

MASON GRAPHITE**HATCH**

Rapport de projet

Le 11 avril 2017

Mason Graphite
Étude d'impact environnemental**Projet d'exploitation d'un gisement
de graphite naturel du Lac Guéret****sur le territoire de la Municipalité régionale de
comté de Manicouagan
par Mason Graphite inc.****Dossier 3211-16-016****Réponses aux questions du MDDELCC du 20 janvier 2017**




					
2017-04-11	0	Final	M-C. Patoine	J. Leroux	B. Gascon
Date	Rév.	Statut	Préparé par	Vérifié par	Approuvé par
HATCH					Client

Table des matières

Introduction.....	vi
1. Introduction	1
2. Consultations avec le milieu.....	1
3. Présentation et analyse comparative des solutions de recharges	11
4. Description du projet	16
5. Description du milieu récepteur	92
6. Identification et évaluation des impacts sur l'environnement.....	106
7. Gestion des risques d'accident.....	124
8. Surveillance et suivi de l'environnement.....	132
9. Commentaires	139
10. Questions supplémentaires reçues le 31 mars.....	146

Liste des figures

Figure 1 : Étendue de la ressource minérale du Lac Guéret (mise à jour de la figure 5-3 du rapport d'étude d'impact sur l'environnement)	7
Figure 2 : Figure 3-1 (extraite des « Réponses à la deuxième série de questions du MDDELCC, 29 avril 2016 »): Section longitudinale (orientée sud-ouest – nord-est ou N316) – les lignes horizontales sont séparées de 50 mètres	9
Figure 3 : Figure 3-2 (extraite des « Réponses à la deuxième série de questions du MDDELCC, 29 avril 2016 »): Section transversale (orientée nord-ouest – sud-est ou N050) – les lignes horizontales sont séparées de 50 mètres	10
Figure 4 : Agencement des installations de l'usine de concentration, à Baie-Comeau (en date du 7 avril 2017)	21
Figure 5 : Distribution du soufre dans le minerai.....	24
Figure 6 : Schématisation des phénomènes physico-chimiques d'échanges et de mouvement de fluides impliqués dans la production de drainage minier acide dans les haldes à stériles (tiré de M. Mbonimpa et M. Aubertin, Avril 2003)	29
Figure 7 : Niveaux d'autochauffage en stades A et B pour les échantillons testés (J/g)	38
Figure 8 : Hausse de température de l'échantillon de résidus pendant le test en laboratoire	39
Figure 9 : Vue en plan et position des coupes de la fosse minière et de la halde	43
Figure 10 : Vue en coupe de la partir sud de la fosse minière avec présentation du concept de piège hydraulique.....	44
Figure 11 : Assise et fondation des zones d'accumulation du minerai (pile de minerai et aire de transition)..	45
Figure 12 : Schéma illustrant une conception-type pour le bassin de collecte des eaux de contact provenant de la pile de minerai, au site du concentrateur	46
Figure 13 : Coupe-type nord -sud de la halde	50
Figure 14 : Schéma montrant la conception d'un système d'évacuation des eaux d'un bassin de sédimentation.....	62
Figure 15 : Bilan d'eau global	70
Figure 16 : Gestion de l'eau globale – site du concentrateur.....	72
Figure 17 : : Schéma d'aménagement général du PAR – Phase 1	76
Figure 18 : Schéma d'aménagement général du PAR – Fin de la Phase 5.....	77
Figure 19 : Parcours des réactifs dans la chaîne de traitement.....	87
Figure 20 : Extrait de la carte 3.5.1 du rapport Étude environnemental de base (Roche, 2013).....	95

Figure 21 : Emplacement du dépôt d'explosifs appartenant à l'entreprise Castonguay (sous bail avec le MERN). Toutefois, ce bail est présentement en période de renouvellement et ne serait pas reconduit (selon Paul Joncas, com. verbale, 19 janvier 2017)101

Figure 22 : Bilan moyen global de soufre autour du concentrateur 109

Figure 23 : Évolution de l'aménagement du site de la mine pour diminuer l'empiètement dans les cours d'eau et habitat du poisson118

Figure 24 : Évolution de l'aménagement du site du concentrateur pour diminuer l'empiètement dans les cours d'eau et les milieux humides120

Figure 25 : Communautés végétales et milieux humides – Agencement initial du PAR à Baie-Comeau121

Figure 26 : Localisation des milieux humides – Agencement final du PAR à Baie-Comeau122

Figure 27 : Étapes du processus d'autochauffage définies par Rosenblum (2001).....128

Figure 28 : Localisation des stations d'échantillonnage où des mesures de la qualité des sédiments ont été faites par Roche, en août 2012 (Roche, 2013) - Légende : cercle en bleu = station d'échantillonnage eau de surface et sédiments136

Figure 29 : Localisation des stations d'échantillonnage où des mesures pour la qualité des sédiments ont été prises, en novembre 2014, au site de la mine (Avizo, 2015).....137

Figure 30 Localisation des stations d'échantillonnage où des mesures de la qualité des sédiments ont été faites par WSP, en septembre 2016 (WSP, 2016)138

Liste des tableaux

Tableau 1 : Synthèse des activités d'information et de consultation menées par Mason Graphite à l'automne 20162

Tableau 2 : Récurrence des thèmes abordés dans le cadre des consultations menées par Mason Graphite depuis 2015 (RBMU, 2016)5

Tableau 3 : Grille comparative des effets des deux scénarios de site pour le concentrateur sur les composantes du secteur transport analysées12

Tableau 4 : Liste des équipements pour le suivi de la qualité de l'eau souterraine au site de la mine (tiré de SNC, 2017)18

Tableau 5 : Description des unités géologiques.....23

Tableau 6 : Teneur en soufre des 78 échantillons de minerai analysés23

Tableau 7 : Valeurs limites inférieures et supérieures des teneurs en soufre et sulfures (réf. Essais de prédiction du potentiel générateur d'acide [PGA] [valeurs tirées de Roche, 2013 : tableau 3.4.5 de l'Annexe 3N]).....25

Tableau 8 : Critère de classification de résidu minier à risque élevé (Tableau 1 tiré de D-019, mars 2012) ..33

Tableau 9 : Concentration dans le minerai (5 échantillons) des paramètres listés au Tableau 1 de la D019 et comparaison avec les critères pour la détermination des résidus miniers à risques élevés34

Tableau 10 : Concentration dans les stériles (15 échantillons) des paramètres listés au Tableau 1 de la D019 et comparaison avec les critères pour la détermination des résidus miniers à risques élevés34

Tableau 11 : Concentration dans les résidus (3 échantillons) des paramètres listés au Tableau 1 de la D019 et comparaison avec les critères pour la détermination des résidus miniers à risques élevés35

Tableau 12 : Niveaux d'auto-chauffage en Stades A & B pour les échantillons testés (J/g).37

Tableau 13 : Calcul du taux de percolation sous la halde avec l'équation de Darcy52

Tableau 14 : Infiltrations à la fosse à une élévation de 453 m54

Tableau 15 : Taux d'infiltration avec la réduction de l'élévation du plancher de la fosse54

Tableau 16 : Bilan d'eau moyen durant l'exploitation de la mine55

Tableau 17 : Volumes des eaux de contact à gérer en provenance des aménagements prévus au site de la mine, durant le début de l'exploitation (an 5) – à partir des données Hatch63

Tableau 18 : Prévion de la qualité de l'eau de l'affluent à l'unité de traitement de l'eau au site de la mine .65

Tableau 19 : Prévion de la qualité de l'eau de l'affluent à l'unité de traitement de l'eau au site du concentrateur66

Tableau 20 : Caractéristiques des cinq (5) phases du PAR au site du concentrateur74

Tableau 21 : Toxicité des additifs de procédé (complément d'information)85

Tableau 22 : Calendrier révisé (mars 2017) de réalisation du projet91

Tableau 23 : Historique de l'occupation et de l'utilisation du territoire, dans le secteur mine de la propriété du Lac Guéret, par l'industrie forestière.....	96
Tableau 24 Historique de l'occupation et de l'utilisation du territoire, dans le secteur mine de la propriété du Lac Guéret, par l'industrie minière (tiré du site Internet de Mason Graphite, version du 31 janvier 2017)	97
Tableau 25 : Résultat de la consultation des photos aériennes.....	97
Tableau 26 : Historique de l'occupation et de l'utilisation du territoire (Secteur concentrateur à Baie-Comeau)	99
Tableau 27 : Résultat de la consultation des photos aériennes.....	99
Tableau 28 : Plan préliminaire de gestion des poussières à la mine	107
Tableau 29 : Superficies d'empiètement évitées à la mine et au concentrateur.....	123
Tableau 30 : Tableau de suivi environnemental en opération.....	133
Tableau 31 : Liste des paramètres physicochimiques analysés dans les sédiments – Plan de suivi environnemental.....	134
Tableau 32 : Caractérisation des sédiments complétée et fournies à ce jour.....	135
Tableau 33 : Aires protégées et sites d'intérêt écologique.....	143

Liste des annexes

Annexe 3A : Résumé de l'étude d'impact sur l'environnement
Annexe 3B : Enjeux soulevés dans le cadre des rencontres de consultation – juin 2016
Annexe 3C : Étude de condamnation pour les infrastructures du site du Lac Guéret – octobre 2016
Annexe 3D : Cartes et dessins
Annexe 3E : Rapport d'étude de modélisation hydrogéologique au site du concentrateur
Annexe 3F : Résultats des essais cinétiques (URSTM, 2016) (QC-15)
Annexe 3G : Caractérisation de l'eau de surface à Baie Comeau (WSP, 2016)
Annexe 3H : Plan de gestion des eaux au concentrateur – avril 2017
Annexe 3I : Fiches signalétiques complémentaires
Annexe 3J : Plans de fermeture – Secteurs de la mine et du concentrateur
Annexe 3K : Caractérisation de l'eau de surface et des sédiments à la mine (Avizo, 2015)
Annexe 3L : Exemple Table des matières – Approche de compensation préliminaire
Annexe 3M : Cartes des rayons d'incidence d'incendie et d'explosion
Annexe 3N : Rapport de dispersion atmosphérique (révision)
Annexe 3O : Inventaires complémentaires du milieu biologique (WSP, 2016)
Annexe 3P : WL16 Data Logger
Annexe 3Q : Buissière, 2007
Annexe 3R : Golder, 2015

Liste des collaborateurs

Mason Graphite

Nom	Rôle
Benoît Gascon, CPA, CA	Président, Directeur général
Jean L'Heureux, Ing. M.Eng.	Vice-président exécutif, Développement de procédé
Jacqueline Leroux, Ing.	Directrice du développement durable

Hatch

Nom	Rôle	Firme
Direction et intégration		
Marie-Christine Patoine, ing., M.Sc.A.	Directrice de l'Étude d'impact	Hatch
Marie-Pierre Champagne	Intégration technique	Hatch
Environnement		
Anne Le Sauteur, biol.	Analyste, Milieu biologique	Hatch
Romy Bacon-Savard, biol., M.Sc.A.	Analyse - Milieu biologique	Hatch
Daniel Andres-Molina, ing.	Analyse - Milieu physique	Hatch
Gisèle Belem, Ph.D.	Analyste - Milieu humain	Hatch
Thomas Adams	Analyste - Risques technologiques	Hatch
Vic Esterhuizen	Risques technologiques	Hatch
Elyse Hamel, ing., M.Env.	Analyste - Dispersion atmosphérique	Hatch
Sladjana Pavlovic	Cartographie	Hatch
Géraldine Cosset, ing., Hydrogéol.	Hydrogéologie	SNC-Lavalin

Introduction

Le présent document présente les réponses à une troisième série de questions et de commentaires adressés à Mason Graphite Inc. dans le cadre de l'analyse de recevabilité de l'étude d'impact sur l'environnement pour le projet d'exploitation d'un gisement de graphite naturel du Lac Guéret.

Ces questions et commentaires découlent de l'analyse réalisée par la Direction de l'évaluation environnementale des projets nordiques et miniers et de l'évaluation environnementale stratégique en collaboration avec les unités administratives concernées du ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques ainsi que de certains autres ministères et organismes. Cette analyse a permis de vérifier si les exigences de la directive du ministre et du Règlement sur l'évaluation et l'examen des impacts sur l'environnement (chapitre Q-2, r. 23) ont été traitées de façon satisfaisante par l'initiateur de projet. Cette vérification de recevabilité est réalisée avant de rendre l'étude d'impact publique, pour permettre au ministre du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques de s'assurer qu'elle contient les éléments nécessaires à la prise de décision. Il importe donc que les renseignements demandés dans ce document soient fournis au Ministère afin qu'il puisse juger de la recevabilité de l'étude d'impact et, le cas échéant, recommander au ministre de la rendre publique.

En résumé et complément aux réponses fournies dans le présent document, Mason Graphite s'engage à fournir les documents complémentaires suivants :

Rapport et documents complémentaires à soumettre	À transmettre au	Date visée
Note technique décrivant les détails de construction du site de disposition des résidus, le mode de gestion des eaux de ruissellement et de percolation et le mode de traitement de l'effluent final	MDDELCC	Lors du dépôt de la version finale des réponses à la 3 ^e série de questions
Étude de modélisation hydrogéologique de la halde de stériles	MDDELCC	Pour publication du projet par le BAPE
Étude de rabattement de la nappe phréatique autour de la fosse minière	MDDELCC	30 mai 2017
Étude de bris de digue – site du concentrateur	MDDELCC	30 mai 2017
Analyse des effets du projet sur le caribou	MDDELCC	30 mai 2017
Plan de caractérisation des milieux aquatiques et inventaires complémentaires	MDDELCC	Avant le début des travaux (été 2017 à confirmer)
Résultats de caractérisation des milieux aquatiques	MDDELCC	Été 2017
Résultats d'inventaires complémentaires au site de la mine	MDDELCC	Automne 2017
Plan d'échantillonnage des eaux de surface et sédiments	MDDELCC	Avant le début des travaux (été 2017 à confirmer)
Résultats de caractérisation des eaux de surface et sédiments	MDDELCC	Été 2017
Plan d'échantillonnage des eaux souterraines	MDDELCC	Avant le début des travaux (été 2017 à confirmer)
Résultats de caractérisation des eaux de souterraines	MDDELCC	Été 2017
Bilans des unités de traitement des effluents, incluant bilan d'eau des sites	MDDELCC	Analyse environnementale
Composition du comité de suivi, avec protocoles de suivi et de communication	MDDELCC	Analyse environnementale
Plan de restauration détaillé du parc à résidus	MERN	Avant l'octroi du bail minier
Approche de compensation, incluant milieux humides et autres composantes affectées	MDDELCC	Analyse environnementale
Plan de surveillance et de suivi environnemental	MDDELCC	Lors des demandes de CA
Plans de gestion des matières résiduelles et matières dangereuses	MDDELCC	Analyse environnementale
Plan de mesures d'urgence détaillé	MDDELCC	Lors de la première demande de CA

Questions et commentaires

1. Introduction

QC-1 Réponse QC-1

L'initiateur indique que « la version finale du résumé sera transmise au MDDELCC pour consultation dans le cadre du processus du Bureau d'audiences publiques sur l'environnement (BAPE). »

- a) L'initiateur doit s'engager à déposer un résumé de l'étude d'impact au plus tard à la date de la signature des lettres de mandat du ministre annonçant le début de la période d'information et de consultation publiques qui sera tenue par le BAPE.

Réponse QC-1 :

Le résumé de l'étude d'impact est fourni à l'Annexe 3A.

2. Consultations avec le milieu

QC-2 Réponse QC-2

L'initiateur indique que le plan de communication et de consultation est fourni à l'Annexe C du document de réponse.

- a) L'initiateur doit compléter l'information en précisant l'échéancier des rencontres de groupe et des rencontres particulières afin de s'assurer de la prise en compte des points de vue et des préoccupations de la population en cours d'élaboration de son projet, le cas échéant.

Réponse QC-2a :

Comme planifié à son plan de communication et de consultation fourni précédemment, Mason Graphite a tenu des séances de consultation et d'information. Ces séances, faisant suite aux séances d'information tenues en 2015, ont eu lieu au cours de l'année 2016, et visaient à cerner et prendre en compte les préoccupations, attentes et questions des parties prenantes clés et des membres des communautés d'accueil du projet afin de les intégrer à son élaboration. Toutes les parties prévues être rencontrées au Plan de communication et de consultation l'ont été, et d'autres s'y sont ajoutées.

Le Tableau 1 présente une synthèse des activités animées par Mason Graphite au cours de la période mentionnée, incluant les dates des rencontres tenues et les détails concernant des parties rencontrées.

Tableau 1 : Synthèse des activités d'information et de consultation menées par Mason Graphite à l'automne 2016

Lieu et date	Groupe(s) visé(s)	Organismes représentés
21/6/2016, 9 h à 12 h Hôtel Le Manoir, Baie-Comeau	Parties prenantes - Environnement	Comité ZIP Rive-Nord de l'Estuaire Université Laval OBV Manicouagan CRE de la Côte-Nord Comité ZIP Rive-Nord de l'Estuaire CEDFOB Société du Plan Nord Association forestière de la Côte-Nord RGMRM Ville de Baie-Comeau
21/6/2016, 13 h 30 à 16 h 30 Hôtel Le Manoir, Baie-Comeau	Parties prenantes - Territoire	Université Laval Regroupement des trappeurs de la Côte-Nord Conseil des Innus de Pessamit Club Manic Quad RLTPQ - Côte-Nord Tourisme Côte-Nord Manicouagan Société du Plan Nord OBV Manicouagan MRC de Manicouagan Regroupement des trappeurs de la Côte-Nord MRC de Manicouagan Club l'AMMI
21/6/2016, 19 h 30 à 20 h 45 Hôtel Le Manoir, Baie-Comeau	Séance publique	44 personnes 3 journalistes (FM 97,1 et 100,5, Radio-Canada et Le Manic)
22/6/2016, 9 h à 12 h Hôtel Le Manoir, Baie-Comeau	Parties prenantes – Formation et emploi	Conseil des Innus de Pessamit CJE de Manicouagan Centre local d'emploi de Baie-Comeau CLE de Baie-Comeau CLEF de Pessamit Cégep de Baie-Comeau CUCN Centre Émersion Cégep de Baie-Comeau CS de l'Estuaire CFPGM CJE de Manicouagan Société du Plan Nord

Lieu et date	Groupe(s) visé(s)	Organismes représentés
22/6/2016, 13 h30 à 16 h 30 Hôtel Le Manoir, Baie-Comeau	Parties prenantes - Communauté	Comité DD de la Ville de Baie-Comeau Conseil des Innus de Pessamit Homme aide Manicouagan Société du Plan Nord Société d'aménagement et d'exploitation des parcs de Baie-Comeau Centraide Haute-Côte-Nord-Manicouagan Homme aide Manicouagan Ville de Baie-Comeau Table multisectorielle de Pessamit
22/6/2016, 19 h 30 à 21 h30 Centre communautaire Ka Mamuitunanut, Pessamit	Séance publique	28 personnes Conseil de bande (Incluant le Chef René Simon et M. Jack Picard Séance diffusée sur Radio Ntetemuk (95,1 FM)
23/6/2016, 9 h à 12 h Hôtel Le Manoir, Baie-Comeau	Parties prenantes - Économie	Chambre de commerce Manicouagan Tourisme Côte-Nord Manicouagan Commerce international Côte-Nord Jeune chambre de Manicouagan CEDFOB Territoire et ressources, Pessamit SDC Centre-ville du Plateau ID Manic Société d'expansion de Baie-Comeau SADC Manicouagan SDC Place La Salle Société du Plan Nord Conseil des Innus de Pessamit
23/6/2016, après-midi Bureau du DSP	Parties prenantes - Économie	Direction de la santé publique (DSP)

QC-3 Réponse QC-3

À la suite de l'entrée en vigueur de l'article 101.0.3 de la *Loi sur les mines*, l'initiateur a révisé le mécanisme de relation avec la communauté locale et mettra en place un comité de suivi qui se réunira minimalement sur une base annuelle.

- a) L'initiateur doit indiquer à quel moment le comité sera mis en place.

Réponse QC-3a :

Le comité de suivi sera mis sur pied par Mason Graphite dans les 30 jours suivant la délivrance du bail minier.

- b) Il devra, en outre, fournir davantage de renseignements quant à ses rôles et responsabilités, de même que sur son mode de fonctionnement, et ce, au plus tard à l'étape de l'analyse environnementale.

Réponse QC-3b :

La composition du comité et le protocole spécifique pour le fonctionnement du comité, comprenant un plan de suivi et un plan de communication spécifique, seront déposés au Ministre au plus tard au moment de l'analyse environnementale. Ce protocole respectera les critères établis à l'article 103.0.3 de la *Loi sur les Mines* (M 13.1), ainsi que les articles 42.1 à 42.6 du *Règlement sur les substances minérales autres que le pétrole, le gaz naturel et la saumure* (M 13.1 r2), et prévoira notamment les modalités suivantes :

- **Le comité fournira à Mason Graphite des comptes rendus de ses réunions dans les 15 jours suivant leur tenue. Ces documents seront ensuite publiés par Mason Graphite sur son site web dans les deux jours suivants.**
- **Dès sa première rencontre, le comité établira une mécanique de gestion des différends en privé.**
- **Mason Graphite répondra aux questions soumises par le comité dans les 15 jours suivant la réception des demandes.**
- **Mason Graphite couvrira les dépenses préapprouvées par Mason Graphite du comité, incluant le transport et l'hébergement des membres ainsi que l'embauche de consultants externes lorsque requis.**
- **Mason Graphite publiera un rapport annuel des activités et dépenses du comité, dans les 90 jours suivant la fin de l'année financière, dans lequel la description des activités du comité sera rédigée par le comité, et le bilan des dépenses du comité par Mason Graphite.**

QC-4 Réponse QC-4

Aux pages 3-6 et 3-11 de l'étude d'impact, l'initiateur indique qu'il tiendra d'autres séances publiques d'information et de consultation, à l'automne 2015, une fois le dépôt de l'étude d'impact fait au MDDELCC « afin que les populations puissent prendre connaissance du projet de façon plus détaillée ».

- a) L'initiateur doit présenter les préoccupations et les commentaires exprimés par le public au moment des séances publiques d'information et de consultation tenues depuis le dépôt initial de l'étude d'impact.

Réponse QC-4a :

Mason Graphite a effectivement tenu des séances de consultation et d'information au cours de l'année 2016 plutôt qu'à l'automne 2015. Ces consultations s'ajoutaient à celles réalisées par Mason Graphite en juin 2015 et documentées dans l'étude d'impact. La liste de ces séances est présentée au Tableau 1 ci-dessus.

Le Tableau 2 présente la fréquence de récurrence des thèmes discutés dans le cadre de ces rencontres. La nature des préoccupations et attentes exprimées en rapport avec ces thèmes est détaillée dans le rapport de consultation inclus à l'Annexe 3B.

Tableau 2 : Récurrence des thèmes abordés dans le cadre des consultations menées par Mason Graphite depuis 2015 (RBMU, 2016)

Thème	Nb de mentions	Nb de mentions par des Autochtones
Emploi (y compris les critères et le processus d'embauche)	21	2
Inclusion, équité et relations avec les autochtones	17	3
Retombées économiques (excluant le thème de l'emploi)	16	4
Avantages concurrentiels du projet	13	
Approche sociale et exemplarité	11	
Gestion de l'eau	9	
Marché	9	1
Relations de travail (y compris les questions syndicales)	9	1
Développement d'activités à valeur ajoutée	8	
Empreinte au sol et infrastructures	8	1
Salaires et conditions de travail	8	1
Résidus	6	
Restauration du site et mécanismes de gestion environnementale	6	
Engagement communautaire	5	
Transport du produit fini	5	
Matières dangereuses	4	
Transport entre la mine et l'usine	4	
Bruit	3	
Financement du projet	3	2
Gaz à effet de serre	3	
Siège social et gouvernance	3	
Échéancier du projet	2	
Patrimoine archéologique	1	1

QC-5 Réponse QC-6 b.

L'initiateur ne prévoit pas retourner les stériles miniers dans la fosse puisque le remblaiement de la fosse pourrait compromettre l'accès aux ressources minérales restantes. Considérant les avantages monétaires, environnementaux et sociaux que cette alternative pourrait représenter, l'initiateur doit :

- a) démontrer la présence d'indices géologiques laissant présager la présence de minerai au-delà de la taille de la fosse envisagée.

Réponse QC-5a :

Les investigations géologiques ont montré des ressources en fosse de 212 années, sur une base de production de 50 000 t de concentré par année.

La carte des ressources minérales fournie au rapport d'étude d'impact (figure 5-3) est reprise sur une figure plus claire (Figure 1) ci-dessous, et montre que l'étendue de la ressource minérale de l'unité géologique U3 (en rouge), de même que celle des unités U2 et U1 (en orange) s'étendent au-delà des limites de la fosse (ligne noire avec traits) établie pour les 25 ans d'opération de la mine. Des zones riches en graphite ont notamment été repérées au nord et au sud-ouest de la fosse proposée.

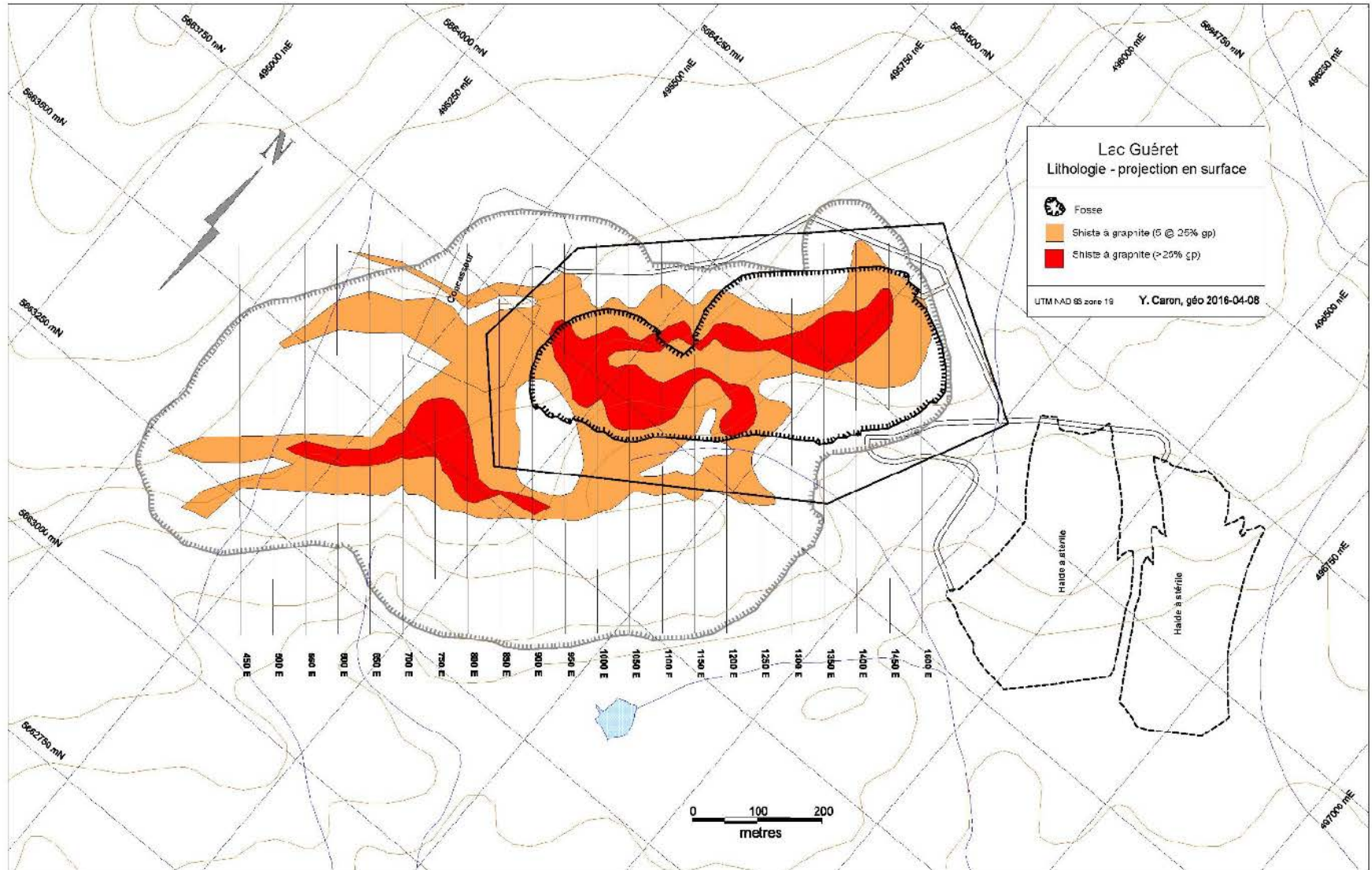


Figure 1 : Étendue de la ressource minérale du Lac Guéret (mise à jour de la figure 5-3 du rapport d'étude d'impact sur l'environnement)

De plus, le profil (l'étendue en profondeur) de cette ressource, fourni aux figures 3-1 et 3-2 du document de Réponses à la deuxième série de questions reçue du MDDELCC, et reprises ci-dessous à la Figure 2, montre que la profondeur de la ressource en graphite (montrée en rouge et orange) s'étend plus profondément que le niveau prévu de la fosse après 25 ans d'exploitation (délimité par la ligne verte sur ces figures). L'accès à ces ressources à partir de la fosse proposée doit être conservé pour une exploitation future.

