	4	4	4	4	4	1	1	1
	Charnockite	1	1	5	5	5	5	5	2	1	1
	Paragneiss à biotite	1	1	5	5	5	5	5	1	1	1
Mort-terrain	Mort-terrain	3 ^A	0	3	3	3	3	3	0	0	0
Minerai	Paragneiss graphitique	1	1	5	5	5	5	5	1	0	0
Résidus miniers	Résidus non-désulfurés	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Résidus désulfurés	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Résidus concentrés en sulfures (PGA)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Total		11	8	43	43	43	43	43	9	7	7

^A Les analyses XRD ont été utilisées dans le cadre des modélisations atmosphériques pour identifier la silice cristalline.

Plan de réaménagement et de restauration pour le site du projet minier Matawinie		Original Version 00
24/10/2019	654068-6200-4EER-0001	Rapport technique
		2-18

Projet commercial - phase expansion (P-Expansion) : Cette campagne comprend la caractérisation des échantillons de stériles miniers relatifs à l'augmentation du tonnage de la mine (52 000 tonnes à 100 000 tonnes de production annuelle de graphite). Cette caractérisation couvre principalement le secteur Sud. Les lithologies plus en profondeur étaient déjà incluses dans les phases I et II¹¹. Cette campagne a été réalisée à la fin de l'année 2018.

- › Stériles miniers : Bilan acide-base pour déterminer le potentiel d'acidification (Modified Acid Base Accounting – MABA), teneur en métaux (MA200 – Met 1.2 Digest), potentiel de lixiviation en métaux (TCLP, SPLP, CTEU-9) et NGA test.

Tableau 2.6 : Récapitulatif des essais réalisés et leur nombre pour la phase Expansion de la caractérisation géochimique

Phase E		Expansion de la fosse					
Matériaux / Essai		ABA	Elemental	TCLP	SPLP	CTEU-9	NAG Leach
Stériles miniers	Paragneiss graphitique	1	1	1			
	Paragneiss mixte	3	3	3	3	3	3
	Meta-gabbro	1	1	1			
	Charnockite	1	1	1	1	1	1
	Paragneiss à biotite	2	2	2	3	2	2
Total		8	8	8	7	6	6

¹¹ Des échantillons avaient déjà été sélectionnés plus en profondeur lors des phases I et II du programme de caractérisation. Des forages additionnels réalisés en janvier 2018 ont permis de compléter la représentativité du secteur Sud.

Tableau 2.7 : Nombre d'échantillons composites caractérisés pour les résidus et stériles miniers

Matériaux	Étape du programme de caractérisation	Échantillons soumis au programme de caractérisation	Total des sous échantillons représentatifs	Tonnage selon plan minier (Mt)
Paragneiss graphitique WR ¹²	P1, P2 et Extension	37	55	62,69
Paragneiss graphitique Minerai	D and P2	7	639	
Paragneiss mixte WR	P1, P2 et Extension	41	78	38,53
Charnockite WR	P1, P2 et Extension	17	21	5,91
Méta-Gabbro WR	P1, P2 et Extension	10	15	0,17
Paragneiss à biotite WR	P1, P2 et Extension	13	22	3,17
Mort-terrain	P1 and P2	6	9	13,2
Total		131	839	123,67
Résidus concentrés en sulfures (PGA) et résidus désulfurés	DEMO	1 désulfuré / 1 (PGA)	Composites de deux forages	57,46
Résidus PGA et désulfurés	P1	1 désulfuré / 1 (PGA)	125	
Résidus PGA et désulfurés	P2	1 désulfuré / 1 (PGA)	6 (à partir des 639 sous-échantillons du minerai ci-haut)	
Résidus non-désulfurés	P1	1	125	

2.4.5.1 Résultats de la caractérisation géochimique

Stériles miniers

Le Tableau 2 8 présente le nombre d'échantillons de stériles miniers qui ont été soumis aux différents essais de caractérisation géochimique selon la proportion volumique des lithologies de stériles miniers dans le gisement.

¹² Waste rock (WR) ou stériles miniers

Plan de réaménagement et de restauration pour le site du projet minier Matawinie		Original Version 00
24/10/2019	654068-6200-4EER-0001	Rapport technique
		2-20

Tableau 2.8 : Proportion volumique des unités lithologiques de roches stériles et nombre d'échantillons analysés par unité lithologique et par type d'analyse

Lithologie	Proportion volumique (%)	Nombre d'échantillons Potentiel de génération d'acide (MABA)	Nombre d'échantillons Teneur en métaux (M.A.200 – Mét. 1.2)	Nombre d'échantillons Essai de lixiviation TCLP	Nombre d'échantillons Essai de lixiviation SPLP	Nombre d'échantillons Essai de lixiviation CTEU-9
Paragneiss mixte	80	44	44	23	15	15
Charnockite	12	16	16	9	7	7
Paragneiss à biotite	6	12	12	9	9	8
Meta gabbro	1	10	10	7	5	5
Paragneiss graphitique	1	37	37	18	14	14

L'analyse des résultats de la caractérisation géochimique est résumée ci-après et a servi de base pour l'ingénierie de faisabilité. Il est à noter que les critères de comparaison pour le sélénium (URSTM), le cadmium (URSTM), le phosphore (SGS et URSTM) et le mercure (SGS et URSTM) sont dans certains cas plus faibles que la limite de détection des instruments des différents laboratoires qui sont indiqués entre parenthèses. Une incertitude ou un dépassement des critères de comparaison au niveau de ces métaux lors de la caractérisation géochimique environnementale ne représentent pas systématiquement un risque environnemental étant donné que pour certains, il n'est pas possible d'interpréter le résultat¹³.

Pour les stériles miniers, les résultats observés sont présentés par lithologie. Les résultats ci-après et les comparaisons aux critères (MDDEP, 2012; MDDELCC, 2016) sont présentés au niveau du 75^{ième} percentile sauf pour la classification de résidus miniers à risque élevé ou lixiviables où la comparaison est faite selon la valeur minimum, le 25^{ième} percentile, la moyenne, le 75^{ième} percentile et le maximum. Tous les détails et valeurs (maximum, minimum, moyenne) sont disponibles dans le rapport de caractérisation géochimique présenté à l'Annexe C.

Il est aussi à considérer que les essais en colonnes sont conçus pour déterminer si le résidu ou le stérile minier a le potentiel de générer ultimement de l'acide dans le cadre de la consommation de son potentiel de neutralisation, c'est-à-dire qu'une succion est appliquée en laboratoire pour promouvoir la désaturation du matériel ainsi que sa réaction. Ainsi, cela ne représente pas les résultats anticipés sur le terrain et certaines corrélations reliées au bilan de masse, au bilan hydrique et aux conditions de gestion sur le site devraient être apportées pour en faire une telle comparaison. Les résultats bruts obtenus et présentés peuvent servir à identifier les éléments clés à surveiller dans le cadre d'essais sur le terrain, de modélisations et comme critères de conception pour réaliser l'ingénierie et l'optimisation du projet. Au niveau de la lixiviation des métaux, les

¹³ Pour le détail des résultats, se référer au rapport de géochimie, présenté à l'Annexe C.

Plan de réaménagement et de restauration pour le site du projet minier Matawinie		Original Version 00
24/10/2019	654068-6200-4EER-0001	Rapport technique
		2-21

résultats des essais en colonne (URSTM) sont comparés aux critères de suivi environnemental à titre indicatif seulement mais ne signifient pas qu'un réel dépassement est anticipé ou se produira sur le terrain sans interprétation additionnelle.

Paragneiss mixte :

- › Un contenu en sulfure significatif avec une prédominance de pyrrhotite sur la pyrite et une fraction modérée de minéraux carbonatés neutralisants. Les résultats de l'essai sur le potentiel de génération d'acide suggèrent que 90% de ce matériau est PGA.
- › Ce matériau n'est pas considéré "à risques élevés" en fonction des critères de la Directive 019 (MDDEP, 2012) dans les résultats de l'essai TCLP ou tout autre résultat des essais statiques ou cinétiques.
- › Ce matériau n'est pas lixiviable selon les résultats des essais de lixiviation TCLP, SPLP et CTEU-9 (c.-à-d. 75ième percentile au-dessous des critères de résurgence de l'eau souterraine (MDDELCC, 2016)).
- › Le potentiel d'acidification et de lixiviation déterminé à partir des essais cinétiques HCT (SGS) suggère que :
 - Le matériel ne montre aucun potentiel d'acidification à court terme et un faible potentiel d'acidification à long terme vu la diminution du pH de 8,21 à 6,83 pendant l'essai.
 - Un temps de latence probable et théorique avant l'apparition de drainage acide sur le terrain (<pH 5) qui a été estimé à environ 26 ans si aucune action n'est entreprise pour éviter l'oxydation des stériles miniers.
 - Il n'y a aucun élément qui dépasse le critère à l'effluent (MDDEP, 2012).
 - Il n'y a aucun élément qui dépasse les critères de résurgence dans les eaux de surface (MDDELCC, 2016).
- › Les essais en colonne réalisés à l'URSTM¹⁴ montrent que :
 - Le matériel est classifié non générateur acide : le pH est resté au-dessus du critère à l'effluent tout au long de l'essai, variant de 6,70 à 7,86, et ne démontrant aucune tendance vers une acidification à long terme (démarche Ca+Mg+Mn¹⁵).
 - À titre indicatif, le zinc est le métal à surveiller comparativement au critère à l'effluent (MDDEP, 2012).
 - À titre indicatif, en fonction des critères de résurgence dans les eaux de surface (MDDELCC, 2016), les éléments à valider ou surveiller sont le cuivre et le zinc.

¹⁴ Pour toutes les lithologies de stériles miniers, certains des résultats des essais en colonne ne concordent pas avec les résultats des essais statiques et cinétiques standardisé (HCT), les essais statiques et de lixiviation. Une mise en contexte est requise pour l'interprétation des résultats. De plus, une cellule expérimentale sur le terrain et de l'ingénierie détaillée permettra de compléter l'interprétation des résultats. Il sera aussi requis de valider les méthodes de manipulation, de représentativité et d'analyses des résultats.

¹⁵ Voir le rapport de géochimie à l'Annexe C.

Plan de réaménagement et de restauration pour le site du projet minier Matawinie		Original Version 00
24/10/2019	654068-6200-4EER-0001	Rapport technique
		2-22

Charnockite :

- › Un faible contenu en sulfure et une quantité significative de minéraux silicatés et d’apatite qui fournissent un potentiel de neutralisation. Les résultats de l’essai sur le potentiel de génération d’acide suggèrent que le matériel n’est pas PGA.
- › Ce matériau n’est pas considéré “à risques élevés” en fonction des critères de la Directive 019 (MDDEP, 2012) dans les résultats de l’essai TCLP ou tout autre résultat des essais statiques ou cinétiques.
- › Ce matériau est lixiviable pour le manganèse selon les résultats des essais de lixiviation TCLP, le fluorure selon l’essai CTEU-9 et non-lixiviable selon l’essai SPLP (c.-à-d. 75ième percentile au-dessus des critères de résurgence de l’eau souterraine (MDDELCC, 2016).
- › Le potentiel d’acidification et de lixiviation déterminé à partir des essais cinétiques HCT (SGS) suggère que :
 - L’essai cinétique confirme que le matériel n’a pas de potentiel de génération d’acide, le pH se maintient entre 6,86 et 9,04 tout au long de l’essai.
 - Aucun élément n’a dépassé le critère à l’effluent (MDDEP, 2012).
 - En comparaison des critères de résurgence dans les eaux de surface (MDDELCC, 2016), il n’y a aucun élément à valider ou surveiller.
- › Les essais en colonne réalisés à l’URSTM¹⁴ montrent que :
 - Le matériel est classifié non générateur acide : le pH est resté au-dessus du critère à l’effluent tout au long de l’essai, variant de 7,27 à 8,57, et ne démontre aucune tendance vers une acidification à long terme (démarche Ca+Mg+Mn¹⁵).
 - Aucun élément n’a dépassé le critère à l’effluent (MDDEP, 2012).
 - À titre indicatif, en comparaison des critères de résurgence dans les eaux de surface (MDDELCC, 2016), les éléments à valider ou surveiller sont le mercure et le zinc.

Meta-Gabbro :

- › Une teneur modérée en sulfures et une quantité significative de minéraux silicatés qui apportent un potentiel de neutralisation. Les résultats de l’essai sur le potentiel de génération d’acide suggèrent que 40% de ce matériau est PGA.
- › Ce matériau n’est pas considéré “à risques élevés” en fonction des critères de la Directive 019 (MDDEP, 2012) dans les résultats de l’essai TCLP ou tout autre résultat des essais statiques ou cinétiques.
- › Ce matériau n’est pas lixiviable selon les résultats des essais de lixiviation TCLP, SPLP et CTEU-9 c.-à-d. 75ième percentile au-dessus des critères de résurgence de l’eau souterraine (MDDELCC, 2016).
- › Le potentiel d’acidification et de lixiviation déterminé à partir des essais cinétiques HCT (SGS) suggère que :
 - Le pH durant l’essai reste au-dessus des critères à l’effluent (MDDEP, 2012) avec une tendance avec le temps vers des conditions acides (pH de 8,16 allant à 6,60).
 - Un temps de latence probable avant l’apparition de drainage acide sur le terrain (< pH 5) qui a été estimé à environ 48 ans si aucune action n’est entreprise pour éviter l’oxydation des stériles.
 - Aucun élément n’a dépassé le critère à l’effluent (MDDEP, 2012).
 - Aucun élément n’a dépassé les critères de résurgence dans les eaux de surface (MDDELCC, 2016).

Plan de réaménagement et de restauration pour le site du projet minier Matawinie		Original Version 00
24/10/2019	654068-6200-4EER-0001	Rapport technique
		2-23

- › Les essais en colonne réalisés à l'URSTM¹⁴ montrent que :
 - Le matériel est classifié non générateur acide : le pH est resté au-dessus du critère à l'effluent tout au long de l'essai, variant de 7,03 à 9,05, et ne démontre aucune tendance vers une acidification à long terme (démarche Ca+Mg+Mn¹⁵).
 - Aucun élément n'a dépassé le critère à l'effluent (MDDEP, 2012).
 - À titre indicatif, en comparaison des critères de résurgence dans les eaux de surface (MDDELCC, 2016), les éléments à valider ou surveiller sont le mercure et le zinc.

Paragneiss à biotite :

- › Une teneur basse à modérée en sulfures et une quantité significative de minéraux silicatés qui apportent un potentiel de neutralisation. Les résultats de l'essai sur le potentiel de génération d'acide suggèrent que 8% de ce matériau est PGA.
- › Ce matériau n'est pas considéré "à risques élevés" en fonction des critères de la Directive 019 (MDDEP, 2012) dans les résultats de l'essai TCLP ou tout autre résultat des essais statiques ou cinétiques.
- › Ce matériau est lixiviable pour le fluorure selon les résultats des essais de lixiviation CTEU-9 et non-lixiviable selon les essais TCLP et SPLP (c.-à-d. 75ième percentile au-dessus des critères de résurgence de l'eau souterraine (MDDELCC, 2016)).
- › Le potentiel d'acidification et de lixiviation déterminé à partir des essais cinétiques HCT (SGS) suggère que :
 - L'essai cinétique confirme que le matériel n'a pas de potentiel de génération d'acide, le pH se maintient entre 6,74 et 8,82 tout au long de l'essai.
 - Aucun élément n'a dépassé le critère à l'effluent (MDDEP, 2012).
 - Aucun élément n'a dépassé les critères de résurgence dans les eaux de surface (MDDELCC, 2016).
- › Les essais en colonne réalisés à l'URSTM¹⁴ montrent que :
 - Le matériel est classifié non générateur d'acide : le pH est resté au-dessus du critère à l'effluent tout au long de l'essai, variant de 7,32 à 8,22, et ne démontre aucune tendance vers une acidification à long terme (démarche Ca+Mg+Mn¹⁵).
 - Aucun élément n'a dépassé le critère à l'effluent (MDDEP, 2012).
 - À titre indicatif, en comparaison des critères de résurgence dans les eaux de surface (MDDELCC, 2016), les éléments à valider ou surveiller sont le mercure et le zinc.

Plan de réaménagement et de restauration pour le site du projet minier Matawinie		Original Version 00
24/10/2019	654068-6200-4EER-0001	Rapport technique
		2-24

Paragneiss graphitique :

Le paragneiss graphitique (minerai et stérile minier) montre les caractéristiques géochimiques suivantes:

- › Une teneur élevée en sulfures avec une prédominance de pyrrhotite sur la pyrite et une quantité mineure à modérée de minéraux carbonatés neutralisants. Les résultats de l’essai sur le potentiel de génération d’acide suggèrent que ce matériau est PGA.
- › Ce matériau n’est pas considéré “à risques élevés” en fonction des critères de la Directive 019 (MDDEP, 2012) dans les résultats de l’essai TCLP ou tout autre résultat des essais statiques ou cinétiques.
- › Ce matériau est lixiviable pour le cuivre et le zinc selon les résultats des essais de lixiviation TCLP (c.-à-d. 75^{ième} percentile au-dessus des critères de résurgence de l’eau souterraine (MDDELCC, 2016)) et non-lixiviable selon les essais CTEU-9 et SPLP (c.-à-d. 75^{ième} percentile au-dessus des critères de résurgence de l’eau souterraine (MDDELCC, 2016)).
- › Le potentiel d’acidification de lixiviation déterminé à partir des essais cinétiques HCT (SGS) suggère que :
 - Un temps de latence probable avant l’apparition de drainage acide sur le terrain (< pH 5) qui a été estimé entre 4,1 et 12 ans si aucune action n’est entreprise pour éviter l’oxydation des stériles.
 - Aucun élément n’a dépassé le critère à l’effluent (MDDEP, 2012).
 - Aucun élément n’a dépassé les critères de résurgence dans les eaux de surface (MDDELCC, 2016).
- › Les essais en colonne réalisés à l’URSTM¹⁴ montrent que :
 - Le matériel est PGA à long terme (pH en deçà du critère à l’effluent pendant l’essai).
 - À titre indicatif, en comparaison des critères à l’effluent (Directive 019), les éléments à surveiller sont l’acidité, le fer, le nickel et le zinc.
 - À titre indicatif, en comparaison des critères de résurgence dans les eaux de surface (MDDELCC, 2016), les éléments à valider ou surveiller sont le manganèse, le nickel et le zinc.

Résidus miniers

Le Tableau 2 9 présente le nombre d’échantillons de résidus miniers qui ont été soumis aux différents essais de caractérisation géochimique selon la proportion volumique des résidus miniers qui seront produits dans le cadre des opérations d’exploitation du gisement.

Les résultats ci-après et les comparaisons aux critères (MDDEP, 2012; MDDELCC, 2016) sont présentés au niveau du 75^{ième} percentile sauf pour la classification de résidus miniers à risque élevé ou lixiviables où la comparaison est faite selon la valeur minimum, le 25^{ème} percentile, la moyenne, le 75^{ème} percentile et le maximum. Tous les détails et valeurs (maximum, minimum, moyenne) sont disponibles dans le rapport de caractérisation géochimique à l’Annexe C.

Plan de réaménagement et de restauration pour le site du projet minier Matawinie		Original Version 00
24/10/2019	654068-6200-4EER-0001	Rapport technique
		2-25

Tableau 2.9 : Proportion volumique des résidus et nombre d'échantillons analysés par type d'analyse

Résidus	Proportion volumique (%)	Nombre d'échantillons Potentiel de génération d'acide	Nombre d'échantillons Teneur en métaux (M.A.200 – Mét. 1.2)	Nombre d'échantillons Essai de lixiviation TCLP	Nombre d'échantillons Essai de lixiviation SPLP	Nombre d'échantillons Essai de lixiviation CTEU-9
Résidus non-désulfurés	-	1	1	1	1	1
Résidus désulfurés	81	3	3	3	3	2
Résidus concentrés en sulfures PGA	19	3	3	3	3	2

Les résidus non-désulfurés¹⁶ ont les paramètres géochimiques clés suivants:

- › Une teneur élevée en sulfures avec une prédominance de la pyrrhotite sur la pyrite et une quantité mineure de minéraux carbonatés neutralisants. Les résultats de l'essai sur le potentiel de génération d'acide suggèrent que ce matériau est PGA.
- › Ce matériau n'est pas considéré "à risques élevés" en fonction des critères de la Directive 019 (MDDEP, 2012) dans les résultats de l'essai TCLP ou tout autre résultat des essais statiques ou cinétiques.
- › Ce matériau est lixiviable pour l'argent, le cadmium et le zinc selon les résultats des essais de lixiviation TCLP, et non-lixiviable selon les résultats des essais SPLP et CTEU-9 (c.-à-d. 75ième percentile au-dessus des critères de résurgence de l'eau souterraine (MDELCC, 2016)).

Les résidus concentrés en sulfures ont les paramètres géochimiques clés suivants :

- › Une teneur élevée en sulfures avec une prédominance de la pyrrhotite sur la pyrite et une faible quantité de minéraux carbonatés neutralisants comme la calcite et la dolomite. Les résultats de l'essai sur le potentiel de génération d'acide suggèrent que ce matériau est PGA.
- › Ce matériau n'est pas considéré "à risques élevés" en fonction des critères de la Directive 019 (MDDEP, 2012) dans les résultats de l'essai TCLP (aucune concentration maximale ne dépasse les critères). De plus, aucune concentration maximale n'a dépassé les critères pour tous les autres essais de lixiviation statique ou cinétique, incluant les essais en colonne (URSTM) qui représente une cinétique d'oxydation du sulfure plus rapide que celle des essais en colonne standardisés (ASTM D5744). L'essai statique Modified Acid-Base Accounting (MABA), qui représente la masse cumulative lors de l'oxydation complète

¹⁶ Ce type de résidus miniers n'est pas envisagé pour l'exploitation, 100% des résidus miniers seront désulfurés.

Plan de réaménagement et de restauration pour le site du projet minier Matawinie		Original Version 00
24/10/2019	654068-6200-4EER-0001	Rapport technique
		2-26

du contenu en sulfures, ne classe pas ce matériau comme étant à « risques élevés » selon les critères de la Directive 019.

- › Ce matériau est lixiviable pour le cadmium, nickel, le zinc et le manganèse selon les résultats des essais de lixiviation CTEU-9, cadmium, nickel et zinc selon l'essai TCLP et non-lixiviable selon les essais de lixiviation SPLP (c.-à-d. 75ième percentile au-dessus des critères de résurgence de l'eau souterraine (MDDELCC, 2016)).
- › Le potentiel d'acidification ou de lixiviation selon les tests cinétiques HCT (SGS) suggère ce qui suit :
 - Temps de latence avant l'apparition de drainage acide sur le terrain (pH inférieur à 5) est estimé entre 12 et 28 semaines.
 - Les éléments à surveiller comprennent l'acidité, le fer et le nickel comparativement aux critères à l'effluent de la Directive 019.
 - En comparaison des critères de résurgence des eaux souterraines dans les eaux de surface (MDDELCC, 2016), les éléments à valider ou surveiller sont le cadmium, le cobalt, le nickel et le zinc.
- › Les essais en colonne réalisés à l'URSTM montrent que :
 - Les résidus sont PGA tout au long de l'essai.
 - À titre indicatif, en fonction des critères à l'effluent (Directive 019; MDDEP, 2012), les éléments à valider ou à surveiller sont l'acidité, le cuivre, le fer, le plomb, le nickel et le zinc.
 - À titre indicatif, en comparaison des critères de résurgence dans les eaux de surface (MDDELCC, 2016), les éléments à valider ou surveiller sont le manganèse, le nickel, le cuivre, le plomb, le zinc, l'argent et le mercure.

Les résidus désulfurés présentent les caractéristiques géochimiques suivantes :

- › Faible teneur en sulfures avec une prédominance de la pyrrhotite sur la pyrite (faible contenu en soufre - %S : 0,101 à 0,162) et des fractions modérées de minéraux carbonatés neutralisants. L'essai statique du bilan acide-base suggère que le matériau est non PGA.
- › Aucun élément n'a rapporté, au niveau du 75ième percentile, de concentration au-dessus de la limite maximale acceptable pour des terrains industriels (Colonne C) (MDDELCC, 2016).
- › Le matériau n'est pas « à risques élevés » selon les critères de la Directive 019 (MDDEP, 2012) pour les résultats des essais TCLP ou tout autre résultat d'essais de lixiviation statiques ou cinétiques.
- › Ce matériau est lixiviable pour le cuivre selon les résultats des essais de lixiviation TCLP, et non-lixiviable selon les essais de lixiviation SPLP et CTEU-9 (c.-à-d. 75ième percentile au-dessus des critères de résurgence dans les eaux de surface (MDDELCC, 2016)).

Plan de réaménagement et de restauration pour le site du projet minier Matawinie		Original Version 00
24/10/2019	654068-6200-4EER-0001	Rapport technique
		2-27

- › Le potentiel d’acidification et de lixiviation déterminé à partir des essais cinétiques en cellules humides (SGS) suggère que :
 - Le matériel est classifié non générateur acide: le pH est resté au-dessus du critère à l’effluent tout au long de l’essai, variant de 7,13 à 7,95 pour l’échantillon du projet commercial et de 7,08 à 8,06 pour l’échantillon du projet DEMO.
 - Aucun élément n’a dépassé le critère à l’effluent (MDDEP, 2012).
 - Aucun élément n’a dépassé les critères de résurgence dans les eaux de surface (MDDELCC, 2016).
- › Les essais en colonne réalisés à l’URSTM¹⁷ montrent que :
 - Le matériel est classifié non générateur acide : le pH est resté au-dessus du critère à l’effluent tout au long de l’essai, variant de 7,43 à 8,18.
 - À titre indicatif, en comparaison des critères à l’effluent (MDDEP, 2012), l’élément à valider ou surveiller est le zinc.
 - À titre indicatif, en comparaison des critères de résurgence dans les eaux de surface (MDDELCC, 2016), l’élément à valider ou surveiller sont le cuivre et le zinc.

Le mort-terrain possède les caractéristiques géochimiques clés suivantes :

- › Faible teneur en sulfure. L’essai statique du bilan acide-base suggère que le matériau est non PGA.
- › Aucun élément n’a rapporté, au niveau du 75^{ième} percentile, de concentration au-dessus de la limite maximale acceptable pour des terrains industriels (Colonne C) (MDDELCC, 2016).
- › Le matériau n’est pas « à risques élevés » selon les critères de la Directive 019 (MDDEP, 2012) pour les essais TCLP ou tout autre résultat des essais de lixiviation statiques ou cinétiques.
- › Ce matériau est lixiviable pour le baryum, le cuivre et le zinc selon les résultats des essais de lixiviation TCLP, lixiviable en cuivre selon les résultats de l’essai CTEU-9 et non lixiviable selon les résultats de l’essai SPLP (c.-à-d. 75^{ième} percentile au-dessus des critères de résurgence de l’eau souterraine (MDDELCC, 2016)).

Les dépassements observés ou éléments à surveiller sont présentés à titre indicatif seulement relativement aux différents critères, et représentent le potentiel de lixiviation de métaux ou d’acidification selon des conditions spécifiques propres à chacun des essais réalisés et non un dépassement réel. Les résultats indiquent donc les paramètres à surveiller et doivent être mis en contexte. Ces résultats ont servi de critères de conception pour l’ingénierie relative à la gestion des résidus et des stériles miniers afin de mitiger et éviter la lixiviation ou l’acidification des résidus ou stériles miniers et pour la conception du système de traitement des eaux.

Un résumé des résultats du potentiel de génération d’acide est montré au Tableau 2 10, alors que leur potentiel de lixiviation est illustré au Tableau 2 11. Les résultats détaillés de la campagne de géochimie sont présentés à l’Annexe C.

¹⁷ Les résultats des essais en colonne sur les résidus miniers ne concordent pas tous avec les résultats des essais statiques, des essais cinétiques standardisé (HCT) ou aux essais statiques et de lixiviation. Une mise à l’échelle spécifique au site est requise pour l’interprétation des résultats. De plus, une cellule expérimentale sera réalisée dans le cadre d’un projet de recherche en partenariat avec l’UQAT sur le terrain et de l’ingénierie détaillée permettra de compléter l’interprétation des résultats. Il sera aussi requis de valider les méthodes de manipulation, de représentativité et d’analyses des résultats.

Plan de réaménagement et de restauration pour le site du projet minier Matawinie		Original Version 00
24/10/2019	654068-6200-4EER-0001	Rapport technique
		2-28

Tableau 2.10 : Résumé des analyses de potentiel de génération d'acidité

Type de matériaux	Essais statiques (concentration des espèces génératrices d'acide et des espèces neutralisantes)		Essais cinétiques en cellules humides (analyses de la qualité des lixiviats)		Essais cinétiques en colonnes (analyses de la qualité des lixiviats)	
	Résultats %S Min – Max %S Moyen	Potentiel de génération d'acidité	Résultats	Potentiel de génération d'acidité	Résultats	Potentiel de génération d'acidité
Paragneiss mixte	Important contenu en soufre -% S : 0,01 à 2,34 Moyenne %S : 0,95 Fraction modérée de carbonates	NGA : 10% de la lithologie PGA : 90% de la lithologie	pH > 6 tout au long de l'essai	NGA	pH > 6 tout au long de l'essai	NGA
Paragneiss graphitique	Important contenu en soufre -%S : 2,13 à 3,97 Moyenne %S : 3,23 Fraction mineure de carbonates	PGA	pH > 6 tout au long de l'essai	NGA	pH < 6 150 jours après le début de l'essai	PGA
Paragneiss à biotite	Faible contenu en sulfures - %S : 0,01 à 0,48 Moyenne %S : 0,08 Fractions importantes de silicates	NGA : 92% de la lithologie PGA : 8% de la lithologie	pH > 6 tout au long de l'essai	NGA	pH > 6 tout au long de l'essai	NGA
Méta-gabbro	Contenu modéré en soufre - %S : 0,17 à 3,57 Moyenne %S : 0,64 Fractions importantes de silicates	NGA : 60% de la lithologie PGA : 40% de la lithologie	pH > 6 tout au long de l'essai	NGA	pH > 6 tout au long de l'essai	NGA

Plan de réaménagement et de restauration pour le site du projet minier Matawinie		Original Version 00
24/10/2019	654068-6200-4EER-0001	Rapport technique
		2-29



Type de matériaux	Essais statiques (concentration des espèces génératrices d'acide et des espèces neutralisantes)		Essais cinétiques en cellules humides (analyses de la qualité des lixiviats)		Essais cinétiques en colonnes (analyses de la qualité des lixiviats)	
	Résultats %S Min – Max	Potentiel de génération d'acidité	Résultats	Potentiel de génération d'acidité	Résultats	Potentiel de génération d'acidité
Charnockite	Contenu faible à modéré en soufre -% S : 0 à 0,25 Moyenne %S : 0,08 Fractions importantes de silicates	NGA	pH > 6 tout au long de l'essai	NGA	pH > 6 tout au long de l'essai	NGA
Résidus sulfurés PGA	Important contenu en soufre -%S : 17,00 à 19,70 Moyenne %S : 18,30 Fraction mineure de carbonates	PGA	pH > 6 aux rinçages 0, 2 et 4 pH < 6 dans les autres rinçages	PGA	pH < 6 tout au long de l'essai	PGA
Résidus désulfurés	Faible contenu en soufre - %S : 0,101 à 0,162 Moyenne %S : 0,13 Fractions modérées de silicates	NGA	pH > 6 tout au long de l'essai	NGA	pH > 6 tout au long de l'essai	NGA
Résidus non désulfurés	Important contenu en soufre -%S : 3,56 Fraction mineure de carbonates	PGA	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.

Plan de réaménagement et de restauration pour le site du projet minier Matawinie		Original Version 00
24/10/2019	654068-6200-4EER-0001	Rapport technique
		2-30



Type de matériaux	Essais statiques (concentration des espèces génératrices d'acide et des espèces neutralisantes)		Essais cinétiques en cellules humides (analyses de la qualité des lixiviats)		Essais cinétiques en colonnes (analyses de la qualité des lixiviats)	
	Résultats %S Min – Max	Potentiel de génération d'acidité	Résultats	Potentiel de génération d'acidité	Résultats	Potentiel de génération d'acidité
Mort-terrain	Faible contenu en soufre -%S : 0 à 0,05 Moyenne %S : 0,02	NGA	N.D.		N.D.	

Tableau 2.11 : Résumé des résultats du potentiel de lixiviation

Type de matériaux	Caractérisation des matériaux		Essais cinétiques en cellules humides (analyses de la qualité des lixiviats) ¹⁸
	MA. 200 –Met. 1.2	TCLP, SPLP, CTEU-9	
Stériles			
Paragneiss mixte	Dépassement du critère C PPSRTC : Aucun élément	Dépassement du critère de RES de la PPSRTC : Aucun élément Dépassement des exigences au point de rejet de l’effluent final de la Directive 019 : Fe	Dépassement du critère de RES de la PPSRTC : Aucun élément Dépassement des exigences au point de rejet de l’effluent final de la Directive 019 : Aucun élément
Paragneiss graphitique - Minerai	Dépassement du critère C PPSRTC : Aucun élément	Dépassement du critère de RES de la PPSRTC : Cu et Zn Dépassement des exigences au point de rejet de l’effluent final de la Directive 019 : Fe	Dépassement du critère de RES de la PPSRTC : Aucun élément Dépassement des exigences au point de rejet de l’effluent final de la Directive 019 : Aucun élément
Paragneiss à biotite	Dépassement du critère C PPSRTC : Aucun élément	Dépassement du critère de RES de la PPSRTC : F- Dépassement des exigences au point de rejet de l’effluent final de la Directive 019 : Fe	Dépassement du critère de RES de la PPSRTC : Aucun élément Dépassement des exigences au point de rejet de l’effluent final de la Directive 019 : Aucun élément

¹⁸ Une mise à l’échelle avec les données du site minier est requise pour comparer ces résultats, les dépassements sont présentés à titre indicatif seulement.

Plan de réaménagement et de restauration pour le site du projet minier Matawinie		Original Version 00
24/10/2019	654068-6200-4EER-0001	Rapport technique
		2-32



Type de matériaux	Caractérisation des matériaux		Essais cinétiques en cellules humides (analyses de la qualité des lixiviats) ¹⁸
	MA. 200 –Met. 1.2	TCLP, SPLP, CTEU-9	
Méta-gabbro	Dépassement du critère C PPSRTC : Aucun élément	Dépassement du critère de RES de la PPSRTC : Aucun élément Dépassement des exigences au point de rejet de l’effluent final de la Directive 019 : Fe	Dépassement du critère de RES de la PPSRTC : Aucun élément Dépassement des exigences au point de rejet de l’effluent final de la Directive 019 : Aucun élément
Charnokite	Dépassement du critère C PPSRTC : Aucun élément	Dépassement du critère de RES de la PPSRTC : Mn, F- Dépassement des exigences au point de rejet de l’effluent final de la Directive 019 : Fe	Dépassement du critère de RES de la PPSRTC : Aucun élément Dépassement des exigences au point de rejet de l’effluent final de la Directive 019 : Aucun élément
Résidus			
Résidus sulfurés PGA	Dépassement du critère C PPSRTC : Ni	Dépassement du critère de RES de la PPSRTC : Cd, Mn, Ni et Zn Dépassement des exigences au point de rejet de l’effluent final de la Directive 019 : Ni et Fe	Dépassement du critère de RES de la PPSRTC : Cd, Co, Ni et Zn Dépassement des exigences au point de rejet de l’effluent final de la Directive 019 : pH, Ni et Fe
Résidus désulfurés	Dépassement du critère C PPSRTC : Aucun élément	Dépassement du critère de RES de la PPSRTC : Cu Dépassement des exigences au point de rejet de l’effluent final de la Directive 019 : Fe	Dépassement du critère de RES de la PPSRTC : Aucun élément Dépassement des exigences au point de rejet de l’effluent final de la Directive 019 : Aucun élément

Plan de réaménagement et de restauration pour le site du projet minier Matawinie		Original Version 00
24/10/2019	654068-6200-4EER-0001	Rapport technique
		2-33



Type de matériaux	Caractérisation des matériaux		Essais cinétiques en cellules humides (analyses de la qualité des lixiviats) ¹⁸
	MA. 200 –Met. 1.2	TCLP, SPLP, CTEU-9	
Résidus non désulfurés	Dépassement du critère C PPSRTC : Aucun élément	Dépassement du critère de RES de la PPSRTC : Ag, Cd et Zn Dépassement des exigences au point de rejet de l’effluent final de la Directive 019 : Fe	N.D.
Mort-terrain			
Mort-terrain	Dépassement du critère C PPSRTC : Aucun élément	Dépassement du critère de RES de la PPSRTC : Ba, Cu et Zn Dépassement des exigences au point de rejet de l’effluent final de la Directive 019 : Fe	N.D.

Plan de réaménagement et de restauration pour le site du projet minier Matawinie		Original Version 00
24/10/2019	654068-6200-4EER-0001	Rapport technique
		2-34

2.4.5.2 Potentiel d'auto-échauffement

Des essais pour déterminer le potentiel exothermique (*self-heating* ou auto-combustion) des résidus miniers PGA, désulfurés et sans désulfuration ont été réalisés en laboratoire. Le rapport de BBA est présenté à l'Annexe 4-3 de l'Étude d'impact environnemental et social (EIES) (SNC-Lavalin, 2019b). En résumé, ces essais démontrent:

- › Le résidu désulfuré n'a montré aucun potentiel d'auto-échauffement.
- › L'essai *selfheating* a été réalisé sur plusieurs échantillons de résidus PGA avec des teneurs en eau de 6%, 10%, 14% et 18% et sur les résidus miniers non désulfurés.
 - Les essais sur les résidus miniers PGA à des teneurs en eau de 6% à 14% ont montré des résultats qui placent ce matériau dans la catégorie 5 « action de prévention recommandée » et celui sur le même matériau à 18% dans la catégorie 3 « ne pas exposer à une source de chaleur élevée » (Rosenblum et al., 2017).
 - Pour les résidus miniers non désulfurés, l'échantillon à 12% d'humidité ne montre aucun potentiel d'auto-échauffement.

Ainsi, les résidus PGA qui seront produits à l'usine de désulfuration ont un potentiel d'auto-échauffement qui diffère selon leur pourcentage d'humidité. Les conditions de production et d'entreposage de ce matériau sont conçues pour réduire au maximum la possibilité de réaction exothermique des résidus miniers PGA. De plus le risque d'auto-échauffement des résidus miniers PGA sera géré par leur mode d'entreposage et de disposition sur le site, tel que présenté à la section 4.5.

Pour les résidus miniers PGA, il est improbable que la réaction d'auto-échauffement se produise sur le terrain selon les conditions simulées dans l'essai en laboratoire. Une masse d'air et de chaleur importante seraient cependant nécessaires pour amorcer la réaction et l'amener à un certain niveau, ce qui n'est pas possible par diffusion seulement (mode d'apport de l'oxygène dans les résidus miniers). Le mode de disposition en cellule minimisera l'apport d'air aux résidus PGA.

2.5 Historique du site visé par le plan de restauration

L'interprétation des photos aériennes montre que le site est entièrement boisé depuis au moins 1965. Les seuls travaux d'exploitation connus sont associés à l'exploitation forestière. Le potentiel minéral de ce secteur n'a jamais été exploité. Les travaux archivés correspondent uniquement à des campagnes de cartographie géologique réalisées par le MERN et la Commission géologique du Canada (CGC) dans les années 1960. Des travaux d'exploration minière ont été réalisés à une échelle plus régionale en 1966, mais n'ont pas été spécifiquement réalisés sur le gisement associé au bloc Tony autre que les travaux effectués par NMG (MC-DRA, 2018).

NMG a pris connaissance de la présence d'affleurements rocheux riches en graphite (ou « indice minéralisé») dans le secteur de la Haute Matawinie pour la première fois à l'été 2012. Durant l'année 2013, des campagnes de rainurage et de forage ont notamment eu lieu dans le secteur du Lac Cousineau/Lac Villiers, à environ 37 km au nord de la communauté de Saint-Michel-des-Saints. La société n'a pas poursuivi de travaux d'exploration dans ce secteur dû au faible volume de graphite que suggéraient les résultats.

Sur la base d'un levé électromagnétique hélicopté réalisé en septembre 2013 sur une superficie de plus de 2 100 km², NMG a acquis en février 2014 une option d'achat sur des blocs de claims dans la région, incluant les claims formant le bloc Tony dans le but de procéder à des travaux d'exploration plus poussés au sol.

Plan de réaménagement et de restauration pour le site du projet minier Matawinie		Original Version 00
24/10/2019	654068-6200-4EER-0001	Rapport technique
		2-35

Ces travaux ont inclus: la prospection du terrain, des levés géophysiques terrestres et aéroportés, l'excavation de tranchées ainsi que le prélèvement d'échantillons par rainurage en vue de procéder à des analyses chimiques et métallurgiques. Les travaux au sol de 2014 ont permis d'identifier le bloc Tony comme étant celui qui présentait le meilleur potentiel minéral. À partir de 2015, les travaux de NMG dans le secteur de la Haute Matawinie ont donc été concentrés sur le bloc de claims Tony.

Entre juin 2014 et juillet 2015, les travaux de prospection ont permis d'évaluer une concentration en graphite considérable (plus de 5% Cg) dans plusieurs échantillons prélevés sur les affleurements conducteurs du bloc Tony. En avril 2014 et en mai 2015, des levés géophysiques aéroportés détaillés ont été exécutés. Entre juillet 2014 et juillet 2017, les levés géophysiques terrestres ont permis de localiser les tranchées à excaver et d'optimiser la position des forages exploratoires. L'excavation de tranchées (12 au total) a pris place entre juillet 2014 et novembre 2016 et a permis d'évaluer la taille de la zone potentiellement minéralisée ainsi que de mesurer la concentration en graphite de différents échantillons sur le terrain.

Entre juin 2015 et janvier 2018, trois (3) campagnes d'exploration totalisant 123 forages ont été réalisées pour une longueur totale de 19,78 km. Ces campagnes avaient comme principal objectif d'évaluer des ressources minérales se trouvant dans les zones minéralisées du bloc Tony en utilisant les standards, définitions et lignes directrices de L'Institut canadien des mines, de la métallurgie et du pétrole (ICM) concernant les ressources et les réserves minérales. Les campagnes des années 2016 et 2018 ciblaient plus principalement la zone Ouest ayant démontré le meilleur potentiel économique.

2.6 Autorisations diverses

Tous les permis requis pour procéder aux travaux d'exploration ont été obtenus. Outre les permis d'intervention délivrés par le Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs (MFFP), deux certificats d'autorisation ont été obtenus du Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les Changements Climatiques (MELCC) pour l'usine de démonstration. Finalement, les permis usuels d'autorisation d'emplacement des haldes à stériles et à résidus miniers et d'utilisation du territoire public ont été obtenus du MERN. Les diverses attestations ont été émises par la municipalité de Saint-Michel-des-Saints. Le Tableau 2.12 présente les permis, autorisations et attestations ainsi que les organismes auprès desquels elles ont été demandées au niveau provincial et municipal.

Tableau 2.12 : Permis et autorisations émis dans le cadre du projet minier Matawinie (bloc Tony)

Objet	Autorité émettrice	N° de référence	Date d'octroi	Échéance
Attestation de conformité aux règlements municipaux	Municipalité*	s.o.	2015-04-23	s.o.
Autorisation d'aménagement d'accès	MERN	68216200000	2015-06-12	2016-06-12
Permis d'intervention Activités minières	MFFP	3017317	2015-06-15	2016-03-31
Attestation de conformité aux règlements municipaux	Municipalité*	s.o.	2015-07-13	s.o.
Autorisation d'aménagement d'accès	MERN	68219100000	2015-08-10	2016-08-10
Permis d'intervention Activités minières	MFFP	3017760	2015-08-21	2016-03-31
Attestation de conformité aux règlements municipaux	Municipalité*	s.o.	2016-06-10	s.o.
Permis d'intervention Activités minières	MFFP	3019212	2016-06-28	2017-03-31
Attestation de conformité aux règlements municipaux	Municipalité*	s.o.	2017-05-09	s.o.
Permis d'intervention Activités minières	MFFP	3020919	2017-05-19	2018-03-31

Plan de réaménagement et de restauration pour le site du projet minier Matawinie		Original Version 00
24/10/2019	654068-6200-4EER-0001	Rapport technique
		2-36

Objet	Autorité émettrice	N° de référence	Date d'octroi	Échéance
Attestation de conformité aux règlements municipaux	Municipalité*	s.o.	2017-07-07	s.o.
Permis d'intervention Activités minières	MFFP	3021342	2017-07-17	31/03/2018
Attestation de conformité aux règlements municipaux	Municipalité*	s.o.	2017-09-08	s.o.
Attestation de conformité aux règlements municipaux	Municipalité*	s.o.	2017-10-04	s.o.
Permis d'intervention Activités minières	MFFP	3021967	2017-10-20	2018-03-31
Approbation du plan de restauration	MERN	8341-0316	2017-10-20	s.o.
Attestation de conformité aux règlements municipaux	Municipalité*	s.o.	2017-10-23	s.o.
Permis d'intervention Activités minières	MFFP	3021999	2017-10-26	2018-03-31
Certificat d'autorisation (CA)	MELCC	7610-14-01-05653-10-4011613748	2017-10-30	s.o.
Permis d'intervention Activités minières	MFFP	3022034	2017-11-02	2018-03-31
Attestation de conformité aux règlements municipaux	Municipalité*	s.o.	2017-11-21	s.o.
Permis d'intervention Activités minières	MFFP	3022272	2018-01-18	2018-03-31
Modification CA	MELCC	s.o.	2018-01-19	s.o.
Permis d'intervention Activités minières	MFFP	3022400	2018-03-15	2018-03-31
Approbation du plan de restauration	MERN	s.o.	2018-04-27	s.o.
Requête d'échantillonnage en vrac	MERN	s.o.	2018-05-01	2020-05-01
Approbation d'emplacement destiné à recevoir des résidus miniers	MERN	s.o.	2018-05-01	s.o.
Autorisation	MELCC	7610-14-01-05653-11-401640198	2018-07-13	s.o.
Autorisation installation de 2 dépoussiéreurs	MELCC	7610-14-01-05653-11-401640211	2018-07-13	s.o.
Permis d'intervention Activités minières	MFFP	3023236	2018-07-16	2019-03-31
Bail Site projet démo	MERN	39418914	2018-07-16	s.o.
Bail Parc à résidus	MERN	27817914	2018-07-16	s.o.
Modification d'autorisation	MELCC	7610-14-01-05653-11-401736380	2018-11-13	s.o.
Autorisation Installation d'un système de traitement des eaux	MELCC	7610-14-01-05653-11-401683469	2018-11-16	s.o.
Attestation de conformité aux règlements municipaux	Municipalité*	s.o.	2019-05-17	s.o.
Permis d'intervention Activités minières	MFFP	3024527 V2	2019-05-31	2020-03-31
Attestation de conformité aux règlements municipaux	Municipalité*	s.o.	2019-06-27	s.o.
Permis d'intervention Activités minières	MFFP	3024527 V3	2019-07-11	2020-03-31
Attestation de conformité aux règlements municipaux	Municipalité*	s.o.	2019-09-17	s.o.
Permis d'intervention Activités minières	MFFP	3024527 V4	2019-10-18	2020-03-31

* Municipalité de Saint-Michel-des-Saints

Plan de réaménagement et de restauration pour le site du projet minier Matawinie		Original Version 00
24/10/2019	654068-6200-4EER-0001	Rapport technique
		2-37

2.7 Description du milieu

2.7.1 Climat

Les informations de la présente section sont tirées du rapport d'hydrologie de base du projet minier Matawinie (SNC-Lavalin, 2018a). La zone du projet est sous l'influence d'un climat continental tempéré. Les hivers sont longs et froids et les étés sont courts. Les précipitations sont modérées, sans saison sèche ou humide. Le mois le plus chaud est juillet (moyenne de 17,8 °C) et le mois le plus froid est janvier (moyenne de -14,0 °C). La température est supérieure au point de congélation environ 270 jours par année.

Les précipitations annuelles totales sont d'environ 940 mm, dont 78% sous forme de pluie et 22% sous forme de neige. La direction des vents dominants est d'ouest de septembre à avril et sud-ouest de mai à août.

Les séries de données météorologiques proviennent des stations météorologiques d'Environnement Canada les plus proches du site du projet Matawinie. Les caractéristiques de ces stations sont présentées dans le Tableau 2.13. Les données de température mensuelles moyennes représentatives du site Matawinie sont présentées dans le Tableau 2.14.

Tableau 2.13 : Caractéristiques des stations météorologiques

Station		Latitude	Longitude	Altitude	Distance	Période
Numéro	Nom	Nord	Ouest	(m)	(km)	disponible
7077570	St-Michel des Saints	46°41'	73°55'	351	6	1966-2017
7077571	St-Michel des Saints	46°49'	73°05'	430	23	2009-2017
7017080	St-Come	46°17'	73°45'	244	42	1950-2017

Tableau 2.14 : Moyenne des températures mensuelles

Mois	Température (°C)
Janvier	-13.8
Février	-12.0
Mars	-5.4
Avril	3.0
Mai	10.3
Juin	15.4
Juillet	17.7
Août	16.4
Septembre	11.8
Octobre	5.2
Novembre	-1.9
Décembre	-10.1
Année	3.0

Plan de réaménagement et de restauration pour le site du projet minier Matawinie		Original Version 00
24/10/2019	654068-6200-4EER-0001	Rapport technique
		2-38

2.7.2 Topographie

Le paysage de la partie nord de la région de Lanaudière a été façonné au fil du temps par des épisodes de glaciations et les mouvements de la croûte terrestre, il y a plusieurs millions d'années. Le paysage est dominé par la présence de la chaîne de montagne des Laurentides, qui constitue de vieilles montagnes dont les sommets se sont adoucis ou érodés au fil du temps.

Les hautes collines dominent le paysage naturel de la zone d'étude, plus précisément les hautes collines du lac Sawin, du lac Saint-Servais et du lac Saint-Elphège. Les collines du lac Riopel au nord, dans le secteur de la rivière Matawin et les collines du lac de la Bouteille à l'est sont aussi présentes. L'altitude moyenne des collines de la zone d'étude varie de 400 à 740 mètres, avec une élévation minimale sur les rives du réservoir Taureau de 360 mètres.

Les dépôts meubles de la région sont d'âge quaternaire et sont composés majoritairement de till. Il s'agit de l'unité la plus abondante sur le territoire et elle repose en discordance sur le roc en formant une couverture d'épaisseur discontinue. L'épaisseur a tendance à augmenter dans les vallées et à diminuer sur les flancs et les sommets des collines. La Figure 2.5 présente la topographie ainsi que la carte des dépôts meubles dans le secteur du projet minier Matawinie.

2.7.3 Végétation et zones humides

Les habitats forestiers ont été caractérisés sur le terrain par SNC-Lavalin en juillet 2016 (SNC-Lavalin, 2017a). Les peuplements de feuillus sont les plus répandus dans la zone d'étude et couvrent une zone de 1 824,3 ha. Les principales communautés végétales sont les peuplements de bouleau blanc et d'érable à sucre. Les peuplements mixtes couvrent une superficie de 831,6 ha et sont principalement représentés par le sapin baumier et le bouleau blanc. Les peuplements de conifères sont rares dans la zone d'étude (227,4 ha) et sont presque exclusivement représentés par des peuplements de sapin baumier.

Les milieux humides ont été caractérisés par SNC-Lavalin du 19 juillet au 11 août 2016. Une nouvelle caractérisation a été réalisée à l'automne 2018 afin de documenter les milieux humides le long de la nouvelle route d'accès. Les zones humides comprennent des marécages, des marais, des tourbières et des eaux peu profondes. Ces zones représentent une superficie de 456,9 ha dans la zone d'étude. Les zones humides les plus abondantes sont les marécages arbustifs riverains (204,6 ha) et les marais boisés (102,2 ha). On retrouve aussi des tourbières (80,6 ha) et des marais (56,3 ha).

Plan de réaménagement et de restauration pour le site du projet minier Matawinie		Original Version 00
24/10/2019	654068-6200-4EER-0001	Rapport technique
		2-39

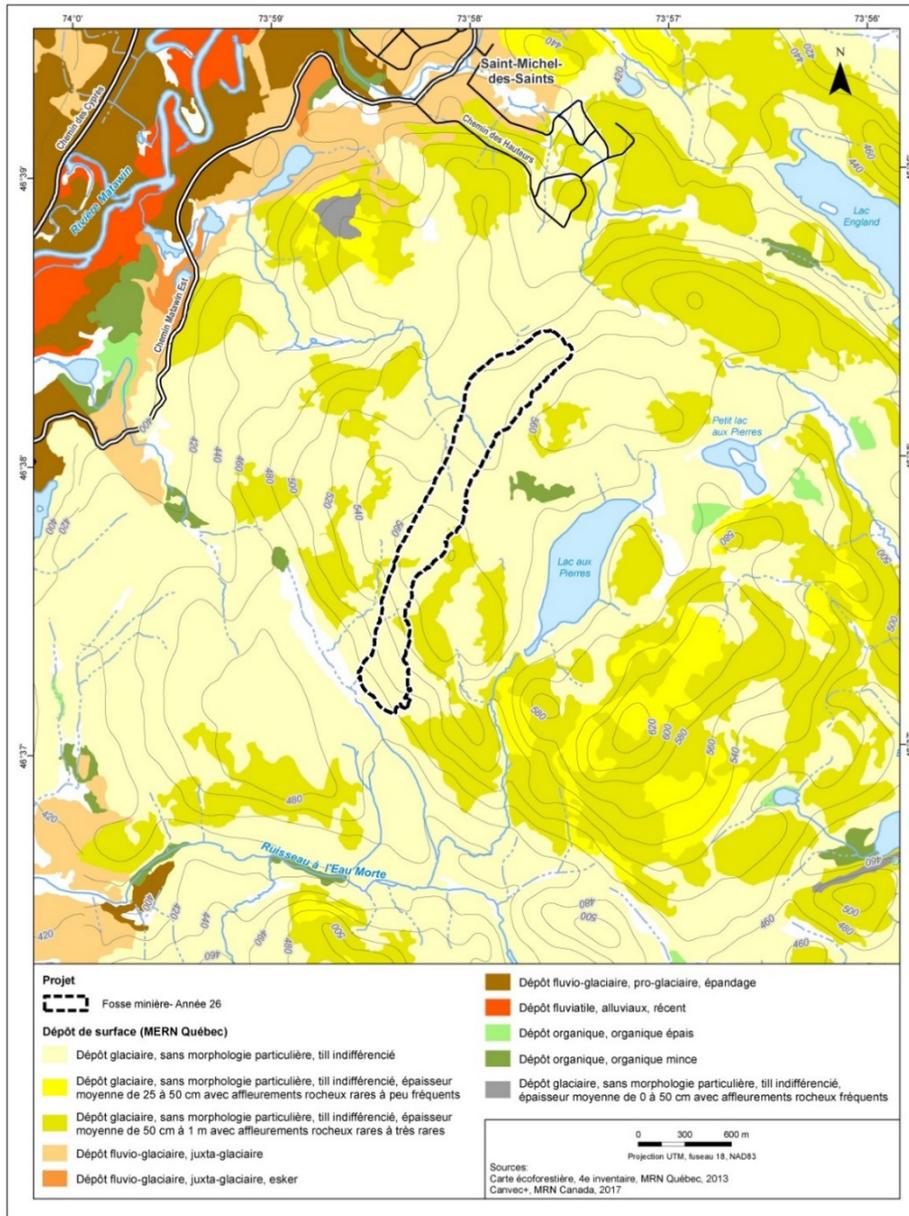


Figure 2.5 : Topographie et dépôts meubles du secteur du projet minier Matawinie

Plan de réaménagement et de restauration pour le site du projet minier Matawinie		Original Version 00
24/10/2019	654068-6200-4EER-0001	Rapport technique
		2-40

3.0 DESCRIPTION DU PROJET

3.1 Description des activités minières

3.1.1 Description des activités actuelles et futures

3.1.1.1 Phase de construction

La phase de construction correspond à l'aménagement des infrastructures nécessaires à l'opération de la mine. La durée estimée de la phase de construction est de 18 mois, ou de 22 mois incluant la construction de la route d'accès. Il y aura un (1) quart de travail par jour (sauf lors des périodes de pointe où des quarts pourraient être ajoutés ou l'horaire de travail prolongé) et il est estimé qu'en moyenne, 250 personnes travailleront par quart de travail, et ce chiffre pourrait atteindre jusqu'à un maximum de 465 personnes.

Les activités incluses dans cette phase sont :

- › la construction de la route d'accès au site ;
- › la construction des installations de la zone industrielle ;
- › l'aménagement des aires d'accumulation ;
- › la préparation ou l'amélioration des chemins du site ;
- › la mise en place du système de convoyage ;
- › les activités de pré-production à la fosse ;
- › la construction des infrastructures de gestion des eaux.

L'approvisionnement en électricité sera assuré par une ligne de 120 kV à partir du poste Provost situé à une dizaine de kilomètres au sud-est du gisement. NMG a la responsabilité de planifier et construire cette nouvelle ligne.

Pour l'accès au site, les tronçons non-existants de la route d'accès seront construits et les tronçons existants seront rénovés ou adaptés en fonction des besoins au niveau du transport.

L'aménagement de la zone industrielle et des aires d'accumulation nécessitera le dégagement et le nivellement du terrain prévu à cet effet pour atteindre l'élévation uniforme de 544 m. La zone industrielle aura une superficie de plus de 100 000 m².

La préparation des sites pour les aires d'accumulation inclut les activités suivantes :

- › Les sites de co-disposition nécessaires pour l'année 1 de l'exploitation commerciale seront déboisés selon la superficie nécessaire. Une bande supplémentaire d'une largeur de 10 à 30 m autour des sites sera aussi déboisée et permettra la construction des fossés.
- › La superficie des sites sera décapée pour une mise à niveau du site.
- › Une couche de 0,3 m de sable ou autre matériel équivalent (provenant du mort-terrain par exemple) sera mise en place après le décapage afin de permettre l'installation d'une géomembrane (de type PEHD de 1.5 mm) sur toute la superficie des sites.
- › Des chemins d'accès, de services et de transport minier seront construits à l'intérieur des sites pour faciliter le transport des stériles et résidus miniers durant la déposition. Ces chemins seront optimisés à la phase subséquente de l'ingénierie.

Plan de réaménagement et de restauration pour le site du projet minier Matawinie		Original Version 00
24/10/2019	654068-6200-4EER-0001	Rapport technique
3-1		

Il est prévu de réutiliser le système de collecte et de traitement des eaux de ruissellement acquis par NMG dans le cadre du projet de mise en valeur du bloc Tony (ou projet de démonstration ou « DEMO »), soit une usine physico-chimique, ainsi que les infrastructures déjà en place (bassins de collecte et bassins de sédimentation) pour la gestion des eaux durant la phase de construction. Ce système de traitement permet de traiter les métaux, le pH et les matières en suspension (MES). Advenant que les bassins de collecte ne soient pas accessibles pour certains des travaux de construction, des mesures supplémentaires seront mises en place (ex. des géotubes, bassins temporaires, etc.).

3.1.1.2 Estimation des ressources et des réserves minérales

Les ressources de la zone Ouest ont été estimées par SGS Canada Inc. – Geostat à partir de 104 forages et 4 491 échantillons. La ressource contrainte par la fosse de la zone Ouest comprend 95,8 millions de tonnes titrant 4,28% Cg de ressources indiquées et 14,0 millions de tonnes titrant 4,19% Cg de ressources présumées (en utilisant une teneur de coupure de 1,78% Cg).

L'estimation des réserves minérales de la zone Ouest du gisement du bloc Tony a été préparée par DRA et Met-Chem et a été réalisée conformément aux lignes directrices de l'ICM et aux règlements de la norme canadienne 43-101. Les réserves minérales correspondent aux ressources mesurées et indiquées qui ont été identifiées comme étant économiquement exploitables tout en incorporant les pertes minières et en considérant la dilution par les stériles minières. Après avoir considéré une dilution de 5% et les pertes minières, les réserves minérales probables au cours de la durée de vie de la mine totalisent 59,8 Mt à une teneur de 4,35% Cg avec un tonnage en graphite de 2,52 Mt en utilisant une teneur de coupure de 2,20% Cg. Le tonnage de graphite est basé sur une récupération moyenne de graphite de 94% et une pureté de concentré de 97%.

Les ressources et réserves minérales du gisement, en date du 10 juillet 2018, sont présentées au Tableau 3.1 ci-dessous.

L'estimation des réserves minérales prend aussi en compte la conception d'une fosse opérationnelle qui constituera la base du plan de production en fonction d'un horaire de production limité à 16 heures de travail par jour sur 5 jours par semaine. La durée de vie de la mine est évaluée à 26 ans. La phase d'exploitation correspond aux années de pré-production (année 0) jusqu'à la fin prévue de l'exploitation à l'année 26. Les années de production sont divisées en cinq (5) phases d'exploitation sur 26 ans. L'extraction commencera à la phase 1 à l'extrémité sud de la fosse et progressera vers le nord jusqu'à la phase 5.

Tableau 3.1 : Ressources et réserves minérales (MC-DRA, 2018)

Ressources minérales	Tonnage (Mt)	Teneur Cg (%)
Indiquées	95,8	4,28
Présumées	14,0	4,19
Réserves minérales	Tonnage (Mt)	Teneur Cg (%)
Probables	59,8	4,35

Plan de réaménagement et de restauration pour le site du projet minier Matawinie		Original Version 00
24/10/2019	654068-6200-4EER-0001	Rapport technique
		3-2

Le Tableau 3.2 indique les différents tonnages anticipés selon les différentes phases d'exploitation pour la durée de vie du projet minier (plan minier pour la vie de la mine ou *life-of-mine* « LOM »).

Tableau 3.2 : Plan minier (MC-DRA, 2018)

	Alimentation de l'usine	Cg in-situ	Cg dilué	Phase 1	Phase 2	Phase 3	Phase 4	Phase 5	Stériles	Mort-terrain
	kt	%	%	kt	kt	kt	kt	kt	kt	kt
Pré-prod (Année 0)	0	3,73	3,60	133	0	0	0	0	890	343
Année 1 - Q1	311	4,25	4,15	241	71	0	0	0	291	66
Année 1 - Q2	466	4,26	4,15	305	160	0	0	0	465	132
Année 1 - Q3	467	4,24	4,15	451	17	0	0	0	552	42
Année 1 - Q4	622	4,21	4,14	622	0	0	0	0	470	4
Année 2	2 483	4,22	4,14	2 317	166	0	0	0	2 500	126
Année 3	2 468	4,26	4,17	2 447	9	0	0	0	2 580	9
Année 4	2 461	4,25	4,17	1 435	989	0	0	0	2 019	485
Année 5	2 479	4,22	4,15	143	1 759	571	0	0	2 051	306
Année 6	2 481	4,22	4,15	0	1 522	941	0	0	2 155	144
Année 7	2 461	4,26	4,18	0	1 333	1 103	0	0	2 429	281
Année 8	2 358	4,42	4,36	0	1 892	429	0	0	2 275	295
Année 9	2 372	4,42	4,34	0	0	2 372	0	0	2 166	433
Année 10	2 485	4,24	4,15	0	0	2 485	0	0	2 616	0
Année 11	2 486	4,23	4,15	0	0	2 477	9	0	1 826	574
Année 12	2 439	4,32	4,24	0	0	2 283	155	0	1 401	1 101
Année 13	2 381	4,42	4,34	0	0	1 971	410	0	1 532	1 172
Année 14	2 481	4,23	4,15	0	0	859	1 622	0	2 250	761
Année 15	2 497	4,22	4,14	0	0	0	2 497	0	2 488	584
Année 16-20	11 939	4,38	4,32	0	0	0	5 612	6 327	10 363	6 365
Année 21-25	10 756	4,85	4,79	0	0	0	0	10 756	6 553	0
Année 26	964	5,29	5,25	0	0	0	0	964	91	0
Total	59 855	4,42	4,35	8 094	7 918	15 492	10 304	18 047	49 962	13 222

3.1.2 Nature des activités minières d'exploitation

3.1.2.1 Taux d'extraction et de traitement du minerai

La méthode d'extraction choisie pour le projet consiste en une mine à ciel ouvert avec une flotte entièrement électrique. La capacité de production annuelle de minerai sera d'environ 2 400 kt par année. Le concentrateur est conçu pour produire annuellement 100 000 tonnes de concentré de graphite de haute qualité. La capacité moyenne du concentrateur sur la durée de vie de la mine a été établie à un taux de 6 500 tonnes sèches par jour et à un débit nominal de 295 tonnes sèches de minerai par heure.