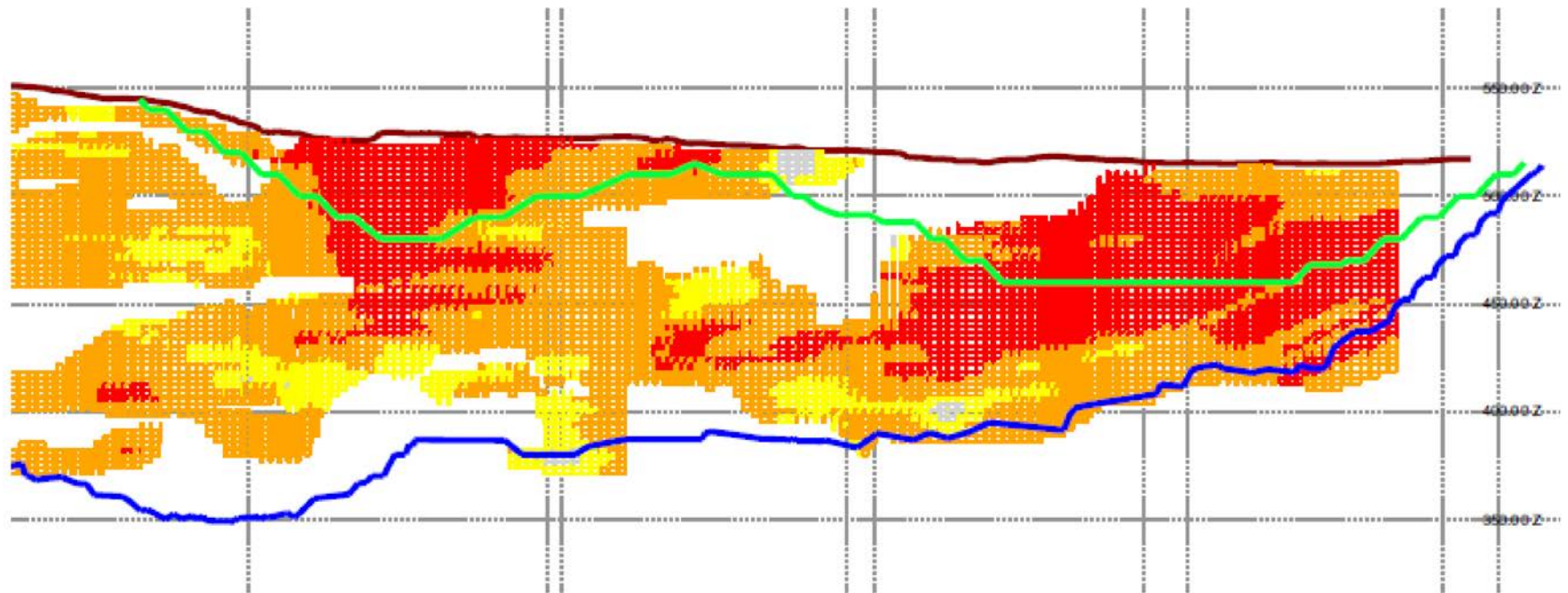


Figure 2 : Figure 3-1 (extraite des « Réponses à la deuxième série de questions du MDDELCC, 29 avril 2016 »): Section longitudinale (orientée sud-ouest – nord-est ou N316) – les lignes horizontales sont séparées de 50 mètres

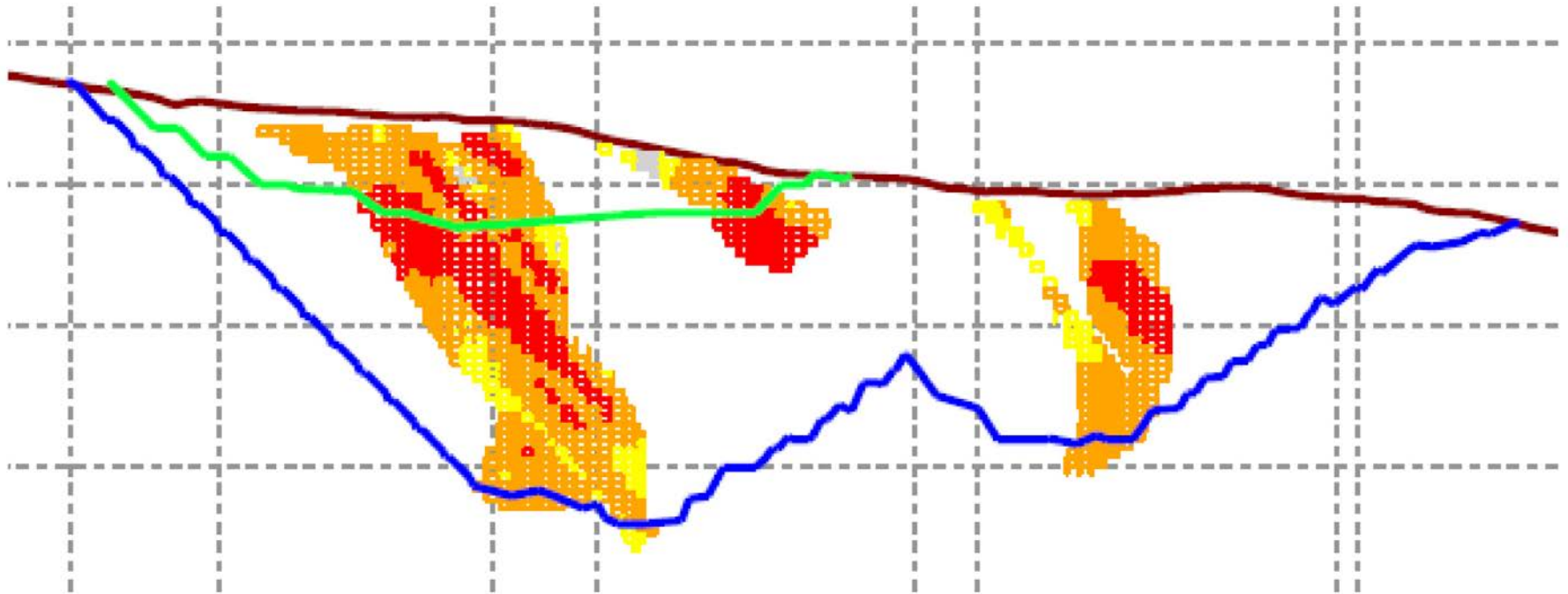


Figure 3 : Figure 3-2 (extraite des « Réponses à la deuxième série de questions du MDDELCC, 29 avril 2016 »): Section transversale (orientée nord-ouest – sud-est ou N050) – les lignes horizontales sont séparées de 50 mètres

3. Présentation et analyse comparative des solutions de rechanges

QC-6 Réponse QC-8

L'initiateur doit expliquer comment les impacts attribuables au transport (ex : émissions atmosphériques) entre les sites de la mine et du concentrateur ont été pris en compte dans l'analyse multicritère présentée à l'annexe E du document de réponse.

Réponse QC-6 :

Dans l'analyse comparative des alternatives de projet pour la localisation du concentrateur, l'analyse multicritère a considéré les critères suivants pour tenir compte des impacts du transport entre la mine et le concentrateur :

- **GES émis par le camionnage;**
- **Nuisance pour les résidents riverains occasionnée par le trafic sur la route 389, par le bruit le long de la route 389 ou par les émissions de poussières occasionnés par la circulation des camions;**
- **Coûts d'exploitation associés au transport du minerai;**
- **Risques d'accidents routiers liés au transport par camion.**

L'ordre de grandeur de ces éléments a été qualifié et comparé entre chacune des alternatives considérées. La comparaison des paramètres de transport entre les deux alternatives de sites est résumée dans le Tableau 3. La conséquence de l'importance comparative des impacts sur ces éléments dans le choix final de l'alternative a été pondérée en fonction de la matrice de pondération retenue par Mason Graphite, tout en considérant les impacts des activités à la mine et au concentrateur.

Les données dans le tableau sont présentées sur une base hebdomadaire¹ (nombre de voyage, quantités transportées, etc.).

¹ La comparaison est basée sur une production moyenne de 52 000 tonnes de produit fini par an et une alimentation de 190 000 tonnes de minerai par an. Toutes les informations présentées ne réfèrent qu'aux activités concernant le site Lac Guéret (mine) et la circulation sur la route 389 et le chemin forestier 202

Tableau 3 : Grille comparative des effets des deux scénarios de site pour le concentrateur sur les composantes du secteur transport analysées

Paramètres de comparaison	Si le concentrateur est localisé à	
	Lac Guéret (mine)	Baie-Comeau
Transport de personnel		
Nombre d'employés en même temps au site	46	6
Horaires de travail pour les ouvriers	~ 26 personnes 7 jours de 12 heures, 7 jours de repos	6 personnes 8 jours de 10 heures, 6 jours de repos
Horaires de travail pour l'administration et support	~ 20 personnes 5 jours de 8 heures	-
Nombre de voyages A/R mine – Baie-Comeau, minibus de 10 personnes (voyages/semaine)	3 pour les ouvriers 4 pour l'administration	1
km totaux parcourus par les minibus (km/sem)	3 990	570
Transport de produit fini (base 52 000 t/an)		
Production moyenne (t/sem)	1 000	-
Nombre de voyages A/R mine – Baie-Comeau, camions de 20 t (voyages/semaine)	50	-
km totaux parcourus par les camions (km/sem)	28 500	-
Transport du minerai (190 000 t/an)		
Quantité de minerai transporté, transport sur 10 mois (t/sem)	-	4 419
Nombre de voyages A/R mine – Baie-Comeau, camions de 40 t (voyages/semaine)	-	110
km totaux parcourus par les camions (km/sem)	-	62 965
Transport de fournitures d'opération		
Consommation de diesel pour génératrices et équipements miniers (litres)	119 000	3 500
Voyages de citerne de diesel de 30 000 litres (voyages/semaine)	4	0,1
Voyages pour additifs – base de 8 camions par mois (voyages/semaine)	2	-
Voyages pour autres fournitures : emballages, palettes... (voyages/semaine)	1	-
Voyages A/R totaux (voyage/semaine)	7	-
km totaux parcourus par les camions (km/sem)	3 990	-
Effet sur le trafic routier		
Voyages de minibus A/R (voyages/semaine)	7	1
km totaux parcourus par les minibus (km/sem)	3 990	570
Voyages de camions A/R (voyages/semaine)	57	110
km totaux parcourus par les camions (km/sem)	32 490	62 965
Voyages totaux, minibus et camions (voyages/semaine)	64	111
Km totaux parcourus, minibus et camions (km/sem)	36 480	63 535

Paramètres de comparaison	Si le concentrateur est localisé à	
	Lac Guéret (mine)	Baie-Comeau
Effets sur émissions atmosphériques		
Émissions totales de GES (t/an)	17 301	5 036
Émissions de GES liées au transport (t CO ₂ /an)	1 262	5 036
Émissions de poussières par transport (t/an)	318	525
Émissions de poussières par combustion (t/an)	6,2	-

QC-7 Réponse QC-9 a

L'initiateur doit détailler davantage la gestion des résidus miniers filtrés afin de permettre une compréhension complète du nouveau concept :

- a) Il doit présenter le cheminement qui l'a conduit à revoir le mode de gestion des résidus miniers.

Réponse QC-7a :

Mason Graphite ne prévoit pas modifier son étude de faisabilité. En effet, une étude de faisabilité est une étude qui sert à vérifier qu'un projet soit techniquement faisable et économiquement viable. En prenant en compte les aspects techniques de l'extraction du minerai, du transport, de la concentration du graphite et de l'entreposage des résidus miniers, force est de constater que le fait de changer de mode d'entreposage des résidus au site du concentrateur n'apporte pas de changement significatif sur la faisabilité technique (les résidus filtrés sont une technologie connue), la rentabilité économique du projet et les risques environnementaux sont aussi connus et contrôlables, comme c'était le cas avec l'ancien mode de gestion. Suivant ces considérations, Mason Graphite ne modifiera pas son étude de faisabilité.

- b) Il doit indiquer si ce nouveau concept fera l'objet d'une modification de l'étude de faisabilité.

Réponse QC-7b :

Lors des rencontres de consultation, les principales préoccupations environnementales exprimées par le milieu, outre les préoccupations plus importantes au sujet des impacts sociaux du projet, concernaient le mode de gestion des résidus (voir tableau 2, Gestion de l'eau, Résidus et Restauration du site). Ces préoccupations étaient partagées, tant de la part du public en général, notamment à Baie-Comeau, que de la part de nos collègues et experts du milieu.

Mise en contexte :

Des ruptures de digues surviennent malgré des conceptions éprouvées techniquement, et ce, un peu partout à travers le monde. Dans tous les cas de rupture, l'eau est le vecteur commun. Les ruptures arrivent régulièrement à la suite d'événements extrêmes, mais peuvent survenir aussi lorsque le temps est sec. La rupture de la digue Samarco s'est produite à la suite de petites secousses sismiques qui ont mené à la liquéfaction des

résidus miniers et à une défaillance de certains éléments du design. Tant que des digues seront construites, il y aura des ruptures. En 2007, Peck publiait un article faisant état d'une statistique alarmante : on enregistre en moyenne 1,7 ruptures de digue par an dans l'industrie depuis 30 ans. Cette statistique a mené des groupes comme ICOLD (International Commission on Large Dams) à étudier la situation. Ils ont analysé les cas de 221 incidents en lien avec les digues de résidus miniers. Plusieurs leçons ont été tirées de ces études, mais encore aujourd'hui, les digues se rompent. Donc, suite aux catastrophes de ruptures de digue récentes, que ce soit celle du Brésil, qui a dévasté le village de Mariana, celle de Mount Polley, en Colombie Britannique, ou la rupture de la digue au Québec à Chapais, la communauté internationale des experts en ouvrages de rétention de résidus miniers en sont arrivés à la conclusion suivante : la seule façon d'éliminer le risque de rupture de digues est de ne pas avoir de digue avec retenue de boues (références : *Tailings and Mine waste '16, the Independent Expert Engineering Investigation and Review Panel*, Kossoff et al 2014 - Mine Tailings Dams Failures).

La solution à la disposition de résidus en éliminant les digues est donc d'entreposer les résidus sous forme solide, avec un faible pourcentage d'eau. Bref, il s'agit de retirer l'eau des résidus par filtration. Cela clôt aisément la discussion sur la sécurité à long terme de l'entreposage des résidus.

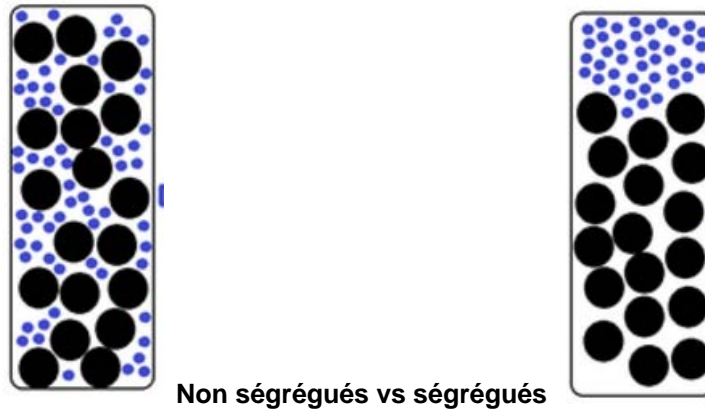
Il reste à régler la question du drainage acide. En effet, lorsque les études ont démontré, dans les années 80, les causes et mécanismes du drainage acide, l'option la plus simple était de couper l'apport d'oxygène aux sulfures par ennoïement. Par exemple, la mine Louvicourt, ouverte au début des années 90, a géré ses résidus acidogènes par la méthode de l'ennoïement. Très efficace à court terme pour prévenir la génération d'acide, cette méthode offre peu de sécurité à long terme tel que discuté plus haut.

Après études et recherches de la fin de 2015 au début de 2016, Mason Graphite a trouvé beaucoup d'arguments techniques et scientifiques en faveur du mode de gestion des résidus miniers filtrés, et ce, même s'ils sont potentiellement générateurs d'acide (Bussière 2007, fourni à l'Annexe 3Q).

La littérature scientifique est effectivement d'avis que le potentiel de génération d'acide sera contrôlé par les éléments suivants :

1. Les résidus de de Mason Graphite sont composés de particules de faible diamètre (moins de 80 % inférieurs à 100 microns) : la filtration en filtre-pressé produira donc un gâteau avec une faible portion de vide (0,79 à 1,01, Golder, 2015) et une faible conductivité hydraulique ($K_{20} = 1,8 \times 10^{-8}$ à 5×10^{-7} cm/s, Golder, 2015), laissant peu passer l'eau et l'air requis pour que la réaction de génération d'acide se produise.
2. La première lixiviation de l'oxydation des sulfures est neutralisée dans le procédé par l'ajout de chaux à la première étape de broyage. Ceci a pour but de protéger les équipements dans l'usine et d'assurer que l'acidité présente au départ dans la roche soit neutralisée.

3. Les résidus produits par un procédé continu de broyage et de flottation ne seront pas ségrégués; tous les résidus seront envoyés au même système de récupération et filtration. La répartition des particules plus grosses et celle des particules plus petites sera homogène, ce qui diminuera d'autant les vides entre les particules, donc la diffusion de l'oxygène. Sans apport d'oxygène, il ne peut y avoir d'oxydation, donc de génération d'acide, ni d'autochauffage.



4. Les résidus déposés sur la pile seront compactés mécaniquement à l'aide de la chargeuse et/ou d'un compacteur lors de leur mise en place dans l'aire de disposition, ce qui réduira les vides entre les particules, et diminuera la vitesse de pénétration de l'oxygène, donc l'oxydation des sulfures ainsi que la production potentielle d'acide ou de chaleur générée par la réaction exothermique.
5. Le ruissellement de l'eau en surface sera favorisé par le faible niveau de saturation en eau des résidus en surface. Les résidus qui ne seront pas en surface se retrouveront en conditions quasi-saturées à cause de l'eau interstitielle qui se logera entre les particules de résidus, empêchant l'oxygène de se rendre aux particules de sulfures de fer, donc de production d'acide, ou d'initier la réaction d'autochauffage.

4. Description du projet

QC-8 Réponse QC-11

L'initiateur indique que la capacité maximum à la mine est évaluée à 392 000 tonnes par année, ce qui tient compte de l'extraction du minerai et des stériles. La capacité de traitement maximum au concentrateur est évaluée à 240 000 tonnes par année.

- a) L'initiateur doit préciser la capacité maximale de production journalière à la mine.

Réponse QC-8a :

La capacité indiquée dans la réponse à la question QC-2-11a est de 392 000 tonnes par an. Cette capacité correspond à la quantité de roche (minerai et stérile) prévue être transportée durant les années 16 à 20 d'opération selon le plan minier. Cependant, cette quantité ne représente pas la capacité maximale minière, qui est bien supérieure, car les équipements miniers seront sous-utilisés.

Selon l'organisation prévue des opérations minières, la capacité minière maximale est déterminée par la productivité des camions utilisés pour le transport du minerai et du stérile sur le site de la mine.

La productivité moyenne d'un camion (minerai et stérile) est de 165 tonnes par heure. Considérant la flotte de 2 camions prévue et 12 heures d'opération par jour, la capacité journalière maximale de la mine avec les équipements prévus s'établit à 4 000 tonnes (minerai et stérile). Les opérations d'enlèvement de mort-terrain, prévues aux années 0 et 6 à 10 correspondent à des activités de construction et par conséquent, ne sont pas prises en compte dans le calcul de capacité maximale journalière.

Tous les autres équipements de production (la pelle hydraulique, la chargeuse et la foreuse) sont en mesure de fournir les camions.

- b) Il doit indiquer la capacité maximale de traitement journalière au concentrateur.

Réponse QC-8b :

La capacité maximale de traitement du concentrateur sera régie par la capacité maximale du premier broyeur du circuit (le broyeur SAG), soit 30 tonnes par heure ou 720 tonnes par jour.

QC-9 Réponse QC-12 b

L'initiateur indique qu'une étude de condamnation sera effectuée d'ici la fin de l'année 2016.

- a) L'initiateur doit déposer cette étude au plus tard à l'étape de l'analyse environnementale.

Réponse QC-9a :

L'étude de condamnation récemment achevée est jointe à l'Annexe 3C.

- b) Si l'emplacement projeté des infrastructures doit être modifié suite aux résultats de l'étude, l'initiateur devra présenter la nouvelle configuration des infrastructures.

Réponse QC-9b :

Selon les résultats de cette étude, aucune modification à la configuration des infrastructures n'est nécessaire.

QC-10 Réponse QC-12 c.

Les piézomètres proposés à la figure 5-4 de l'addenda ne permettront pas de déceler rapidement une problématique au niveau de l'eau souterraine, le cas échéant, ni de corréler la contamination à une source précise puisque la localisation des piézomètres est relativement loin des installations à risque. Sans s'y limiter, les piézomètres doivent être situés à proximité des éléments à risque tel que :

- Réservoir de produits pétroliers ;
- Zone d'entreposage de matières résiduelles dangereuses ;
- Garage d'entretien ;
- Station électrique ;
- Quai de réception des produits ;
- Entreposage de produits chimiques ;
- Parc à résidus miniers ;
- Halde de stériles ;
- Zone de manutention et d'entreposage du minerai.

De plus, la configuration des puits d'observation autour des aménagements à risque présentée à l'Annexe I (Localisation des sondages, SNC-Lavalin, 2016) est différente de celle présentée à la Figure 5-4 de l'Addenda.

- a) L'initiateur doit mettre à jour la figure 5-4 et il doit utiliser une échelle appropriée.

Réponse QC-10a :

La figure 5-4 a été annulée et remplacée par trois cartes topographiques qui montrent, à une échelle permettant d'en faciliter la lecture, les différentes infrastructures au site de la mine ainsi que le mode de gestion des eaux, et ce, à trois phases du projet : construction (12 mois), début d'exploitation (0-5 ans) et fin d'exploitation (année 25). Ces nouvelles cartes ont été identifiées comme étant les figures 5-4 A, 5-4 B et 5-4 C (voir Annexe 3D).

Cet ensemble de trois cartes décrivant le secteur d'extraction et de manutention du minerai vient compléter les figures suivantes, qui demeurent inchangées :

- **La Figure 5-3, qui présente une vue d'ensemble des différentes infrastructures au site de la mine du lac Guéret, réparties en trois secteurs : le camp, la pouzzinière et le secteur de la fosse/manutention du minerai;**
- **La Figure 5-5, qui présente l'aménagement du site au camp des travailleurs;**
- **La Figure 5-6, qui présente un aménagement typique utilisant une installation préfabriquée comme pouzzinière.**

La révision de la figure 5-4 illustre la plus récente mise à jour de l'agencement général des infrastructures au site de la mine, compte tenu de la plus récente définition du projet. Le principal changement à noter est un nouveau positionnement de l'aire d'entreposage du minerai et de chargement des camions.

- b) Il doit également clarifier le but d'installation des « piézomètres » tel que présenté à la Figure 5-4 et des « puits d'observation PO-1, PO-2, PO-3 et PO-4 » tel que présenté à l'annexe I. L'initiateur doit préciser la quantité, la position approximative et le but de chaque puits proposé, c'est-à-dire, qu'il faut spécifier si le puits est installé pour le suivi de la qualité des eaux souterraines superficielles ou profondes, en aval ou en amont hydraulique et identifier l'aménagement à risque contrôlé. L'emplacement proposé des puits d'observation devra être approuvé le MDDELCC.

Réponse QC-10b :

Les éléments à risque, les piézomètres/puits d'observation, ainsi que les dispositifs de suivi additionnels proposés pour le suivi des eaux souterraines, ont été ajoutés à la figure 5-4 C, fournie à l'Annexe 3D, en conformité avec le rapport révisé de SNC-Lavalin (Annexe 3E).

La quantité, la position approximative et le but de chaque puits additionnel proposé sont expliqués dans le tableau suivant :

Tableau 4 : Liste des équipements pour le suivi de la qualité de l'eau souterraine au site de la mine (tiré de SNC, 2017)

Puits	Objectif	Position	Profondeur	Puits pouvant être utilisé
PO-1	Puits de suivi en amont de la halde à stériles, et de l'ensemble du site en général.	À une dizaine de mètre de la future route pour prévenir tout bris d'instruments.	À 5 m sous le niveau moyen de la nappe.	BH-14-10
PO-2	Puits de suivi en aval de halde à stériles.	à moins de 150 m du pied de la halde.	À 2 mètres sous le niveau d'étiage de la nappe pour capter l'écoulement superficiel.	
PO-3	Puits de suivi en aval de halde à stériles.	à moins de 150 m du pied de la halde.	À 10 mètres de profondeur pour capter l'écoulement profond.	
PO-4	Puits en aval du bassin de collecte des eaux du site.	à moins de 150 m du pied de la halde.	À 2 mètre pour capter l'écoulement de surface.	
PO-5 Double niveau	Puits entre l'aire de transition du minerai et la fosse.	Entre l'aire de transition et la fosse pour intercepter l'écoulement souterrain capté par la fosse.	Deux installations : En surface En profondeur (> 20 m) en prévision du cône hydraulique qui devrait se former autour de la fosse.	BH-14-06
PO-6	Puits en amont du pad de transition	Puits en amont du pad de transition sur le buttons rocheux situé au sud est.	Installation à 15 m de profondeur	

- c) Il doit également indiquer les éléments à risque au site du concentrateur et localiser sur une carte l'emplacement des piézomètres. À cet égard, considérant le fort potentiel de génération d'acide et de lixiviation de métaux du minerai, des puits d'observation pour le contrôle de la qualité des eaux souterraines doivent être ajoutés aux alentours de l'aire d'entreposage et de chargement du minerai.

Réponse QC-10c :

La position des puits d'observation pour le suivi de la qualité de l'eau souterraine au site du concentrateur (parc à résidus et plateforme de l'usine) est illustrée à la figure 5-11 révisée (fin d'exploitation), fournie à l'Annexe 3D, en conformité avec le rapport révisé de SNC-Lavalin (Annexe 3E) qui précise le mode de suivi à être mis en place.

L'infrastructure à risque au niveau de la plate-forme du concentrateur est la pile de minerai avec son système de collecte des eaux de contact, comprenant un réseau de canaux et un bassin de collecte des eaux de contact. Trois dispositifs sont prévus pour assurer le suivi de la qualité des eaux souterraines :

- 1. BH-14-02 (puits d'observation existant réutilisé) : puits de suivi en amont de la pile de minerai. La nappe se trouve à 1 m, et la crépine est installée de 16 m à 19 m de profondeur et capte l'écoulement profond. L'impact de la présence du parc à résidus en amont devrait être pris en compte lors de l'analyse des résultats de la qualité d'eau.**
- 2. BH-15-07 (puits d'observation existant réutilisé) : puits de suivi aval de la pile de minerai. La nappe piézométrique est affleurante, et la crépine de 30 cm est installée à 2 m de profondeur dans les dépôts meubles. L'écoulement souterrain superficiel sera suivi.**
- 3. PO-7 (nouveau puits à installer) : puits de suivi aval de la pile de minerai (situé à moins de 150 m de la limite de la pile). Un puits additionnel devra être installé en aval hydraulique de la pile aux environs du TP-15-07 dans le roc (à une profondeur d'environ 5 m).**

Parc à résidus (PAR) :

- Pour satisfaire les exigences de la Directive 019, un minimum de trois puits est requis afin de suivre l'amont et l'aval hydraulique d'un ouvrage à risque. Un minimum de deux puits doit être installé en aval hydraulique selon un axe perpendiculaire à la direction d'écoulement de l'eau souterraine. Ainsi, il est recommandé de suivre un puits en amont et deux puits en aval soit :
 - ♦ Le puits en amont du PAR serait le puits existant BH-15-TMF-01 (campagne de 2015). La crépine du puits est installée dans le roc sur 7 m de hauteur, à une profondeur de 0,5 m (légèrement sous la nappe). Ainsi ce puits capte à la fois l'écoulement superficiel et l'écoulement profond.
 - ♦ Un puits additionnel sera ajouté à proximité du BH-16-TMF-01, en amont hydraulique, afin de capter l'écoulement plus superficiel. Ainsi la crépine de ce puits devrait être

placée dans le roc de surface immédiatement sous le niveau de la nappe soit de 4 à 7 m de profondeur.

Les deux puits en aval seraient :

- **Le puits existant BH-16-TMF-09 (campagne de 2016) qui permettrait de suivre la qualité de l'eau souterraine vers le lac Petit-Bras. La crépine est installée dans le roc entre 5 et 8 m de profondeur. Ce puits capte l'écoulement plus profond et la position de la crépine relativement près de la surface permettrait de capter le développement d'un possible panache de contamination.**
- **Le puits existant BH-16-TMF-01 (campagne de 2016) qui permettrait de suivre la qualité de l'eau souterraine vers le site de l'usine. La crépine est installée de 12 m à 15 m de profondeur et ainsi capte l'écoulement profond. Bien que plus profond, ce puits permettrait de capter un panache de contamination qui se développerait dès les premières années d'exploitation. Aussi, il est important de prendre en considération que la présence du bassin en aval du parc va probablement dévier une certaine quantité d'eau vers ce puits ce qui rend sa position d'autant plus adéquate. D'après la modélisation de transport de contaminants, la contamination atteindrait plus vite ce puits que le BH-16-TMF-02 en aval du bassin de rétention des eaux et permettrait d'établir plus rapidement la vitesse de migration des contaminants sur le terrain.**

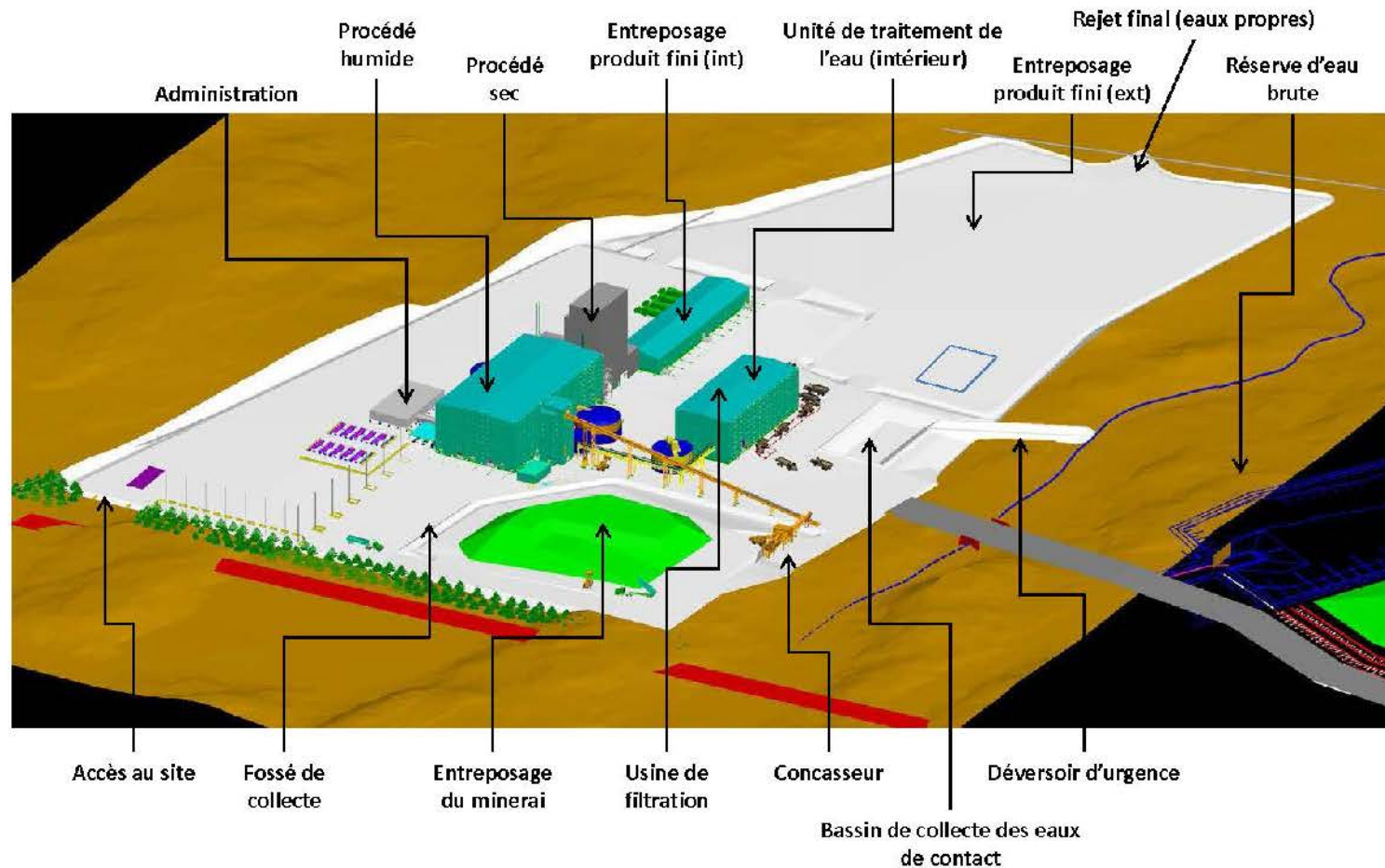


Figure 4 : Agencement des installations de l'usine de concentration, à Baie-Comeau (en date du 7 avril 2017)

La position des puits d'observation pour le suivi de la qualité de l'eau souterraine au site du concentrateur est illustrée à la figure 5-11 révisée (fin d'exploitation), fournie à l'Annexe 3D, en conformité avec le rapport de SNC-Lavalin (2017) qui précise le mode de suivi à être mis en place.

L'infrastructure à risque au site du concentrateur est la pile de minerai avec son système de collecte des eaux de contact, comprenant un réseau de canaux et un bassin tampon. Trois dispositifs sont prévus pour assurer le suivi de la qualité des eaux souterraines :

- **BH-14-02** : puits de suivi en amont de la pile de minerai. La nappe se trouve à 1 m, et la crépine est installée de 16 m à 19 m de profondeur et capte l'écoulement profond. L'impact de la présence du parc à résidus en amont devrait être pris en compte lors de l'analyse des résultats de la qualité d'eau.
- **BH-15-97** : puits de suivi aval de la pile de minerai. La nappe piézométrique est affleurante, et la crépine de 30cm est installée à 2 m de profondeur dans les dépôts meubles. L'écoulement souterrain superficiel sera suivi.
- **PO-7** : puits de suivi aval de la pile de minerai (situé à moins de 150 m de la limite de la pile). Un puits additionnel devra être installé en aval hydraulique de la pile aux environs du TP-15-07 dans le roc (à une profondeur d'environ 5 m).
 - d) La direction de l'écoulement des eaux souterraines dans les dépôts meubles (écoulement superficiel) étant différente de la direction de l'écoulement des eaux souterraines dans le socle rocheux (écoulement profond), l'initiateur doit surveiller la qualité des eaux souterraines en amont et en aval des aménagements à risque dans les deux unités hydrogéologiques (dépôts meubles et socle rocheux). Pour ce faire, il doit prendre en considération la direction d'écoulement des eaux souterraines dans chacune des unités hydrogéologiques.

Réponse QC-10d :

Ces éléments ont été pris en considération dans la définition de la stratégie de surveillance des eaux souterraines aux deux sites du projet (voir l'étude de SNC-Lavalin, 2017 à l'Annexe 3E).

QC-11 Réponse QC-14 a.

L'initiateur indique qu'il existe quatre unités géologiques dans le gisement : il y a trois unités pour le minerai (U1, U2 et U3) et une unité pour le stérile. Toutefois, les teneurs en sulfures semblent varier de façon importante selon les différents échantillons testés (Annexe N et Annexe G). Afin de justifier qu'il n'y ait qu'une seule unité pour le stérile :

- a) L'initiateur doit présenter les limites inférieures et supérieures des teneurs en sulfures (% Sulfures) observées dans les stériles, ainsi que les concentrations limites, inférieures et supérieures du soufre sulfures (S_{sulfures}) afin de démontrer qu'il n'y a pas de variation significative de la teneur en sulfures dans les stériles.

Réponse QC-11a :

Mise en contexte

Une roche (ou une unité géologique) est un assemblage hétérogène de différents minéraux. Dans un espace donné, la composition chimique de chacun de ces minéraux varie, de même que la proportion de chacun de ces minéraux dans la roche. Ces variations peuvent être d'ordre local (de l'ordre du mètre) ou régional (de l'ordre du kilomètre). Malgré ces variations, parfois importantes, l'on est toujours en présence de la même unité géologique.

Le Tableau 5 ci-dessous présente les quatre unités géologiques qui ont été identifiées par les géologues dans le gisement de Lac Guéret :

Tableau 5 : Description des unités géologiques

Unité	U1	U2	U3	Stérile
Teneur en graphite	De 5 à 10 %	De 10 à 25 %	25 % et + (max = 54 %)	< 5 %
Morphologie du graphite	Paillettes fines à grossières, disséminées		Paillettes très fines concentrées et paillettes grossières disséminées	Sans objet
Roche matrice	Quartz, gneiss et schistes quartzo-feldspathiques			
Autre minéraux importants	Sulfures de fer (pyrrhotite et pyrite)			

Les trois unités géologiques de minerai, U1, U2 et U3, ont été déterminées par une étude géostatistique réalisée en 2013 et basée exclusivement sur les teneurs de carbone graphitique, étude qui a permis d'établir trois populations distinctes. De manière strictement géologique, ce sont ainsi des sous-unités minéralogiques de l'unité lithologique de gneiss quartzo-feldspathique qui inclut minerai et stérile. Par ailleurs, la caractérisation par des géologues des unités U1 et U2, similaires en matière de morphologie des paillettes de graphite, a permis de les regrouper en une seule unité minéralogique (pour l'interprétation géologique du gisement et l'estimation des ressources minérales). Nous nous retrouvons par conséquent avec une unité (U12) dont la proportion d'un des minéraux (le graphite) qui la compose varie de 5 % à 25 %. De même, la teneur en graphite de l'unité U3 varie aussi de façon importante, passant de 25 % à 54 %.

D'autre part, l'analyse de la teneur en soufre des 78 échantillons de minerai (U1, U2 et U3) a donné les résultats suivants :

Tableau 6 : Teneur en soufre des 78 échantillons de minerai analysés

Unité	Teneur Cg (%)	Teneur S (%)
U1	5 à 10	3 à 15
U2	10 à 25	4 à 26
U3	25 et +	5 à 17

Le graphique ci-dessous (Figure 5), qui présente les teneurs en soufre et en graphite, illustre clairement qu'il n'existe aucune relation entre ces deux éléments – ces variations sont aléatoires et sont le résultat des mécanismes géologiques de mise en place des différentes unités (métamorphisme dans le cas du gisement de Lac Guéret). Il en est de même pour la teneur en soufre (et des sulfures) de l'unité géologique « stérile ».

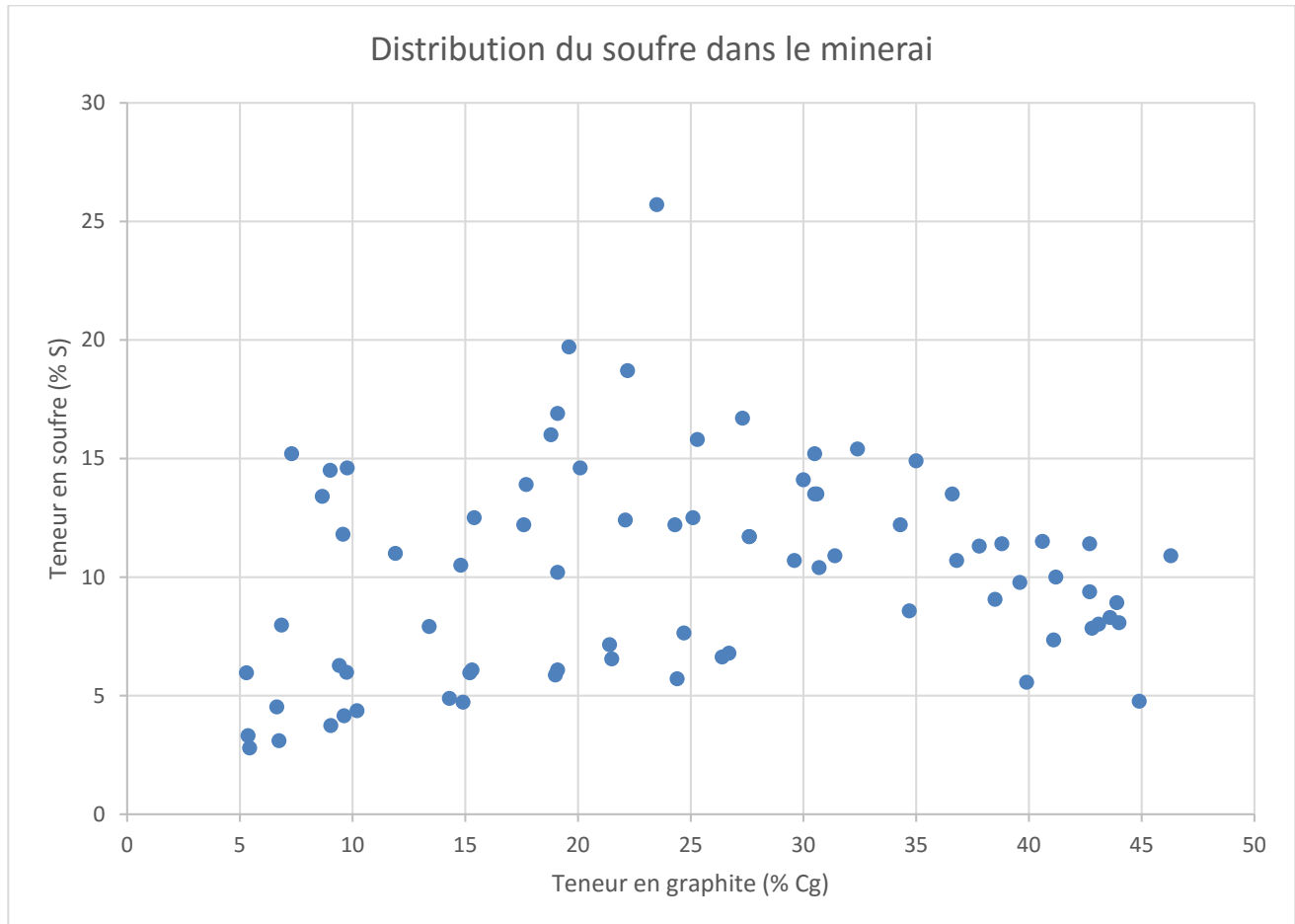


Figure 5 : Distribution du soufre dans le minerai

Teneurs en soufre et sulfures de l'unité géologique stérile

Les valeurs limites de teneurs en sulfures et en soufre total des échantillons documentés à l'Annexe 3N sont fournies au Tableau 7 qui suit.

Il faut cependant noter qu'il n'existe pas de mesure précise de la teneur en sulfures (principalement des sulfures de fer pour le gisement) puisqu'ils ont une composition chimique variable (proportions variables du fer et du soufre), et que les proportions de la pyrite par rapport à la pyrrhotite sont aussi variables. Par conséquent, les teneurs en sulfures ont été estimées à partir des résultats des teneurs en soufre. L'espèce minérale de sulfures prédominante dans le gisement étant la pyrrhotite ($Fe_{1-x}S$, où $0 < x < 0,2$), les calculs ont été basés sur une proportion moléculaire de 36 % de S ($x = 0$, donc FeS), soit la teneur la plus élevée possible en sulfures; les autres cas de figure ($Fe_{0,8}S$ et FeS_2) donneraient des teneurs en sulfures inférieures.

La présence de sulfates dans la roche stérile est anecdotique et non significative. Selon la géologie du projet, il est établi que les quelques sulfates qui y sont présents sont le produit de l'oxydation des sulfures, réaction qui ne se présente qu'en surface, au contact de l'eau et de l'oxygène. Ils n'ont par conséquent pas été considérés.

Tableau 7 : Valeurs limites inférieures et supérieures des teneurs en soufre et sulfures (réf. Essais de prédiction du potentiel générateur d'acide [PGA] [valeurs tirées de Roche, 2013 : tableau 3.4.5 de l'Annexe 3N])

Élément testé	Paramètre	Valeur minimale (%)	Échantillon(s) correspondant(s)	Valeur maximale (%)	Échantillon(s) correspondant(s)
Stérile	Soufre total	0,12	LG-050	13,60	LG-213
	Sulfures	0,33	LG-215, LG-050	37,8	LG-213

Conclusions

Ce sont les caractéristiques géologiques des roches qui définissent les unités géologiques, et ce, malgré des variations, parfois importantes, des proportions de minéraux qu'elles contiennent et/ou de la composition chimique de ces minéraux.

Il en va de même pour l'unité géologique du stérile : malgré les variations de la teneur en soufre (de 0,1 % à 14 %) dans cette unité, les caractéristiques géologiques (minéraux présents, morphologie, conditions géologiques de formation, etc.) démontrent que nous sommes en présence d'une seule et même unité lithologique pour tout le stérile à travers tout le gisement, soit un gneiss quartzo-feldspathique.

QC-12 Réponse QC-14 c.

Le Tableau 4-3 du document de réponse présente la composition minéralogique moyenne du minerai, des stériles et des résidus miniers. En raison des écarts dans la composition minéralogique des résidus et du minerai, l'initiateur doit :

- a) préciser comment les valeurs présentées dans le Tableau 4-3 ont été obtenues et préciser si les elles sont exprimées en pourcentage volumique ou massique;

Réponse QC-12a:

Les valeurs présentées dans le Tableau 4-3 sont exprimées en pourcentage massique.

Précisions :

Le gisement de Lac Guéret ne comporte qu'une seule et unique lithologie (type de roche), soit un gneiss quartzo-feldspathique (voir réponse de la question QC-3-11).

Pour établir la composition minéralogique de cette lithologie, un échantillon représentatif de la lithologie du gisement a été sélectionné par le géologue de Mason Graphite (échantillon E5618203 provenant du forage LG-466, intervalle 22,0 à 24,0 mètres). Il s'agit d'un échantillon de type stérile, car il ne contenait pas de graphite (0,2 %).

L'échantillon a été préparé et analysé par fluorescence X, ce qui a permis d'identifier les éléments chimiques (oxydes majeurs) composants cette roche. Comme cette analyse est une analyse élémentaire et non une analyse des espèces minérales, une conversion a été réalisée (analyse normative) suivant la méthode CIPW. Pour convertir les analyses chimiques en analyses d'espèces minérales, le système intègre les observations des géologues (quelles espèces minérales ont été observées sur le terrain), et utilise une base de données contenant les compositions chimiques typiques des différentes espèces minérales pour calculer les proportions de chaque espèce.

Ce type d'analyse n'est pas applicable pour les sulfures, car la méthode CIPW ne permet pas de les mesurer. Pour compléter le tableau, les sulfures de fer ont été ajoutés à partir des observations des géologues (descriptions des carottes de forage), les proportions moyennes ayant été estimées à partir de ces mêmes observations.

Les quantités relatives des différentes espèces minérales ont finalement été calculées, ce qui a donné le résultat présenté à la colonne « stérile » du tableau 4-3.

Pour la composition minéralogique du minerai, une espèce minérale additionnelle, soit le graphite, a été ajoutée à la composition minéralogique de la lithologie, à hauteur de 28 %, soit la teneur moyenne calculée à partir du plan minier pour les 25 années d'exploitation. Les proportions des autres espèces minérales ont été ajustées proportionnellement.

Finalement, la même approche que pour le minerai a été utilisée pour le résidu, la seule différence étant la teneur en graphite, qui a été établie à 2 %.

Comme expliqué à la réponse de la question 11, une roche ou unité lithologique est un mélange hétérogène de minéraux, et les proportions de ces minéraux (de même que les proportions des éléments qui les composent) peuvent varier grandement d'une zone à l'autre dans le gisement. Les compositions minéralogiques ainsi présentées sont des moyennes et l'analyse d'autres échantillons pourrait donner des compositions différentes.

- b) présenter la composition minéralogique moyenne des résidus, du minerai et des stériles en prenant en considération les résultats obtenus lors de l'étude de l'Unité de recherche et de service en technologie minérale (URSTM) de 2016.

Réponse 12-b :

La diffraction-X (cristallographie par rayons X) est une analyse semi-quantitative qui doit être appuyée par une analyse élémentaire et confirmée par la connaissance géologique du gisement.

En effet, comme il existe de nombreuses redondances dans les patrons de diffraction et que plusieurs minéraux ont des signatures semblables, les résultats de la diffraction-X doivent être validés par un géologue, ce qui fut le cas pour les résultats du tableau 4-3 mais cette interprétation/validation n'a pas été faite dans le cas des résultats de diffraction-X de l'URSTM.

Conclusion : ce sont les résultats du tableau 4.3 validés par un géologue ayant une bonne connaissance du gisement du Lac Guéret qui sont considérés comme représentatifs.

QC-13 Réponse QC-14 d.

Les tests statiques réalisés sur les stériles démontrent qu'ils sont potentiellement générateurs acides, par contre, les tests cinétiques n'ont pas encore été effectués sur les stériles pour des raisons d'ordre logistique.

- a) L'initiateur doit préciser s'il y a des stériles de disponibles pour la réalisation de ces tests et décrire quelles méthodes sont à leur disposition pour contrer le drainage minier acide.

Réponse-QC-13a :

Mason Graphite ne dispose pas d'échantillons de stériles pour réaliser des essais cinétiques (sur une durée d'un an) avant la mise en production de la mine.

Par ailleurs, Mason Graphite a sélectionné un site pour la disposition des stériles localisé sur une pente afin de favoriser l'écoulement rapide des eaux de ruissellement vers une fosse d'interception pour maintenir la zone saturée en eau la plus basse possible sous la halde de stériles. Comme les stériles se présenteront sous la forme de blocs de roches de volume important (grosseur de l'ordre du cm au m), la pénétration de l'oxygène et de l'eau à l'intérieur des blocs de roches stériles pour réagir avec les sulfures devrait se limiter à la surface des blocs rocheux.

Le drainage minier acide dans les haldes de stériles est la conséquence de phénomènes complexes et interreliés de pénétration d'air et d'eau vers l'intérieur de la halde, et de la diffusion de l'oxygène de l'air dans la roche, comme illustrés schématiquement à la Figure 6 qui suit. Ces phénomènes ont été décrits et étudiés par M. Mbonimpa et M. Aubertin (avril 2003).

En pratique, la prévention du DMA dans la halde de stériles impliquera de prévenir l'accumulation d'eau dans la halde, ce qui est réalisé :

- 1) En utilisant la pente du terrain, ce qui impliquera, au moment de la préparation du site, un certain dynamitage/réaménagement du terrain pour favoriser le drainage de la halde (par exemple, pour éliminer des boutons qui pourraient causer une entrave au bon écoulement de l'eau de ruissellement); et
- 2) En prévenant la pénétration d'air et d'oxygène dans la halde par le recouvrement de la halde avec des matériaux meubles qui empêcheront la circulation d'air et sa pénétration entre les roches. Il est à noter à noter que le bouton présent sur la pente de la halde de stériles devra probablement être aplani afin de permettre le libre écoulement de l'eau.

Mason Graphite s'engage également à colmater les fissures qui pourront être détectées dans la roche mère sous la halde de stérile, afin de limiter l'infiltration d'eau et l'entraînement possible de contaminants vers les eaux souterraines.

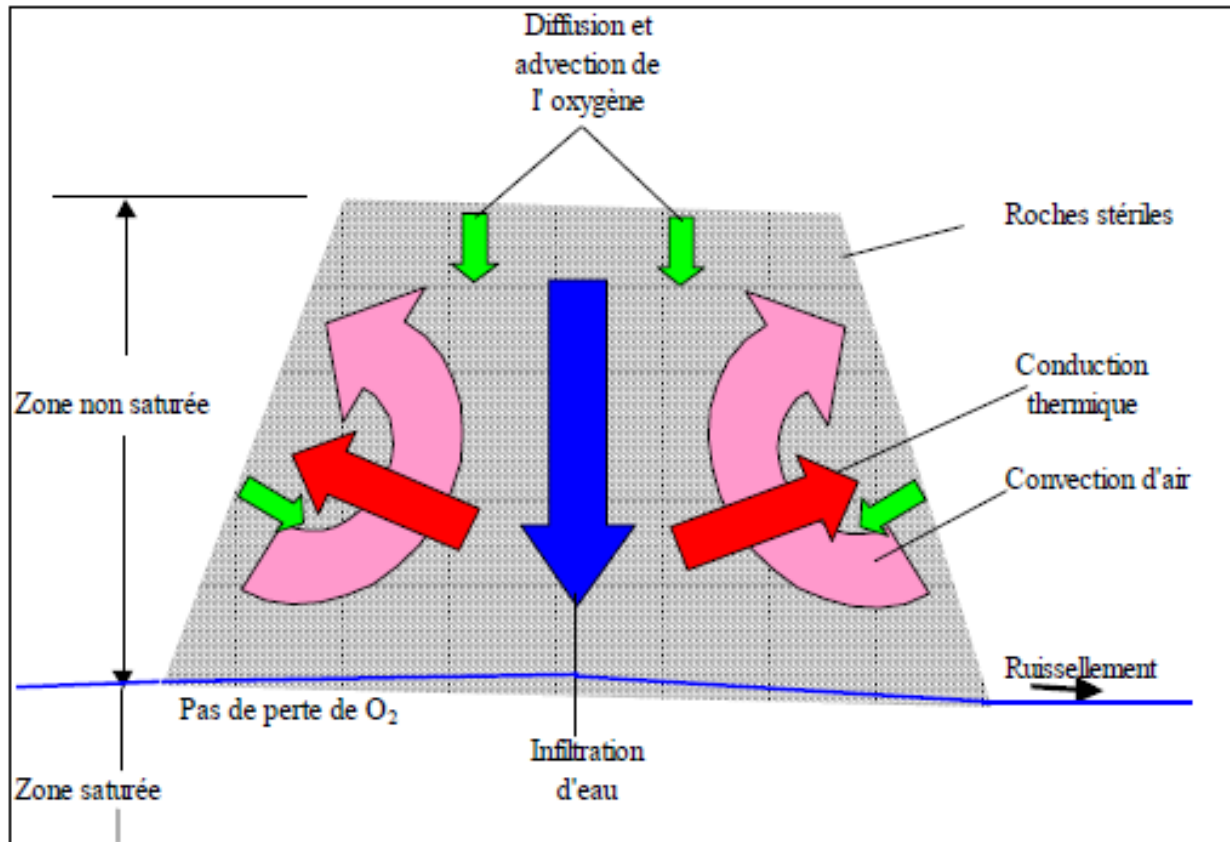


Figure 6 : Schématisation des phénomènes physico-chimiques d'échanges et de mouvement de fluides impliqués dans la production de drainage minier acide dans les haldes à stériles (tiré de M. Mbonimpa et M. Aubertin, Avril 2003)

- b) Afin d'évaluer la période de latence avant la génération acide et pour évaluer la qualité anticipée des lixiviats générés pour les stériles, l'initiateur doit fournir les résultats des tests cinétiques sur les stériles au plus tard lors de la demande du premier certificat d'autorisation en vertu de l'article 22 de la Loi sur la qualité de l'environnement (LQE).

Réponse-QC-13b :

Mason Graphite ne compte pas réaliser d'essai cinétique sur les stériles puisque le minerai et le résidu ont déjà été caractérisés comme générateurs d'acide. En bon citoyen corporatif, Mason Graphite préfère développer des infrastructures d'entreposage des stériles pour le pire scénario, soit l'entreposage de stériles générateurs d'acide. Ainsi, le projet prévoit le traitement des eaux de contact avec les stériles, par décantation des matières en suspension, et par neutralisation de l'eau et précipitation des métaux dissous au besoin. En absence de résultats d'essais cinétiques sur les stériles, Mason Graphite a choisi de présumer un niveau de contamination des eaux de contacts avec les stériles identique à celui résultant des essais cinétiques effectués sur le minerai. Ainsi, un pire scénario est présentement retenu aux fins de conception des ouvrages de capture et traitement des eaux de ruissellement de contact.

Mason Graphite s'engage à installer une cellule test de disposition des stériles dès le début des opérations minières. Cette cellule sera étanchéifiée afin d'intercepter les eaux de ruissellement, de percolation et de lixiviation pour en faire un suivi rigoureux afin de bien établir les vitesses de réaction et le potentiel de lixiviation. Cette cellule test pourra entre autre servir de pile de stérile pour la mise à l'essai de méthodes d'atténuation du drainage minier acide, au besoin. Les eaux de contact interceptées de la cellule test seront traitées avec l'unité mobile de traitement des eaux pour ne retourner au milieu récepteur que l'eau traitée se conformant aux exigences de la Directive 019.

QC-14 Réponse QC-14 d.

Les résultats des tests de caractérisation du minerai et des résidus d'usinage réalisés dans le cadre de « l'étude environnementale de base » réalisée par Roche en 2013 (Annexe N) diffèrent considérablement de ceux obtenus dans le cadre du « programme d'essais cinétiques et statiques réalisés sur les échantillons composites du minerai et des résidus miniers » réalisé par l'URSTM en 2016 (Annexe G). Entre autres, les teneurs en sulfures du minerai et des résidus d'usinage, leur composition minéralogique ainsi que les teneurs en certains métaux et métalloïdes diffèrent de façon anormale. Par exemple, selon « l'étude environnementale de base », les teneurs élevées en soufre total détectées dans les échantillons du minerai et des résidus d'usinage sont attribuées presque en totalité à la présence des sulfates insolubles et du soufre organique. Selon cette même étude, les teneurs moyennes en soufre sulfures (S_{sulfures}) dans les mêmes échantillons n'excèdent pas 1 %.

Par contre, dans l'étude de l'URSTM, les teneurs en S_{sulfures} sont estimées à environ 8 % pour le composite du minerai et à 11 % pour le composite des résidus d'usinage, ce qui représente la presque totalité du soufre détecté dans les échantillons (Annexe G, Tableau 3). Les valeurs présentées cette étude sont confirmées par les résultats de l'analyse minéralogique qui a révélé la présence d'environ 20 % de pyrrhotite dans le minerai et de 28 % de pyrrhotite dans les résidus miniers.

De plus, les concentrations de certains métaux et métalloïdes observées dans les échantillons composites URSTM sont plusieurs fois, et même des dizaines de fois, supérieures à celles observées dans l'étude environnementale de base, notamment pour l'As, Ba, Be, Bi, Cd, Cr, Mn, Mo, Ni, Pb, Se, Sn, Ti et Zn.

- a) L'initiateur doit expliquer les différences observées entre les deux études.

Réponse QC-14a :

Ces différences peuvent être expliquées par la provenance différente du minerai utilisé pour les tests. En effet, les tests effectués par Roche (2013) l'ont été sur du minerai provenant de carottes de forage prélevées à divers endroits de la mine diverses profondeurs. En contrepartie, l'échantillon de minerai testé par l'URTSM provenait d'un échantillon en vrac de 50 tonnes prélevé en surface. Bien que le volume de minerai prélevé en vrac soit intéressant pour réaliser des tests métallurgiques, il était constitué de minerai déjà partiellement oxydé, dont le processus d'oxydation et de génération d'acide avait déjà débuté.

- b) Il doit aussi indiquer les résultats qu'il considère comme étant les plus représentatifs du minerai et des résidus miniers et expliquer pourquoi.

Réponse QC-14b :

Les résultats des essais cinétiques ont été retenus pour établir la caractérisation du lixiviat acide généré par le minerai et par le résidu minier étant donné qu'ils représentent le pire scénario envisageable pour l'opération de la mine et du concentrateur. Ces résultats du pire scénario ont été utilisés pour concevoir l'unité de traitement des eaux, et ce, à la mine comme au concentrateur.

QC-15 Réponse QC-14 d.

En se basant sur les résultats des tests TCLP réalisés dans « l'étude environnementale de base » (Annexe N), le minerai et les résidus miniers ont été classés « non à risques élevés ». Les résultats des tests TCLP de « l'étude environnementale de base » sont assez élevés pour certains métaux et, théoriquement, pourraient approcher les limites établies pour les résidus « à risques élevés ». Cependant, les échantillons composites (Annexe G) n'ont pas été soumis aux tests TCLP bien que les teneurs en As, Ba, Cd, Cr, Pb et Se sont considérablement plus élevées que dans « l'étude environnementale de base ». Conséquemment :

- a) L'initiateur doit démontrer clairement que le minerai, les stériles et les résidus miniers de la mine du Lac Guéret ne sont pas « à risques élevés » en se basant sur des résultats de tests TCLP réalisés sur des échantillons représentatifs et dont la composition chimique est comparable à celle des échantillons composites.

Réponse QC-15a

Les échantillons composites utilisés pour réaliser les essais cinétiques, dont les résultats ont été présentés à l'annexe G du document de réponses aux questions 2, ont été caractérisés selon la procédure de URSTM. « La digestion utilisée à l'URSTM-UQAT est dite semi-quantitative et dissout la quasi-totalité des métaux et anions dans un solide, et non seulement la portion disponible pour l'environnement. Les échantillons initiaux ont donc été soumis à une analyse chimique par ICP-AES suite à une digestion complète par HNO₃/Br₂/HF/HCl aux laboratoires de l'URSTM-UQAT. Cette analyse comprend les éléments suivants : Al, Ba, Bi, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, Pb, S, Sb, Sn, Ti, Zn. Les métaux lourds (As, Be, Bi, Sb, Se, Te) sont aussi analysés par ICP-AES suite à une digestion adaptée à leur nature plus volatile. Une analyse minéralogique semi-quantitative par diffraction des rayons X (DRX) couplée à la méthode Rietveld (1993) a été réalisée sur les deux composites. La semi-quantification obtenue est aussi réconciliée avec les résultats des analyses chimiques pour un meilleur résultat. À ce titre, une estimation du Si par analyse par fluorescence des rayons X (FRX) a aussi été réalisée (en plus des analyses mentionnées ci-dessus). » Ce sont les résultats de cette analyse qui sont présentés à l'Annexe G au tableau 3. Bien que nommés de la même façon, ces résultats « d'essais statiques » ne sont pas des résultats de tests TCLP; ils représentent une indication de la concentration totale des éléments présents dans la phase solide, et non pas une mesure de la concentration des éléments lixiviables. Aucun essai TCLP n'a

été effectué par URSTM sur les échantillons composites soumis aux essais cinétiques en colonne.

Tableau 3 : Composition chimique des composites et résultats des essais statiques

Élément	Unités	LDM	Composite Résidu Mason (U40751)	Composite Minéral Mason (U40757)
Al	mg/kg	60	27800	17470
As	mg/kg	30	110	79
Ba	mg/kg	5	258	132
Be	mg/kg	1	12	8
Bi	mg/kg	5	204	155
Ca	mg/kg	60	15910	12990
Cd	mg/kg	5	35	32
Co	mg/kg	5	88	60
Cr	mg/kg	5	458	491
Cu	mg/kg	10	525	462
Fe	mg/kg	10	206200	147900
K	mg/kg	n/d	14600	7490
Mg	mg/kg	15	9867	8010
Mn	mg/kg	5	1389	1533
Mo	mg/kg	5	203	220
Na	mg/kg	n/d	2740	1420
Ni	mg/kg	5	349	440
Pb	mg/kg	5	293	238
S _{total ICP}	mg/kg	200	115100	78030
Sb	mg/kg	5	439	344
Se	mg/kg	5	607	467
Sn	mg/kg	5	154	96
Te	mg/kg	2	<2	<2
Tl	mg/kg	25	8814	7644
Zn	mg/kg	55	3165	3527

La classification du minéral, des résidus et des stériles a suivi le protocole de la Directive 019 (D019) sur l'industrie minière (MDDEP, mars 2012). Des essais TCLP standards ont été réalisés sur des échantillons de minéral, résidu et stériles lors de l'étude environnementale de base (Roche, 2013), avant la réalisation des essais cinétiques.

Les résultats obtenus « lorsqu'ils sont mis à l'essai conformément à la méthode d'analyse de lixiviation *MA.100-Lix.com*.1.1 (TCLP) » (Roche, 2013) sont repris au Tableau 9, Tableau 10 et Tableau 11 suivants; ils ne montrent aucun dépassement des « critères énoncés dans le Tableau 1 ci-dessous » de la D019 tant pour le minéral, les stériles que les résidus.

Conclusion : les résidus ne sont pas des résidus à risques élevés, mais tombent sous la classification acidogène et lixiviables.

Tableau 8 : Critère de classification de résidu minier à risque élevé (Tableau 1 tiré de D-019, mars 2012)

PARAMÈTRE	CRITÈRE (mg/l)	PARAMÈTRE	CRITÈRE (mg/l)
Arsenic	5.0	Mercure	0.1
Baryum	100	Nitrates + nitrites	1000
Bore	500	Nitrites	100
Cadmium	0.5	Plomb	5.0
Chromé	5.0	Sélénium	1.0
Fluorures totaux	150	Uranium	2.0

Tableau 9 : Concentration dans le minerai (5 échantillons) des paramètres listés au Tableau 1 de la D019 et comparaison avec les critères pour la détermination des résidus miniers à risques élevés

Paramètre	Concentration moy. (mg/l)	% du critère Tableau 1 (D019) (mg/l)	Concentration max. (mg/l)	% du critère Tableau 1 (D019) (mg/l)	Paramètre	Concentration moy. (mg/l)	% du critère Tableau 1 (D019) (mg/l)	Concentration max. (mg/l)	% du critère Tableau 1 (D019) (mg/l)
Arsenic	0,007	0,14	0,025	0,5	Mercuré	<0,0005	<0,05 %	<0,0005	<0,05
Baryum	0,0111	0,0111	0,029	0,029	Nitrates + nitrites	n.d.	-	n.d.	-
Bore	<0,05	<0,01	<0,05	<0,01	Nitrites	n.d.	-	n.d.	-
Cadmium	0,008	1,6	0,014	2,8	Plomb	0,25	5,0 %	0,57	11,4
Chrome	<0,007	<0,14	<0,007	<0,14	Sélénium	0,0032	0,32 %	0,004	0,4
Fluorures totaux	n.d.	-	n.d.	-	Uranium	0,052	2,6 %	0,069	3,45

Tableau 10 : Concentration dans les stériles (15 échantillons) des paramètres listés au Tableau 1 de la D019 et comparaison avec les critères pour la détermination des résidus miniers à risques élevés

Paramètre	Concentration moy. (mg/l)	% du critère Tableau 1 (D019) (mg/l)	Concentration max. (mg/l)	% du critère Tableau 1 (D019) (mg/l)	Paramètre	Concentration moy. (mg/l)	% du critère Tableau 1 (D019) (mg/l)	Concentration max. (mg/l)	% du critère Tableau 1 (D019) (mg/l)
Arsenic	0,01	0,2	0,078	1,56	Mercuré	<0,0005	<0,05	<0,0005	<0,05
Baryum	0,066	0,066	0,17	0,17	Nitrates + nitrites	n.d.	-	n.d.	-
Bore	<0,05	<0,01	<0,05	<0,01	Nitrites	n.d.	-	n.d.	-
Cadmium	0,002	0,4	0,019	3,8	Plomb	0,051	1,02	0,51	10,2
Chrome	0,01	0,2	0,025	0,5	Sélénium	0,001	0,1	0,003	0,3
Fluorures totaux	n.d.	-	n.d.	-	Uranium	0,0077	0,385	0,021	1,05

Tableau 11 : Concentration dans les résidus (3 échantillons) des paramètres listés au Tableau 1 de la D019 et comparaison avec les critères pour la détermination des résidus miniers à risques élevés

Paramètre	Concentration max. (mg/l)	% du critère Tableau 1 (D019) (mg/l)	Paramètre	Concentration max. (mg/l)	% du critère Tableau 1 (D019) (mg/l)
Arsenic	0,003	0,06	Mercure	<0,0005	<0,05
Baryum	0,096	0,096	Nitrates + nitrites	n.d.	-
Bore	<0,05	0,01	Nitrites	n.d.	-
Cadmium	0,016	3,2	Plomb	0,023	0,46
Chrome	<0,007	<0,14	Sélénium	0,004	0,4
Fluorures totaux	n.d.	-	Uranium	0,36	18,

- b) Il doit présenter les résultats des tests pour tous les éléments d'intérêt environnemental détectés dans les lixiviats des essais cinétiques en colonne, et non seulement pour les concentrations de métaux normés à l'effluent minier. Ceci concerne particulièrement le Ba, Cd, Cr, Hg, Pb et Se qui sont normés dans le *Règlement sur les matières dangereuses*, ainsi que dans la *Directive 019* pour les résidus « à risques élevés ».