Le concentré de graphite sera dirigé vers les besoins du marché, vers les centres de distribution national et international.

Plan de réaménagement et de restauration pour le site du projet minier Matawinie		Original Version 00
24/10/2019	654068-6200-4EER-0001	Rapport technique
		3-3

3.1.2.2 Forage et dynamitage

L'extraction du minerai et des stériles se fera par dynamitage. Les explosifs utilisés dans le projet consistent en ceux de type émulsion en vrac à base de solutions de nitrate. Par rapport à ceux de type granulaire sous forme de solide, les émulsifs offrent une bonne résistance à la dissolution dans l'eau. Les explosifs d'émulsif seront chargés au trou de forage et se décomposeront lors d'un dynamitage. En moyenne sur la durée de vie de la mine, il y aura deux sautages d'environ 18 322 m³ chacun prévus à chaque semaine pour dynamiter le minerai et les stériles. La surface de chacun des sautages sera d'environ 3 025 m² (55 m × 55 m) en considérant un espacement de 3,90 m entre les charges et un diamètre de forage de 14 cm (5,5 po). Le minerai et les stériles seront exploités avec des bancs de six (6) m de haut. Le Tableau 3.3 donne l'altitude des bancs actifs en fonction du plan minier et des phases associées.

Tableau 3.3 : Banc actifs en fonction du plan minier

Année du plan minier	Phase(s) exploitée(s)	Bancs actifs (altitude en mètre)
Pré-production (Année 0)	Ph 1 / Ph 2	485-540 / 560-565
Année 1 quart-1	Ph 1 / Ph 2	505-515 / 560
Année 1 quart-2	Ph 1 / Ph 2	490-495 / 550-555
Année 1 quart-3	Ph 1	480-495
Année 1 quart-4	Ph 1	455-485
2	Ph 1 / Ph 2	415-490 / 535-555
3	Ph 1 / Ph 2	380-460 / 535-540
4	Ph 1 / Ph 2	355-420 / 525-565
5	Ph 1 / Ph 2 / Ph 3	320-350 / 505-535 / 545-570
6	Ph 2 / Ph 3	480-510 / 535-565
7	Ph 2 / Ph 3	460-495 / 525-560
8	Ph 2 / Ph 3	385-475 / 530-550
9	Ph 3	505-540
10	Ph 3	490-525
11	Ph 3 / Ph 4	480-505 / 535-540
12	Ph 3 / Ph 4	465-490 / 525-530
13	Ph 3 / Ph 4 / Ph 5	430-465 / 520-530 / 525-545
14	Ph 3 / Ph 4 / Ph 5	405-440 / 495-515 / 353-540
15	Ph 4 / Ph 5	460-500 / 530
20	Ph 4 / Ph 5	385-485 / 450-530
25	Ph 5	360-470
26	Ph 5	305-360

Le minerai brut (« run-of-mine ») et les stériles miniers rendus disponibles par le sautage seront chargés par une pelle mécanique dans les camions prévus à cet effet.

Plan de réaménagement et de restauration pour le site du projet minier Matawinie		Original Version 00
24/10/2019	654068-6200-4EER-0001	Rapport technique
		3-4

Le mort-terrain sera excavé et accumulé dans une halde à proximité de la fosse. Il sera utilisé pour la préparation du terrain, notamment sous la halde de co-disposition, ainsi qu'à la fin des activités d'exploitation, pour la restauration progressive et finale de la halde de co-disposition et pour la remise en état du site. On évalue le volume de mort-terrain à excaver à 13,2 Mt pour l'ensemble de la fosse minière associé au bloc Tony, ce qui couvre amplement les besoins pour la restauration du site.

L'utilisation d'équipements électriques pour les opérations de forage, de chargement et de transport minimisera les émissions de carbone sur la durée de vie de la mine. Cette décision est directement liée à la volonté de NMG de réduire l'impact environnemental du projet pour la communauté de Saint-Michel-des-Saints.

3.1.2.3 Concassage, entreposage et transport du minerai

Le minerai sera concassé sur deux concasseurs fixes (grizzlis statiques) disposés en parallèle. Le minerai est introduit dans deux (2) broyeurs de mâchoires C130 (ou équivalent) par l'intermédiaire de mangeoires de grizzli vibrantes. À la fin du concassage, le minerai sera acheminé sur un convoyeur et transporté à l'aire d'entreposage du minerai au site de l'usine dans un dôme. Le dôme a une capacité d'entreposage de trois (3) jours, en supposant 5 % d'humidité moyenne du minerai. Ce dôme sera non-isolé, de type Norseman et aura les dimensions suivantes : 42,6 m de large par 91,6 m de long par 22,5 m de haut.

Les stériles miniers seront acheminés directement vers le lieu de co-disposition en activité, soit la halde de co-disposition ou pour un retour dans la fosse. On évalue le volume de stériles miniers à 49,9 Mt pour l'ensemble de la fosse minière associé au bloc Tony.

3.1.2.4 Géométrie de la fosse

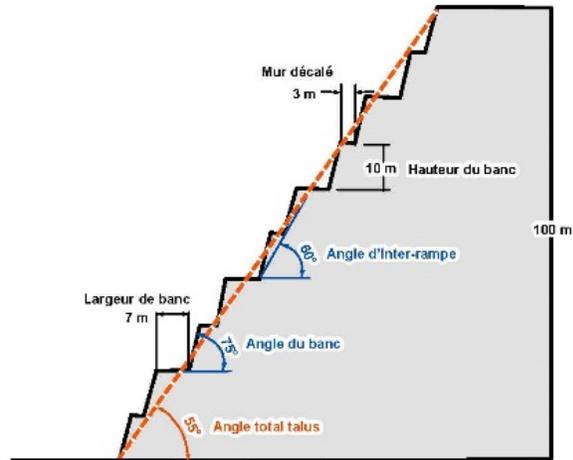
Les dimensions finales de la fosse seront approximativement de 2 600 m de longueur en surface (dans l'axe SSO-NNE) avec une largeur variant de 250 à 400 mètres (dans l'axe NNO-SSE) en surface pour une superficie approximative de 680 000 m² après 26 ans. Avec le remblaiement progressif de la fosse, à l'année 26 elle aura une superficie de 352 000 m² (1 250 m de longueur et environ 375 m à sa largeur maximale) encore ouverte où le niveau des eaux souterraines va remonter jusqu'à son niveau statique pour former un lac. La profondeur maximale de la fosse à partir de la surface sera d'environ 240 m.

La fosse sera exploitée en respectant le résultat des estimations des paramètres des pentes de la fosse faites par Journeaux et Kamal (2017), qui recommandent une pente générale de 55° pour la paroi ouest et une pente générale de 60° pour la paroi est. La configuration de la paroi ouest de la fosse a été conçue avec des bancs de 10 m de hauteur, un angle de banc de 75° et une largeur de 3 m; pour arriver à 55°, chaque deux (2) bancs auront 7 m de largeur. La paroi est de la fosse aura la même configuration de bancs que la paroi ouest, mais la largeur des bancs sera de 1,2 m et chaque deux (2) bancs auront 6,2 m de largeur. Les paramètres des parois ouest et est sont illustrés à la Figure 3.1. La Figure 3.2 montre en vert (Pit 33) une coupe de la fosse. La Figure 3.3 montre la superficie finale de la fosse incluant les superficies des phases 1 à 5 (identifiées comme PH1 à PH5 sur la figure).

Plan de réaménagement et de restauration pour le site du projet minier Matawinie		Original Version 00
24/10/2019	654068-6200-4EER-0001	Rapport technique
		3-5

Mur Ouest (Éponte supérieure)

Section typique d'une pente totale du talus à 55°



Mur Est (Éponte inférieure)

Section typique d'une pente totale du talus à 60°

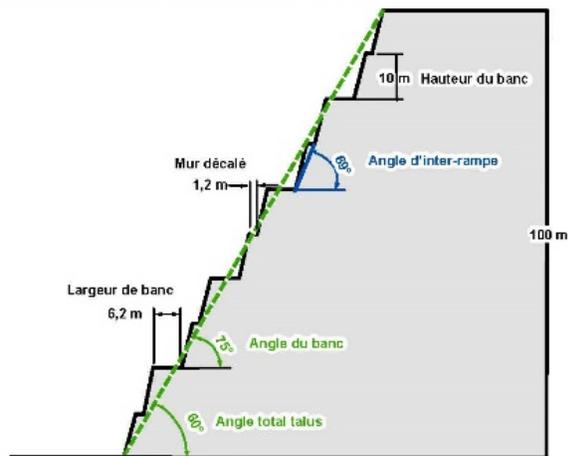


Figure 3.1 Paramètres des parois de la fosse

Plan de réaménagement et de restauration pour le site du projet minier Matawinie		Original Version 00
24/10/2019	654068-6200-4EER-0001	Rapport technique
		3-6

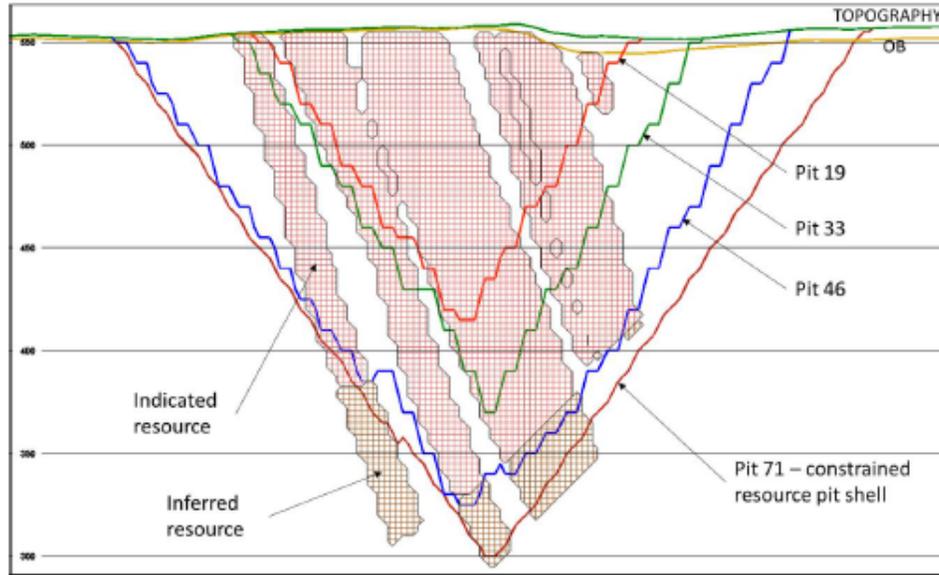
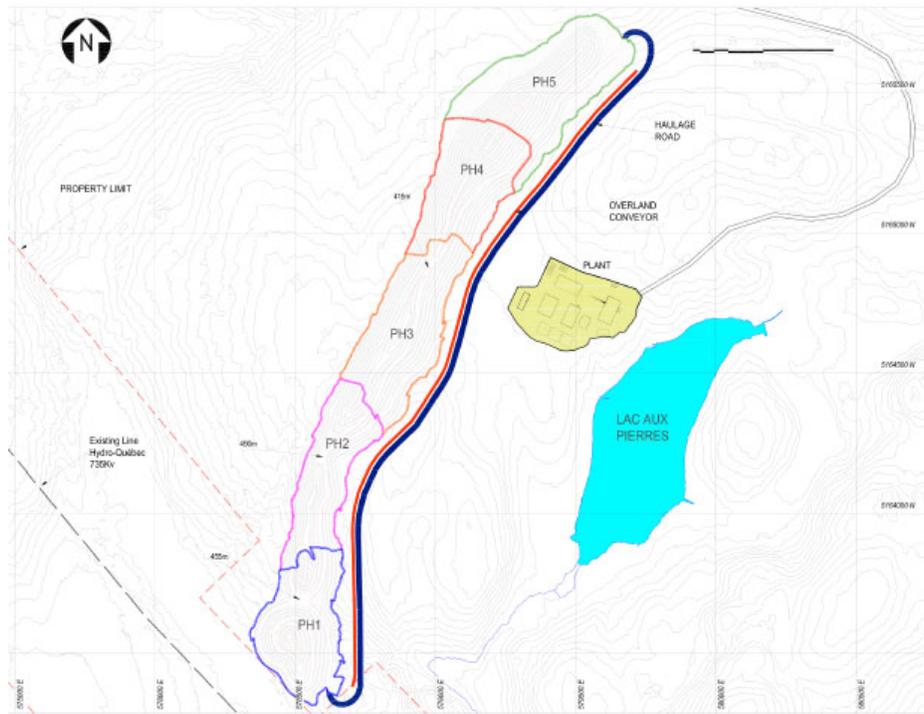


Figure 3.2 : Coupe de la fosse



PH = Phase de développement

Figure 3.3 : Superficie finale de la fosse (avec les phases 1 à 5)

Plan de réaménagement et de restauration pour le site du projet minier Matawinie		Original Version 00
24/10/2019	654068-6200-4EER-0001	Rapport technique
		3-7

3.1.2.5 Sécurisation de la fosse

Une berme construite avec des blocs de stériles miniers non générateurs de drainage minier acide ou du matériel en place sera construite sur le pourtour de la fosse pendant l'exploitation et cela conformément à la section 4.5.2 du *Guide de préparation du plan de réaménagement et de restauration des sites miniers au Québec* (MERN, 2017).

Cette berme (levée) sera localisée à au moins 15 m de l'ouverture. Elle sera composée de blocs de stériles avec un diamètre moyen de 1,5 mètre ou avec d'autres matériaux pour avoir une berme d'une hauteur de 2 m avec une crête horizontale de 2 m de largeur.

Cet ajout servira à sécuriser le périmètre de la fosse pour permettre la circulation sécuritaire des équipements. La berme sera érigée ou déplacée en fonction de l'évolution de la fosse. Ces travaux seront faits au cours de l'année suivant l'atteinte du contour final de la fosse. Ils seront faits par la machinerie en place pour l'exploitation de sorte qu'à la fin de la vie de la mine, seul l'accès à la fosse sera à sécuriser. Sur la levée, des panneaux indicateurs indiqueront la présence de la fosse.

3.1.2.6 Chemin de transport minier

Les rampes d'accès de la fosse et les chemins de transport minier ont été conçus avec une emprise d'une largeur de 15 m (incluant les bermes et les fossés) permettant l'aménagement de deux voies pour le transport des matériaux et une surface de roulement d'environ 10 m. Cette largeur a été établie en fonction d'une circulation de camions de 40 tonnes. Une pente maximale de 12% a été retenue aux fins de conception. La Figure 3.4 montre une section type d'un chemin de transport minier dans la fosse.

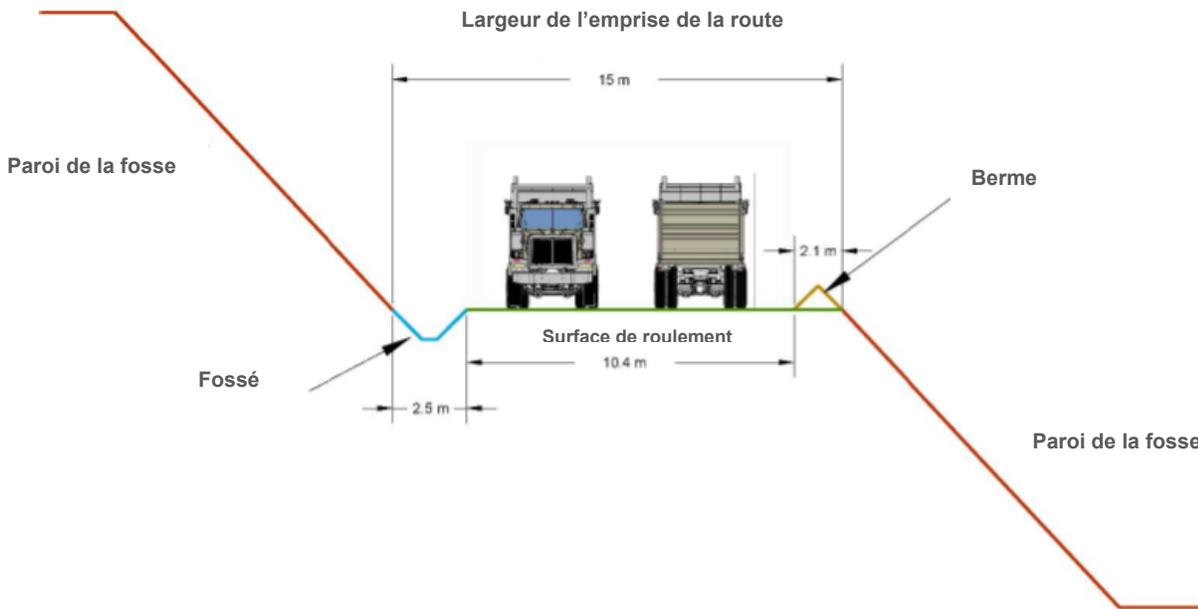


Figure 3.4 : Coupe type du chemin de transport minier

Plan de réaménagement et de restauration pour le site du projet minier Matawinie		Original Version 00
24/10/2019	654068-6200-4EER-0001	Rapport technique
		3-8

3.2 Description et emplacement des installations, des infrastructures et des bâtiments connexes

La présente section a pour but de décrire les différentes installations (bâtiments et infrastructures) qui seront mises en place pour la future mine du projet Matawinie et qui seront à gérer à la cessation des activités. Cette description se base sur les plans et les informations les plus à jour à la date de rédaction du présent document. Un plan d'arrangement général ainsi que l'emplacement des installations de surface est présenté à la Figure 3.5. Il est possible que ces plans soient optimisés lors des phases subséquentes de l'ingénierie.

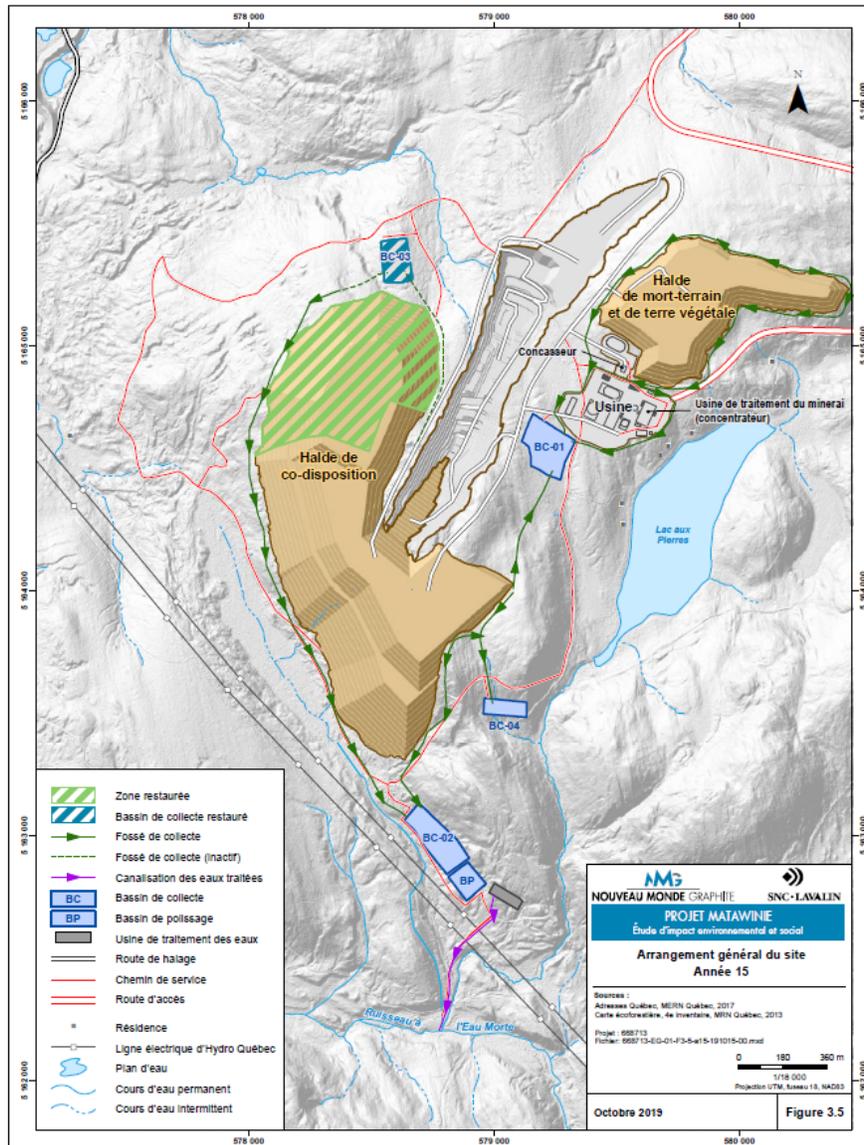


Figure 3.5 : Arrangement général du site et installations de surface – Année 15

Plan de réaménagement et de restauration pour le site du projet minier Matawinie		Original Version 00
24/10/2019	654068-6200-4EER-0001	Rapport technique
		3-9

3.2.1 Infrastructures d'extraction et bâtiments connexes

Les activités d'extraction et de traitement du minerai comprennent sept étapes distinctes soit :

- › Transport du minerai par camion de la fosse vers le concasseur jouxtant le concentrateur;
- › Broyage et flottation ;
- › Polissage et nettoyage ;
- › Filtration et assèchement du concentré de graphite ;
- › Tamisage et ensachage des produits de graphite ;
- › Assèchement des résidus miniers ;
- › Traitement des résidus miniers.

Un schéma de procédé simplifié est présenté à la Figure 3.6. Ce schéma de procédé est basé sur l'hypothèse que le concentrateur pourra produire 100 000 tonnes de concentré de graphite par année.

Telles qu'elles sont montrées à la Figure 3.5 et à la Figure 3.7, les installations d'extraction et de traitement du minerai présentes sur le site seront les suivantes :

- › le concasseur fixe situés près du concentrateur ;
- › l'usine de traitement du minerai (concentrateur) ;
- › l'usine de désulfuration des résidus ;
- › un (1) dôme d'entreposage du minerai concassé ;
- › deux (2) dômes d'entreposage des résidus (résidus PGA et résidus désulfurés).

Le concentrateur, l'usine de désulfuration et les trois dômes d'entreposage seront situés à l'est de la fosse, dans la zone industrielle d'une superficie d'environ 250 m par 400 m. La zone industrielle sera en pente et sera nivelée avec du remblai-déblai jusqu'à l'élévation 544 m. Les installations sont décrites de façon plus détaillée aux sous-sections suivantes.

Plan de réaménagement et de restauration pour le site du projet minier Matawinie		Original Version 00
24/10/2019	654068-6200-4EER-0001	Rapport technique
3-10		

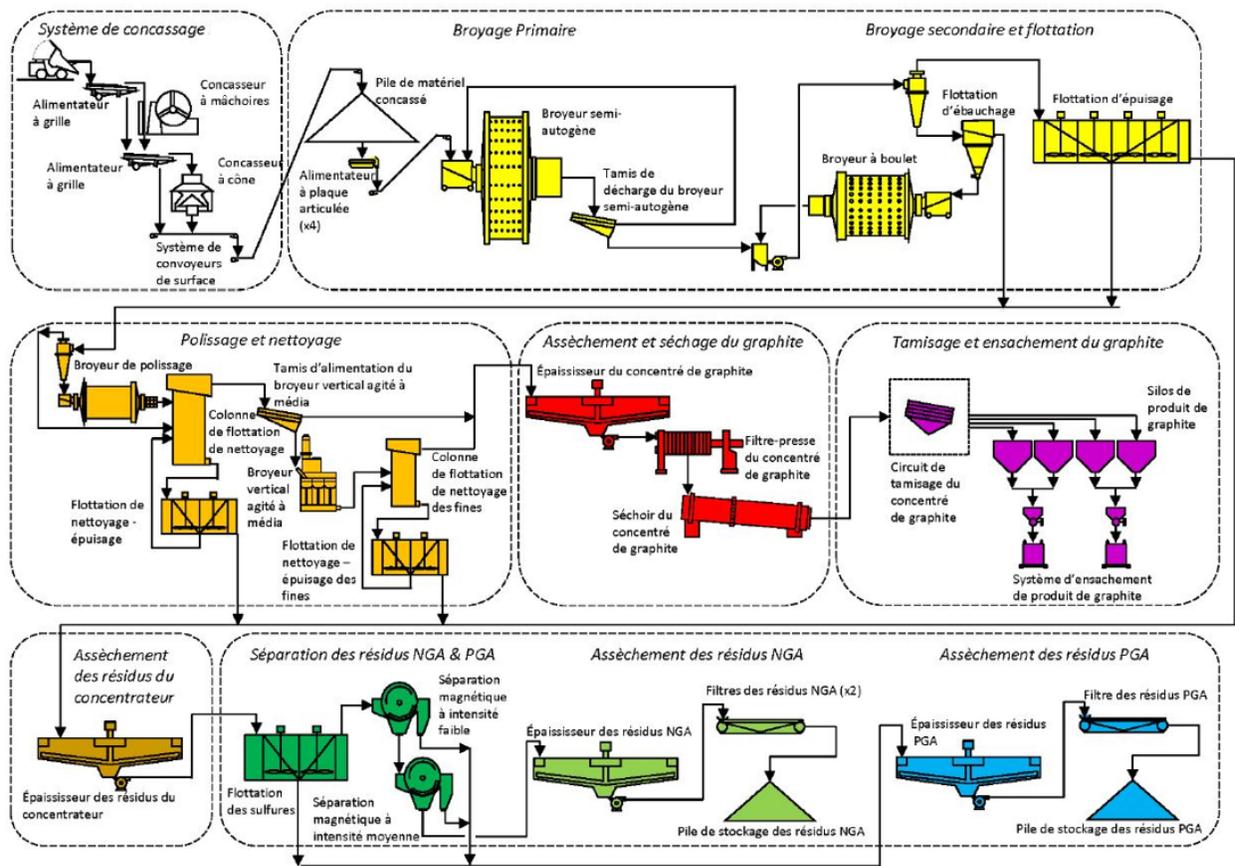


Figure 3.6 : Schéma de procédé simplifié

Plan de réaménagement et de restauration pour le site du projet minier Matawinie		Original Version 00
24/10/2019	654068-6200-4EER-0001	Rapport technique
		3-11

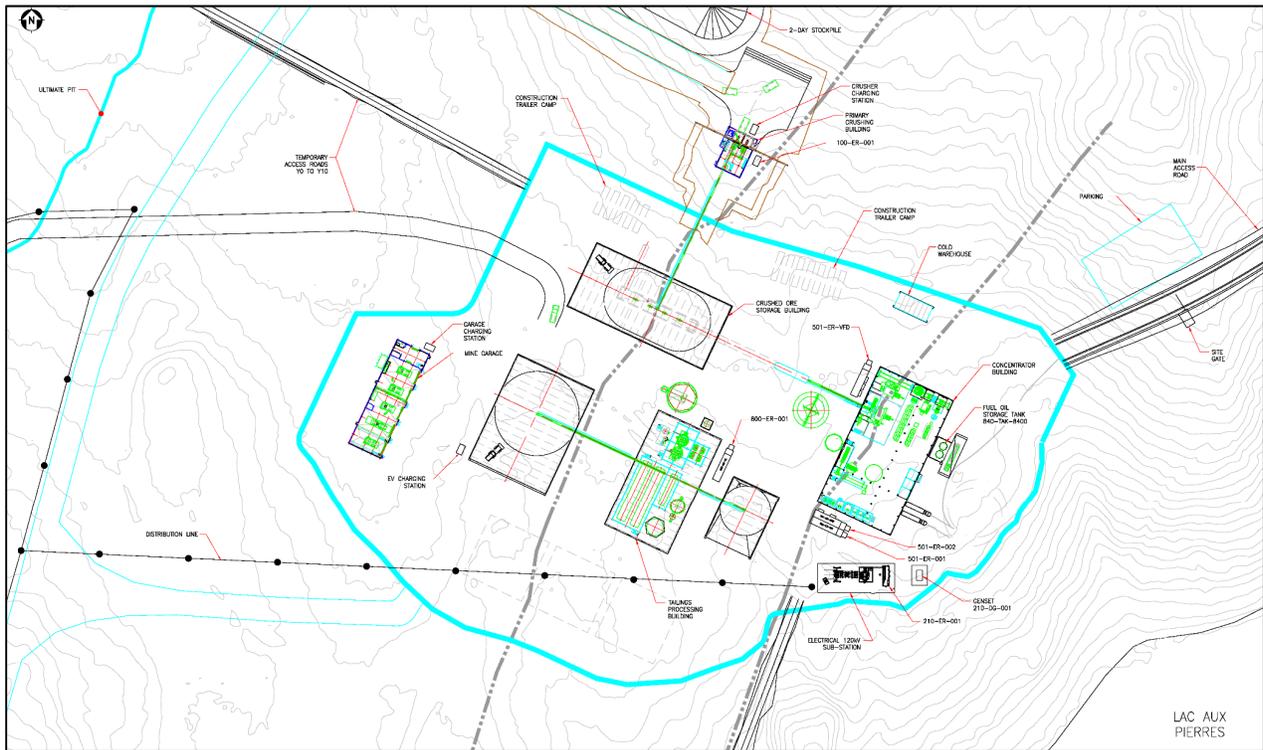


Figure 3.7 : Site de l'usine de traitement du minéral

Plan de réaménagement et de restauration pour le site du projet minier Matawinie		Original Version 00
24/10/2019	654068-6200-4EER-0001	Rapport technique
		3-12

3.2.1.1 Transport et concassage

Un concasseur fixe sera aménagé à proximité du concentrateur. Le minerai sera transporté par camion de la fosse jusqu'au concasseur jouxtant le concentrateur. Le minerai sera concassé sur deux concasseurs fixes (grizzlis statiques) disposés en parallèle. Le minerai est introduit dans deux (2) broyeurs de mâchoires C130 (ou équivalent) par l'intermédiaire de mangeoires de grizzli vibrantes. À la fin du concassage, le minerai sera acheminé sur un convoyeur et transporté à l'aire d'entreposage du minerai au site de l'usine dans un dôme. Les stériles miniers seront acheminés directement vers le lieu de co-disposition en activité, soit la halde de co-disposition ou pour un retour dans la fosse.

3.2.1.2 Usine de traitement du minerai (bâtiment du concentrateur)

L'usine de traitement du minerai sera installée dans un bâtiment isolé, comme ceux typiquement utilisés à ces fins. Le bâtiment aura quatre étages et les dimensions suivantes : 48,8 m de large, 91,4 m de long et 27 m de haut. Il abritera les secteurs suivants :

- › Concentrateur;
- › Ateliers d'entretien mécanique et électrique;
- › Laboratoire;
- › Salles électriques;
- › Salle des compresseurs;
- › Vestiaire;
- › Cafétéria;
- › Bureaux administratifs;
- › Salle de conférence.

Les principaux secteurs dans l'aire du concentrateur, située au rez-de-chaussée, sont :

- › Le broyage (côté ouest du bâtiment);
- › La flottation et le rebroyage (centre du bâtiment);
- › L'épaississement du concentré (côté est du bâtiment);
- › La filtration (côté est du bâtiment);
- › L'assèchement du concentré et l'ensachage (côté est du bâtiment) y compris une aire d'entreposage des super sacs; et
- › L'aire de chargement (côté sud-est du bâtiment).

Dans le concentrateur, des mesures seront prises pour réduire les poussières et assurer une bonne ventilation, notamment en isolant les parties humides et sèches du concentrateur par un mur coupe-feu. Tel que requis dans le code du bâtiment, les trois murs restants de la partie sèche seront antidéflagrants et auront des ouvertures afin de permettre à la pression de se dissiper. La partie sèche comprend notamment l'aire de séchage et l'équipement pour l'ensachage du graphite.

3.2.1.3 Usine de désulfuration

L'usine de désulfuration sera située immédiatement au sud du bâtiment du concentrateur. Elle hébergera l'équipement pour séparer et filtrer les résidus non générateurs d'acide (NGA) et potentiellement générateurs d'acide (PGA), soit des cellules de flottation, des séparateurs magnétiques, des réservoirs, des convoyeurs et des filtres à bandes.

Plan de réaménagement et de restauration pour le site du projet minier Matawinie		Original Version 00
24/10/2019	654068-6200-4EER-0001	Rapport technique
		3-13

L'usine de désulfuration sera dans un dôme de type Norseman mesurant 42,6 m de large par 77,2 m de long par 25,5 m de haut. Le dôme doit être isolé en raison de l'eau impliquée dans le processus de filtration. Des murs de béton préfabriqués serviront d'assise aux murs du dôme; ils seront munis d'ouvertures à chaque extrémité pour laisser passer les convoyeurs.

3.2.1.4 Dômes d'entreposage des résidus miniers

Les bâtiments pour l'entreposage temporaire des résidus désulfurés non-générateurs d'acide et des résidus potentiellement générateurs d'acide (PGA) seront des dômes non-isolés de type Norseman avec une aire de chargement du matériel pour les camions et les chargeuses. Ils seront fermés aux deux extrémités, et comporteront une porte de garage pouvant accueillir les camions de 60 tonnes et les chargeuses frontales.

Les murs des dômes reposeront sur des fondations de béton préfabriquées. Le plancher du dôme PGA sera en béton et incliné vers un puisard. Les dimensions des dômes sont les suivantes :

- › Dôme PGA : 31,4 m de large par 41,3 m de long par 19 m de haut;
- › Dôme de résidus désulfurés : 51,8 m de large par 70,5 m de long par 25 m de haut.

3.2.2 Infrastructures électriques, de transport et de soutien

3.2.2.1 Infrastructures électriques

L'électricité sera fournie à la future mine Matawinie par une nouvelle ligne de transport de 120 kV. Cette ligne, qui alimentera une nouvelle sous-station électrique sur le site de la mine, devrait être reliée à la station d'Hydro-Québec la plus proche, soit le poste Prévost situé à environ 10 km au sud-est du gisement dans la municipalité de Saint-Zénon. Ultimement, cette ligne rejoindra le corridor de la ligne de 735 kV d'Hydro-Québec. La planification et la construction de cette ligne électrique sont de la responsabilité de NMG. L'appareillage de commutation principal de 15 kV sera situé à l'intérieur d'une salle électrique préfabriquée et alimentera sept salles électriques (de 600 à 4 160 V) et cinq aires de chargement pour les équipements électriques. Des lignes aériennes de 13,8 kV sur des poteaux de bois serviront à la distribution de l'appareillage de commutation vers les différentes infrastructures. Finalement, une génératrice d'urgence (1,5 MW, 13,8 kV) sera installée près de la sous-station électrique principale.

NMG vise opérer une mine entièrement électrique dès la première année d'exploitation commerciale (à l'exception de la génératrice d'urgence), y compris les opérations d'extraction et de transport du minerai. La puissance anticipée totale est estimée à 29 MW, dont 17,2 MW sont pour le traitement du minerai et la désulfuration des résidus. Le reste de la consommation est attribuée aux bornes de recharge des véhicules électriques, au garage, au laboratoire, aux bureaux, aux salles électriques, à l'entrepôt non chauffé, à la guérite, aux besoins en chauffage du concentrateur et aux pertes des transformateurs et distributeurs. Le système à 125 V_{CC}, conçu pour des équipements de contrôle et de protection à moyenne (4,16 kV et 13,8 kV) et haute tension (120 kV), comprendra des chargeurs et des batteries, qui seront installés dans une pièce bien ventilée. Les batteries auront une durée de décharge de 8 heures, et un temps de recharge de 10 heures. Ce seront des batteries à recombinaison de gaz (appelées valve regulated lithium ion) qui nécessitent un faible niveau d'entretien.

Plan de réaménagement et de restauration pour le site du projet minier Matawinie		Original Version 00
24/10/2019	654068-6200-4EER-0001	Rapport technique
		3-14

3.2.2.2 Infrastructures de transport

Chemin d'accès principal

Un nouveau chemin d'accès sera aménagé en utilisant des sections de chemins forestiers existants. Le chemin d'accès sera situé au nord du site minier et il sera possible d'y accéder à partir du chemin Matawin qui fait partie du réseau routier municipal. L'intersection du chemin d'accès et du chemin Matawin est située à environ quatre kilomètres du centre du village de Saint-Michel-des-Saints et de la route 131 (réseau routier provincial). Entre 15 et 20 camions par jour assureront les livraisons au site et l'expédition de concentré de graphite.

Le chemin d'accès sera une route de Classe 1 tel que définie par le Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs du Québec. Il aura une largeur de 8,5 m et sera muni de fossés sur les deux côtés. Il aura une longueur d'environ 8,0 km, et permettra de relier le chemin Matawin Est au site minier.

Chemins de service

Les chemins de service comprennent les routes sur le site autres que les chemins de transport minier. Ces chemins permettront notamment d'accéder aux infrastructures de soutien tel que celles requises pour la gestion des eaux. Ils utiliseront autant que possible les chemins forestiers déjà existants pour éviter de fragmenter inutilement la forêt. D'autres chemins, tels que la prolongation des routes de l'aire de co-disposition et des routes reliant les bassins existants aux nouveaux bassins, seront conçus vers le sud suivant la progression des activités minières, et selon les mêmes critères que les autres routes du site.

De manière générale, les chemins de service auront une surface de roulement de 6 m pour accueillir des camions légers et des camionnettes, et non les véhicules miniers (sauf exception lors de la mise en place des installations). Les chemins de services seront également utilisés pour la construction, l'entretien et la fermeture de certaines infrastructures (par exemple les bassins de collecte). La route partant de l'unité de traitement des eaux aura une surface de roulement plus large, soit de 8,5 m, pour accommoder une ligne de recirculation des eaux entre le bassin de polissage et l'usine de traitement, ainsi qu'une ligne électrique de 13,8 kV de la sous-station principale à l'unité de traitement des eaux.

Certains chemins de service auront une emprise d'une largeur de 18 m pour permettre aux camions de 60 tonnes de déplacer les résidus filtrés des dômes d'entreposage des résidus désulfurés et PGA à la halde de co-disposition, ainsi que pour permettre l'accès au garage depuis la fosse.

Chemins de transport minier (halage)

Les rampes et les chemins de transport minier (ou de halage) auront une emprise d'une largeur de 15 m pour accueillir des camions de 60 tonnes (soit trois fois la largeur requise pour le passage des véhicules) et une surface de roulement d'environ 10 m. Le minerai, les stériles miniers, le mort-terrain ainsi que les résidus filtrés transigeront via ces chemins. Ces chemins de transport permettront également l'accès au garage, situé dans la zone industrielle, à partir des chantiers en cours.

Le chemin reliant la fosse à la zone industrielle aura une emprise d'une largeur de 27 m pour accommoder une ligne électrique de 13,8 kV entre la sous-station électrique et la fosse. La surface de roulement sera d'environ 10 m. Ce chemin sera situé du côté est de la fosse.

Plan de réaménagement et de restauration pour le site du projet minier Matawinie		Original Version 00
24/10/2019	654068-6200-4EER-0001	Rapport technique
		3-15

Les chemins de transport minier pourront être également utilisés par tous les autres types de véhicules pouvant circuler sur le site minier.

Les différentes routes d'accès, de service et de transport minier sont illustrées à la Figure 3.8.

3.2.2.3 Infrastructures de soutien

Les infrastructures de soutien comprennent notamment :

- › Le système de communication ;
- › Les clôtures de sécurisation, lorsqu'applicables ;
- › Les conteneurs pour matériaux de construction/déchets/recyclage ;
- › Les bassins de collecte ;
- › Le bassin de polissage ;
- › Les stations de pompage et les conduites d'eau ;
- › L'unité de traitement des eaux ;
- › Canalisation des eaux traitées ;
- › Fossés de collecte et de dérivation pour la gestion des eaux ;
- › Entreposage de produits chimiques.

Plan de réaménagement et de restauration pour le site du projet minier Matawinie		Original Version 00
24/10/2019	654068-6200-4EER-0001	Rapport technique
		3-16

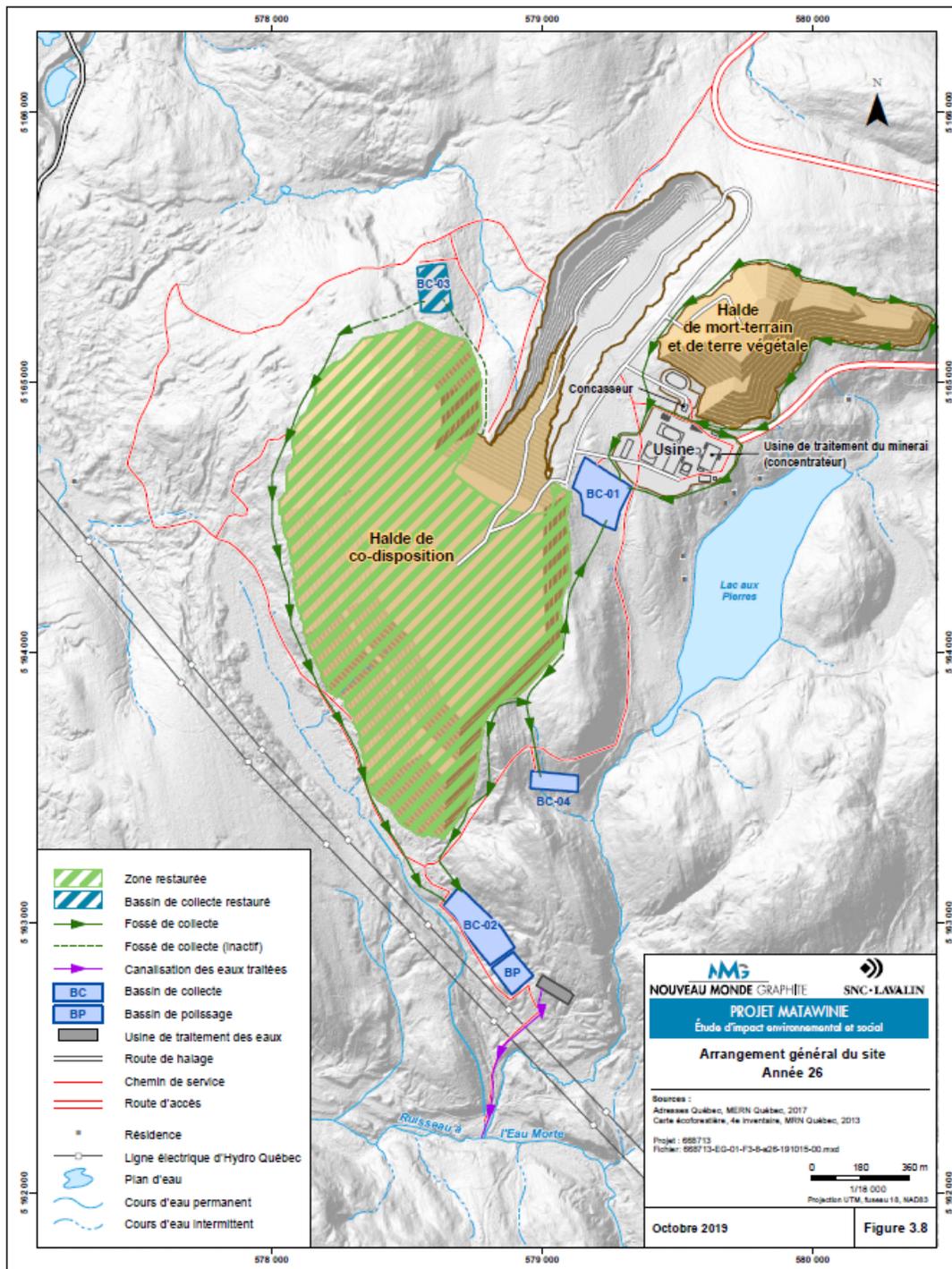


Figure 3.8 : Arrangement général du site - Année 26

Plan de réaménagement et de restauration pour le site du projet minier Matawinie		Original Version 00
24/10/2019	654068-6200-4EER-0001	Rapport technique
		3-17

3.2.3 Autres bâtiments (bâtiments administratifs, cafétéria, etc.)

Les autres bâtiments seront principalement localisés dans la zone industrielle de la mine (site de l'usine). Étant donné la proximité de la ville de Saint-Michel-des-Saints, il n'y aura aucun camp pour loger les travailleurs sur le site de la mine. Les bâtiments comprendront :

- › Garage et bornes de recharge;
- › Bureaux administratifs (à l'intérieur du bâtiment du concentrateur);
- › Cafétéria (à l'intérieur du bâtiment du concentrateur);
- › Entrepôt;
- › Vestiaires (à l'intérieur du bâtiment du concentrateur);
- › Guérite pour le contrôle de l'accès au site.

3.2.3.1 Bureaux administratifs

Les bureaux administratifs seront situés au 4^e étage de l'usine de traitement. Les bureaux seront équipés d'un poste de premiers soins, d'une salle de conférence et d'une cafétéria pour les employés. Le bureau dans le village de Saint-Michel-des-Saints sera conservé.

3.2.3.2 Garage

Un garage sera construit sur le site du projet, dans la partie ouest de la zone industrielle, pour l'entretien des équipements mobiles nécessaires au bon fonctionnement des opérations. Il sera fait d'une structure légère. Il y aura six stations de recharge autonome de 50 kW près du garage.

3.2.3.3 Entrepôt

L'entrepôt sera situé près du concentrateur dans une structure en dôme non isolée d'environ 20 m de largeur par 60 m de longueur. L'entrepôt sera configuré pour stocker des pièces et des matériaux non sensibles au froid.

3.2.3.4 Vestiaires

Un espace pour les vestiaires est prévu aux 3^e et 4^e étages du bâtiment du concentrateur. Il sera d'une superficie de 216 m² et comprendra des douches et des vestiaires. Le vestiaire pourra accueillir jusqu'à 64 personnes.

3.2.3.5 Stationnement et guérite

Les employés et les visiteurs auront un stationnement dédié à l'extérieur de la propriété et accéderont au site via la guérite de l'entrée principale.

Pour franchir la guérite, il sera nécessaire de communiquer avec le personnel de sécurité à l'usine de traitement. Le personnel de sécurité pourra activer la guérite à distance afin de permettre l'accès. Des caméras seront installées à la guérite pour permettre l'identification visuelle des véhicules et du personnel désirant accéder au site.

Plan de réaménagement et de restauration pour le site du projet minier Matawinie		Original Version 00
24/10/2019	654068-6200-4EER-0001	Rapport technique
		3-18

3.3 Aires d'accumulation des stériles et des résidus miniers, du minerai et du mort-terrain

3.3.1 Sélection du mode de gestion des résidus et stériles miniers

Dès les premières phases de développement du projet, NMG s'est engagé à ne pas avoir recours à des digues pour l'entreposage des résidus miniers. Il a donc été décidé de procéder à la filtration (assèchement) des résidus. Cette alternative est plus sécuritaire puisque les résidus filtrés ou asséchés présentent une faible teneur en eau permettant leur transport par camion et leur empilement sans requérir à la construction de digues. Le risque de rupture de digue pouvant entraîner des résidus miniers sur plusieurs dizaines de mètres voire kilomètres est absent.

Suite à la réception des premiers résultats des essais statiques de géochimie environnementale réalisés sur les résidus et stériles miniers, qui indiquaient un potentiel de génération d'acide du minerai, NMG a choisi de procéder à la désulfuration des résidus afin de réduire la quantité de résidus présentant une problématique de génération d'acide. En effet, selon les résultats des essais géochimiques, le procédé de désulfuration permettra d'obtenir des résidus concentrés en sulfures présentant un potentiel de génération d'acide (PGA) de 19% en volume et des résidus désulfurés miniers non générateurs acide de 81% en volume.

La gestion des résidus miniers et stériles miniers pour les cinq premières années se fera au moyen d'une halde de co-disposition située à l'ouest de la fosse. Pour les années 6 à 26, le retour des résidus miniers et stériles miniers à l'intérieur de la fosse sera privilégié. Une fois le secteur Sud de la fosse remblayé, la halde de co-disposition existante va se prolonger vers le nord-est au-dessus du secteur remblayé pour la gestion de tous les stériles et résidus miniers qu'il n'est pas possible de retourner dans la fosse. La halde de co-disposition sera restaurée progressivement, tel que montré à la Figure 3.9 à l'année 6, à la Figure 3.10 à l'année 20 et à la Figure 3.11 à l'année 26. La superficie totale de la halde de co-disposition sera d'environ 135 ha à l'année 26. La restauration progressive de la halde de co-disposition se fera dans les secteurs complétés (ou lorsque l'élévation finale sera atteinte), selon le plan de déposition.

Lors de l'étude de sélection du site, un exercice de sélection pour le mode de gestion des résidus et des stériles miniers a été réalisé avec des experts de SNC-Lavalin et l'équipe de Nouveau Monde Graphite. Le mode de gestion des résidus et des stériles miniers sélectionné pour le projet minier Matawinie est la co-disposition.

Ainsi les choix relatifs à la gestion des résidus miniers et stériles miniers ont les avantages suivants :

- › Réduction de l'empreinte au sol des aires d'accumulation de résidus et stériles miniers (co-disposition);
- › L'élimination des risques liés aux infrastructures de retenue (bris de digue /résidus filtrés);
- › L'augmentation de l'efficacité de la gestion des eaux pendant les opérations minières et suivant la fermeture (résidus filtrés / co-disposition);
- › La réutilisation et la recirculation de l'eau de procédé (résidus filtrés);
- › La réduction de l'utilisation de matériaux d'emprunt pour la restauration du site (désulfuration / co-disposition);

Plan de réaménagement et de restauration pour le site du projet minier Matawinie		Original Version 00
24/10/2019	654068-6200-4EER-0001	Rapport technique
		3-19

- › Réduction de la quantité de matériel générateur d'acide (désulfuration);
- › L'utilisation des propriétés géochimiques et géotechniques des matériaux pour assurer leur stabilité, soit :
 - Prévenir la production de drainage minier acide et la lixiviation de métaux en empêchant la convection de l'air dans les stériles miniers et en minimisant la surface exposée à l'oxygène des résidus générateurs acides (désulfuration / résidus filtrés /co-disposition);
 - Amélioration de la stabilité des ouvrages par inclusion de stériles miniers (co-disposition);
 - Utilisation de la capacité de rétention de l'eau dans les résidus fins par leur compaction et la mise en contraste avec les résidus avec une granulométrie grossière (stérile minier) afin de limiter l'exposition des résidus potentiellement générateur acide à l'oxygène (co-disposition);
- › La restauration progressive de la halde débutant dès la quatrième année d'exploitation (résidus filtrés / co-disposition).

Plan de réaménagement et de restauration pour le site du projet minier Matawinie		Original Version 00
24/10/2019	654068-6200-4EER-0001	Rapport technique
		3-20

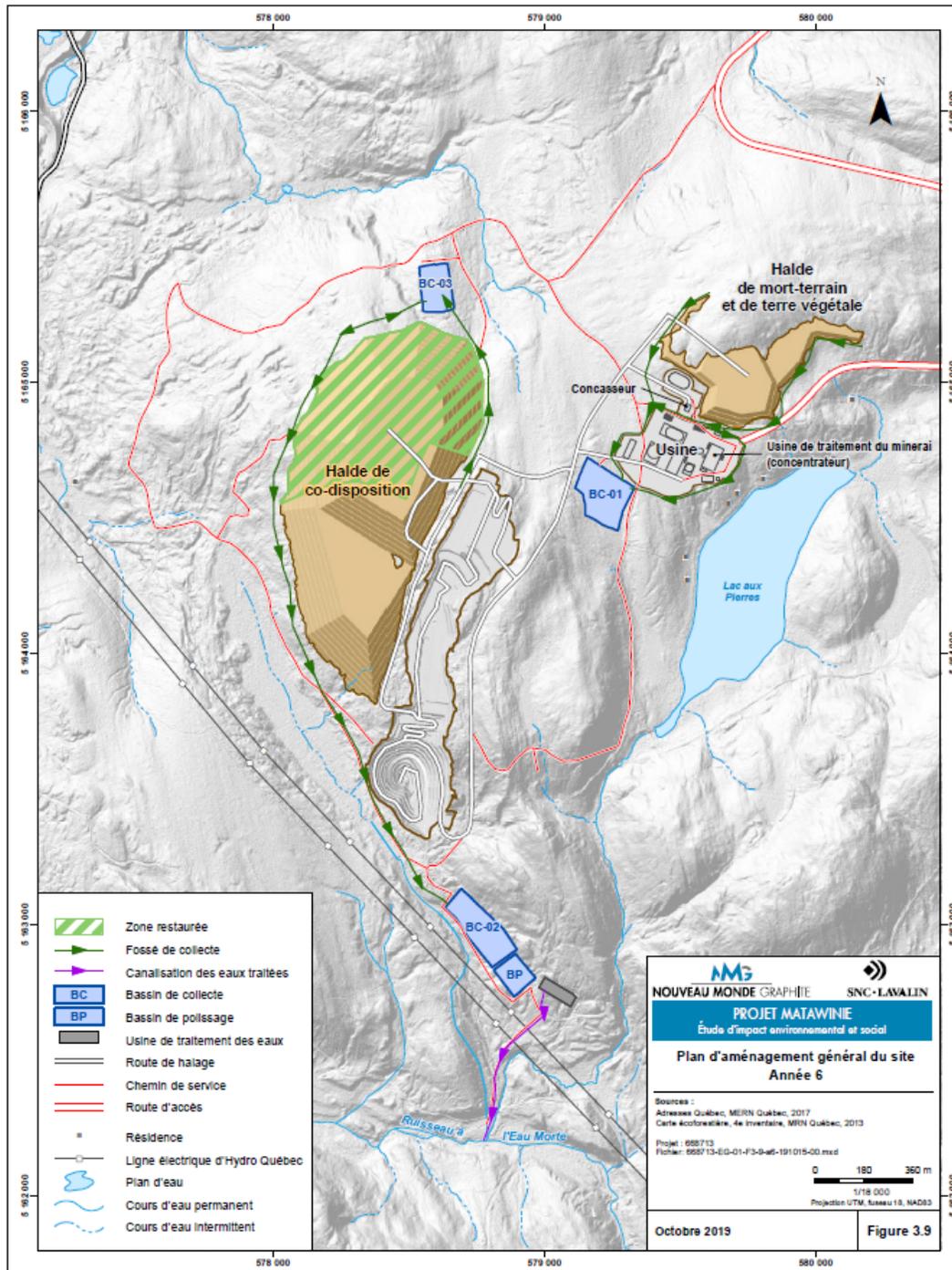


Figure 3.9 : Plan d'aménagement général du site (année 6)

Plan de réaménagement et de restauration pour le site du projet minier Matawinie		Original Version 00
24/10/2019	654068-6200-4EER-0001	Rapport technique
		3-21

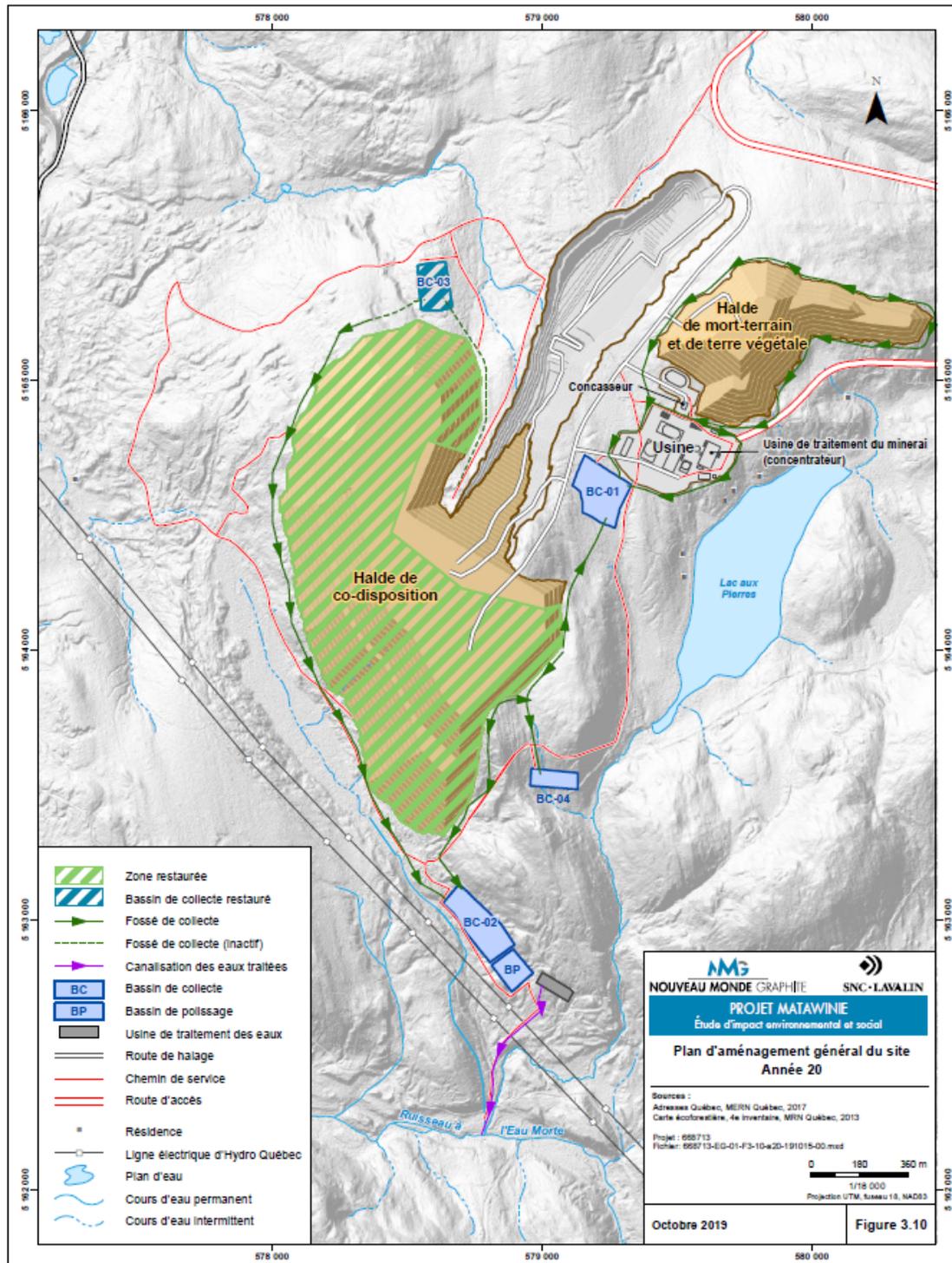


Figure 3.10 : Plan d'aménagement général du site (année 20)

Plan de réaménagement et de restauration pour le site du projet minier Matabwinie		Original Version 00
24/10/2019	654068-6200-4EER-0001	Rapport technique
		3-22

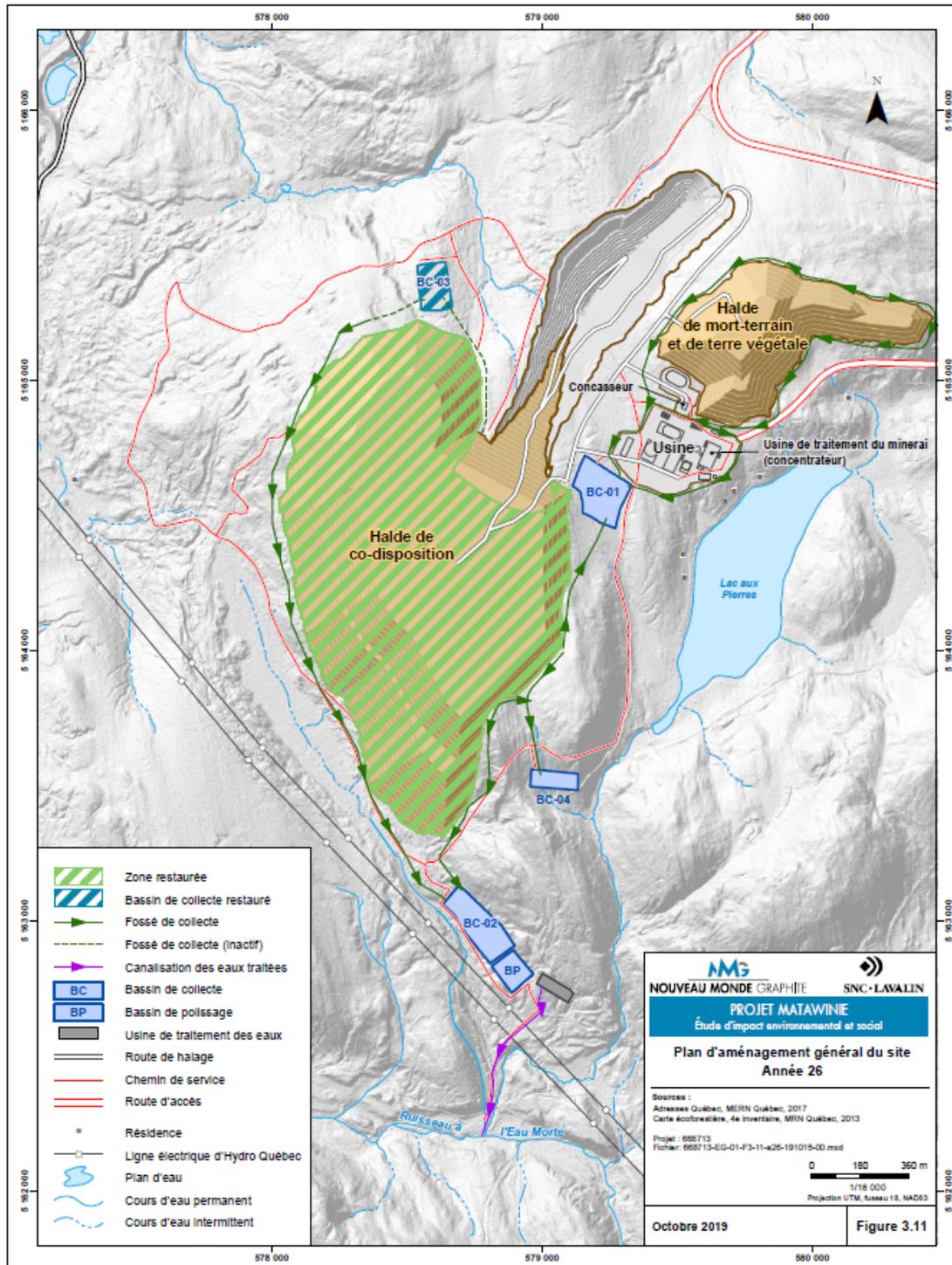


Figure 3.11 : Plan d'aménagement général du site (année 26)

Plan de réaménagement et de restauration pour le site du projet minier Matawinie		Original Version 00
24/10/2019	654068-6200-4EER-0001	Rapport technique
		3-23

3.3.1.1 Emplacement de la halde de co-disposition des stériles et des résidus miniers

Des études (pré faisabilité, faisabilité, sondages géologiques et géotechniques et identification des contraintes environnementales dans le cadre de l'EIES (SNC-Lavalin, 2019b)) ont été réalisées pour optimiser la sélection du site pour la halde de co-disposition. Les principales contraintes considérées sont au niveau de l'espace disponible, de la proximité d'étendues d'eau et de la distance de transport des matériaux. L'analyse de ces contraintes a mené au choix de l'emplacement actuel. Le lieu choisi comporte les avantages suivants :

- › Se situe à proximité du concentrateur et de la fosse ;
- › Ne nécessite aucune destruction de l'habitat du poisson ;
- › Permet la construction des infrastructures de gestion des eaux par séquence ;
- › Permet la co-disposition au-dessus de l'empreinte de la fosse minimisant ainsi l'empreinte au sol du projet.

L'emplacement retenu permettra aussi la gestion de l'eau des précipitations de façon gravitaire tout en minimisant la quantité d'eau de contact avec les infrastructures.

3.3.2 Aires d'accumulation de mort-terrain et de terre végétale

Lors du décapage, le mort-terrain sera séparé de la matière organique (terre végétale) pour les entreposer dans des empilements distincts. Un emplacement pour l'accumulation de mort-terrain sera aménagé au nord de la zone industrielle dans un empilement à proximité de celui qui sera prévu pour l'entreposage temporaire de la terre végétale. Le mort-terrain excavé dans le cadre des opérations de mise en valeur et d'exploitation sera entreposé dans la halde de mort-terrain ou transporté directement à la halde de co-disposition pour la restauration progressive. L'empreinte au sol maximal de cette halde de mort-terrain sera d'environ 32 ha et sa hauteur maximale sera d'environ 45 m. L'évolution de la halde de mort-terrain est présentée à la Figure 3.9, Figure 3.10 et Figure 3.11.