Réponse QC-15b

Les résultats pour tous les métaux testés dans le cadre des essais cinétiques en colonne, pour des échantillons composites de minerai et de résidus miniers, sont présentés à l'Annexe 3F. Il est à noter que les concentrations correspondent aux charges cumulatives après 12 passages d'eau dans les colonnes, sur une période de 400 jours (URSTM, 2016).

QC-16 Réponse QC-14 d.

Les tests cinétiques sur les résidus miniers ont démontré qu'il n'y a aucun délai de latence dans la génération acide lorsque le minerai ou les résidus miniers entrent en contact avec l'air ou avec l'eau.

Afin de retarder le début du processus de génération d'acide, l'initiateur indique qu'il prévoit ajouter de la chaux aux résidus miniers. Toutefois, la quantité optimale de neutralisants à utiliser n'est pas encore fixée. Considérant ce qui précède :

- a) L'initiateur doit démontrer que cette méthode est techniquement et économiquement réalisable. Pour ce faire, il doit présenter les derniers résultats des essais cinétiques et les résultats de l'URSTM visant à trouver une quantité optimale de neutralisants pour permettre la restauration du parc à résidus avant la génération du drainage minier acide.

Réponse QC-16a

À la lumière des discussions récentes entre Mason Graphite et URSTM, l'option de neutralisation des résidus à la chaux comporte encore trop d'incertitudes techniques pour que Mason Graphite s'y commette.

- b) L'initiateur doit indiquer si la présence de chaux mélangée aux résidus miniers aura un impact sur la cohésion de ceux-ci et, par conséquent, sur la gestion des résidus miniers.

Réponse QC-16b

Ainsi, Mason Graphite s'engage à respecter les exigences de la Directive 019 pour la disposition de résidus miniers lixiviables. La conception du site de disposition des résidus filtrés est en cours de développement afin d'intégrer les contraintes hydrologiques et hydrogéologiques du terrain. Une note technique complémentaire, décrivant les détails de construction du site de disposition, son mode de gestion des eaux de ruissellement et de percolation et son mode de traitement de l'effluent final sera préparée et soumise au MDDELCC. Cette note inclura notamment le résultat de la modélisation hydrogéologique présentement en cours afin de préciser les impacts attendus sur les eaux souterraines du secteur. Voir Annexe 3E.

QC-17 Réponse QC-15

Puisque les rapports présentés à l'annexe H sont rédigés en anglais, l'initiateur doit fournir un résumé en français des principaux résultats des essais d'autochauffage et d'explosivité.

Réponse QC-17 :**Synthèse des résultats des tests d'autochauffage :**

Des tests d'autochauffage ont été réalisés par la firme Nessesetech au début de 2015 sur des échantillons de résidus, de minerai (particules fines), de concentré et de stériles produits en laboratoire par COREM sur le gisement de graphite-pyrrhotite-pyrite-phyllsilice du Lac Guéret. Ces tests ont été réalisés sur des échantillons d'environ 1,5 kg de chaque type de matériel, qui contiennent tous entre 20 % et 40 % de pyrrhotite. Les tests ont appliqué la méthode établie par Rosenblum, Nessel & Spira (Bulletin CIM, Nov & Déc 2001), qui permet de déterminer le potentiel d'autochauffage des échantillons (ou *self-heating capacity*, SHC) lorsqu'exposés à des températures de 70 °C (stade A) et 140 °C (stade B) pendant 50 heures pour chaque stade. Les résultats sont exprimés en joules/grammes (J/g). Les résultats sont ensuite interprétés en termes niveau de risque standards selon une échelle logarithmique comparative des résultats des tests de stades A et B. Le Tableau 12 ci-dessous présente les résultats des tests d'autochauffage en J/g, alors que la Figure 7 illustre les résultats des tests effectués.

Tableau 12 : Niveaux d'auto-chauffage en Stades A & B pour les échantillons testés (J/g).

Échantillon	Stade A (J/g)	Stade B (J/g)
Résidus	44,5	225
Minerai (fin)	2,8	318,2
Concentré	0	5,4
Stériles 1	13,4	76,8
Stériles 2	24,9	60,3
Stériles 3	17,0	63,7
Stériles 4	16,3	56,0
Stériles 5	20,0	45,8
Stériles (moyenne)	18,32	60,52

(en pj)

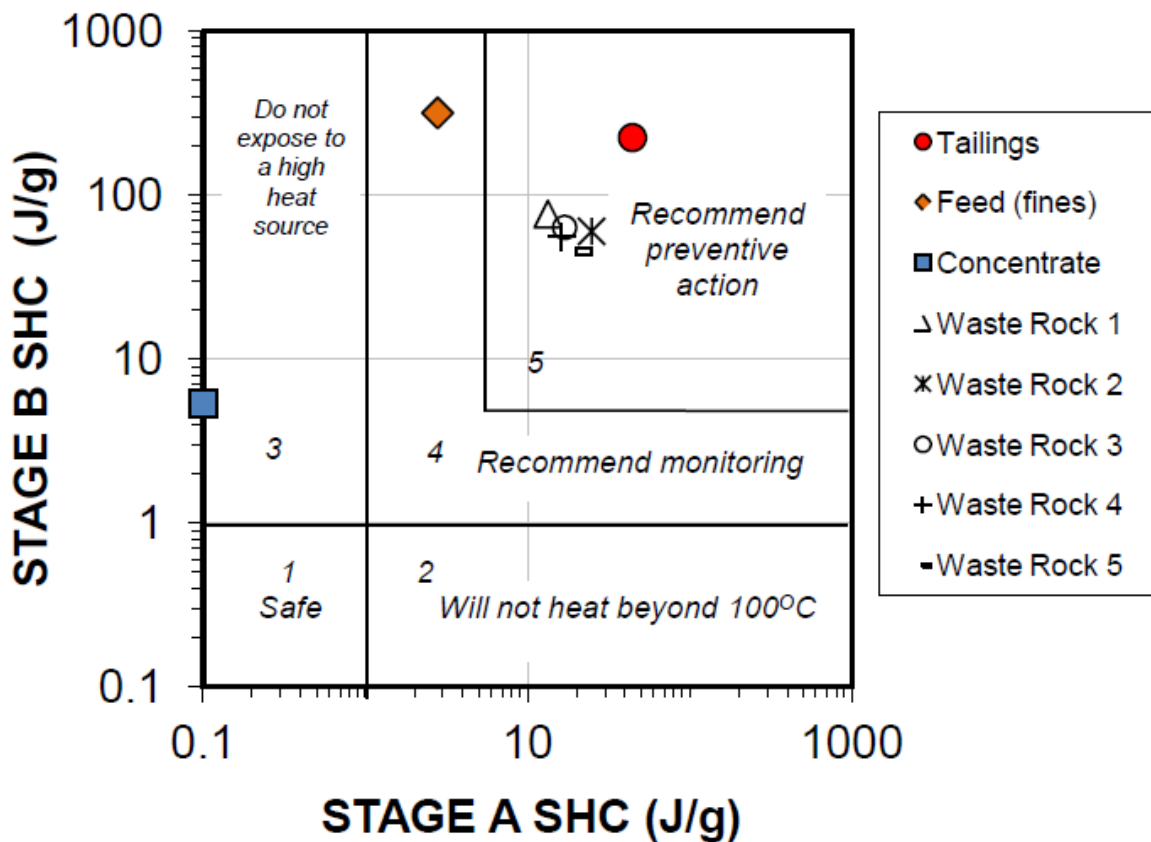


Figure 7 : Niveaux d'autochauffage en stades A et B pour les échantillons testés (J/g)

Les résultats montrent que:

- L'échantillon le plus réactif est celui des résidus (région de risque no 5 – Action préventive recommandée). La Figure 8 illustre la hausse de température de l'échantillon de résidus pendant le test en laboratoire.
- Les deuxièmes plus réactifs sont les échantillons de stériles (Ibid.).
- Viennent ensuite les échantillons de particules fines de minerai, qui a une réactivité limitée au stade A mais une réactivité élevée au stade B (région de risque 4 – suivi recommandé).
- L'échantillon le moins réactif est le concentré, qui ne montre aucune réactivité en Stade A et une réactivité intermédiaire en stade B (région de risque 3 – Ne pas exposer à une source de chaleur élevée).

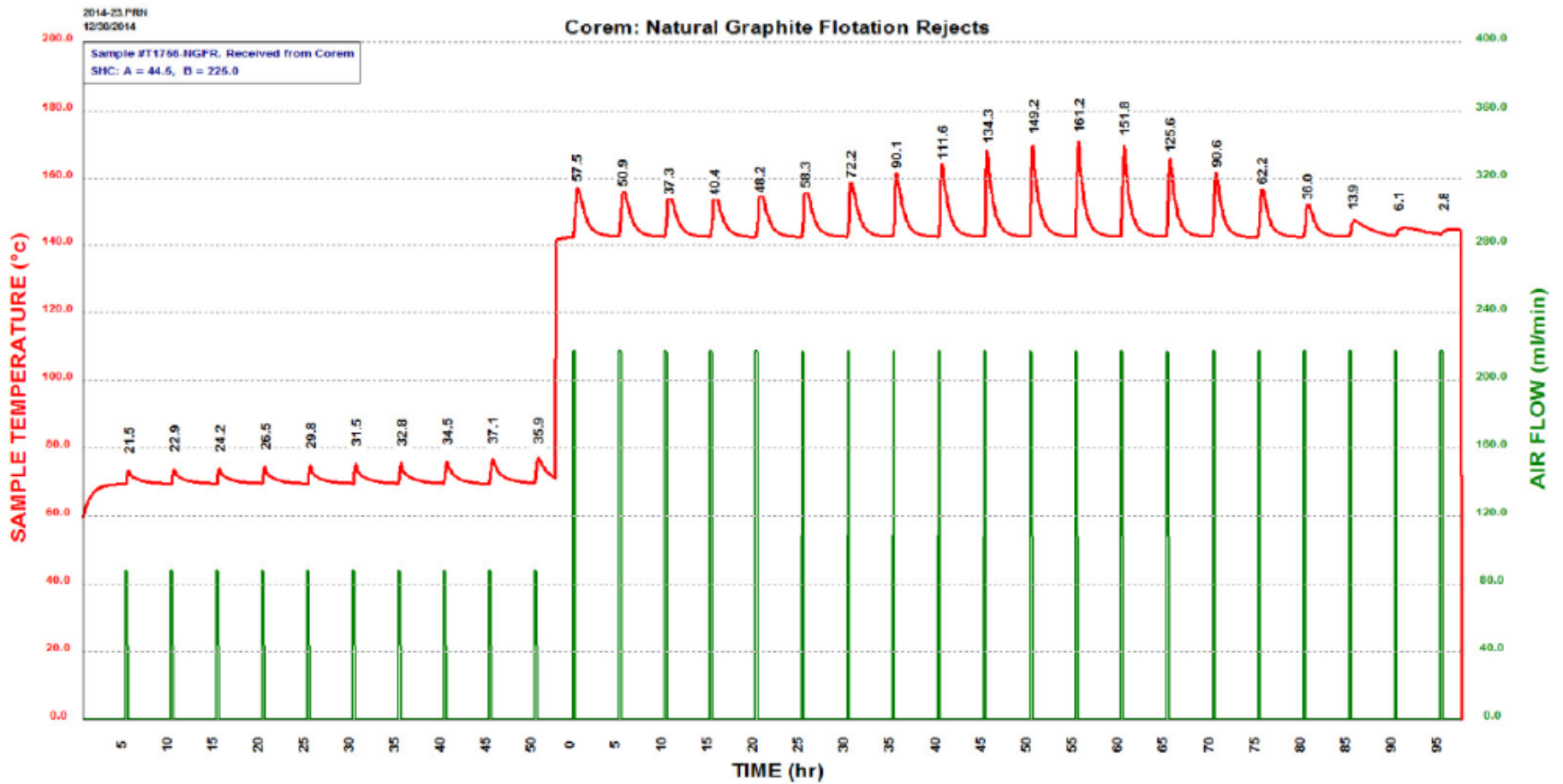


Figure 8 : Hausse de température de l'échantillon de résidus pendant le test en laboratoire

Le rapport propose l'hypothèse que la réactivité faible observée pour l'échantillon de minerai puisse être expliquée par la présence de carbone, qui pourrait compétitionner avec les minéraux sulfureux pour l'oxygène disponible. Il est noté que la réactivité des matériaux sur le site dépendra également du niveau d'altération chimique du matériel, des conditions d'entreposage, de la température ambiante, et du niveau d'humidité.

Synthèse des résultats des tests d'explosivité

La firme Dekra a réalisé des tests d'explosivité sur des poussières de graphite (telle que reçues et séchées) et du dépoussiéreur en 2015. La méthode utilisée est décrite par Bartknecht (1989), telle que préconisée dans les normes ASTM E1226 (*Standard Test Method for Explosibility of Dust Clouds*) et ASTM E1515 (*Standard Test Method for the Minimum Explosible Concentration*). Cette méthode consiste en les étapes suivantes :

1. Tester la réactivité d'échantillons de 0,5 à 1 gramme de poussières lorsque celle-ci est dispersée dans un tube de verre de 1,2 L à une pression de dispersion spécifique, à travers lequel on fait passer une décharge en continu entre deux électrodes connectées à un transformateur à voltage élevé;
2. Le test est répété avec un échantillon tamisé pour conserver seulement les particules les plus fines (moins de 50 µm);
3. Les échantillons tamisé et non tamisés sont ensuite séchés à 105 °C pendant une heure;
4. Des tests sont répétés à différentes pressions de dispersion;
5. Finalement, tous les échantillons sont dispersés dans un contenant de 20 L en acier inoxydable et exposés à une source d'ignition de 10J.

Les échantillons sont considérés « explosibles » si une flamme se propage à partir de l'arc électrique continu à l'une ou à l'autre des étapes 1 à 4, et si les tests à l'étape 5 montrent une pression d'explosion de 1,0 bar ou plus, ou si le ratio de pression est supérieur à 2.

L'ensemble des tests effectués démontrent l'absence de potentiel d'explosivité pour les échantillons examinés, étant donné qu'aucune ignition n'aura été observée pour l'ensemble des cinq étapes du processus.

QC-18 Réponse QC-17 c. et d. et QC-38 b. d. et e.

Selon le rapport des essais cinétiques effectués par l'URSTM (Annexe G), le minerai démontre un potentiel de génération d'acide et un risque de lixiviation pour plusieurs métaux. En vertu de la Directive 019 (section 2.8), à moins d'en démontrer l'impossibilité technique, lorsque le minerai possède les mêmes caractéristiques que les résidus miniers lixiviables, acidogènes ou à risques élevés, l'entreposage et le chargement de celui-ci doivent être effectués sous abri et sur une surface étanche et équipée d'un système de récupération des eaux de lixiviation. Compte tenu de ce qui précède, l'initiateur doit :

- a) s'engager à aménager la pile du minerai au site de la mine à l'abri des précipitations, comme au site du concentrateur.

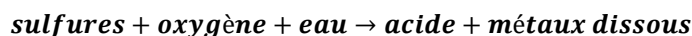
Réponse QC-18a :

Mason Graphite a suivi les prescriptions de la Directive 019 en matière de gestion du minerai et du concentré. Selon la section 2.8 de la Directive 0-19 (mars 2012), l'entreposage, le chargement et le déchargement de minerai peuvent être faits à ciel ouvert. Selon cette même section, « *Lorsque le minerai enrichi ou le concentré possèdent les mêmes caractéristiques que des résidus miniers... l'entreposage, le chargement et de déchargement de minerai enrichi ou de concentré doivent être effectués sous abri [...]* ». Mason Graphite ne compte pas entreposer de minerai enrichi : seul du minerai directement extrait de la mine et non concassé sera entreposé en attente de chargement sur les camions et manutentionné à ciel ouvert. Le minerai sera empilé brièvement pour son transfert entre les camions de la mine et son chargement dans les camions de transport vers Baie-Comeau.

- b) démontrer clairement que les aires d'entreposage du minerai sur les deux sites seront aménagées de manière à éviter toute dégradation significative de la qualité des eaux souterraines. Pour le faire, l'initiateur pourrait :
- o démontrer que les mesures d'étanchéité naturellement présentes sur les deux sites sont suffisantes pour assurer la protection adéquate des eaux souterraines sous-jacentes aux aires d'entreposage du minerai. La démonstration doit être basée sur les résultats des forages réalisés aux endroits où les futures piles seront aménagées ainsi que sur les propriétés hydriques des sols mesurées in situ ou en laboratoire;
 - o étanchéiser totalement la fondation des piles à minerai;
 - o étanchéiser les endroits critiques, c'est-à-dire, les endroits propices à l'infiltration des lixiviats vers la nappe phréatique comme les crêtes rocheuses fracturées ou les zones avec de faibles épaisseurs des dépôts meubles peu perméables;
 - o démontrer par une modélisation numérique que l'aménagement des aires d'entreposage permettra le respect des objectifs de la protection des eaux souterraines de la Directive 019.

Réponse QC-18b :

Site de l'usine : Le minerai sera stocké en plus grande quantité et pour une plus grande période de temps au site de l'usine. Afin de prévenir la formation de DMA et les risques de contamination de l'eau souterraine, celui-ci sera entreposé en une pile couverte par une bâche, à l'abri des précipitations, ce qui réduira à la source les eaux en contact avec le minerai. Si aucune eau n'est apportée par les précipitations alors le minerai entreposé dans la pile ne devrait pas générer d'eaux acides puisque pour que les réactions d'oxydation menant aux problématiques de DMA et au lessivage de métaux surviennent il doit y avoir présence de sulfures, d'eau et d'oxygène. Si un des éléments de l'équation suivante n'est pas présent alors les réactions de génération d'acide ne se produiront pas.



Site de la mine : La Figure 9 présente une vue en plan du site de la mine avec le bassin versant avant et après le début des activités minière. On voit que suite au début des opérations minières le bassin versant associé à la fosse s'agrandit à l'ouest et à l'est. Ainsi l'aire de transition devrait être placée dans la zone limitée par la ligne orange qui correspond au futur bassin versant associé à la fosse, pour que cette structure se trouve dans la zone où les eaux de ruissellement sont drainées vers la fosse.

Au site de la mine, on anticipe qu'après quelques années d'exploitation de la fosse et avec la mise en place d'un système de pompage au fond de celle-ci, les eaux qui pourraient ne pas être captées (s'il y en a) par le système de collecte sous l'aire de transition, seront dirigées par l'écoulement souterrain vers le fond de la fosse suite à la formation d'un piège hydraulique. La Figure 10 est une représentation conceptuelle du système de piège hydraulique qui devrait se créer autour de la fosse le long de la coupe fosse sud qui intercepte les possibles endroits où la fosse serait placée. Un piège hydraulique se crée lorsque le pompage de l'eau pour abaisser le niveau de la nappe au fond d'une fosse dirige les gradients hydrauliques vers celle-ci et crée une zone d'influence dans laquelle les eaux souterraines sont collectées en fond de fosse. Une modélisation hydrogéologique en 3D est en cours pour confirmer l'étendue du cône de rabattement qui se formera autour de la fosse et sera déposée au cours du mois de mai 2017.

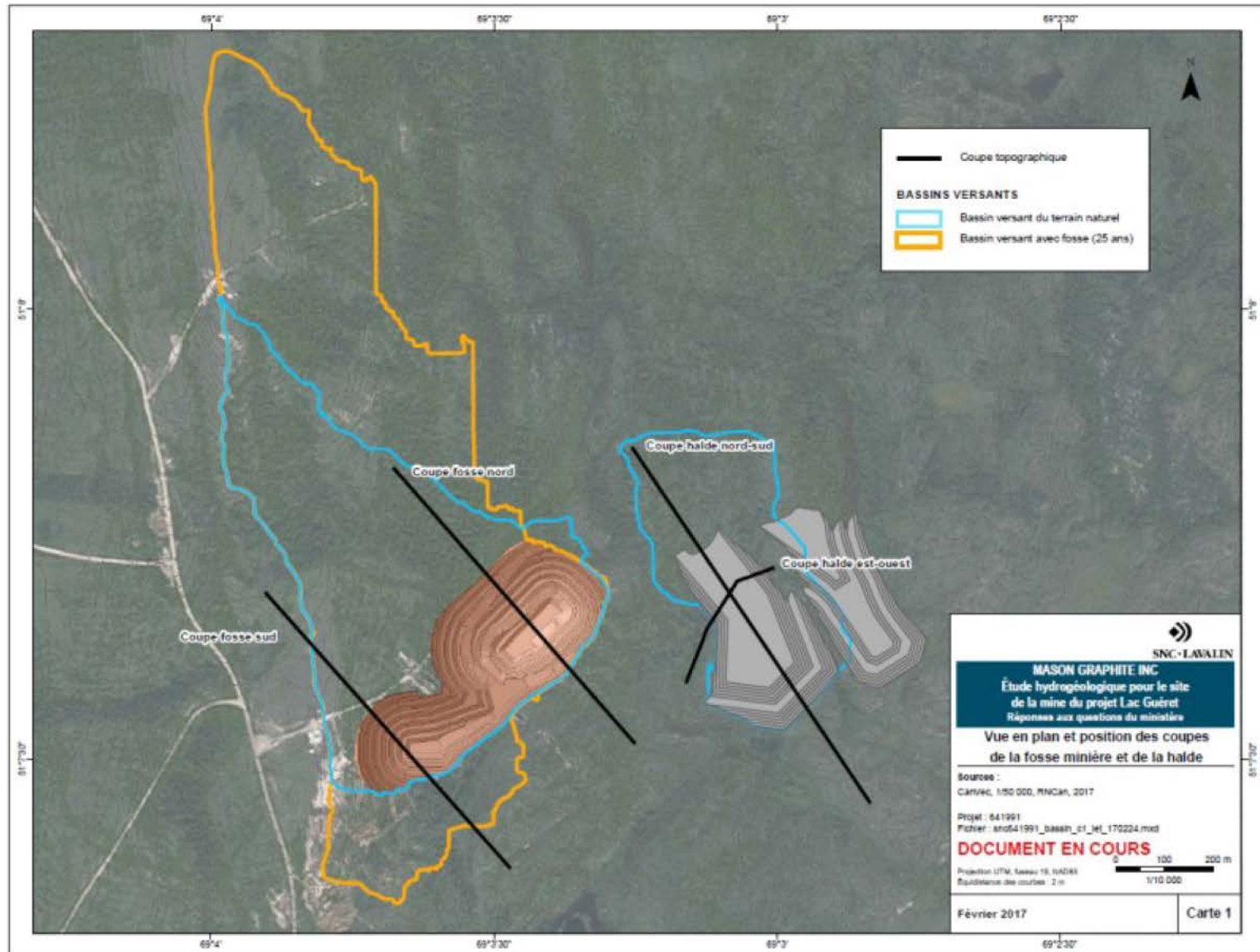


Figure 9 : Vue en plan et position des coupes de la fosse minière et de la halde

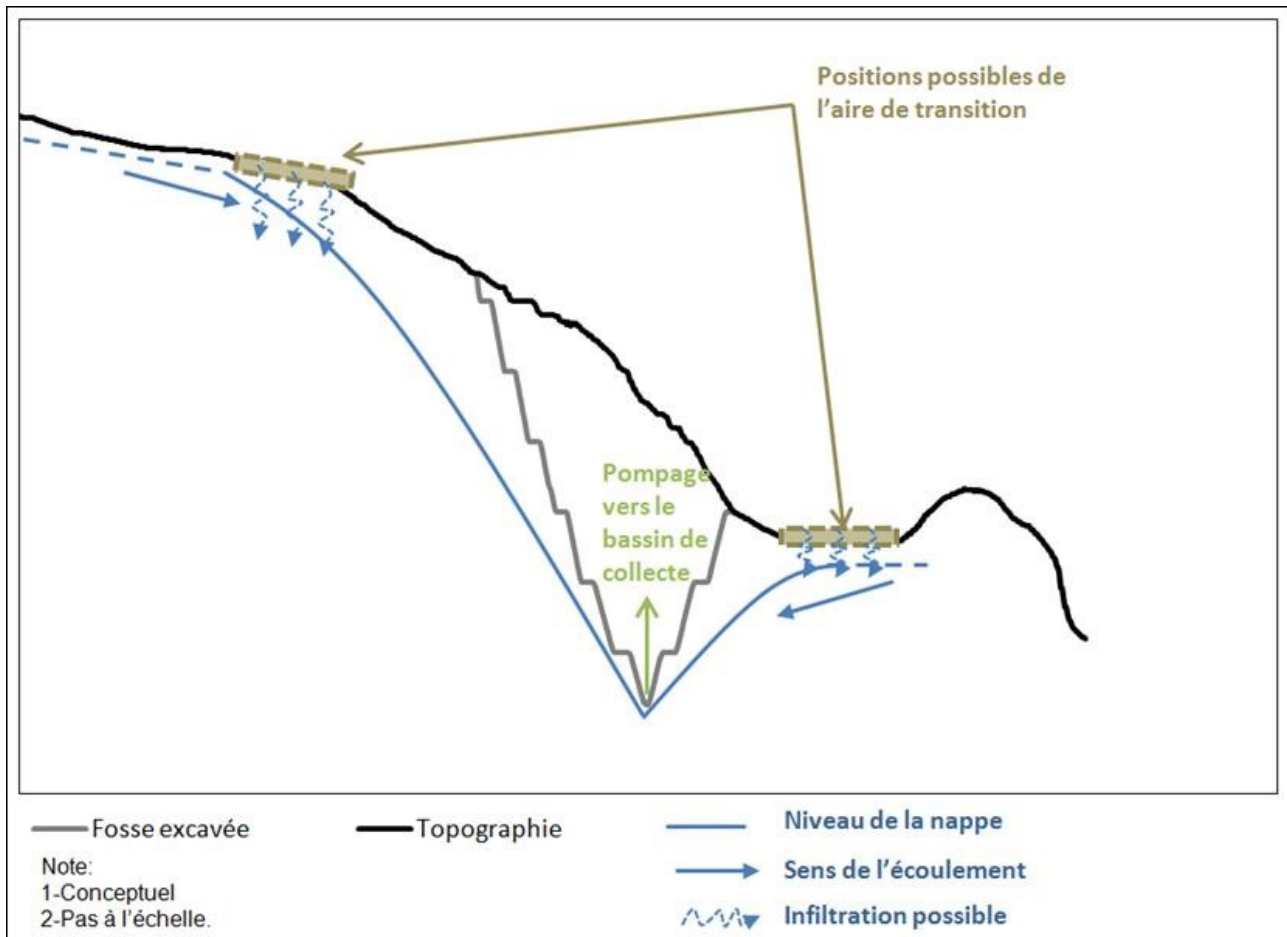


Figure 10 : Vue en coupe de la partir sud de la fosse minière avec présentation du concept de piège hydraulique

Afin d'assurer une protection adéquate de la fondation de l'aire d'entreposage, de concassage et de chargement du minerai (aire de transition au site de la mine et pile de minerai au site de l'usine), ces dernières seront profilée avec une pente de 2 % puis une couche de matériel granulaire de forte perméabilité sera mise en place afin de favoriser l'écoulement des eaux de contact vers un effluent unique. La Figure 11 montre une vue en plan et une coupe de la structure proposée pour favoriser le ruissellement et prévenir l'accumulation d'eau sur la fondation et ainsi réduire l'infiltration dans le sol naturel sous-jacent. De plus, avant l'aménagement des plateformes de minerai, autant à la mine qu'à l'usine, Mason Graphite s'engage à sceller, au besoin les fractures du roc sous-jacent afin de prévenir toute infiltration d'eau de contact.

L'approche préconisée est l'enlèvement des dépôts meubles et/ou le dynamitage de la roche mère pour la « mise en pente » ($\approx 2\%$) et l'ajout de 0,3 m d'une couche granulaire perméable. Au site de l'usine, l'aire de déchargement sera ceinturée de fossés afin de recueillir les eaux de contact et les diriger vers le bassin de collecte des eaux de contact, d'une capacité maximale de 2800 m³, conçu pour une crue de récurrence 1 : 100 ans avec fonte de neige moyenne, et dont le fond aura été recouvert d'une membrane étanche (voir

Figure 12). Cette eau sera traitée avant son rejet à l'environnement. De plus, l'aire de déchargement sera ceinturée de bermes afin de circonscrire les eaux de contacts de surface à l'intérieur et de prévenir la venue d'eaux propres dans et sous la pile de minéral. Cette couche granulaire servira aussi d'une barrière additionnelle entre la nappe souterraine et la pile de minéral. En effet, cette couche granulaire prévient la remontée capillaire d'eau vers le minéral grâce à sa granulométrie grossière.

Les drains de pourtour qui dirigent l'eau depuis la pile de minéral vers le bassin de collecte des eaux de contact à l'usine, et depuis l'aire de transition vers la fosse ou le bassin de contrôle à la mine, seront imperméabilisés grâce à la mise en place d'une géomembrane étanche, car l'eau peut s'accumuler dans ces structures et créer des plans d'eau qui augmentent le potentiel d'infiltration dans le sol comparativement à une eau qui ruisselle et ne stagne pas. Si requis ces drains de pourtour pourront être excavés jusqu'à l'argile ou le roc afin d'assurer que toute l'infiltration d'eaux dans les dépôts meubles sera captée par les drains.

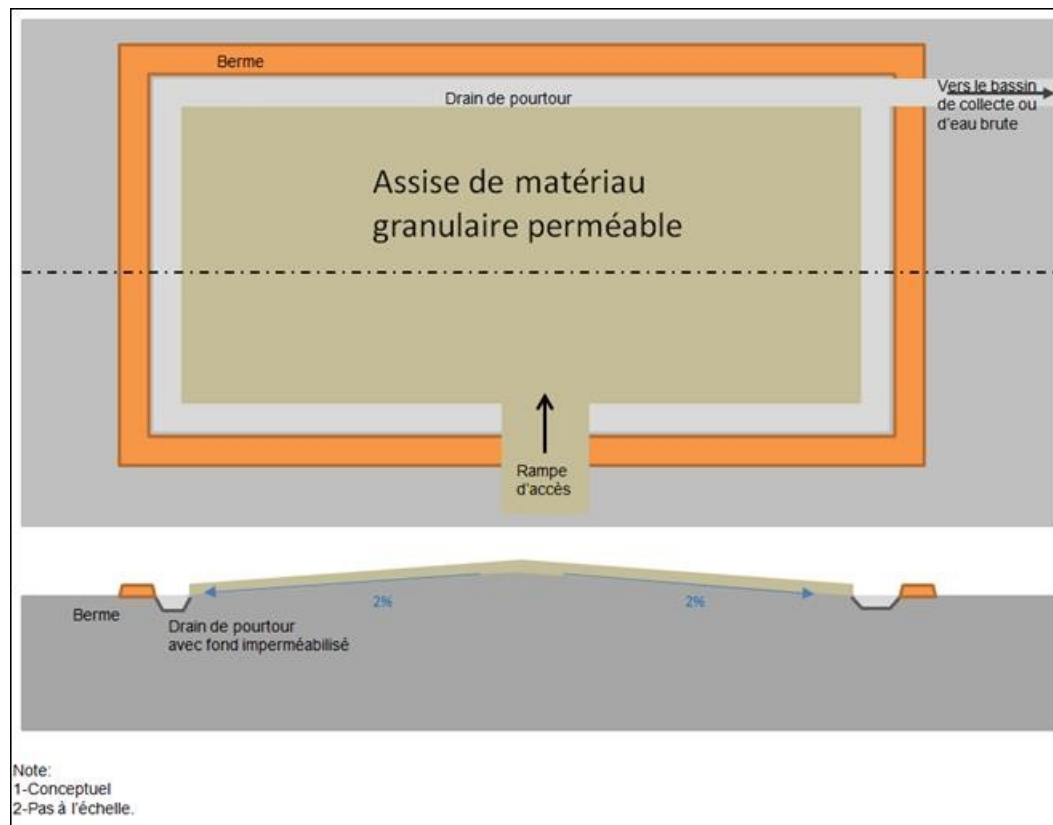


Figure 11 : Assise et fondation des zones d'accumulation du minéral (pile de minéral et aire de transition)

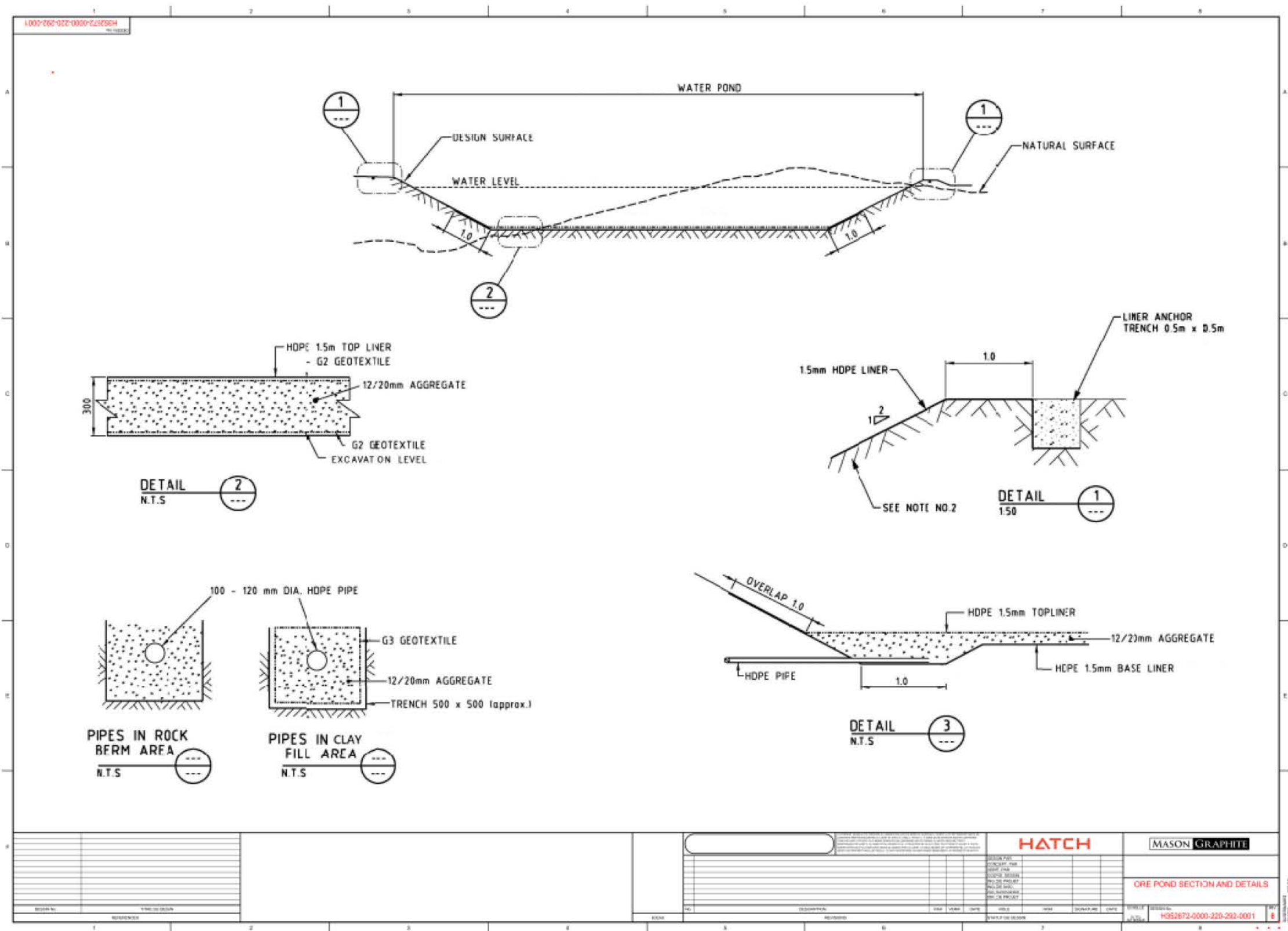


Figure 12 : Schéma illustrant une conception-type pour le bassin de collecte des eaux de contact provenant de la pile de minerai, au site du concentrateur

- c) discuter des moyens qui seront utilisés pour restaurer les aires d'entreposage du minerai, tant au site minier qu'au site du concentrateur.

Réponse QC-18c :

Au moment de la restauration, les aires d'entreposage seront démantelées, et les matériaux d'excavation seront gérés conformément aux règlements en vigueur. Les sites seront ensuite végétalisés.

QC-19 Réponse QC-19 a.

Selon les résultats de simulation des débits de l'effluent présentés dans le tableau 4-7 du document de réponse, il n'est généralement pas prévu d'avoir un effluent final pendant les mois d'hiver à l'exception de quelques années, notamment les années 4, 8, 9, 11, 17, et pendant le mois de juillet.

- a) L'initiateur doit expliquer les raisons pour lesquelles le rejet de l'effluent final en hiver est attendu seulement pour ces années.

Réponse QC-19a :

Les prévisions météorologiques utilisées comme bases de modélisation ont pour résultat des périodes où aucune eau de ruissellement ne se retrouve dans le bassin de contrôle durant certaines périodes plus sèches, notamment durant l'hiver et durant le mois de juillet. Les fluctuations modélisées d'une année à l'autre sont uniquement associées aux fluctuations possibles des conditions météorologiques alors que les activités minières seront sensiblement les mêmes d'une année à l'autre.

- b) L'initiateur doit expliquer comment les eaux d'exhaure seront gérées pendant l'arrêt de l'effluent final en été.

Réponse QC-19b :

En été, les eaux d'exhaure continueront d'être pompées vers le bassin de contrôle, et y seront accumulées jusqu'à ce que le niveau d'eau dans le bassin nécessite une vidange à l'environnement. Cette vidange du bassin de contrôle se fera évidemment via l'unité de traitement de l'effluent final. L'unité de traitement demeurera disponible et utilisable en été si une quantité suffisante d'eaux d'exhaure nécessite un rejet au milieu récepteur.

QC-20 Réponse QC-21 a. et QC-34

L'initiateur doit fournir de plus amples renseignements sur les mesures d'étanchéité naturellement présentes sur place ou qu'il envisage de mettre en place sous la halde à stériles afin d'éviter toute dégradation significative de la qualité des eaux souterraines. Notamment, l'initiateur doit:

- a) préciser quelles sont les hypothèses « réaliste, mais conservatrice » qui ont été retenues pour le calcul du taux de percolation sous la halde à stériles ;

Réponse QC-20a :**Stratigraphie au site de l'usine et la halde de stériles**

La stratigraphie prévalant au site de la mine a été déterminée à partir des forages BH-14-01 à BH-14-09. Les unités stratigraphiques au site de la mine sont les suivantes :

- Une couche superficielle composée de matière organique de moins de 0,1 m d'épaisseur a été identifiée au BH-14-09 et BH-14-10.
- Un horizon de sable perméable (dépôt de moraine dont les particules fines ont été lessivées) a été rencontré localement dans le forage BH-14-09 et dans un point bas topographique. La conductivité hydraulique présumée de cet horizon est de 5×10^{-03} m/s.
- Un dépôt de till peu perméable et de faible épaisseur (moyenne de 4 m) qui limite l'infiltration des eaux de précipitations et de ruissèlement a été rencontrée sur la vaste majorité du futur projet minier à l'étude. Les valeurs typique pour du till glaciaire varie enter 1×10^{-06} m/s et 1×10^{-10} m/s (Freeze and Cherry, 1979). Cette valeur de conductivité hydraulique présumée témoigne d'un milieu superficiel modérément à peu perméable qui réduit en partie la recharge verticale vers le milieu rocheux sous-jacent.
- Le socle rocheux, atteint dans tous les forages, possède un réseau de fracturation plus ou moins ouvertes. Des essais « *packers* » réalisés dans l'unité de roc, ont donné une conductivité hydraulique moyenne de $1,95 \times 10^{-07}$ m/s (plage de valeurs allant de $4,1 \times 10^{-06}$ m/s à inférieure à $1,00 \times 10^{-07}$ m/s [limite de l'appareil]).

En regardant la topographie dans l'empreinte de la halde, et en la comparant avec ce qui a été observé dans les forages réalisés ailleurs au site, l'on peut s'attendre à ce que le roc soit relativement affleurant avec une épaisseur de till de 1 à 4 m dans les pentes tel qu'observé aux forages BH-14-04, BH-14-07 et BH-14-08. Cependant, dans la zone de plateau, il est probable de rencontrer une épaisseur un peu plus importante de till (5-6 m) telle qu'observée au BH-14-06.

La profondeur de la nappe au site de la mine est variable. Dans les points bas et les plateaux, elle est affleurante alors que dans les points topographiques élevées elle peut atteindre jusqu'à 17 m de profondeur. La profondeur moyenne de la nappe est de 7,7 m et l'eau souterraine s'écoule des affleurements rocheux situés à l'ouest du site vers un ruisseau situé à l'est dans un point bas. Suite à la mise en place de la fosse et du système de pompage l'écoulement souterrain sera modifié.

Explication des débits de percolation de la halde vers la fondation de la halde

La Error! Reference source not found. présente une coupe-type nord-sud de la halde. Les principales caractéristiques de la halde sont :

- Les stériles sont déposés en flanc de colline, et la halde est rehaussée graduellement.
- Les sections où la déposition est terminée seront restaurées par végétation au fur et à mesure (restauration progressive). Le recouvrement devrait limiter l'infiltration et favoriser le ruissèlement en surface et l'évapotranspiration avec la présence de végétation.

- **La halde sera ceinturée par des drains de pourtour qui dirigeront l'eau qui s'exfiltre de la halde vers le bassin de collecte.**
- **Les eaux propres provenant de l'amont hydraulique seront déviées vers le milieu naturel situé en aval.**
- **Les pentes du terrain naturel sous la halde sont de 20 % à 30 %, ce qui favorise grandement le ruissellement de l'eau et limitera l'infiltration d'eau vers l'écoulement souterrain. Au sujet de la topographie, peu d'accumulation d'eau est à prévoir vers la fondation de la halde dans ces zones où les eaux de précipitation qui percoleront dans la halde ruisselleront jusqu'à atteindre le système de drainage en périphérie.**

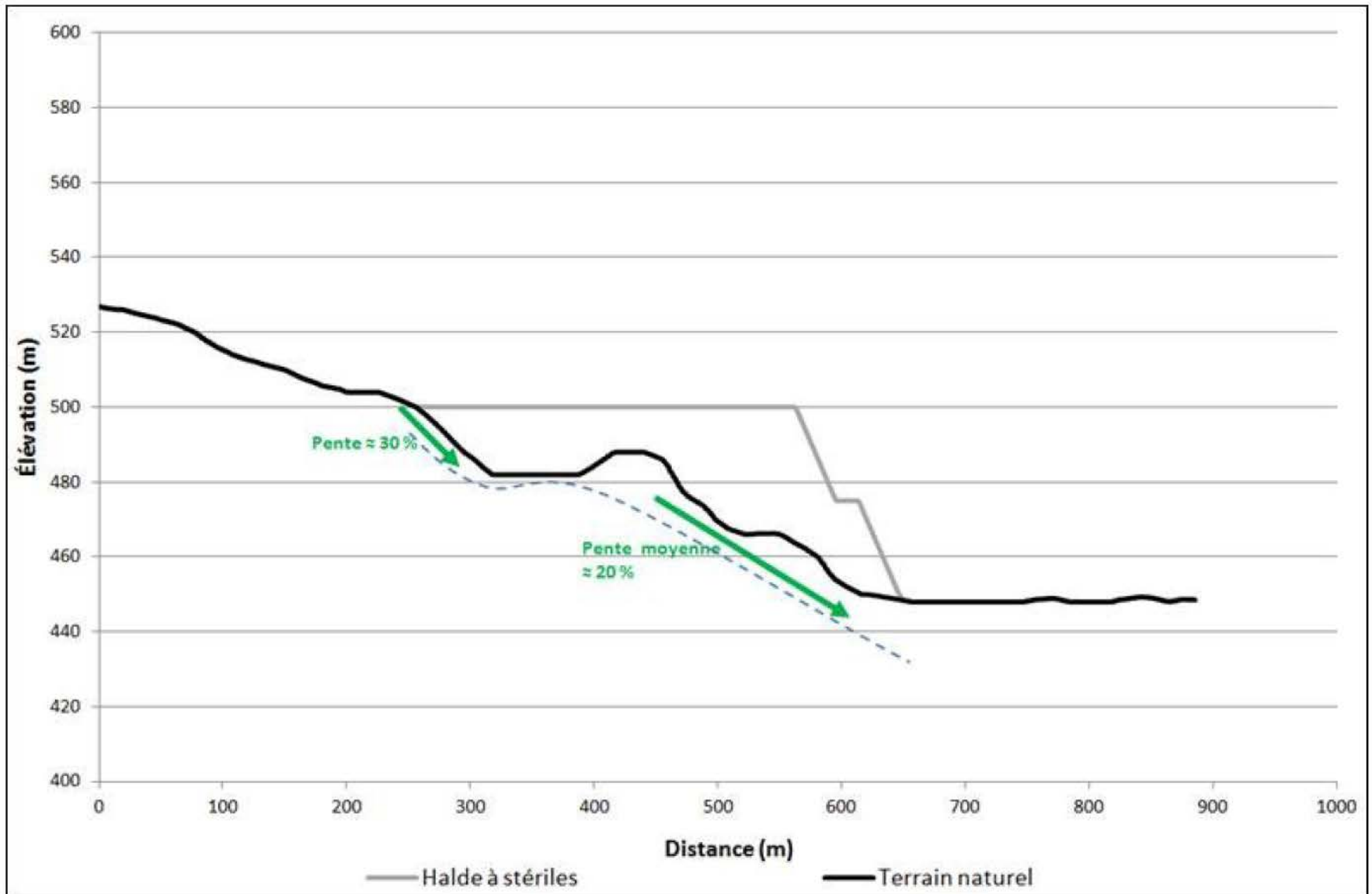


Figure 13 : Coupe-type nord -sud de la halde

- b) préciser les conditions sous lesquelles le taux de percolation maximum probable sous la halde à stériles a été obtenu en expliquant si le calcul a été réalisé en prenant en considération la pluie maximale probable et en précisant si les endroits les plus critiques sous la future halde à stériles ont été pris en considération;

Réponse QC-20b :

Il est important de quantifier l'infiltration (I) probable par rapport aux précipitations (P) reçues et au contexte de la zone du projet. Les données hydrologiques sont tirées du rapport de Hatch (2016) sur la gestion des eaux au concentrateur. Les données de précipitations proviennent de la station Baie-Comeau (Environnement Canada) et sont la moyenne des valeurs mensuelles obtenues pour la période de 1981-2010. Ainsi, voici les données d'entrée considérées pour le calcul de la recharge :

1. Les précipitations annuelles dans la zone du projet sont 1001 mm/an (Hatch, 2016).
2. L'évapotranspiration est négligée puisqu'on ne considère pas le recouvrement revégété qui sera mis en place pour fermeture.
3. Calcul du ruissellement en surface de la halde et sur le terrain naturel à la base de la halde au contact avec la surface naturelle :

A. Calcul du ruissellement sur la halde

Sol de catégorie A : sols présentant des taux élevés d'infiltration même lorsque saturés et étant principalement constitués en profondeur de sable ou gravier bien drainés ou excessivement bien drainés. Ces sols possèdent un haut taux de transmission de l'eau infiltrée.

- Pente 1,5 :1 (65 %) dans les pentes et plat en surface : catégorie de la pente = plat
- $Cr_1 = 0,08$
- Ruissellement sur la halde = $0,08 \times 1001 = 80$ mm/an

B. Calcul du ruissellement en fond de halde

Sol de catégorie C : sols présentant des taux d'infiltration lents lorsque saturés, composés principalement de sols avec une couche qui retarde le mouvement vertical de l'eau ou de sols avec une texture modérément fine à fine. Ces sols ont un taux de transmission de l'eau que l'on peut qualifier de faible.

- Pente de 20 % et de 30 % : catégorie de la pente = montagneux
- $Cr_2 = 0,56$
- Ruissellement sous la halde = $0,56 \times 1001 = 560$ mm/an

Ainsi, l'on obtient une infiltration potentielle au fond de la halde :

- $I = P - \text{Évapo.} - \text{Ruissellement}$
- $I = 1001 - 0 - 80 - 560$
- $I = 361$ mm/an = $0,361$ m/an x $1 \text{ m}^2 = 0,98$ L/m²/jour (pour une surface de 1 m²)

Ainsi, si toute l'eau qui ne ruisselle pas s'accumule au fond de la halde et s'infiltré dans le sol sous-jacent suivant un gradient hydraulique de 1 (sol en surface saturée qui ne présente pas un frein à l'entrée d'eau) l'on obtient un débit en fond de halde de 1L/m²/jour en deçà de 3,3 l/m²/jour. Il est important de noter que l'évaporation en surface du recouvrement suite à la fermeture n'a pas été considérée (évapotranspiration =0).

Si l'on utilise le calcul de Darcy pour évaluer la percolation que peut recevoir le till ou le roc sous-jacent :

- $Q = k \times i \times A$
- Où k est la conductivité hydraulique du milieu (1×10^{-07} à 1×10^{-09} m/s)
- i est le gradient hydraulique (i= 1)
- A est l'aire (généralement pris égale 1 m²)

Tableau 13 : Calcul du taux de percolation sous la halde avec l'équation de Darcy

Conductivité hydraulique de l'unité de till ou du roc (m/s)	Débit de percolation calculée avec Darcy (L/m ² /jour)
1×10^{-07}	8,64
1×10^{-08}	0,864
1×10^{-09}	0,0864

Pour la conductivité hydraulique moyenne du till (1×10^{-08} m/s), unité stratigraphique rencontrée sur la majorité du site, l'on obtient un débit de percolation qui oscille autour de 0,864 L/m²/jour. Par contre, les hypothèses de calcul ne prennent pas en considération certaines composantes du système :

- En effet, il est aussi peu probable d'avoir sous la halde un gradient hydraulique vertical de 1. Un gradient hydraulique unitaire signifie qu'il y a un apport d'eau continue depuis la halde vers le milieu sous-jacent qui est saturé et que le flux d'écoulement permet de générer un gradient continu de la halde vers les dépôts meuble et le roc.
- La formation d'une zone saturée au fond de la halde est peu probable vu la topographie du site.
- La nappe peut-être affleurante localement et alors on observera une conductivité hydraulique saturée du sol en surface mais, dans la majorité de la zone couverte par la halde, la nappe est profonde (profondeur de la nappe moyenne dans cette zone de 7 m) et ainsi le sol est partiellement désaturé. La conductivité hydraulique désaturée d'un sol est plus faible puisque les vides sont en partie rempli d'air ce qui présente un frein à l'écoulement souterrain I (Todd and Mays, 2005).
- Le maximum des eaux apportées par les précipitations correspond à 1 L/m²/jour et ainsi la percolation réelle ne peut être supérieure à cette valeur.

Finalement, il est important de noter que le calcul du 3,3 L/m²/jour de la directive 019 a été calculé en considérant une charge hydraulique moyenne dans le site de dépôt (parc à résidus ou halde à stériles) de 10 m, ce qui n'est pas attendu dans la halde a stériles.

- c) fournir les paramètres utilisés dans les calculs en précisant si ces valeurs ont été mesurées ou estimées ;

Réponse QC-20c :

Voir la réponse précédente.

- d) identifier les zones critiques sous la future halde à stériles, c'est-à-dire les zones à faibles épaisseurs de dépôts meubles peu perméables qui risquent d'avoir des taux de percolation élevés ;

Réponse QC-20d :

Mason Graphite pourra identifier ces zones avant de construire la halde, au moment de la préparation du terrain. En particulier, Mason Graphite s'engage, au moment de l'étape de préparation du site, à identifier les fissures présentes dans le roc ou les points à risque, afin de les sceller.

- e) préciser si des forages ont déjà été réalisés dans l'emprise de la future halde à stériles en complément des deux forages illustrés sur la première figure de l'annexe I. De plus, l'initiateur doit démontrer que le plan d'échantillonnage proposé permettra d'évaluer les caractéristiques, les épaisseurs et les zones critiques des sols sous-jacents à la halde à stériles ;

Réponse QC-20e :

Aucun autre forage n'a été fait sous la halde.

- f) présenter les mesures qu'il pourrait mettre en place afin de respecter le taux de percolation de $3,3 \text{ L/m}^2/\text{jour}$ sous la halde à stériles.

Réponse QC-20f :

Comme on obtient pour la conductivité hydraulique moyenne du till ($1 \times 10^{-08} \text{ m/s}$), unité stratigraphique rencontrée sur la majorité du site, un débit de percolation qui oscille autour de $0,864 \text{ L/m}^2/\text{jour}$, ce qui est loin de la norme de $3,3 \text{ L/m}^2/\text{jour}$, Mason Graphite considère que le critère de percolation sera respecté, d'autant plus que le maximum des eaux apportées par les précipitations correspond à $1 \text{ L/m}^2/\text{jour}$ et ainsi, la percolation réelle ne peut être supérieure à cette valeur.

Mason Graphite procédera au repérage des fissures dans le roc et leur scellement lors de la construction de la halde pour s'assurer sur le terrain que cette hypothèse est valide. De plus, Mason Graphite s'engage à implanter une cellule test de disposition des stériles qui sera utilisée durant les premières années d'exploitation de la mine et qui fera l'objet d'un suivi environnemental rigoureux afin de préciser les processus de drainage acide et de lixiviation qui seront observés en réalité et afin d'adapter le mode de disposition aux conditions réelles observées.

QC-21 Réponse QC-22 a.

L'initiateur indique que des modélisations partielles, soit des modélisations hydrogéologiques conceptuelles, sont fournies aux annexes J et K. Ces modélisations sont insuffisantes.

- a) L'initiateur doit déposer une étude de modélisation numérique tel que spécifié aux sections 2.9.4 et 3.3.3.2 et à l'annexe III de la Directive 019 pour vérifier si les objectifs de protection de l'eau souterraine sont respectés.

Réponse QC-21a :

Mason Graphite a entrepris une étude de modélisation hydrogéologique conforme aux exigences de la Directive 019, et s'engage à en fournir les résultats avec la version finale du présent document.

- b) Il doit également fournir les détails sur le taux d'infiltration de l'eau souterraine à l'intérieur de la fosse projetée, ainsi que sur le débit de dénoyage.

Réponse QC-21b :

Les taux d'infiltration pour chaque face de la fosse ont été calculés et sont décrits dans le Plan de gestion des eaux (Annexe 5B fournie dans l'Addenda A de l'ÉIE). Ces taux d'infiltration sont montrés au Tableau 14 suivant.

Tableau 14 : Infiltrations à la fosse à une élévation de 453 m

Section de la fosse	Surface potentiométrique (m)	Infiltration (m ³ /h)		
		Conductivité (K) moyenne	K élevée	K faible
Moitié nord-ouest	531	3,79	26,03	1,36
Moitié sud-est	503,5	2,2	11,97	1,11
TOTAL	---	6,0	37,98	2,48

Les taux d'infiltration ont été estimés pour chaque réduction de 20 m dans le niveau du plancher de la fosse et sont montrés au Tableau 15. Le taux d'infiltration le plus élevé est de 38 m³/h, valeur qui correspond aux hypothèses de conductivité hydraulique (K) élevées et de faible élévation du plancher de la fosse. Selon la valeur moyenne géométrique de conductivité hydraulique calculée pour chaque niveau d'élévation évalué, l'infiltration varierait entre environ 1,8 et 5,9 m³/h, selon la profondeur de la fosse.

Tableau 15 : Taux d'infiltration avec la réduction de l'élévation du plancher de la fosse

Élévation du plancher de la fosse	Infiltration à la fosse (m ³ /h)		
	K faible	K moyenne	K élevée
513	0,45	1,79	8,56
493	1,02	3,5	27,25
473	2,07	4,84	33,16
453	2,48	6,0	37,98

Un écoulement moyen de 0,34 m³/h additionnel sera également évacué de la fosse par le matériel excavé. Cette valeur a été calculée avec l'hypothèse de 5 % de contenu en eau pour le matériel géologique, selon la moyenne du volume de la fosse sur une période de 25 ans.

Les débits de dénoyage (correspondant aux eaux d'exhaure) pour chaque face de la fosse ont été calculés et sont décrits dans le Plan de gestion des eaux (Annexe 5B fournie dans l'Addenda A de l'ÉIE). Ces taux d'infiltration sont montrés au Tableau 16 suivant.

Tableau 16 : Bilan d'eau moyen durant l'exploitation de la mine

	Quantités d'eau	
	(m ³ /j)	(m ³ /an)
Eau d'exhaure de fosse minière ouest	235	86 000
Eau d'exhaure de fosse minière est	111	40 500
Total des eaux d'exhaure	346	126 500

QC-22 Réponse QC-29 c.

Il est indiqué que le fossé et le bassin d'interception temporaires auront un volume permettant la sédimentation des matières en suspension et seront conçus de manière à emmagasiner une crue importante. De plus, la conception respectera les critères utilisés par le Ministère des Transports (MTQ) pour les matières en suspension.

- a) L'initiateur doit préciser en quoi consistent les critères du MTQ et expliquer leur choix par rapport à ceux présentés dans la Directive 019.

Réponse QC-22a :

Une erreur s'est glissée dans la réponse QC-29. Les critères utilisés par le Ministère des Transports, de la Mobilité durable et de l'Électrification des transports (MTMDET) ne seront pas considérés pour les concentrations de matières en suspension, mais seulement pour l'établissement de critères de conception du fossé et du bassin d'interception temporaires. Ces critères faisaient référence aux critères généraux énoncés dans le Cahier des charges et devis généraux du MTMDET pour les travaux de construction.

Les critères de la Directive 019 seront appliqués à l'effluent du fossé et du bassin d'interception. Les exigences au point de rejet de l'effluent final pour les matières en suspension sont les suivantes : une concentration moyenne mensuelle ne dépassant pas 15 mg/L et une concentration ponctuelle maximale de 30 mg/L au point de rejet, tel que prescrit.

- b) Considérant les résultats des tests cinétiques, l'initiateur doit indiquer si un traitement est prévu dans le fossé et/ou le bassin d'interception temporaires afin d'ajuster le pH et de réduire les teneurs de certains métaux. Il doit décrire brièvement ce traitement ou justifier pourquoi ce ne sera pas nécessaire.

Réponse QC-22b

La figure 5-4 B (début d'exploitation – 0 à 5 ans) présentée à l'Annexe 3D, montre les infrastructures de contrôle des eaux de contact qui seront mises en place, soit :

- Un fossé collecteur qui amène les eaux de contact de la plateforme du minerai au bassin d'interception temporaire. Ce fossé est permanent et sera aménagé au moment de la phase de construction.
- Un bassin de contrôle temporaire, conçu pour une crue de récurrence 1 : 100 ans avec fonte de neige moyenne.
- Une unité mobile de traitement de l'eau (UTE) positionnée près du bassin de contrôle temporaire, dès le début des opérations (an 1).
- Un bassin de décantation temporaire (en aval de la pile de stériles); les eaux décantées de ce bassin seront pompées vers le bassin de contrôle pour être traitées par l'UTE. Le point de décharge sera le cours d'eau qui traverse le site de la mine.
- Un deuxième bassin de décantation temporaire, (en aval de la pile de mort-terrain, pour la durée des travaux de décapage et déplacement de mort-terrain); les eaux décantées de ce bassin – eaux sans contact – seront déchargées dans le milieu naturel après un contrôle de la conformité aux exigences prescrites.

Au début de l'exploitation minière (0-5 ans), le fossé collecteur des eaux de contact et les différents bassins seront échantillonnés selon la fréquence et les paramètres requis (voir réponse QC-22a). Selon les résultats d'analyses obtenues, l'unité de traitement mobile sera mise en fonction pour corriger la situation et assurer que l'eau déchargée dans le milieu naturel soit en conformité avec la Directive 019.

À partir du moment où l'ajout de stériles sur la halde aura débuté, il est attendu que la qualité de l'eau évolue dans le temps. Étant donné le faible volume de stériles déposé sur la halde au cours des premières années, et considérant le bassin versant de cette même halde, la qualité de l'eau pourrait être de qualité adéquate et permettre un rejet direct à l'environnement. Cependant, Mason s'engage à mettre en place une cellule test de déposition des stériles. Cette cellule sera étanchéisée de façon à intercepter les eaux de ruissellement, d'infiltration et de lixiviation qui auront été en contact avec les stériles. Cette eau de contact sera rigoureusement analysée et l'unité mobile de traitement de l'eau sera utilisée au besoin pour assurer la qualité de l'effluent final et se conformer aux exigences de la Directive 019. Cette cellule test permettra de mieux comprendre le phénomène de génération acide associé aux stériles et d'optimiser, au besoin, la conception du procédé de traitement de l'eau de l'unité de traitement permanente afin de tendre à l'atteinte des OERs, dans une philosophie d'amélioration continue.

QC-23 Réponse QC-30a.

L'initiateur anticipe pouvoir reporter d'environ trois ans la nécessité de traiter les eaux à la mine puisqu'à son avis, la quantité des eaux de contact sera faible au début de l'exploitation et la qualité de ces eaux sera conforme à la Directive 019 et il prévoit faire le suivi des eaux afin d'anticiper le moment où le traitement deviendra nécessaire.

- a) L'initiateur doit démontrer clairement qu'au début de l'exploitation, il sera capable de gérer adéquatement ses eaux de contact dans les installations temporaires si la qualité de l'eau n'est pas conforme à la directive 019.

Réponse QC-23a :

Mason Graphite s'engage à rendre disponible sur le site la mine, et ce, dès le début des activités d'exploitation, une unité mobile de traitement d'eau possédant les équipements nécessaires pour réaliser l'enlèvement des solides, la neutralisation du pH et la précipitation et l'enlèvement des métaux ainsi que l'échantillonnage et la caractérisation de l'eau traitée. L'eau ne sera rejetée à l'environnement que si elle respecte les exigences pour l'effluent final énoncées à la section 2.1.1.1 de la Directive 019. Les résultats de caractérisation de l'effluent final seront compilés dans le cadre du programme de suivi environnemental.