La terre végétale qui sera générée par la construction des infrastructures et par le développement de la fosse sera entièrement utilisée dans le cadre de la mise en végétation de la halde de co-disposition et de la halde de mort-terrain. Ainsi, une halde à terre végétale temporaire sera aménagée au nord du site de l'usine. Elle sera complètement utilisée dans le cadre de la restauration progressive et finale de la halde de co-disposition. Au final, il n'y aura plus de halde de terre végétale sur le site. La matière ligneuse présentant un potentiel commercial sera valorisée.

Le Tableau 3 4 indique les quantités de mort-terrain (incluant la terre végétale) qui seront excavées selon les années d'exploitation.

Plan de réaménagement et de restauration pour le site du projet minier Matawinie		Original Version 00
24/10/2019	654068-6200-4EER-0001	Rapport technique
		3-24

Tableau 3.4 : Quantités de mort-terrain (incluant la terre végétale) excavées

Année	Mort-terrain
	Quantité
	(kt)
Pré-production (Année 0)	343
1	244
2	126
3	9
4	485
5	306
6	144
7	281
8	295
9	433
10	0
11	574
12	1 101
13	1 172
14	761
15	584
16 à 20	6 365
21 à 25	0
26	0
Total	13 223

Les emplacements des haldes de mort-terrain et de terre végétale ont été sélectionnés pour minimiser le transport. La totalité du mort-terrain et de la terre végétale sera utilisée en priorité pour le recouvrement de la halde de co-disposition lors de la restauration progressive et finale du site. Lors des travaux de décapage, une partie du mort-terrain pourra être utilisée pour le nivellement des aires d'accumulation et les travaux requis de remblai-déblai pour l'aménagement de routes, fossés et bassins de collecte. Il est tout de même prévu que la quantité de mort-terrain qui sera générée dépasse les besoins de la restauration du site.

Dans ce contexte, l'aire d'accumulation de mort terrain sera mise en végétation à la fin des opérations, ou pendant l'exploitation si un secteur n'a plus à être utilisé. Des mesures additionnelles telles que de l'ensemencement hydraulique à prise rapide ou autres moyens adéquats seront mis en place sur la superficie non-active des haldes de mort-terrain durant l'exploitation. Des inspections régulières seront effectuées afin d'identifier, prévenir et corriger au besoin l'érosion hydrique pouvant se produire sur les haldes.

3.3.3 Aire d'accumulation du minerai (dôme d'entreposage)

Le minerai concassé provenant du concasseur sera entreposé dans un dôme de type Norseman ou un équivalent approuvé. Les dimensions du dôme seront de 42,6 m de large par 91,6 m de long. Les murs du dôme reposeront sur des fondations en béton préfabriquées. Le dôme ne sera pas isolé.

Plan de réaménagement et de restauration pour le site du projet minier Matawinie		Original Version 00
24/10/2019	654068-6200-4EER-0001	Rapport technique
		3-25

L'aire d'entreposage sera sur une dalle de béton au niveau du sol pour éviter les déversements au sol. Les portes des camions seront placées à chaque extrémité pour permettre à une chargeuse d'alimenter les mangeoires de tabliers lorsque le volume de minerai est faible. Le minerai concassé sera récupéré via quatre (4) distributeurs de tabliers situés sous la réserve dans un tunnel de récupération en béton. Les dimensions intérieures du tunnel en béton seront de 7,0 m de large, 34,3 m de long et 6,7 m de haut.

La halde de minerai aura une capacité de trois (3) jours, présumant un taux d'humidité dans le minerai de 5%. Puisque le concentrateur opérera 24 heures sur 24 à l'année longue, la halde de minerai a été conçue de manière à pouvoir alimenter le concentrateur durant les quarts de nuit et les fins de semaine, et lorsque les opérations d'extraction sont suspendues.

Durant les années de préproduction, 133 000 tonnes de minerai seront extraites et seront empilées dans la fosse où les eaux de ruissellement seront captées. Ce minerai sera traité durant les années 3 à 8.

3.4 Gestion des eaux sur le site

3.4.1 Hydrologie

3.4.1.1 Précipitations

Les conditions hydrologiques sur le site du projet sont basées sur les données climatiques disponibles aux stations d'Environnement Canada suivantes :

- › Saint-Michel-des-Saints ID : 7077570 ;
- › Saint-Michel-des-Saints ID : 7077571 ;
- › St-Côme ID : 7017080.

Le Tableau 3 5 présente la moyenne mensuelle des précipitations enregistrées dans ces stations pour la période de 1967 à 2017.

Le Tableau 3 6 et le Tableau 3 7 montrent les courbes d'intensité-durée-fréquence (IDF) obtenues pour les périodes du printemps et de l'été-automne.

Tableau 3.5 : Précipitations moyennes mensuelles

Mois	Précipitations (mm)	Pluie (mm)	Neige (mm)
Janvier	59	6	53
Février	50	5	45
Mars	64	20	43
Avril	65	51	14
Mai	87	86	1
Juin	105	105	0
Juillet	99	99	0
Août	92	92	0
Septembre	101	101	0
Octobre	87	81	6
Novembre	71	37	34
Décembre	69	8	61
Année (total)	949	692	257

Plan de réaménagement et de restauration pour le site du projet minier Matawinie		Original Version 00
24/10/2019	654068-6200-4EER-0001	Rapport technique
		3-26

Tableau 3.6 : IDF pour la période du printemps

Durée	Période de récurrence (an)								
	2	5	10	20	25	50	100	1000	2000
	Lame d'eau - Pluies printanières (mm)								
5 min	4,1	6,6	8,2	9,8	10,3	11,8	13,4	18,4	20
10 min	5,8	9,5	12	14,5	15,2	17,6	20	27,9	30,3
15 min	6,9	11,7	15	18,2	19,2	22,4	25,5	35,9	39
30 min	8,7	15,7	20,5	25,2	26,7	31,3	35,9	51,3	55,9
1 h	11,9	22,1	29,1	36	38,2	45	51,8	74,5	81,3
2 h	14,8	28,8	38,6	48,1	51,2	60,6	70,1	101,7	111,2
6 h	20,8	36	46,4	56,5	59,7	69,7	79,6	112,6	122,6
12 h	24,1	40	50,8	61,2	64,5	74,8	85,1	119	129,3
24 h	27,1	43,5	54,5	65	68,4	78,8	89,2	123,4	133,7
2 jours	36	51,5	61,7	71,5	74,6	84,2	93,7	125,2	134,6
3 jours	41,4	58,1	69,1	79,7	83	93,3	103,6	137,5	147,6
7 jours	58	78,6	92	104,9	109	121,6	134	175,3	187,6
14 jours	78,8	101,4	116,4	130,7	135,3	149,3	163,3	209,3	223,1
21 jours	100,8	126,6	143,7	160,1	165,3	181,3	197,2	249,8	265,6
30 jours	123,9	154,7	175,1	194,7	200,9	220	239	301,7	320,5
60 jours	191,1	240,7	273,5	305	315	345,8	376,3	477,2	507,5

Tableau 3.7 : IDF pour la période de l'été-automne

Durée	Période de récurrence (an)								
	2	5	10	20	25	50	100	1000	2000
	Lame d'eau - Pluies printanières (mm)								
5 min	6,4	9,1	10,8	12,5	13	14,7	16,3	21,7	23,3
10 min	8,9	13,1	15,8	18,5	19,3	21,9	24,4	32,9	35,4
15 min	10,7	16,2	19,8	23,3	24,4	27,8	31,2	42,3	45,7
30 min	13,5	21,6	27	32,2	33,8	38,9	43,9	60,4	65,4
1 h	18,4	30,4	38,3	46	48,4	55,9	63,3	87,7	95,1
2 h	22,9	39,7	50,8	61,5	64,8	75,3	85,6	119,8	130,1
6 h	32,2	49,6	61,1	72,2	75,7	86,5	97,2	132,7	143,3
12 h	37,2	55	66,9	78,2	81,8	92,9	103,9	140,2	151,2
24 h	41,9	59,8	71,7	83,1	86,7	97,8	108,9	145,4	156,4
2 jours	52	68,9	80,2	91	94,4	104,9	115,4	149,9	160,3
3 jours	57,7	75,5	87,2	98,5	102	113	123,9	160	170,9
7 jours	77,4	95,5	107,5	119	122,7	133,9	145,1	182	193
14 jours	106,6	128,2	142,6	156,4	160,7	174,2	187,5	231,6	244,9
21 jours	132	155,8	171,6	186,7	191,5	206,3	221	269,5	284,1
30 jours	164,6	191,9	209,9	227,3	232,8	249,7	266,5	322,1	338,8
60 jours	260,7	304,7	333,8	361,7	370,6	397,9	424,9	514,4	541,3
90 jours	350,2	400,7	434,1	466,2	476,3	507,7	538,8	641,5	672,4



Le couvert de neige a été estimé pour les périodes de retour de 2, 5, 10, 20, 50 et 100 ans en plus de l'événement maximal probable (EMP) à partir des données de couvert de neige des stations de mesures. Pour l'estimation de l'équivalent en hauteur d'eau du couvert de neige, il a été assumé que 10 mm de neige était équivalent à 3 mm d'eau (Maidment, 1993). Le Tableau 3.8 montre les épaisseurs du couvert de neige en fonction de la récurrence et son équivalent en lame d'eau.

Tableau 3.8 : Épaisseur du couvert de neige en fonction de la période de récurrence et son équivalent en lame d'eau

Période de récurrence (ans)	Épaisseur du couvert de neige (mm)	Lame d'eau équivalente (mm)
2	750	224
5	930	279
10	1050	315
20	1170	351
50	1320	396
100	1430	429
EMP	2000	600

3.4.1.2 Bassins versants

Plusieurs cours d'eau couvrent la partie nord de la région de Lanaudière incluant la rivière Matawin. Cette rivière draine la majorité du territoire de la municipalité de Saint-Michel-des-Saints (SNC-Lavalin, 2018b). L'eau des précipitations de la région draine vers le Réservoir Taureau situé à moins de 10 km au nord-est du site à l'étude. La rivière Matawin se déverse ultimement dans la rivière Saint-Maurice, un sous-bassin majeur du fleuve Saint-Laurent.

Le site du projet contient un réseau de cours d'eau bien développé qui comprend des ruisseaux et des lacs de grande taille : le lac England (135 ha), le lac du Trèfle (203 ha), le lac Kaïagamac (195 ha), le lac Saint-Servais (198 ha) et le lac Sawin (324 ha).

La zone du gisement de la zone Ouest de NMG se situe sur un point haut topographique à la tête de trois petits cours d'eau. Deux de ces trois cours d'eau s'écoulent vers le nord-ouest et se jettent directement dans la rivière Matawin. Le troisième cours d'eau est connecté au sous-bassin versant du lac aux Pierres et s'écoule vers le sud rejoignant le ruisseau à l'Eau Morte qui est lui-même un tributaire de la rivière Matawin. Le bassin versant du ruisseau à l'Eau Morte couvre une superficie de 85 km². Ce cours d'eau est celui dans lequel il est prévu de rejeter les eaux traitées provenant de l'unité de traitement des eaux de la mine. La Figure 3.12 présente les bassins versants au niveau du projet minier Matawinie avant le développement du projet La Figure 3.13 présente les bassins versants au niveau du projet minier Matawinie après restauration.

Plan de réaménagement et de restauration pour le site du projet minier Matawinie		Original Version 00
24/10/2019	654068-6200-4EER-0001	Rapport technique
		3-28

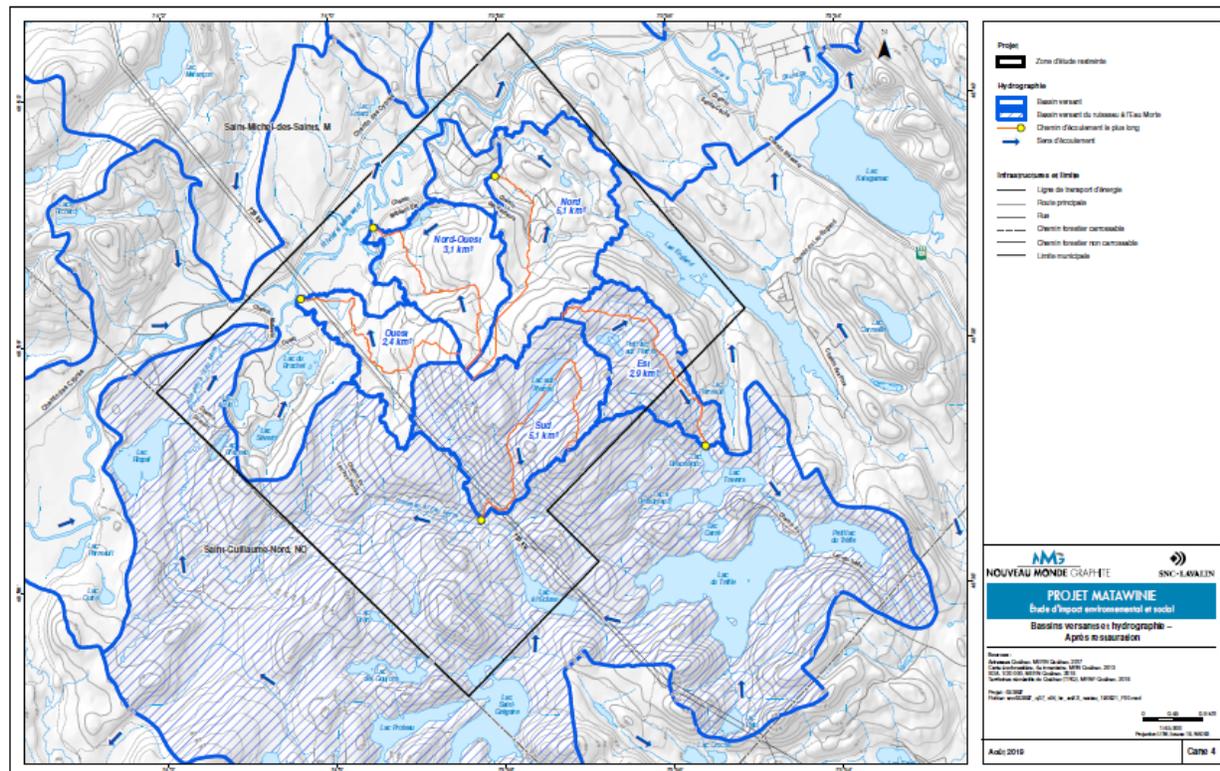


Figure 3.13 Bassins versants et hydrographie au site du projet minier Matawinie après restauration

3.4.1.3 Qualité des eaux de surface

Deux campagnes d'échantillonnage de l'eau de surface ont été conduites à l'été 2016 et au printemps 2017 dans le but de déterminer la qualité de cette dernière (SNC-Lavalin, 2017b). L'eau de surface a été échantillonnée dans 16 stations localisées dans 10 lacs et 6 cours d'eau.

Les paramètres suivants ont été analysés pour les échantillons collectés lors de ces campagnes :

- › Paramètres physicochimiques de base et nutriments ;
- › Anions-cations ;
- › Métaux traces extractibles ;
- › Hydrocarbures et phénols.

Les résultats obtenus ont été comparés aux critères pour les eaux de surface et au Conseil Canadien des ministères de l'Environnement (CCME) Directive Canadienne sur la qualité de l'eau pour la protection de la vie aquatique au niveau fédéral.

Plan de réaménagement et de restauration pour le site du projet minier Matawinie		Original Version 00
24/10/2019	654068-6200-4EER-0001	Rapport technique
		3-30



La qualité de l'eau de surface est généralement bonne, par contre certains dépassements ont été observés pour le fer et l'aluminium et ce, dans presque tous les lacs. Des dépassements pour le plomb ont aussi été observés pour deux (2) des dix (10) lacs. Il est à noter que selon le MELCC, les concentrations naturelles peuvent être parfois plus élevées que les critères. Il n'y a aucune problématique associée à ces dépassements susceptible d'avoir un impact sur l'extraction de la ressource.

3.4.2 Hydrogéologie

3.4.2.1 Écoulement souterrain et modèle conceptuel du site

Des investigations préliminaires ont été menées durant la période de l'automne 2016 à l'été 2017 dans le but de caractériser les paramètres hydrogéologiques existants sur le site de la future mine de NMG (SNC-Lavalin, 2017c). Un inventaire des puits privés de la zone, une caractérisation de la qualité de l'eau souterraine, un sondage piézométrique des puits privés, l'installation de puits d'observation, des essais de perméabilité et des essais hydrauliques dans des puits d'observation ont constitué l'essentiel des travaux réalisés dans le cadre de cette campagne. Les conclusions suivantes ont pu être tirées à partir des observations :

- › Inventaire des puits privés : Vingt-cinq puits privés ont été répertoriés dans un rayon de 3 km autour de la zone du futur site minier. La plupart de ces puits sont situés au nord du projet et sont installés en profondeur dans le roc.
- › Zone de la future fosse :
 - Deux unités hydrogéologiques ont été trouvées dans cette région. La première unité consiste en une épaisseur de dépôts meubles, du silt sableux, qui peut atteindre une épaisseur de 40 m. Cette épaisseur a été observée dans la partie nord-est de la fosse. La seconde unité sous-jacente est composée de roc fracturé de composition gneissique (paragneiss).
 - La profondeur de la nappe phréatique dans le roc varie grandement d'un endroit à l'autre. Elle est à la surface à certains endroits alors qu'elle peut atteindre 38 m sous cette dernière dans une autre zone. De façon générale, le niveau de l'eau se situe entre 481 m et 572 m au-dessus du niveau de la mer. Des conditions artésiennes ont été observées pour l'aquifère dans le roc au nord-est et au sud-ouest du gisement. Cette variation importante du niveau de l'eau est typique des régions caractérisées par une topographie variable.
 - À l'échelle du site, la nappe phréatique peut être représentée par un dôme piézométrique orienté nord-est/sud-ouest où l'eau s'écoule sur chaque côté de cet axe. La dynamique de l'écoulement hydrogéologique est influencée par la topographie et les surfaces de drainage du sous bassin. L'écoulement se fait du sud vers le nord en direction de la rivière Matawin.
 - Les essais de pompages réalisés dans la zone d'étude à des débits constants de 1,2 et 5,2 L/s pour des durées comprises entre 24 et 48 heures ont montrés des rayons d'influence du rabattement de la nappe entre 270 m et 600 m du puits de pompage.
 - Les conductivités hydrauliques calculées pour les différentes unités ont montré des résultats plutôt variables. La conductivité hydraulique dans le roc non-fracturé est plutôt faible à 1×10^{-9} m/s alors qu'elle atteint 2×10^{-5} m/s pour le roc fracturé. Une baisse de conductivité hydraulique est associée à une augmentation de la profondeur avec une valeur moyenne de 2×10^{-7} m/s. Les valeurs les plus hautes sont généralement associées à la zone minéralisée. La conductivité hydraulique des dépôts meubles (till) est comprise entre 1×10^{-8} m/s et 3×10^{-6} m/s.

Plan de réaménagement et de restauration pour le site du projet minier Matawinie		Original Version 00
24/10/2019	654068-6200-4EER-0001	Rapport technique
		3-31



- La transmissivité du roc est comprise entre 6×10^{-6} m²/s et 2×10^{-4} m²/s et son coefficient d'emmagasinement est de 1×10^{-3} m/s à 6×10^{-5} m/s ce qui est typique des aquifères dans le roc fracturé.

Une campagne d'investigation complémentaire a eu lieu à l'été 2019. Le programme vise principalement les zones sélectionnées pour la déposition des résidus et stériles miniers et pour les infrastructures de gestion des eaux afin de réaliser l'ingénierie détaillée.

3.4.2.2 Qualité des eaux souterraines

La qualité des eaux souterraines sur le site du futur projet et dans les environs a été déterminée pour établir les conditions existantes avant l'établissement des activités minières (SNC-Lavalin, 2016 et 2017c). Des échantillons d'eau souterraine ont été collectés dans six puits d'exploration, 15 puits privés et deux sources d'eau en surface. Ces échantillons ont été analysés dans un laboratoire certifié. Les résultats suivants sont ressortis des analyses :

- › L'eau souterraine de la région est décrite comme étant de l'eau douce, considérant la faible concentration de solides en solution. Cette concentration varie entre 38 mg/L et 240 mg/L.
- › La signature géochimique de l'eau souterraine dans la zone à l'étude est caractérisée par la présence de calcium (Ca) et de carbonates (HCO₃). L'eau souterraine échantillonnée dans les puits privés installés dans les dépôts de surface a une signature riche en calcium et en carbonates alors que celle échantillonnée dans les puits plus profonds (roc) montre une signature plus variable avec des proportions de magnésium (Mg) et de sulfates (SO₄).
- › L'ensemble des paramètres analysés rencontre les critères provinciaux pour l'eau de consommation et/ou de résurgence dans les eaux de surface (PPSRTC). Seules des mesures ponctuelles au niveau de la concentration en fer et en manganèse ont excédé ces critères. Par contre, il est bon de mentionner que ces critères sont d'ordre esthétique¹⁹ pour l'eau de consommation tel que recommandé par Santé Canada.
- › Des concentrations atypiques de bactéries (critère d'eau de consommation – 200 CFU/100 ml) ont été trouvées dans trois puits privés et deux autres sources échantillonnées. Une concentration de bactérie E. coli a même été trouvée dans une source d'eau.
- › Deux autres puits ont montré des concentrations en métaux dissous (Cu, As et Al) excédant les critères pour les eaux de résurgence (PPSRTC).

¹⁹ Les critères fixés pour le fer ($\leq 0,3$) et le manganèse ($\leq 0,05$) sont des critères esthétiques, c'est-à-dire qu'ils ont été établis en fonction de considérations esthétiques, soit le goût et les taches sur la lessive/plomberie.

Plan de réaménagement et de restauration pour le site du projet minier Matawinie		Original Version 00
24/10/2019	654068-6200-4EER-0001	Rapport technique
		3-32



3.4.3 Bilan d'eau

La gestion de l'eau sur le site du projet minier Matawinie a été planifiée en trois phases de façon à bien représenter les besoins changeants au niveau de la gestion de l'eau. La phase A correspond aux années 0 à 5, la phase B1 correspond aux années 6 à 15 et la phase B2 couvre les années de 16 à 26. Le Tableau 3.9 montre les quantités d'eau associées à chacune des sources d'eau durant l'exploitation de la mine. Cette estimation est moyenne et ne montre pas les variations saisonnières pour certaines sources. Les Figure 3.14 à Figure 3.16 montrent le schéma de gestion des eaux pour chacune des phases (A, B1 et B2) avec les différentes stations de pompage requises et les débits prévus.

Tableau 3.9 : Bilan d'eau moyen durant les années d'exploitation de la mine

Type d'eau	Phase de gestion des eaux	Quantité d'eau	
		m ³ /jour	m ³ /an
Eau fraîche du puits	Toutes	454	165 710
Eau sanitaire traitée	Toutes	19	6 935
Eau de procédé à traiter	Toutes	2 208	805 920
Eau traitée requise pour le procédé	Toutes	2 747	1 002 655
Eaux de ruissellement ²⁰	A	2 311	843 483
	B1	3 275	1 195 488
	B2	2 597	947 851
Eau de dénoyage incluant l'eau souterraine à traiter	A	1 487	542 705
	B1	1 760	642 246
	B2	2 417	882 066
Effluent final	A	2 130	777 454
	B1	2 888	1 054 169
	B2	3 204	1 169 346

²⁰ Le ruissellement tient compte d'un facteur de ruissellement ainsi que de l'évapotranspiration.

Plan de réaménagement et de restauration pour le site du projet minier Matawinie		Original Version 00
24/10/2019	654068-6200-4EER-0001	Rapport technique
		3-33

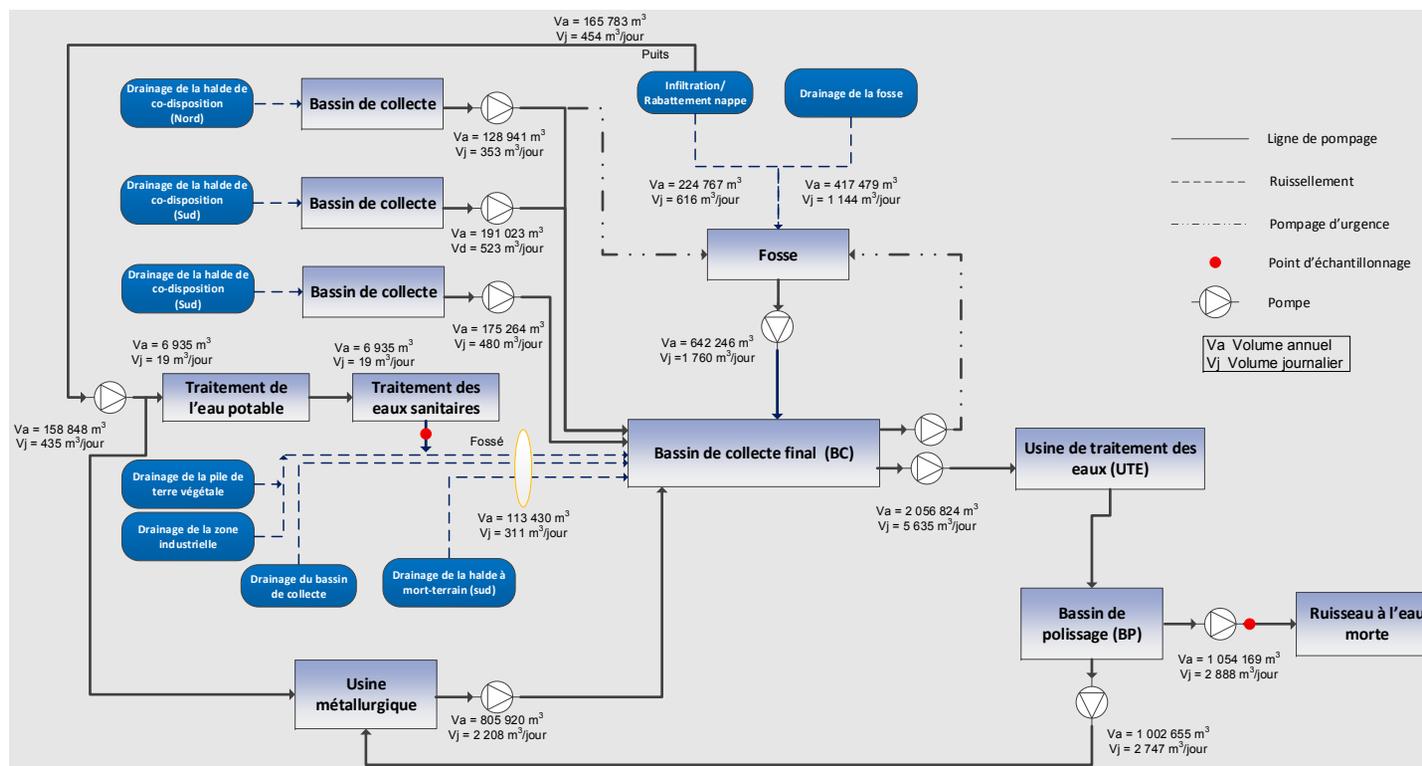


Figure 3.15 : Schéma de la gestion des eaux pour la phase B1 (années 6 à 15)²²

22 Le bilan de la gestion des eaux sera mis à jour à l'ingénierie détaillée pour les demandes de certificat d'autorisation

Plan de réaménagement et de restauration pour le site du projet minier Matawinie		Original Version 00
24/10/2019	654068-6200-4EER-0001	Rapport technique

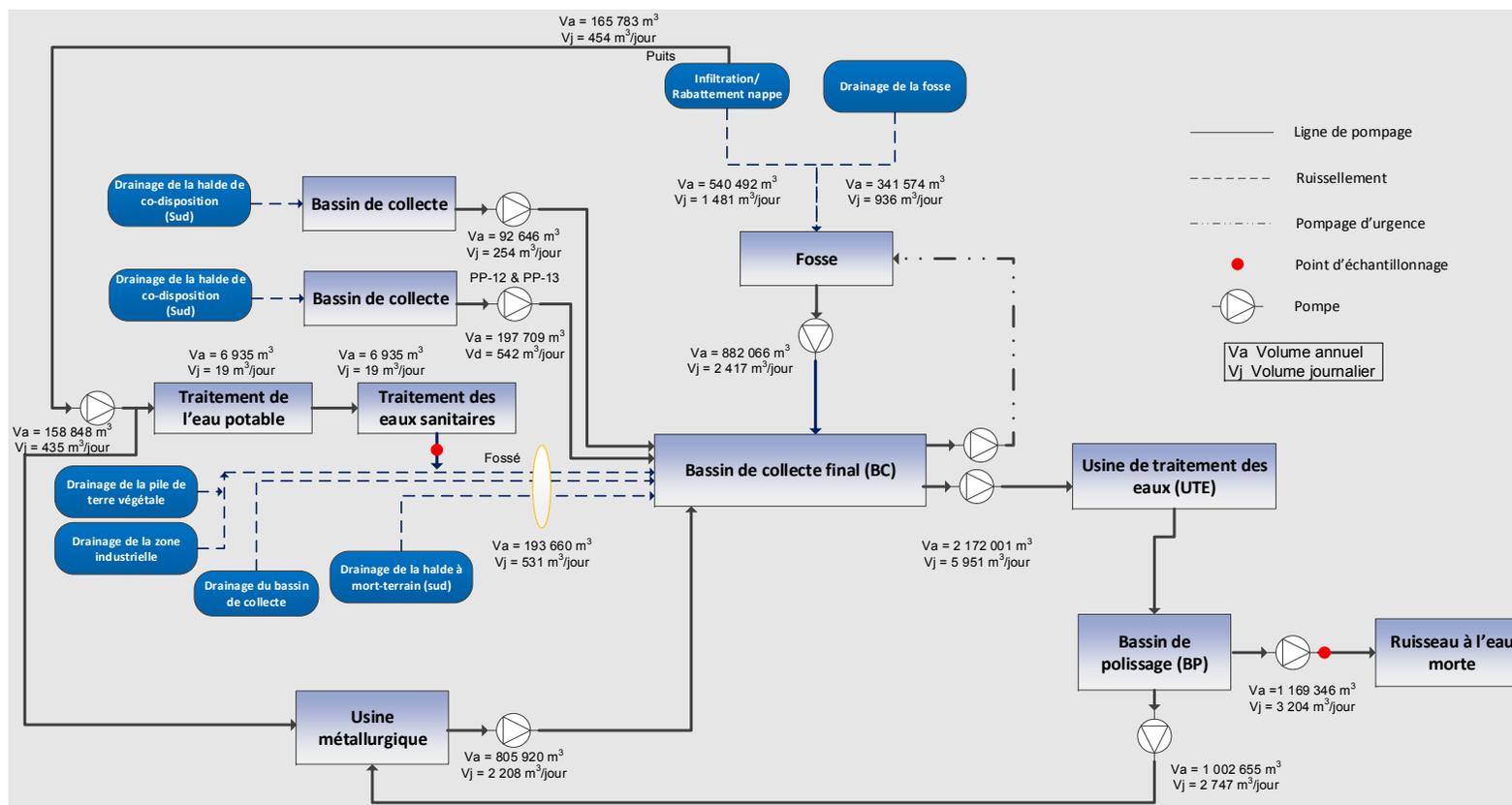


Figure 3.16 : Schéma de la gestion des eaux pour la phase B2 (années 16 à 26)²³

23 Le bilan de la gestion des eaux sera mis à jour à l'ingénierie détaillée pour les demandes de certificat d'autorisation

Plan de réaménagement et de restauration pour le site du projet minier Matawinie		Original Version 00
24/10/2019	654068-6200-4EER-0001	Rapport technique
		3-36

3.4.3.1 Eaux de ruissellement

Selon le plan de développement, la mine sera exploitée pour une durée de 26 ans. Pour ce qui est des eaux de surface, un système de drainage efficace sera mis en place pour ségréguer les eaux de contact potentiellement contaminées avec les eaux non-contact, soient les eaux ayant contact avec les aires d'accumulation de minerais ou de stériles et les eaux de la zone industrielle. Les eaux non-contact seront déviées directement dans l'environnement par des fossés de dérivation.

Les eaux de contact, qui incluent les eaux du ruissellement des haldes de co-disposition et de mort-terrain et de la zone industrielle, seront acheminées par des fossés de collecte vers les bassins de collecte. Durant la vie de la mine, un total de quatre (4) bassins de collecte seront construits, lesquels permettront la sédimentation primaire des particules de sol avant le traitement dans l'Unité de Traitement des Eaux (UTE).

3.4.3.2 Eaux du dénoyage de la fosse

L'étude de faisabilité prévoit que les eaux d'exhaure de la fosse seront recueillies directement dans le fond de celle-ci par pompage, puis acheminées vers le bassin de collecte final (BC) via le réseau de collecte (fossés). Les eaux d'exhaure incluent notamment les précipitations et l'infiltration de l'eau souterraine dans la fosse. Ces eaux seront traitées au besoin, car elles peuvent contenir des produits azotés advenant une combustion incomplète des explosifs, des liquides hydrauliques et/ou des concentrations en métaux associées au contact avec le minerai, les roches stériles ou la paroi de la fosse.

Une estimation de 1 487 m³/jour pour la phase A, 1 760 m³/jour pour la phase B1 et 2 417 m³/jour pour la phase B2 a été faite pour les volumes d'eau d'exhaure de la fosse incluant les précipitations et l'infiltration, lesquelles seront envoyées au bassin de collecte pour être traitées. Ces estimations correspondent aux différentes conditions de rabattement de la nappe en fonction des activités d'exploitation de la fosse et de retour des rejets miniers en co-disposition dans la fosse.

3.4.3.3 Eaux de procédé

L'usine de traitement du minerai ainsi que l'usine de désulfuration des résidus emploieront la flottation comme procédé et ce traitement par voie humide requiert une quantité importante d'eau.

L'approvisionnement en eau fraîche sera nécessaire pour fournir de l'eau avec une concentration très faible en solides et en sels et une absence totale d'huile ou de fluide hydraulique pour maintenir l'étanchéité des pompes de l'usine de traitement du minerai. Une quantité de 454 m³/jour à partir d'un puits sera nécessaire pour combler ces besoins. Deux réservoirs d'eau de procédé seront construits afin de maximiser la récupération et la recirculation d'eau dans l'usine. Un puits d'eau fraîche sera installé entre la fosse et le site de l'usine pour les besoins en eau potable et l'eau de scellement des pompes.

L'eau fraîche du puits ainsi que l'eau traitée de l'UTE seront acheminées aux usines comme eau d'appoint afin d'assurer le bon fonctionnement des pompes et compenser la perte d'eau dans le procédé par l'évaporation durant le séchage du concentré de graphite et par la sortie d'eau avec les résidus de traitement. Le surplus d'eau de l'usine de désulfuration, qui ne sera pas possible de réutiliser dans le procédé, sera déchargé dans le bassin de collecte final pour être traité ensuite dans l'UTE. La Figure 3.17 présente le bilan d'eau pour l'usine de traitement du minerai et l'usine de désulfuration.

Plan de réaménagement et de restauration pour le site du projet minier Matawinie		Original Version 00
24/10/2019	654068-6200-4EER-0001	Rapport technique
		3-37

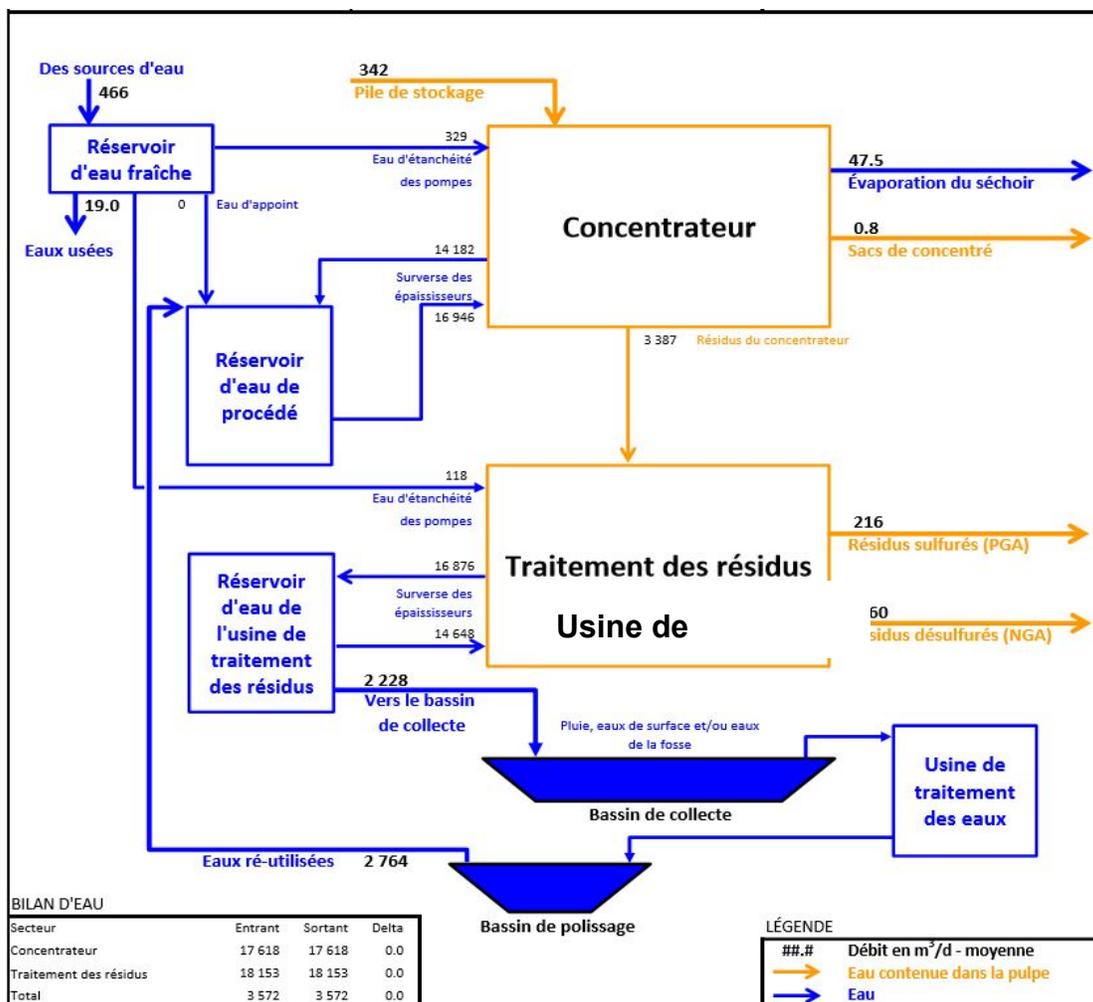


Figure 3.17 : Bilan d'eau de l'usine de traitement du minerai²⁴

²⁴ Les données utilisées pour réaliser le bilan d'eau présentées dans l'EIES (tableau 3-9 et figures 3.13 à 3.15) sont les données préliminaires disponibles dans l'ingénierie de faisabilité, soit 454 m³/j d'eau fraîche provenant du puits, 2 208 m³/jour de surplus d'eau de procédé à envoyer au bassin de collecte final pour traitement et 2 747 m³/j d'eau traitée recirculée vers l'usine de traitement du minerai et de désulfuration. Les valeurs pour le secteur de l'usine ont depuis été mises à jour, tel que reflété à la figure 3.16, et celles du bilan d'eau seront conséquemment mises à jour lors de l'ingénierie détaillée. La différence n'apporte pas de changement sur le dimensionnement des ouvrages de gestion des eaux, ni sur la qualité simulée de l'eau à l'effluent.

3.4.3.4 Bassins de collecte et bassin de sédimentation

Au total quatre (4) bassins de collecte (BC-1, BC-2, BC-3 et BC-4) seront construits durant la vie de la mine pour la gestion des eaux de contact sur le site minier. Ces eaux de contact proviennent du dénoyage de la fosse, du procédé d'enrichissement du minerai et du ruissellement de la halde de co-disposition des résidus et des stériles miniers, de la halde à mort-terrain et de la halde de terre végétale.

Les bassins de collecte et le système de pompage seront conçus pour gérer la crue de projet d'une pluie de récurrence 1 : 2000 ans avec une durée de 24 heures combinée à une fonte des neiges de récurrence 1:100 ans durant 30 jours consécutifs telle qu'exigée par la Directive 019 du MELCC. Les sédiments seront excavés périodiquement ou lorsque requis et seront disposés dans la halde de co-disposition. Les fossés de collecte seront conçus pour le transport des eaux d'une crue de projet avec une récurrence 1:100 ans. De plus, aucune digue n'a été considérée dans la conception afin d'éliminer complètement les risques associés à la présence de tels ouvrages de rétention d'eau. Toutes les eaux de contact seront acheminées et homogénéisées dans le bassin de collecte final à proximité de l'unité de traitement des eaux (UTE). L'eau traitée et clarifiée de l'UTE sera ensuite acheminée dans le bassin de polissage. De là, l'eau traitée sera en priorité retournée à l'usine de traitement du minerai et le surplus d'eau sera pompé vers l'environnement. Au total, les bassins auront un volume d'environ 945 700 m³.

Les dimensions de chaque bassin sont présentées au Tableau 3 10.

Tableau 3.10 : Dimensions des bassins de collecte

Bassin	Superficie (m ²)
BC-1	19 300
BC-2	18 500
BC-3	13 000
BC – Phase A	18 600
BC – Phase B (superficie finale du bassin de collecte)	31 500
BP	12 000

Note : La superficie des bassins présentée est basée sur les informations de l'étude de faisabilité du NI 43101 et sera réévaluée dans les phases subséquentes d'ingénierie.

Plan de réaménagement et de restauration pour le site du projet minier Matawinie		Original Version 00
24/10/2019	654068-6200-4EER-0001	Rapport technique
3-39		

3.4.3.5 Effluent final

L'eau traitée par l'UTE se déchargera par gravité dans le bassin de polissage à partir duquel elle sera pompée vers le procédé de traitement du minerai ou s'il y a surplus, vers le milieu récepteur. Le point de rejet de l'effluent final se trouve au sud du site dans le ruisseau à l'Eau Morte (se référer à la Figure 3.11 pour voir l'emplacement de l'effluent final).

La philosophie de gestion des eaux préconise la réutilisation de l'eau traitée dans le procédé afin de minimiser son approvisionnement en eau fraîche ainsi que les quantités retournées vers le milieu récepteur. À partir du bassin de polissage, l'effluent final sera pompé vers l'UTE où une vérification de la qualité d'eau sera effectuée avant la décharge vers le ruisseau à l'Eau Morte via une conduite en polyéthylène haute densité (PEHD). Cette conduite aura une longueur de 1,8 km et 400 mm de diamètre nominal. Si le contrôle de qualité ne répond pas aux critères applicables de la Directive 019 du MELCC, l'eau sera pompée vers le bassin de collecte final en amont de l'UTE. En cas de crue exceptionnelle, et advenant que les autres bassins de collecte soient à pleine capacité, comme mesure exceptionnelle, la fosse pourrait être utilisée temporairement pour entreposer l'eau qui pourrait ne pas répondre aux critères de qualité environnementaux.

Au total, trois (3) pompes seront installées entre le bassin de collecte et l'unité de traitement des eaux permettant de transférer un débit maximal de 900 m³/h vers l'UTE. Le nombre de pompes en service sera modulé selon le niveau d'eau dans le bassin de polissage. De plus, les pompes seront munies de contrôle avec variateur de fréquence (VFD) et le débit de pompage pourra être contrôlé. Un enrochement de protection sera conçu au bout de la conduite d'effluent final afin de réduire la vitesse d'eau et par la suite minimiser l'érosion des rives du ruisseau. Les volumes d'eau moyens rejetés par jour évolueront en fonction des phases de gestion des eaux présentées précédemment. Durant la phase A, l'effluent aura un débit moyen de 2 130 m³/jour. Ce débit augmentera à 2 888 m³/jour pour la phase B1 et à 3 204 m³/jour pour la phase B2.

3.4.3.6 Traitement final

Le procédé de traitement des eaux contaminées sera conçu de manière à cibler les contaminants potentiels afin de respecter les critères pour l'effluent final de la Directive 019. L'UTE sera en mesure de corriger le pH de l'eau, traiter les matières en suspension ainsi que les métaux lourds si ces derniers s'avèrent élevés et dépassent les normes à respecter. L'UTE sera construite de façon modulaire afin de satisfaire au besoin d'expansion futur durant la vie de la mine. Le Tableau 3 11 présente la qualité projetée de l'effluent final.

Plan de réaménagement et de restauration pour le site du projet minier Matawinie		Original Version 00
24/10/2019	654068-6200-4EER-0001	Rapport technique
		3-40

Tableau 3.11 : Qualité projetée de l'effluent final

Paramètre	Symbole	Unité	Qualité attendue à l'entrée de l'UTE	Qualité attendue à la sortie de l'UTE	Directive 019
pH	pH	-	6,4	6,0 - 9,5	6,0 - 9,5
MES		mg/L	519	<15	15
Arsenic	As	mg/L	<0,004	<0,004	0,2
Cuivre	Cu	mg/L	0,015	<0,015	0,3
Fer	Fe	mg/L	6,8	<3	3
Manganèse	Mn	mg/L	1,81	<0,050	
Nickel	Ni	mg/L	0,073	<0,050	0,5
Plomb	Pb	mg/L	<0,002	<0,002	0,2
Zinc	Zn	mg/L	0,106	<0,020	0,5
Cyanures totaux ²⁵	CN	mg/L	-	-	1
Hydrocarbures (C ₁₀ -C ₅₀)		mg/L	-	<2	2
Toxicité aiguë (daphnie et truite)			absence	absence	absence

Le système de traitement des eaux usées minières tient compte des caractéristiques du milieu récepteur en fonction des technologies disponibles et économiquement réalisables. Les méthodes de traitement des eaux et de gestion de retour au milieu récepteur (point de rejet) prévues permettent aussi d'aller au-delà des critères définis dans la Directive 019 sur l'industrie minière et sont orientées vers l'atteinte des objectifs environnementaux de rejet (OER).

Précisément, le procédé consiste en un module de neutralisation de pH, un module de dosage de coagulants, un module de dosage de floculants/polymères, un module d'ajustement de pH et enfin un module de filtration par Géotubes. Le dosage des coagulants et floculants permet de précipiter les métaux et agglomérer des solides en suspension en floes de plus grandes tailles qui seront plus facilement retenus par les Géotubes. Il faut mentionner que si les métaux nécessitent un traitement, un coagulant organique sulfuré pourrait être appliqué et le précipité, de nature très stable, sera floculé par la suite et retenu par les Géotubes. Les boues retenues par les Géotubes seront récupérées et disposées dans les halles de co-disposition. Les contaminants possibles et les mesures d'atténuation ont été identifiés au Tableau 3.12.

²⁵ Les cyanures ne sont pas utilisés dans le procédé de traitement du minerai.

Plan de réaménagement et de restauration pour le site du projet minier Matawinie		Original Version 00
24/10/2019	654068-6200-4EER-0001	Rapport technique
		3-41

Tableau 3.12 : Contaminants probables et potentiels et mesures d'atténuation associées

Contaminant	Origine	Mesure d'atténuation
Contaminants probables		
pH	Produits de l'oxydation des sulfures	Neutralisation du pH à l'UTE
Matières en suspension	Ruissellement naturel	Sédimentation dans les bassins de collecte et coagulation/floculation dans l'UTE
Métaux lourds : Zn, Fe, Ni	Haldes de co-disposition avec la lixiviation potentielle des résidus	Précipitation à un pH alcalin et/ou précipitation par coagulant organique
Contaminants potentiels		
Xanthate (PAX)	Procédé de désulfuration	Contrôle dans le procédé et dégradation naturelle
Hydrocarbures	Garage, déversement accidentel des véhicules	Séparateur huile/eau au garage et méthode de travail normalisée (SOP) pour les déversements accidentels des hydrocarbures
Azote ammoniacal	Explosifs et eaux sanitaires	Gestion adéquate des explosifs, dégradation naturelle et entretien du système de traitement des eaux sanitaires
Methyl Isobutyl Carbinol (MIBC)	Procédé de flottation et désulfuration	Adsorbés par les particules de graphite puis presque entièrement brûlés lors du séchage du concentré de graphite Volatilisation et la dégradation naturelle et/ou biologique auront lieu
Diesel	Procédé de flottation	Adsorbés par les particules de graphite puis presque entièrement brûlés lors du séchage du concentré de graphite

3.4.3.7 Traitement de l'eau potable

Un système d'ultrafiltration sur membranes sera utilisé pour traiter l'eau, afin de fournir de l'eau potable aux employés. Cette eau proviendra d'un puits qui couvrira les besoins en eau potable de 19 m³/j.

Plan de réaménagement et de restauration pour le site du projet minier Matawinie		Original Version 00
24/10/2019	654068-6200-4EER-0001	Rapport technique
		3-42

3.4.3.8 Eaux usées domestiques

Il y aura un (1) système de traitement des eaux usées sanitaires de l'usine de traitement du minerai, conçu pour une centaine de personnes. Ces eaux proviendront de la cafétéria, des toilettes et des douches qui seront installées dans la zone industrielle du site. Pour les eaux sanitaires, un traitement secondaire avancé sera minimalement installé et les modules de déphosphoration et UV (traitement tertiaire) seront également ajoutés. Il est à noter qu'un point d'échantillonnage et de contrôle est prévu pour l'effluent sanitaire afin de s'assurer que la qualité des effluents est conforme. Au niveau du volume, le débit des eaux sanitaires est de l'ordre de 19 m³/j et le volume des eaux sanitaires représente seulement environ 0,1% des eaux usées minières. Les eaux usées sanitaires et l'eau de douche seront collectées dans des tuyaux souterrains et acheminées aux unités de traitement modulaires. Les boues devront être enlevées environ deux fois par année par un entrepreneur local. La qualité attendue des eaux sanitaires traitées est montrée au Tableau 3 13.

Tableau 3.13 : Qualité attendue des eaux sanitaires traitées

Paramètre	Moyenne
Demande biochimique en oxygène – partie carbonée, cDOB ₅ (mg/L)	Typiquement 15 (<25)
Solide en suspension totaux (mg/L)	Typiquement 15 (<25)
Escheria coli (UFC/100 ml)	1 000
Phosphore total (mg/L)	Typiquement 0,5 (< 1)

3.5 Lieux d'entreposage et d'élimination

3.5.1 Produits chimiques, pétroliers et explosifs

3.5.1.1 Produits chimiques

Des produits chimiques seront utilisés pour le traitement du minerai et la désulfuration des résidus. Des quantités suffisantes seront maintenues sur place pour s'assurer de ne jamais interrompre la production. Les quantités exactes seront connues au moment de la mise à jour du plan de fermeture, une fois que la mine sera en opération.

La liste des produits chimiques comprend notamment : le xanthate amylique de potassium (PAX), des floculants et le Methyl Isobutyl Carbinol (MIBC).

Des produits chimiques sont également requis pour l'unité de traitement des eaux : la chaux, le bicarbonate de soude, l'acide sulfurique, des floculants et des coagulants.

3.5.1.2 Produits pétroliers

Le site sera entièrement alimenté par l'électricité à l'exception d'une génératrice de 1,5 MW qui se trouvera près de la principale sous-station électrique. La génératrice d'urgence, ainsi que le moteur de la pompe du système de protection des incendies, fonctionneront avec du diésel. Dans chaque cas, il est prévu qu'un petit réservoir de diésel soit localisé à côté de l'équipement, d'une capacité de l'ordre de 1 000 litres (1 m³).

Plan de réaménagement et de restauration pour le site du projet minier Matawinie		Original Version 00
24/10/2019	654068-6200-4EER-0001	Rapport technique
		3-43

Ces réservoirs seront à double paroi ou munis d'une cuvette de rétention (capacité de rétention équivalente à 110% de la capacité du réservoir).

À l'intérieur du concentrateur, une petite zone sera réservée pour l'entreposage des huiles et graisse nécessaire à l'entretien et au fonctionnement des différents équipements.

Également, le garage contiendra une faible quantité de produits (lubrifiants) servant surtout à l'entretien de la machinerie lourde.

Du diesel sera aussi requis au site pour le procédé de flottation lors du traitement du minerai. Il sera stocké dans un réservoir à proximité des installations. Ainsi, seul le carburant utilisé par le procédé sera entreposé sur le site dans un réservoir extérieur d'une capacité de 54 m³. À l'intérieur du concentrateur, il y aura également un réservoir de 1,2 m³ pour les besoins quotidiens.

3.5.1.3 Produits explosifs

Le dynamitage sera réalisé à l'aide d'explosifs d'émulsion en vrac qui seront transportés au site dans des camions citernes de 20 000 kg et transférés dans une citerne de 35 000 kg. Cette citerne alimentera par pompage un camion pouvant transporter 12 000 kg d'émulsion qui remplira directement les trous de dynamitage. La quantité d'explosif utilisée annuellement est estimée à 1 650 000 kg de Centra Gold 100 (ou produit équivalent). Par contre, les explosifs ne seront pas entreposés sur le site. Une entreprise spécialisée externe sera mandatée pour tous les besoins en matière d'explosifs et de sautage et les livraisons se feront directement au besoin. Le transport des émulsions et des détonateurs se fera séparément et la préparation se fera au site du sautage.

3.5.2 Matières résiduelles non dangereuses

Le système de gestion environnementale de NMG prévoit la disposition régulière des matières résiduelles et entend appliquer les principes des 3RV tels que proposés dans la Politique de gestion des matières résiduelles du MELCC. Cette politique préconise la gestion des matières résiduelles afin de prévenir ou réduire leur production ainsi que de promouvoir leur récupération et leur mise en valeur afin de limiter la quantité des matières ultimes à éliminer dans un site d'enfouissement autorisé.

Avant chaque phase du projet (construction, exploitation et fermeture), un inventaire détaillé sera réalisé afin de comptabiliser les matériaux ayant un fort potentiel de réemploi ou de recyclage ainsi qu'afin d'évaluer les volumes des matériaux qui auraient pu être exposés à la contamination. Cet inventaire sera suivi d'une estimation des quantités et des volumes des matières résiduelles et des différents matériaux présents sur les lieux. Ces travaux permettront de statuer sur le mode de gestion prévu en appliquant les principes de 3RV.

Les matières résiduelles seront générées par les activités de construction et de démolition lors de la fermeture, par l'exploitation du garage de maintenance, ainsi qu'à partir des aires de repos et des bureaux administratifs. Les débris de construction et de démolition devront être gérés par les entrepreneurs chargés des travaux. La présentation des services de ces entrepreneurs devra considérer les engagements qu'ils comptent prendre afin de minimiser l'enfouissement des déchets et de favoriser un tri à la source.

Plan de réaménagement et de restauration pour le site du projet minier Matawinie		Original Version 00
24/10/2019	654068-6200-4EER-0001	Rapport technique
		3-44

Au garage, les matières résiduelles proviendront des activités d'entretien et de réparation de la machinerie. Il y aura des pièces d'équipement désuètes, des emballages, etc.

Finalement, les matières résiduelles produites dans les aires de repos et les bureaux consisteront en des débris provenant de la cantine (il n'y aura pas de cuisine sur le site), du papier, des cartons, des cartouches d'encre, etc. Les matières recyclables seront séparées des déchets non valorisables conformément à ce que les installations locales peuvent recevoir (idem pour les matières compostables). Ces matières seront entreposées dans des bacs ou des conteneurs dédiés à chacun des types de matières et disposés à proximité des installations industrielles et là où nécessaire.

3.5.3 Matières résiduelles dangereuses

La gestion des matières résiduelles dangereuses (MRD) au site du projet Matawinie suivra un protocole (à être élaboré). Ce protocole prévoira un cheminement sécuritaire des MRD jusqu'à leur disposition finale. Il s'agit d'un processus qui permettra de rencontrer les exigences environnementales et légales. Les MDR visées par ce protocole sont : les absorbants contaminés, les aérosols, l'antigel usé, les barils usagés, les batteries et acides, les filtres, les fluorescents, les graisses usées, les huiles usées, les peintures, les pneus, les produits pétroliers et les solvants usés. NMG suivra les modalités d'entreposage du Règlement sur les matières dangereuses. Sur le site, il y aura des conteneurs en permanence pour entreposer les MRD.

L'emplacement de l'entreposage des MRD sur le site est à définir. Un transporteur autorisé effectuera la collecte des MRD sur une base régulière ou au besoin.

Il est prévu que les matières résiduelles dangereuses seront entreposées temporairement de façon à éviter tout déversement ou risque pour la santé et sécurité du personnel (ex. à l'intérieur d'un bâtiment ou dans un bac étanche).

Plan de réaménagement et de restauration pour le site du projet minier Matawinie		Original Version 00
24/10/2019	654068-6200-4EER-0001	Rapport technique
		3-45

4.0 MESURES DE PROTECTION, DE REAMENAGEMENT ET DE RESTAURATION

4.1 Sécurité des aires de travail et des ouvertures au jour

Une partie de la fosse sera remblayée en cours d'exploitation par des résidus et des stériles miniers. Cette portion de la fosse sera donc considérée comme étant sécurisée. L'autre portion de la fosse sera sécurisée pendant l'exploitation, au fur et à mesure que le contour de la fosse aura atteint sa position finale en surface. La sécurisation sera réalisée à l'aide d'une barrière de blocs de roche d'un diamètre moyen de 1,5 m (et espacés d'au plus 30 cm) ou par une levée (berme), disposée à une distance sécuritaire de la fosse. La distance sécuritaire sera déterminée par une analyse de stabilité qui sera faite durant la phase d'ingénierie détaillée.

À la fin de l'exploitation, un plan d'eau se formera dans la portion non remblayée de la fosse, soit la section nord. Cette option consiste à laisser le niveau d'eau monter afin de créer un lac et un milieu humide sur les berges ou aux endroits applicables (à valider).

Une modélisation hydrogéologique sera complétée afin de confirmer le temps de remontée de l'eau dans la fosse, son niveau statique, et effectuer les études requises pour la mise en place d'un déversoir. Ainsi le remplissage complet permettra la formation d'un lac et d'un milieu humide au pourtour de la fosse lorsque la nappe phréatique du secteur reprendra sa position. Le retour des résidus et stériles miniers dans la fosse n'est prévu qu'à l'année 6 de l'exploitation. Les détails de cette étude seront réalisés lors des phases d'ingénierie subséquentes et les résultats seront intégrés à la prochaine révision du plan de restauration.

Les travaux reliés à la mise en place de la barrière seront faits par la machinerie en place durant l'exploitation, au fur et à mesure que le contour de la fosse aura atteint sa position finale en surface, de sorte qu'à la fin de la vie de la mine, seul l'accès à la fosse sera à sécuriser. Des panneaux indicateurs indiqueront la présence de la fosse.

4.2 Démantèlement des bâtiments et des infrastructures

Les bâtiments et infrastructures concernés sont :

- › Le concasseur fixe;
- › Le dôme d'entreposage du minerai concassé ;
- › Le bâtiment du concentrateur ;
- › L'usine de désulfuration ;
- › Les dômes d'entreposage des résidus miniers ;
- › Le garage ;
- › L'entrepôt ;
- › L'unité de traitement des eaux;
- › La sous station et la ligne d'alimentation électrique de 120 kV.

Ces bâtiments et infrastructures seront démantelés et, dans la mesure du possible, ils seront disposés sur les marchés de récupération et de l'utilisateur. Toutes les aires qui auront été occupées seront nivelées et mises en végétation.

Plan de réaménagement et de restauration pour le site du projet minier Matawinie		Original Version 00
24/10/2019	654068-6200-4EER-0001	Rapport technique
4-1		

Le tri pour les matériaux de démolition de la propriété sera fait. Les matériaux de démolition contaminés par le concentré seront décontaminés avant leur réutilisation ou leur disposition. Les matières résiduelles générées par le démantèlement des bâtiments et infrastructures seront gérées en conformité avec l'approche 3RV-E, telle que mise de l'avant par la *Politique québécoise de gestion des matières résiduelles, plan d'action 2011-2015*. La réduction à la source, le réemploi, le recyclage et la valorisation seront donc privilégiés afin de détourner la plus grande quantité possible de matières résiduelles non dangereuses du site d'enfouissement. Le plus de matériaux possible seront recyclés (métal de structure, tôle, bois) et ce qui ne pourra être récupéré sera géré selon le *Règlement sur l'enfouissement et l'incinération de matières résiduelles* (Q2, r.19) de la *Loi sur la qualité de l'environnement*.

Les activités de démantèlement comprendront les étapes suivantes:

- › Vidanger et nettoyer méticuleusement tout matériau solide, liquide, pulpeux et boueux, toutes les pièces d'équipement de manutention, de procédé, de production et de services, telles boîtes de pompes, puisard, etc. Une attention particulière sera apportée pour minimiser toutes contaminations additionnelles.
- › Disposer de tous matériaux solides ou liquides selon leur caractérisation définie par la réglementation en vigueur, telle que : déchets solides, déchets liquides, produits contaminants, hydrocarbures, déchets dangereux, etc.
- › Disposer des produits résiduels (i.e. déchets dangereux) qui pourront être générés lors de ladite décontamination.
- › Démanteler toutes les pièces d'équipement et les bâtiments et profiter de l'opportunité de revendre et de recycler tout ce qui est possible.
- › Les fondations qui seront laissées en place seront arasées au niveau du sol. Les dalles de fondations seront brisées et excavées pour être ensuite enfouies. S'il y a lieu, les dalles souillées par des hydrocarbures seront d'abord décontaminées avant d'être cassées. Les murs de fondation hors sol seront démantelés et disposés.

4.3 Démantèlement des infrastructures électriques, de transport et de soutien

4.3.1 Infrastructure électrique

Il est considéré dans ce plan de restauration que toutes les infrastructures électriques doivent être démantelées selon la réglementation applicable. Si aucun usage alternatif n'est identifié pour la ligne de transport de 120 kV, la sous-station électrique, les sept salles électriques, les aires de chargements pour l'équipement électrique et la génératrice d'urgence, alors ceux-ci seront démantelés ainsi que les équipements connexes (câbles, pylônes, transformateurs, etc.) pour être vendus ou recyclés.

L'usage alternatif de la ligne électrique 120 kV suivant la fermeture du projet sera discuté avec les parties prenantes. Si le démantèlement de ligne de transport 120 kV est nécessaire, les activités seront supervisées par NMG.

Plan de réaménagement et de restauration pour le site du projet minier Matawinie		Original Version 00
24/10/2019	654068-6200-4EER-0001	Rapport technique
		4-2

4.3.2 Infrastructures de transport

La conservation des différents chemins d'accès sur le site du projet Matawinie sera discutée avec le MERN, la municipalité et les utilisateurs du territoire lors de la cessation des activités minières. Seules les voies confirmées utiles selon les discussions avec les parties prenantes seront conservées ainsi que les chemins d'accès requis pour le suivi environnemental, géotechnique et agronomique du site. Les chemins qui ne seront pas conservés seront restaurés selon les exigences citées ci-dessous après la cessation des activités minières.

Lorsqu'il sera possible de le faire, l'écoulement naturel sur le site sera rétabli et le site sera remis dans un état compatible avec le milieu environnant, soit :

- › les ponts et les ponceaux seront enlevés afin de rétablir l'écoulement naturel de l'eau;
- › les fossés de drainage des routes seront remblayés, sauf s'ils sont requis pour l'usage du site ou inclus dans les techniques de restauration;
- › les fossés qui restent en place seront stabilisés. Des matériaux granulaires ou de l'enrochement appropriés doivent être employés si nécessaire pour éviter les risques d'érosion. Les critères de conception des fossés et autres ouvrages de gestion des eaux seront établis selon les règles de l'art et les normes en vigueur;
- › la surface des routes et les accotements seront scarifiés, nivelés, et mis en végétation afin de prévenir tout problème d'érosion.

4.3.3 Infrastructures de soutien

Tous les équipements des stations de pompage, les conduites d'eau, le système de communication, les clôtures et les conteneurs seront nettoyés et démantelés. Ils seront vendus, recyclés ou éliminés selon les règlements applicables. Toutes les conduites ayant servi au transport de matières dangereuses seront retirées et gérées conformément à la *Loi sur la Qualité de l'Environnement*, au *Règlement sur les déchets dangereux* et au *Règlement sur les déchets solides*. Toutes les infrastructures de soutien seront démantelées et retirées des lieux. La qualité des sols sous-jacents à ces infrastructures sera caractérisée. Ces sols seront gérés (caractérisés, décontaminés, excavés, éliminés, etc.) en fonction des critères de qualité appropriés et les mesures nécessaires seront prises en conformité avec les dispositions de la *Loi sur la Qualité de l'Environnement* et le *Règlement sur la protection et la réhabilitation des terrains*.

4.4 Équipements et machinerie lourde

Divers équipements ainsi que de la machinerie lourde seront requis pour les activités de la future mine. Selon le *Guide de Préparation du Plan de Réaménagement et de Restauration* (MERN, 2017), les équipements d'extraction et de traitement du minerai ainsi que la machinerie lourde qui se trouvent sur le site doivent être inventoriés à la fin de l'exploitation. Le requérant doit indiquer de quelle façon il entend s'en départir, sur le site ou à l'extérieur de ce dernier, lors de la cessation définitive des activités minières. Ainsi, un inventaire sera fait à la fin des activités d'exploitation.

Pour ce qui est de tous les équipements et machineries, ils seront vidangés et nettoyés de tout liquide dangereux (huile, antigel, lave-vitre, diesel si applicable, etc.). Les liquides dangereux seront gérés en conformité avec le *Règlement sur les matières dangereuses* (Q-2, r.32). Ces substances seront placées dans des barils, identifiés, puis acheminés vers un centre d'élimination autorisé.

Plan de réaménagement et de restauration pour le site du projet minier Matawinie		Original Version 00
24/10/2019	654068-6200-4EER-0001	Rapport technique
4-3		

Les équipements ayant une valeur commerciale pourront être vendus ou recyclés. Les équipements et la machinerie appartenant aux entrepreneurs miniers seront retirés du site sous la responsabilité de ces derniers, en suivant la réglementation applicable.

Seuls les équipements et la machinerie lourde requis pour les travaux de restauration seront maintenus ou apportés sur le site à la fin des activités d'exploitation. À la fin des travaux de restauration et de la période de suivi, aucun équipement ne sera laissé sur le site et toute la machinerie sera retirée de l'emplacement. Une caractérisation des aires de stationnement et d'entretien de la machinerie lourde sera effectuée afin de s'assurer de l'absence de contamination et/ou de gérer les sols conformément à la réglementation en vigueur.

4.5 Aires d'accumulation des résidus et stériles miniers

Les résidus miniers sulfurés potentiellement générateurs d'acide (PGA) et les résidus miniers désulfurés non générateurs d'acide (NGA) sortant de l'usine de désulfuration des résidus seront empilés temporairement et séparément dans des dômes. Par la suite, les résidus miniers seront transportés par camion à l'aire d'accumulation des résidus et stériles miniers. Des camions de transport seront dédiés seulement au transport des résidus PGA pour éviter toute contamination. Les stériles miniers provenant de la fosse seront envoyés dans la même aire d'accumulation et seront gérés en co-disposition avec les résidus miniers PGA et désulfurés NGA (halde de co-disposition). Le retour des résidus et stériles miniers dans la fosse à ciel ouvert sera privilégié lorsque qu'un espace suffisant et sécuritaire sera disponible dans la fosse; cette possibilité est directement reliée au plan de minage du projet, à l'accessibilité de la fosse et aux résultats géochimiques du suivi de la halde de co-disposition (provenant des cellules expérimentales, de planche d'essais et lors du suivi des cinq premières années d'exploitation). Ainsi, l'aire d'accumulation des résidus et stériles miniers inclus aussi la partie remblayée de la fosse.

La halde est conçue pour contenir 60% de l'ensemble des résidus et stériles miniers produits durant les opérations. L'autre portion de matériaux, soit 40%, sera co-disposée dans la moitié sud de la fosse laissée vacante par les opérations d'extraction du minerai.

La construction de la halde de co-disposition débutera sur le site à l'ouest de la fosse. Elle aura une capacité totale de 12,2 Mm³, pour les 5 premières années. Cette halde sera ensuite prolongée vers le sud-est et dans la fosse en remblaiement progressif pour rejoindre la halde à l'est de la fosse. Ultimement, il y aura une seule halde de co-disposition et la partie sud de la fosse aura été remblayée.

L'empreinte au sol de la halde de co-disposition sera d'environ 140 hectares et la topographie du site étant variable, la hauteur maximale sera jusqu'à 70 m à partir du sol. L'élévation maximale de la pile sera alors de 586 m par rapport au niveau de la mer. À titre de référence, le point le plus élevé du terrain naturel situé dans l'empreinte de la halde de co-disposition est à une élévation de 580 m par rapport au niveau de la mer. Des bancs d'une hauteur de 6 m avec une pente de 2.5 :1 seront utilisés pour la mise en place des matériaux. L'étude de stabilité géotechnique de la halde de co-disposition est présentée à l'Annexe D. La pente finale de la halde sera de 3H:1V (pente de restauration).

Plan de réaménagement et de restauration pour le site du projet minier Matawinie		Original Version 00
24/10/2019	654068-6200-4EER-0001	Rapport technique
4-4		

Une géomembrane sera installée progressivement au niveau du sol, en fonction de l'augmentation de l'empreinte au sol de la halde, de façon à assurer l'étanchéité sous la halde de co-disposition. Des modélisations numériques effectuées avec la géomembrane donnent un débit de percolation de 0,0058 L/m²/jour. Il est à noter que le débit d'exfiltration est nettement inférieur à la D019 avant même la mesure d'étanchéisation avec géomembrane, donc il s'agit ici d'une mesure préventive. La note technique montrant la méthodologie et les résultats obtenus pour le débit d'exfiltration est à l'Annexe E.

La géométrie de la déposition dans la fosse est liée à l'empreinte de la fosse laissée par la phase d'exploitation. Comme pour la halde de co-disposition, la déposition des rejets sera faite par bancs d'une hauteur de 6 m. À la fin de la vie de la mine, la déposition dans la fosse s'étendra sur une longueur de 1,8 km (la fosse a une longueur totale d'environ 2,6 km). L'ingénierie détaillée et le plan de déposition pour le retour dans la fosse seront réalisés et adaptés si nécessaire selon les résultats de la cellule expérimentale et les premières années d'exploitation de la halde de co-disposition qui permettront de valider le comportement géochimique des résidus miniers et stériles.

4.5.1 Analyse comparative des scénarios de restauration et sélection du scénario de restauration

Plusieurs facteurs ont été considérés dans le choix de la méthode de restauration appropriée. En effet, le choix de la fermeture du site et du recouvrement de la halde de co-disposition est lié aux caractéristiques géochimiques et géotechniques des résidus et stériles miniers et au choix de la méthode de gestion des résidus miniers. Dans le cas de la zone Ouest du bloc Tony du projet Matawinie, la gestion des résidus se fera sans digue. Les résidus seront donc filtrés et transportés par camion. Il a aussi été décidé que les résidus seront désulfurés afin de réduire le volume de résidus potentiellement générateurs acide (PGA) à gérer. Ces options apportent des opportunités au niveau de la restauration, notamment par la valorisation des matériaux, la possibilité de mettre en place la restauration progressive, et la co-disposition qui va minimiser, voir empêcher la réaction d'oxydation de s'amorcer.

4.5.1.1 Retour des résidus miniers et stériles miniers dans la fosse

En premier lieu, le retour des résidus et stériles miniers dans la fosse à ciel ouvert sera considéré lorsque qu'un espace suffisant et sécuritaire sera disponible dans la fosse. Cette option est à privilégier dans le cas d'une exploitation minière avec une fosse; d'ailleurs, le requérant doit fournir dans le plan de restauration une analyse de la possibilité de remblaiement de la fosse (Loi sur les mines, article 232.3, alinéa 5). Le retour des stériles et résidus miniers dans la fosse doit cependant faire l'objet de démonstrations hydrogéochimiques et dans le cas de résidus ou stériles générateurs de drainage minier acide, le déplacement doit aussi se faire avant le début de la génération d'acidité (MERN, 2017). Les validations en cours et à venir sont décrites à la section 4.5.2, description détaillée du scénario de restauration choisi.

4.5.1.2 Halde de co-disposition

Une étude des alternatives a permis de sélectionner le concept de co-disposition pour la gestion des stériles miniers et les résidus miniers filtrés qui ne seront pas retournés dans la fosse. La co-disposition de stériles et de résidus miniers permet d'améliorer la stabilité physique et géochimique des rejets miniers à long terme. Plus précisément, la co-disposition permet un meilleur contrôle de la géométrie, du ruissellement, des infiltrations d'eau, du potentiel de génération d'acidité et la lixiviation des métaux et de la ségrégation, et ce, par un contrôle à la source des résidus miniers et des stériles miniers. Aussi, cette méthode permet d'intégrer la restauration et la fermeture des aires d'accumulation pendant les années d'exploitation de la mine et ainsi intégrer la fermeture de la mine à la conception initiale (en anglais *design for closure*).

Plan de réaménagement et de restauration pour le site du projet minier Matawinie		Original Version 00
24/10/2019	654068-6200-4EER-0001	Rapport technique
		4-5

De cette étude des alternatives, les sphères qui ont privilégié cette méthode se situent aux niveaux communautaire (spécifiquement à la catégorie acceptabilité sociale) et environnemental (aux catégories matériaux, eau et air). Au niveau de l'acceptabilité sociale, plusieurs parties prenantes ont soulevé dès les premières rencontres des préoccupations concernant les risques liés aux bris de digue. Ainsi il fut décidé que l'absence de digue était donc un des critères de conception pour l'élaboration de la méthode de gestion des résidus.

Au niveau environnemental, la co-disposition permet la mise en valeur des résidus désulfurés non générateurs d'acide (catégorie matériaux), garantit un meilleur contrôle des émissions de poussière grâce à un recouvrement rapide des résidus fins (catégorie liée à la qualité de l'air), assure une meilleure qualité de l'eau de surface et permet l'utilisation du concept de barrière capillaire pour limiter la réaction de drainage minier acide (catégorie liée à la qualité de l'eau). Cette option est toutefois plus complexe que de disposer les rejets miniers à l'intérieur d'un bassin confiné par des digues et doit faire l'objet de validation afin d'assurer un contrôle optimal du potentiel de génération de drainage minier acide.

Sélection du recouvrement pour la halde de co-disposition

Pour le recouvrement de la halde, deux concepts ont été comparés, soit le recouvrement multicouche avec une géomembrane et un recouvrement de type couverture avec effet de barrière capillaire (CEBC).

L'option de recouvrement de type couverture vise à limiter l'apport d'oxygène à la réaction d'oxydation des sulfures à l'aide d'une CEBC qui sera construit avec les résidus désulfurés et des stériles miniers triés. Le matériel fin (résidus PGA), en contraste avec le matériel grossier, maintiendra une saturation en eau à un degré de saturation (S_r) élevé, ce qui réduira les flux d'oxygène de l'atmosphère jusqu'aux résidus miniers, limitant le passage de l'oxygène vers l'intérieur de la pile. Les résultats de la saturation du résidus PGA sont montrés à l'Annexe E.

La génération d'acide ainsi que le début de la réaction du drainage minier acide (DMA) sont fonction de l'accessibilité de l'oxygène dans les pores des résidus PGA, c'est pourquoi la diffusion de l'oxygène est un facteur important à considérer dans la performance d'un recouvrement de type CEBC. Un matériau à granulométrie fine en contraste avec un matériel plus grossier est utilisé pour la couche de rétention d'eau puisqu'il est capable de retenir une bonne quantité d'eau dans ses pores dans des conditions humides. Les matériaux utiles pour la conception du recouvrement de type CEBC sont des matériaux naturels de type sable et gravier pour les couches de bris capillaire et de type silt et argile à faible plasticité pour la couche de rétention d'eau. Cette technique montre d'excellents résultats pour limiter l'oxygène d'atteindre les résidus miniers à court, moyen et long terme vu la durabilité des matériaux naturels utilisés comparativement à un matériel synthétique tel qu'une géomembrane. Par contre, la grande quantité de matériaux naturels essentiels à la construction d'une CEBC entraîne des coûts importants et requiert l'exploitation de bancs d'emprunt (augmentation de l'empreinte du projet) qui devront être restaurés à leur tour par la suite. Dans le cas du projet de Nouveau Monde Graphite, le mode de gestion des résidus miniers sélectionné apporte la possibilité d'utiliser des matériaux sur le site (résidus désulfurés) et stériles triés pour la construction d'un recouvrement de type CEBC. Les validations quant aux propriétés des matériaux sont décrites à l'Annexe E (modélisation numériques).

Plan de réaménagement et de restauration pour le site du projet minier Matawinie		Original Version 00
24/10/2019	654068-6200-4EER-0001	Rapport technique
		4-6

L'option multicouche avec une géomembrane correspond à la mise en place d'un système étanche à l'aide d'une géomembrane ayant pour fonction principale de limiter les infiltrations d'eau et comme second objectif de limiter la diffusion d'oxygène vers les résidus miniers afin de limiter la production de drainage miniers acide (DMA). Le type de géomembrane PEHD proposé est le plus utilisé pour l'aménagement des ouvrages de confinement, car cette membrane est reconnue comme étant la plus résistante aux réactions chimiques, la plus économique, la plus disponible et celle qui s'emploie au plus grand nombre d'applications, assurant la fonction d'étanchéité du recouvrement final. La géomembrane en PEHD possède une faible perméabilité (de l'ordre de 1×10^{-12} cm/s) comparativement à l'alternative que constituent les géomembranes avec argiles (geosynthetic clay liner qui sont de l'ordre de 1×10^{-7} cm/s), ce qui justifie son utilisation pour assurer la fonction d'étanchéité. Une géomembrane bitumineuse peut aussi être considérée, car elle a l'avantage d'être plus résistante aux cycles de gel/dégel.

Le Tableau 4.1 résume les avantages et inconvénients considérés pour l'analyse comparative des scénarios.

Tableau 4.1 : Avantages et désavantages du recouvrement CEBC et avec une géomembrane pour le projet Matawinie

	AVANTAGES	DÉSAVANTAGES
Concept- CEBC	<ul style="list-style-type: none"> › Valorisation des résidus miniers désulfurés en les réutilisant comme couche de rétention d'eau › Hétérogénéité des matériaux doit habituellement être démontrés ou comportent un risque au niveau de la viabilité du concept – les matériaux sont usinés, ce qui assure leur homogénéité › Valorisation des stériles en les réutilisant comme couche de bris capillaire › Dégradation de la performance facilement rétablie à l'aide de petits correctifs apportés au fil du temps, à un coût raisonnable (dégradation progressive) › Longévité des matériaux utilisés pour la viabilité à long terme du recouvrement (matériaux géologiques qui n'ont pas de durée de vie) › Exécution facile et possible pendant l'exploitation de la fosse de par la disponibilité des matériaux sur le site › Coûts réduits de la technique par la valorisation des matériaux sur le site › Les travaux d'aménagement peuvent être réalisés en plusieurs phases, ce qui permettra une restauration progressive du site 	<ul style="list-style-type: none"> › Performance dépendent du climat (modification des précipitations et de l'évaporation) › Incertitude liée aux précipitations et à l'évaporation dans un contexte de changements climatiques, ce qui rend difficile l'évaluation de la performance à long terme de cette technique › Moins efficace dans des pentes (adaptation requise pour assurer la rétention d'eau) › Risque de contamination provenant des stériles miniers triés › Risque de dégradation par bio-intrusion si non contrôlée

Plan de réaménagement et de restauration pour le site du projet minier Matawinie		Original Version 00
24/10/2019	654068-6200-4EER-0001	Rapport technique
		4-7

	AVANTAGES	DÉSAVANTAGES
Concept– Recouvrement multicouche avec géomembrane	<ul style="list-style-type: none"> › Possède une très faible perméabilité › Utilisés comme barrière à l'eau pour la restauration de plusieurs sites miniers (voir aussi dans désavantages) › Dégradation de la performance facilement rétablie à l'aide de correctifs apportés au fil du temps, à un coût raisonnable (dégradation progressive) › Les travaux d'aménagement peuvent être réalisés en plusieurs phases, ce qui permettra une restauration progressive du site › Pas de défis techniques majeurs lors des étapes de conception et de construction (expertise dans le domaine disponible et reconnue au Québec) 	<ul style="list-style-type: none"> › Durabilité plus limitée quant à l'utilisation dans un recouvrement en raison du risque d'exposition de la membrane à l'air suite à des tassements ou de l'érosion; les matériaux synthétiques ont une durée de vie limitée comparativement aux matériaux naturels, il faut des couches de protection (recouvrement) pour minimiser ce risque. › La durabilité peut être affectée par la température, des attaques chimiques ou biologiques ou des cycles de gel/dégel › L'augmentation des précipitations moyennes et extrêmes pourrait diminuer la performance, provoquant ainsi des infiltrations › Installation de la géomembrane possible en période estivale (recommandée) › Risque de dégradation de la géomembrane et du concept dû aux tassements dans les résidus. À long terme, peut être difficile de détecter où sont les défaillances (drains, membranes, couche de protection) › Exploitation de bancs d'emprunts pour le matériel de protection de la membrane sous-jacents et sus-jacents

Selon l'identification des avantages et désavantages de chaque concept, la CEBC est le concept qui comporte le plus d'avantages significatifs. Son coût est moindre que celui de la géomembrane vu la possibilité de valorisation des matériaux issus du site. Les risques techniques, tels que les propriétés et hétérogénéité des matériaux et l'exploitation de grande quantité de bancs d'emprunt, ne sont pas applicables dans le cas du projet Matawinie. À cet effet, aucun banc d'emprunt n'est requis puisque tous les matériaux requis à la conception de la CEBC sont disponibles sur le site. L'avantage majeur de la CEBC est qu'elle permet de valoriser les résidus désulfurés et les stériles miniers dans la couche de rétention d'eau et de bris capillaire (CEBC). Les volumes de matériaux nécessaires sont également disponibles dans des haldes temporaires (mort-terrain, matières organiques-tourbe) à proximité de la halde ou par l'exploitation du gisement (résidus désulfurés et stériles). Donc, aucune ouverture de banc d'emprunt n'est actuellement nécessaire avec ce concept.

Dû à l'incertitude liée aux précipitations et à l'évaporation dans un contexte de changements climatiques, cela peut rendre plus difficile l'évaluation de la performance à long terme de la CEBC et un suivi sera requis. Cependant, la durabilité des matériaux utilisés (tous de provenance géologique) rend cette technique plus durable en comparaison à la mise en place d'un matériel synthétique où la durée de vie à long terme n'est pas assurée. Le site minier Loraine au Québec (Bussière et al., 2009) qui a été restauré avec ce type de recouvrement montre une très bonne efficacité afin de limiter la diffusion d'oxygène vers les résidus miniers PGA. Le concept de CEBC est éprouvé lorsque qu'installer dans un climat tel qu'au Québec (en opposition à un endroit avec un climat aride et désertique), et que la mise en place des matériaux est faite de façon adéquate, avec un programme de suivi rigoureux.

Plan de réaménagement et de restauration pour le site du projet minier Matawinie		Original Version 00
24/10/2019	654068-6200-4EER-0001	Rapport technique
		4-8

Pour la géomembrane, elle s'emploie dans plusieurs applications autant dans le domaine minier que municipal (site d'enfouissement par exemple) et a été utilisée comme barrière à l'eau pour la réhabilitation de nombreux sites miniers notamment les sites miniers Poirier, Normétal et Aldermac. Grâce à l'expertise développée dans le confinement par géomembrane PEHD disponible au Québec, il n'y a pas de défis techniques majeurs reliés à la conception et construction. Cependant, son efficacité à long terme reste controversée et remise en doute par les résultats de mise en place et suivi sur certains sites miniers (le site minier Aldermac par exemple) et la longévité limitée de la géomembrane. La géomembrane présente également une faible perméabilité (de l'ordre de 1×10^{-12} cm/s). Cependant la géomembrane et la CEBC n'ont pas le même objectif initial, soit pour la géomembrane de dévier l'eau d'infiltration, et la CEBC de limiter l'oxygène de migrer jusqu'aux résidus acidogènes.

Malgré le fait que l'installation de la géomembrane est rapide, elle est limitée à la période estivale due à son coefficient de dilation thermique très important. Sa rigidité rend son installation aussi plus difficile pour des formes complexes. La durabilité de la géomembrane peut aussi être affectée par la température, les attaques chimiques ou biologiques, les effets du rayonnement ou les cycles de gel/dégel (selon Take et al., 2007; Brachman, 2011 ; Koerner, 2012 ; Rowe et al., 2012, 2014, 2015). Il se pourrait donc que certaines des composantes principales de la géomembrane se dégradent à plus ou moins long terme. L'étanchéité de la géomembrane peut également être affectée par des tassements excessifs des résidus miniers et les cycles de gel-dégel.

La végétation peut aussi être problématique et altérer la performance des concepts par bio-intrusion dans la géomembrane ou la couche de rétention d'eau de la CEBC. Dans les deux cas, des précautions doivent être prises, et un suivi spécifique mis en place. À plus long terme, les changements climatiques auront également un impact important sur la performance des deux concepts (URSTM, 2017). Par exemple, une augmentation des précipitations moyennes et extrêmes pourrait diminuer la performance de la géomembrane, provoquant ainsi des infiltrations et exposant les résidus miniers qui, ultimement, pourraient générer des problèmes de drainage minier acide. Pour la CEBC, une augmentation des températures moyennes ainsi que l'allongement de la séquence maximale de jours consécutifs sans précipitation durant la saison estivale risqueraient d'affecter le taux de saturation de la couche de rétention d'eau et diminuer ainsi sa performance. Dans tous les cas, le mode de gestion par la co-disposition vient assurer une contingence additionnelle pour limiter la réaction de DMA dans la halde, en périodes de sécheresse ou avec l'augmentation des précipitations liées aux changements climatiques.

Les autres méthodes de restauration pour la halde de co-disposition telles que l'ennoïement et le recouvrement monocouche avec nappe surélevée n'étaient tout simplement pas viables et réalisables dans le contexte d'un parc à résidus (halde) contenant des résidus filtrés.

4.5.1.3 Scénarios de restauration retenus

La première option retenue pour la restauration est le retour des résidus miniers et stériles miniers dans la fosse. Cette technique a le principal avantage, en comparaison avec toutes les autres techniques, de diminuer grandement l'empreinte du projet, et d'assurer la saturation des résidus et stériles miniers qui seront sous le niveau des eaux souterraines.

Il n'est par contre pas possible de retourner tous les résidus et stériles dans la fosse conséquemment aux exploitations minières dans la fosse. Tout le volume de résidus et stériles miniers qui ne sera pas retourné dans la fosse sera envoyé vers une halde de co-disposition en surface. L'option qui a été retenue pour le recouvrement de la halde de co-disposition est la couverture à effet de barrière capillaire (CEBC). Cette

Plan de réaménagement et de restauration pour le site du projet minier Matawinie		Original Version 00
24/10/2019	654068-6200-4EER-0001	Rapport technique
		4-9

technique s'est montrée plus avantageuse que les méthodes de recouvrement multicouche avec géomembrane principalement pour les raisons suivantes :

- › Potentiel de valorisation des résidus désulfurés provenant du processus de désulfuration;
- › Potentiel de valorisation des stériles miniers;
- › Facilité à mettre en place les matériaux (résidus désulfurés et stériles miniers) sur la halde de co-disposition pendant l'exploitation de la mine, en restauration progressive;
- › Durabilité à long terme de la technique de restauration.

Comme les résidus miniers PGA et certaines lithologies des stériles miniers ont été identifiées comme potentiellement générateur d'acide dans le cadre de la caractérisation géochimique, le mode de gestion ou le recouvrement sélectionné doivent être en mesure d'assurer la stabilité géochimique liée à ce potentiel. Les techniques sélectionnées pour la gestion et la restauration des résidus et stériles miniers sont résumées ci-dessous et détaillées à la section 4.5.2, soit :

- › La gestion des résidus et stériles miniers en co-disposition, permettant ainsi d'augmenter la stabilité géotechnique et géochimique des résidus et stériles miniers;
- › Le recouvrement multicouche de type couverture à effet de barrière capillaire (CEBC) visant à limiter la quantité d'oxygène aux résidus miniers à long terme;
- › Le retour des résidus et stériles miniers dans la fosse durant les opérations (après 5 ans d'exploitation conséquemment au plan minier).

4.5.2 Description détaillée du scénario de restauration choisi

4.5.2.1 Gestion des résidus et stériles miniers - Halde de co-disposition

Le concept initial est basé sur l'hypothèse que 100% des stériles miniers sont potentiellement générateurs d'acidité, 19% (volumique) des résidus miniers sont classifiés PGA et 81% (volumique) des résidus miniers désulfurés sont classifiés non générateurs acide (NGA).

La halde de co-disposition sera construite à partir d'une série de cellules de co-disposition qui seront mises en place. La Figure 4.1 montre la coupe type d'une cellule de co-disposition. Ces cellules ont été conçues pour limiter les réactions d'oxydation dans les matériaux générateurs d'acide (i.e. le concentré de sulfures et les stériles miniers PGA) avant la mise en place du recouvrement final. Le concept de la cellule minimise l'apport d'oxygène, qui est nécessaire à la réaction d'oxydation des sulfures dans les stériles miniers, et vise à conserver un haut degré de saturation dans les résidus PGA. Le drainage interne dans la halde se fera principalement par les couches de roches stériles et de résidus désulfurés.

Dans le concept de co-disposition, les résidus miniers désulfurés non-générateur d'acide vont encapsuler les résidus miniers PGA et les stériles miniers PGA afin de limiter la réaction d'oxydation des sulfures. La halde de co-disposition sera constituée de cellules dans lesquelles les propriétés granulométriques des différents matériaux seront utilisées pour favoriser la stabilité géotechnique de l'ouvrage, mais aussi la stabilité géochimique des résidus miniers PGA et des stériles miniers.

Pour les stériles miniers, la convection (flux d'oxygène) est le principal vecteur pouvant apporter l'ignition de la réaction créant la génération d'acidité. Cette réaction sera inhibée par la mise en place d'une couche de résidus désulfurés (encapsulation) autour des stériles miniers.

Plan de réaménagement et de restauration pour le site du projet minier Matawinie		Original Version 00
24/10/2019	654068-6200-4EER-0001	Rapport technique
		4-10

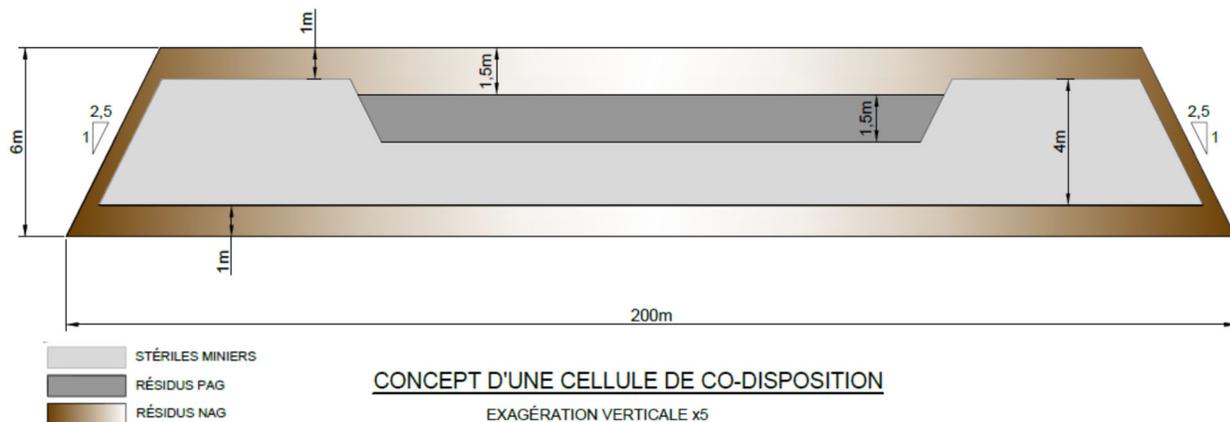


Figure 4.1 : Concept d'une cellule de co-disposition

Pour les résidus miniers, la co-disposition en couche permet de diminuer la superficie de résidus acidogènes exposée à l'air, comparativement aux parcs à résidus conventionnels. Les résidus PGA seront mis en couche superposée de 30 à 50 cm qui seront compactées pour former un empilement de résidus dense et stable. La compaction des résidus miniers et la superposition avec un matériel plus grossier (stériles miniers ou résidus désulfurés) permettront d'augmenter le degré de saturation des résidus PGA avec le bris capillaire créé par la superposition des matériaux. Les analyses numériques montrent des valeurs au-delà de 90% de saturation en eau dans les résidus PGA dues à la superposition de stériles miniers et résidus miniers PGA. La rétention d'eau et le degré de saturation se créant dans les résidus miniers PGA permettront de réduire, voire même empêcher, la diffusion d'oxygène vers les sulfures qui est responsable de la réaction d'oxydation des sulfures. Les validations numériques réalisées à cet effet sont disponibles à l'Annexe E. De plus, des critères de compaction pourront être établis afin d'assurer qu'un degré de saturation minimal est atteint dès la mise en place des résidus PGA dans la halde.

L'épaisseur des couches dans la Figure 4.1 n'a pas été optimisée. Des validations sont en cours sur les épaisseurs requises pour atteindre les différents critères de conception. La Figure 4.2. présente une coupe type avec le détail de la halde de co-disposition, où les résidus et stériles miniers PGA seront confinés dans des cellules. La Figure 4.3 présente une vue en plan de la halde avec les cellules. Les critères de conception utilisés au niveau de l'ingénierie de faisabilité prévoient des dimensions de 200 m de longueur par 100 m de largeur pour les cellules, et des bancs d'une hauteur de 6 m pour la halde. Le temps d'exposition des résidus PGA à l'atmosphère sera déterminé dans le plan de déposition et la phase d'ingénierie détaillée, selon les résultats présentés dans la caractérisation géochimique (Annexe C) et selon les résultats de futures planches d'essais et de la cellule expérimentale qui seront mis en place en 2020.

Dans la halde de co-disposition, afin de limiter la production de DMA durant l'exploitation, la période de temps où les résidus miniers seront exposés à l'oxygène sera limitée par les aspects suivants :

- › Les stériles miniers pourront être recouverts de résidus miniers désulfurés NGA selon des paramètres définis pour limiter la réaction d'oxydation;

Plan de réaménagement et de restauration pour le site du projet minier Matawinie		Original Version 00
24/10/2019	654068-6200-4EER-0001	Rapport technique
		4-11

- › Une saturation des résidus miniers PGA supérieure à 85% est attendue au moment de la déposition et de la compaction des résidus miniers. Le degré de saturation après compaction sera validé par des essais de terrain ;
- › La restauration progressive de la halde de co-disposition qui est aussi possible dans la fosse va limiter la migration d'oxygène vers les résidus miniers.

Pour évaluer les prévisions en termes de lixiviation des métaux à partir de la halde, une modélisation simulant le transport de masse a été réalisée avec le logiciel Feflow. Pour cette modélisation, les résultats des essais cinétiques en termes de lixiviation des métaux et une géomembrane imperméable déposée entre les résidus de la halde et le terrain naturel ont été considérés. Les résultats du transport de masse sont présentés à l'Annexe G. Les concentrations demeurent en dessous des critères de résurgences dans les eaux souterraines (RES) et de l'eau de consommation (EC). Toutes les concentrations simulées à 50 ans avec le modèle restent également sous la teneur maximale naturelle mesurée au site.

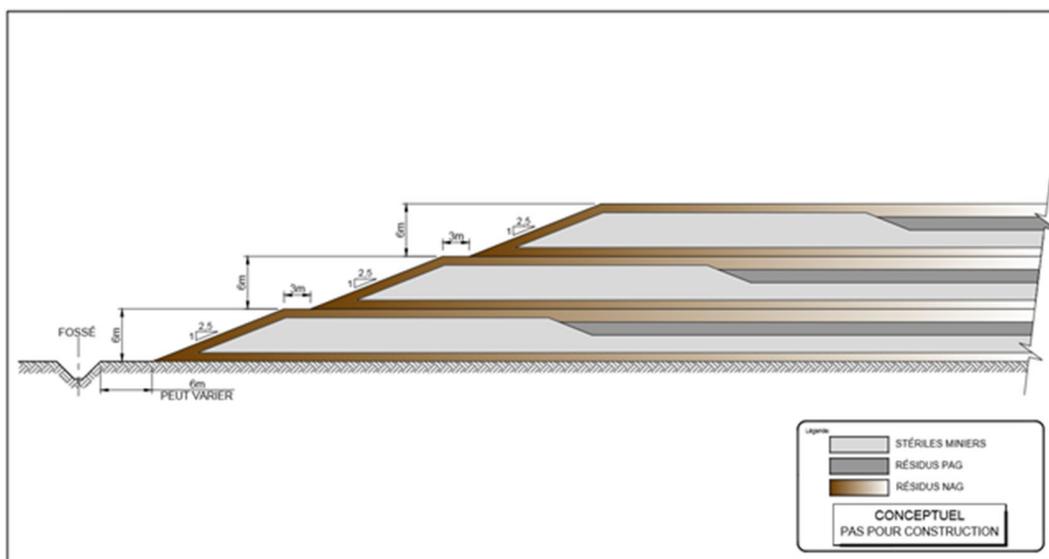


Figure 4.2 : Halde de co-disposition – coupe type

Note : Une couche de sable ou autre matériel équivalent sera mise en place après le décapage afin de permettre l'installation d'une géomembrane (de type PEHD de 1.5 mm) à la base de la halde

Plan de réaménagement et de restauration pour le site du projet minier Matawinie		Original Version 00
24/10/2019	654068-6200-4EER-0001	Rapport technique
		4-12

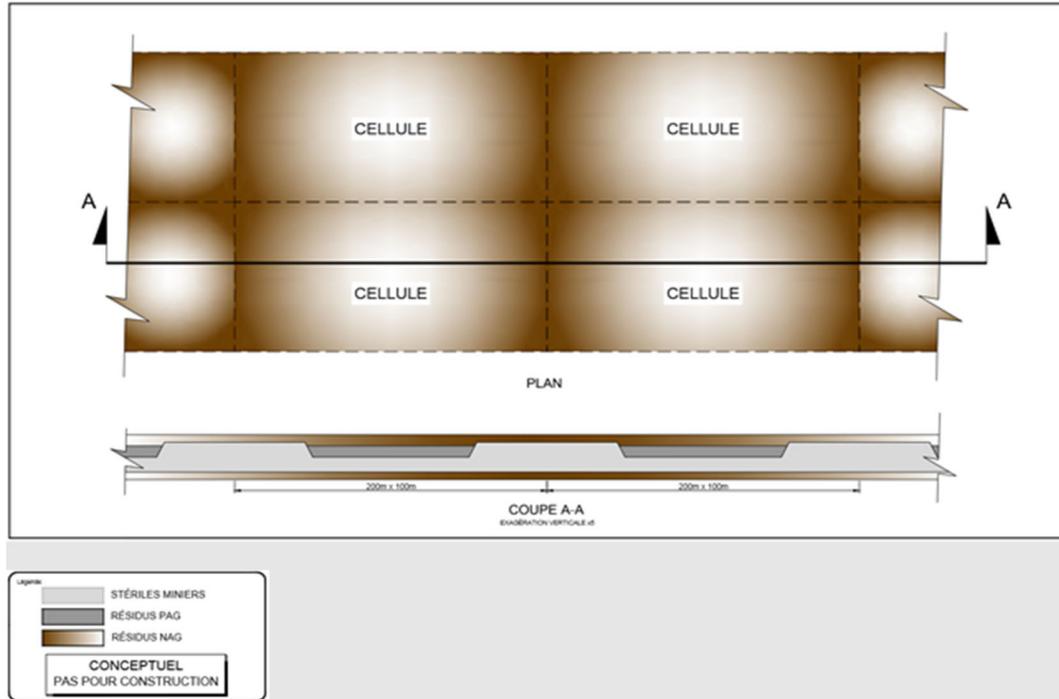


Figure 4.3 : Halde de co-disposition – vue en plan

4.5.2.2 Recouvrement de la halde de co-disposition avec une CEBC

La restauration proposée pour la halde de co-disposition est un recouvrement avec effet de barrière capillaire (CEBC) qui sera construit avec les résidus miniers désulfurés et des stériles miniers triés. Le matériel fin (résidus désulfurés), en contraste avec le matériel grossier, maintiendra une saturation en eau, limitant le passage de l’oxygène vers l’intérieur de la pile. Ces deux couches font partie de la co-disposition et du plan de déposition et seront mises en place pendant l’exploitation minière lorsque le niveau final (élévation) de la halde sera atteint.

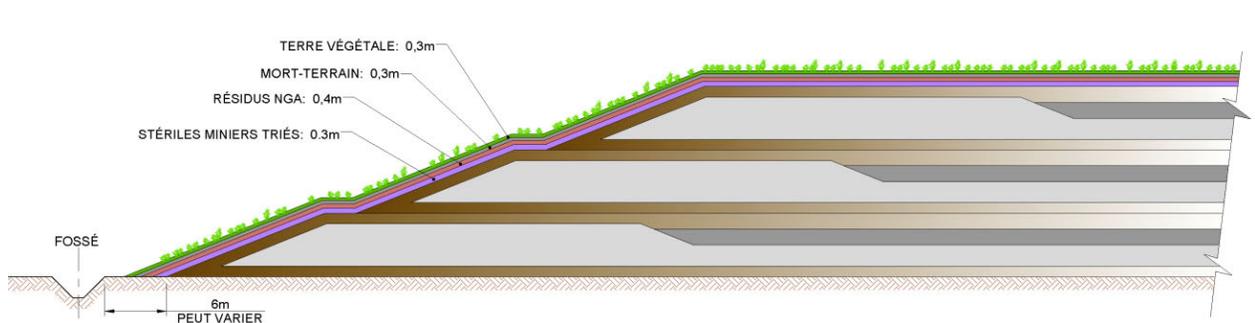
Avec les données disponibles sur les matériaux, une simulation numérique a été réalisée afin de valider la saturation dans la couche de rétention d’eau de la CEBC. La simulation démontre une saturation attendue d’environ 90% ce qui a pour effet d’empêcher la diffusion d’oxygène dans la halde de co-disposition (Annexe E). Il est attendu que l’efficacité de la CEBC est contrainte aux propriétés des matériaux, notamment leur granulométrie, la capillarité et le contraste de ces propriétés. Les paramètres optimaux pour la CEBC seront revalidés selon les propriétés des matériaux en place (granulométrie, courbe de rétention d’eau, porosité, etc.).

Le recouvrement sera mis en végétation suite à la mise en place du mort-terrain et de la terre végétale qui auront été excavés au préalable dans le cadre des opérations d’exploitation et d’aménagement des différentes infrastructures sur le site.

Plan de réaménagement et de restauration pour le site du projet minier Matawinie		Original Version 00
24/10/2019	654068-6200-4EER-0001	Rapport technique
		4-13

Tel que présenté à la Figure 4.4, le recouvrement de type CEBC sera composé de bas en haut des couches suivantes :

- > une couche de 0,5 m stériles miniers triés (non-générateurs d'acide) qui servira de couche de drainage;
- > une couche de 0,4 m de résidu désulfuré NGA qui servira de couche de rétention d'eau;
- > une couche minimale de 0,3 m de mort-terrain qui servira de couche de protection;
- > une couche minimale de 0,3 m de terre végétale pour permettre la végétalisation du site.



Note : Une couche de sable ou autre matériel équivalent sera mise en place après le décapage afin de permettre l'installation d'une géomembrane (de type PEHD de 1.5 mm) à la base de la halde

Figure 4.4 : Halde de co-disposition avec couverture à effet de barrière capillaire – coupe type

Les couches de stériles miniers triés et de résidu NGA seront mis en place pendant l'exploitation et sont partie intégrante de la co-disposition et du plan de déposition. La restauration progressive sera réalisée par l'ajout d'une couche de mort-terrain puis de terre végétale lorsque l'élévation finale de la halde est atteinte.

La mise en végétation sur le recouvrement de type CEBC sera sélectionnée selon les contraintes de performance du recouvrement (protéger la couche de rétention d'eau du système racinaire), et visera à sélectionner des espèces arbustives qui pourront faciliter l'intégration au paysage. Des planches d'essais seront préalablement réalisées à partir de 2020 dans le cadre du projet de démonstration et lors des premières années d'exploitation.

4.5.2.3 Retour des résidus et des stériles miniers dans la fosse

Tel que mentionné précédemment, une partie des résidus et stériles miniers (40%) sera retournée dans la fosse. À partir de l'année 6 du plan minier, les résidus et les stériles miniers produits seront retournés dans la fosse. Ce mode de déposition se fera en alternance avec la co-disposition en surface en fonction du plan minier et du volume disponible pour la gestion des rejets miniers dans la fosse.

Dès que possible, les matériaux qui ont un potentiel de génération d'acide seront retournés dans la fosse en priorité dans l'espace disponible pour la déposition. Pour les résidus miniers PGA, le retour dans la fosse est conditionnel à ce que les démonstrations requises soient concluantes sur le terrain, en ce qui concerne la génération d'acide. Le déplacement doit se faire avant le début de la génération d'acidité.

Plan de réaménagement et de restauration pour le site du projet minier Matawinie		Original Version 00
24/10/2019	654068-6200-4EER-0001	Rapport technique
		4-14

La façon de co-disposer ces matériaux pourra être différente de la technique utilisée en surface dans les cellules de co-disposition. La méthode sera déterminée à la suite des résultats des essais sur le terrain, des modélisations numériques à venir durant l'ingénierie détaillée et les résultats des premières années d'exploitation.

À cette étape de l'ingénierie, il est prévu que le matériel potentiellement générateur acide retourne sous le niveau des eaux souterraines. En retournant les stériles miniers dans la fosse, ils seront compactés et ne seront pas exposés à la convection (gradient thermique) et à l'advection (due au vent), tel qu'il se produit dans les haldes de stériles miniers en surface.

Ainsi, au niveau de l'ingénierie conceptuelle du retour dans la fosse, les éléments suivants sont inclus aux critères de conception :

- › Une modélisation a été réalisée (disponible à l'Annexe E) à partir du niveau phréatique actuel pour le retour des stériles miniers et résidus miniers dans la fosse. La modélisation montre le niveau des eaux anticipé dans la fosse. Le niveau d'eau à l'intérieur des rejets miniers se trouvant dans la fosse a été estimé à une élévation maximale de 515 m, montrant que la déposition à l'intérieur de la fosse serait complètement saturée jusqu'à ce niveau.
- › Le retour des résidus miniers dans la fosse sera limité dans certaines sections de la fosse de manière que les résidus et stériles miniers PGA soit disposés sous le niveau statique de l'eau souterraine à long terme.
- › Pour les zones de déposition dans la fosse, il sera considéré que le temps de latence, c'est-à-dire le temps requis pour la réaction d'oxydation des sulfures dans les résidus miniers, doit être supérieur à la période de la remontée des eaux souterraines à leur niveau final. Les aspects suivants seront validés:
 - Le temps de latence sera validé conséquemment aux résultats des essais sur le terrain pour réaliser le plan de déposition des résidus et stériles miniers.
 - Le temps de remontée de la nappe sera revu à partir des données de terrain et de simulations numériques spécifiques au retour dans la fosse. Cette étude sera jumelée au plan de déposition des résidus et stériles miniers, et seront révisées conjointement durant l'exploitation de la mine de manière annuelle.
- › Pour les stériles miniers, l'unité de paragneiss mixte évaluée comme étant PGA sera disposée sous le niveau des eaux attendu dans la fosse, selon les critères suivants:
 - Au-dessous du niveau des eaux souterraines attendu;
 - Au-dessus du niveau des eaux souterraines attendu, l'unité sera co-disposé avec les résidus miniers désulfurés NGA (couche alternative de stériles miniers et résidus NGA) afin de limiter l'accès à l'oxygène avant son recouvrement final;
 - Le temps de latence estimé pour cette unité est de 26 ans. À partir de l'année 26, les stériles miniers seront tous recouverts d'une géomembrane (qui sera sous la halde restaurée). Ainsi les stériles miniers seront encapsulés et restaurés avant le temps de latence estimé et conservateur.

Plan de réaménagement et de restauration pour le site du projet minier Matawinie		Original Version 00
24/10/2019	654068-6200-4EER-0001	Rapport technique
		4-15

- › Dans l'EIES (SNC-Lavalin, 2019b), différentes options sont énumérées pour limiter la réaction d'oxydation des résidus (augmenter le temps de latence) avant la remontée du niveau des eaux souterraines:
 - Retourner des résidus désulfurés NGA avec les PGA dans la fosse et les co-disposer avec les stériles miniers limite la réaction d'oxydation;
 - Le retour de résidus miniers PGA dans la fosse est conditionnel au fait de valider les résultats des simulations numériques limitant l'oxydation des résidus miniers PGA par des essais sur le terrain tels que la cellule expérimentale et les planches d'essais.

À la suite des résultats de la cellule expérimentale et des planches d'essais sur le terrain, des analyses numériques, de l'ingénierie détaillée et des premières années d'exploitation, le plan de déposition pour le retour des résidus miniers et stériles miniers dans la fosse sera optimisé pour s'assurer qu'il n'y a pas de drainage minier acide ni de lixiviation de métaux dans les eaux souterraines et de surface. Advenant que l'eau de résurgence des matériaux retournés dans la fosse ne rencontre pas les critères de la D019 après les 26 années d'exploitation de la fosse, les eaux souterraines et de surface pourront être captées et traitées par le pompage dans la fosse (piège hydraulique) tel que durant l'exploitation jusqu'à ce que les paramètres post-restauration soient atteints.

Tel que mentionné à la section 4.5.2.1, une modélisation hydrogéologique avec une évaluation du transport des contaminants a été réalisée afin de valider le concept de retour dans la fosse (Annexe G). L'objectif principal de la modélisation du transport était d'évaluer les impacts sur l'eau souterraine du transport des composés chimiques dissous (transport de masse) provenant des résidus miniers et stériles miniers disposés dans la fosse et dans la halde de co-disposition. Les résultats du transport de masse sont présentés au chapitre 7 de l'EIES (SNC-Lavalin, 2019b) et les concentrations restent en dessous des critères de résurgences dans les eaux souterraines (RES) et de l'eau de consommation (EC). Toutes les concentrations simulées à 100 ans avec le modèle restent sous la teneur maximale naturelle mesurée au site (réponse Qc116, document de réponses à L'EIES (SNC Lavalin, 2019c)).

La gestion des résidus et stériles dans la fosse contribue à la restauration du site et à la gestion des matériaux potentiellement générateurs d'acide de façon à limiter le drainage minier acide à court, moyen et long terme. En effet, la remontée du niveau phréatique dans les résidus limitera leur accès à l'oxygène ce qui prévient la réaction d'oxydation des sulfures (générateurs acide). Pour les stériles miniers, le phénomène de convection sera limité dans la fosse, ce qui permettra de garder les stériles miniers stables au niveau géochimique. Les résidus miniers désulfurés sans potentiel de génération d'acide seront utilisés dans la zone où la saturation du sol est variable (la zone vadose) pour assurer la stabilité géochimique recherchée. Ces étapes seront validées et optimisées avec les différents essais de terrain et l'ingénierie subséquente.

Avec le remblaiement progressif de la fosse, l'empreinte environnementale du projet est optimisée. À l'année 26, la fosse aura une superficie de 352 000 m² ouverte en surface où le niveau des eaux souterraines va remonter jusqu'à son niveau statique pour former un lac. Selon l'hypothèse conservatrice que le niveau d'eau à l'intérieur de la fosse sera à une élévation maximale de 515 m, les résidus PGA seront complètement saturés. Le retour des résidus miniers PGA dans la fosse est conditionnel à ce que la réaction d'oxydation ne soit pas en cours, c'est-à-dire que le pH reste au-delà de 6.5 et qu'il n'y ait pas de lixiviation de métaux au-delà des critères de la D019.

Plan de réaménagement et de restauration pour le site du projet minier Matawinie		Original Version 00
24/10/2019	654068-6200-4EER-0001	Rapport technique
		4-16

Le plan de déposition qui sera réalisé à l'ingénierie détaillée devra être fait conséquemment avec un plan de contingence advenant le début de la réaction dans les résidus PGA. La grande quantité de résidus désulfurés NGA disponible assure une certaine flexibilité afin de s'adapter entre la déposition dans la fosse et la halde de co-disposition, selon le temps de latence. Des planches d'essais dans le cadre du projet de démonstration sont prévues afin de valider ces hypothèses, puis réaliser le plan de déposition requis à l'ingénierie détaillée.

Un canal déversoir sera construit afin de permettre l'écoulement du trop-plein d'eau de la fosse vers le milieu naturel. Celui-ci sera construit soit dans le roc ou dans le mort terrain en place. La partie du fossé qui ne sera pas dans le roc sera empierrée pour éviter toute possibilité de transport de sédiment.

La figure 4.5 présente un des concepts de co-disposition qui sera validé pour le retour des résidus et stériles miniers dans la fosse.

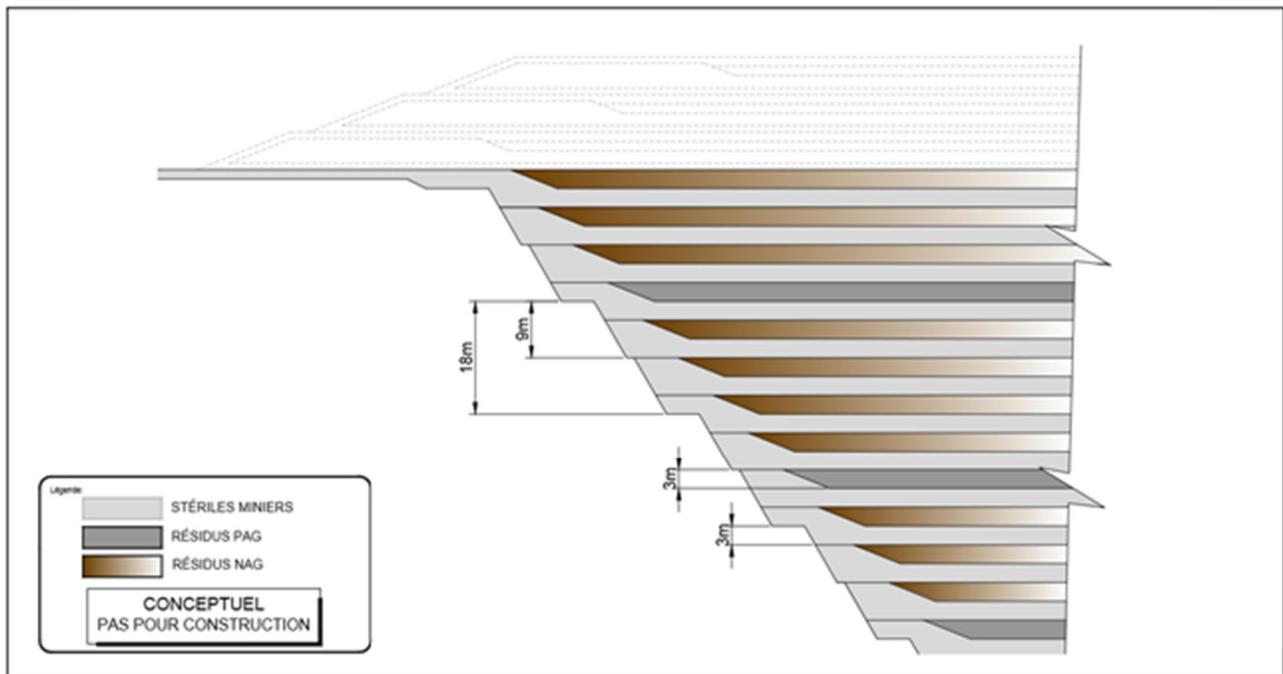


Figure 4.5 : Concept de co-disposition dans la fosse

4.5.3 Restauration progressive

L'ingénierie reliée à la halde de co-disposition a été développée pour mettre de l'avant la restauration progressive. L'objectif visé est de limiter l'apport en oxygène aux résidus et stériles miniers PGA dans la halde tout en permettant la réintégration du site à son environnement naturel le plus rapidement possible pour ainsi réduire la durée et l'importance des impacts sur les composantes du milieu.

Plan de réaménagement et de restauration pour le site du projet minier Matawinie		Original Version 00
24/10/2019	654068-6200-4EER-0001	Rapport technique
		4-17

La restauration progressive est possible puisque l'entreposage des résidus et des stériles miniers se fera en co-disposition et par un retour des stériles et résidus miniers dans la fosse :

- › Le retour dans la fosse permet une restauration progressive à même les activités d'exploitation de la mine.
- › Pour la halde de co-disposition, cette technique de gestion permet de suivre et instrumenter la performance de la co-disposition et limiter la génération d'acide et la lixiviation de métaux. Il est également possible de mettre en place le recouvrement final pendant l'exploitation, sur les secteurs qui auront atteint l'élévation finale dans la halde. De plus, le plan de déposition de la halde de co-disposition prévoit l'optimisation de la déposition pour l'atteinte de cette élévation finale, par secteur, le plus rapidement possible.

La restauration progressive au site NMG débutera dès l'année 4 avec la restauration de la halde de co-disposition et des infrastructures connexes. Ainsi, lorsqu'une section de la halde de co-disposition aura atteint son élévation finale (pente des bancs et dessus de la halde), cette section sera restaurée avec la mise en place d'un recouvrement de type CEBC

Les différentes interventions de restauration progressives prévues sont :

- › La mise en place d'une couverture à effet de barrière capillaire (CEBC) pour limiter la migration de l'oxygène dans les matériaux réactifs. Il est prévu que cette couverture soit construite avec des matériaux produits lors de l'extraction du minerai ou lors du procédé d'extraction du graphite. En effet les propriétés physiques des résidus désulfurés et des stériles miniers non-générateurs acide seront utilisés pour leur valorisation dans le cadre du recouvrement ;
- › La mise en place de mort-terrain et de terre végétale sur toute la superficie lorsque l'élévation finale de la halde sera atteinte ;
- › Mise en végétation de la halde de co-disposition.

Dans le programme de restauration progressive, une mise en végétation de la surface totale de la halde de co-disposition sera réalisée. Nouveau Monde Graphite prévoit mettre en place le matériel mis de côté dans les opérations de décapage du site, soit le mort-terrain et la matière organique, puis ensemençer les surfaces. Cette mise en végétation se fera lorsque le recouvrement (CEBC) sera finalisé sur chaque section de la halde de co-disposition.

Le choix de la végétation qui sera mise en place sera déterminé par sa capacité à être viable à long terme, sa robustesse, par le fait qu'elle ne nécessitera aucun amendement ou entretien pour en assurer le maintien et qu'elle n'affectera pas le recouvrement lors de sa croissance. De plus, le choix de la végétation devra tenir en compte des caractéristiques du recouvrement multicouche (CEBC) pour en assurer l'intégrité et la performance à long terme. Les plantes indigènes, herbacées ou arbustes s'intégrant bien au milieu environnant seront privilégiés. Finalement, de bonnes pratiques de mise en végétation seront adoptées afin de limiter l'introduction et la propagation d'espèces exotiques envahissantes. Des planches d'essais seront mises en place en 2020 afin d'identifier les espèces les plus susceptibles de répondre aux différents critères.

La Figure 4.6 représente le site dans son état post-restauration, soit après le suivi environnemental.

Plan de réaménagement et de restauration pour le site du projet minier Matawinie		Original Version 00
24/10/2019	654068-6200-4EER-0001	Rapport technique
		4-18

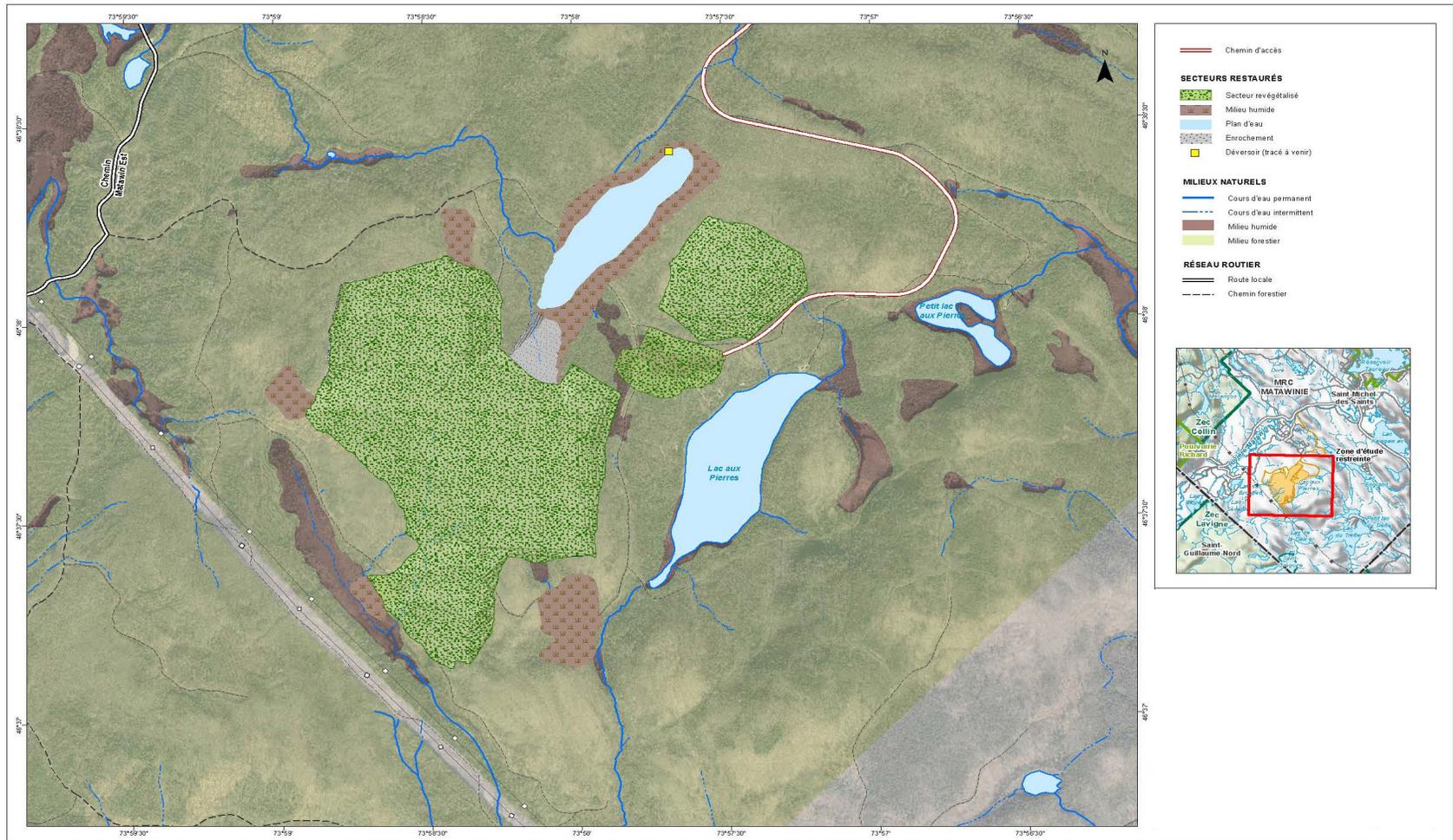


Figure 4.6 : Site dans son état post-restauration

Plan de réaménagement et de restauration pour le site du projet minier Matawinie		Original Version 00
24/10/2019	654068-6200-4EER-0001	Rapport technique
		4-19



4.5.4 Cellules expérimentales de terrain

En 2020, en collaboration avec l'Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue (UQAT), trois cellules expérimentales seront construites sur le site du projet de démonstration de NMG pour valider et optimiser les hypothèses de l'ingénierie de faisabilité, soit une cellule pour la co-disposition et deux cellules témoin de résidus miniers désulfurés et de résidus miniers PGA. La cellule qui va simuler la co-disposition aura les dimensions suivantes :

- › Base de 22 m x 22 m ;
- › Hauteur maximale de 2,5 m ;
- › Des pentes de 2,5 :1;
- › Les matériaux PGA seront recouverts d'une épaisseur de 0,75 m de résidus désulfurés.

Pour étudier le comportement hydrogéologique et géochimique des matériaux de la cellule expérimentale de co-disposition, différents types de sondes seront installées dans les cellules :

- › Des sondes de teneur en eau volumique et de succion seront utilisées pour étudier le comportement hydrogéologique;
- › Des capteurs d'oxygène et de température seront utilisés pour étudier les réactions géochimiques.

Les instruments seront branchés à des enregistreurs de données (« dataloggers ») ce qui permettra un suivi en continu autonome. En plus de l'instrumentation, un lysimètre installé sous la cellule permettra de recueillir les eaux de percolations et ceux-ci seront analysés chimiquement. Ces analyses fourniront des informations sur les processus d'oxydation et/ou de lixiviation à l'intérieur de la cellule.

De plus, les résidus miniers PGA et les résidus miniers désulfurés en place sur le site ou disponibles par le projet de démonstration serviront de planche d'essais pour l'élaboration des critères de conception en lien avec le potentiel de génération d'acide, la compaction, la saturation et les critères géotechniques requis pour l'ingénierie détaillée et le plan de déposition.

Des planches d'essais sont aussi prévues en 2020 pour la mise en végétation du recouvrement final (CEBC).

4.5.5 Autres aires d'accumulation

À la fin des opérations, il ne restera plus de minerai dans la halde à minerai puisqu'il y est entreposé de façon temporaire en attendant d'être traité au concentrateur. À la fin des opérations minières, la dalle de béton localisée sous le dôme de minerai concassé sera excavée et l'excavation remblayée pour niveler le site. Une couche de terre végétale sera ensuite mise en place et, où cela sera possible, des espèces permettant de recréer de la végétation.

La halde à mort terrain sera utilisée pour le recouvrement de la halde de co-disposition et pour le remblayage et le nivellement du site lorsque requis. Si du mort-terrain reste en place, la pente de la halde sera profilé au besoin afin d'assurer la stabilité de l'ouvrage à long-terme et mise en végétation.

Plan de réaménagement et de restauration pour le site du projet minier Matawinie		Original Version 00
24/10/2019	654068-6200-4EER-0001	Rapport technique
		4-1



4.6 Infrastructure de gestion de l'eau

Tous les ponceaux qui ne seront plus requis pour maintenir le libre écoulement des eaux de surface seront retirés et acheminés vers un site autorisé. Le démantèlement et restauration des ponceaux sera fait en concordance avec les meilleures pratiques en assurant le maintien de la qualité des eaux et de l'habitat du poisson (lorsque c'est le cas). Les fossés de drainage pourront quant à eux être maintenus en place lorsque requis, sans quoi ils feront l'objet de remblai à partir du matériel provenant des voies d'accès des aires qu'ils desservaient ou de la halde à mort-terrain.

Lorsque le suivi environnemental indiquera que le site satisfait les critères du suivi environnemental post-restauration (approbation du MELCC et MERN requise) le système de traitement des eaux mis en place pour traiter les eaux du bassin et les infrastructures associées (conduites de refoulement, poste de pompage, etc.) seront démantelés ou démobilisés, le cas échéant. Les équipements des stations de pompage, les conduites d'eau, le système de communication, les clôtures et les conteneurs qui seront nettoyés et démantelés pourront être vendus ou recyclés.

Une campagne de caractérisation des sédiments présents dans le bassin de sédimentation sera effectuée. Si celle-ci démontre la présence de sédiments contaminés, ceux-ci seront gérés selon la réglementation en vigueur. Les pentes des bassins collecteurs seront adoucies, et l'empreinte des bassins sera aménagée en milieu humide pour la restauration finale du site.

L'exutoire permettant la mesure du débit de l'effluent final sera démantelé lorsque le suivi aura démontré que l'effluent rencontre les normes en vigueur et lorsque le suivi environnemental indiquera que le site satisfait les critères du suivi environnemental post-restauration (approbation du MELCC et MERN requise).

4.6.1 Restauration spécifique aux milieux humides

NMG entend effectuer la restauration et la création de milieux humides à la fin du projet afin de compenser les pertes nettes permanentes encourues de milieux humides et de milieux hydrique (rive). NMG souhaite procéder à la réalisation d'un projet de compensation sous forme de restauration de milieux humides pour la perte nette et permanente de superficie de milieux humides (9,96 ha) et de milieux hydrique (rive - 2,69 ha) qui sera affectée directement, soit une superficie totale de 12,65 ha. Aucune perte permanente indirecte n'est appréhendée par le projet. Effectivement, il est peu probable que l'impact indirect sur les milieux humides occasionné par le rabattement de la nappe phréatique engendre une perte permanente de superficie. L'effet sera plutôt une modification à court terme et de manière discontinue de certaines fonctions écologiques des milieux humides.

Le projet de compensation proposé vise la restauration des quatre bassins de collecte (BC-01 à BC-04), du bassin de polissage (BP) et du pourtour de la fosse en complexe de milieux humides. Ainsi, de nouveaux milieux humides seront créés à proximité du territoire immédiat de ceux qui seront détruits. La superficie qui sera restaurée afin de créer de nouveaux milieux humides à partir des bassins et de la fosse est approximativement de 16,45 ha.