QC-24 Réponse QC-31 a.

L'initiateur ne considère pas que le bassin de contrôle sur le site de la mine comme un ouvrage de retenue d'eau relié à des résidus miniers.

- a) En prenant en considération la dimension (3 ha), la hauteur des digues (6,8 m) et le volume anticipé de l'eau (65 000 m³), le bassin de contrôle au site de la mine du Lac Guéret ne peut pas être considéré comme étant de faible envergure et à faible risque. Le Ministère réitère donc sa demande de revoir la conception du bassin de contrôle en fonction d'une récurrence de 1 : 2000 ans. De plus, il faut prévoir une revanche minimale pour tout événement inférieur ou égal à la crue du projet.

Réponse QC24a :

Le bassin de contrôle au site de la mine a été révisé afin de retenir une crue de récurrence 1:2000 ans avec fonte de neige moyenne 1 : 100 ans.

- b) La conception et l'ingénierie de détail des digues du bassin de contrôle doivent être réalisées de façon à respecter les facteurs de sécurité minimaux suggérés dans la Directive 019. À cette fin, l'initiateur doit s'engager à fournir au MDDELCC les résultats d'une étude de stabilité visant à vérifier le respect de ces facteurs de sécurité au plus tard lors de la demande de certificat d'autorisation pour l'aménagement du bassin de contrôle et la construction des digues de retenue.

Réponse QC-24 b :

Mason Graphite s'engage à fournir dans la demande de certificat d'autorisation de la mine les résultats d'une étude de stabilité de la digue du bassin de contrôle conformément aux exigences de la Directive 019.

QC-25 Réponse QC-32

Les figures 4-3 du document de réponse et 5-4 de l'Addenda localisent le bassin de contrôle.

- a) L'initiateur doit indiquer, pour une capacité maximale de retenue d'eau atteinte, la distance minimale entre le pied de la halde à stériles et les eaux du bassin de contrôle.

Réponse QC-25a :

La figure 4-3 a été remplacée par la figure 5-4 C qui détaille les infrastructures au site de la mine (dont le bassin de contrôle) en fin d'exploitation, à une échelle appropriée (voir Annexe 3D). À sa capacité maximale de retenue d'eau atteinte (cote de 448 m), les eaux du bassin de contrôle atteindront la base sud-ouest de la halde de stériles, couvrant une superficie de 600 m². Le mode d'opération du pompage de l'eau vers l'UTE sera développé de façon à ce que le risque d'atteindre la cote maximale et d'impacter la base de la pile de stériles soit peu probable (voir Hatch, 2017 – section 2.4). De plus, la base d'implantation de la halde pourra être modifiée dans le concept final lors de l'ingénierie détaillée pour éviter l'empiètement dans la zone d'inondation du bassin. Si le niveau du bassin est à 1 mètre plus bas que sa capacité maximale, il n'y a plus de contact entre la halde et l'eau de rétention.

- b) Il doit présenter sur une carte illustrant l'emplacement des différentes infrastructures de gestion des eaux usées minières, incluant sans s'y limiter, les fossés collecteurs, l'usine de traitement des eaux, les différentes digues de retenue, le déversoir d'urgence et les superficies du bassin de retenue avec ses cotes minimale et maximale d'exploitation. Le tout doit être présenté à une échelle qui permettra de bien différencier les différentes infrastructures.

Réponse QC-25b :

La figure 4.3 a été remplacée par la figure 5-4 C qui détaille les infrastructures au site de la mine (dont le bassin de contrôle) en fin d'exploitation, à une échelle appropriée. Cette carte est présentée à l'Annexe 3D, accompagnée de figures illustrant le détail de construction des installations suivantes : digues de retenue et déversoir d'urgence.

La figure 5-4C (voir Annexe 3D) a été révisée pour illustrer les superficies couvertes aux cotes minimale et maximale d'opération du bassin de contrôle, soit les valeurs suivantes :

- Cote minimale à 443,5 m avec une superficie de 5,500 m²;
- Cote maximale à 448 m avec une superficie de 43,500 m².

- c) Il doit préciser de quelle façon l'effluent sera acheminé au ruisseau Sans nom (point de rejet) à partir de l'unité de traitement des eaux.

Réponse QC-25c :

L'effluent sera canalisé dans une conduite hors sol jusqu'à un point où l'eau pourra s'écouler vers le ruisseau Sans nom de façon gravitaire (voir la figure 5-4 C à l'Annexe 3D). À la sortie de la conduite, le terrain sera aménagé avec de l'enrochement et du géotextile afin d'assurer la distribution uniforme de l'effluent pour éviter tout problème d'érosion.

- d) L'étude ne renferme aucune information quant à la qualité attendue des eaux de ruissellement de la halde de mort-terrain. Si cette eau n'en est pas une de contact, il y aurait lieu de l'envoyer à l'extérieur du site, comme les autres eaux de ruissellement non contaminées.

Réponse QC-25d :

L'eau de ruissellement de la halde de mort-terrain pourrait occasionnellement transporter des matières en suspension (sol, terre ou végétation), mais pas de contaminants. Considérant la topographie existante du site, cette eau se draine naturellement vers le bassin de contrôle. Étant donné la qualité attendue de cette eau, le drainage autour de la pile a été revu de manière à diriger les eaux de ruissellement non contaminées vers le milieu récepteur naturel, à l'est du site (voir la figure 5-4 C à l'Annexe Q3-F). Un enrochement sur géotextile sera aménagé au point de décharge pour prévenir l'érosion.

QC-26 Réponse QC-33

L'initiateur anticipe que l'impact sur la qualité des eaux de ruissellement sera minime au début de l'exploitation. En lien avec l'évolution des superficies de la fosse et des haldes, il anticipe pouvoir reporter d'environ trois ans la mise en service de l'unité de traitement des eaux. Toutefois, les résultats de la caractérisation géochimique et des essais cinétiques, indiquent que le minerai et les stériles peuvent commencer à générer de lixiviats acides chargés en métaux aussitôt après avoir été entreposés dans les aires d'accumulation.

- a) Considérant les résultats des tests statiques et cinétiques, l'initiateur doit préciser le type de traitement qui sera mis en place.

Réponse QC-26 a :

Aucun essai cinétique n'a été réalisé sur des échantillons de stériles. Comme ces derniers seront disposés sous la forme de blocs de roche (de plus d'un cm à plus d'un m de diamètre), la surface de contact des minéraux avec l'air et l'eau sera minimisée (par rapport à celle obtenue lors des essais statiques avec échantillons de stérile broyés). L'on ne s'attend donc pas à une aussi forte lixiviation à la halde de stériles qu'en essais statiques.

Par contre, à titre de bon citoyen corporatif, Mason Graphite a choisi de concevoir le traitement des effluents en considérant que tout matériau entrant en contact avec de l'eau sur le site de la mine (stériles inclus) lixivierait autant que le minerai. Les résultats des essais cinétiques sur le minerai ont donc été utilisés comme base de conception de l'unité de traitement de l'effluent.

- b) En fonction du type de traitement des eaux usées minières retenu, l'initiateur doit présenter la capacité de rétention du bassin au fil des années.

Réponse QC-26b :

La capacité de rétention du bassin de contrôle requise, basée sur les calculs hydrologiques, doit être de 65 000 m³. Cette capacité sera la même dès son installation jusqu'à la fin de vie de la mine. La digue sera construite en une seule phase.

- c) Il devra expliquer comment seront gérées les eaux de contact dans le cas où leur qualité ne permet pas le rejet direct dans l'environnement alors que l'unité de traitement de l'effluent minier n'est pas encore fonctionnelle.

Réponse QC-26c :

Le plan de surveillance environnemental inclura un programme de surveillance rigoureux et continu de la qualité de l'eau s'accumulant dans le bassin de rétention dès le début des activités minières. Une unité mobile de traitement sera disponible sur le site dès le début des opérations afin de procéder au traitement de l'eau avant son rejet au milieu récepteur.

- d) Au regard de ce qui précède, l'initiateur doit évaluer la possibilité d'aménager un bassin de polissage afin de finaliser le traitement lorsque nécessaire et pour avoir une certaine flexibilité dans la gestion des eaux traitées avant leur rejet dans l'environnement.

Réponse QC-26d :

La possibilité d'aménager le bassin de contrôle dès l'aménagement initial du site minier avant le début de l'exploitation minière comme telle est présentement en évaluation : les conclusions de cette analyse seront évidemment décrites dans la demande de certificat d'autorisation pour la construction des infrastructures au site de la mine.

QC-27 Réponse QC-35 a. et b.

- a) L'initiateur doit fournir trois schémas de gestion des eaux de surface sur le site minier, incluant les eaux de contact, les eaux d'exhaure et les eaux propres, et ce, pour trois phases du projet (construction, début de l'exploitation et fin de l'exploitation). Sur ces schémas, il doit entre autres indiquer, les raccordements des fossés de déviation des eaux propres à des cours d'eau naturels, les raccordements des fossés de captages des eaux de contact aux bassins de retenue d'eau temporaires ou permanentes, la position approximative des stations de contrôle et des points de rejet des effluents finals.

Réponse QC-27a :

Les schémas demandés sont joints à l'Annexe 3D et correspondent aux figures suivantes :

- **Figure 5-4 A – Construction (12 mois);**
- **Figure 5-4 B – Début d'exploitation (0-5 ans);**
- **Figure 5-4 C – Fin d'exploitation (année 25).**

- b) L'initiateur doit fournir de plus amples informations sur les volumes approximatifs d'eau usées, les dimensions approximatives et les détails conceptuels des installations temporaires de gestion des eaux de contact, et ce, en se basant sur les estimations de la quantité d'eau de contact à gérer et les critères de conception exigés dans la Directive 019.

Réponse QC-27b :

Durant les cinq (5) premières années d'exploitation, le mort-terrain sera retiré, et beaucoup de stérile seront excavés, alors que l'excavation minière sera réalisée à fleur de pente, sans creuser de fosse comme tel. Les eaux de contact provenant de l'excavation minière (est et ouest), de la plateforme de manutention de minerai et de la halde de stériles, seront captées pour appliquer un traitement visant la réduction des MES. Trois bassins de sédimentation temporaires seront ainsi aménagés pour contrôler les eaux de ruissellement de ces zones, soit un (bassin 1) pour intercepter les eaux de la fosse et de la plateforme de manutention de minerai, et deux autres (bassins 2 et 3), en aval des piles de stériles et de mort-terrain. Ces eaux seront canalisées vers l'unité mobile de traitement.

La capacité de stockage de ces bassins de sédimentation a été calculée sur la base d'une pluie de 10 ans de récurrence sur 24 h de précipitation, étant donné qu'il est question d'infrastructures temporaires (4 ans). Les dimensions et volumes du bassin sont basés sur la vitesse de décantation des MES.

Les volumes de rétention pour chaque bassin de sédimentation temporaire sont les suivants :

Installation	Volume (m³)	Dimensions (m)
Bassin 1	6 500	160 x 25 x 2
Bassin 2	650	30 x 15 x 2
Bassin 3	2 250	55 x 20 x 2

Les trois bassins de sédimentation temporaires seront aménagés avec un système d'évacuation des eaux muni d'un tuyau vertical perforé pour les opérations normales et un déversoir d'urgence pour les évènements qui dépassent le critère de conception (voir Figure 14Error! Reference source not found.). Les trois bassins seront excavés dans le sol pour éviter la construction d'une digue de rétention.

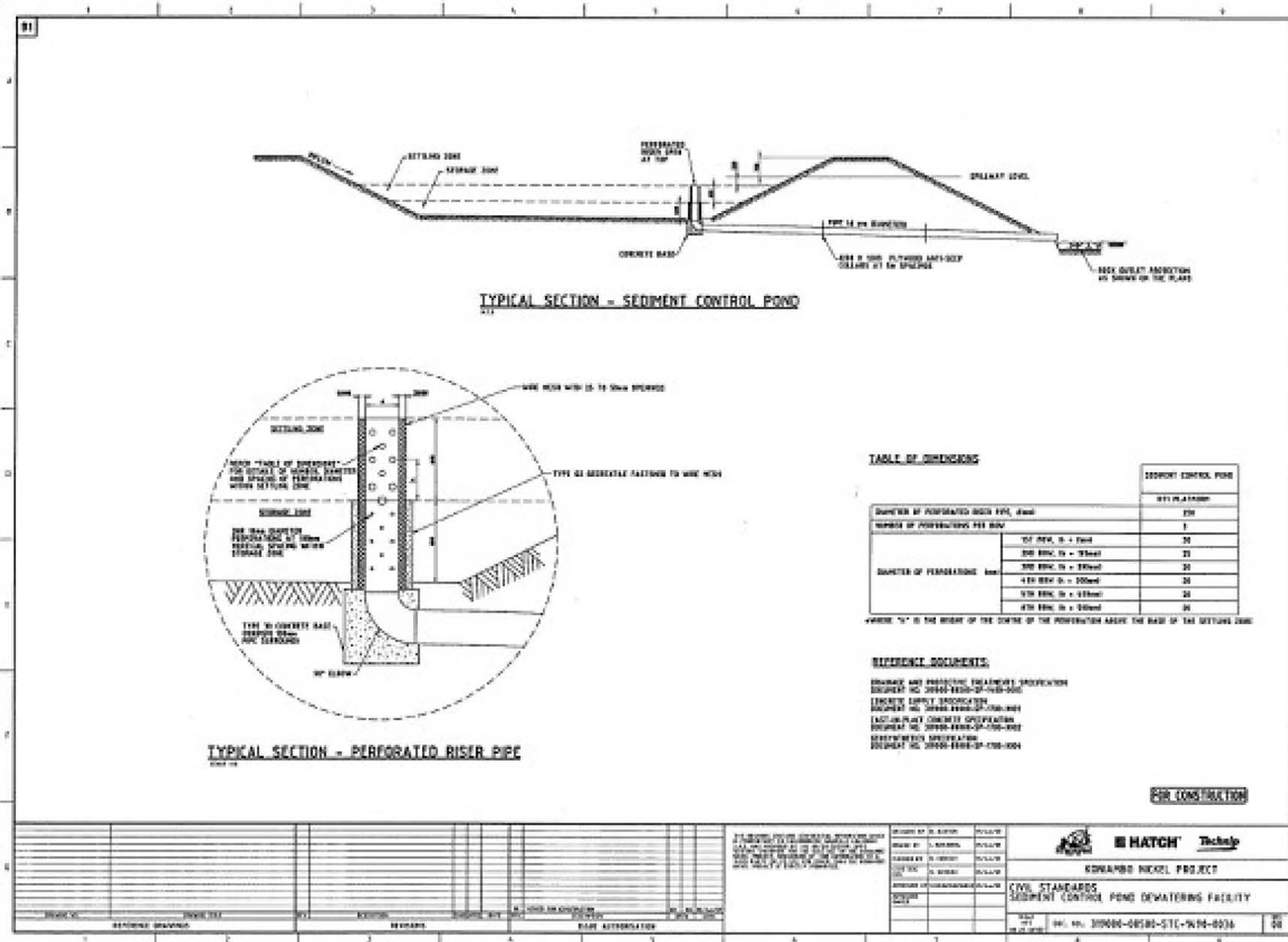


Figure 14 : Schéma montrant la conception d'un système d'évacuation des eaux d'un bassin de sédimentation

Tableau 17 : Volumes des eaux de contact à gérer en provenance des aménagements prévus au site de la mine, durant le début de l'exploitation (an 5) – à partir des données Hatch

Bassin versant	Surface (ha)	Volume fonte de neige (m ³) ¹	Volume pluie (m ³) ²	Volume total (m ³)
Fosse Est	3,8	16 340,00	3 218,60	19 559,00
Fosse Ouest	1,2	5 160,00	1 016,40	6 176,00
Plateforme de minerai	3,0	12 900,00	2 541,00	15 441,00
Pile de stériles	1,2	5 160,00	1 016,40	6 176,00
Pile de mort-terrain	2,9	12 470,00	2 456,30	14 926,00
Bassin de rétention	6,2	26 660,00	5 251,40	31 911,00

(1) Volumes basées sur une fonte de neige de récurrence de 100 ans sur 30 jours.

(2) Volumes basées sur une pluie de récurrence de 100 ans sur 24 h.

4. Fin d'exploitation (années 6 à 25).

5. Par la suite et jusqu'à la fin de l'exploitation, toutes les eaux de contact seront dirigées vers un bassin de contrôle aménagé dans une dépression au sud de la halde de stériles. Ce bassin sera créé en endiguant la dépression là où la topographie du terrain ne permet pas de retenir les eaux. Le bassin de contrôle devra retenir les eaux de pluie de récurrence de 100 ans sur 24 heures et de fonte de neige pour une récurrence de 100 ans sur 30 jours.

6. Le volume total de fonte de neige est géré par le bassin et le système de pompage de l'usine de traitement sur les 30 jours; le volume de pluie est géré seulement par le bassin pour les 24 heures de la durée de l'évènement.

Tableau 17 : Volumes des eaux de contact à gérer en provenance des aménagements prévus au site de la mine, à la fin de l'exploitation (an 25) – à partir des données Hatch (Joumana)

Bassin versant	Surface (ha)	Volume fonte de neige (m ³) ¹	Volume pluie (m ³) ²	Volume total (m ³)
Fosse (est et ouest)	20	86 000,00	16 940,00	102 940,00
Plateforme de minerai	3	12 900,00	2 541,00	15 441,00
Pile de stériles	10	43 000,00	8 470,00	51 470,00
Pile de mort-terrain	10	43 000,00	8 470,00	51 470,00
Bassin de rétention	6,2	26 660,00	5 251,00	31 911,00

(1) Volumes basées sur une fonte de neige de récurrence de 100 ans sur 30 jours.

(2) Volumes basées sur une pluie de récurrence de 100 ans sur 24 h.

Le volume requis calculé pour la capacité du bassin est de 65 000 m³ de rétention en fonction du modèle hydrologique pour le critère de précipitation. Ce modèle prend en compte la fonte de neige et la pluie dans le même mois. En prévision des imprévus, le bassin a une capacité totale de 90 000 m³ jusqu'au niveau de le déversoir d'urgence avec une surface totale de plus de 4 ha à son niveau maximal d'eau.

Le bassin est fermé par une digue étanche en remblais de 8 m d'hauteur, sur son point le plus bas, en amont de la digue.

- c) L'initiateur doit préciser où les eaux du bassin de contrôle seront pompées. De plus, puisque l'utilisation de pompes pendant les événements climatiques extrêmes peut être difficile en plus d'être sujette à des problèmes de fonctionnement, la conception du bassin et des ouvrages de retenue doit garantir l'intégrité structurale des ouvrages sans avoir recours à des mesures de mitigation supplémentaires, comme un pompage.

Réponse QC-27c :

Tel que mentionné au point b) précédent, la pluie de conception pour le bassin de contrôle sera retenue sans avoir besoin d'un système de pompage. La seule pompe nécessaire sera donc celle installée pour alimenter l'unité de traitement des eaux, avant le rejet de l'effluent final. Une surverse d'urgence (gravitaire) sera aussi disponible pour le surplus d'eau en cas d'averse d'intensité supérieure à la capacité de conception.

QC-28 Réponse QC-36 a. et b.

- a) Le Ministère réitère son questionnement par rapport à la qualité anticipée de l'eau (MES, pH, Fe, Ni, etc.) et le traitement prévu, qui pourraient être évalués de façon qualitative et conservatrice sur la base des résultats des essais cinétiques. Au besoin, l'initiateur pourrait revoir le mode de traitement des eaux usées en fonction des données à venir lors de l'ingénierie de détail.

Réponse QC-28a :

La qualité de l'eau usée à la mine, comme au concentrateur, est présentement estimée en considérant les résultats des essais cinétiques obtenus de l'URSTM (2016). La qualité de toutes les eaux de contact à la mine et celles issues de la pile de minerai est estimée selon les résultats des essais cinétiques sur le composite de minerai. La qualité des eaux de contact avec les résidus miniers et issues du PAR est estimée selon les résultats des essais cinétiques sur le composite des résidus. L'unité de traitement des effluents pour les deux sites sera par conséquent dimensionnée pour ces besoins. La qualité de l'eau de l'effluent final, à la mine et au concentrateur, respectera les critères énoncés dans la Directive 019 sur l'industrie minière (2012).

La qualité appréhendée de l'eau de contact alimentée aux unités de traitement à la mine et au concentrateur est montrée au Tableau 18 et au Tableau 19, respectivement.

Tableau 18 : Prévision de la qualité de l'eau de l'affluent à l'unité de traitement de l'eau au site de la mine

<i>Physico-chimiques</i>							
pH		pH	3,41	3,19	3,61		
Conductivité		µS/cm	7008	3390	13040		
Acidité		mg/L CaCO ₃	4941	6860	2681		
Alcalinité totale		mg/L CaCO ₃	<0,5	<0,5	<0,5		
Solides en suspension totaux (SST)		mg/L	100	---	---		
Solides dissous totaux (SDT)		mg/L	6004	2238	11803		
Hydrocarbures	C ₁₀ -C ₅₀	mg/L	n.d.	n.d.	n.d.		
<i>Métaux</i>							
Aluminium	(Al)	mg/L	1,13	7,33	0,283		
Antimoine	(Sb)	mg/L	0,070	<0,045	0,337		
Arsenic	(As)	mg/L	<0,030	<0,030	<0,030		
Bore	(B)	mg/L	5,52	7,82	3,16		
Barium	(Ba)	mg/L	0,090	0,031	0,170		
Béryllium	(Be)	mg/L	<0,0005	<0,0005	<0,0005		
Bismuth	(Bi)	mg/L	0,07	0,01	0,134		
Calcium	(Ca)	mg/L	168	77,8	394		
Cadmium	(Cd)	mg/L	0,030	0,0015	0,203		
Chlorures	(Cl)	mg/L	n.d.	n.d.	n.d.		
Cobalt	(Co)	mg/L	0,090	0,020	0,542		
Chrome	(Cr)	mg/L	0,010	<0,0015	0,059		
Cuivre	(Cu)	mg/L	0,020	<0,015	0,167		
Fer	(Fe)	mg/L	3100	1240	5130		
Magnésium	(Mg)	mg/L	114	45,4	429		
Manganèse	(Mn)	mg/L	175	43,5	792		
Molybdène	(Mo)	mg/L	<0,0045	<0,0045	<0,0045		
Nickel	(Ni)	mg/L	14,9	4,22	89,1		
Plomb	(Pb)	mg/L	0,290	0,114	0,440		
Potassium	(K)	mg/L	8,38	4,19	14,9		
Sélénium	(Se)	mg/L	<0,05	<0,05	<0,05		
Silice	(Si)	mg/L	12,3	7,31	20,5		
Sodium	(Na)	mg/L	11,0	2,19	34,2		
Strontium	(Sr)	mg/L	0,560	0,206	1,23		
Sulfates	(SO ₄ ²⁻)	mg/L	2382	806	4820		
Titane	(Ti)	mg/L	0,010	0,001	0,029		
Zinc	(Zn)	mg/L	9,28	3,01	59,9		

Tableau 19 : Prédiction de la qualité de l'eau de l'affluent à l'unité de traitement de l'eau au site du concentrateur

Paramètres	Symbole	Unités	Moyenne	Min.	Max.
<i>Physico-chimiques</i>					
pH		pH	4,31	3,20	5,05
Conductivité		µS/cm	6 679	3 010	14 680
Acidité		mg/L	4 596	899	11 684
Alcalinité totale		mg/L	<0,5	<0,5	<0,5
Solides en suspension totaux (SST)		mg/L	100	---	---
Solides dissous totaux (SDT)		mg/L	5662	1575	14748
Hydrocarbures	C ₁₀ -C ₅₀	mg/L	n.d.	n.d.	n.d.
<i>Métaux</i>					
Aluminium	(Al)	mg/L	0,340	0,071	0,998
Antimoine	(Sb)	mg/L	0,060	<0,045	0,178
Arsenic	(As)	mg/L	<0,030	<0,030	<0,030
Bore	(B)	mg/L	3,77	0,698	11,5
Barium	(Ba)	mg/L	0,09	0,04	0,287
Béryllium	(Be)	mg/L	<0,0005	<0,0005	<0,0005
Bismuth	(Bi)	mg/L	0,050	0,010	0,194
Calcium	(Ca)	mg/L	350	203	482
Cadmium	(Cd)	mg/L	0,02	<0,0015	0,087
Chlorures	(Cl)	mg/L	n.d.	n.d.	n.d.
Cobalt	(Co)	mg/L	0,050	<0,002	0,430
Chrome	(Cr)	mg/L	0,002	<0,0015	0,003
Cuivre	(Cu)	mg/L	0,210	1,26	<0,0015
Fer	(Fe)	mg/L	2538	487	7380
Magnésium	(Mg)	mg/L	171	83,5	276
Manganèse	(Mn)	mg/L	148	30,3	417
Molybdène	(Mo)	mg/L	<0,0045	<0,0045	<0,0045
Nickel	(Ni)	mg/L	20,0	0,0025	177
Plomb	(Pb)	mg/L	0,210	0,080	0,603
Potassium	(K)	mg/L	20,0	11,4	44,6
Sélénium	(Se)	mg/L	<0,050	<0,050	<0,050
Silice	(Si)	mg/L	32,4	22,1	38,7
Sodium	(Na)	mg/L	21,4	7,28	79,5
Strontium	(Sr)	mg/L	1,15	0,642	1,91

Paramètres	Symbole	Unités	Moyenne	Min.	Max.
Sulfates	(SO ₄ ²⁻)	mg/L	2 341	727	5 770
Titane	(Ti)	mg/L	0,004	<0,001	0,023
Zinc	(Zn)	mg/L	14,4	2,12	65,7

QC-29 Figure 7-7a, Annexe B

Au nord du site minier les eaux propres seraient captées et acheminées dans des cours d'eau avoisinants. Entre autres, ces eaux seraient dirigées vers un ruisseau intermittent s'écoulant entre la fosse d'exploitation et la halde à stériles. Ce ruisseau passe à travers le site minier du côté ouest de la halde à stériles et à certains endroits il n'est pas séparé de la halde par des fossés de collecte afin de le protéger de la contamination par les eaux de contact. À quelques reprises, ce ruisseau est traversé par les chemins utilisés pour le transport de stériles et de mort-terrain vers les aires d'accumulation. Dans ce contexte, l'initiateur doit :

- a) décrire les mesures d'atténuation qui pourrait être mise en place afin de prévenir une éventuelle contamination du ruisseau s'écoulant à l'ouest de la halde à stériles ;

Réponse QC-29 a :

Du côté ouest de la halde de stériles, un fossé périphérique sera aménagé afin de capter les eaux de ruissellement provenant de la halde de stériles. Les eaux de contact ainsi collectées, seront dirigées vers un bassin de sédimentation temporaire (en début d'exploitation 0-5 ans), puis vers le bassin de contrôle (à partir de l'an 6). Cette information est présentée à la figure 5-4 C et 5-4D de l'Annexe 3D.

- b) évaluer s'il serait possible de dévier la totalité des eaux propres vers les cours d'eau s'écoulant aux extrémités est et ouest du site minier afin d'éviter le passage des eaux propres dans le site minier ;

Réponse QC-29 b) :

La topographie du site ne permet pas de dévier toutes les eaux propres, en amont du site, pour éviter qu'elles traversent la zone des opérations. Toutefois, compte tenu du fait que des fossés périphériques seront aménagés sur le pourtour de la halde de stériles, le risque de contamination de ce cours d'eau intermittent se trouve sensiblement réduit.

- c) revoir l'emplacement des fossés de collecte du côté ouest de la halde pour mieux protéger ce ruisseau.

Réponse QC-29c :

Tel que mentionné au point a) ci-dessus, ce fossé a été modifié pour un fossé périphérique tel que montré aux figures 5-4 C et 5-4 D de l'Annexe 3D.

QC-30 Figure 7-7a, Annexe B

Selon l'information fournie par l'initiateur, il n'est pas prévu de capter les eaux de ruissellement de la halde à mort-terrain au site de la mine. Dans ce contexte, les questions suivantes se posent.

- a) Quels sont les risques de contamination du ruisseau s'écoulant à l'est de la halde à mort-terrain par des matières en suspension présentes dans les eaux de ruissellement de la halde à mort-terrain.

Réponse QC-30a :

L'échelle de la figure 7-7 a) fournie a peut-être mené à une mauvaise interprétation, mais il a toujours été prévu de collecter les eaux de ruissellement de la halde de mort terrain pour les diriger dans le bassin de contrôle et l'unité de traitement avant leur retour à l'environnement.

Cependant, il est attendu que les eaux de ruissellement de la halde de mort-terrain entraînent des matières en suspension composées de débris de matière ligneuse, sols et copeaux disposés sur cette halde. Ces eaux de ruissellement ne devraient pas être contaminées avec du minerai, du stérile ou du lixiviat de minerai ou stérile, autrement que par les poussières aéroportées s'étant déposées sur la halde de mort-terrain. Tel que suggéré par le MDDELCC à la question QC-25d), il pourrait être préférable de séparer l'eau de ruissellement de la halde de mort-terrain des eaux de contacts du site afin d'éviter d'y diluer des métaux. L'eau de ruissellement de la halde de mort terrain pourrait ainsi être retournée directement au milieu naturel du côté est de la halde puisqu'elle ne contiendra pas plus de contaminant que les eaux de ruissellement non contact du terrain avoisinant. Cette alternative permettrait de réduire la superficie du bassin de contrôle et la capacité de l'unité de traitement et permettrait de prévenir la dilution des eaux de contact. Notez que cette eau sera suivie mensuellement (voir réponse 69) afin de réagir si un changement survenait dans la qualité de ces eaux. Si l'eau de ruissellement de la halde à Mort terrain ne s'avérait pas respecter les normes de la directive 019, elle serait acheminée au bassin de contrôle pour y subir un traitement avant son retour à l'environnement.

- b) Quelles mesures d'atténuation l'initiateur compte-t-il mettre en place afin de prévenir une éventuelle contamination du ruisseau s'écoulant à l'est de la halde à mort-terrain par les eaux de ruissellement de la halde à mort-terrain.

Réponse QC-30b :

Au début des opérations minières (0 à 5 ans), des drains périphériques seront installés autour de la halde de mort-terrain, qui serviront à intercepter et acheminer les eaux de ruissellement vers un bassin de sédimentation temporaire. Selon le plan minier proposé, la halde de mort-terrain sera progressivement révégétalisée (à partir de l'an 7 jusqu'à l'an 10, moment où la pile atteindra sa configuration maximale) afin de favoriser son intégration dans le milieu naturel (voir le Plan préliminaire de fermeture : section 5.3 de l'annexe 5C, révision 1, de l'Addenda A).

QC-31 Page 7, Annexe J

Selon les résultats de la modélisation hydrogéologique conceptuelle présentés par l'initiateur, la recharge par les précipitations et le ruissellement dans la fosse d'exploitation n'ont pas été pris en compte dans les calculs du débit des infiltrations d'eau souterraine dans les parois de la fosse.

- a) L'initiateur doit préciser si la quantité des précipitations tombées dans la fosse a été prise en compte dans les calculs du volume des eaux d'exhaure et dans le dimensionnement du bassin de contrôle.

Réponse QC-31a :

La quantité des précipitations tombées dans la fosse a effectivement été prise en compte pour le calcul de volume de rétention du bassin de contrôle. Les données utilisées proviennent de l'étude de modélisation hydrologique de Hatch.

Le volume des précipitations dans la fosse utilisé, pour la conception du bassin et l'unité de traitement des eaux, est de 80,190 m³. Ce volume correspond à la somme des précipitations de pluie et de fonte de neige pour l'événement de design du projet, soit 100 ans de récurrence sur 24 heures de pluie et 100 ans de récurrence sur 30 jours de fonte de neige.