Lors de la restauration, les bassins seront aménagés en milieux humides. Tout d'abord, les pentes seront adoucies, puis de la terre végétale sera mis en place. Une portion d'eau libre demeurera au centre des bassins afin de créer une zone d'eau peu profonde dans laquelle des espèces floristiques aquatiques serontensemencées, telle que des nénuphars, rubaniers flottants et/ou potamots. À proximité de la limite d'eau libre, des espèces herbacées seront soitensemencées ou plantées afin de créer une zone de marais. Différentes espèces de carex (aquatique, crépu, réfléchi, utriculé, etc.) et ou graminée (calamagrostide, glycérie, etc.) y seront entre autres aménagées. Enfin, une bande arbustive sera aménagée en haut de

Plan de réaménagement et de restauration pour le site du projet minier Matawinie		Original Version 00
24/10/2019	654068-6200-4EER-0001	Rapport technique
		4-2



talus avec des espèces de saules adaptées (p. ex. saule pétiolé, saule discoloré, saule de Bebb, etc.) ou autres espèces typiques de la région, telles que le thé du Labrador et/ou le myrique baumier. Des espèces de fougères pourraient également être plantées entre la portion marais et marécage (osmonde cannelle, dryoptère à crêtes, etc.) ou encore de petits arbustes bas (gadellier glanduleux, ronce pubescente, etc.). Les aménagements humides pourront par la suite évoluer dans le temps et regagner leur caractère naturel.

Les aménagements réalisés en bordure de la fosse dans la superficie restaurée seront similaires et viseront la création de marais et de marécage arbustifs. Les mêmes espèces présentées pour la restauration des bassins de collecte seront utilisées pour les aménagements.

Les espèces définitives qui seront choisies lors de l'élaboration du plan détaillé de restauration/création de milieux humides seront sélectionnées selon leur disponibilité du moment. Dans tous les cas, les espèces choisies pour les aménagements seront des espèces indigènes de la région. Suite à la restauration et création de milieux humides, la superficie de milieux humides obtenue s'élèvera à 16,65 ha, soit un gain net d'une superficie de 3,8 ha de milieux humides. Mentionnons toutefois que la superficie exacte de restauration et de création de milieux humides sera connue lors de l'étape d'ingénierie détaillée. Le gain en superficie pourra potentiellement fluctuer légèrement. Dans tous les cas, il n'y aura aucune perte nette de superficie de milieu humide; un gain de superficie de milieux humides est appréhendé à la fin du projet.

La majorité de la restauration des bassins de collecte, de polissage et du pourtour de la fosse en milieux humides sera réalisée à la fin du projet, soit en période de post-exploitation et post-restauration. Le bassin de collecte BC3 pourra être restauré de manière progressive en cours de période d'exploitation, avant la période de fermeture.

4.7 Changements climatiques

L'intégration des changements climatiques a été considérée de différentes façons dans le projet Matawinie.

Les changements climatiques vont se refléter principalement par l'augmentation de la fréquence et de l'intensité des événements de précipitations extrêmes pour l'ensemble des régions minières du Québec, tout comme les précipitations moyennes annuelles (URSTM, 2017²⁶). Une légère augmentation des précipitations liquides et solides à long terme est à prévoir pour la partie nord de la région de Lanaudière.

Tel que rapporté dans l'étude de l'URSTM (2017) les principales vulnérabilités du secteur minier par rapport aux changements climatiques se retrouvent au niveau de la restauration des sites. Les infrastructures utilisées pour la restauration deviennent généralement des ouvrages permanents, qui seront davantage exposés aux variations futures du climat que les ouvrages utilisés lors de l'exploitation.

Cette étude (URSTM, 2017) met en lumière que les ouvrages de gestion des eaux utilisés pendant l'exploitation seront inspectés régulièrement et pourront être modifiés, si requis, pour s'adapter aux conditions changeantes durant le cours des opérations. Néanmoins, les infrastructures utilisées durant la phase d'exploitation présentent elles aussi des vulnérabilités aux changements climatiques.

²⁶ Analyse de risques et de vulnérabilités liés aux changements climatiques pour le secteur minier québécois, Unité de recherche et de service en technologie minérale de l'Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue, URSTM-UQAT, 2017.

Plan de réaménagement et de restauration pour le site du projet minier Matawinie		Original Version 00
24/10/2019	654068-6200-4EER-0001	Rapport technique
		4-3



Les infrastructures présentant le plus grand risque de défaillance face à une variation importante du climat sont les infrastructures de gestion des eaux et de gestion des résidus, notamment dans les cas où ces infrastructures comportent des digues de rétention (URSTM, 2017). Face à une plus grande fréquence d'évènements climatiques extrêmes, les digues représentent un risque accru d'instabilité, d'autant plus qu'elles demeurent sur le site à long terme lorsqu'elles font partie des concepts de restauration.

À cet effet, la mesure la plus importante prise pour le projet de Matawinie au niveau de l'adaptation aux changements climatiques est l'absence de digues sur le site, aussi bien durant l'exploitation qu'à la fermeture du site (post-exploitation et restauration). Les infrastructures qui sont le plus exposées aux changements climatiques et qui représentent le plus grand risque ne seront donc pas présentes sur le site du projet de Matawinie. Un mode de gestion des résidus qui rend moins vulnérables à long terme les aires d'accumulation des résidus a été sélectionné pour le projet Matawinie et comprend les éléments suivants :

- › Résidus miniers filtrés : Les résidus miniers seront épaissis et filtrés afin de réduire les risques d'instabilité physique et de faciliter la gestion de l'eau sur le site minier. Ce mode de gestion des résidus ne nécessite aucune digue.
- › Remblaiement progressif de la fosse : à partir de l'année 6 d'exploitation, la halde de co-disposition progressera dans la fosse, contribuant ainsi à réduire l'empreinte des aires d'accumulation des résidus à la surface durant l'exploitation.
- › Sélection d'un mode de gestion des résidus qui est évolutif dès la conception
- › Co-disposition des stériles et résidus miniers : La co-disposition des stériles et résidus miniers en cellules et par secteur apporte une flexibilité au mode de disposition des résidus et stériles miniers quant à l'adaptation du concept (si requis selon les mises à jour hydrologiques selon les prédictions sur les changements climatiques) ainsi qu'aux infrastructures de gestion des eaux qui seront évolutives.

D'autres mesures ont été intégrées dans la conception des ouvrages, ainsi que dans le choix des concepts de restauration afin de mieux préparer le site aux changements climatiques à moyen et long terme, notamment par la prise en compte de l'augmentation des précipitations moyennes annuelles et une augmentation de la fréquence et de l'intensité des évènements extrêmes dans les calculs hydrologiques menant à la conception des ouvrages de gestion des eaux pour l'exploitation :

- › Identification et intégration des conditions météorologiques extrêmes aux critères de conception des infrastructures de gestion des eaux
 - Conception de bassins de collecte et polissage sans digue.
 - Les critères de conception retenus pour les bassins de rétention des eaux permettent de gérer une crue exceptionnelle de récurrence 1:2000 ans avec une durée de 24 heures combinée à une fonte des neiges de récurrence 1:100 ans durant 30 jours consécutifs avec une revanche minimale de 1 m.
 - Conception des fossés : Les fossés de collecte seront conçus pour gérer la crue d'une récurrence 1:100 ans avec une revanche minimale de 0,3 m.
 - Système de pompage : La capacité de pompage inclut une contingence de 10% pour tenir compte des variations climatiques, et prévoit également des pompes de réserve.

Plan de réaménagement et de restauration pour le site du projet minier Matawinie		Original Version 00
24/10/2019	654068-6200-4EER-0001	Rapport technique
		4-4



- › Identification d'un plan de contingence advenant un évènement de précipitation extrême
 - Dans l'éventualité où un évènement de précipitation excède les critères de conception des ouvrages de gestion des eaux ou la capacité de pompage tel qu'ils sont décrits aux points précédents, de l'eau pourra être emmagasinée dans la fosse pour éviter des débordements ou des dommages aux infrastructures. Cette eau pourra ensuite être pompée vers l'unité de traitement des eaux et rejetée à l'effluent final. Sur une base journalière, ce pompage représente une majoration de plus de 30% de la crue de projet, de loin supérieure à la pratique courante de majoration des courbes IDF des projets du sud du Québec (entre 10 et 20%) pour tenir compte des changements climatiques.

Le site minier restauré représente un risque plus élevé face aux changements climatiques de par sa nature permanente et des suivis moins fréquents que durant l'exploitation. La meilleure stratégie pour adapter le site minier restauré aux changements climatiques à long terme consiste donc à favoriser des concepts de restauration qui diminuent sa vulnérabilité de manière significative. À cette fin, les mesures suivantes ont été prises pour le projet Matawinie :

- › Sélection d'un mode de restauration qui rend moins vulnérables à long terme les aires d'accumulation des résidus
 - Absence de digues de retenue dans le concept de restauration : La halde de co-disposition ne nécessite aucune digue, tant à l'exploitation qu'à la restauration. Cette technique permet donc d'éliminer la plus grande vulnérabilité des sites miniers face aux changements climatiques, soit la présence permanente d'infrastructures de retenue sur le site.
 - Remblaiement progressif de la fosse : à partir de l'année 6 d'exploitation, la halde de co-disposition progressera dans la fosse, contribuant ainsi à sa restauration progressive et réduisant l'empreinte des aires d'accumulation des résidus à la surface. Le retour des résidus dans la fosse diminue considérablement, voir élimine la vulnérabilité des aires d'accumulation des résidus aux changements climatiques.
 - Couverture avec effets de barrière capillaire : Une couverture à effet de barrière capillaire (CEBC) sera construite au-dessus des résidus miniers et stériles.
 - Bien que la co-disposition minimisera considérablement, voir empêchera l'oxydation des résidus et stériles potentiellement générateurs d'acide, la mise en place d'une CEBC constitue une mesure de précaution supplémentaire pour prévenir l'infiltration d'eau et d'oxygène dans les matériaux réactifs.
 - Face aux changements climatiques qui favoriseront des événements extrêmes plus fréquents (sécheresse, pluie exceptionnelle), la mise en végétation va favoriser le maintien de l'humidité et atténuer certains effets tels qu'une protection à l'érosion lors de précipitations exceptionnelles, ou la perte de rétention d'eau lors des périodes de sécheresse.
 - › Intégration des évènements climatiques extrêmes dans le choix du recouvrement
 - Conception de la couverture avec effets de barrière capillaire (CEBC) : La performance de ces systèmes de recouvrement à long terme est fonction du taux de saturation de la couche à granulométrie fine, permettant la réduction du flux d'oxygène aux rejets réactifs (Nicholson et al., 1989; Bussière et al., 2003, 2007). Bien qu'une augmentation des précipitations est à prévoir, elles seront alternées avec des périodes sèches plus longues, pouvant mener à des sécheresses saisonnières. Une augmentation des températures en périodes sèches (taux d'évaporation plus élevé) risquerait de diminuer temporairement le taux de saturation de la couche à granulométrie

Plan de réaménagement et de restauration pour le site du projet minier Matawinie		Original Version 00
24/10/2019	654068-6200-4EER-0001	Rapport technique
		4-5



fine et pourrait affecter l'efficacité du système à contrôler la production de drainage contaminé. Conséquemment, des conditions de sécheresse extrême seront incorporées dans les critères de conception de la CEBC lors de l'ingénierie détaillée. De plus, la co-disposition (avant la mise en place de la CEBC) minimise l'oxydation des sulfures dans les résidus PGA. La CEBC est une mesure additionnelle pour limiter l'oxygène d'atteindre les résidus PGA dans la halde de co-disposition

4.8 Installations sanitaires

Les fosses septiques seront vidangées et remplies de sable ou de gravier telles que précisées dans le Règlement sur l'évacuation et le traitement des eaux usées des résidences isolées (Q-2, r.8, a.16). L'élément épurateur (champ d'épuration) restera en place.

4.9 Réhabilitation du terrain

Dans le cadre de l'application de son système de gestion de l'environnement, NMG se dotera de procédures adressant, entre autres, les déversements accidentels de contaminants (produits pétroliers ou d'autres produits). S'il y avait un déversement sur des sols ou dans de l'eau lors des activités minières, une récupération serait réalisée et les produits seraient éliminés conformément aux exigences applicables.

Une caractérisation des sols sur la propriété minière sera réalisée à la fin de l'exploitation.

Si requis, NMG préparera un plan de réhabilitation en accord avec la politique sur la protection et la réhabilitation des terrains contaminés et la loi sur la qualité de l'environnement (LQE). Lors de la fermeture de la mine, les terrains comprenant le garage seront soumis aux procédures de réhabilitation inscrites dans la LQE.

4.10 Produits pétroliers et chimiques, et matières résiduelles dangereuses et non dangereuses

Les produits pétroliers seront disposés selon les règles applicables. Les produits chimiques du concentrateur, s'ils ne sont pas totalement utilisés, seront disposés selon les réglementations en vigueur. Quant aux matières résiduelles dangereuses et non dangereuses, elles seront transportées au fur et à mesure qu'elles seront générées vers les installations des centres de disposition autorisés. Au moment de la fermeture, il n'y aura plus de matières résiduelles sur les lieux. Le Tableau 4 2 résume les modes de gestion des matières résiduelles choisis. Toutes matières résiduelles, incluant les matières dangereuses ou contaminées le cas échéant, seront disposées selon la réglementation provinciale et fédérale applicable et dans des sites autorisés par le MELCC selon le type de matières résiduelles.

Conformément à la LQE, ces matières seront gérées en appliquant le principe des 3RV, soit la réduction à la source, le réemploi et le recyclage afin de réduire les quantités de déchets devant être éliminés par enfouissement. La réduction à la source étant identifiée comme prioritaire selon la hiérarchie des 3RV.

Plan de réaménagement et de restauration pour le site du projet minier Matawinie		Original Version 00
24/10/2019	654068-6200-4EER-0001	Rapport technique
		4-6



Advenant des quantités excédentaires de béton résiduel, elles pourraient faire l'objet d'une valorisation additionnelle en s'appuyant sur les principes et critères exposés dans les *Lignes directrices relatives à la gestion de béton, de brique et d'asphalte issus des travaux de construction et de démolition et des résidus du secteur de la pierre de taille*.

Le démantèlement des infrastructures sera réalisé par étapes et de façon méthodique permettant une bonne ségrégation des matériaux. Les matériaux seront caractérisés de façon à déterminer si certains d'entre eux devront être gérés en vertu du Règlement sur les matières dangereuses (RLRQ, chapitre Q-2, r. 32) (RMD) ou du Règlement sur les déchets solides (RLRQ, chapitre Q-2, r. 13) (RDS). Les méthodes d'échantillonnage et de caractérisation décrites dans le Guide des bonnes pratiques pour la gestion des matériaux de démantèlement seront suivies.

Les matériaux de démantèlement qui montrent un niveau de contamination supérieur aux normes du RMD auront un statut de matières dangereuses et seront gérés en fonction de ce statut.

Tableau 4.2 : Résumé des modes de gestion des matières résiduelles

Type de matières résiduelles	Mode de gestion
Non dangereuses	
Matériaux secs (béton, bois, plastique, métal, plâtre, etc.)	Tri à la source avec séparation du métal, du bois et des débris. Tout ce qui n'est pas réutilisable, recyclable ou valorisable sera éliminé au site d'enfouissement autorisé.
Déchets domestiques	Site d'enfouissement autorisé.
Boues sanitaires	Traitement par réacteur biologique et utilisées pour la restauration comme matière organique (si les critères requis sont rencontrés).
Dangereuses	
Graisses usées	Placées dans des conteneurs puis gérés par une firme spécialisée qui se déplace au site pour la cueillette.
Huiles usées	Placées dans un réservoir mobile localisé sur le site. Ces huiles seront collectées par une firme spécialisée.
Piles, fluorescents, etc.	Placés dans un contenant et gérés par une firme spécialisée qui se déplacera au site pour la cueillette.
Matières solides contaminées aux hydrocarbures	Placés dans un conteneur étanche qui sera recueilli par une firme spécialisée.
Autres matières dangereuses ou assimilables à des matières dangereuses	Lieu d'enfouissement de matières dangereuses autorisé.

Plan de réaménagement et de restauration pour le site du projet minier Matawinie		Original Version 00
24/10/2019	654068-6200-4EER-0001	Rapport technique
		4-7



5.0 PROGRAMME DE SUIVI ET D'ENTRETIEN POST RESTAURATION

La mise en place du programme de surveillance post-exploitation et post-restauration vise à confirmer l'efficacité de la remise en état du site et à vérifier la performance des mesures de restauration après la fermeture. La période de post-exploitation comprend les deux (2) années de travaux de restauration au site. La période post-restauration comprend les dix (10) années suivant la restauration. Le programme de suivi post-exploitation et post-restauration de la future mine du projet Matawinie viendra se greffer au programme de suivi qui sera instauré lors de la phase d'exploitation. Les grandes lignes du programme sont présentées ci-dessous.

Le détail du programme sera soumis avec le plan de restauration final ou encore au moment de déposer la demande de certificat d'autorisation pour l'exécution des travaux de restauration. Il devra être réalisé selon les dispositions mentionnées à la section 2.11 de la Directive 019 sur l'industrie minière.

Les travaux de restauration devront débuter dans les trois ans suivant la cessation des activités d'exploitation (M - 13.1, a.232.7.1). Un rapport annuel sera déposé au MERN et au MELCC dans les 90 jours suivants la fin de l'année civile afin d'informer le MERN et le MELCC de l'état d'avancement des travaux de réaménagement et de restauration. Il inclura également les résultats du programme de contrôle et de suivi post-restauration faisant suite aux travaux de restauration sur l'ensemble du site minier et comprenant :

- › Une présentation des résultats du programme de suivi environnemental effectué selon les exigences du MELCC ;
- › L'interprétation des résultats du suivi et l'évaluation de l'efficacité des techniques de restauration mise en place ;
- › Les résultats du suivi et du contrôle de l'intégrité des ouvrages ;
- › Les résultats du suivi agronomique.

La personne responsable pour l'ensemble du programme de suivi post-restauration est M. Frédéric Gauthier dont les coordonnées sont fournies à la Section 2.2.

5.1 Suivi et entretien de l'intégrité des ouvrages

5.1.1 Halde de co-disposition, fossés de drainage et fosse

Le suivi sur l'intégrité des ouvrages consistera en des inspections visuelles et géotechniques de la halde, des fossés de drainage et des bassins collecteurs, venant compléter le programme de suivi qui sera instauré lors de la phase d'exploitation. Il est à noter que ce programme sera également réalisé pendant l'exploitation pour les besoins d'inspections et de suivi environnemental durant cette période, et aussi pour la restauration progressive de la halde de co-disposition qui se fera majoritairement pendant l'exploitation minière.

En période d'exploitation, un plan de suivi respectant les sections 2.9.3.3 et 3.2.8.7 de la Directive 019 sera soumis avec la demande de certificat d'autorisation. Ce plan inclura un suivi de l'intégrité de la halde de co-disposition qui va permettre de s'assurer que l'empilement est stable au niveau géotechnique et géochimique, qu'il n'y a pas d'érosion ou de mouvement important de terrain et que l'écoulement des eaux se fait librement. Les inspections suivantes seront minimalement en place :

Plan de réaménagement et de restauration pour le site du projet minier Matawinie		Original Version 00
24/10/2019	654068-6200-4EER-0001	Rapport technique
		5-1



- › Surveillance de chantier journalière par les opérateurs et surveillants de chantier responsables de disposer les résidus et les stériles à la halde de co-disposition. Ceux-ci auront un manuel conçu spécifiquement pour les opérations de co-disposition et seront formés sur les aspects à considérer sur le site lors de la déposition des résidus miniers et stériles miniers tels que les signes majeurs d'érosion, tassements, zone molle, etc. ;
- › Inspection hebdomadaire visuelle des ouvrages à la halde de co-disposition et de tout le réseau de drainage par le personnel de la mine responsable du parc à résidus miniers selon une grille préétablie des paramètres à valider sur le site minier ;
- › Inspections mensuelles réalisées par un technicien dûment qualifié ou un ingénieur qui va compléter un rapport qui inclura :
 - Inspections visuelles de la halde et des fossés de drainage afin de noter toute anomalie qui pourrait remettre en cause la stabilité. Une attention particulière sera portée au point de sortie des eaux pour noter tout signe d'érosion ;
 - À la suite des visites, un rapport sera préparé afin d'indiquer la présence de toute anomalie observée et les mesures correctrices à apporter, le cas échéant. Le rapport sera accompagné de photographies ;
- › Une inspection rigoureuse par un ingénieur en géotechnique externe sera faite une fois par an. L'ingénieur remettra un rapport confirmant la stabilité des ouvrages selon les critères de conception ;
- › Advenant un événement exceptionnel (tremblement de terre, pluie d'ampleur exceptionnelle), NMG fera une visite d'inspection pour s'assurer de l'intégrité et de la stabilité des ouvrages.

Un suivi de la qualité des eaux de surface et souterraines telles qu'exigées par la Directive 019 sera fait. Différents points d'échantillonnage des eaux de surface, et minimalement trois puits d'observation seront suivis sur le site avant l'effluent final. Les puits seront en aval des aménagements du site (secteur industriel, aire d'accumulation, site minier) perpendiculaire à la direction de l'eau souterraine. La localisation exacte sera soumise avec la demande de certificat d'autorisation.

Un programme de surveillance de la performance de la déposition des résidus miniers et stériles miniers en co-disposition sera mis en place. Les résultats seront analysés et suivis par l'équipe de NMG de façon régulière puis feront l'objet d'un rapport d'interprétation mis à jour annuellement qui inclura :

- › Les résultats de la caractérisation périodique des résidus miniers (ex. : chimie, teneur en eau avant et après mise en place, densité en place pour la compaction des résidus miniers) ;
- › Les résultats du programme de suivi environnemental des eaux de surface et souterraine qui sera effectué selon les exigences du MELCC ;
- › L'interprétation des résultats du suivi et de l'évaluation de l'efficacité de la co-disposition et des techniques de restauration mise en place lorsqu'applicable ;
- › Les résultats du suivi et du contrôle de l'intégrité et la stabilité géotechnique des ouvrages (haldes, déposition, fossés, bassins, etc.) ;
- › Le suivi sur les émissions atmosphériques, et mesures correctrices si applicables ;
- › Les résultats du suivi agronomique lorsqu'applicable.

Plan de réaménagement et de restauration pour le site du projet minier Matawinie		Original Version 00
24/10/2019	654068-6200-4EER-0001	Rapport technique
		5-2



À la fermeture, la halde de co-disposition (stériles et résidus miniers) et la fosse ne représenteront aucun danger pour l'environnement. Le suivi de l'intégrité des ouvrages permettra de s'assurer que l'empilement est stable au niveau géotechnique et géochimique, qu'il n'y a pas d'érosion ou de mouvement important de terrain et que l'écoulement des eaux se fait librement.

Le suivi sur l'intégrité des ouvrages consistera en des inspections visuelles de la halde et des fossés de drainage afin de noter toute anomalie qui pourrait remettre en cause la stabilité. Une attention particulière sera portée au point de sortie des eaux pour noter tout signe d'érosion. Des inspections visuelles des murs de la fosse afin de déceler tout signe d'instabilité seront également complétées.

À la suite des visites, un rapport sera préparé afin d'indiquer la présence de toute anomalie observée et les mesures correctrices à apporter, le cas échéant. Le rapport sera accompagné de photographies.

Des inspections rigoureuses par un ingénieur en géotechnique seront faites deux fois par an pendant les cinq (5) années post-restauration. Les inspections seront faites après le dégel printanier et à l'automne, avant l'apparition de la neige.

Durant la période de surveillance, advenant un événement exceptionnel (tremblement de terre, pluie d'ampleur exceptionnelle), NMG fera une visite d'inspection pour s'assurer de l'intégrité et de la stabilité des ouvrages.

Les coûts pour le suivi et entretien de l'intégrité des structures sont inclus dans l'estimation de coûts (voir Section 6.0) et incluent les inspections géotechniques en période de post-restauration.

5.2 Suivi environnemental

5.2.1 Suivi en période post-exploitation

À la fin de l'exploitation de la mine, NMG procèdera à la restauration du site sur une période de 2 ans. Durant cet intervalle et jusqu'à la fin des travaux de restauration, un réseau de surveillance sera mis en place de façon à s'assurer que les activités sur le site sont toujours conformes. Le réseau de surveillance détaillé sera précisé avec le plan de restauration final ou encore au moment de déposer la demande de certificat d'autorisation pour l'exécution des travaux de restauration. Dans l'ensemble, ce réseau comprendra l'échantillonnage des mêmes points échantillonnage et d'effluents que lors de la phase opérationnelle. Durant la période post-exploitation, le pompage des eaux vers les différents bassins sera maintenu. Les postes de pompage et conduites seront les derniers éléments à être démantelés et ne le seront que lorsque le suivi de la qualité de l'eau aura permis de s'assurer que l'eau du site restauré peut aller directement vers le milieu récepteur sans traitement.

Les paramètres de la Directive 019 à analyser seront les mêmes qu'en période d'opération soient au minimum : pH, MES, As, Cu, Fe, Ni, Pb, Zn et toxicité. La fréquence d'échantillonnage sera hebdomadaire durant les six (6) mois suivant l'arrêt des activités et pour les six (6) mois suivants, l'échantillonnage sera de deux fois par mois.

Le suivi de la qualité des eaux souterraines se fera à raison de deux fois par année pendant les travaux de restauration pour les mêmes paramètres que pour les eaux de surface à l'exception des matières en suspension (MES).

Plan de réaménagement et de restauration pour le site du projet minier Matawinie		Original Version 00
24/10/2019	654068-6200-4EER-0001	Rapport technique
5-3		



Conséquemment à la caractérisation géochimique et suivant les résultats de la cellule expérimentale et du suivi fait en période d'exploitation des paramètres additionnels pourront être ajoutés au suivi.

Les coûts pour le suivi environnemental en période post-exploitation sont inclus dans l'estimation de coûts (voir Section 6.0) et incluent la qualité des eaux de surface et souterraines.

5.2.2 Suivi en période post-restauration

En période post restauration, un réseau de surveillance sera élaboré afin de s'assurer que le site restauré permette de rencontrer les exigences en termes de qualité des eaux de rejets. Le suivi se poursuivra sur une période minimale de dix (10) ans suivant la période de post-exploitation et se terminera par l'abandon du programme, conformément aux spécifications de la Directive 019.

5.2.2.1 Suivi des eaux de surface

NMG va continuer le suivi à l'effluent final tant qu'il en sera requis (suivi post-restauration minimalement). Les paramètres d'analyse et la fréquence d'échantillonnage seront ceux de la Directive 019 (voir Tableau 5.1 et Tableau 5.2) et ceux de l'EIES (SNC Lavalin 2019b, 2019c). Les paramètres seront ajustés en fonction du suivi effectué pendant la phase d'exploitation. La qualité de l'eau dans la fosse sera également suivie.

Tableau 5.1 : Suivi proposé pour les eaux de surface en période post-restauration

Paramètres	Unités	Critères Directive 019	
		COLONNE I CONCENTRATION MOYENNE MENSUELLE ACCEPTABLE	COLONNE II CONCENTRATION MAXIMALE ACCEPTABLE
Arsenic extractible	mg/l	0,2	0,4
Cuivre extractible	mg/l	0,3	0,6
Fer extractible	mg/l	3	6
Nickel extractible	mg/l	0,5	1
Plomb extractible	mg/l	0,2	0,4
Zinc extractible	mg/l	0,5	1
Cyanures totaux	mg/l	1	2
HP C ₁₀ -C ₅₀	mg/l	-	2
Matières en suspension	mg/l	15	30
pH		Entre 6,0 et 9,5	Entre 6,0 et 9,5
Toxicité aiguë		*	*
Nombre de stations	À déterminer en fonction du suivi annuel en exploitation		
Fréquence	8 échantillonnages par année, espacés de 30 jours/an		

* Doit être inférieur au niveau de létalité aiguë selon les tests de truites arc-en-ciel (*Oncorhynchus mykiss*) et de daphnies (*Daphnia magna*)

Plan de réaménagement et de restauration pour le site du projet minier Matawinie		Original Version 00
24/10/2019	654068-6200-4EER-0001	Rapport technique
		5-4



Tableau 5.2 : Paramètres du suivi de l'effluent final

Paramètre usuel	Nutriments	Métaux	Sulfures	Toxicité
Alcalinité Chlorures Débit Dureté Hydrocarbures (C10-C50) MES pH Solides dissous totaux Sulfates Turbidité	Azote ammoniacal Nitrites et nitrates Phosphore total	Cadmium Calcium Chrome Magnésium Mercure Potassium Sélénium Thorium Uranium	Sulfures Thiosulfates	Toxicité chronique

Note : Tableau présenté à la réponse Qc79 du document de réponse de l'EIES (SNC Lavalin, 2019c).

Le procédé de traitement des eaux est conçu de manière à cibler les contaminants potentiels afin de respecter la Directive 019. Les méthodes de traitement des eaux et de gestion de retour au milieu récepteur (point de rejet) prévues pour le projet permettent d'aller au-delà des critères définis dans la Directive 019 sur l'industrie minière et sont orientées vers l'atteinte des objectifs environnementaux de rejet (OER).

Les coûts pour le suivi des eaux de surface, incluant également le suivi de l'eau dans la fosse, sont inclus dans l'estimation de coûts (voir Section 6.0) et incluent l'échantillonnage, la compilation et la rédaction des rapports de suivi.

5.2.2.2 Suivi des eaux souterraines

Le suivi de la qualité des eaux souterraines à raison de deux fois par année se poursuivra pendant une période minimale de 10 ans suivant la période de post-exploitation, durant la période post-restauration. Il sera réalisé dans au moins trois (3) puits d'observation qui seront installés en amont (1) et en aval (2) du site, selon le sens d'écoulement. L'emplacement et la sélection finale des puits d'observation qui serviront au suivi post-restauration seront déterminés en fonction des résultats de la qualité de l'eau qui seront obtenus pendant la phase d'exploitation. La Figure 5.1 présente les points d'échantillonnages actuellement possibles pour le suivi en post-restauration. Des puits seront ajoutés au besoin. Le Tableau 5 3 présente les paramètres ainsi que les critères qui seront inclus dans le suivi post-restauration des eaux souterraines. Le Tableau 5 4 présente le suivi proposé pour les eaux souterraines en période d'exploitation.

L'échantillonnage sera effectué par du personnel qualifié et l'analyse des échantillons sera faite par un laboratoire certifié. Les coûts pour le suivi des eaux souterraines sont inclus dans l'estimation de coûts (voir Section 6.0) et incluent l'échantillonnage, la compilation et la rédaction des rapports de suivi.

Plan de réaménagement et de restauration pour le site du projet minier Matawinie		Original Version 00
24/10/2019	654068-6200-4EER-0001	Rapport technique
		5-5

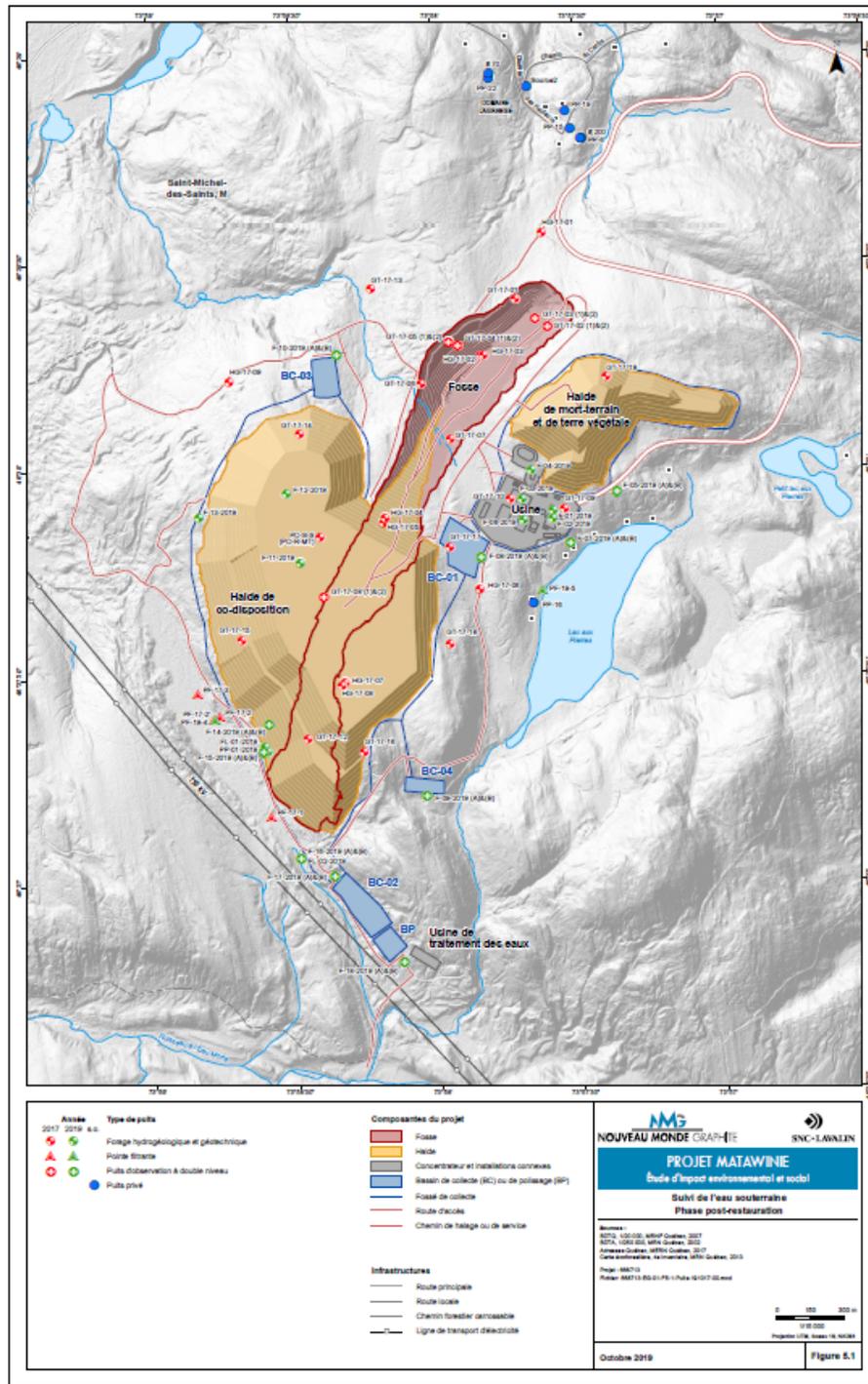


Figure 5.1 : Points d'échantillonnage possible pour le suivi des eaux souterraines

Plan de réaménagement et de restauration pour le site du projet minier Matabwin		Original Version 00
24/10/2019	654068-6200-4EER-0001	Rapport technique
		5-6



Tableau 5.3 : Suivi proposé pour les eaux souterraines en période post-restauration

Paramètres	Critères de qualité*		
	Unités	Eau de consommation**	Résurgence dans l'eau de surface
Arsenic dissous	µg/l	0,3	340
Cuivre dissous	µg/l	1 000	7,3
Fer dissous	µg/l	-	-
Nickel dissous	µg/l	70	260
Plomb dissous	µg/l	10	34
Zinc dissous	µg/l	5 000	67
Cyanures totaux	µg/l	-	22
HP C ₁₀ -C ₅₀	µg/l	-	2 800
Ca ²⁺ (Calcium)	µg/l	-	-
HCO ₃ ⁻ (Bicarbonate)	µg/l	-	-
K ⁺ (potassium)	µg/l	-	-
Mg ²⁺ (Magnésium)	µg/l	-	-
Na ⁺ (Sodium)	µg/l	2 000	-
SO ₄ ⁻² (Sulfate)	µg/l	-	-
pH		-	-
Conductivité	µS/cm	-	-
Nombre de stations	3 puits (1 en amont et 2 en aval hydraulique du site)		
Fréquence	2 fois/année, pendant 10 ans		

* Selon l'annexe 7 de la PPSRTC tel que décrit dans son Guide d'intervention (MELCC, 2016)

** Exprimés en concentrations maximales acceptables (CMA)

Plan de réaménagement et de restauration pour le site du projet minier Matawinie		Original Version 00
24/10/2019	654068-6200-4EER-0001	Rapport technique
		5-7



Tableau 5.4 : Suivi proposé pour les eaux souterraines en période d'exploitation

Paramètres	Critères de qualité*		
	Unités	Eau de consommation**	Résurgence dans l'eau de surface
Aluminium dissous	µg/l	100	
Argent dissous	µg/l	100	0,62
Arsenic dissous	µg/l	0,3	340
Baryum dissous	µg/l	1 000	600
Cadmium dissous	µg/l	5	1.1
Cobalt dissous	µg/l		370
Chrome total dissous	µg/l	50	
Cuivre dissous	µg/l	1 000	7,3
Fer dissous	µg/l	-	-
Manganèse dissous	µg/l	50	2 300
Mercuré dissous	µg/l	1	0,0013
Molybdène dissous	µg/l	40	29 000
Nickel dissous	µg/l	70	260
Plomb dissous	µg/l	10	34
Sélénium dissous	µg/l	10	62
Zinc dissous	µg/l	5 000	67
HP C ₁₀ -C ₅₀	µg/l	-	2 800
Ca ⁺² (Calcium)	µg/l	-	-
HCO ₃ ⁻ (Bicarbonate)	µg/l	-	-
K ⁺ (potassium)	µg/l	-	-
Mg ⁺² (Magnésium)	µg/l	-	-
Na ⁺ (Sodium)	µg/l	200 000	-
SO ₄ ⁻² (Sulfate)	µg/l	-	-
pH		-	-
Conductivité	µS/cm	-	-

* Selon l'annexe 7 du Guide d'intervention de PSRTC (MELCC, 2016)

** Exprimés en concentrations maximales acceptables (CMA)

Note : Tableau présenté à la réponse Qc83 du document de réponse de l'EIES (SNC-Lavalin, 2019c).

À la suite de la caractérisation géochimique et des résultats de la cellule expérimentale, des paramètres additionnels pourront être ajoutés au suivi des eaux de surface et souterraines. Les éléments spécifiques au suivi seront inclus dans les révisions du plan de restauration et à la demande de certificat d'autorisation pour le projet minier.

Plan de réaménagement et de restauration pour le site du projet minier Matawinie		Original Version 00
24/10/2019	654068-6200-4EER-0001	Rapport technique
		5-8



5.2.3 Suivi des milieux humides

À la fin de la vie de la mine et si le suivi post-restauration confirme la qualité des eaux souterraines dans le milieu environnant, les activités de pompage visant à maintenir la fosse à sec pourront cesser de sorte que cette dernière se remplira graduellement d'eau par infiltration et par l'apport des précipitations pour revenir vers son niveau statique. Ce faisant, un plan d'eau sera créé. Des actions pourront être ultérieurement planifiées afin de mettre en valeur ce site pour en améliorer les caractéristiques écologiques et d'habitats. Par exemple, l'aménagement des rives de la fosse permettra de créer une zone littorale propice au développement d'organismes, dont le benthos qui constitue une source importante de nourriture pour le poisson. Pour l'instant, ce projet est présenté à titre indicatif seulement afin de mettre en valeur le site à la fin de sa vie utile, au bénéfice de la communauté. Toutefois, cette approche est volontaire à ce stade du projet et aucune planification détaillée n'a été entreprise étant donné que ce projet ne pourra se mettre en branle qu'à la fin de l'exploitation de la mine, soit après les 26 ans d'exploitation.

Tel que mentionné à la section 4.6.1, NMG entend effectuer la restauration et la création de milieux humides à la fin du projet afin de compenser les pertes nettes permanentes encourues de milieux humides et de milieux hydriques (rive). NMG souhaite procéder à la réalisation d'un projet de compensation sous forme de restauration de milieux humides pour la perte nette et permanente de superficie de milieux humides (9,96 ha) et de milieux hydriques (rive - 2,69 ha) qui sera affectée directement, soit une superficie totale de 12,65 ha. Aucune perte permanente indirecte n'est appréhendée par le projet. Effectivement, il est peu probable que l'impact indirect sur les milieux humides occasionné par le rabattement de la nappe phréatique engendre une perte permanente de superficie. L'effet sera plutôt une modification à court terme et de manière discontinue de certaines fonctions écologiques des milieux humides.

À la suite de la réalisation des aménagements des milieux humides, un suivi de ceux-ci sera effectué. Il comprendra entre autres le suivi des plantations/ensemencements et de la prolifération des espèces dans les cinq sites aménagés. Advenant une mortalité des plants, ceux-ci devront être remplacés avec les mêmes espèces ou des espèces indigènes plus adaptées. Le programme de suivi pourra être élaboré en détail lors de la réalisation du projet de compensation détaillé, notamment le nombre d'années de suivi à effectuer.

Les coûts pour le suivi des milieux humides sont inclus dans l'estimation de coûts (voir Section 6.0). Les coûts pour l'implantation des milieux humides à l'endroit des infrastructures minières sont inclus dans chacun des items bassins et fosses de la garantie financière.

5.3 Suivi agronomique

À la fin de la vie de la mine ou lorsqu'un secteur n'a plus à être utilisé, une mise en végétation et un reboisement avec des espèces permettant une reprise rapide de la végétation sera effectuée lors de la végétalisation. Le suivi agronomique durant la période post-restauration se poursuivra durant un minimum de 5 ans sous forme d'inspections annuelles. Les inspections consisteront principalement en une évaluation visuelle de différents paramètres tels que la condition des plants, le pourcentage des aires montrant une reprise végétative, l'érosion des sols, etc. Le cas échéant, des engrais de rappel seront épandus et des reprises d'ensemencement seront effectuées.

Plan de réaménagement et de restauration pour le site du projet minier Matawinie		Original Version 00
24/10/2019	654068-6200-4EER-0001	Rapport technique
		5-9



Le suivi agronomique permettra d'évaluer la croissance et la diversification des espèces implantées lors de la fermeture et de prendre des actions correctrices si nécessaire. Les critères de conception en lien avec la mise en végétation et l'intégrité de la CEBC seront aussi validés. Ces critères spécifiques seront établis lors de l'ingénierie détaillée et fournis avec la demande de certification d'autorisation au MELCC. Des essais de terrain et en laboratoires vont débiter en 2020 afin de valider le type de végétation et le suivi qui se rattache à l'intégrité du recouvrement (CEBC) pour la couche finale de la halde de co-disposition. Les résultats de ces essais seront fournis au MERN pour une mise à jour du plan de restauration avant le début de l'exploitation minière.

Le suivi sera réalisé lors de visites annuelles par un agronome professionnel qualifié, membre de l'Ordre des agronomes du Québec, qui va confirmer la viabilité et pérennité de la végétation selon les conditions en place. En plus de l'inspection visuelle, un relevé de la végétation sera fait afin d'évaluer la couverture de la végétation, la composition, la densité et la fréquence des espèces. Un rapport de visite incluant les informations recueillies et les photographies pertinentes sera fait suite à l'inspection.

Les coûts pour la végétalisation sont inclus dans l'estimé de coûts (voir Section 6.0) et inclus les items requis à l'intégration au milieu environnant tel qu'une mise en végétation typique qui sera prélevée dans les milieux locaux ainsi qu'un reboisement avec des espèces indigènes permettant une reprise rapide et durable de la végétation.

Plan de réaménagement et de restauration pour le site du projet minier Matawinie		Original Version 00
24/10/2019	654068-6200-4EER-0001	Rapport technique
5-10		



6.0 CONSIDERATIONS ECONOMIQUES ET TEMPORELLES

6.1 Évaluation détaillée des coûts de restauration

Pour établir les coûts de restauration, un bordereau, incluant tous les items décrits au chapitre 3, a été développé. Cette estimation a aussi été préparée sur les bases suivantes :

- › Tous les coûts sont en dollars canadiens 2019 et ne sont pas ajustés pour l'inflation ;
- › Les coûts unitaires ont été évalués par SNC-Lavalin Inc. sur la base de projets comparables ;
- › L'envergure des travaux est basée sur les sections 3.0 et 4.0 de ce rapport ;
- › Aucune valeur de revente n'a été considérée ;
- › L'estimation est faite en supposant que les travaux de restauration sont effectués par un tiers indépendant de NMG.

Le Tableau 6-1 présente le résumé des coûts de restauration du projet Matawinie. Les coûts totaux de restauration incluant les coûts directs et indirects et la contingence sont résumés par type de composante à restaurer. Les coûts de la restauration du site s'élèvent à 25 521 127,77 \$.

Les coûts directs représentent les coûts engendrés par les travaux de restauration. Les coûts indirects représentent 10% des coûts directs, selon l'étape d'ingénierie de faisabilité et les coûts indirects présentés dans l'évaluation provenant du NI 43101. Finalement, une contingence de 15% est appliquée pour l'ensemble des coûts directs et indirects.

6.2 Garantie Financière

Selon la Loi sur les Mines, la garantie doit couvrir 100% des coûts de restauration. L'estimation des coûts de restauration inclut l'ensemble des activités présentées dans la section 4.0; le démantèlement des infrastructures pouvant être légué à des parties prenantes après entente, tels les chemins d'accès et la ligne électrique de 120kV, est également inclus.

Pour les fins de la garantie financière, il a été considéré que s'il y avait une fermeture du site suivant les 26 années exploitation, toute la superficie plane de la halde de co-disposition (qui ne serait pas à l'élévation finale) aura besoin de manipulation du matériel en place pour compléter la co-disposition et la CEBC. Ce pourcentage sera de 30% et moins selon le plan de déposition actuel (FS NI43101). Cependant, pour les fins de la garantie financière, le calcul inclut une superficie équivalente à 60% de l'aire d'accumulation de la superficie totale à 26 ans où l'on devrait déplacer du matériel (stériles et résidus NAG) pour finaliser la co-disposition sur cette surface afin de reproduire le concept de CEBC à ces endroits. Tel que demandé dans le guide de restauration du MERN et la Loi sur les mines, il a été considéré que 100% de la superficie de la halde de co-disposition devra être recouvert avec le recouvrement final qui est ici du mort-terrain et de la terre végétale. La mise en végétation est également considérée sur 100% de la superficie de la halde de co-disposition et la halde de mort-terrain. Il est par contre prévu d'effectuer la restauration progressive avec le mort-terrain et la terre végétale (puis mise en végétation) des aires d'accumulation au fur et à mesure de l'exploitation.

Plan de réaménagement et de restauration pour le site du projet minier Matawinie		Original Version 00
24/10/2019	654068-6200-4EER-0001	Rapport technique
		6-1



Tel que présenté au Tableau 6-1, la garantie financière du projet de démonstration (projet Mise en valeur du bloc Tony) est évaluée à 621 111\$. Le total de la garantie financière du projet de démonstration couvrant le coût de restauration applicable au projet commercial a été estimé à 436 280 \$ (excluant la contingence). Ce montant est donc soustrait du total des coûts de restauration directs estimés pour le projet commercial.

NMG possède une lettre de garantie d'un montant total de 621 111 \$ en date du 27 avril 2018 pour le projet de démonstration. Pour couvrir la totalité de la garantie financière présentée dans le présent plan de restauration, il reste donc un montant 24 900 016,77 \$ à verser.

La garantie financière sera fournie en trois versements. Tel que présenté au Tableau 6-2, le premier étant dans les 90 jours suivant l'approbation du plan de restauration et représentera 50% du montant total de la garantie. Les deux autres versements seront fournis à la date d'anniversaire de l'approbation et représenteront 25% du montant total de la garantie chacun.

6.3 Type et durée de la garantie financière

La garantie financière sera versée sous forme de lettre de crédit. Celle-ci sera maintenue en vigueur jusqu'à l'émission du certificat de libération et NMG présentera les résultats des travaux de restauration progressive pour soustraire à la présente garantie lorsque les travaux auront été réalisés conformément au plan de restauration approuvé et au certificat d'autorisation.

Plan de réaménagement et de restauration pour le site du projet minier Matawinie		Original Version 00
24/10/2019	654068-6200-4EER-0001	Rapport technique
		6-2

Tableau 6.1 : Estimation des coûts de restauration

ID	Description	Unité	Quantité	Coût unitaire	TOTAL
COÛT DIRECT					
1	Route et accès				
1.1	Scarification et reprofilage	m ²	159 962	1,08 \$	172 919,00 \$
1.2	Mise en végétation mécanique	m ²	159 962	0,90 \$	143 965,80 \$
	SOUS-TOTAL				316 884,80 \$
2	Halde de co-disposition				
2.1	Mise en place mort-terrain, terre végétale et profilage	m ³	812 400	5,99 \$	4 865 626,00 \$
2.2	Mise en végétation mécanique (50% de la superficie totale)	m ²	677 000	0,90 \$	609 300,00 \$
2.3	Mise en végétation hydraulique (50% de la superficie totale)	m ²	677 000	1,25 \$	846 250,00 \$
2.4	Fermeture des cellules en opération (considère 60% de la superficie totale)	m ³	731 160	6,49 \$	4 742 304,00 \$
	SOUS-TOTAL				11 063 480,00 \$
3	Halde à mort-terrain				
3.1	Reprofilage	m ²	320 000	1,30 \$	415 104,00 \$
3.2	Mise en végétation mécanique (50% de la superficie totale)	m ²	160 000	0,90 \$	144 000,00 \$
3.3	Mise en végétation hydraulique (50% de la superficie totale)	m ²	160 000	1,25 \$	200 000,00 \$
	SOUS-TOTAL				759 104,00 \$
4	Aire d'infrastructures minières (bâtiments et infrastructures connexes)				
4.1	Usine de désulfuration	Forfait	1	274 596,00 \$	274 596,00 \$
4.2	Dôme d'entreposage des résidus miniers non générateurs	Forfait	1	290 685,00 \$	290 685,00 \$
4.3	Dôme d'entreposage des résidus miniers générateurs	Forfait	1	111 784,00 \$	111 784,00 \$
4.4	Garage de maintenance : démantèlement et disposition	Forfait	1	362 428,00 \$	362 428,00 \$
4.5	Bâtiment d'entreposage du minerai	Forfait	1	343 280,00 \$	343 280,00 \$
4.6	Concentrateur : démantèlement et disposition - portion démolition du bâtiment	Forfait	1	1 288 160,00 \$	1 288 160,00 \$
4.7	Concentrateur : démantèlement et disposition - portion démantèlement	Forfait	1	1 337 787,00 \$	1 337 787,00 \$
4.8	Entrepôt	Forfait	1	105 864,00 \$	105 864,00 \$
4.9	Concasseurs: démantèlement et disposition	m ²	459	805,00 \$	369 118,26 \$
4.10	Restauration de l'aire des infrastructures minières	m ²	---	---	---
4.10.1	Mise en place de mort-terrain et de terre végétale (300 mm)	m ³	29 550	5,40 \$	159 570,00 \$
4.10.2	Mise en végétation	m ²	98 500	1,68 \$	165 283,00 \$
	SOUS-TOTAL				4 808 555,26 \$
5	Restauration des bassins de collecte des eaux				
5.1	Bassin de collecte #2	---	---	---	---
5.1.1	Adoucissement des pentes (4H:1V) sur une hauteur de 3m	m ³	9 504	1,55 \$	14 689,00 \$
5.1.2	Mise en place de terre végétale (300 mm)	m ³	1 300	5,40 \$	7 020,00 \$
5.1.3	Matelas anti-érosion (paille)	m ²	4 330	1,25 \$	5 412,50 \$
5.1.4	Ensemencement	m ²	4 330	1,26 \$	5 473,00 \$
5.1.5	Plantation à la ligne des eaux	m ²	528	57,80 \$	30 518,40 \$
5.1.6	Plantation d'arbustes	m ²	528	3,68 \$	1 943,04 \$
5.1.7	Contingence pour gestion des boues	m ³	1 000	11,66 \$	11 660,00 \$
5.2	Bassin de collecte #3	---	---	---	---
5.2.1	Adoucissement des pentes (4H:1V) sur une hauteur de 3m	m ³	8 280	1,55 \$	12 798,00 \$
5.2.2	Mise en place de terre végétale (300 mm)	m ³	1 130	5,40 \$	6 102,00 \$
5.2.3	Matelas anti-érosion (paille)	m ²	3 820	1,25 \$	4 775,00 \$
5.2.4	Ensemencement	m ²	3 820	1,26 \$	4 828,00 \$
5.2.5	Plantation à la ligne des eaux	m ²	460	57,80 \$	26 588,00 \$
5.2.6	Plantation d'arbustes	m ²	460	3,68 \$	1 692,80 \$
5.2.7	Contingence pour gestion des boues	m ³	1 000	11,66 \$	11 660,00 \$
5.3	Bassin de polissage	---	---	---	---
5.3.1	Adoucissement des pentes (4H:1V) sur une hauteur de 3m	m ³	7 884	1,55 \$	12 186,00 \$
5.3.2	Mise en place de terre végétale (300 mm)	m ³	1 080	5,40 \$	5 832,00 \$
5.3.3	Matelas anti-érosion (paille)	m ²	3 590	1,25 \$	4 487,50 \$
5.3.4	Ensemencement	m ²	3 590	1,26 \$	4 538,00 \$
5.3.5	Plantation à la ligne des eaux	m ²	438	57,80 \$	25 316,40 \$
5.3.6	Plantation d'arbustes	m ²	438	3,68 \$	1 611,84 \$
5.3.7	Contingence pour gestion des boues	m ³	1 000	11,66 \$	11 660,00 \$
5.4	BC (Phase A et B)	---	---	---	---
5.4.1	Adoucissement des pentes (4H:1V) sur une hauteur de 3m	m ³	13 095	1,55 \$	20 240,00 \$
5.4.2	Mise en place de terre végétale (300 mm)	m ³	1 791	5,40 \$	9 671,40 \$
5.4.3	Matelas anti-érosion (paille)	m ²	6 001	1,25 \$	7 501,25 \$
5.4.4	Ensemencement	m ²	6 001	1,26 \$	7 585,00 \$
5.4.5	Plantation à la ligne des eaux	m ²	728	57,80 \$	42 078,40 \$
5.4.6	Plantation d'arbustes	m ²	728	3,68 \$	2 679,04 \$
5.4.7	Contingence pour gestion des boues	m ³	2 000	11,66 \$	23 320,00 \$
	SOUS-TOTAL				323 866,57 \$
6	Restauration des infrastructures de gestion de l'eau				
6.1	Construction de l'exutoire de la fosse	Forfait	1	265 028,00 \$	265 028,00 \$
6.2	Remblayage des fossés de collecte et de dérivation	m ³	45 780	4,32 \$	197 953,00 \$
6.3	Enlever et disposer les ponceaux	Nbr.	15	552,00 \$	8 280,00 \$
6.4	Usines de traitement de l'eau (usée et potable) incluant pompes et conduites	Forfait	1	135 240,00 \$	135 240,00 \$
6.5	Mise en place de mort-terrain et de terre végétale (300 mm)	m ³	1 200	5,40 \$	6 480,00 \$
6.6	Mise en végétation	m ²	4 000	1,68 \$	6 712,00 \$
	SOUS-TOTAL				619 693,00 \$
7	Sécurisation				
7.1	Panneaux indicateurs de danger	nbr.	85	124,88 \$	10 615,00 \$
7.2	Sécurisation du périmètre de la fosse	m	6 200	50,56 \$	313 444,44 \$
	SOUS-TOTAL				324 059,44 \$
8	Infrastructures électriques				
8.1	Sous-station électrique principale : démantèlement	Forfait	1	150 000,00 \$	150 000,00 \$
8.2	Salle électrique préfabriquée: démobilitation	Forfait	1	3 000,00 \$	3 000,00 \$
8.3	Salles électrique (fosse et halde) et aires de chargement : disposition	Forfait	1	13 500,00 \$	13 500,00 \$
8.4	Ligne de distribution électrique (13,8 kV) : démantèlement et disposition	Forfait	1	120 000,00 \$	120 000,00 \$
8.5	Ligne électrique (120 kV) : démantèlement et disposition	Forfait	1	957 122,49 \$	957 122,49 \$
	SOUS-TOTAL				1 243 622,49 \$
9	Restauration de la fosse				
9.1	Adoucissement des pentes (4H:1V) sur une hauteur moyen de 12 m	m ³	72 000	2,16 \$	155 520,00 \$
9.2	Mise en végétation / Encemencement Hydraulique	m ²	54 000	2,38 \$	128 520,00 \$
9.3	Plantation à la ligne des eaux	m ²	1 500	57,80 \$	86 700,00 \$
9.4	Plantation d'arbustes	m ²	1 500	3,68 \$	5 520,00 \$
	SOUS-TOTAL				376 260,00 \$
10	Suivi post-restauration				
10.1	Inspection géotechnique (2 fois par année)	an	5	9 600,00 \$	48 000,00 \$
10.2	Qualité des eaux de surface, un effluent (8 fois par année)	an	12	25 502,00 \$	306 024,00 \$
10.3	Qualité des eaux dans la fosse (2 puits)	an	12	2 730,00 \$	32 760,00 \$
10.4	Qualité des eaux souterraines, minimum de 3 puits (2 fois par année)	an	12	3 700,00 \$	44 400,00 \$
10.5	Suivi agronomique et des milieux humides	an	5	10 000,00 \$	50 000,00 \$
10.6	Contingence pour excavation et disposition des sols contaminés et boues	m ³	1 763	150,00 \$	264 375,00 \$
10.7	Caractérisation environnementale (boues et sols)	Forfait	1	30 000,00 \$	30 000,00 \$
	SOUS-TOTAL				775 559,00 \$
11	Garantie financière (plan de restauration de la phase d'échantillonnage et de production phase 2)				
11.1	Montant non applicable (à soustraire)	Forfait	1	436 280,00 \$	(436 280,00) \$
	TOTAL COÛT DIRECT				20 174 804,56 \$
COÛT INDIRECT					
	Coûts indirects	10%	directs		2 017 480,46 \$
	Contingence	15,0%	directs + indirects		3 328 842,75 \$
	TOTAL COÛT INDIRECT				5 346 323,21 \$
	GRAND TOTAL (DIRECT + INDIRECT)				25 521 127,77 \$

Plan de réaménagement et de restauration pour le site du projet minier Matawinie		Original Version 00
24/10/2019	654068-6200-4EER-0001	Rapport technique

Tableau 6.2 : Calendrier de versement de la garantie

Échéance	Pourcentage (%)	Versement (\$)
Dans les 90 jours de la réception de l'approbation du plan de restauration du projet Matawinie	50	12 450 008,39 \$
1 an après la date d'approbation du plan de restauration du projet Matawinie	25	6 225 004,19 \$
2 ans après la date d'approbation du plan de restauration du projet Matawinie	25	6 225 004,19 \$
TOTAL	100	24 900 016,77 \$

Plan de réaménagement et de restauration pour le site du projet minier Matawinie		Original Version 00
24/10/2019	654068-6200-4EER-0001	Rapport technique
		6-5



7.0 CALENDRIER DE REALISATION DES TRAVAUX

Nouveau Monde Graphite vise à favoriser les travaux de restauration progressive durant les années d'exploitation. Dans cette optique, la mise en place de blocs de roches autour de la fosse qui va permettre d'assurer sa sécurité à la fermeture sera mise en place de façon progressive au fur et à mesure que le contour de la fosse aura atteint sa position finale. La mise en place de cette barrière se fera à partir des stériles excavés de la fosse.

La halde de co-déposition de stériles et de résidus miniers fera l'objet de travaux de restauration progressive tel que montré aux Figures 3.9 à 3.11. De plus, le bassin de collecte #1 sera restauré pendant l'exploitation lorsque l'aire de la halde de co-disposition s'y drainant sera restaurée et que les critères du suivi post-restauration auront été atteints.

La plus grande partie des travaux de restauration devrait s'étaler sur une période maximale de deux ans, en période de post-exploitation, selon le calendrier montré au Tableau 7 1.

Le calendrier des travaux fait en sorte que durant les travaux de restauration, les fossés de collecte, les bassins de sédimentation et les systèmes de pompage et traitement seront les derniers éléments à être démantelés. Il est prévu de les démanteler après le suivi post-restauration et à condition que la qualité des eaux rencontre les normes de rejet. Des chemins d'accès seront également maintenus pour le suivi post-restauration et seront démantelés par la suite. Il est anticipé une problématique potentielle provenant des concentrations en matières en suspension uniquement lorsque les travaux seront en cours (il est prévu appliquer des mesures d'atténuation, selon le chapitre 7 de l'EIES (SNC-Lavalin, 2019b)). Tant que les concentrations en matières en suspension n'auront pas atteint les critères de rejet, il ne sera pas possible de démanteler les bassins de sédimentation ainsi que les systèmes de pompage et de traitement.

Plan de réaménagement et de restauration pour le site du projet minier Matawinie		Original Version 00
24/10/2019	654068-6200-4EER-0001	Rapport technique
		7-1



8.0 MESURES EN CAS D'ARRET TEMPORAIRE DES ACTIVITES

Conformément au *Guide de préparation du plan de réaménagement et de restauration des sites miniers au Québec* (MERN, 2017), des mesures de sécurité seront prises advenant une cessation temporaire des activités minières de NMG. La cessation temporaire correspond à un arrêt des activités minières d'une durée de moins de 6 mois.

Ces mesures visent à restreindre l'accès au site, aux différents bâtiments et aux autres structures, à maintenir le contrôle de la qualité des effluents et à assurer la stabilité physique et chimique des aires d'accumulation.

Les mesures suivantes seront appliquées lors d'un arrêt temporaire des activités minières :

- › L'accès au site sera interdit, une barrière sera mise en place à l'entrée du site ;
- › L'accès aux différents bâtiments sera interdit au moyen de portes fermées à clé ;
- › L'entreposage des produits chimiques sera sécurisé. Les contenants seront entreposés selon leur compatibilité et les locaux seront fermés à clé ;
- › La gestion des eaux sur le site sera maintenue par les systèmes de pompe déjà présents et le bassin de sédimentation sera conçu pour contenir ces eaux durant la cessation ;
- › Les déchets dangereux seront entreposés temporairement dans un entrepôt respectant la réglementation et éliminés par la suite par un transporteur autorisé ;
- › Un gardiennage sera maintenu sur place pour assurer l'entretien des équipements et veiller à la sécurité du site ;
- › Si la fermeture dure moins de 180 jours, les réservoirs de produits pétroliers seront jaugés une fois par semaine ; après 180 jours de fermeture, les équipements de produits pétroliers seront vidés de leur contenu. Si la période d'inactivité dure plus de deux ans, tout l'équipement pétrolier, sauf la génératrice d'urgence, sera retiré des lieux et un programme de caractérisation des sols sera réalisé ; le cas échéant, le site sera décontaminé.
- › Un programme de suivi des effluents sera réalisé comprenant des échantillonnages et des analyses, conformément aux exigences de la Loi sur la qualité de l'environnement ;
- › Des mesures seront prises pour assurer la stabilité physique et chimique des différentes aires d'accumulation.

Lors d'une suspension temporaire des activités minières, NMG avisera par écrit le MERN des dates d'arrêt et de reprise des activités.

Lors d'une suspension temporaire des activités minières d'une durée de six mois ou plus, NMG devra, en vertu des articles 224 et 226 de la Loi sur les mines, aviser le MERN et transmettre dans les quatre (4) mois suivants la suspension des activités, des copies certifiées des plans des ouvrages miniers, des installations et des dépôts de résidus miniers existants. NMG avisera par écrit le MERN de la reprise des activités minières.

Les emplacements des sources de risques et des divers éléments de sécurité seront indiqués sur une carte détaillée lors de nouveaux avancements du projet. Un calendrier de mise en place des mesures de sécurité et le calendrier des visites de surveillance seront fournis lors des mises à jour du plan de restauration.

Plan de réaménagement et de restauration pour le site du projet minier Matawinie		Original Version 00
24/10/2019	654068-6200-4EER-0001	Rapport technique
		8-1



9.0 PLAN D'URGENCE

NMG se dotera d'un plan de mesures d'urgence pour le projet Matawinie. Une version préliminaire du plan d'urgence est présentée au chapitre 10 de l'Étude d'impact environnemental et social (2019). NMG s'assurera que tous les employés et les fournisseurs seront au fait des mesures à prendre en cas d'urgence notamment en cas d'évacuation, d'incendie, de déversement accidentel, de catastrophe naturelle, etc. Une copie du plan d'urgence sera fournie à la prochaine révision du plan de restauration. Aussi, la liste des personnes responsables du site minier chargées de mettre à exécution les mesures d'urgence et la liste des organismes à contacter seront fournies.

En condition de fermeture, peu d'éléments présentant des risques pour l'environnement ou la sécurité du public seront encore sur place. Les installations existantes seront démantelées. Il faudra surveiller l'érosion sur le site, particulièrement après un événement hydrologique exceptionnel, et procéder à des inspections régulières.

Le Tableau 9 1 présente une liste des éléments qui seront présents à perpétuité sur le site et des risques potentiels associés à ces éléments. Les causes de défaillance probables et les conséquences sont également présentées de même que les mesures de mitigation qui seront mises en place afin de diminuer la probabilité d'occurrence.

Plan de réaménagement et de restauration pour le site du projet minier Matawinie		Original Version 00
24/10/2019	654068-6200-4EER-0001	Rapport technique
		9-1



Tableau 9.1 : Éléments présents à perpétuité sur le site, risques de défaillance, causes et mesures de prévention.

Éléments	Risques	Causes	Mesures de prévention
Fosse	Effondrement de parois	Tremblement de terre	Dimensionnement des pentes en fonction de la zone sismique La fosse sera ennoyée, un écaillage des parois au-dessus du niveau final des eaux sera réalisé à la fin de l'exploitation
		Présence de failles, liquéfaction, critères de stabilité non respectés en opération	Suivi qualité sur le terrain de l'exploitation versus les critères de conception Analyse des données de géologie structurale lors de l'exploitation Campagne géotechnique et hydrogéologique additionnelle préalable à l'exploitation et revue des critères de stabilité Instrumentation en continu pendant l'exploitation
	Intrusion d'animaux ou de villégiateurs	Bris des mesures de sécurisation	Inspection régulière
	Débordement incontrôlé	Précipitations exceptionnelles, bris ou obstruction du déversoir d'urgence	Inspection régulière
Halde de stériles et de résidus miniers	Instabilité des pentes	Tremblement de terre	Choix du mode de gestion des résidus en résidus filtrés (pas de digues) Dimensionnement des pentes en fonction de la zone sismique Inspection géotechnique
	Érosion du recouvrement	Précipitations exceptionnelles	Dimensionnement des pentes en fonction des précipitations et changements climatiques Inspection géotechnique et de la végétation

Plan de réaménagement et de restauration pour le site du projet minier Matawinie		Original Version 00
24/10/2019	654068-6200-4EER-0001	Rapport technique
		9-2



10.0 PERSONNEL

La rédaction de cette version du plan de restauration a été préparée et coordonnée par Mme Érika Voyer, ing. M.Sc., de SNC-Lavalin et Mme Martine Paradis, ing. M.Sc., VP Ingénierie et Environnement de Nouveau-Monde Graphite. Les versions préliminaires du plan ont été rédigées avec la collaboration de Mme. Audrey Gamache, géologue et Michelle Deakin, géologue.

La garantie financière a été basée sur les informations de l'étude de faisabilité NI 43101 réalisée par DRA Metchem (2018), les coûts des travaux du projet de démonstration de NMG et la base des coûts réels de projet de SNC-Lavalin. L'estimation des coûts a été réalisée par James Alarcon, estimateur chez SNC-Lavalin, conciliée par M. Pierre-Yves Gobeil, ing., M. Alain Lebel et Mme Érika Voyer de SNC-Lavalin et basée et les informations provenant du NI 43101.

Cette dernière version du plan de restauration a été revue par Mme Martine Paradis et M. Frédéric Gauthier, géographe et directeur environnement et développement durable de Nouveau-Monde Graphite.

SNC LAVALIN INC.

Préparé par :

Vérifié et approuvé par :

Erika Voyer, Ing., M.Sc.
Ingénieure en Environnement Minier
Mines et métallurgie

Martine Paradis, ing., M.Sc., PMP
VP Ingénierie et environnement
Nouveau-Monde Graphite

Plan de réaménagement et de restauration pour le site du projet minier Matawinie		Original Version 00
24/10/2019	654068-6200-4EER-0001	Rapport technique
		10-1



11.0 REFERENCES

- AMC, 1998. Un guide de gestion des parcs à résidus miniers. L'Association minière du Canada. Septembre 1998.
- Bouzahzah et. al. 2015. ASTM Normalized Humidity Cell Kinetic Test: Protocol Improvements for Optimal Sulfide Tailings Reactivity. Bouzahzah, Hassan & Benzaazoua, Mostafa & Bussière, Bruno & Plante, Benoît. Mine Water and the Environment. 34. 242-257. 10.1007/s10230-014-0307-3.
- Brachman, R.W.I., 2011. Lessons learned from geomembranes in MSW landfills. C.R. Symposium 2011 sur l'Environnement et les Mines, Rouyn-Noranda, QC, 8p.
- Bussière B, Aubertin M, Chapuis RP., 2003. The behaviour of inclined covers used as oxygen barriers. Canadian Geotechnical Journal 40: 512-535.
- Bussière, B., Maqsoud, A., Aubertin, M., Martschuk, J., McMullen, J., and Julien, M., 2003. Results from the monitoring program at the LTA site: hydraulic behaviour of the cover. In Proceedings of the 105th Annual General Meeting of CIM — CIM/ICM Montreal, Canada, May 2003.
- Bussière, B., Chapuis, R.P., and Aubertin, M., 2003. Unsaturated flow modeling for exposed and covered tailings dams. In Proceedings of the International Symposium on Major Challenges in Tailings Dams, Montréal, June 2003.
- Bussière B., 2007. Colloquim (2004): Hydrogeotechnical properties of hard rock tailings from metal mines and emerging geoenvironmental disposal approaches. Can Geotech. J. 44: 1019-1052.
- Bussière, B. et al., 2009. Restauration du site minier Lorraine, Latulipe, Québec : Résultats de 10 ans de suivi. Déchets - Revue Francophone d'Écologie Industrielle - N° 54 – 2e trimestre 2009.
- Journeaux, N. L. and Kamel S., 2017. Open Pit Slope Design, Pre-feasibility Study, Matawinie Project – Tony Block (Graphite), Saint-Michel-des-Saints, Québec, Report No.L-17-1980, August 25th, 2017, 87 pp.
- Koerner, R. M., 2012. Designing with geosynthetics, 6th Edition. Vol 1 &2. WordPress ebooks.
- Lapakko, K.A., 2003. Chapter 7: Developments in humidity-cell tests and their application. Environmental Aspects of Mine Wastes (J.L. Jambor, D.W. Blowes & A.I.M Ritchie, eds). Mineralogical Association of Canada Short Course Vol.31.
- Maidment, D. R., 1993. Handbook of hydrology, McGraw-Hill Inc., ISBN 0-07-039732-5.
- MDDEP, 2012. Directive 019, Ministère du Développement Durable, de l'Environnement et des Parcs.
- Met-Chem-DRA, 2018. NI 43-101 Updated Technical Pre-feasibility Study Report for the Matawinie Graphite Project. Report submitted to Nouveau Monde Graphite Inc. on August 10th, 2018. 367 pp.
- Met-Chem-DRA, 2017. NI 43-101 Technical Pre-feasibility Study Report for the Matawinie Graphite Project. Report submitted to Nouveau Monde Graphite Inc. on December 8th, 2017. 374 pp.
- MDDELCC, 2016. Guide d'intervention - Protection des sols et réhabilitation des terrains contaminés. ISBN 978-2-550-76171-6, 210 p. *Utilisé dans le cadre de l'Annexe 2 de la Directive 019 (MDDEP, 2012).*
- MDDELCC, 2016. Guide de caractérisation physicochimique de l'état initial des sols avant l'implantation d'un projet industriel. ISBN 978-2-550-76387-1 (PDF), 26p.

Plan de réaménagement et de restauration pour le site du projet minier Matawinie		Original Version 00
24/10/2019	654068-6200-4EER-0001	Rapport technique
		11-1



MERN, 2017. Guide de préparation du plan de réaménagement et de restauration des sites miniers au Québec. ISBN 978-2-550-77162-3, 82 p.

MEND. 2009. Prediction Manual for Drainage Chemistry from Sulphidic Geologic Materials. Report 1.20.1. Mining Environment Neutral Drainage (MEND) Program, Natural Resources Canada. December 2009

Nicholson R.V. et al., 1989. Reduction of acid generation in mine tailings through the use of moisture-retaining cover layers as oxygen barriers. Canadian Geotechnical Journal 26: 1-8.

Pool and Balderrama. 1994. Evaluation of Humidity Cell Parameters Their Effect on Precision and Repeatability. Proceedings America Society of Mining and Reclamation, 1994 pp 326-333.

Rosenblum, F. et al., 2017. Reducing the self-heating of sulphides by chemical treatment with lignosulfonates. Minerals Engineering, 107: 78-80.

Rowe, R.K., Yang, P., Chappel, M.J., Brachman, R.W.I, Take, W.A., 2012. Wrinkling of a geomembrane on a compacted clay liner on a slope. Geotech. Eng. J. of the SEAGS & AGSSEA, 43(3): 11-18.

Rowe, R.K. Abdelaal, F.B., Islam, Z., 2014. Ageing of high-density polyethylene géomembranes of three different thicknesses. J. Geotech. Geoenviron. Engng, ASCE, 11 pages.

Rowe, R.K., and Ewais, A.M.R., 2015. Ageing of exposed geomembranes at locations with different climatological conditions. Canadian Geotechnical Journal, 52(3): 326-343.

SNC-Lavalin, 2016. Étude hydrogéologique préliminaire - Inventaires de terrain – Zone Ouest du bloc Tony.

SNC-Lavalin, 2017a. Projet Matawinie – Végétation, milieux humides et espèces floristiques en situation précaire, exotiques et envahissantes. Rapport préparé pour les Entreprises minières du Nouveau Monde.

SNC-Lavalin, 2017b. Caractérisation des eaux de surface et des sédiments – Projet Matawinie. Rapport préparé pour les Nouveau Monde Graphite.

SNC-Lavalin, 2017c. Étude hydrogéologique préliminaire - Zone Ouest du bloc Tony. Rapport préparé pour les Nouveau Monde Graphite.

SNC-Lavalin, 2018a. Hydrologie de base et analyse de préfaisabilité des bassins et fossés. 649609-0000-4HER-0001. Rapport préparé pour les Entreprises minières du Nouveau Monde.

SNC-Lavalin, 2018b. Climat et hydrologie. Rapport préparé pour les Entreprises minières du Nouveau Monde.

SNC-Lavalin, 2018c. Modélisation hydrogéologique - Projet Matawinie. 654068-9300-4WER-0001, Décembre 2018.

SNC-Lavalin, 2019a. Rapport de faisabilité - Gestion des résidus miniers et stériles miniers - Projet Matawinie. 654068-4000-40ER-0001. Rapport préparé pour les Entreprises minières du Nouveau Monde.

SNC-Lavalin GEM Québec Inc. 2019b. Projet Matawinie - Étude d'impact environnemental et social. Lévis, 7 volumes.

SNC-Lavalin GEM Québec Inc. 2019c. Projet Matawinie - Réponses aux questions. Lévis, 255 p. + ann.

Plan de réaménagement et de restauration pour le site du projet minier Matawinie		Original Version 00
24/10/2019	654068-6200-4EER-0001	Rapport technique
11-2		



SNC-Lavalin, 2019d. Caractérisation physicochimique de l'état initial des sols - Saint-Michel-des-Saints (Québec). 666896-EG-L01-PA, Octobre 2019.

Take W. A., Chappel, M. J., Brachman R. W. I. and Rowe, R. K., 2007. Quantifying geomembrane wrinkles using aerial photography and digital image processing, *Geosynthetics International*, 14(4), 219-227.

URSTM-UQAT, 2017. Analyse de risques et de vulnérabilités liés aux changements climatiques pour le secteur minier Québécois. Unité de recherche et de service en technologie minérale de l'Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue, 122p.

Légis Québec, Gouvernement du Québec

<http://legisquebec.gouv.qc.ca/fr/>

Plan de réaménagement et de restauration pour le site du projet minier Matawinie		Original Version 00
24/10/2019	654068-6200-4EER-0001	Rapport technique
		11-3

Annexe A

Grille de validation du plan de restauration

Plan de réaménagement et de restauration pour le site du projet minier Matawinie		Original Version 00
24/10/2019	654068-6200-4EER-0001	Rapport technique

B – Projet d'exploitation minière

Projet d'exploitation minière	✓*	S.O.**	Renseignements disponibles (référence)***
Renseignements généraux			
Résumé du plan de restauration	X		
Identification du requérant	X		
Résolution du conseil d'administration	X		
Emplacement du terrain avec plans annexés	X		
Géologie et minéralogie, <u>notamment</u> : <ul style="list-style-type: none"> > Tests pour la teneur en métaux, le DMA et le DNC, tableaux des résultats annexés et interprétation des résultats 	X		
Historique du site visé par le plan de restauration	X		
Autorisations diverses	X		
Description des activités minières			
Description et nature des activités d'exploitation actuelles et à venir, <u>notamment</u> : <ul style="list-style-type: none"> > Taux moyens d'extraction et de traitement de minerai > Durée de vie estimée > Taux de production des résidus > Superficie des aires d'accumulation 	X		
Description des bâtiments et des infrastructures de surface et plans annexés, <u>notamment</u> : <ul style="list-style-type: none"> > Bâtiments et infrastructures d'extraction > Description de l'usine de traitement de minerai 	X		
Description des infrastructures électriques, de transport et de soutien	X		
Description des autres bâtiments (bâtiments administratifs et d'hébergement, cafétéria, etc.)	X		
Aires d'accumulation	X		
<ul style="list-style-type: none"> > Description des haldes de stériles et des haldes de minerais et de mort-terrain 	X		
<ul style="list-style-type: none"> > Description du parc à résidus miniers 	X		
Description de la gestion de l'eau sur le site, <u>notamment</u> : <ul style="list-style-type: none"> > Système hydrologique et bassin versant > Bilan hydrique des aires d'accumulation et de l'usine > Schéma de gestion des eaux et emplacement de l'effluent final > Qualité des eaux souterraines 	X		
Description du site de traitement des eaux usées, <u>notamment</u> : <ul style="list-style-type: none"> > Procédés de traitement des eaux usées > Description des bassins de sédimentation > Station d'échantillonnage à l'effluent 	X		

Projet d'exploitation minière	✓*	S.O.**	Renseignements disponibles (référence)***
Lieux d'entreposage et d'élimination	X		
> Produits chimiques, pétroliers et explosifs	X		
> Matières résiduelles non dangereuses	X		
> Matières résiduelles dangereuses	X		
Mesures de protection, de réaménagement et de restauration			
Sécurité des aires de travail, des ouvertures au jour et des piliers de surface	X		
Démantèlement des bâtiments et des infrastructures de surface, notamment :	X		
> Bâtiments et infrastructures d'extraction	X		
> Description de l'usine de traitement de minerai	X		
Démantèlement des infrastructures électriques, de transport et de soutien	X		
Démantèlement des autres bâtiments (bâtiments administratifs et d'hébergement, cafétéria, etc.)		X	Section 4.2
Disposition des équipements et de la machinerie lourde	X		
Restauration des aires d'accumulation, notamment :	X		
> Analyse comparative des scénarios de restauration	X		
> Scénario de restauration choisi	X		
Infrastructures de gestion des eaux	X		
Réhabilitation du terrain (terrains contaminés)	X		
Gestion et élimination des produits pétroliers, des produits chimiques et des matières résiduelles dangereuses et non dangereuses	X		
Changements climatiques	X		
Programme de suivi et d'entretien postrestauration, le cas échéant			
Suivi et entretien de l'intégrité des ouvrages	X		
Suivi environnemental	X		
Suivi et entretien agronomique	X		
Considérations économiques et temporelles			
Évaluation détaillée des coûts des travaux de restauration	X		
Calendrier de réalisation des travaux de restauration	X		
Plan d'urgence			
Mesures applicables en cas de cessation temporaire des activités d'exploitation	X		

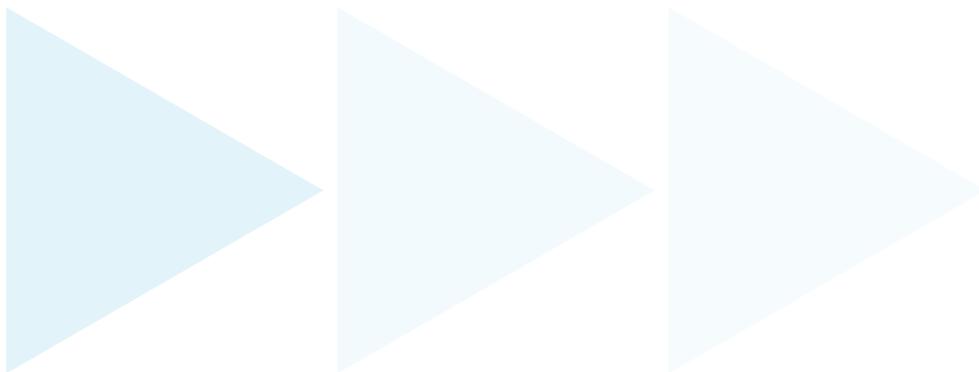
* Élément inclus

** Sans objet

*** Si les renseignements ne sont pas inclus dans la révision du plan de restauration soumis, indiquer l'endroit où ils peuvent être trouvés (référence et page).

C – Exigences normatives du document

Formats et échelles	√
Quatre copies papier et une copie numérique du document	X
Présentation du document sur un support papier de dimensions standard de 216 mm sur 279 mm (8,5 po sur 11 po)	X
Présentation des plans sur un support papier de 216 mm sur 356 mm (8,5 po sur 14 po) ou de 279 mm sur 432 mm (11 po sur 17 po), ou sur un support papier plus grand, si annexé	X
Unités de mesure des plans exprimées selon le Système international d'unités (SI)	X
Présentations graphiques qui respectent les critères d'échelle assurant leur clarté	X
Contenu du plan	X
Plans certifiés, datés et signés par un ingénieur	X
Nom et coordonnées de l'entreprise, et noms, professions et fonctions des personnes ayant réalisé le document	X
Signatures des rédacteurs et des réviseurs	X



Annexe B

Résolution du conseil d'administration de Nouveau Monde Graphite

Plan de réaménagement et de restauration pour le site du projet minier Matawinie		Original Version 00
24/10/2019	654068-6200-4EER-0001	Rapport technique

CERTIFIED COPY OF A RESOLUTION OF THE BOARD OF DIRECTORS OF NOUVEAU MONDE GRAPHITE INC. (THE “CORPORATION”) PASSED AS OF OCTOBER 23, 2019

“**WHEREAS** the Corporation will, from time to time, submit applications to obtain, modify, transfer and/or cancel various permits and authorisations and will file various reports, plans and documents (collectively, the “**Permits and Authorizations**”), including the Corporation’s closure plan with the *Ministère de l’Énergie et des Ressources naturelles* (the “**MERN**”) and the *Ministère de l’Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques* (the “**MELCC**”) for the purposes of bringing the Matawinie Graphite Project to the next stages (the “**Matawinie Graphite Project**”)

WHEREAS the Corporation wishes to appoint representatives who will be authorized, for and on behalf of the Corporation, to submit the Permits and Authorizations and to sign and file any applications and all related documents that may be required by the MERN and/or the MELCC, including the closure plan and the declaration pursuant to section 115.8 of the *Environment Quality Act* for the purposes of bringing the Matawinie Graphite Project to the next stages.

1. APPOINTMENT OF PROPONENTS

BE IT RESOLVED:

TO AUTHORIZE each of Frederic Gauthier, Director of Corporate Social Responsibility, Environment and Sustainable Development of the Corporation and Martine Paradis, Vice-President Chief Engineer Infrastructure and Environment of the Corporation, acting alone, to submit, for and on behalf of the Corporation, the Permits and Authorizations and to sign, for and on behalf of the Corporation, all the applications and documents that may be required by the MERN and/or the MELCC in connection with the Matawinie Graphite Project and to do all acts deemed necessary or useful to give effect to the foregoing resolution.”

* * *

The undersigned, Virginie Fortin, Corporate Secretary of Nouveau Monde Graphite Inc. (the “**Corporation**”) hereby certifies that the foregoing is a true and correct copy of a resolution adopted by the Board of Directors of the Corporation as of October 23, 2019 and that said resolution is still in full force and effect and unamended as of the date hereof.

SIGNED in Montreal, Quebec this October 23, 2019



VIRGINIE FORTIN

Annexe C

Rapport de caractérisation géochimique des résidus et des stériles miniers

Se référer à l'EIES - Annexe 4-3 (plan restauration)

Plan de réaménagement et de restauration pour le site du projet minier Matawinie		Original Version 00
24/10/2019	654068-6200-4EER-0001	Rapport technique

Annexe D

Étude de stabilité géotechnique de la halde de co-disposition

Référez à l'EIES - Annexe 4-3 (plan restauration)



Plan de réaménagement et de restauration pour le site du projet minier Matawinie		Original Version 00
24/10/2019	654068-6200-4EER-0001	Rapport technique

Annexe E

Simulations numériques dans le cadre de l'ingénierie de faisabilité pour la gestion des résidus et stériles miniers



Plan de réaménagement et de restauration pour le site du projet minier Matawinie		Original Version 00
24/10/2019	654068-6200-4EER-0001	Rapport technique

 SNC • LAVALIN	NOTE TECHNIQUE Simulations numériques dans le cadre de l'ingénierie de faisabilité pour la gestion des résidus et stériles miniers	Préparé par : Julien Dubuc Révisé par : Abdel Benlahcen		
		Rev.	Date	Page
	654068-9000-4WER-0001	03	24 octobre 2019	i

Titre du document : **Simulations numériques dans le cadre de l'ingénierie de faisabilité pour la gestion des résidus et stériles miniers**

Client : **NOUVEAU MONDE GRAPHITE**

Projet : **ÉTUDE DE FAISABILITÉ | Projet Matawinie**

Préparé par : Julien Dubuc, géo. stag., M.Sc.A.
(sous DSI¹)



Révisé par : Abdel Mounem Benlahcen, géo., M.Sc., Ph.D
#OGQ:797



Approuvé par : Erika Voyer, ing., M.Sc.
#OIQ: 146740



¹ DSI : Direction et surveillance Immédiates.

En matière de supervision d'activités d'ingénierie et d'encadrement de personnes qui ne sont pas des ingénieurs ou sont des ingénieurs juniors, l'Ordre des ingénieurs du Québec a recours à une expression maintes fois utilisée dans sa réglementation : direction et surveillance immédiates (DSI). Autrement dit, un ingénieur doit s'impliquer de façon continue et active tout au long des tâches réservées qui lui sont confiées, et pas seulement avant ou après.

 SNC • LAVALIN	NOTE TECHNIQUE		Préparé par : Julien Dubuc		
	Simulations numériques dans le cadre de l'ingénierie de faisabilité pour la gestion des résidus et stériles miniers		Révisé par : Abdel Benlahcen		
			Rev.	Date	Page
	654068-9000-4WER-0001		03	24 octobre 2019	ii

LISTE DES RÉVISION APPORTÉES AU DOCUMENT

Révision					Pages Révisées	Remarques
#	Prép.	Rév.	App.	Date		
PA	M.O.			2019-02-12	Toutes (v. anglaise)	Émis pour traduction français
PA	J.D.		D.V.	2019-03-04	Toutes (v. française)	Émis pour commentaire interne
PB	J.D./M.P		D.V.	2019-03-05	Toutes (v. française)	Émis pour approbation client
PC	J.D.		M.P.	2019-03-05	Toutes (v. française)	Version révisée pour approbation client
PC	D.V.		M.P./M.J.	2019-03-10	Toutes (v. française)	Version révisée pour approbation client
00	J.D./M.J.		M.P.	2019-03-19	Toutes (v. française)	Émis version finale
01	J.D.		G.C.	2019-05-09	13 – 18 à 21	Émis version finale révisée
02	J.D.	A.M.B	E.V.	2019-10-15	Toutes	Émis version finale révisée
03	J.D.	A.M.B	E.V.	2019-10-23	Toutes	Émis version finale révisée

AVIS AUX LECTEUR

Ce document fait état de l'opinion professionnelle de SNC-Lavalin inc. (« SNC-Lavalin ») quant aux sujets qui y sont abordés. Son opinion a été formulée en se basant sur ses compétences professionnelles en la matière et avec les précautions qui s'imposent. Le document doit être interprété dans le contexte de la convention en date du [date] (la « Convention ») intervenue entre SNC-Lavalin et Nouveau Monde Graphite (le « Client »), ainsi que de la méthodologie, des procédures et des techniques utilisées, des hypothèses de SNC-Lavalin ainsi que des circonstances et des contraintes qui ont prévalu lors de l'exécution de ce mandat. Ce document n'a pour raison d'être que l'objectif défini dans la Convention et est au seul usage du Client, dont les recours sont limités à ceux prévus dans la Convention. Il doit être lu comme un tout, à savoir qu'une portion ou un extrait isolé ne peut être pris hors contexte.

En préparant ses estimations, le cas échéant, SNC-Lavalin a suivi une méthode et des procédures et pris les précautions appropriées au degré d'exactitude visé, en se basant sur ses compétences professionnelles en la matière et avec les précautions qui s'imposent, et est d'opinion qu'il y a une forte probabilité que les valeurs réelles seront compatibles aux estimations. Cependant, l'exactitude de ces estimations ne peut être garantie. À moins d'indication contraire expresse, SNC-Lavalin n'a pas contre-vérifié les hypothèses, données et renseignements en provenance d'autres sources (dont le Client, les autres consultants, laboratoires d'essai, fournisseurs d'équipements, etc.) et sur

 SNC • LAVALIN	NOTE TECHNIQUE Simulations numériques dans le cadre de l'ingénierie de faisabilité pour la gestion des résidus et stériles miniers	Préparé par : Julien Dubuc Révisé par : Abdel Benlahcen		
		Rev.	Date	Page
	654068-9000-4WER-0001	03	24 octobre 2019	iii

lesquelles est fondée son opinion. SNC-Lavalin n'en assume nullement l'exactitude et décline toute responsabilité à leur égard.

Dans toute la mesure permise par les lois applicables, SNC-Lavalin décline en outre toute responsabilité envers le Client et les tiers en ce qui a trait à l'utilisation (publication, renvoi, référence, citation ou diffusion) de tout ou partie du présent document, ainsi que toute décision prise ou action entreprise sur la foi dudit document.

 SNC • LAVALIN	NOTE TECHNIQUE	Préparé par : Julien Dubuc		
	Simulations numériques dans le cadre de l'ingénierie de faisabilité pour la gestion des résidus et stériles miniers	Révisé par : Abdel Benlahcen		
	654068-9000-4WER-0001	Rev.	Date	Page
		03	24 octobre 2019	iv

TABLE DES MATIÈRES

1.0	Introduction	1
2.0	Contexte	1
2.1	Topographie	1
2.2	Géologie.....	1
2.3	Stratigraphie.....	2
2.4	Hydrogéologie	2
	2.4.1 Propriétés hydrogéologiques des matériaux	2
	2.4.2 Relevé piézométrique	3
2.5	Hydrologie	3
	2.5.1 Précipitations	3
3.0	Données d'entrées pour les analyses	4
3.1	Paramètres hydrologiques et calcul de la recharge.....	4
3.2	Propriétés géotechniques et hydrogéologiques des résidus miniers	5
3.3	Propriétés géotechniques et hydrogéologiques des stériles miniers	8
3.4	Propriétés hydrogéologiques des sols de fondation et du roc	9
3.5	Configuration du concept de restauration de couverture à effet de barrière capillaire (CEBC).....	10
3.6	Géométrie du modèle.....	11
4.0	Analyse de l'écoulement	13
4.1	Méthodologie	13
	4.1.1 Objectifs 1 : déterminer le débit d'exfiltration sous la halde.....	13
	4.1.2 Objectif 2 : vérifier le degré de saturation du PGA du concept de co-disposition des cellules	15
	4.1.3 Objectif 3 : vérifier le concept de la CEBC	15
	4.1.4 Objectif 4 : vérifier le concept du retour des rejets miniers dans la fosse	16
4.2	Paramètres du modèle.....	18
5.0	Résultats	19
5.1	Objectif 1 : déterminer le débit d'exfiltration sous la halde.....	19
5.2	Objectif 2 : vérifier le degré de saturation du PGA du concept de co-disposition en cellule 23	
	5.2.1 Résultats du cas de base.....	23
	5.2.2 Résultats de l'analyse de sensibilité.....	23
5.3	Objectif 3 : vérifier le concept de la CEBC	29
	5.3.1 Résultats du cas de base.....	29
	5.3.2 Résultats avec les propriétés de stériles miniers du cas 4a	29
5.4	Objectif 4 : vérifier le concept du retour des rejets miniers dans la fosse	31

 SNC • LAVALIN	NOTE TECHNIQUE	Préparé par : Julien Dubuc		
	Simulations numériques dans le cadre de l'ingénierie de faisabilité pour la gestion des résidus et stériles miniers	Révisé par : Abdel Benlahcen		
		Rev.	Date	Page
	654068-9000-4WER-0001	03	24 octobre 2019	v

6.0	Limitations	31
7.0	Conclusion et recommandations	32
8.0	Références	35

Liste de figures

Figure 3-1 : Courbes de distribution granulométrique des résidus NGA et PGA (SGS Minerals Services, 2018)	5
Figure 3-2 : Fonctions de perméabilité pour les résidus NGA et PGA	6
Figure 3-3 : CRE pour les résidus NGA et PGA	7
Figure 3-4 : Fonction de perméabilité et CRE pour le stérile minier	9
Figure 3-5 : Coupe-type de la halde de co-disposition	11
Figure 3-6 : Détails et dimensions d'une cellule de co-disposition.....	12
Figure 3-7 : Concept de co-disposition dans la fosse	12
Figure 4-1 : Configuration de la halde de co-disposition (année 5) et localisation de la section A...	14
Figure 4-2 : Profil et topographie le long de la section A	14
Figure 4-3 : Configuration de la halde de co-disposition (année 26) et localisation de la section B	17
Figure 4-4 : Profil et topographie le long de la section B	18
Figure 5-1 Zoom sur le flux d'exfiltration au bas de la halde de co-disposition sans géomembrane (Case 1 CDSF.gsz)	20
Figure 5-2 Zoom sur le flux d'exfiltration au bas de la halde de co-disposition avec géomembrane (Case 2 CDSF.gsz)	21
Figure 5-3 Zoom sur le flux d'exfiltration au bas de la halde de co-disposition avec géomembrane et recouvrement CEBC (Case 2 Cover.gsz)	22
Figure 5-4 Résultat de l'analyse d'écoulement du Cas 1	24
Figure 5-5 Résultat de l'analyse d'écoulement du Cas 2	25
Figure 5-6 Résultat de l'analyse d'écoulement du Cas 3	26
Figure 5-7 Résultat de l'analyse d'écoulement du Cas 4a	27
Figure 5-8 Résultat de l'analyse d'écoulement du Cas 4b	28
Figure 5-9 Résultat en teneur en eau volumique de la simulation de l'écoulement dans la CEBC ..	29
Figure 5-10 Résultat de la simulation de l'écoulement avec les propriétés du cas 4a sur la CEBC	30
Figure 5-11 Résultat de la simulation de l'écoulement avec les propriétés du cas 4a sur la CEBC en pente	31

 SNC • LAVALIN	NOTE TECHNIQUE	Préparé par : Julien Dubuc		
	Simulations numériques dans le cadre de l'ingénierie de faisabilité pour la gestion des résidus et stériles miniers	Révisé par : Abdel Benlahcen		
		Rev.	Date	Page
654068-9000-4WER-0001	03	24 octobre 2019	vi	

Figure B-8-1 : Plan rapproché de la CEBC montrant les épaisseurs de chacun des matériaux 43

Figure B-8-2 Vue générale de la halde de co-disposition montrant la zone en vue rapprochée 44

Liste de tableaux

Tableau 2-1 : Résumé des valeurs de conductivité hydrauliques observées par unité hydrostratigraphique	3
Tableau 2-2 : Précipitations mensuelles moyennes	4
Tableau 3-1 Conditions frontières appliquées aux modèles numériques.....	4
Tableau 3-2 : Conductivité hydraulique saturée des résidus NGA et PGA (SGS Minerals Services, 2018)	5
Tableau 3-3 : Paramètres nécessaires aux calculs des courbes de rétention d'eau et des fonctions de conductivité hydraulique des stériles	8
Tableau 3-4 : Valeur de conductivité hydraulique saturée des sols de fondation	10
Tableau 4-1 Changements de propriétés pour l'analyse de sensibilité	15
Tableau 4-2 : Paramètres principaux du modèle 2D utilisé pour les sections A et B	19
Tableau 5-1 : Résultats des taux d'exfiltration sous la halde	22
Tableau 5-2 : Degré de saturation des stériles et résidus miniers - Halde construite sur une géomembrane.....	23
Tableau 5-3 Résultats des simulations en termes de saturation (%) de la couche de résidus miniers PGA.....	29

Liste des annexes

ANNEXE A: Figures – Degré de saturation des résidus et des stériles miniers

ANNEXE B: Résultats de la modélisation de la validation du concept de la CEBC

ANNEXE C: Résultats de la modélisation de l'analyse du retour des rejets miniers dans la fosse

 SNC • LAVALIN	NOTE TECHNIQUE	Préparé par : Julien Dubuc		
	Simulations numériques dans le cadre de l'ingénierie de faisabilité pour la gestion des résidus et stériles miniers	Révisé par : Abdel Benlahcen		
	654068-9000-4WER-0001	Rev.	Date	Page
		03	15 octobre 2019	1

1.0 Introduction

Le site du projet Matawinie, de Nouveau Monde Graphite (NMG), est situé à environ 5 km au sud-ouest de la municipalité de Saint-Michel-des-Saints, dans la région de Lanaudière au Québec, et vise le développement d'un gisement de graphite.

L'exploitation du gisement se fera dans une fosse à ciel ouvert sur une durée de 26² ans.

Dans le cadre de ce projet, SNC-Lavalin a été mandaté pour réaliser une étude de faisabilité sur la gestion des résidus et stériles miniers par le retour dans la fosse et la mise en place d'une halde de co-disposition des rejets miniers ainsi que l'ingénierie reliée aux infrastructures connexes de gestion de l'eau.

L'objectif de cette note technique est de simuler différentes conditions pour définir les critères de conception en lien avec la conception à la halde de co-disposition et le retour dans la fosse. Pour ce faire, des modélisations de l'écoulement d'eau dans la halde ont été réalisées à l'aide du logiciel SEEP/W. Plus spécifiquement, ces modélisations ont permis de :

- › Objectif 1 : déterminer le débit d'exfiltration sous la halde;
- › Objectif 2 : valider le degré de saturation attendu des résidus potentiellement générateur acide (PGA) dans le concept de co-disposition;
- › Objectif 3 : valider le concept de la couverture à effet de barrière capillaire (CEBC);
- › Objectif 4 : valider le niveau d'eau pour le concept du retour des rejets miniers dans la fosse.

Les résultats de ces analyses sont présentés dans cette note technique.

2.0 Contexte

2.1 Topographie

Dans un rayon de 3 km autour du site, le relief se compose généralement de vallées et de collines circulaires autour du lac aux Pierres. L'élévation de la topographie générale varie d'environ 350 m au village de Saint-Michel-des-Saints à environ 630 m au sommet de la colline au sud du Lac-aux-Pierres. Le lac aux Pierres est à une élévation d'environ 525 m.

2.2 Géologie

Le site du projet Matawinie est situé dans le secteur sud-ouest de la province géologique de Grenville, dans lequel les formations rocheuses identifiées sont d'âge précambrien. La géologie du socle rocheux de la région de Grenville est composée d'un complexe gneissique archéen, un complexe méta-sédimentaire ainsi qu'une association de granulites recoupée par des roches intrusives de la série Morin.

² Le plan minier est de 25,5 années mais un total de 26 années d'exploitation est considéré, sur la base d'une production annuelle de 100 000 tonnes de concentré de graphite.

 SNC • LAVALIN	NOTE TECHNIQUE	Préparé par : Julien Dubuc		
	Simulations numériques dans le cadre de l'ingénierie de faisabilité pour la gestion des résidus et stériles miniers	Révisé par : Abdel Benlahcen		
		Rev.	Date	Page
654068-9000-4WER-0001	03	15 octobre 2019	2	

La géologie du gisement de graphite du projet est plus particulièrement associée à des sédiments métamorphosés et déformés, incluant du paragneiss et des calco-silicates. Les intrusions granitiques et pegmatitiques sont aussi présentes sur la propriété. À l'échelle locale, les unités stratigraphiques comprises dans le site à l'étude (Nouveau Monde Graphite, 2018) sont les suivantes :

- > Paragneiss mixte
- > Paragneiss graphitique
- > Métagabbro
- > Charnockite
- > Paragneiss à biotite

2.3 Stratigraphie

Les descriptions stratigraphiques des sections suivantes sont basées sur les études géotechniques et hydrogéologiques (SNC-Lavalin, 2018a-d et 2018e). La stratigraphie des dépôts de surface de l'emplacement de la halde de co-disposition est composée d'une couche de sable et de silt en proportion variable (sable silteux à silt et sable) variant de 0,35 à 2,95 m recouverte d'une couche superficielle de sols organiques majoritairement sableux variant entre 50 mm et 10 mm d'épaisseur. Selon la classification USCS, le dépôt de sable et de silt est de type SM (sable silteux) et généralement de compacité compacte à très compact. La fraction fine de ces sols est non plastique et la perméabilité est estimée entre 1×10^{-5} m/s et 1×10^{-6} m/s. Un poids volumique total de 19 kN/m³ similaire au poids volumique saturé a été assumé étant donné le niveau d'eau de la nappe phréatique et les teneurs en eau mesurées dans les sols de fondation (sable silteux). L'angle de friction interne de 32° a été considéré, c'est-à-dire, lorsque le sol de fondation est complètement saturé et lâche et a été confirmé par les essais de cisaillement direct. Le dépôt de sable silteux repose sur le socle rocheux qui consiste en un paragneiss mixte avec une zone fracturée d'environ 10 m d'épaisseur recouvrant un roc qualifié de bonne à d'excellente qualité (RQD de 84% à 99%). Une moyenne du poids volumique total du roc intact ($\gamma = 26,2$ kN/m³) a été établie en fonction des résultats des analyses de laboratoire réalisées. La résistance au cisaillement du roc intact a été évaluée en utilisant le critère généralisé de Hoek et, de Brown en utilisant la désignation de la qualité de la roche (RQD) et, la résistance en compression uniaxiale variait entre 190 MPa et 240 MPa.

2.4 Hydrogéologie

2.4.1 Propriétés hydrogéologiques des matériaux

Les essais réalisés durant les forages, dans les puits d'observation et les puits de pompage ont permis d'estimer les valeurs de conductivité hydraulique minimum et maximum pour chaque unité hydrostratigraphique, soit les dépôts meubles et le roc fracturé affleurant, le roc peu profond, le roc profond et gisement. Le tableau 2-1 résume les valeurs de conductivité hydraulique.

 SNC • LAVALIN	NOTE TECHNIQUE	Préparé par : Julien Dubuc		
	Simulations numériques dans le cadre de l'ingénierie de faisabilité pour la gestion des résidus et stériles miniers	Révisé par : Abdel Benlahcen		
	654068-9000-4WER-0001	Rev.	Date	Page
		03	15 octobre 2019	3

Tableau 2-1 : Résumé des valeurs de conductivité hydrauliques observées par unité hydrostratigraphique

Unité stratigraphique	Intervalles de profondeurs sélectionnés (m)	Conductivité hydraulique (m/s) (K)		
		Min	Max	Moyenne géométrique
Dépôts meubles et roc fracturé affleurant	0 - 10	8.9×10^{-8}	1.6×10^{-5}	6.8×10^{-7}
Roc peu profond	10 – 160	7.9×10^{-9}	5.6×10^{-6}	2.4×10^{-7}
Roc profond	>160	n/a	n/a	n/a
Gisement	0 – base modèle	3.1×10^{-7}	1.0×10^{-5}	1.4×10^{-6}

2.4.2 Relevé piézométrique

Des relevés piézométriques des niveaux d'eau souterraine sur le site du projet Matawinie ont été réalisés à l'automne 2016 et à l'automne 2017. D'après les derniers relevés disponibles, le niveau de la nappe souterraine dans les dépôts meubles varie entre 2 et 10 m sous la surface du sol, correspondant à des élévations entre 523 et 553 m. Le niveau de la nappe dans la formation de roc sous-jacente varie de condition artésienne jaillissante à 38,4 m sous la surface du sol, pour des élévations entre 481 et 572 m.

2.5 Hydrologie

2.5.1 Précipitations

Les conditions hydrologiques au site se basent sur des données climatologiques disponibles aux stations suivantes (opérées par Environnement Canada, EC) :

- > St-Michel des Saints ID: 7077570
- > St-Michel des Saints ID: 7077571
- > St-Come ID: 7017080

La moyenne annuelle de précipitations est de 949 mm et celle d'évapotranspiration est de 283 mm. Le coefficient de ruissellement utilisé pour la période de novembre à mai est de 1, tandis que celui pour la période de juin à octobre est de 0,6. Le tableau 2-2 montre les précipitations mensuelles moyennes sur le site.

 SNC • LAVALIN	NOTE TECHNIQUE	Préparé par : Julien Dubuc		
	Simulations numériques dans le cadre de l'ingénierie de faisabilité pour la gestion des résidus et stériles miniers	Révisé par : Abdel Benlahcen		
	654068-9000-4WER-0001	Rev.	Date	Page
		03	15 octobre 2019	4

Tableau 2-2 : Précipitations mensuelles moyennes

Mois	Précipitations (mm)
Janvier	59
Février	50
Mars	64
Avril	65
Mai	87
Juin	105
Juillet	99
Août	92
Septembre	101
Octobre	87
Novembre	71
Décembre	69
Total	949

3.0 Données d'entrées pour les analyses

3.1 Paramètres hydrologiques et calcul de la recharge

Les taux d'infiltration appliqués comme conditions frontières aux modèles hydrogéologiques ont été calculés à partir des données météorologiques de la station de Saint-Michel-des-Saints (station 7077570). Le calcul du taux d'infiltration a été fait à partir de la formule suivante :

$$\text{Taux d'infiltration} = \text{Précipitations} - \text{Évapotranspiration} - \text{Ruissellement}$$

Le tableau 3.1 montre les conditions frontières utilisées pour un sol naturel, la surface de la halde de co-disposition active et cette même surface après restauration. Selon la configuration du modèle, un taux d'infiltration de 257 mm/an ou 642 mm/an a été utilisé comme condition frontière d'infiltration. Le taux d'infiltration de 257 mm/an a été utilisé pour une surface végétalisée alors que celui de 642 mm/an a été appliqué pour un sol sans végétation (SNC-Lavalin, 2018).

Tableau 3-1 Conditions frontières appliquées aux modèles numériques

Donnée hydrologique	Sol naturel	Surface de la halde de co-disposition active	Surface de la halde de co-disposition restaurée
Précipitation	949 mm/an	949 mm/an	949 mm/an
Évapotranspiration	283 mm/an	0 mm/an	283 mm/an
Ruissellement	409 mm/an	307 mm/an	409 mm/an
Taux d'infiltration	257 mm/an	642 mm/an	257 mm/an

 SNC • LAVALIN	NOTE TECHNIQUE	Préparé par : Julien Dubuc		
	Simulations numériques dans le cadre de l'ingénierie de faisabilité pour la gestion des résidus et stériles miniers	Révisé par : Abdel Benlahcen		
	654068-9000-4WER-0001	Rev.	Date	Page
		03	15 octobre 2019	5

3.2 Propriétés géotechniques et hydrogéologiques des résidus miniers

Les courbes de distribution granulométriques pour les résidus miniers désulfurés non générateurs d'acide (NGA) et potentiellement générateurs d'acide (PGA) sont présentées à la figure 3-1 et les conductivités hydrauliques saturées (K_{sat}) des résidus NGA et PGA utilisées pour l'analyse sont présentées au tableau 3-2. Les deux types de résidus ont une granulométrie similaire pouvant correspondre à un sable silteux.

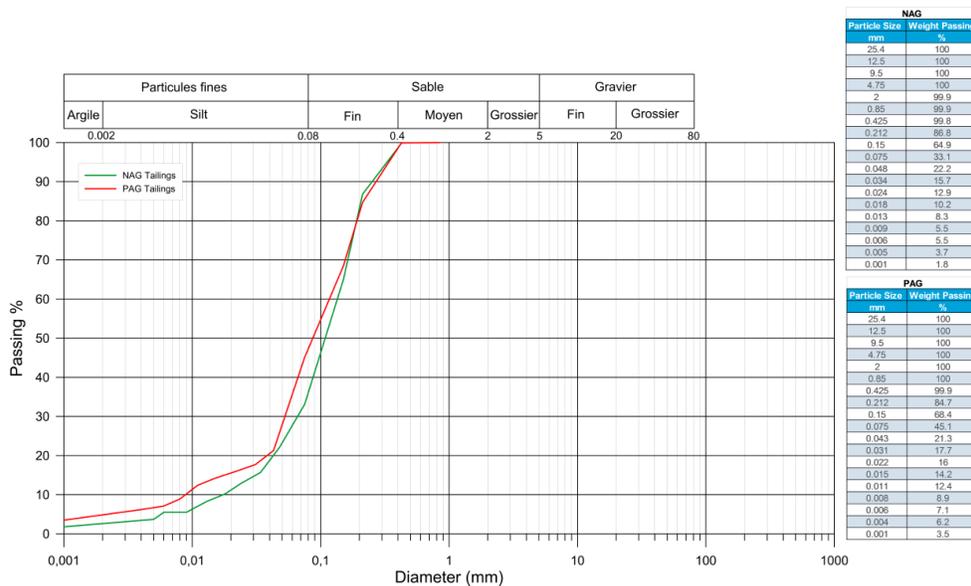


Figure 3-1 : Courbes de distribution granulométrique des résidus NGA et PGA (SGS Minerals Services, 2018)

Tableau 3-2 : Conductivité hydraulique saturée des résidus NGA et PGA (SGS Minerals Services, 2018)

Résidus	Masse volumique sèche (g/cm ³)	Densité humide (g/cm ³)	Teneur en humidité (%)	Conductivité hydraulique K_{sat} (m/s)
NGA	1.48	1.68	14.1	1.7×10^{-6}
PGA	1.81	1.98	9.1	1.5×10^{-6}

La perméabilité et les courbes de rétention d'eau (CRE) pour les résidus NGA et PGA utilisées dans les modélisations ont été tirées du modèle de Kovacs modifié (MK) qui est basé sur la granulométrie et la limite de liquidité des matériaux (Aubertin et al., 2003) et sont présentées aux figures 3-2 et 3-3. Les courbes utilisées ont ensuite été comparées aux courbes mesurées dès l'obtention de ces dernières. Les courbes prédites sont similaires aux courbes mesurées et les petites différences qui existent n'ont pas affecté les résultats du modèle. Les propriétés des matériaux sont donc représentatives des matériaux du projet NMG dans les différentes simulations. Les fonctions de perméabilité ont été déterminées avec la méthode de Van Genuchten intégrée au logiciel SLOPE/W 2016 (Figure 3-2).



SNC • LAVALIN

NOTE TECHNIQUE

Simulations numériques dans le cadre de l'ingénierie de faisabilité pour la gestion des résidus et stériles miniers

Préparé par : Julien Dubuc

Révisé par : Abdel Benlahcen

Rev.

Date

Page

654068-9000-4WER-0001

03

15 octobre 2019

6

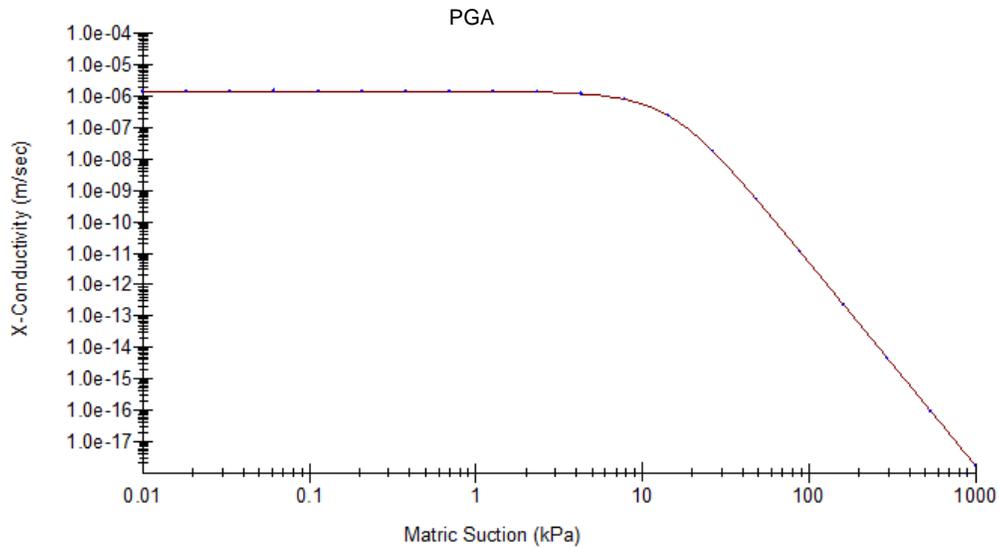
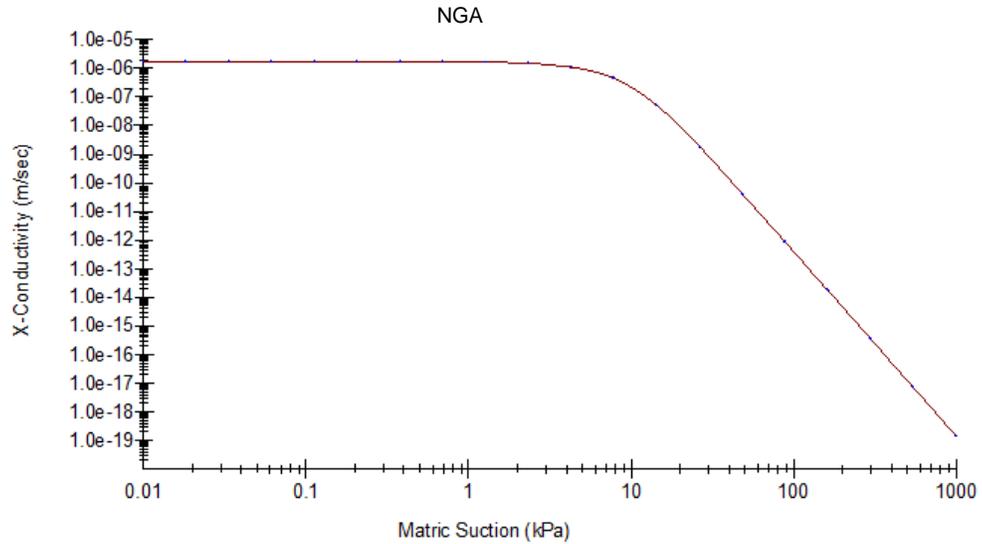


Figure 3-2 : Fonctions de perméabilité pour les résidus NGA et PGA



SNC • LAVALIN

NOTE TECHNIQUE

Simulations numériques dans le cadre de l'ingénierie de faisabilité pour la gestion des résidus et stériles miniers

Préparé par : Julien Dubuc

Révisé par : Abdel Benlahcen

Rev.

Date

Page

654068-9000-4WER-0001

03

15 octobre 2019

7

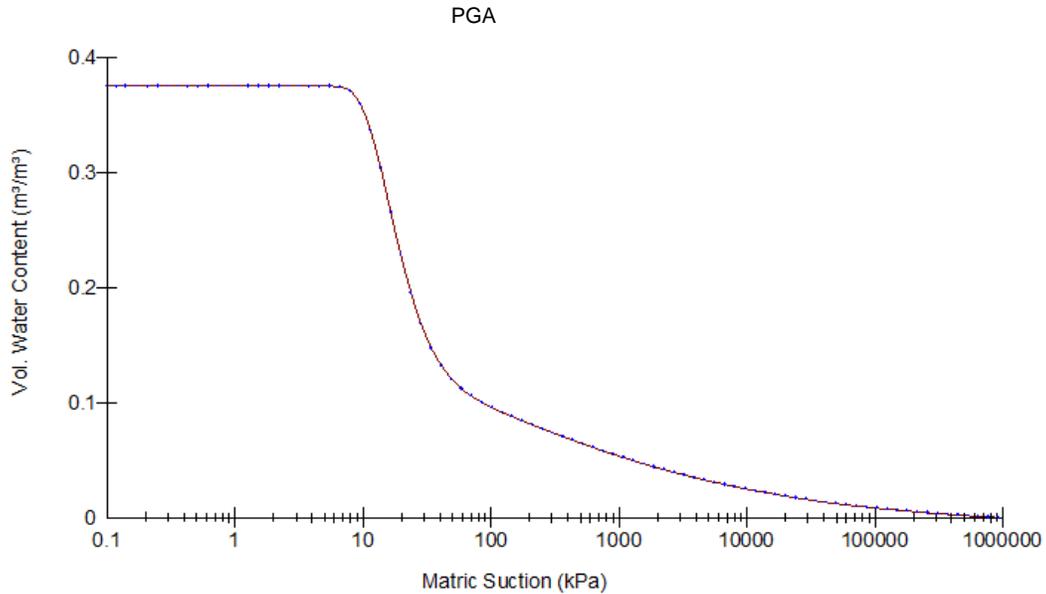
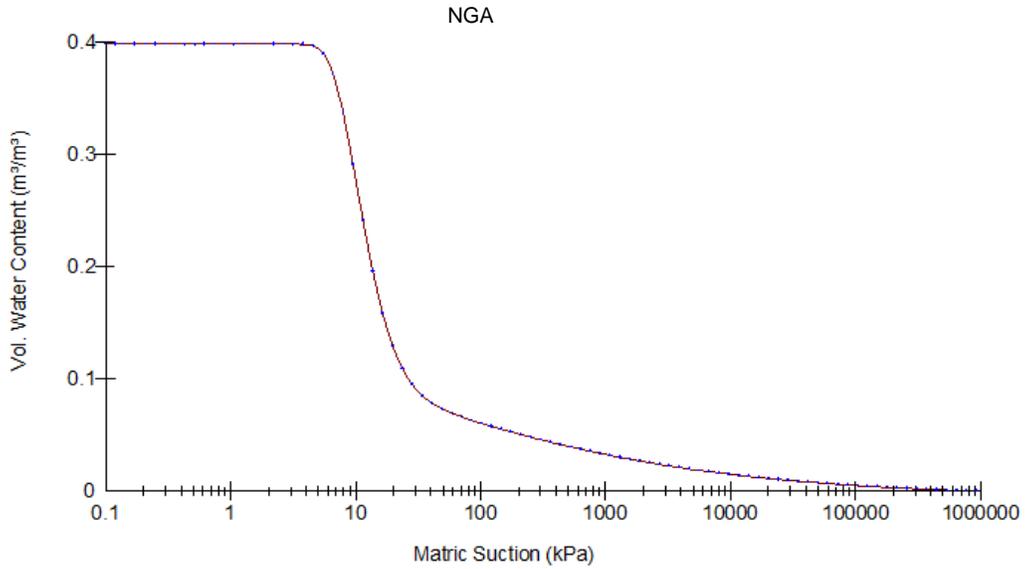


Figure 3-3 : CRE pour les résidus NGA et PGA

 SNC • LAVALIN	NOTE TECHNIQUE	Préparé par : Julien Dubuc Révisé par : Abdel Benlahcen		
	Simulations numériques dans le cadre de l'ingénierie de faisabilité pour la gestion des résidus et stériles miniers	Rev.	Date	Page
	654068-9000-4WER-0001	03	15 octobre 2019	8

3.3 Propriétés géotechniques et hydrogéologiques des stériles miniers

Le tableau 3-3 résume les paramètres nécessaires au calcul des courbes de rétention d'eau et des fonctions de perméabilité selon la littérature disponible étant donné l'absence d'essais géotechniques en laboratoire sur ces matériaux. Les propriétés géotechniques des stériles de la mine Hecla Greens Creek (Hopp et al., 2011) ont été utilisées, puisque ces roches correspondent aussi à des roches sédimentaires et plutoniques métamorphosées. Bien que la lithologie soit légèrement différente, il est attendu que les roches stériles auront des propriétés similaires à celles de cette mine, puisque la lithologie encaissante du projet de NMG est aussi de type métamorphique (méta sédimentaire et plutonique). Les stériles produits dans le cadre des opérations du projet de Nouveau Monde Graphite seront aussi triés pour isoler les matériaux/propriétés nécessaires à la construction d'une couverture à effet de barrière capillaire (CEBC) constituée entièrement de rejets de la mine (Kalonji, 2014).

Tableau 3-3 : Paramètres nécessaires aux calculs des courbes de rétention d'eau et des fonctions de conductivité hydraulique des stériles

Matériaux	Source	Paramètres de Van Genuchten					
		n	m	K_{sat} (m/s)	θ_s (n)	θ_r	a (kPa)
Stérile	Hopp et al (2011)	2.03	0.51	2.0×10^{-5}	0.41	0.012	1.8

Dans le tableau 3-3, les paramètres sont :

n : Paramètre d'ajustement du modèle van Genuchten [-]

m : Paramètre d'ajustement du modèle van Genuchten [-]

K_{sat} : Conductivité hydraulique saturée [LT^{-1}]

θ_s : Teneur en eau volumique à saturation ou porosité [-]

θ_r : Teneur en eau volumique résiduelle [-]

a : Constante d'ajustement du modèle van Genuchten [-]

Les courbes de rétention d'eau pour le stérile minier ont été déterminées à partir des paramètres de Hopp et al. (2011). Les fonctions de perméabilité ont été prédites sur la base de la méthode de Van Genuchten intégrée au logiciel SLOPE/W 2016 et sont présentées à la figure 3-4.



SNC • LAVALIN

NOTE TECHNIQUE

Simulations numériques dans le cadre de l'ingénierie de faisabilité pour la gestion des résidus et stériles miniers

Préparé par : Julien Dubuc

Révisé par : Abdel Benlahcen

Rev.

Date

Page

654068-9000-4WER-0001

03

15 octobre 2019

9

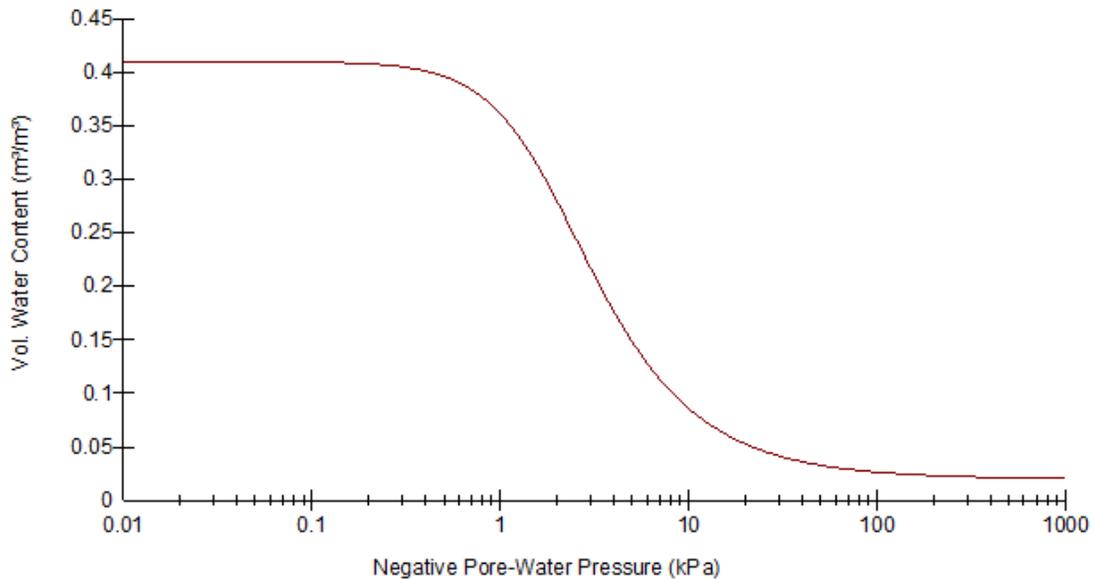
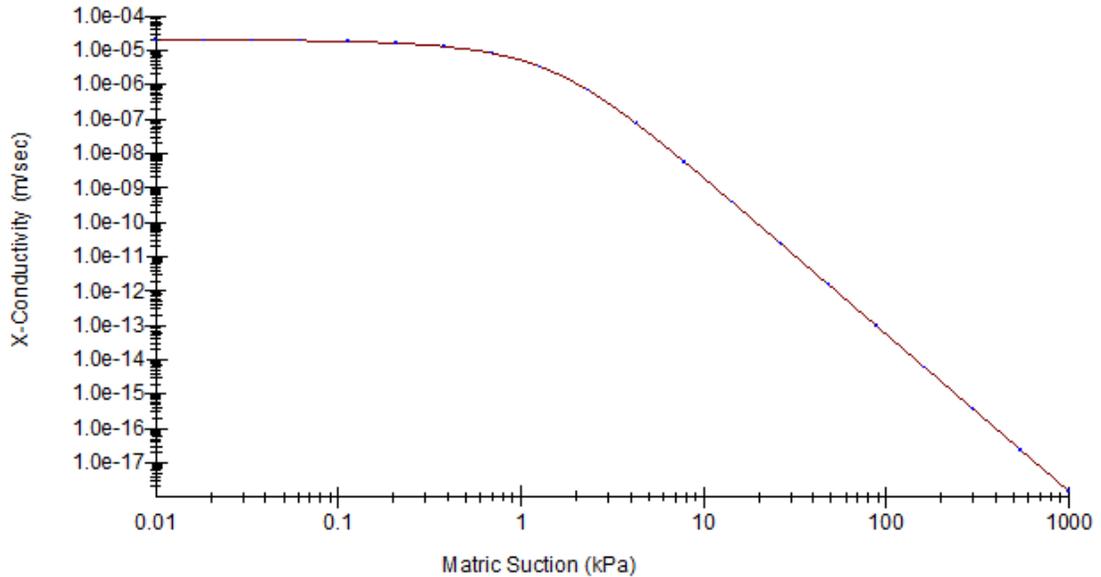


Figure 3-4 : Fonction de perméabilité et CRE pour le stérile minier

3.4 Propriétés hydrogéologiques des sols de fondation et du roc

Le tableau 3-3 présente les valeurs de conductivité hydraulique sélectionnées pour l'analyse. La terre végétale/matière organique a été assumée comme étant un sol organique perméable intermédiaire selon Kellner

 SNC • LAVALIN	NOTE TECHNIQUE	Préparé par : Julien Dubuc		
	Simulations numériques dans le cadre de l'ingénierie de faisabilité pour la gestion des résidus et stériles miniers	Révisé par : Abdel Benlahcen		
	654068-9000-4WER-0001	Rev.	Date	Page
		03	15 octobre 2019	10

(2007). Les conductivités hydrauliques saturées pour les dépôts meubles et le roc fracturé affleurant ont été sélectionnées à partir des données des essais de perméabilité des forages géotechniques qui ont été réalisés dans la future emprise de la halde de co-disposition. Ces valeurs sont comprises dans les gammes de valeurs de ces matériaux présentées au tableau 2-1.

Tableau 3-4 : Valeur de conductivité hydraulique saturée des sols de fondation

Matériaux	Épaisseur moyenne (m)	Forage ID	Essai de terrain	K_{sat} (m/s) (terrain)	K_{sat} (m/s) (sélectionné)
Matière organique	0,5	GT-17-04 GT-17-05 GT-17-08	Aucune donnée disponible	Aucune donnée disponible	1.0×10^{-6}
Dépôts meuble	Variable (de 0,6 à 15m suivant la section A)	GT-17-04 GT-17-05 GT-17-08	Essai de perméabilité	1.3×10^{-6} 2.3×10^{-6} 1.1×10^{-6}	1.5×10^{-6}
Roc fracturé affleurant	10	GT-17-07 GT-17-14 GT-17-08	Essai de perméabilité	1.2×10^{-8} 8.7×10^{-9} 2.2×10^{-7}	8.0×10^{-8}
Roc peu profond	Variable	HG-17-04 HG-17-05	Essai de pompage	1.4×10^{-6} 1.4×10^{-6}	1.4×10^{-6}

3.5 Configuration du concept de restauration de couverture à effet de barrière capillaire (CEBC)

La restauration proposée est un recouvrement avec effet de barrière capillaire (CEBC) qui sera construit avec les résidus désulfurés NGA et des stériles miniers triés. Le matériau fin (résidus NGA), en contraste avec le matériau grossier, maintiendra une saturation en eau, limitant le passage de l'oxygène vers l'intérieur de la pile. Ainsi, la CEBC est constituée d'une couche de rétention d'eau (matériaux fins avec une forte capacité de rétention d'eau, K_{sat} typique de 1×10^{-5} m/s), d'une couche de protection contre les intrusions végétales et l'érosion et d'une couche de bris capillaire (matériaux grossiers). Les effets de barrière capillaire sont créés par le contraste des propriétés hydrogéologiques des matériaux qui favorisent le maintien d'un haut degré de saturation de la couche de rétention d'eau. Des degrés de saturation typiquement supérieurs à 85% permettent de réduire significativement les flux d'oxygène à travers la CEBC.