QC-32 Section 3, Annexe 5B

Afin de bonifier la description de la gestion des eaux au site du concentrateur de Baie-Comeau, l'initiateur doit :

- a) fournir un schéma général de gestion des eaux au site du concentrateur;

Réponse QC-32a :

Le schéma général de gestion des eaux au site du concentrateur, basé sur la plus récente définition du projet, est présenté à l'Annexe 3D). Il remplace la figure 5-11.

- b) fournir un bilan d'eau annuel pour une étape avancée du projet au site du concentrateur calculé pour les conditions climatiques moyennes et humides ;

Réponse QC-32b :

Une note technique sur la gestion des eaux au concentrateur a été préparée suite à la décision d'opter pour un nouveau plan de gestion des résidus par filtration (voir Annexe 3H). Un bilan d'eau global, décrivant la situation pour les 25 années d'exploitation y est présenté à la section 6.

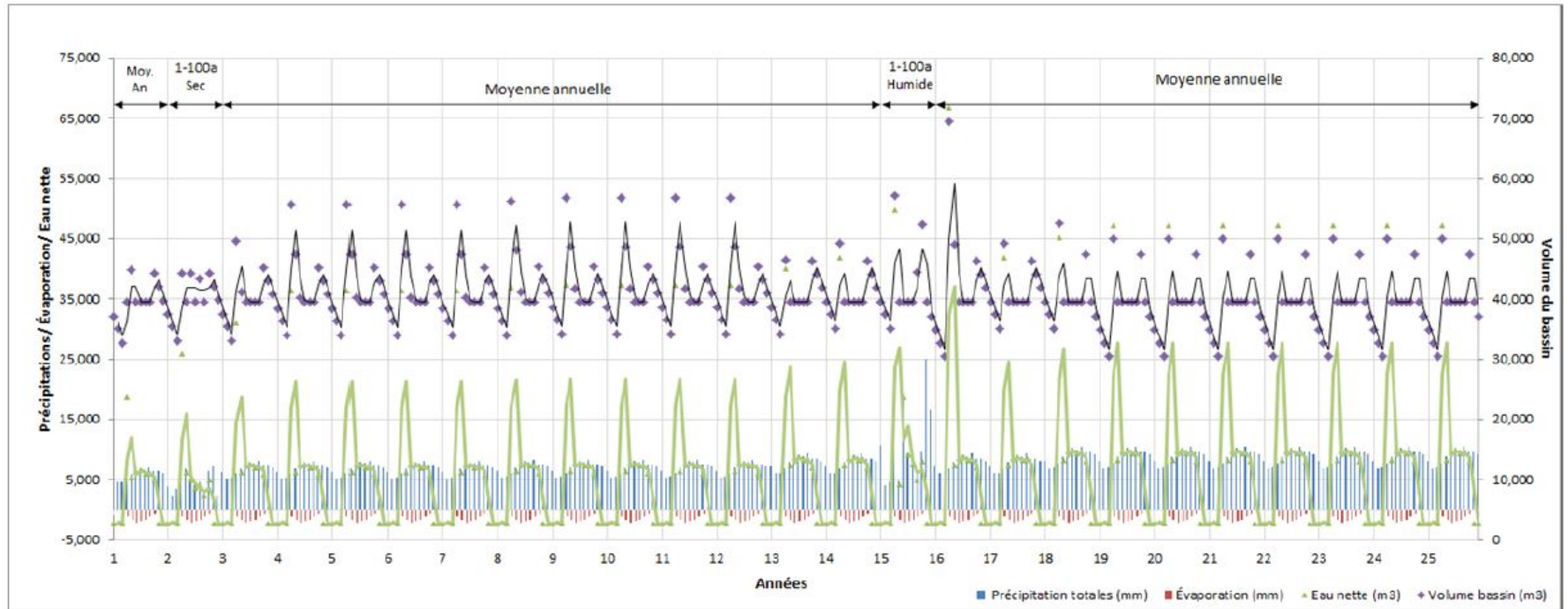


Figure 15 : Bilan d'eau global

- c) fournir de plus amples renseignements sur la gestion des eaux propres captées autour de la halde de résidus filtrés. Notamment, il doit préciser les endroits où les eaux détournées seront réintégrées dans le réseau hydrographique du site ;

Réponse QC-32c :

La stratégie de gestion des eaux propres est présentée à la figure 5-11 révisée (voir Annexe 3D), incluant le positionnement des fossés périphériques et des points de décharge, par gravité, dans le milieu récepteur naturel.

Comme il est montré à la figure 5-11 révisée, la majeure partie des eaux propres va suivre le patron d'écoulement naturel, compte tenu du positionnement du PAR dans le sous-bassin versant concerné. Cependant, une fraction de ces eaux devra être interceptée et déviée vers le milieu récepteur naturel, à l'est du PAR.

- d) expliquer comment les eaux minières après traitement seront gérées si la qualité ne permet toujours pas le rejet direct dans l'environnement.

Réponse QC-32d :

Il est écrit dans le Plan de gestion des eaux (Annexe 5B, révision 1, section 3.2.2.2) que « le surplus d'eau du bassin sera déversé à l'environnement après caractérisation conforme à la Directive 019. En cas de pH ou contenu en contaminants (métaux) non conforme, l'eau sera traitée dans une unité de traitement conçue spécifiquement pour le contrôle du pH et l'enlèvement des métaux dissous. » Cette formulation pouvait porter à confusion et demande effectivement un éclaircissement.

Le schéma de la figure 2-1 (Figure 16 ci-dessous) montre la gestion globale de l'eau au site du concentrateur.

Les eaux accumulées dans la réserve d'eau brute, munie d'une membrane étanche, seront les eaux de contact provenant du PAR, celles provenant du procédé (usine de filtration), ainsi que les eaux de fonte de neige et les précipitations sous forme de pluie. Les eaux accumulées dans la réserve seront réutilisées au maximum dans le procédé (un volume d'eau d'au minimum de 40 000 m³ doit être garanti en tout temps). Seul l'excédent d'eau, à partir d'un niveau maximum déterminé, sera envoyé à l'unité de traitement (pH et métaux) avant un rejet à l'effluent final. Aucune eau qui ne respecte pas les exigences de la Directive 019 ne sera déchargée dans le milieu récepteur environnant.

Par ailleurs, selon la plus récente définition de projet, les eaux du bassin de collecte des eaux de contact de l'aire d'entreposage du minerai seront acheminées directement à l'unité de traitement pour être décontaminées (pH et métaux), selon l'exigence de la Directive 019.

Les MES sédimentées au fond de la réserve d'eau et du bassin de collecte seront pompées lorsque nécessaire et transportées au PAR.

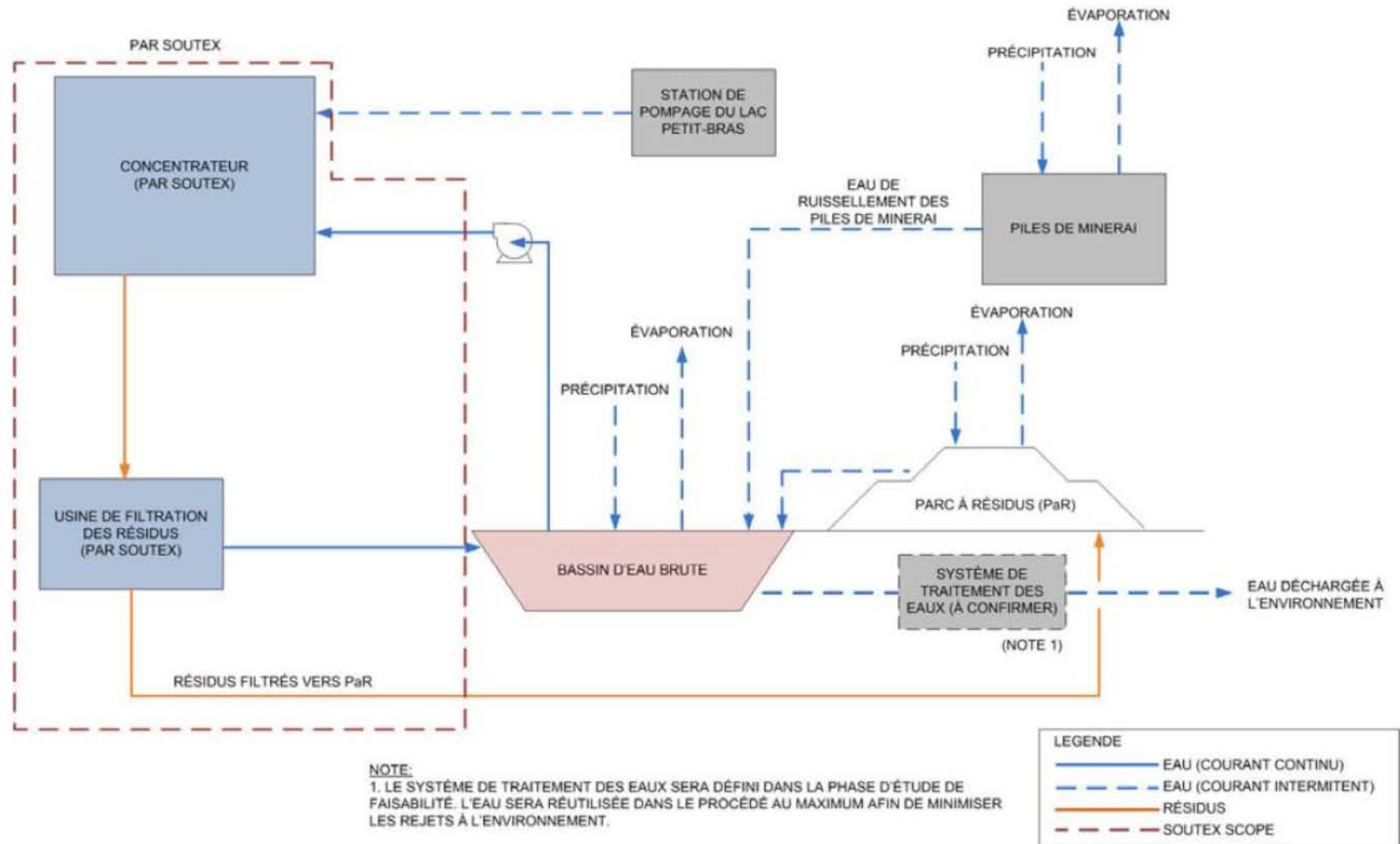


Figure 16 : Gestion de l'eau globale – site du concentrateur

QC-33 Section 1.7.2.3.6, Chapitre 5

Selon l'information fournie par l'initiateur, la réserve d'eau brute au site du concentrateur occupera une superficie d'environ 2,5 ha et sa profondeur sera d'environ 5,5 m considérant une revanche de 1,5 m. L'initiateur planifie concevoir la réserve d'eau brute pour résister à une crue correspondante à une pluie de récurrence de 1:100 ans.

- a) En prenant en considération les dimensions, la qualité anticipée de l'eau et la proximité de la ville, la réserve d'eau brute ne peut pas être considérée comme étant de faible envergure et à faible risque. Conséquemment, la récurrence de la crue de 1 : 2000 ans doit être utilisée pour la conception de ce bassin. L'initiateur doit revoir la conception du bassin et fournir de l'information à jour sur les dimensions du bassin et des digues de retenue.

Réponse QC-33a :

La réserve d'eau brute est conçue de façon à maintenir le niveau d'opération normal en dessous de l'élévation minimal du terrain naturel, c'est-à-dire dans la partie du volume excavé dans le sol/roc. Ce volume d'opération correspond à 40 000 m³, nécessaire pour les opérations de l'usine. La digue a été redimensionnée pour fournir une réserve totale de 110 000 m³, ajoutant un 70 000 m³ afin de contenir la crue de récurrence de 2000 ans. En fait, la hauteur d'eau dans la réserve d'eau brute atteindra le niveau haut de la digue uniquement en cas d'averse intense, diminuant sensiblement le risque. De plus, l'excédent d'eau, au-delà du niveau normal d'opération, sera évacué vers l'unité de traitement pour être éventuellement rejeté à l'environnement, ce qui contribue aussi à réduire le risque. Le déversoir d'urgence du bassin sera également conçu pour une crue de récurrence 1:2000.

- b) L'initiateur doit fournir de plus amples informations sur les mesures qu'il compte mettre en place afin d'assurer l'étanchéité du plancher et la protection des eaux souterraines sous-jacentes à la réserve d'eau brute.

Réponse QC-33b :

Une membrane étanche sera installée au fond du bassin.

- c) Étant donné la qualité anticipée de l'eau de la réserve d'eau brute (pH bas et teneurs élevées en métaux) et la proximité de la ville, l'initiateur doit s'engager à réaliser une étude de rupture visant à évaluer l'ampleur des dommages lors de l'éventuelle rupture de la digue et présenter les résultats au plus tard à l'étape de l'analyse environnementale.

Réponse QC-33c :

Une étude de rupture de digue sera complétée d'ici la fin mai.

- d) La conception et l'ingénierie de détail des digues de la réserve d'eau brute doivent être réalisées de façon à respecter les facteurs de sécurité minimaux suggérés dans la Directive 19. À cette fin, l'initiateur doit s'engager à fournir au MDDELCC les résultats d'une étude de stabilité visant à vérifier le respect des facteurs de sécurité suggérés dans la Directive 019 au plus tard lors de la demande de certificat d'autorisation pour la construction de la réserve d'eau et des digues de retenue

Réponse QC-33d :

Mason Graphite s'engage à baser la conception détaillée des digues de la réserve d'eau brute en utilisant les critères de sécurité de la Directive 019 et à en fournir les détails lors de la demande de certificat d'autorisation.

QC-34 Réponse QC-39

À la suite des changements apportés au mode de gestion des résidus au site de concentrateur et en raison du risque accru de génération du drainage minier acide (DMA), l'initiateur doit répondre aux questions suivantes.

- a) L'initiateur doit identifier les problèmes anticipés liés à la gestion des résidus réactifs en pile des résidus filtrés et décrire les mesures d'atténuation qu'il compte mettre en place pour les réduire.

Réponse QC-34a :

La mise en pile de résidus filtrés pourrait occasionner une problématique de cohésion de la pile et l'affaissement/déversement des résidus. Pour parer à cette problématique, la pile de 2,3 Mm³ sera aménagée de manière à ne pas dépasser de plus de 25 m au-dessus du niveau du sol environnant. En cas d'affaissement, cet empilement produirait une chute localisée des résidus filtrés et aucun déversement d'eau contaminée. Ainsi, la conception de la pile sera optimisée de manière à protéger l'environnement et la population locale (ainsi que les travailleurs) en cas d'accident.

Le PAR sera construit en cinq (5) phases à travers les années d'exploitation. Selon l'hypothèse d'une densité à sec de 1,65 t/m³ et une production nominale de 153,300 t/an de résidus, les phases distinctes du PAR auraient les caractéristiques présentées au Tableau 21 ci-bas.

Tableau 20 : Caractéristiques des cinq (5) phases du PAR au site du concentrateur

Phase	Année de démarrage	Années d'exploitation	Hauteur de la pile (m)	Volume disponible (m ³)	Volume cumulatif (m ³)	Superficie de drainage (m ²)	Superficie de drainage cumulative (m ²)
1	0	3	15	279 000	279 000	50 100	50 100
2	3	5	20	465 000	744 000	45 500	95 600
3	8	5	24	465 000	1 209 000	25 100	120 700
4	13	5	24	465 000	1 674 000	26 600	174 300
5	18	7	24	650 000	2 324 000	45 400	192 700

La première phase de la pile impliquera une cellule test dotée d'une membrane de géotextile placée sur une couche de sable pour éviter que celle-ci soit endommagée par les dépôts angulaires de roc sous-jacents. Les résidus filtrés seront placés directement sur la toile, et des protocoles de transport et déchargement du résidu seront mis en place pour éviter que les opérateurs des équipements de disposition des résidus endommagent la toile. Un drain de géocomposite sera installé dans la pile au-dessus de la membrane, ce qui permettra de maintenir la stabilité de la pile de résidus et un suivi efficace de la qualité des eaux de contact (ruissellement, infiltration et lixiviation). Selon les résultats du suivi de la qualité des eaux de contact de la pile, les mesures appropriées à appliquer à l'ensemble du parc seront élaborées.

La cellule test sera également monitorée afin de bien caractériser le processus d'autochauffage des résidus. Elle pourra enfin être utilisée comme source de matériel pour effectuer des essais de mesures d'atténuation de la génération d'acide. L'ajout de chaux pourra notamment y être étudiée afin de valider son efficacité dans le contrôle de la génération d'acide à travers la pile. Des études sur d'autres agents neutralisants potentiels seront également menées durant cette première phase afin d'identifier les techniques les plus probantes. La cellule test permettra également de valider le niveau de saturation en eau de la pile de résidus.

L'évolution du PAR est montrée à la Figure 17 et la Figure 18.

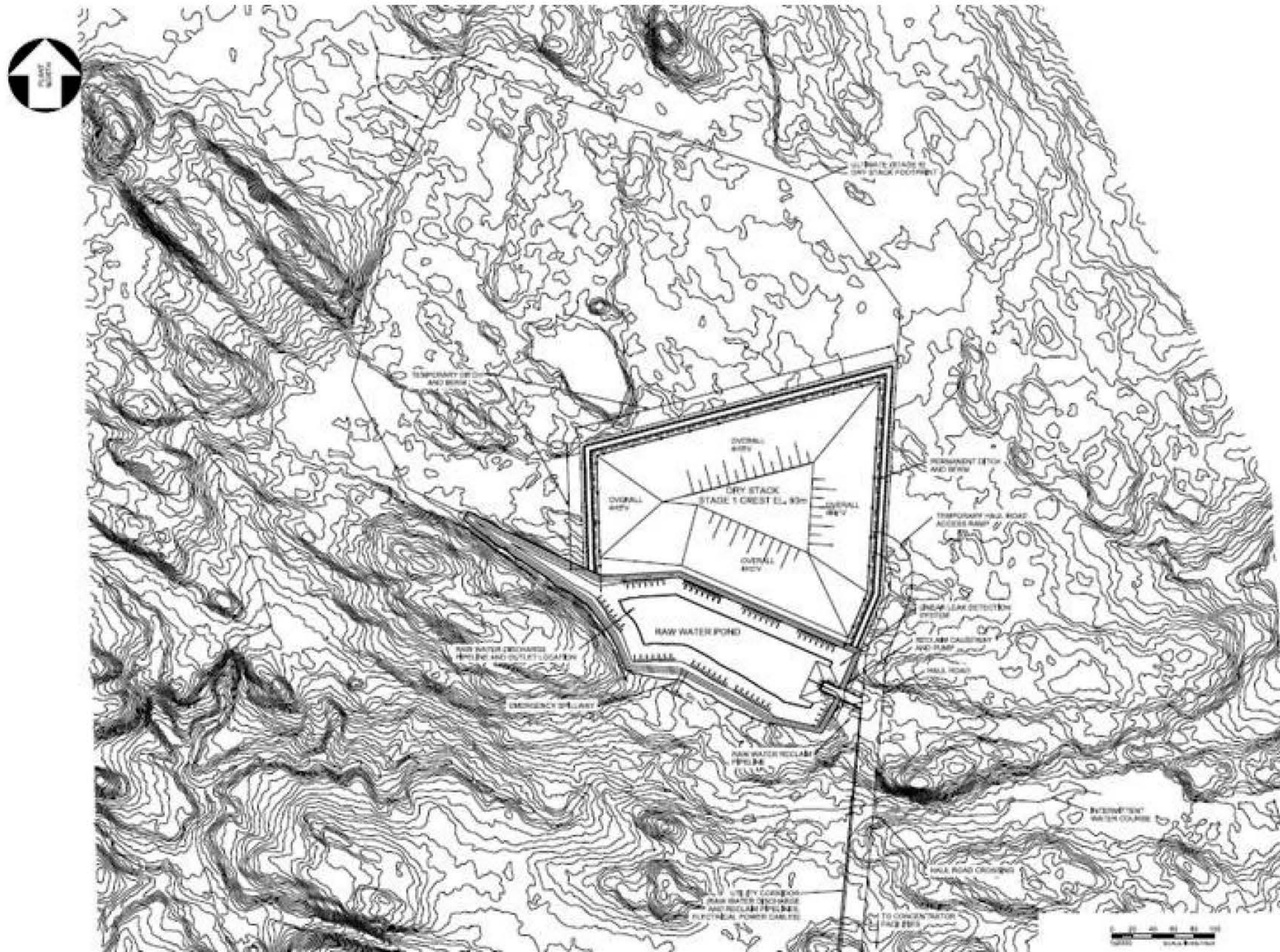


Figure 17 : : Schéma d'aménagement général du PAR – Phase 1

La cohésion de la pile de résidus filtrés pourrait être affectée par la génération d'acide, et la production d'eau subséquente à l'exposition des résidus à l'air et à l'eau de précipitations qui pourrait entraîner une liquéfaction de la base. Afin de réduire au maximum la génération d'acide et l'infiltration d'eau dans la pile, les sections du PAR seront recouvertes et revégétalisées graduellement au fil des années (restauration progressive). La première phase de la pile, la cellule test, sera recouverte en entier après 5 ans.

De plus, la densité et la stabilité de la pile seront améliorées par la compaction et le nivellement progressif de la surface des couches successives de résidus. Ces mesures permettront de limiter l'infiltration d'eau en favorisant le ruissellement des précipitations à la surface de la pile.

La construction de la pile se fera de manière graduelle (sous forme de paliers uniformes et horizontaux) et de manière contrôlée (p. ex. : vitesse d'empilement, élévation des paliers, etc.) pour limiter la génération de pression interstitielle dans les résidus qui pourrait diminuer la stabilité de la pile. La hauteur de l'empilement sera limitée à une augmentation de 2 m par année (sauf dans les premières années d'exploitation pour limiter l'empreinte du PAR exposée à l'air et à l'eau; un suivi de l'empilement sera alors géré à partir d'installations et instrument additionnels). La pile sera construite selon une pente de 4H :1V pour en améliorer la stabilité.

Les résidus filtrés possèdent un potentiel d'autochauffage. Les résidus devront donc être gérés de façon à limiter et contrôler les phénomènes d'autochauffage dus à l'oxydation des sulfures. Toutes les mesures d'atténuation pour contrôler l'autochauffage des résidus qui seront mises en place au site du concentrateur sont énumérées à la réponse à la question QC-66b de ce document.

L'emplacement de la pile de résidus a été sélectionné de manière à être à au moins 60 m de la ligne des hautes eaux de tous cours d'eau et milieux humides identifiés sur le site au moment du dépôt de l'étude d'impact (Génivar, 2012; Consortium DCL, 2014) pour limiter au maximum les risques de contamination de ces éléments sensibles de l'environnement. Cet emplacement a aussi été sélectionné de manière à utiliser la topographie naturelle du site et ainsi limiter la hauteur de la pile et tirer profit du drainage naturel du site. De ce fait, l'eau de contact issue du PAR se dirigera naturellement vers la réserve d'eau brute. Des fossés de drainage seront aménagés tout autour de la pile de résidus filtrés afin de recueillir les eaux de contact et de les diriger vers la réserve d'eau brute. Aussi, les deux premières années d'opération les résidus seront déposés sur une membrane étanche pour recueillir toute l'eau sans qu'elle puisse s'infiltrer dans le sol afin d'en faire le suivi et la démonstration que le concept avec les résidus filtrés performe à la hauteur des attentes pour le contrôle du drainage minier acide. Si cela s'avérait ne pas être le cas, des mesures seraient prises pour corriger la situation. Comme les résidus n'ont pas de latence de réaction, ces confirmations arriveront très tôt après le début de l'opération.

- b) L'initiateur doit faire un maximum d'efforts pour concevoir la pile de façon à limiter significativement le processus de génération du DMA à l'étape de la construction et favoriser une restauration progressive. Dans ce contexte, l'initiateur doit fournir de plus amples informations sur la conception de la pile à résidus filtrés et surtout sur les composantes de la pile servant à empêcher le processus de génération d'acide.

Réponse QC-34b :

La génération d'acide issue de la pile de résidus filtrés, via l'infiltration d'eau et l'exposition à l'air, sera limitée en appliquant les mesures suivantes :

- **Le ruissellement en surface sera favorisé avec une pente approprié et ainsi empêcher la formation de flaques en surface.**
- **Compaction et nivellement de la surface de la pile tout au long des opérations.**
- **L'hiver, déneiger la pile de résidus avant d'en empiler davantage.**
- **Recouvrement et revégétalisation graduelle de la pile au fil de l'exploitation.**

D'autres mesures pourront également être évaluées avec la cellule test dont l'utilisation de chaux et essais sur d'autres agents neutralisants.

- c) En complément de l'ajout un agent neutralisant dans les résidus filtrés, l'initiateur doit évaluer la possibilité d'ajouter un agent de passivation des sulfures afin d'empêcher les réactions d'oxydation. Pour ce faire, l'initiateur doit présenter les résultats d'essais visant à évaluer l'efficacité du mélange des résidus avec les agents neutralisants ou les agents de passivation pour la réduction de la génération d'acide.

Réponse QC-34c :

Mason Graphite, avec son concept actuel de résidus filtrés, et l'implantation d'une cellule test durant la première phase de développement du parc à résidus, est confiant d'avoir une gestion sécuritaire de ses résidus, au niveau de la santé/sécurité publique et de la protection de l'environnement. Mason Graphite pourra faire des essais en cellule sur le terrain avec ces diverses options : agents supplémentaires de neutralisation, de passivation etc., et s'engage à opérer dans une philosophie d'amélioration continue.

- d) L'initiateur doit fournir de plus amples renseignements sur les mesures qu'il compte mettre en place pour empêcher l'érosion éolienne et hydrique des résidus filtrés entreposés en pile.

Réponse QC-34d :

L'érosion éolienne sera contrôlée en maintenant la pile de résidus filtrés humidifiée en surface (arrosage à partir de camions-citernes) ou en utilisant au besoin des agents abat-poussières approuvés par le MDDELCC. De plus, les sections du PAR seront recouvertes et revégétalisées graduellement au fil des années, ce qui limitera l'érosion éolienne à long terme. La pile de résidus filtrés sera compactée pour limiter la dispersion de poussières.

Les matières en suspension (MES) dans les eaux de ruissellement issues du PAR et dirigées vers les fossés périphériques puis la réserve d'eau brute seront contrôlées. Des vidanges et nettoyages ponctuels des fossés et de la réserve d'eau brute seront faits.

- e) L'initiateur doit présenter de plus amples renseignements sur les mesures qu'il compte mettre en place afin d'assurer la stabilité physique de la pile de résidus filtrés.

Réponse 34e :

La construction en cinq (5) phases du PAR sera menée de manière à assurer la stabilité de la pile de résidus filtrés. Pour ce faire, les méthodes suivantes seront utilisées :

- Empilement par paliers graduels (augmentation max. 2 m de hauteur par année) nivelés et compactés pour contrôler la pression interstitielle (sauf durant les premières années d'opération où l'empilement sera fait plus rapidement – des mesures de contrôle supplémentaires seront instaurées pendant cette période);
- Compaction et nivellement graduel pour minimiser l'infiltration d'eau dans la pile (favoriser le ruissellement de l'eau à la surface) et réduire la dispersion de poussières;
- Lors des périodes froides, déneiger toutes les surfaces avant d'empiler les résidus filtrés et les compacter rapidement avant qu'ils ne gèlent;
- Avoir un matériel granulaire à proximité de la pile pour recouvrir les chemins d'accès des camions contenant les résidus filtrés et ainsi maximiser la traction des roues sur la pile et en prévenir l'orniérage; et
- Recouvrir et revégétaliser graduellement la pile en prenant soin de sélectionner un couvert végétal reconnu pour ses propriétés stabilisatrices des pentes.

De plus, la stabilité de la pile sera assurée par un suivi rigoureux. Ce suivi pourrait inclure, entre autres, les éléments suivants :

- Procéder à des inspections fréquentes (de routine) pendant les phases de construction et d'opération du concentrateur pour s'assurer que les plans de développement de la pile de résidus filtrés soit conforme aux plans d'ingénierie, optimiser la maintenance, prendre connaissance rapidement des problématiques potentielles et avoir suffisamment de temps pour implanter des solutions, si nécessaire;
- Repérer et signaler toutes observations de déchirure du recouvrement ou d'altération de l'intégrité de la pile (p. ex. : fissure de tension ou zone d'affaissement);
- S'assurer qu'il n'y ait aucun obstacle à l'écoulement de l'eau dans le drain et les fossés périphériques;
- Procéder au suivi des niveaux piézométriques des zones critiques (ex. : centre de la pile et sols sous-jacents), le cas échéant, et surveiller l'abaissement de la hauteur de la pile après la fermeture.

Un plan de surveillance et de suivi environnemental sera développé ultérieurement et transmis au MDDELCC au moment du dépôt des demandes de certificats d'autorisation en vertu de la LQE pour un projet industriel.

- f) L'initiateur doit réaliser une étude de stabilité visant à évaluer le respect des facteurs de sécurité minimum exigés dans la Directive 019.

Réponse QC-34f :

La Directive 019 donne, au tableau 2.7 de la section 2.9.3.1, des facteurs de sécurité pour les ouvrages de retenue d'eau qui seront appliqués à la digue du bassin de réserve d'eau brute. Mason Graphite s'engage à présenter une analyse de stabilité de son PAR.

- g) L'initiateur doit fournir de plus amples informations sur les mesures qu'il compte mettre en place afin d'assurer la protection adéquate des eaux souterraines sous-jacentes à l'aire d'accumulation des résidus filtrés. Notamment, l'initiateur doit réaliser une étude de modélisation hydrogéologique de transport de contaminants susceptibles de se retrouver dans les lixiviats des résidus filtrés afin de vérifier si les mesures d'étanchéité naturelles ou mises en place à la base de la pile de résidus sont suffisantes pour éviter toute dégradation significative de la qualité des eaux souterraines.

Réponse QC-34g :

Le rapport d'étude hydrogéologique pour le site de Baie-Comeau du projet Lac Guéret démontre que les mesures naturelles présentement en place feront en sorte que le critère de percolation de 3,3 L/m²/jour sera respecté.

L'étude de modélisation hydrogéologique de transport de contaminants pour le parc à résidus est présentée à l'Annexe 3E.

- h) L'initiateur doit fournir de plus amples renseignements sur la restauration progressive des parties complétées de l'aire d'accumulation des résidus filtrés en précisant le délai anticipé avant le début des travaux de restauration et les concepts de restauration retenus.

Réponse QC-34h :

La restauration progressive du PAR débutera dès la mise en opération la cellule test (Phase 1) de développement du PAR, et celle-ci sera complètement recouverte à la 5^{ème} année. Cette restauration pourrait inclure les activités suivantes :

- **Reprofilage et nivellement des zones complétées du PAR pour faciliter le recouvrement et en assurer l'intégrité;**
- **Recouvrement graduel du PAR ce qui minimisera l'empreinte physique exposée à l'eau et à l'air et donc diminuera l'infiltration de l'eau, la diffusion de l'oxygène et incidemment la production de DMA;**
- **Modifier le patron d'aménagement des fossés périphériques de collecte des eaux au fil du développement du PAR pour séparer les eaux de ruissellement non contaminées^[1] (issues des zones recouvertes) des eaux de contact issues des zones du PAR en cours d'empilement (résidus exposés à l'eau et à l'air); et**

^[1] Les eaux non contaminées seront détournées à l'environnement en aval du site, ce qui permettra de réduire le volume d'eau à traiter.

- **Construction d'un moyen de dérivation (fossé, drain souterrain...) pour rediriger les eaux issues des zones complétées et recouvertes du PAR, donc n'ayant pas entré en contact avec les résidus, vers l'environnement et les ségréger des eaux de contact.**

Un plan de restauration détaillé du PAR, incluant les étapes de la restauration graduelle et finale au moment de la fermeture, sera déposé selon la loi sur les mines au MERN précédemment l'octroi du bail minier à Mason Graphite.

- i) L'initiateur doit améliorer le concept de restauration afin de pouvoir assurer l'intégrité du recouvrement en argile et le maintien des propriétés du recouvrement nécessaires pour empêcher la diffusion d'oxygène et l'infiltration d'eau à l'intérieur de la pile.