La configuration de la CEBC utilisée pour l'analyse est la suivante (en ordre ascendant) (annexe B) :

- › 0,5 m de stérile minier comme couche drainante permettant le bris capillaire (couche du bas);
- › 0,4 m de résidus NGA de matériel fin agissant pour la couche de rétention d'eau;
- › 0,3 m de mort-terrain comme couche de protection;
- › 0,3 m de terre végétale (couche superficielle).

 SNC • LAVALIN	NOTE TECHNIQUE	Préparé par : Julien Dubuc		
	Simulations numériques dans le cadre de l'ingénierie de faisabilité pour la gestion des résidus et stériles miniers	Révisé par : Abdel Benlahcen		
	654068-9000-4WER-0001	Rev.	Date	Page
		03	15 octobre 2019	11

3.6 Géométrie du modèle

La géométrie du modèle numérique est basée sur le concept prévu pour la déposition des résidus et des stériles miniers sur le site de NMG. Pour la halde de co-disposition, chaque banc d'une hauteur de 6 m est composé d'un noyau de roches stériles d'une épaisseur de 2 m à 4 m. Les résidus miniers PGA sont déposés dans la partie moins épaisse de stériles miniers sur une épaisseur théorique de 1,5 m (et moins). Finalement, une épaisseur de résidus miniers NGA de 1,5 m au-dessus des résidus PGA et 1 m au-dessus des stériles miniers recouvre chaque banc. La figure 3-5 illustre la géométrie générale de la halde de co-disposition utilisée pour construire le modèle numérique et la figure 3-6 montre les détails des dimensions d'une cellule de co-disposition.

La géométrie du retour des résidus et stériles miniers dans la fosse est montrée à la figure 3-7. Comme pour la halde de co-disposition, les résidus miniers seront déposés sur les stériles miniers mais les épaisseurs et la disposition pourra être optimisées selon les résultats de l'ingénierie détaillée.

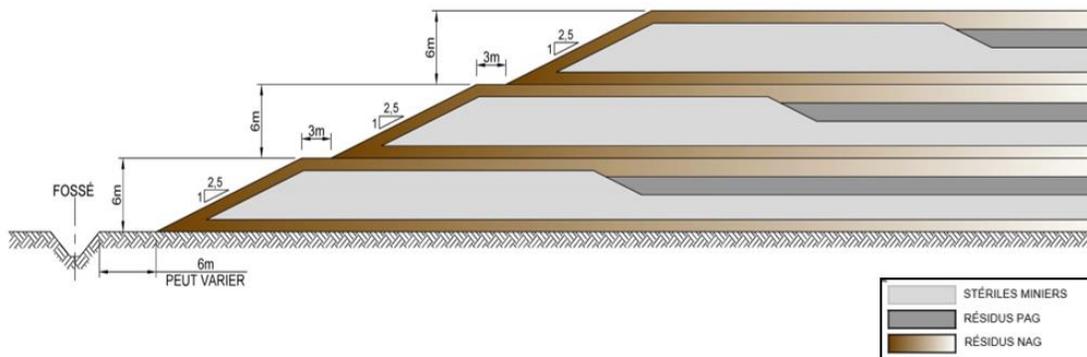
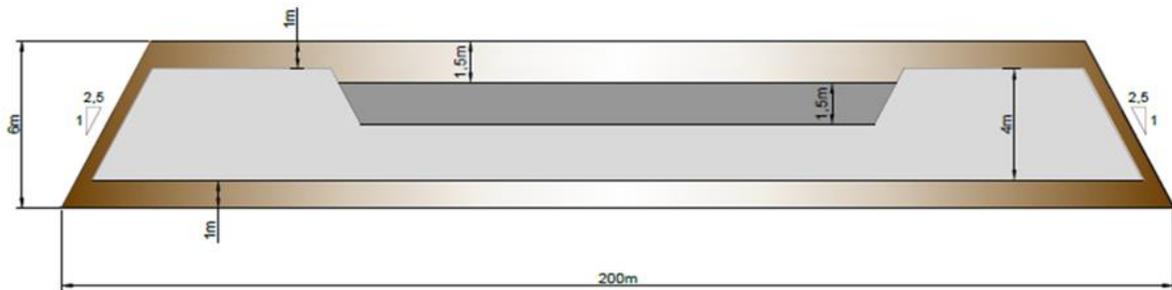


Figure 3-5 : Coupe-type de la halde de co-disposition

 SNC • LAVALIN	NOTE TECHNIQUE		Préparé par : Julien Dubuc		
	Simulations numériques dans le cadre de l'ingénierie de faisabilité pour la gestion des résidus et stériles miniers		Révisé par : Abdel Benlahcen		
	654068-9000-4WER-0001		Rev.	Date	Page
			03	15 octobre 2019	12



CONCEPT D'UNE CELLULE DE CO-DISPOSITION
EXAGÉRATION VERTICALE x5

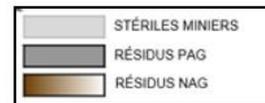


Figure 3-6 : Détails et dimensions d'une cellule de co-disposition

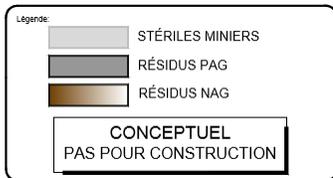
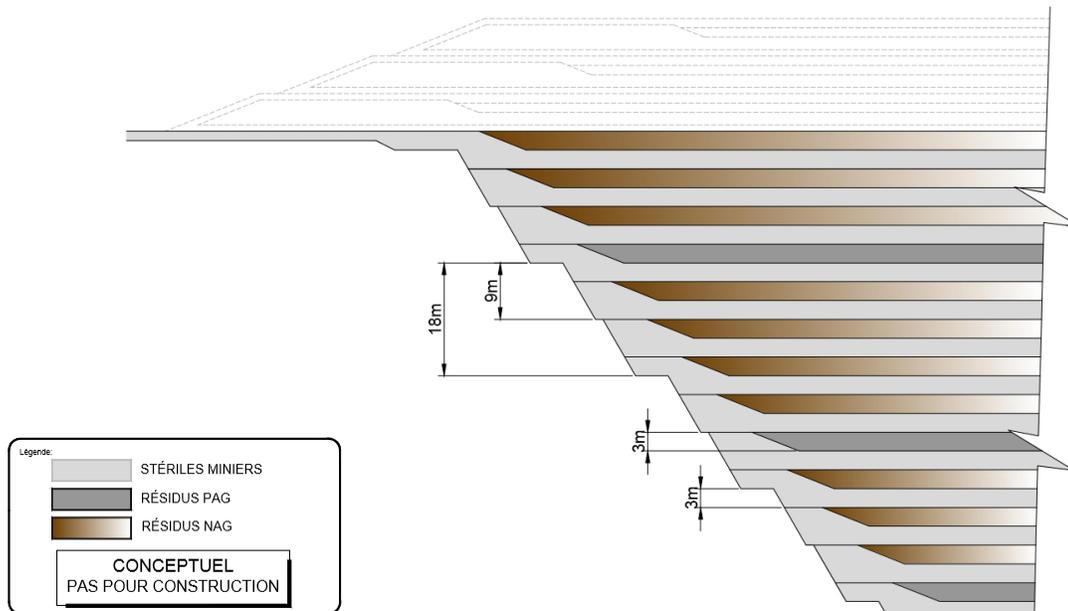


Figure 3-7 : Concept de co-disposition dans la fosse

 SNC • LAVALIN	NOTE TECHNIQUE	Préparé par : Julien Dubuc		
	Simulations numériques dans le cadre de l'ingénierie de faisabilité pour la gestion des résidus et stériles miniers	Révisé par : Abdel Benlahcen		
		Rev.	Date	Page
	654068-9000-4WER-0001	03	15 octobre 2019	13

4.0 Analyse de l'écoulement

4.1 Méthodologie

L'écoulement d'eau dans la halde de co-disposition a été simulé à l'aide du logiciel SEEP/W de la suite Geostudio 2016 (version 8.16.0.12829), par Geo-Slope International Ltd, Calgary, Canada (Geo-Slope, 2016), et ce, en utilisant la méthode des éléments finis en deux dimensions en condition saturée / non saturée. Des conditions de régime d'écoulement permanent ont été utilisées.

4.1.1 Objectifs 1 : déterminer le débit d'exfiltration sous la halde

Selon la section 2.9.4 de la Directive 019, les résidus miniers entreposés dans la halde doivent être gérés suivant les mesures d'étanchéité de Niveau A. Le mode de gestion des résidus miniers doit être conçu de manière à respecter un débit de percolation quotidien maximal de 3,3 L/m²/jour (MDDEP, 2012). Afin de respecter les exigences prévues par la Directive 019, les débits d'exfiltration sous la halde ont été calculés selon les scénarios suivants :

- › la halde de co-disposition est construite sur le sol naturel ;
- › la halde de co-disposition est construite sur une géomembrane ;
- › la halde de co-disposition est construite sur une géomembrane perforée.
- › Effet de l'ajout de la CEBC sur la halde de co-disposition et le débit d'exfiltration

Les effets de l'installation d'une couche de géomembrane sous la halde de co-disposition ont été étudiés en incorporant un élément d'interface à conductivité hydraulique saturée de l'ordre de $1,0 \times 10^{-12}$ m/s sous la halde. Il a été assumé qu'une couche de drainage de 0,5m était présente sur la géomembrane.

De plus, le taux d'exfiltration sous la halde a été analysé dans le cas où la halde serait construite sur une géomembrane perforée afin de simuler d'éventuelle déféctuosité. Pour se faire, les équations empiriques recommandées par Foose et al. (2001) ont été utilisées pour estimer les fuites potentielles à travers la géomembrane. Celles-ci supposent des défauts circulaires d'une superficie de 1 cm² et d'une fréquence de 2,5 trous par hectare (Rachel 1989 et Giroud 1989). Une couche de dépôt meuble (till) de conductivité hydraulique saturée de $1,5 \times 10^{-6}$ m/s sous-jacente à la géomembrane a été considérée pour le calcul.

Ces modélisations ont été effectuées le long de la section A pour la configuration de la halde à l'année 5. Les figures 4-1 et 4-2 montrent respectivement la localisation de la section A et son profil.



SNC • LAVALIN

NOTE TECHNIQUE

Simulations numériques dans le cadre de l'ingénierie de faisabilité pour la gestion des résidus et stériles miniers

Préparé par : Julien Dubuc

Révisé par : Abdel Benlahcen

Rev.

Date

Page

654068-9000-4WER-0001

03

15 octobre 2019

14

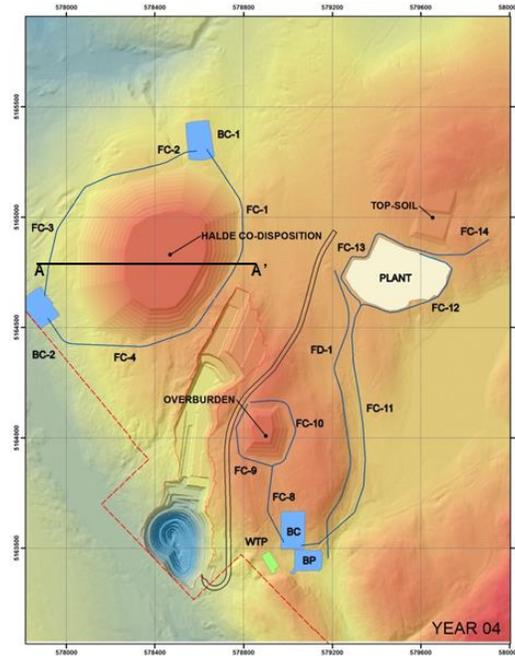


Figure 4-1 : Configuration de la halde de co-disposition (année 5) et localisation de la section A

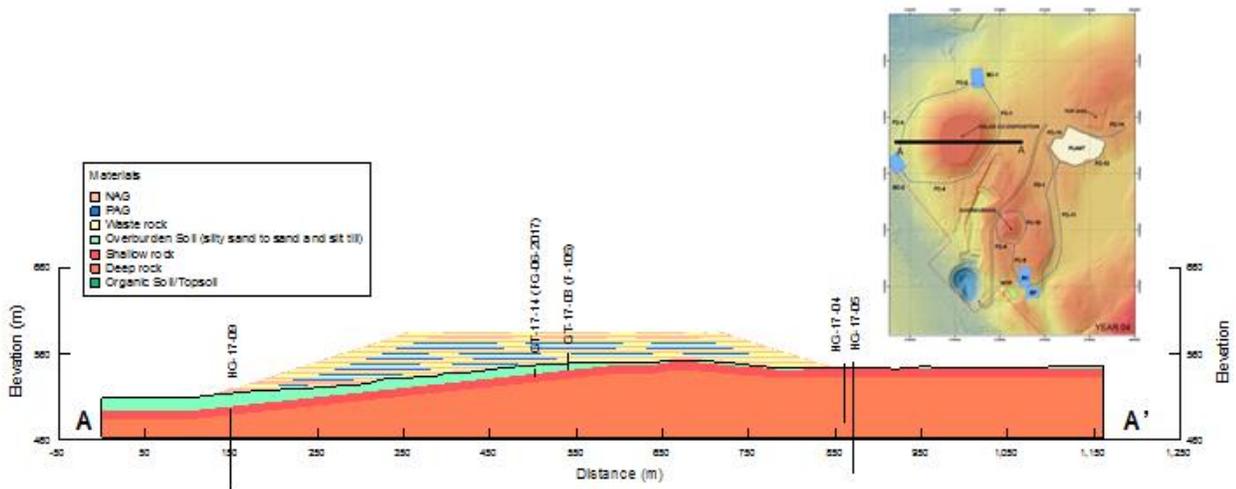


Figure 4-2 : Profil et topographie le long de la section A

 SNC • LAVALIN	NOTE TECHNIQUE		Préparé par : Julien Dubuc	
	Simulations numériques dans le cadre de l'ingénierie de faisabilité pour la gestion des résidus et stériles miniers		Révisé par : Abdel Benlahcen	
			Rev.	Date
654068-9000-4WER-0001		03	15 octobre 2019	15

4.1.2 Objectif 2 : vérifier le degré de saturation du PGA du concept de co-disposition des cellules

Afin de vérifier le degré de saturation des résidus PGA du concept de co-disposition des cellules, un taux d'infiltration de 642 mm/an a été utilisé. La section A, tel que montré à la figure 4-1, a été utilisée pour cette analyse.

Le degré de saturation a été calculé à partir des valeurs de teneur en eau volumétrique obtenues dans SEEP/W à l'aide de la formule suivante :

$$S_r = \frac{\theta}{\theta_s}$$

Où : S_r = degré de saturation ;
 θ = teneur en eau volumétrique maximum ;
 θ_s = teneur en eau volumétrique saturée.

Une étude de sensibilité a été réalisée sur deux des paramètres géotechniques des stériles miniers pouvant influencer la dynamique de l'écoulement et le comportement hydrogéologique des matériaux dans la halde de co-disposition. Les propriétés hydrogéologiques des stériles et des résidus miniers doivent maintenir un certain contraste pour favoriser la rétention d'eau dans les résidus miniers potentiellement générateur d'acidité (PGA) qui est le concept visé pour limiter la réaction d'oxydation des sulfures. Notons aussi que la granulométrie et le degré de compaction des stériles miniers peuvent influencer la porosité et la conductivité hydraulique saturée (K_{sat}) de ce matériel. Les deux paramètres qui ont fait l'objet d'analyse sur la variabilité du concept sont :

- > La conductivité hydraulique saturée qui est variable selon la distribution granulométrique des stériles miniers;
- > La porosité qui est variable selon la granulométrie du matériel.

L'étude de la variation de ces deux paramètres sert à déterminer les conditions dans lesquelles la saturation des résidus PGA est maintenue élevée. Il a été démontré qu'à un degré de saturation de 85% et plus, la réaction d'oxydation des sulfures peut être grandement limitée, voir même empêcher la réaction des sulfures (Aubertin et al., 2002). Le tableau 4-1 présente les propriétés des stériles miniers pour chacun des cas étudiés.

Tableau 4-1 Changements de propriétés pour l'analyse de sensibilité

Analyse	Porosité originale (n)	Conductivité hydraulique saturée originale (K_{sat} en m/s)	Porosité (n)	Conductivité hydraulique saturée (K_{sat} en m/s)
Cas 1 – Porosité -	0,41	2×10^{-5}	<u>0,3</u>	2×10^{-5}
Cas 2 – Porosité +	0,41	2×10^{-5}	<u>0,5</u>	2×10^{-5}
Cas 3 – K_{sat} +	0,41	2×10^{-5}	0,41	<u>1×10^{-4}</u>
Cas 4 – K_{sat} -	0,41	2×10^{-5}	0,41	<u>1×10^{-6}</u>

4.1.3 Objectif 3 : vérifier le concept de la CEBC

Pour valider le concept de couverture à effet de barrière capillaire composée entièrement de matériaux provenant du site, une simulation de la halde de co-disposition a été réalisée avec un taux d'infiltration 257 mm/an. Ce taux

 SNC • LAVALIN	NOTE TECHNIQUE	Préparé par : Julien Dubuc		
	Simulations numériques dans le cadre de l'ingénierie de faisabilité pour la gestion des résidus et stériles miniers	Révisé par : Abdel Benlahcen		
		Rev.	Date	Page
654068-9000-4WER-0001	03	15 octobre 2019	16	

d'infiltration prend en considération le ruissellement et l'évapotranspiration de la végétation sur la couverture. Pour valider le concept, un taux de saturation de plus de 85 % ou 90 % doit être atteint dans la couche de rétention d'eau de la configuration de la CEBC (Bussière et al. 2001) afin de limiter au minimum le flux d'oxygène vers les couches de résidus et stériles miniers PGA recouverts.

Cette simulation a aussi été utilisée pour déterminer la charge maximale d'eau (h_w) à la base de la halde de co-disposition dans le but d'en assurer l'intégrité physique (SNC-Lavalin, 2018f).

Dans une simulation additionnelle, les propriétés hydrogéologiques des stériles miniers utilisés dans la CEBC ont été changées pour celles du cas 4 de l'analyse de sensibilité (section 4.1.2) pour étudier les paramètres permettant d'influencer la saturation (85% et plus) de la couche de rétention d'eau composée de résidus NGA.

4.1.4 Objectif 4 : vérifier le concept du retour des rejets miniers dans la fosse

Pour déterminer jusqu'à quelle élévation il sera possible de retourner des résidus PGA dans la fosse pour leur maintien dans des conditions saturées, le niveau piézométrique actuel a été simulé à partir des données des sondages effectués (SNC-Lavalin 2018e). Cette modélisation hydrogéologique a aussi servi de base pour les analyses de stabilité de la halde de co-disposition. Cette modélisation a été effectuée le long de la section B pour la configuration de la halde à l'année 26. Les figures 4-3 et 4-4 montrent respectivement la localisation de la section B et son profil.



SNC • LAVALIN

NOTE TECHNIQUE

Simulations numériques dans le cadre de l'ingénierie de faisabilité pour la gestion des résidus et stériles miniers

Préparé par : Julien Dubuc

Révisé par : Abdel Benlahcen

Rev.

Date

Page

654068-9000-4WER-0001

03

15 octobre 2019

17

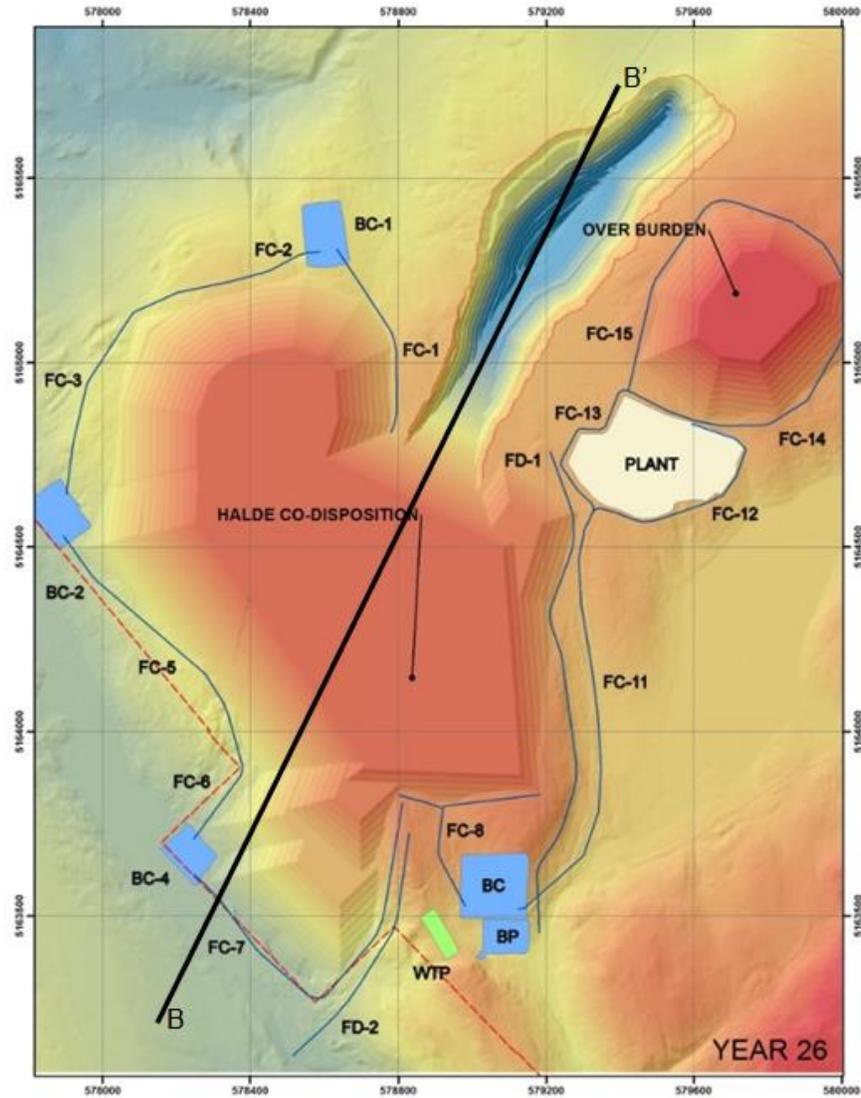


Figure 4-3 : Configuration de la halde de co-disposition (année 26) et localisation de la section B



SNC • LAVALIN

NOTE TECHNIQUE

Simulations numériques dans le cadre de l'ingénierie de faisabilité pour la gestion des résidus et stériles miniers

Préparé par : Julien Dubuc
Révisé par : Abdel Benlahcen

Rev.

Date

Page

654068-9000-4WER-0001

03

15 octobre 2019

18

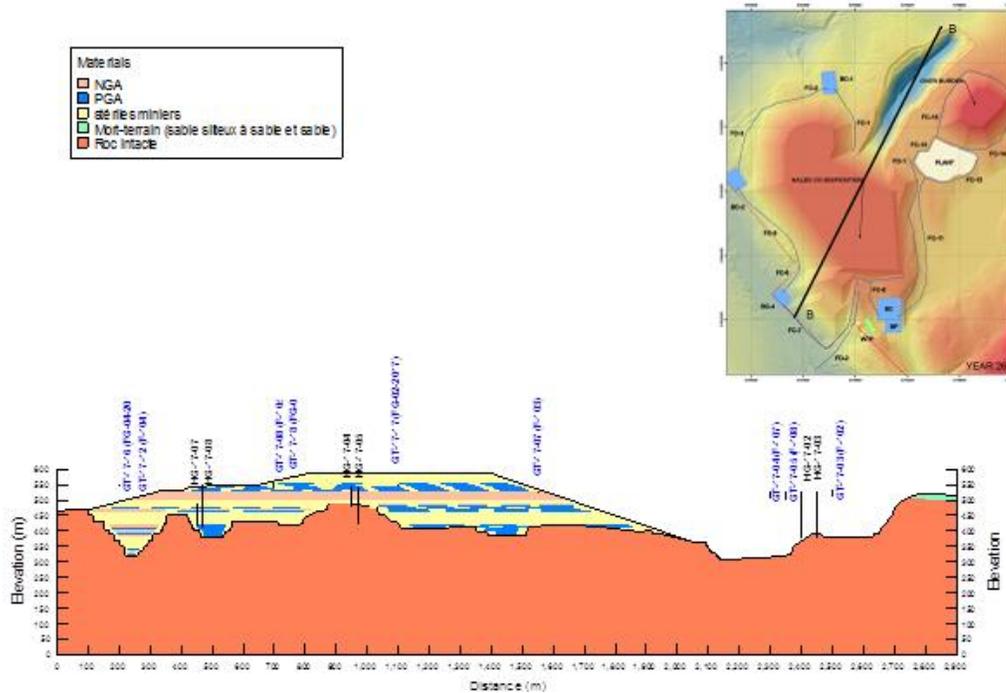


Figure 4-4 : Profil et topographie le long de la section B

4.2 Paramètres du modèle

Les paramètres du modèle utilisé sont décrits dans le tableau 4-1 pour les sections A et B. Les piézomètres utilisés pour déterminer le niveau phréatique (GT-17-03 et GT-17-16) ont été sélectionnés sur la base de leur proximité avec la zone étudiée.

 SNC • LAVALIN	NOTE TECHNIQUE		Préparé par : Julien Dubuc		
	Simulations numériques dans le cadre de l'ingénierie de faisabilité pour la gestion des résidus et stériles miniers		Révisé par : Abdel Benlahcen		
	654068-9000-4WER-0001		Rev.	Date	Page
			03	15 octobre 2019	19

Tableau 4-2 : Paramètres principaux du modèle 2D utilisé pour les sections A et B

Paramètres			Section A	Section B
Type d'analyse			2D	2D
Condition			Régime permanent	Régime permanent
Écoulement			Saturé / Non saturé	Saturé / Non saturé
Géométrie	Élévation maximale	Halde de co-disposition	586,0 m	586,0 m
		Topographie	553,0 m	520,0 m
	Longueur de la section 2D		1150 m	2 900 m
Détail du maillage	Nombre d'élément		50 450	30 080
	Nombre de nœud		61 387	29 198
Conditions frontières	Niveau d'eau	Amont		6 m (sous la surface) *
		Aval		2 m (sous la surface) *
	Infiltration le long des pentes de la halde		Q = 0	Q = 0
	Pression au pied de la halde		P = 0	P = 0
	Taux d'infiltration	Sur la halde non restaurée	642 mm/an	642 mm/an
Sur le sol naturel (ou sur la halde restaurée)		257 mm/an	257 mm/an	

*Basé sur les sondages piézométriques GT-17-03 et GT-17-16 (SNC-Lavalin, 2018e)

5.0 Résultats

5.1 Objectif 1 : déterminer le débit d'exfiltration sous la halde

Le tableau 5-1 présente les taux d'exfiltration sous la halde pour différentes hypothèses. Des taux d'exfiltration ont été calculés à partir des simulations numériques pour une halde de co-disposition sans géomembrane, avec géomembrane sans perforation et pour une géomembrane perforée. La valeur conservatrice de 0,015 L/m²/jour obtenue pour une halde construite sur une géomembrane percée a été retenue. Il est à noter que toutes les valeurs obtenues sont inférieures aux critères de la Directive 019 de 3,3 L/m²/jour.

Le débit d'exfiltration sous la halde sans géomembrane a été calculé à partir du flux, 7,86×10⁻⁶ m³/sec, donné par la simulation numérique (Figure 5-1). Ce flux a été transformé en L/m²/jour pour fin de comparaison avec la valeur réglementaire. Pour le calcul de conversion, la longueur de la halde a été fixée à 700 m.

$$\text{Calcul : } \left(\frac{7,86 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{sec}}{700 \text{ m}} \right) \times 86400 \times 1000 = 0,970 \text{ L/m}^2/\text{jour}$$

 SNC • LAVALIN	NOTE TECHNIQUE	Préparé par : Julien Dubuc		
	Simulations numériques dans le cadre de l'ingénierie de faisabilité pour la gestion des résidus et stériles miniers	Révisé par : Abdel Benlahcen		
	654068-9000-4WER-0001	Rev.	Date	Page
		03	15 octobre 2019	20

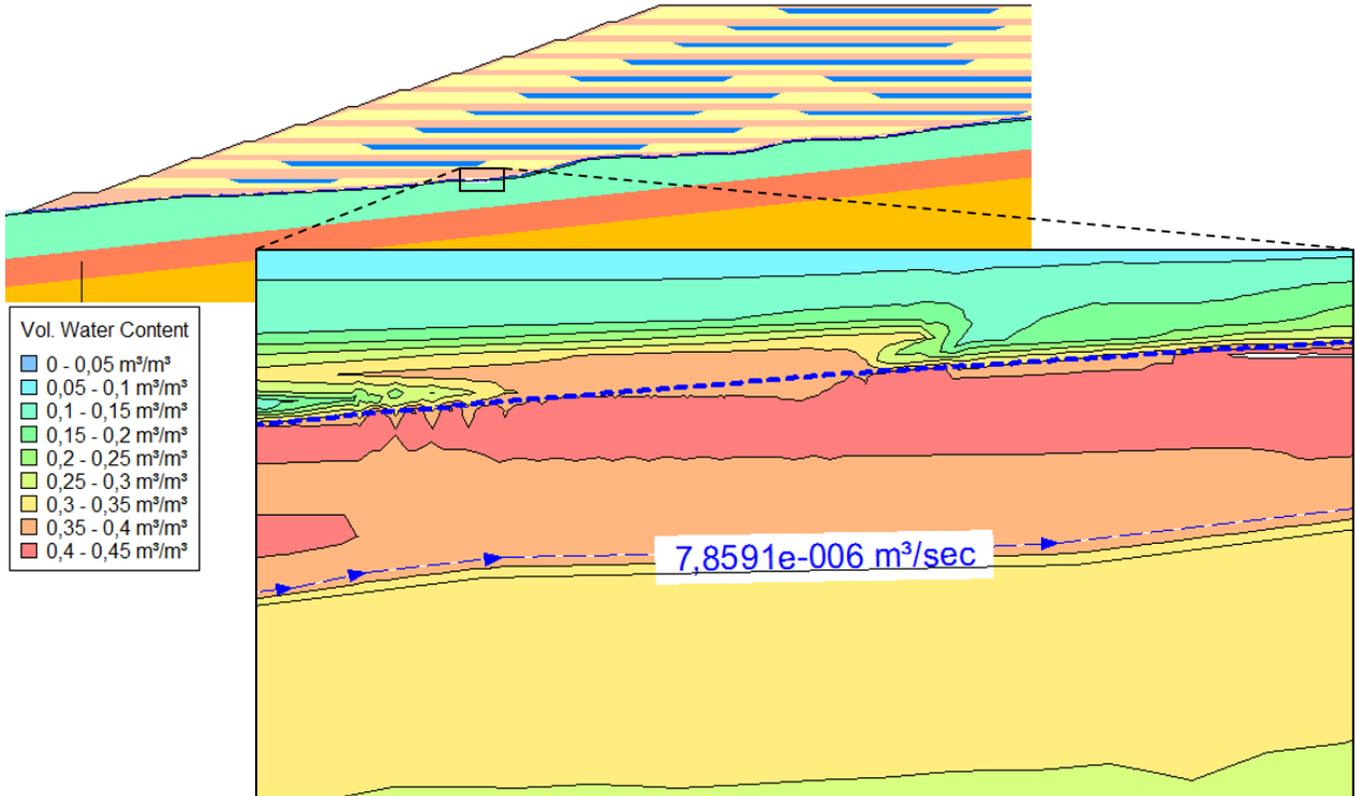


Figure 5-1 Zoom sur le flux d'exfiltration au bas de la halde de co-disposition sans géomembrane (Case 1 CDSF.gsz)

Le débit d'exfiltration sous la halde avec géomembrane a été calculé à partir du flux, $4,46 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{sec}$, donné par la simulation numérique (Figure 5-2). Ce flux a été transformé en L/m²/jour pour fin de comparaison avec la valeur règlementaire. Pour le calcul de conversion, la longueur de la halde a été fixée à 700 m.

$$\text{Calcul : } \left(\frac{4,46 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{sec}}{700 \text{ m}} \right) \times 86400 \times 1000 = 0,006 \text{ L/m}^2/\text{jour}$$

 SNC • LAVALIN	NOTE TECHNIQUE	Préparé par : Julien Dubuc		
	Simulations numériques dans le cadre de l'ingénierie de faisabilité pour la gestion des résidus et stériles miniers	Révisé par : Abdel Benlahcen		
	654068-9000-4WER-0001	Rev.	Date	Page
		03	15 octobre 2019	21

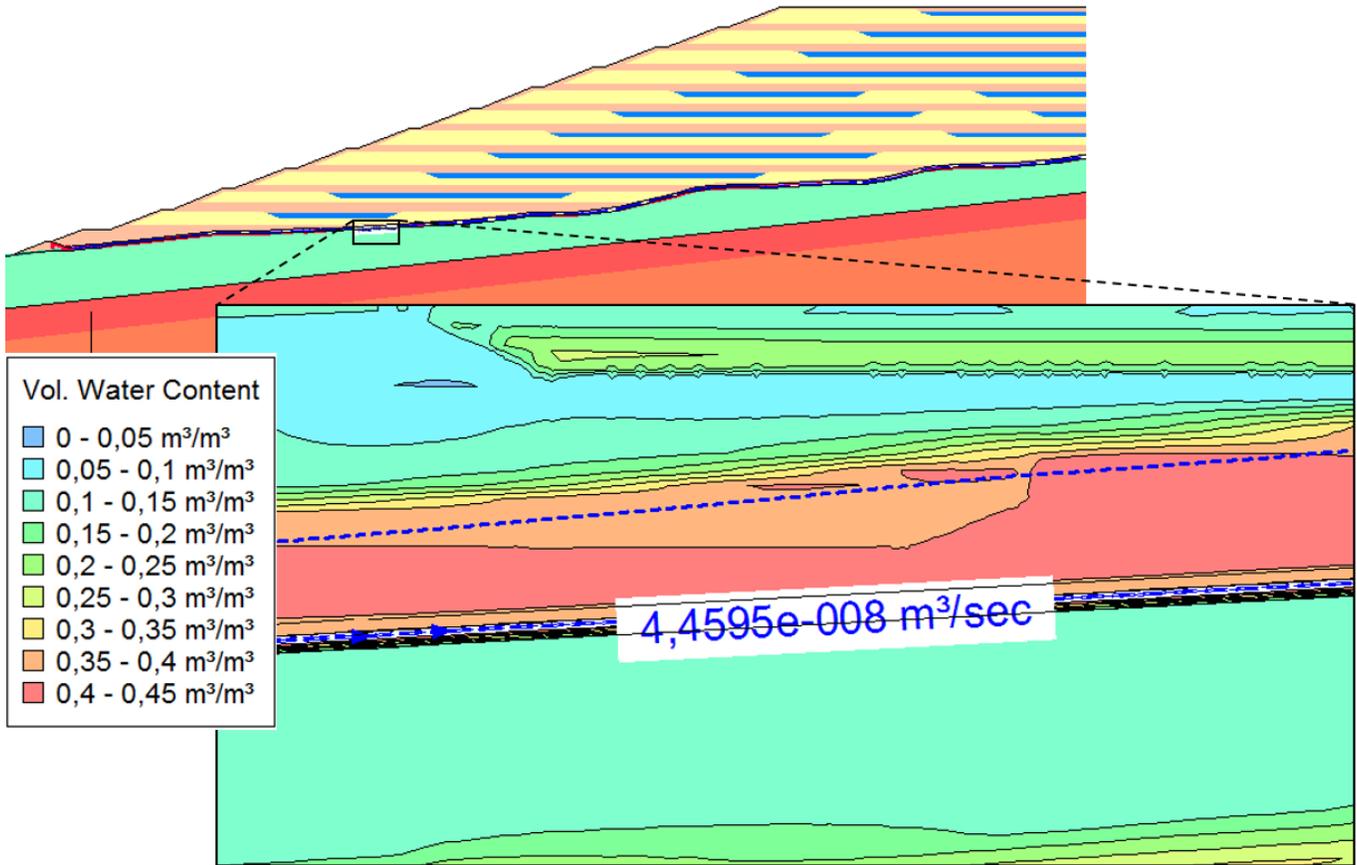


Figure 5-2 Zoom sur le flux d'exfiltration au bas de la halde de co-disposition avec géomembrane (Case 2 CDSF.gsz)

Le débit d'exfiltration sous la halde avec géomembrane a été calculé à partir du flux, $4,46 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{sec}$, donné par la simulation numérique (Figure 5-3Figure 5-1). Ce flux a été transformé en L/m²/jour pour fin de comparaison avec la valeur règlementaire. Pour le calcul de conversion, la longueur de la halde a été fixée à 700 m.

$$\text{Calcul : } \left(\frac{4,46 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{sec}}{700 \text{ m}} \right) \times 86400 \times 1000 = 0,002 \text{ L/m}^2/\text{jour}$$

Le Tableau 5-1 présente un résumé des résultats obtenus et la source de ces résultats.

 SNC • LAVALIN	NOTE TECHNIQUE	Préparé par : Julien Dubuc		
	Simulations numériques dans le cadre de l'ingénierie de faisabilité pour la gestion des résidus et stériles miniers	Révisé par : Abdel Benlahcen		
	654068-9000-4WER-0001	Rev.	Date	Page
		03	15 octobre 2019	22

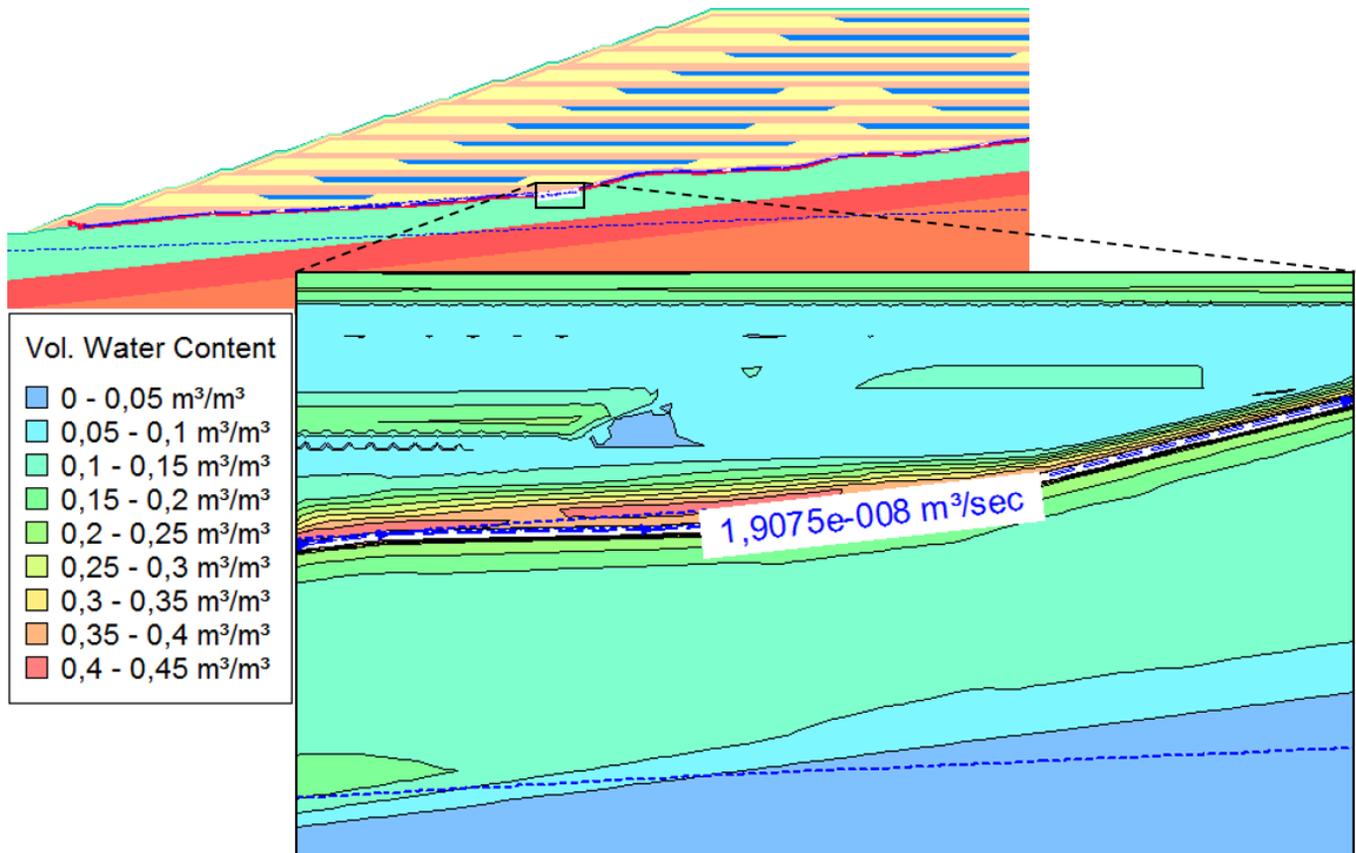


Figure 5-3 Zoom sur le flux d'exfiltration au bas de la halde de co-disposition avec géomembrane et recouvrement CEBC (Case 2 Cover.gsz)

Tableau 5-1 : Résultats des taux d'exfiltration sous la halde

Hypothèse	Débit d'exfiltration (L/m ² /jour)	Source
Halde construite sur le sol naturel	0,970	SEEP/W: Case 1 CDSF.gsz
Halde construite sur une géomembrane	0,006	SEEP/W: Case 2 CDSF.gsz
Halde construite sur une géomembrane perforée	0,015	Erickson et al. 2002
Halde recouverte d'une CEBC construite sur une géomembrane non-perforée	0,002	SEEP/W: Case 2 Cover.gsz

 SNC • LAVALIN	NOTE TECHNIQUE		Préparé par : Julien Dubuc	
	Simulations numériques dans le cadre de l'ingénierie de faisabilité pour la gestion des résidus et stériles miniers		Révisé par : Abdel Benlahcen	
			Rev.	Date
654068-9000-4WER-0001		03	15 octobre 2019	23

5.2 Objectif 2 : vérifier le degré de saturation du PGA du concept de co-disposition en cellule

5.2.1 Résultats du cas de base

Le concept de cellule de co-disposition repose sur le maintien d'un degré de saturation élevé dans le résidu PGA pour minimiser les réactions d'oxydation pendant la phase opérationnelle, soit avant l'installation du recouvrement final. Le tableau 5-2 montre le degré de saturation obtenu par les simulations pour les matériaux constituant la halde de co-disposition. Le degré de saturation dans le résidu PGA atteint des valeurs de 92%, ce qui permet de limiter, voire empêcher les réactions d'oxydation dans ce matériau. Le faible degré de saturation (48 %) dans les stériles miniers montre que ce matériau peut servir au drainage des eaux à l'intérieur de la halde de co-disposition. Les résultats des modélisations sont montrés à l'Annexe A. Il est à noter que des résultats similaires ont été obtenus pour toutes les configurations à la base de la halde (avec ou sans géomembrane).

Tableau 5-2 : Degré de saturation des stériles et résidus miniers - Halde construite sur une géomembrane

Matériaux	Teneur en eau volumétrique saturée (θ_s ou n)	Conductivité hydraulique saturée (k_{sat}) (m/s)	Teneur en eau volumétrique maximum (θ)	Degré de saturation (S_r) (%)
Résidus NGA	0.40	1.7×10^{-6}	0.20	50
Résidus PGA	0.38	1.5×10^{-6}	0.35	92
Stériles	0.41	2.0×10^{-5}	0.20	49

5.2.2 Résultats de l'analyse de sensibilité

L'ensemble des résultats, en termes de saturation, sont résumés dans le tableau 5-3 à la fin de cette section.

Cas 1 – Porosité diminuée des stériles miniers

Pour le premier cas, la porosité des stériles miniers a été diminuée à une valeur de 0,3 (comparativement à 0,41). Une saturation de 93% (teneur en eau volumique - TEV = 0,35) est observée dans le bas de la couche de résidus miniers PGA. Cette saturation diminue dans le haut de la couche de résidus miniers PGA jusqu'à des valeurs avoisinant les 80%. Le contraste entre la teneur en eau dans les stériles miniers (TEV= 0,15) et celle de la couche de résidus minier PGA montre une rétention d'eau dans ces derniers à une saturation supérieure à 80% (Figure 5-4). Ce contraste est dû à l'effet de barrière capillaire et peut donc être maintenu dans la cellule sur l'ensemble de l'épaisseur.

 SNC • LAVALIN	NOTE TECHNIQUE Simulations numériques dans le cadre de l'ingénierie de faisabilité pour la gestion des résidus et stériles miniers	Préparé par : Julien Dubuc Révisé par : Abdel Benlahcen		
		Rev.	Date	Page
	654068-9000-4WER-0001	03	15 octobre 2019	24

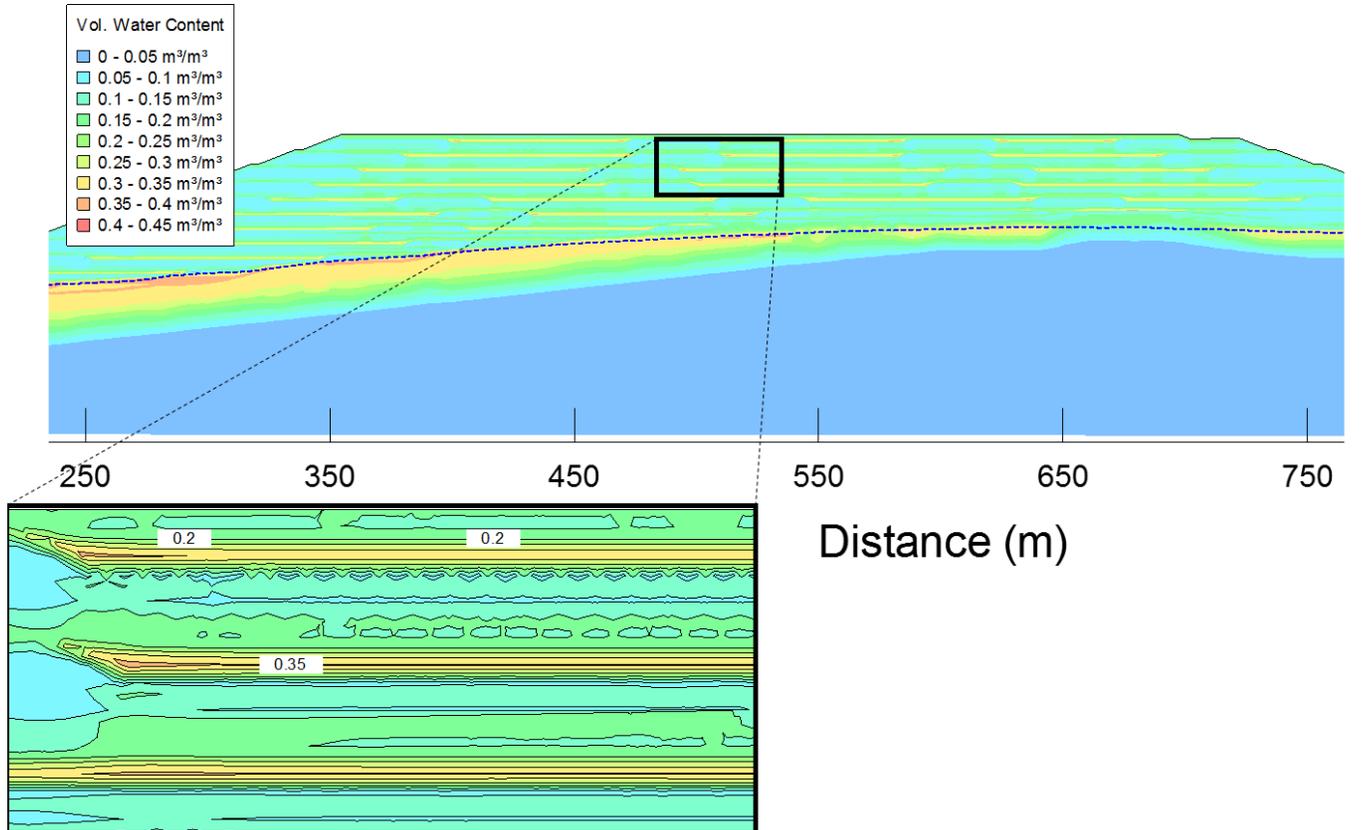


Figure 5-4 Résultat de l'analyse d'écoulement du Cas 1

Cas 2 – Porosité augmentée des stériles miniers

Dans le cas 2, la porosité a été augmentée à une valeur de 0,5 (comparativement à 0,41). Comme pour le cas 1, une saturation de 93% (teneur en eau volumique - TEV = 0,35) est observée dans le bas de la couche de résidus miniers PGA. Le contraste observé entre les valeurs de TEV dans les stériles miniers PGA et celles dans la couche de stériles est moins marqué que pour le cas 1 (figure 5-5). Cette différence est marquée par un écoulement vertical à partir des résidus miniers PGA vers le bas. Malgré cet écoulement plus marqué, la TEV dans la couche de résidus minier PGA reste élevée et montre qu'une saturation supérieure à 80% et l'effet de barrière capillaire peut être maintenu dans la cellule sur l'ensemble de l'épaisseur.

 SNC • LAVALIN	NOTE TECHNIQUE	Préparé par : Julien Dubuc		
	Simulations numériques dans le cadre de l'ingénierie de faisabilité pour la gestion des résidus et stériles miniers	Révisé par : Abdel Benlahcen		
	654068-9000-4WER-0001	Rev.	Date	Page
		03	15 octobre 2019	25

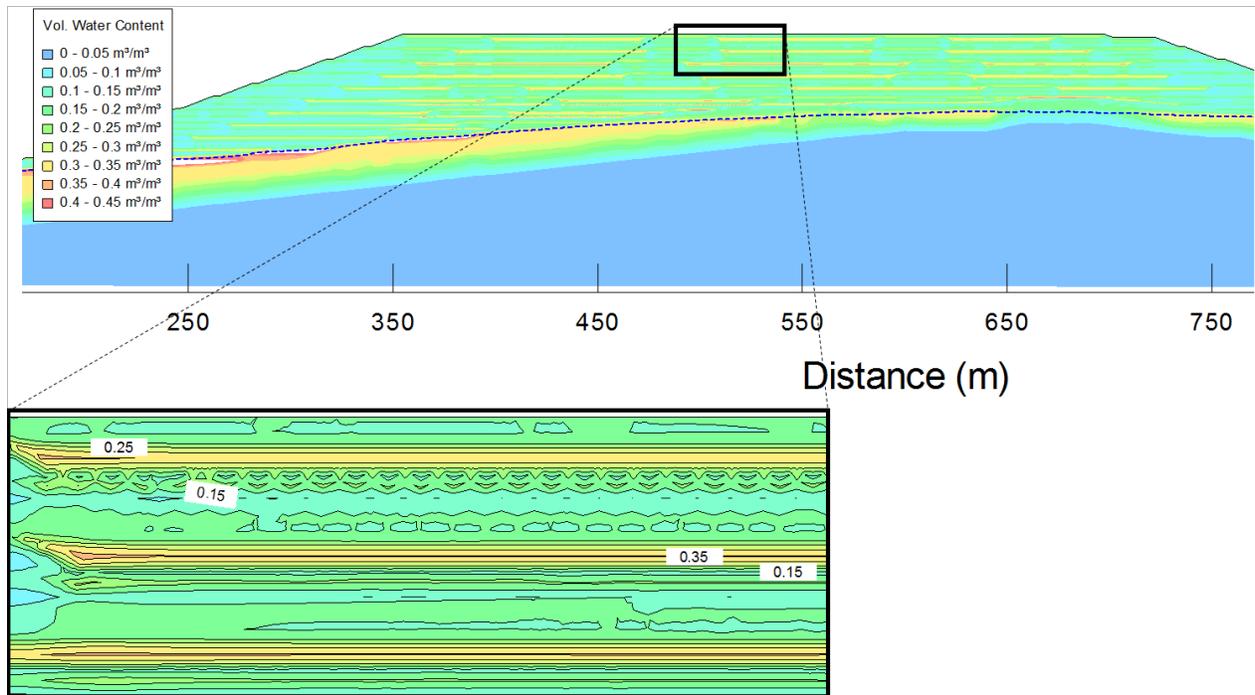


Figure 5-5 Résultat de l'analyse d'écoulement du Cas 2

Cas 3 – Conductivité hydraulique saturée augmentée des stériles miniers

La variation de la granulométrie des stériles peut influencer la valeur de conductivité hydraulique saturée. Dans cette optique, l'augmentation de K_{sat} des stériles miniers diminue le contraste de perméabilité avec celles des résidus miniers PGA. Cette diminution entraîne une moins grande rétention d'eau dans ces derniers. Les TEV dans la couche de résidu minier PGA sont comprises entre 0,20 et 0,25 (figure 5-6). La saturation est donc d'environ 53% à 67% dans cette couche et l'effet capillaire n'est donc pas maintenu dans la cellule.

 SNC • LAVALIN	NOTE TECHNIQUE	Préparé par : Julien Dubuc		
	Simulations numériques dans le cadre de l'ingénierie de faisabilité pour la gestion des résidus et stériles miniers	Révisé par : Abdel Benlahcen		
	654068-9000-4WER-0001	Rev.	Date	Page
		03	15 octobre 2019	26

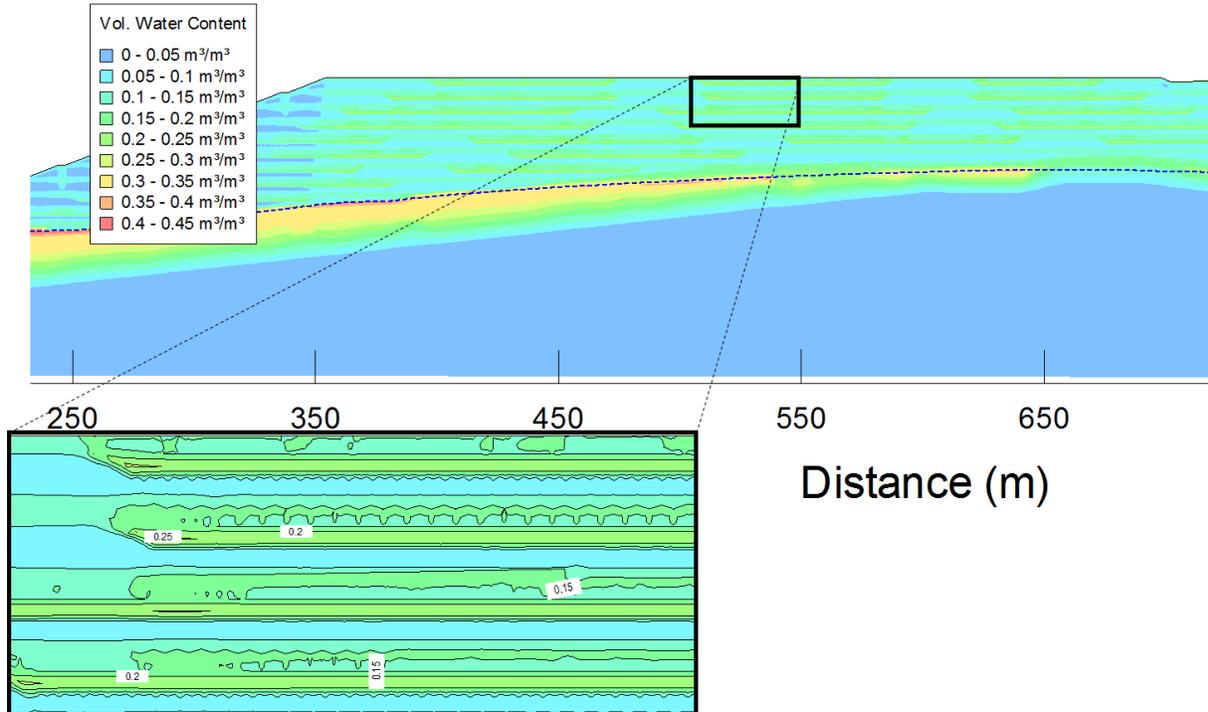


Figure 5-6 Résultat de l'analyse d'écoulement du Cas 3

Cas 4a – Conductivité hydraulique saturée diminuée des stériles miniers

La diminution de K_{sat} des stériles miniers provoque un grand contraste avec les propriétés de la couche de résidus PGA. Ce contraste entraîne une forte rétention d'eau dans le bas de la couche de résidus miniers. Le contraste est à ce point important que les écoulements verticaux provenant de la couche de résidus miniers PGA entraîne la formation de nappe perchées dans le haut des stériles miniers (figure 5-7). La saturation de la couche de résidus miniers PGA est ainsi maximale atteignant des valeurs de plus de 90% et montre qu'une saturation supérieure à 80% et l'effet de barrière capillaire peut être maintenu dans la cellule sur l'ensemble de l'épaisseur.

 SNC • LAVALIN	NOTE TECHNIQUE	Préparé par : Julien Dubuc		
	Simulations numériques dans le cadre de l'ingénierie de faisabilité pour la gestion des résidus et stériles miniers	Révisé par : Abdel Benlahcen		
	654068-9000-4WER-0001	Rev.	Date	Page
		03	15 octobre 2019	27

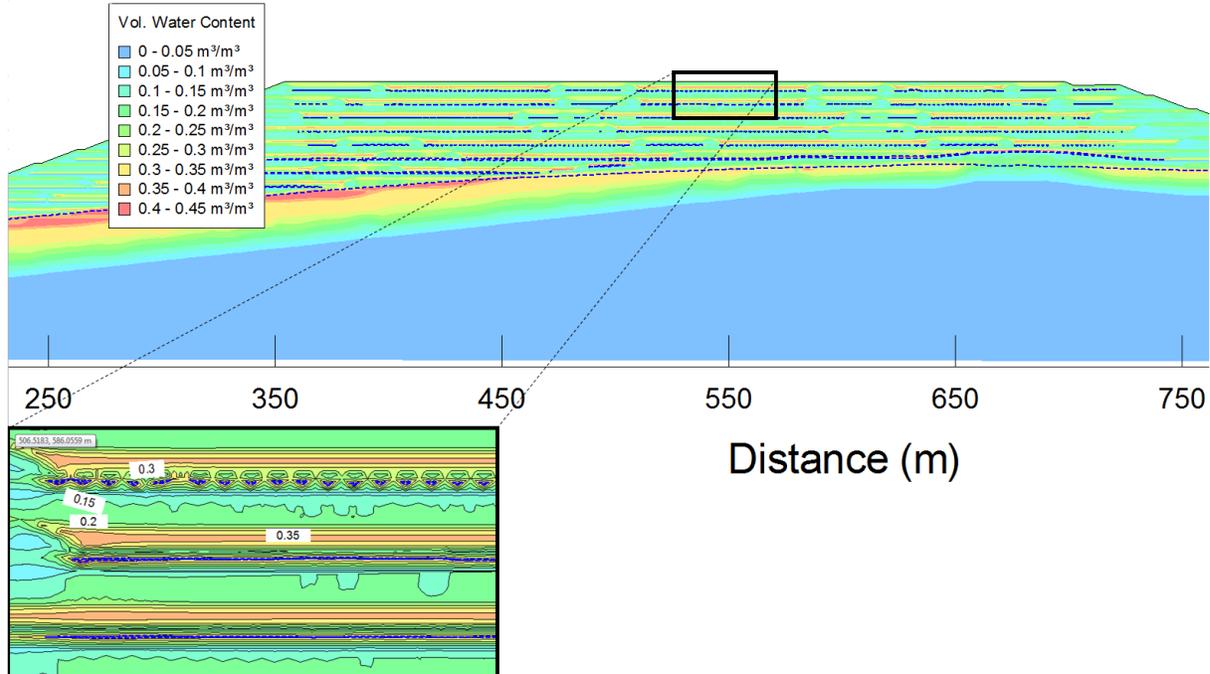


Figure 5-7 Résultat de l'analyse d'écoulement du Cas 4a

Cas 4b – Conductivité hydraulique saturée diminuée des stériles miniers et épaisseur réduite de la couche de résidu PGA

Puisque l'on vise une saturation sur l'ensemble de la couche PAG, à partir des résultats obtenus, une seconde simulation a été réalisée en diminuant l'épaisseur de la couche de résidu PGA à l'intérieur des cellules (cas 4b). Cette analyse a comme objectif de voir à quelle épaisseur le résidu PGA est saturé (au-delà de 85%) sur l'ensemble de sa hauteur. Les propriétés utilisées pour faire cette simulation numérique sont identiques à celles du cas 4a de l'analyse de sensibilité à l'exception de la géométrie du résidu PGA dont l'épaisseur a été diminuée à 0,8 m (-0,7 m).

La figure 5-8 montre le résultat de la simulation 4b. Dans le plan rapproché en bas à gauche, les couleurs ont été filtrées pour uniquement montrer les portions de matériaux saturés à 85% et plus. On peut constater que les résidus PGA sont saturés à 85% et plus sur l'ensemble de l'épaisseur. Il est donc possible de maintenir une saturation de plus de 85% dans le résidu PGA en variant l'épaisseur de cette couche et la conductivité hydraulique saturée des stériles miniers.

 SNC • LAVALIN	NOTE TECHNIQUE	Préparé par : Julien Dubuc		
	Simulations numériques dans le cadre de l'ingénierie de faisabilité pour la gestion des résidus et stériles miniers	Révisé par : Abdel Benlahcen		
	654068-9000-4WER-0001	Rev.	Date	Page
		03	15 octobre 2019	28

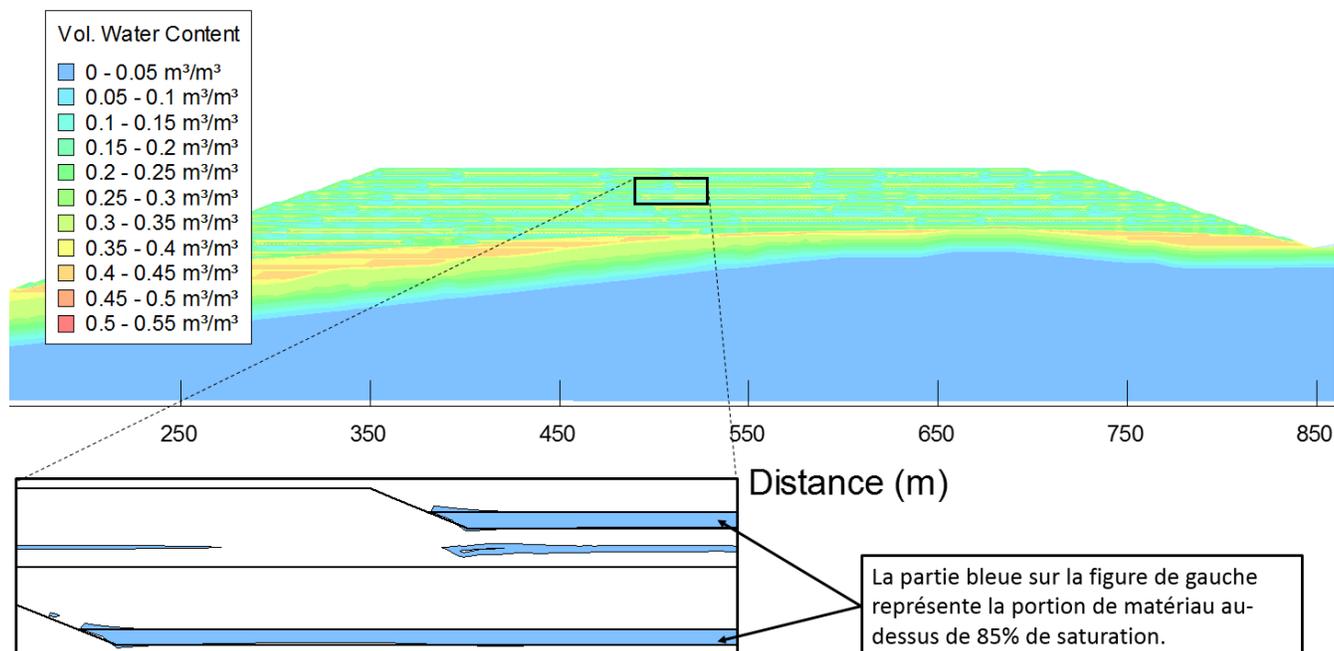


Figure 5-8 Résultat de l'analyse d'écoulement du Cas 4b

Analyse, conclusion et recommandation

Les principales propriétés géotechniques et hydrogéologiques des stériles miniers ont fait l'objet d'une analyse de sensibilité pour établir les limites dans lesquelles ces propriétés favorisent la rétention d'eau dans la couche de résidus miniers PGA. Cette rétention d'eau est souhaitable pour limiter les réactions d'oxydation potentielles durant la phase opérationnelle avant la restauration et la mise en place du recouvrement final. Les propriétés géotechniques et hydrogéologiques peuvent être influencées par la distribution granulométrique et le degré de compaction des stériles miniers.

Les résultats des différents cas ont montré que de façon générale, le maintien d'une TEV suffisante dans la couche de résidus miniers PGA est moins dépendante de la porosité que de la conductivité hydraulique saturée des stériles miniers. Le tableau 5-3 présente les degrés de saturation observés dans la couche de résidus miniers PGA pour chacun des cas ci-haut. Dans ce tableau, on remarque que les simulations 1, 2 et 4a montrent des degrés de saturation de 93% et 100% dans le bas de la couche de résidus miniers PGA. La saturation est de 80% à 85% en surface. La simulation 4b montre qu'un degré de saturation de 85% peut être maintenu sur l'ensemble de l'épaisseur de la couche. Une variation de porosité de l'ordre de +/- 0,1 change légèrement la dynamique de l'écoulement interne de la halde de co-disposition mais elle ne change pas le degré de saturation dans les résidus miniers PGA. Cependant, l'augmentation de K_{sat} des stériles miniers entraîne une diminution du contraste entre les résidus et les stériles miniers ce qui provoque une baisse de la saturation dans les résidus miniers PGA. Une diminution de K_{sat} des stériles miniers provoque un contraste plus marqué au niveau de la fonction de perméabilité avec les résidus miniers et entraîne une plus grande saturation que pour les autres cas. Le facteur K_{sat} est donc un facteur limitant important pour assurer le maintien de l'effet de barrière capillaire.

 SNC • LAVALIN	NOTE TECHNIQUE	Préparé par : Julien Dubuc		
	Simulations numériques dans le cadre de l'ingénierie de faisabilité pour la gestion des résidus et stériles miniers	Révisé par : Abdel Benlahcen		
	654068-9000-4WER-0001	Rev.	Date	Page
		03	15 octobre 2019	29

Tableau 5-3 Résultats des simulations en termes de saturation (%) de la couche de résidus miniers PGA

	Saturation minimale observée dans le haut de la couche de résidus miniers PGA	Saturation dans le bas de la couche de résidus miniers PGA	% résidus PGA avec saturation supérieure à 85% sur l'ensemble de la cellule
Base	80%	93%	+/- 30 -40 %
1	80%	93%	+/- 50 %
2	80%	93%	+/- 40-50%
3	53%	67%	---
4a	80%	100%	+/- 75 - 80%
4b	85%	100%	100%

5.3 Objectif 3 : vérifier le concept de la CEBC

5.3.1 Résultats du cas de base

La simulation de la halde de co-disposition avec la couverture à effet de barrière capillaire a montré qu'une saturation d'environ 90% est atteinte dans le bas de la couche de résidus NGA. Cette couche, en superposition aux stériles triés, se comporte alors comme une couche de rétention d'eau empêchant la migration d'oxygène vers les matériaux potentiellement réactifs. Les résultats sont montrés à la figure 5-9.

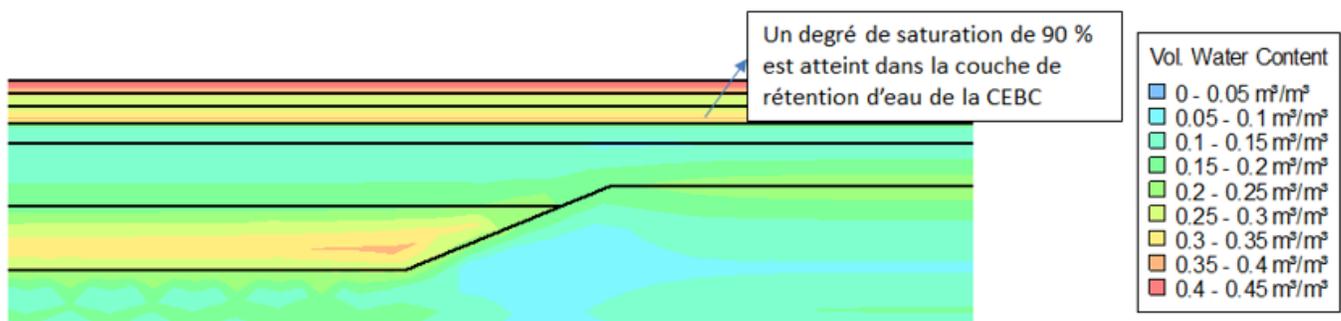


Figure 5-9 Résultat en teneur en eau volumique de la simulation de l'écoulement dans la CEBC

Le niveau d'eau dans le bas de la halde recouverte avec une CEBC a aussi été étudié dans le but d'assurer la stabilité de l'ouvrage. La coupe est-ouest de la halde a été utilisée pour faire ces vérifications. Les résultats montrent que le niveau d'eau associé à la charge maximale est de 523,0 m correspondant à une charge d'eau (h_w) de 1,0 m (côté ouest de la coupe).

5.3.2 Résultats avec les propriétés de stériles miniers du cas 4a

La diminution du K_{sat} des stériles miniers entraîne une saturation complète de la couche de résidus NGA dans la CEBC. Contrairement à ce qui peut être observé dans la figure 5-9, la saturation, au-delà de 85%, englobe toute

 SNC • LAVALIN	NOTE TECHNIQUE		Préparé par : Julien Dubuc	
	Simulations numériques dans le cadre de l'ingénierie de faisabilité pour la gestion des résidus et stériles miniers		Révisé par : Abdel Benlahcen	
	654068-9000-4WER-0001	03	15 octobre 2019	30

l'épaisseur de la couche (Figure 5-10). Le plan rapproché dans la figure 5-10 montre l'étendue de cette saturation dans la couche de résidus NGA et dans la couche de terre végétale; ce qui est blanc étant sous 85% de saturation.

Cependant, la saturation n'est pas complète dans la couche de résidus NGA au niveau du haut des pentes. La figure 5-11 montre ce phénomène. On peut apercevoir la zone saturée à plus de 85% qui diminue à une épaisseur d'environ 0,1 m. La figure 5-11 est représentative de la majorité des pentes à l'exception des pentes les plus élevées qui sont complètement sous 85%.

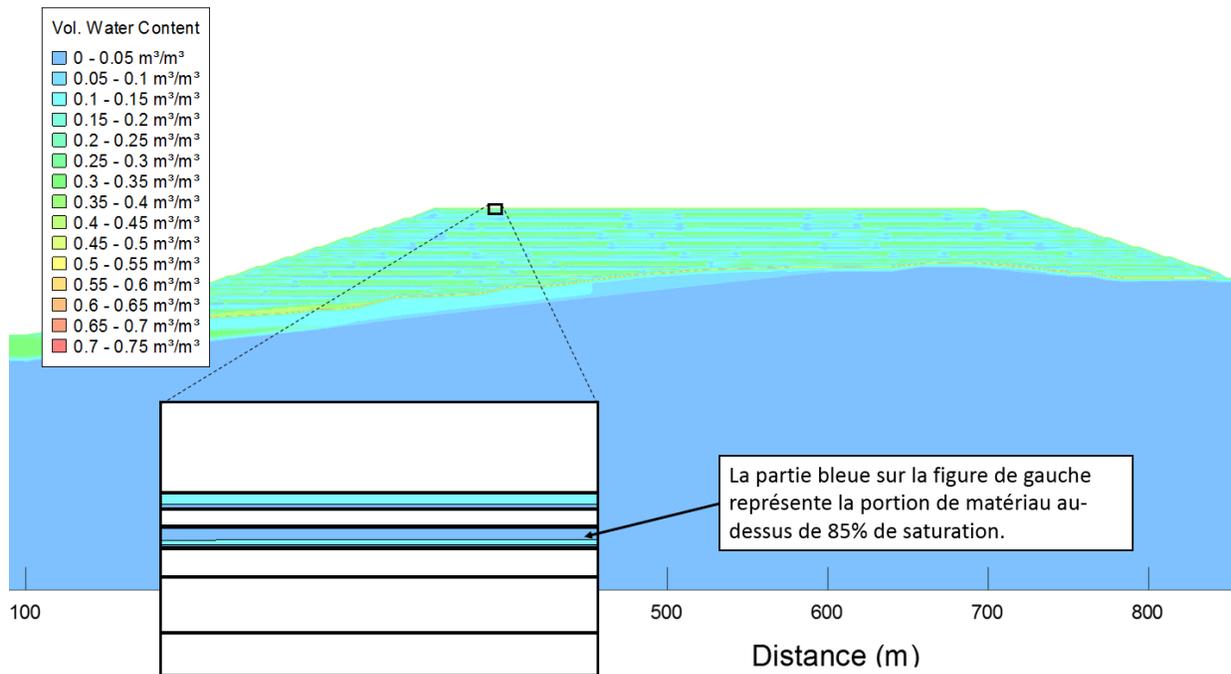


Figure 5-10 Résultat de la simulation de l'écoulement avec les propriétés du cas 4a sur la CEBC

 SNC • LAVALIN	NOTE TECHNIQUE		Préparé par : Julien Dubuc		
	Simulations numériques dans le cadre de l'ingénierie de faisabilité pour la gestion des résidus et stériles miniers		Révisé par : Abdel Benlahcen		
	654068-9000-4WER-0001		Rev.	Date	Page
		03	15 octobre 2019	31	

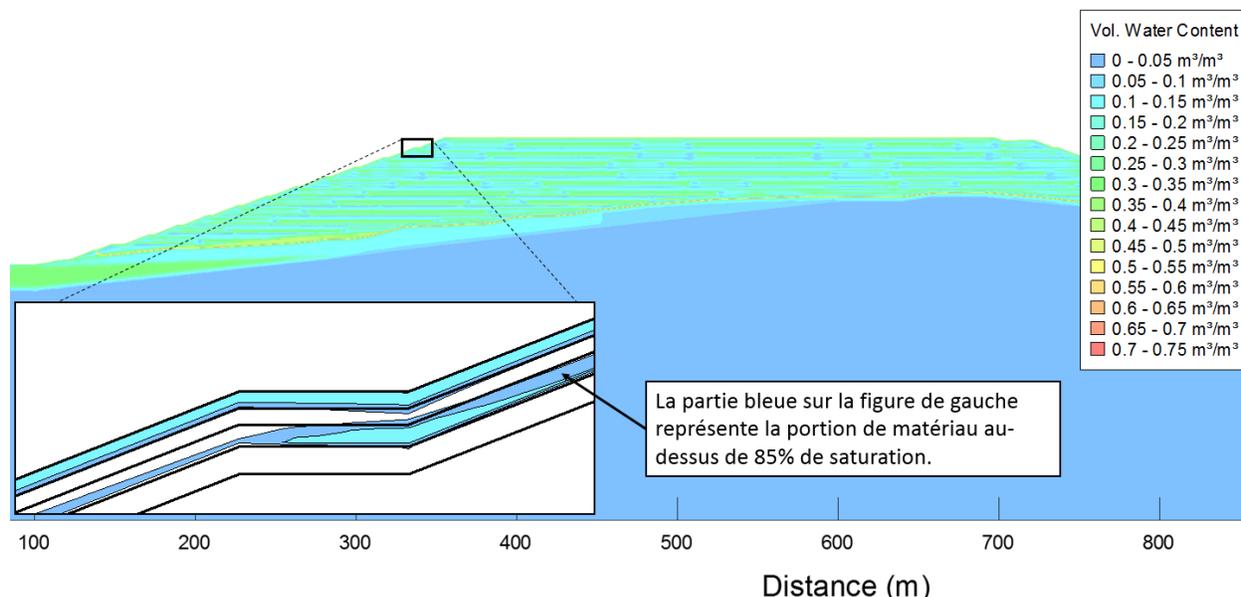


Figure 5-11 Résultat de la simulation de l'écoulement avec les propriétés du cas 4a sur la CEBC en pente

Un ouvrage en bas de pente (étanchéisation) pourra être mis au bas des pentes de la CEBC afin d'assurer que la couche de matériaux fins (résidus NAG) restera saturée. Les essais sur le terrain et dans la cellule expérimentale permettront de valider l'effet des pentes sur la saturation et d'y apporter des correctifs au besoin.

5.4 Objectif 4 : vérifier le concept du retour des rejets miniers dans la fosse

Les résultats de cette modélisation à partir du niveau phréatique actuel suggèrent qu'il y aura la formation d'un lac à l'intérieur de la fosse tel que présenté sur la figure de l'annexe C. Le niveau d'eau à l'intérieur des rejets miniers se trouvant dans la fosse a été estimé à une élévation maximale de 515 m montrant que la déposition à l'intérieur de la fosse serait saturée jusqu'à ce niveau.

6.0 Limitations

Les considérations générales suivantes doivent être prises en considération lors de l'interprétation des résultats de la modélisation :

- > La définition d'un modèle numérique dépend de la quantité et de la qualité des informations obtenues sur le terrain et, les résultats du modèle obtenus ne peuvent donc pas être de meilleures qualités que ces données de base.
- > Un modèle numérique simplifie un cas réel plus complexe et ne peut être utilisé seul dans un processus de prise de décision. Un modèle numérique est une évaluation globale d'un phénomène et ne détaille pas les zones d'écoulement préférentielles ni les zones susceptibles d'augmenter localement les zones d'exfiltration au fond de la halde. Le modèle développé représente une version conservatrice du système hydrogéologique naturel et la future halde de co-disposition qui présente certaines limites.

 SNC • LAVALIN	NOTE TECHNIQUE	Préparé par : Julien Dubuc		
	Simulations numériques dans le cadre de l'ingénierie de faisabilité pour la gestion des résidus et stériles miniers	Révisé par : Abdel Benlahcen		
		Rev.	Date	Page
654068-9000-4WER-0001	03	15 octobre 2019	32	

- › Aucun essai de laboratoire n'a été effectué pour développer des CRE et des fonctions de perméabilité pour les stériles miniers. Des hypothèses ont été établies sur les propriétés hydrauliques des stériles miniers sur la base de la littérature disponible, puisque les mesures sur ce type de matériau sont complexes et comportent un degré d'incertitude. De plus, les stériles miniers sont représentés numériquement comme un matériau homogène alors que ce matériau est en fait très hétérogène. Cette simplification peut entraîner des différences au niveau de l'écoulement réel versus l'écoulement observé dans la simulation numérique.
- › Ces simulations ont été réalisées dans le but de confirmer la viabilité du concept (co-disposition et recouvrement avec une CEBC) et doivent être utilisées dans le but de cibler les paramètres de conception à valider dans la prochaine étape d'ingénierie et d'essais de terrain.
- › Les simulations ont été faites en régime permanent avec les précipitations moyennes donc, les résultats sont généraux et ne reflètent pas les variations temporelles ou climatiques.

7.0 Conclusion et recommandations

Dans le cadre de l'étude de faisabilité de la halde de co-disposition de Nouveau Monde Graphite, SNC-Lavalin avait le mandat de réaliser l'ingénierie de niveau faisabilité pour la gestion des résidus et stériles miniers. Afin de valider la stabilité géotechnique et géochimique, une modélisation de l'écoulement de l'eau à travers la halde de co-disposition a été réalisée à l'aide du logiciel SEEP/W. Les analyses réalisées en régime permanent ont permis de répondre aux différents objectifs :

- › Les débits d'exfiltration obtenus par des simulations avec ou sans membrane et des calculs sont compris entre 0,002 et 0,970 L/m²/jour. Toutes les valeurs obtenues sont inférieures aux critères de la Directive 019 de 3,3 L/m²/jour.
- › Un degré de saturation des résidus miniers PGA dans les cellules de co-disposition pouvant atteindre 92% avant l'installation du recouvrement est possible selon les propriétés géotechniques et hydrogéologiques et la disposition des matériaux entre eux.
 - Le degré de saturation des résidus PGA peut être maintenu au-dessus de 85% en réduisant l'épaisseur de la couche des résidus PGA et en diminuant le K_{sat} des stériles miniers.
- › Le degré de saturation dans la couche de rétention d'eau de la CEBC est de 90 % et est suffisamment élevé pour être considéré comme une barrière à l'oxygène. En diminuant K_{sat} des stériles miniers, la saturation (85% et plus) de la couche de rétention d'eau est visible sur l'ensemble de sa hauteur à l'exception du haut des pentes.
- › La charge d'eau maximale (hauteur d'eau) dans le bas de la halde de co-disposition recouverte d'une CEBC a été évaluée à 1 m.
- › Le niveau d'eau à l'intérieur de la fosse, à la fin des opérations, devrait se situer à une élévation de 515 m. Ce niveau constitue la limite supérieure au-dessous de laquelle seront entreposés les matériaux PGA.

L'analyse de sensibilité sur les propriétés des stériles a permis de faire ressortir les conclusions et recommandations suivantes :

 SNC • LAVALIN	NOTE TECHNIQUE	Préparé par : Julien Dubuc Révisé par : Abdel Benlahcen		
	Simulations numériques dans le cadre de l'ingénierie de faisabilité pour la gestion des résidus et stériles miniers	Rev.	Date	Page
	654068-9000-4WER-0001	03	15 octobre 2019	33

Selon ces résultats, les mesures qui seront évaluées pour le plan de déposition et l'ingénierie détaillée pour assurer le maintien d'un degré de saturation suffisant dans le but de favoriser la saturation des résidus miniers PGA et le maintien d'un effet de barrière capillaire pour limiter les réactions d'oxydation avant leur recouvrement seront :

- › Compaction des résidus miniers sur le terrain adéquate pour rencontrer les critères de conception adéquats (ex.: K_{sat}). La compaction requise sera déterminée par des validations de terrain (planche d'essais et cellule expérimentale).
- › Validation de toutes les propriétés hydrogéologiques et géotechniques des matériaux sur le terrain et leur disposition pour assurer qu'ils permettent de limiter la réaction d'oxydation. Dans le cas où les propriétés ne sont pas suffisantes, ces options seront évaluées:
 - Au besoin, la couche supérieure des stériles qui sera en contact avec les résidus PGA pourra être triée ou tamisée pour isoler la granulométrie requise.
 - En fonction des résultats obtenus (temps latence avec le temps pour recouvrir la cellule, propriétés des matériaux), l'épaisseur de résidus miniers PGA dans une cellule pourra être revue de façon à maintenir une saturation adéquate dans l'ensemble du matériau.
- › Si la saturation n'est pas suffisante pour limiter la réaction d'oxydation, NMG va considérer l'ajout d'agent neutralisant (cimentaire) au résidus miniers PGA. Dans ce cas leur stabilité géochimique sera assurée par cet ajout et non seulement la saturation en eau, le bris capillaire et leur recouvrement.

Les essais réalisés sur les matériaux à partir des cellules expérimentales et des planches d'essais sur le terrain fourniront des données utiles pour statuer sur les propriétés hydrogéologiques des stériles miniers et ceux-là seront ensuite intégrés à l'ingénierie détaillée et au plan de déposition pour mettre en place dans la halde de co-disposition les mesures adéquates pour l'établissement et le maintien d'une saturation des résidus PGA suffisante avant leur recouvrement, d'un effet de barrière capillaire ou la stabilité géochimique des résidus miniers PGA.

Sur la base de ces résultats, les recommandations suivantes s'appliquent pour la prochaine phase d'ingénierie :

- › Le taux d'exfiltration obtenu pourrait être précisé à l'aide d'informations supplémentaires sur la stratigraphie et les propriétés géotechniques du sol sous l'emplacement actuel prévu de la halde de co-disposition.
- › Des essais sur les résidus miniers produits au projet de démonstration et des cellules expérimentales prévues en 2019 et 2020 serviront à étudier le comportement hydrogéologique et géochimique du concept de cellule de co-disposition. Le suivi et l'interprétation des données de ces cellules expérimentales et l'ingénierie subséquente devront valider le degré de saturation théorique dans les résidus PGA sans recouvrement final qui a été observé dans les simulations numériques. La nécessité de mettre en place un recouvrement pourra être validée selon l'efficacité de la co-disposition.
- › Le degré de saturation pour le recouvrement de type CEBC devra être validé lorsque les propriétés de terrain des matériaux disponibles seront mieux connues.
- › Des hypothèses ont été établies sur les propriétés hydrauliques des stériles miniers dans les cellules de co-disposition, et pour la CEBC. Sur le terrain, c'est la macro porosité des stériles miniers qui va influencer les propriétés de ce matériel. Ces propriétés devront être validées lors des essais de terrain pour être intégrées à l'ingénierie détaillée, puis revalidées dans le cadre des opérations minières.
- › Des simulations numériques supplémentaires, en régime transitoire, devront être réalisées dans les phases d'ingénierie subséquentes. Ces simulations fourniront des informations supplémentaires, en

 SNC • LAVALIN	NOTE TECHNIQUE	Préparé par : Julien Dubuc		
	Simulations numériques dans le cadre de l'ingénierie de faisabilité pour la gestion des résidus et stériles miniers	Révisé par : Abdel Benlahcen		
		Rev.	Date	Page
654068-9000-4WER-0001	03	15 octobre 2019	34	

faisant varier le taux de précipitations sur le comportement hydrogéologique des cellules de co-disposition, de la couverture à effet de barrière capillaire et pour le retour dans la fosse.



8.0 Références

- Aubertin, M., Bussière, B., Bernier, L., Chapuis, R., Julien, M., Belem, T., Simon, R., Mbonimpa, M., Benzaazoua, M. et Li, L. (2002). La gestion des rejets miniers dans un contexte de développement durable et de protection de l'environnement. *Congrès annuel de la Société canadienne de génie civil*, Montréal, Québec, Canada. 5-8 juin 2002.
- Aubertin, M., Fala, O., Molson, J., Gamache-Rochette, A., Lahmira, B., Martin, V., Lefebvre, R., Bussière, B., Chapuis, R. P., Chouteau, M. et Wilson, G. W., (2005). Évaluation du comportement hydrogéologique et géochimique des haldes à stériles, [CD-ROM]. In *Symposium 2005 on Mining and the Environment*, Rouyn-Noranda, Que., 15–18 May 2005. Canadian Institute of Mining, Metallurgy, and Petroleum.
- Aubertin M, Mbonimpa M, Bussière B and Chapuis R.P., 2003. A model to predict the water retention curve from basic geotechnical properties.
- Bonaparte, R. and Yanful, E.K. (2001). Covers for Waste. In *Geotechnical and Geoenvironmental Handbook* (Editor: R.K. Rowe), Chapter 27. Kluwer Academic Publishers, Boston, U.S.A., pp. 825-877.
- Bussière B. (2007). Colloquim (2004). Hydrogeotechnical properties of hard rock tailings from metal mines and emerging geoenvironmental disposal approaches. *Can Geotech. J.* 44: 1019-1052, 2007.
- Bussière, B., Aubertin, M. et Julien, M. (2001). Couvertures avec effets de barrière capillaire pour limiter le drainage minier acide : aspects théoriques et pratiques. *Vecteur Environnement*, Vol. 34, no 5 :37-50.
- Foose G., Benson C.H., Edil T.B., 2001. *Journal Of Geotechnical And Geoenvironmental Engineering*, Predicting Leakage through composite landfill liners.
- Giroud J. P. & Bonapart R. (1989). Leakage Through Liners Constructed with Geomembranes. Part II. Composite Liners. *Geotextile and Geomembranes*. 8(2), 71-111.
- Hopp L., McDonnella J., and Condonb P., 2011. Lateral Subsurface Flow in a Soil Cover over Waste Rock in a Humid Temperate Environment
- Kalonji, A.K. (2014). Étude du comportement hydrogéologique de couvertures avec effet de barrière capillaire faites entièrement de matériaux miniers. Mémoire de maîtrise Université de Montréal/Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue.
- Kellner, E. (2007). Effects of variations in hydraulic conductivity and flow conditions on groundwater flow and solute transport in peatlands. Swedish Nuclear Fuel and Waste Management Co. (SKB), 2007.
- MDDEFP, 2012. Directive 019 sur l'industrie minière. Le ministère du Développement durable, de l'Environnement de la Faune et des Parcs. 101 p.
- Nouveau Monde Graphite, 2018. NI 43-101 technical feasibility study report for the Matawinie graphite project. 389 pages.
- Rachel's hazardous Waste News #116 News and resources for environmental justice February 14, 1989.
- SNC-Lavalin, 2018a. Rapport géotechnique Nouvelle mine de graphite - Projet Matawinie Sites de disposition des résidus. 633679 (rap-1) - Étude géotechnique – site de l'usine, Avril 2018.
- SNC-Lavalin, 2018b. Rapport géotechnique Nouvelle mine de graphite - Projet Matawinie Sites de disposition des résidus. 633679 (rap-2) – Étude géotechnique – site de disposition des résidus, Janvier 2018.
- SNC-Lavalin, 2018c. Rapport géotechnique Nouvelle mine de graphite - Projet Matawinie Sites de disposition des résidus. 633679 (rap-3) – Étude géotechnique – excavation du mort-terrain – fosse, Avril 2018.



SNC • LAVALIN

654068-9000-4WER-0001

SNC-Lavalin, 2018d. Rapport d'étude conceptuelle de la halde de co-disposition - Étude conceptuelle pour la co-disposition de résidus et stériles miniers.

SNC-Lavalin, 2018e. Étude hydrogéologique Nouvelle mine de graphite - Projet Matawinie Sites de disposition des résidus. 633679_Hydrogeo_P00, Avril 2018.

SNC-Lavalin, 2018f. Note technique – Stabilité géotechnique de la halde de co-disposition du projet Nouveau Monde Graphite. 654068-1000-4GER-0001, 2019.



Annexe A

Figures – Degré de saturation des résidus et des stériles miniers

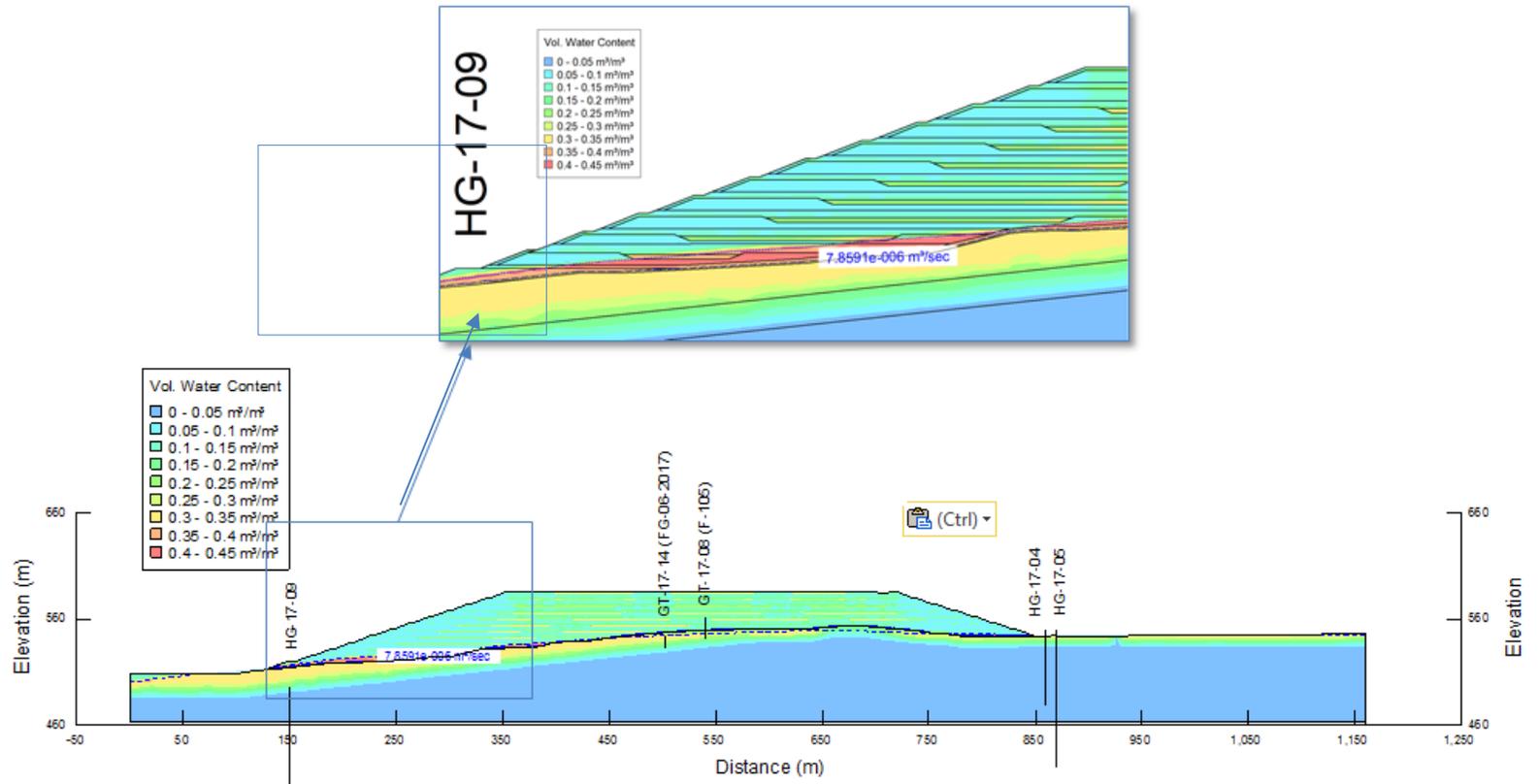


Figure A-1 : Teneur en eau volumétrique - Halde complète

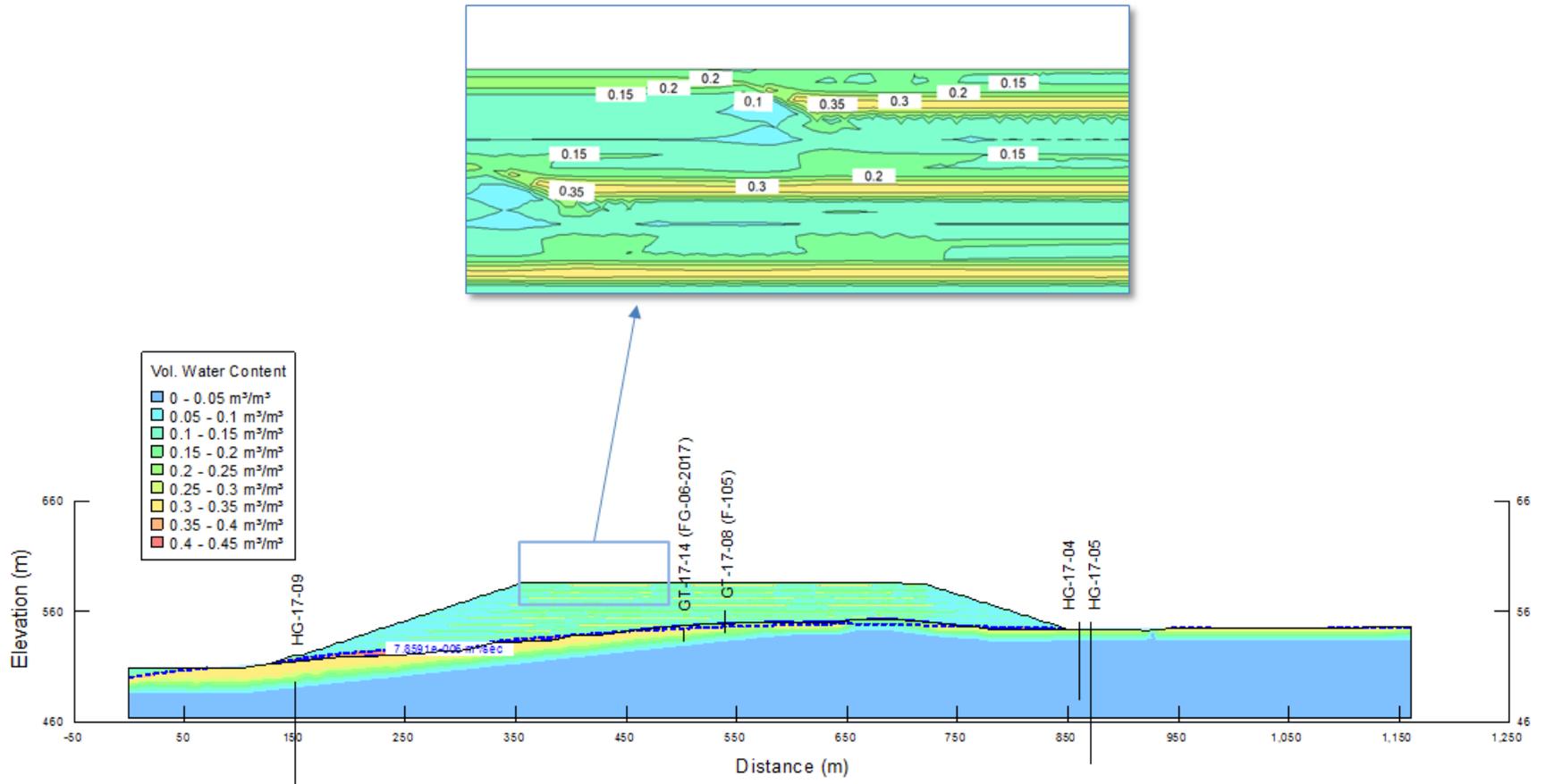


Figure A-2 : Teneur en eau volumétrique - Zoom sur une cellule de co-disposition

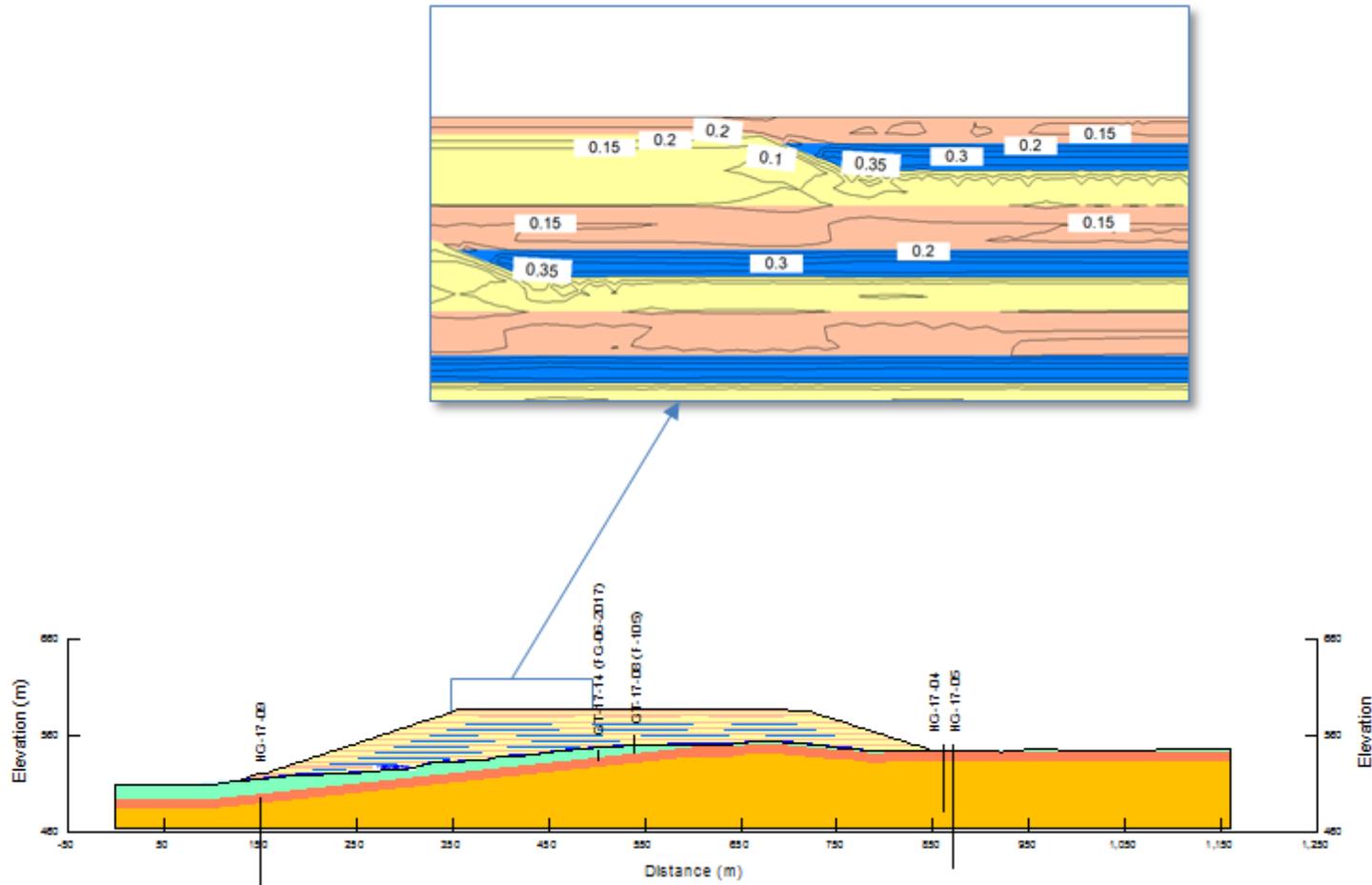


Figure A-3 : Résidus et stériles miniers d'une cellule vs teneur en eau volumique

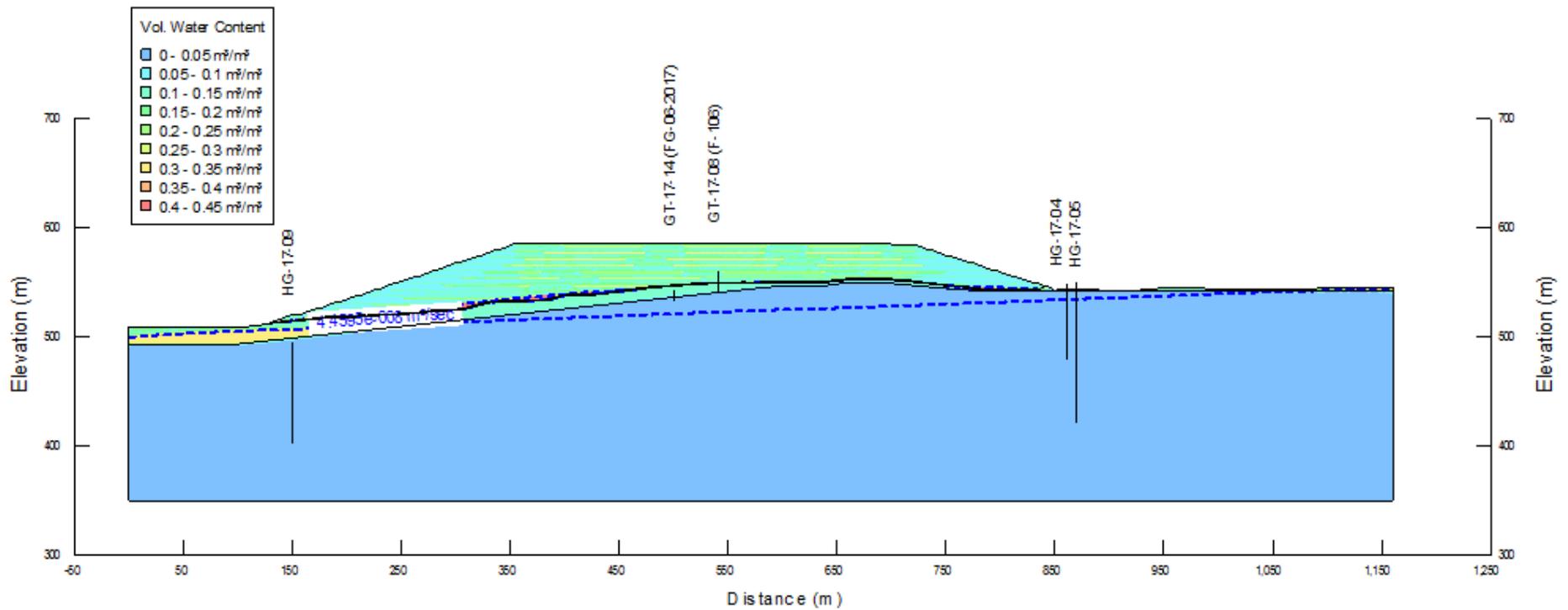


Figure A-3 : Teneur en eau volumétrique - Halde construite sur une géomembrane



Annexe B

Résultats de la modélisation de la validation du concept de la CEBC

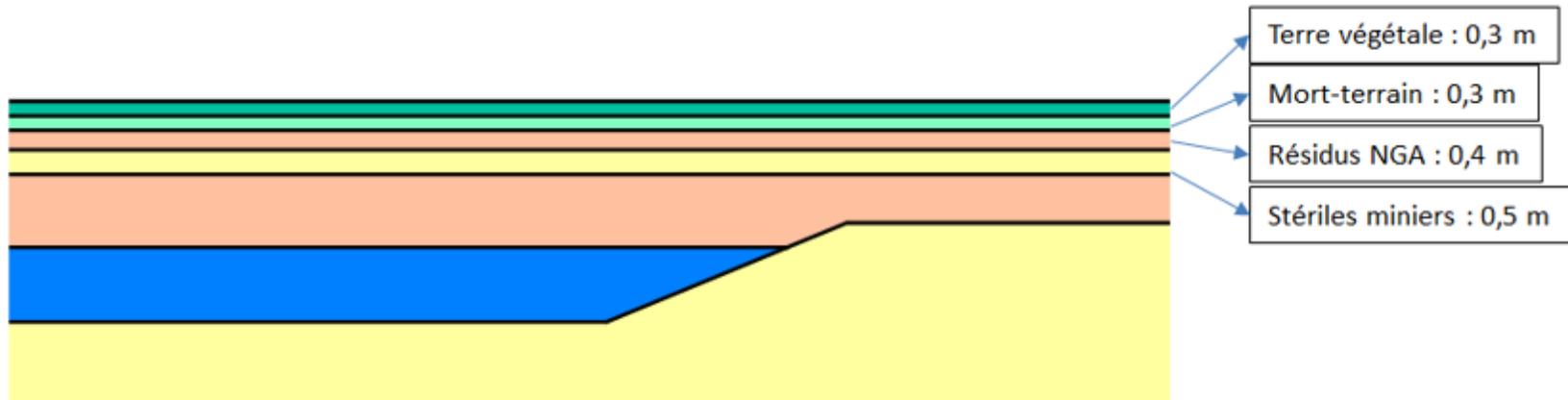


Figure B-8-1 : Plan rapproché de la CEBC montrant les épaisseurs de chacun des matériaux

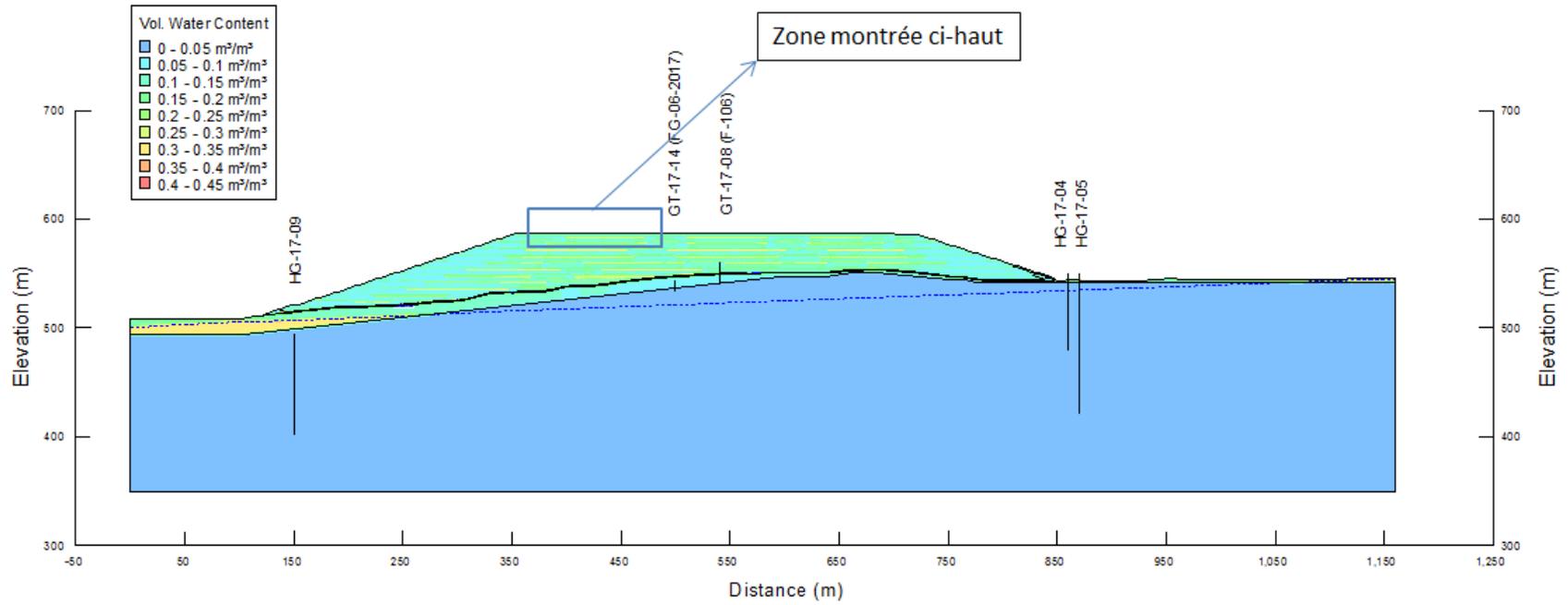


Figure B-8-2 Vue générale de la halde de co-disposition montrant la zone en vue rapprochée



Annexe C

Résultats de la modélisation de l'analyse du retour des rejets miniers dans la fosse

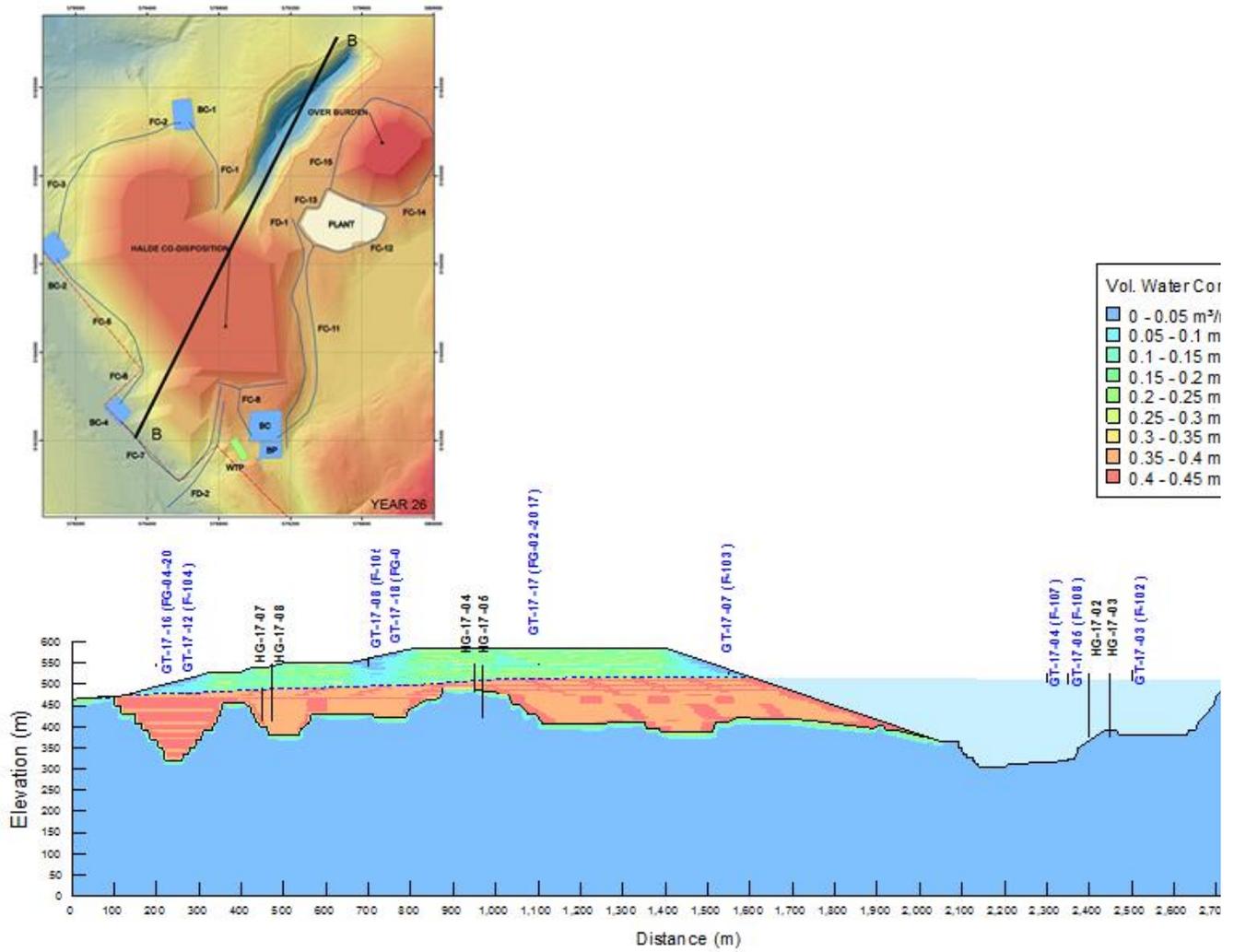


Figure D-1 : Teneur en eau volumétrique - Retour des résidus et des stériles miniers dans la fosse

Annexe F

Calcul pour la radioactivité

Plan de réaménagement et de restauration pour le site du projet minier Matawinie		Original Version 00
24/10/2019	654068-6200-4EER-0001	Rapport technique

Qc21 :

Est-ce que le minerai et les résidus miniers sont susceptibles de présenter des propriétés radioactives ? Si oui, l'initiateur doit évaluer et présenter les caractéristiques radioactives de ces matériaux en présentant la méthode de calcul ainsi que la valeur du coefficient « S » définis à l'annexe II de la Directive 019 sur l'industrie minière. Il doit aussi fournir une description du risque associé à la gestion de ces résidus, un mode de gestion approprié ainsi que des mesures de prévention et d'atténuation du risque. Sinon, il doit fournir une justification basée sur les teneurs en uranium et en thorium obtenues suite aux analyses chimiques (et autres études pertinentes).

Réponse Qc21 :

Le minerai et les résidus miniers de Nouveau Monde Graphite ne sont pas susceptibles de présenter des propriétés radioactives au sens de la Directive 019 (critère S).

Le gisement de Nouveau Monde Graphite est localisé dans la province géologique du Grenville et plus spécifiquement dans le Terrane de Morin. Il est composé principalement de paragneiss minéralisé en graphite. Les autres lithologies identifiées à l'intérieur de même qu'à proximité du gisement sont des paragneiss quartzofeldspathiques mixtes possédants différente concentration en biotite et grenat et présentant parfois de minces passages calcosilicatés. On y retrouve aussi des quartzites, des gneiss charnockitiques et de rares dykes de gabbro recoupant les lithologies mentionnées. Dans le contexte géologique de la province du Grenville, les teneurs élevées d'uranium sont majoritairement associées à des complexes alcalins, des intrusions granitiques, des skarns et de pegmatites (Ref : Trépanier, S, 2009)¹. Cet élément peut aussi se concentrer par l'entremise d'éléments ou minéraux réducteurs, tel le graphite, soit dans un système de faille ou lors de la ségrégation et du mouvement de fluides en fusion partiel. Cela dit, le gisement de Nouveau Monde Graphite ne contient pas d'intrusion granitique, il n'est pas situé dans un complexe alcalin et aucun skarn ne fut identifié dans le secteur du projet, il n'y a donc pas de source uranifère significative à proximité selon le contexte géologique en place. Les données radiométriques aéroportées du gouvernement fédéral ne suggèrent aucune présence de sources radioactives anormales dans le secteur (Trépanier, 2009). De plus, aucune zone de faille majeure pouvant faciliter le transport de l'uranium ne fut identifiée et aucune lithologie échantillonnée dans le gisement de NMG ne possède des teneurs anormalement élevées en uranium ou en thorium tel que démontré ci-après.

¹ Trépanier, S, 2009, Évaluation du potentiel en uranium et en Cu-Au-U et cartographie provisionnelle d'intrusions mafiques-ultra-mafiques dans le Grenville. Consorem, MERN, 52 p.). Ref : Champagne M., Cadieu, I. (2004) Exploring for Uranium in Quebec. SIDEX, 12 p.).

Le tableau 21-1 ci-dessous présente les teneurs moyennes en uranium et thorium de la croûte terrestre et de la partie supérieure de la croûte terrestre :

Tableau 21-1. Abondance du thorium et de l'uranium dans la croûte terrestre

Éléments	Croûte: CRC Handbook ¹	Croûte supérieure: Ahrens (Taylor) ²	Croûte supérieure: Ahrens (Shaw) ³
Thorium (ppm)	9.6	10.7	10
U uranium (ppm)	2.7	2.8	2.5

1- *CRC Handbook of Chemistry and Physics, 85th Edition*. CRC Press. Boca Raton, Florida (2005). Section 14, Geophysics, Astronomy, and Acoustics; Abundance of Elements in the Earth's Crust and in the Sea

2- S.R. Taylor, S.M. McLennan, *The continental crust: Its composition and evolution*, Blackwell Sci. Publ., Oxford, 330 pp. (1985).

3- D.M. Shaw, J. Dostal, R.R. Keays, *Additional estimates of continental surface Precambrian shield composition in Canada*, *Geochim. Cosmochim. Acta*, 40, 73–83, (1976).

Dans le cadre de son programme de caractérisation géochimique, Nouveau Monde Graphite a procédé à l'analyse de différentes lithologies de même que des résidus potentiellement générateurs acide (PGA), les résidus non générateurs acide (NGA), le minerai et le mort terrain. Conformément à la procédure décrite par le Centre d'expertise en analyses environnemental du Québec (CEAEQ, détermination des métaux : méthode par spectrométrie de masse à source ionisante au plasma d'argon, 2014), ces matériaux furent analysés en utilisant la méthode MA. 200 - Mét 1.2.

Le tableau 21-2 ci-dessous présente les teneurs en uranium et thorium de même que certaines statistiques provenant des analyses de type MA-200 produits sur les échantillons de géochimie environnementale présentés dans l'EIES (section 4.6.1). À partir de ces résultats, le coefficient S a été estimé avec les concentrations d'uranium et de thorium afin d'obtenir l'activité massique des isotopes U-238, U-235, U-234 et Th-232 dans des conditions d'équilibre séculaire. Les échantillons sont considérés représentatifs puisqu'ils sont issus de composites couvrant l'ensemble du gisement.

Tableau 21-2. Analyse statistique des teneurs en thorium (Th) et uranium (U) du programme de géochimie environnementale du projet Matawinie

Matériaux	Phase des travaux	Nombre d'échantillon composite	Paramètre	Th (ppm)	U (ppm)	Coefficient S
Minerai	Demo et P2	7	Moyenne	1.54	1.56	0.0477
			Minimum	1	1	0.0306
			25e Percentile	1.18	1.25	0.0381
			75e Percentile	1.8	1.75	0.0537
			Maximum	3	3.5	0.1058
Résidu PGA	Demo et P2	2	Moyenne	1.5	2.19	0.0651
			Minimum	1.5	2	0.0598
			25e Percentile	1.5	2.1	0.0626
			75e Percentile	1.5	2.3	0.0682
			Maximum	1.5	2.4	0.0710
Résidu NGA	Demo et P2	2	Moyenne	2	1.59	0.0499
			Minimum	2	1.4	0.0446
			25e Percentile	2	1.5	0.0474
			75e Percentile	2	1.7	0.0529
			Maximum	2	1.8	0.0557
Résidu combiné		1	Valeur		1.6	-
Paragneiss mixte	P1 et P2	42	Moyenne	4.08	0.25	0.0185
			Minimum	2.5	0.03	0.0079
			25e Percentile	3.2	0.14	0.0130
			75e Percentile	5.1	0.46	0.0273
			Maximum	7.4	1.4	0.0599
Paragneiss à graphite	P1 et P2	36	Moyenne	4.24	1.57	0.0557
			Minimum	3.1	0.22	0.0149
			25e Percentile	3.3	1.05	0.0386
			75e Percentile	4.85	2.43	0.0813
			Maximum	9.6	13	0.3885
Meta-Gabbro	P1 et P2	9	Moyenne	1.18	0.19	0.0086
			Minimum	0.12	0.03	0.0012
			25e Percentile	0.93	0.09	0.0051
			75e Percentile	3.28	0.46	0.0221
			Maximum	8	0.66	0.0411
Paragneiss à biotite	P2	5	Moyenne	3.88	0.42	0.0227
			Minimum	1.8	0.14	0.0090

Matériaux	Phase des travaux	Nombre d'échantillon composite	Paramètre	Th (ppm)	U (ppm)	Coefficient S
			25e Percentile	3.3	0.28	0.0172
			75e Percentile	5	0.57	0.0300
			Maximum	7.4	1.9	0.0738
Charnockite	P1 et P2	15	Moyenne	7.86	0.61	0.0393
			Minimum	3.3	0.37	0.0197
			25e Percentile	7.8	0.47	0.0352
			75e Percentile	12	0.77	0.0555
			Maximum	12	1.4	0.0730
Mort terrain	P1 et P2	6	Moyenne	5.13	0.44	0.0268
			Minimum	3.9	0.31	0.0197
			25e Percentile	4.65	0.36	0.0232
			75e Percentile	5.9	0.53	0.0315
			Maximum	6.4	0.58	0.0343

En plus d'être tous inférieur au critère S, les concentrations obtenues en thorium et uranium (tableau 21-2) montrent tous que la moyenne des teneurs en uranium et thorium est plus faible que la moyenne de ces éléments retrouvés dans la croûte terrestre (tableau 21-1).

Lors de son programme d'exploration sur la zone Ouest, NMG a systématiquement analysé un échantillon de carotte à chaque changement de lithologie de même qu'un échantillon sur cinq au laboratoire d'ALS Minerals Inc (Val d'Or, Qc) en utilisant leur méthode d'analyse ME-MS41. Cette méthode consiste en une dilution par eau régale suivie par une mesure ICP-MS. Les données obtenues en thorium et uranium ont été compilées et sont montrées au tableau 21-3. Le coefficient S a été estimé à partir des concentrations d'uranium et de thorium afin d'obtenir l'activité massique des isotopes U-238, U-235, U-234 et Th-232 dans des conditions d'équilibre séculaire.

Les résultats par lithologies sont présentés dans le tableau 21-3 ci-dessous :

Tableau 21-3. Analyse statistique des teneurs en thorium (Th) et uranium (U) du programme d'exploration du projet Matawinie (zone ouest)

Lithologie	Paramètres statistiques	Th	U	Coefficient S
Paragneiss à biotite N = 38	Moyenne	4.84	0.68	0.0327
	Minimum	0.70	0.14	0.0059
	25e percentile	3.43	0.27	0.0173
	75e percentile	5.88	0.83	0.0398
	Maximum	15.70	3.17	0.1327
Paragneiss mixte N = 262	Moyenne	2.95	0.81	0.0309
	Minimum	0.30	0.03	0.0017
	25e percentile	1.50	0.26	0.0115

Lithologie	Paramètres statistiques	Th	U	Coefficient S
	75e percentile	4.00	0.93	0.0372
	Maximum	10.10	5.53	0.1824
Paragneiss à graphite N = 262	Moyenne	2.85	1.78	0.0576
	Minimum	0.40	0.13	0.0047
	25e percentile	1.70	0.78	0.0265
	75e percentile	3.40	2.38	0.0758
	Maximum	14.60	11.95	0.3735
Charnockite N = 22	Moyenne	6.70	0.86	0.0429
	Minimum	1.10	0.22	0.0092
	25e percentile	5.35	0.57	0.0310
	75e percentile	8.43	1.04	0.0529
	Maximum	12.00	2.20	0.0952
Meta-Gabbro N = 3	Moyenne	1.20	0.73	0.0237
	Minimum	0.60	0.33	0.0109
	25e percentile	0.75	0.58	0.0182
	75e percentile	1.50	0.93	0.0301
	Maximum	2.10	1.04	0.0349

Encore une fois, les résultats présentés dans le tableau 21-3 démontrent que les teneurs moyennes en thorium et en uranium des lithologies retrouvées dans le gisement sont inférieures aux teneurs moyennes retrouvées dans la croûte terrestre et sont tous en-dessous du critère S de 1.

Finalement le tableau 21-4 montre le calcul du S pour le pire cas, c'est-à-dire les plus fortes concentrations en thorium et uranium, soit pour le paragneiss à graphite. Ces données proviennent des analyses d'exploration et seulement la valeur maximale a été utilisée.

Tableau 21-4 : Valeurs utilisées et calcul du S Paragneiss à Graphite

<i>Données Exploration - Paragneiss à graphite (Valeur maximale)</i>				
Radionucléide	Activité massique calculée (C)	Activité massique estimée (C)	Activité massique maximale (A)	Rapport C/A
	kBq/kg	kBq/kg	kBq/kg	
Série de l'U-238				
U-238	0,1475		4	0,0369
Th-234		0,1475	4	0,0369
Pa-234m		0,1475	4	0,0369
U-234	0,1513		4	0,0378
Th-230		0,1513	4	0,0378
Ra-226		0,1513	4	0,0378
Rn-222		0,1513	40	0,0038
Po-218		0,1513	40	0,0038
Pb-214		0,1513	40	0,0038
Bi-214		0,1513	40	0,0038
Po-214		0,1513	40	0,0038
Pb-210		0,1513	4	0,0378
Bi-210		0,1513	40	0,0038
Po-210		0,1513	4	0,0378
Série du Th-232				
Th-232	0,0593		4	0,0148
Ra-228		0,0593	40	0,0015
Ac-228		0,0593	40	0,0015
Th-228		0,0593	4	0,0148
Ra-224		0,0593	40	0,0015
Rn-220		0,0593	40	0,0015
Po-216		0,0593	40	0,0015
Pb-212		0,0593	40	0,0015
Bi-212		0,0593	40	0,0015
Po-212 (64% du Bi-212)		0,038	40	0,0009
Tl-208 (36% du Bi-212)		0,021	40	0,0005
Série de l'U-235				
U-235	0,0069		4	0,0017
Th-231		0,0069	4	0,0017
Pa-231		0,0069	4	0,0017
Ac-227		0,0069	4	0,0017
Th-227		0,0069	4	0,0017
Ra-223		0,0069	40	0,0002
Rn-219		0,0069	40	0,0002
Po-215		0,0069	40	0,0002
Pb-211		0,0069	40	0,0002
Bi-211		0,0069	40	0,0002
Tl-207		0,0069	40	0,0002
Série du K-40				
K-40	Négligeable pour caractérisation initiale		400	0
Coefficient S (somme des rapports C/A)				0,3735

Les paramètres suivants ont été utilisés comme hypothèse pour convertir les concentrations (ppm) en uranium et thorium en leur activité massique calculée (Bq/g), tel qu'indiqué dans le tableau 21-5.

Tableau 21-5. Paramètres pour convertir les concentrations en uranium et thorium en activités massiques calculées

Paramètres	%isotope	A théorique pour 1g
U		Bq/g
U-238	99,2745	12435
U-235	0,72	79955
U-234	0,0055	230160000
Th		Bq/g
Th-232	100	4060

En plus du contexte géologique du projet NMG qui ne présente pas de source uranifère significative à proximité, les teneurs en uranium et thorium obtenus à la suite des analyses des différentes lithologies et résidus du projet suggèrent une activité radioactive comparable, voire même plus faible que des valeurs moyennes retrouvées naturellement dans la croûte terrestre. De plus, les valeurs du coefficient S estimées pour chaque lithologie, et ce même pour les concentrations maximales, sont nettement inférieures au critère de la Directive 019 (les résidus classifiés comme étant radioactifs ont une valeur de $S > 1$). NMG ne prévoit donc pas de mesure spécifique concernant la radioactivité émise par la faible présence d'éléments radioactifs.

Annexe G

Modélisation hydrogéologique

Se référer à l'EIES - Annexe 7-4 (modélisation hydrogéologique)

Plan de réaménagement et de restauration pour le site du projet minier Matawinie		Original Version 00
24/10/2019	654068-6200-4EER-0001	Rapport technique

Nouveau Monde Graphite
331, rue Brassard
Saint-Michel-des-Saints
Québec Canada
J0K 3B0
450-757-8905

SNC-Lavalin Mine & Métalurgie
5400 boul. des Galeries
Québec Québec Canada
G2K 2E2
418-621-9700