Réponse QC-34i :

Un plan de restauration détaillé du PAR, incluant les étapes de la restauration graduelle et finale au moment de la fermeture, sera déposé selon la loi sur les mines au MERN précédemment l'octroi du bail minier à Mason Graphite. Toutes les mesures seront prises pour empêcher de manière permanente l'infiltration de l'eau à l'intérieur de la pile de résidus filtrés et la diffusion de l'oxygène.

- j) L'initiateur doit évaluer la faisabilité d'un scénario de gestion des résidus filtrés en petites cellules qui seraient encapsulées rapidement avant d'atteindre l'étape avancée du DMA. Une telle gestion permettrait d'effectuer la restauration rapide des cellules complétées et d'apporter des améliorations à la conception des prochaines cellules en cas de nécessité.

Réponse QC-34j

Mason Graphite a évalué plusieurs scénarios de gestion des résidus. Dans le concept prévu, la restauration progressive en étapes répond au besoin de « fermer » certaines sections du parc de façon définitive en posant un couvert imperméable qui fera en sorte que l'eau des précipitations ne puisse plus être en contact avec les résidus. Avec un concept de résidus filtrés, il n'est pas nécessaire de faire des cellules indépendantes; séparer les résidus à l'aide d'enrochement, digue ou murets, qui dans ce cas ne ferait qu'augmenter l'empreinte du parc.

QC-35 Réponse QC-41a et f.

À l'annexe L du document de réponse, l'initiateur présente une étude préliminaire sur la capacité du la Petit Bras. Les débits mesurés à l'exutoire du lac Petit Bras (n=6) fournissent un ordre de grandeur de l'écoulement en période d'étiage, mais ils ne permettent pas d'établir la valeur du Q_{2,7}.

- a) L'initiateur doit s'engager à poursuivre le suivi des débits d'étiage à l'exutoire du lac Petit Bras afin d'obtenir un jeu de données qui couvre minimalement une période de deux ans et qui inclura la période hivernale. De plus, une analyse statistique devra être présentée afin d'approfondir l'analyse afin de confirmer la capacité du lac Petit Bras.

Réponse QC-35a :

Mason Graphite s'engage à obtenir ces données et à fournir une analyse statistique et à en fournir les résultats.

QC-36 Réponse QC-42 b.

L'initiateur doit fournir de plus amples renseignements sur les techniques de traitement de l'effluent minier qui pourraient être utilisées pour le contrôle du pH et l'enlèvement de MES et de métaux dissous afin de respecter les critères de concentration maximales édictés par la Directive 019.

Réponse QC-36 :

Les bilans d'eau autour des installations à la mine et au concentrateur, le dimensionnement des unités de traitement de l'eau, la définition des technologies de traitement ainsi que l'ingénierie détaillée sont en cours pour les sites de la mine et du concentrateur. La définition des méthodes de traitement retenues sera fournie au MDDELCC pour la fin mai 2017. La qualité de l'eau des effluents finaux respectera les critères énoncés dans la Directive 019 sur l'industrie minière (2012). La conception des unités de traitement sera aussi faite de manière à sélectionner des méthodes de traitement technico-économiques réalistes pour l'atteinte des OER.

La méthode de traitement de l'eau, pour la mine et pour le concentrateur permettra de traiter les eaux contaminées par des métaux et issues du contact avec des particules génératrices d'acide (p. ex. : riches en sulfates). À travers le procédé, les métaux seront retrouvés sous forme de précipités de calcium stables.

Les étapes principales du procédé de traitement sont les suivantes (définies de manière préliminaire à ce stade de l'ingénierie) :

- **Précipitation des métaux : ajustement du pH et neutralisation à l'aide de chaux dans des réacteurs. Permet la précipitation de la majorité des métaux, incluant le cuivre, le nickel et le plomb, et la diminution significative de la teneur en sulfates (SO_4^{2-}).**
- **Clarification et épaissement : réduction de la charge en solides en suspension totaux (< 100 mg/L).**
- **Microfiltration : permet de réduire la teneur en SST jusqu'à une concentration inférieure à 0,1 mg/L et de retirer la majorité des métaux colloïdaux retrouvés sous forme particulaires.**

Les unités de traitement des eaux pourraient être installées sous forme de modules et transportables. Certains éléments, comme les systèmes de dosage chimique et l'unité de filtration pourraient être placés dans des conteneurs transportables. D'autres éléments de plus grande dimension pourraient par ailleurs être installés de manière permanente, tels que le clarificateur et les réservoirs.

Un clarificateur de petite empreinte permettant le traitement de débit élevé, tel qu'une unité « ActiFlo » ou tout autre système de clarification utilisant des lamelles, pourrait ne pas être approprié dans le cadre de ce projet en raison de la quantité élevée de SST qui sera potentiellement générée dans les réacteurs de neutralisation.

Des options supplémentaires de traitement tertiaire pourraient être implantées (p. ex. : nanofiltration, osmose inversée et colonne d'échange d'ions), si nécessaire. La faisabilité technique et économique de ces options fait présentement l'objet d'études.

L'estimation des bilans d'eau autour des unités de traitement des effluents est en cours de préparation et les résultats seront fournis d'ici la fin de mai 2017.

QC-37 Réponse QC-44 a. b.

Le Tableau 5-5 de l'étude d'impact présente la liste des réactifs et additifs utilisés au concentrateur, dont notamment les volumes consommés par jour. Le Ministère réitère que l'initiateur doit :

- a) présenter la toxicité de ces produits ;

Réponse QC-37a :

Le Tableau 21 ci-dessous présente la toxicité des additifs et réactifs prévus pour le procédé du concentrateur. Les fiches signalétiques des additifs qui n'avaient pas été fournies auparavant sont jointes à l'Annexe 3I.

- b) expliquer leurs parcours dans la chaîne de traitement.

Réponse QC-37b :

Les points d'injection et parcours des divers additifs dans la chaîne de traitement du minerai de graphite sont montrés dans la Figure 19.

Tableau 21 : Toxicité des additifs de procédé (complément d'information)

Propriété toxique	Additifs et réactifs de procédé (ingrédients lorsqu'applicable)							
	Floculant (MIBC)	Dowfroth 250C	Kérosène	Acétylène	Silicate de sodium	Chaux hydratée	Nitrate d'ammonium	
Toxicité aigüe	LD50 orale	2 590 mg/kg (rat)	1260 mg/kg (rat)	5 000 mg/kg (rat)	ND	ND (tests sur solides 100 % entre 1 500 mg/kg et 3 200 mg/kg)	Hydroxyde de calcium: 7 340 mg/kg (rat) Oxyde de magnésium: 810 mg/kg (rat) Hydroxyde de magnésium: 8 500 mg/kg (rat)	2 217 mg/kg (rat)
	LD50 cutanée	2 780 mg/kg (lapin)	ND	5 000 mg/kg (lapin)	ND	ND	ND	ND
	LC50 inhalation	3 700 ppm - 4h (rat)	ND	5,2 mg/L - 4 h (rat)	ND	ND	ND	ND
	Organes cibles	Système nerveux (déresseur)	Foie, reins	Poumons, intestins, foie	Système nerveux (déresseur à haut niveau), poumons (asphyxiant)	ND	ND	Sang, voies digestives, poumons, muqueuses
	Irritation	Peau, yeux, système digestif, poumons	Yeux, voies respiratoires	Yeux, peau, voies respiratoires	Non	Yeux, peau, voies respiratoires, système digestif	Corrosif (yeux et peau), irritant (voies respiratoires)	Peau, yeux, voies respiratoires
Toxicité chronique	Cancérogène	ND	Non	ND	ND	ND	Silice cristalline/quartz	ND
	Tératogène	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	Effets synergiques	Interaction avec alcools et solvants chlorés, les dithiocarbamates, la diméthylnitrosamie et le thioacétamide	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	Sensibilisation	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	Mutagène	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	Toxicité reproductive	ND	Oui à dose toxique (non défini)	ND	ND	Baisse de survie à la naissance chez les rats avec exposition de 600 et 1 000ppm dans l'eau potable	ND	ND
Écotoxicologie	Algue d'eau douce	EC50 96h - 153mg/L (selenastrum capricornutum)	<u>Ether méthyl de dipropylène glycol méthyl ether</u> : ED50 96h - >969mg/L (selenastrum capricornutum)	ND	ND	ND	ND	ND
	Poisson d'eau douce	LC50 96 h - 359 mg/L (truite arc-en-ciel) LC50 48 h - >1 000 mg/L (daphnie magna) EC50 48 h - 337 mg/L (daphnie magna)	<u>Ether méthyl de dipropylène glycol méthyl ether</u> : LC50 96 h - >10 000 mg/L (pimephales promelas) <u>1-méthoxy-2-propanol</u> : LC50 96 h - 20,8 g/L (pimephales promelas); LD50 96 h - 4 600 à 10 000 mg/L (Leuscus idus)	LC50 96 h - 45 mg/L - 2,4 mg/L - 2,2 mg/L (espèces non-spécifiées)	ND	ND	Hydroxyde de calcium: LC50 48 h - 160 mg/L (carpe) EC50 24 h - 25,6 mg/L (daphnie magna)	ND

Propriété toxique	Additifs et réactifs de procédé (ingrédients lorsqu'applicable)							
	Floculant (MIBC)	Dowfroth 250C	Kérosène	Acétylène	Silicate de sodium	Chaux hydratée	Nitrate d'ammonium	
Crustacés	ND	Ether méthyl de dipropylène glycol méthyl ether: LC50 48 h – 1 919 mg/L	ND	ND	ND	ND	ND	
Microtoxicité	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
Persistance/dégradabilité	Biodégradation 94 % en 20 jours	Aérobique	ND	ND	ND	ND	ND	
Bioaccumulation	ND	Faible	ND	ND	Diatomés, éponges silicieuses	ND	ND	
Mobilité dans le sol	ND	Faible	ND	ND	ND	Faible	ND	
Information additionnelle	Général	Toxicité légère pour les mammifères; DBO5 = 38-50 % DBO10 = 67-72 % DBO20 = 67-94 %			Effets autres qu'asphyxiant rapportés, mais associés à des contaminants dans les produits commerciaux.	Changements dans le sang observé chez les rats exposés à 200, 600 et 1 200 ppm dans l'eau potable; effets nuisibles sur reins des chiens avec exposition de 2,4 g/kg/j; silicates associés à la formation de pierres au reins chez l'humain, inhalation répétée peut causer silicose, emphysème et cancer du poumon.	Exposition peut amener pneumonie chimique, silicose, œdème pulmonaire, fièvre, état de choc et mort. Plusieurs risques pour la santé associés aux oxydes de métal et à la silice cristalline.	Produit peut se dégrader en nitrates et réagir avec des acides aminés pour former des N-nitrosamines, qui sont potentiellement cancérigènes. Association entre les nitrates et nitrites avec des effets génotoxiques, malformations à la naissance.
Définitions								
	<i>LD50</i> -	Dose létale pour 50 % des spécimens dans un échantillon.						
	<i>LC50</i> -	Concentration létale pour 50 % des spécimens dans un échantillon.						
	<i>ED50</i> -	Dose produisant un effet pour 50 % des spécimens dans un échantillon.						

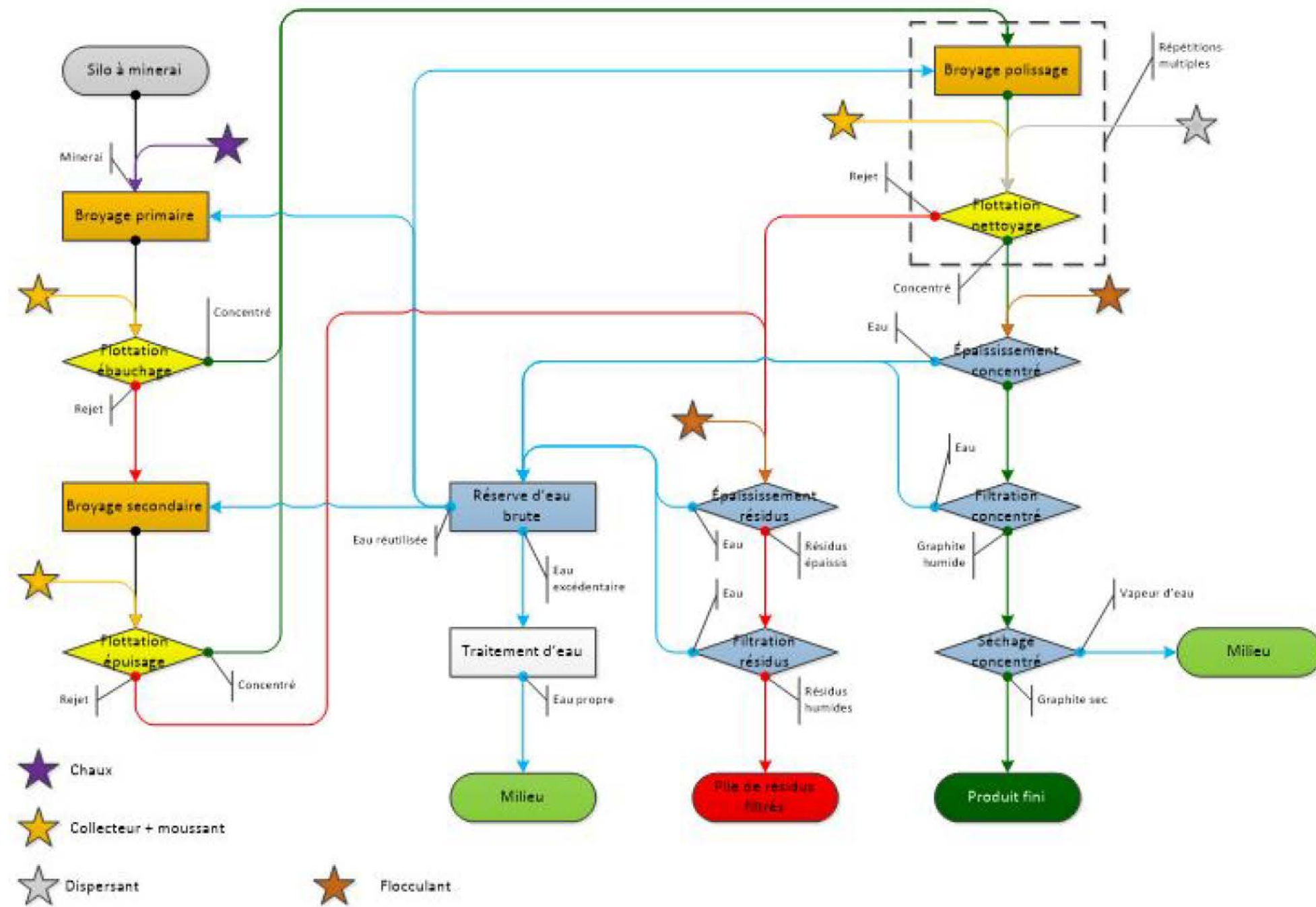


Figure 19 : Parcours des réactifs dans la chaîne de traitement

QC-38 Réponse QC-46 a. b. et d.

L'initiateur indique qu'il n'a pas effectué de tests cinétiques sur les stériles à cause de son indisponibilité. Toutefois, les essais statiques démontrent le potentiel acidogène des stériles miniers. À cet effet, l'initiateur doit présenter un concept de restauration empêchant le drainage minier acide et répondant, entre autre, aux critères de l'état satisfaisant du ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles (MERN). À cet égard, le MERN souligne que les coûts de la garantie financière devront être ajustés conséquemment et seront représentatifs du niveau d'ingénierie du projet.

- a) L'initiateur doit démontrer que le type de recouvrement qui sera mis en place sur la halde de stériles permet d'empêcher la diffusion d'oxygène et l'infiltration d'eau à long terme. Il doit notamment préciser le type de matériaux fins qui servira à recouvrir la halde, ou tout autre matériau.

Réponse QC-38a :

Cette information sera détaillée dans le plan de restauration qui sera déposée au MERN selon la Loi sur les mines.

- b) L'initiateur doit expliquer comment il compte empêcher la ségrégation granulométrique des stériles lors de la construction de la halde, puisque ce phénomène favorise la création des conditions favorables à l'oxydation des sulfures en augmentant la disponibilité de l'eau et de l'oxygène dans les parties profondes de la halde.

Réponse QC-38b :

La mise en place des stériles sur la halde est faite par un camion qui déverse le stérile sur la halde et un bouteur ou une chargeuse qui l'étend et le nivelle. Une ségrégation granulométrique locale est inévitable avec ce mode de gestion des stériles, mais demeure mineure considérant les faibles capacités des camions. Cependant, des mesures efficaces pour prévenir l'oxydation des sulfures et la génération d'acide seront appliquées et seront détaillées dans le plan de restauration qui sera déposé au MERN selon la Loi sur les mines.

- c) L'initiateur doit présenter d'autres méthodes de restauration progressive et/ou finale qui pourraient être utilisées dans le cadre du projet et discuter de leur performance en présence de matériel potentiellement générateur d'acide.

Réponse QC-38c :

Cette information sera détaillée dans le plan de restauration qui sera déposée au MERN selon la Loi sur les mines.

QC-39 Annexe 5c

L'initiateur du projet devra déposer deux plans de restauration : d'une part pour le site de la mine à ciel ouvert avec les critères de conception et de stabilité des haldes à stériles et à mort-terrain qui resteront sur place après la fermeture, d'autre part pour le site du concentrateur avec le parc à résidus miniers.

Réponse QC-39 :

Deux approches de fermeture et restauration ont été préparées, une pour le site de la mine et l'autre pour le site du concentrateur (voir la révision 2 à l'Annexe 3J). Les documents ont été révisés en conformité avec le *Guide de préparation du plan de réaménagement et de restauration des sites miniers au Québec* (MERN, 2016), et en tenant compte de la définition du projet à ce stade-ci.

QC-40 Réponse QC-47 b. d.

Le délai requis pour enoyer la fosse est estimé à environ huit ans par l'initiateur et il estime que la qualité de l'eau devrait être semblable à celle de l'eau de précipitations. L'exutoire de la fosse sera situé au point bas de sa périphérie. Afin de bonifier la réponse à cette question, l'initiateur doit :

- a) fournir les détails conceptuels concernant l'aménagement de l'exutoire, notamment, confirmer ce qui est envisagé pour raccorder l'exutoire au système hydrographique du site et pour prévenir l'érosion hydrique.

Réponse QC-40a :

Une canalisation (déversoir) avec un point de décharge aménagé pour minimiser l'érosion du terrain (enrochement sur géotextile) sera construite pour acheminer les eaux de la fosse vers le ruisseau intermittent, entre la fosse et la pile de stériles.

- b) évaluer la hauteur des parois nord de la fosse minière qui seront exposées à l'air libre après l'ennoisement de la fosse.

Réponse QC-40b :

La hauteur maximale de la paroi nord exposée est de 50 m. La surface de la paroi exposée sera donc **de 6,5 ha sur un total de 15 ha de paroi pour la fosse ultime.**

- c) Évaluer si l'oxydation des sulfures présents dans la roche exposée des parois de la fosse pourrait affecter la qualité des eaux dans la fosse ennoyée.

Réponse QC-40c :

L'oxydation des sulfures présents dans la roche exposée des parois de la fosse ne pourra pas affecter la qualité des eaux dans la fosse ennoyée, car l'oxydation se sera faite tout au long de l'exploitation de la mine. Après 25 ans d'opération, les sulfures exposés en surface seront déjà oxydés et ne pourront donc plus affecter la qualité de l'eau, qui continuera à être traitée tant que les normes environnementales ne seront pas respectées.

De plus, la surveillance de la qualité des eaux de la fosse fait déjà partie du programme de suivi environnemental qui sera mis en place en fin d'exploitation. Advenant des indications que la qualité n'est pas celle attendue, des mesures seront prises pour corriger la situation.

QC-41 Réponse QC-48 d.

Durant les 13 premières années d'opération, l'effluent du parc à résidus aura un débit moyen de 7 m³/h entre les mois d'avril et octobre. Pour les années 14 à 25, le débit maximum pourrait atteindre 30 m³/h. Les débits moyens annuels varieront en fonction de l'avancement de la pile de résidus et de la superficie qui aura été végétalisée. Toutefois, à l'Addenda 5B, il est indiqué que le débit de l'effluent du parc à résidus variera entre 0 et 15 m³/h.

- a) L'initiateur doit expliquer ces disparités. Au besoin, il apportera des corrections.

Réponse QC-41a :

Le débit moyen de l'effluent déchargé à l'environnement après passage par l'unité de traitement des eaux variera en fonction des précipitations. Pendant la période allant d'octobre à avril, les précipitations sous forme de neige ne seront pas disponibles dans le bassin d'eau brute. Les besoins en eau d'appoint du procédé ainsi que la nécessité de conserver 40 000 m³ pendant 7 jours dans le bassin donnera lieu à des périodes sans aucun effluent vers l'UTE.

Le calcul du débit moyen de l'effluent est basé sur des simulations utilisant des données hydrographiques historiques. L'évaluation du niveau des précipitations attendues sur le site a inclut une simulation des pires cas : l'année avec de faibles précipitations a été simulée pour la phase 1 (années 0-2) qui a la plus petite superficie de toutes les phases du parc à résidus. De même, l'année humide (avec plus de précipitations) a été simulée pour la phase 5 (années 18-25) qui comporte la plus grande superficie.

Dans un premier temps, les données hydrologiques utilisées sont les données de précipitation moyennes mensuelles, le pire cas d'année sèche étant la moyenne minimale et le pire cas d'année humide la moyenne maximale. Sur cette base, au cours des années 1 à 13, pendant la période d'avril à octobre, les eaux de ruissellement captées par le bassin auront un débit moyen de 15 m³/h. Afin de maintenir une capacité du bassin d'accueillir les crues, le débit de l'UTE sera de 20 m³/h et pourrait atteindre 30 m³/h au cours des années 14 à 25 qui inclut l'année humide et les superficies les plus importantes du parc à résidus.

Dans un second temps, les données hydrologiques utilisées sont les données de précipitation historiques, le pire cas d'année sèche représentant les précipitations minimales et le pire cas d'année humide les précipitations maximales (et non les moyennes). Sur cette base, au cours des années 1 à 13, pendant la période d'avril à octobre, les eaux de ruissellement captées par le bassin auront un débit moyen de 15 m³/h. Afin de maintenir une capacité du bassin d'accueillir les crues, le débit de l'UTE sera de 20 m³/h et pourrait atteindre 38 m³/h au cours des années 14 à 25 qui inclut l'année humide et les superficies les plus importantes du parc à résidus.

Les débits maximum estimés sont des débits de pointe instantanée de déversement. La moyenne annuelle de retour à l'environnement variera de manière générale entre 0 et 15 m³/h.

QC-42 Réponse QC-50 a.

Le Ministère réitère que l'initiateur doit présenter une mise à jour du calendrier de réalisation du projet compte tenu de l'état d'avancement de l'échéancier réglementaire.

Réponse QC-42 :

Le calendrier préliminaire révisé de réalisation du projet, sujet à l'obtention des autorisations et du financement, est présenté ci-dessous.

Tableau 22 : Calendrier révisé (mars 2017) de réalisation du projet

Année	2017				2018				2019	
	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4	T1	T2
Ingénierie		■	■	■						
Achats équipements	■	■	■	■	■	■				
Certificat autorisation			■							
Construction mine			■	■	■	■	■	■		
Construction usine			■	■	■	■	■	■		
Mise en service							■	■		
Production								■	■	■

5. Description du milieu récepteur

QC-43 Réponse QC-58 b.

Afin de confirmer si les valeurs de hauteur d'eau présentées à l'annexe B-1 sont précises, l'initiateur doit confirmer l'étalonnage de l'appareil et le traitement des résultats pour l'effet de glace en hiver.

Réponse QC-43 :

L'enregistreur de hauteur a été étalonné sur le site, tel que requis par la procédure (voir manuel du WL16 Water Level Data Loggers fourni à l'Annexe 3P) lors de l'installation en novembre 2014. L'installation est considérée comme complète lorsque la lecture de l'appareil coïncide avec la mesure manuelle effectuée par le technicien.

Lors des deux autres visites au site minier (en juin et en octobre 2015), une vérification de la hauteur lue par l'appareil a été effectuée en comparant avec une mesure manuelle. La lecture de l'enregistreur était précise. Mason Graphite, via son expert Avizo, confirme qu'il y a eu un étalonnage adéquat de l'appareil.

Pour le traitement des résultats pour l'effet de glace en hiver, l'enregistreur fonctionne avec une sonde à pression qui est placée au fond du cours d'eau. La pression d'eau au-dessus de la sonde est convertie en hauteur d'eau et il existe un système de compensation automatique de la pression atmosphérique. En hiver, l'eau du ruisseau est recouverte d'une couche de glace et de neige. La pression exercée sur la sonde correspond donc à l'épaisseur cumulée d'eau, de glace et de neige. Les données présentées sur chacun des graphiques du rapport d'Avizo sont les valeurs moyennes quotidiennes des données brutes, et tiennent compte de la hauteur de la glace.

QC-44 Réponse QC-59 c.

L'initiateur doit ajuster les valeurs de débit à l'aide des relevés terrain, notamment parce que les stations hydrométriques utilisées dans les équations de régression sont basées sur des bassins versants différents du bassin étudié.

Réponse QC-44 :

Mason Graphite s'engage à procéder à des relevés sur le terrain pour mesurer le débit d'eau dans les divers ruisseaux situés sur le site de la mine au cours de l'été 2017. Ces relevés permettront de vérifier les valeurs utilisées pour quantifier l'impact sur les cours d'eau.

Lors de cette campagne de mesure des débits des eaux de surface à la mine, proposée à l'été 2017, Mason Graphite s'engage à procéder également au prélèvement de nouveaux échantillons d'eau de surface et de les caractériser suivant le *Protocole d'échantillonnage de l'eau de surface pour l'analyse des métaux en traces* afin de quantifier l'état initial des milieux récepteurs. L'échantillonnage sera mené, au minimum, dans tous les cours d'eau en périphérie des installations minières qui pourraient être affectés par le projet, incluant les ruisseaux intermittents et le Lac sans nom.

La localisation des stations d'échantillonnage sera détaillée dans le plan de travail (devis technique) pour la caractérisation de l'état initial de l'eau de surface au site de la mine et sera fourni au MDDELCC pour revue et approbation d'ici le 30 avril 2017. Les résultats de cette campagne d'échantillonnage seront fournis au ministère dès la réception du rapport de caractérisation par Mason Graphite, et ce, d'ici la fin août 2017).

L'échantillonnage des eaux de surface sera menée conformément aux recommandations des guides et lignes directrices suivants :

- MDDELCC, 2014. *Protocole d'échantillonnage de l'eau de surface pour l'analyse des métaux en traces*, Québec, Direction du suivi de l'état de l'environnement, 19 pages. Disponible en ligne : http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/eau/eco_aqua/metaux/protocole-echantillonnage-analyse-metaux-traces.pdf
- CEAEQ, 2012. *Modes de conservation pour l'échantillonnage des eaux de surface*, DR-09-10, MDDEP, 7 pages. Disponible en ligne : http://www.ceaeq.gouv.qc.ca/documents/publications/echantillonnage/dr09_10eauxsurf.pdf
- CEAEQ, 2013, *Détermination des métaux extractibles à l'état de trace en conditions propres dans l'eau : méthode par spectrométrie de masse à source ionisante au plasma d'argon*, MA. 203-Mét.Tra. 1.0, MDDEFP, 15 pages. Disponible en ligne : <http://www.ceaeq.gouv.qc.ca/methodes/pdf/MA203MetTraext10.pdf>
- CEAEQ, 2014, *Détermination des métaux extractibles à l'état de trace en conditions propres dans l'eau : méthode par spectrométrie d'émission au plasma d'argon et détection par spectrométrie de masse*, MA. 203-Mét.Tra. 1.1, MDDEFP, 16 pages. Disponible en ligne : <http://www.ceaeq.gouv.qc.ca/methodes/pdf/MA203MetTra11.pdf>

Ces méthodes permettront à Mason Graphite d'établir l'état initial de la qualité des eaux de surface en obtenant les résultats des concentrations de 21 métaux traces (Ag, Al, As, B, Ba, Be, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni, Pb, Sb, Se, Sr, U, V et Zn) avec des limites de détection variant de 0,002 à 0,05 µg/L. Les métaux extractibles totaux et les métaux dissous seront analysés pour établir l'état initial de la qualité des eaux de surface.

Au moins 10 % des échantillons seront pris en duplicata et un blanc de transport devra être fourni par le laboratoire mandaté pour les analyses. Un blanc de terrain devra aussi être récupéré, au minimum, à chaque journée d'échantillonnage.

Pendant le transport, toutes les mesures seront prises pour maintenir la température des échantillons à environ 4 °C (glacière, glace, réfrigération, etc.), bien que les délais de transport jusqu'au laboratoire puissent excéder les 8 heures.

Les analyses seront réalisées dans un laboratoire accrédité par le MDDELCC et qui est équipé des installations pour mener des analyses en conditions propres.

QC-45 Réponse QC-62

Les résultats d'analyse de métaux dans les eaux de surface sont, pour la plupart, inférieurs aux limites de détection des méthodes d'analyse retenues. Ces limites de détection sont insuffisantes pour vérifier le respect des critères de qualité de l'eau de surface et pour quantifier le niveau de fond du milieu récepteur, soit les caractéristiques des eaux de surface au temps zéro, avant l'implantation de la mine. L'initiateur est responsable de ses méthodes d'échantillonnage et d'analyse dans la mesure où il peut fournir des valeurs détectées pour quantifier l'état initial des milieux récepteurs.

Toutefois, l'initiateur indique qu'étant donné la petite envergure de l'opération au site minier, il juge que d'appliquer le *Protocole d'échantillonnage de l'eau de surface pour l'analyse des métaux en traces*¹ avant l'implantation est démesuré.

- a) Sans tenir compte de l'envergure du projet, il est prévu que la mine sera exploitée pendant plus de 25 ans et les stériles miniers, le minerai et les résidus miniers présentent tous un fort potentiel de génération acide et sont lixiviables pour plusieurs métaux. L'initiateur doit donc s'engager à utiliser des méthodes d'analyse dites « traces » lors de l'échantillonnage des eaux de surface pour les métaux.

Réponse QC-45a :

Lors de la campagne de mesure des débits des eaux de surface à la mine, proposée en 2017, Mason Graphite s'engage à procéder au prélèvement de nouveaux échantillons d'eau de surface et de les caractériser suivant le *Protocole d'échantillonnage de l'eau de surface pour l'analyse des métaux en traces*² afin de quantifier l'état initial des milieux récepteurs.

QC-46 Réponse QC-64 b.

L'annexe M ne contient pas le chiffrier Excel qui doit présenter les tableaux des résultats d'analyse de l'eau et des sédiments de l'étude d'Avizo.

- a) L'initiateur doit fournir ces tableaux.

Réponse QC-46 :

Le tableau des résultats est fourni à l'Annexe 3K.

QC-47 Réponse QC-66 a.

La station ST-5, qui correspond à un tributaire du réservoir Manicouagan, présente des teneurs beaucoup plus élevées que les autres stations pour les métaux et métalloïdes, le soufre et certains composés organiques. L'initiateur indique que la source de cet enrichissement n'est pas connue et précise que cette station continuera d'être échantillonnée afin d'éclaircir la situation.

- a) L'établissement et la localisation de chaque station d'échantillonnage doivent être justifiés en fonction de l'objectif de la caractérisation. Étant donné que l'initiateur s'engage à revoir la localisation de l'ensemble des stations d'échantillonnage, la pertinence du maintien de cette station doit être analysée à l'intérieur du plan global de caractérisation initiale du site minier.

Réponse QC-47a :

La localisation de la station ST-5 est montrée sur la Figure 20 suivante. La station ST-5 (comme les stations ST-4 et ST-8) échantillonnée et caractérisée dans le cadre de l'étude environnementale de base est effectivement bien en dehors de la zone d'influence des eaux de surface par les activités minières maintenant prévues au projet. Les valeurs obtenues dans l'étude d'origine ne feront partie d'aucune investigation additionnelle.

² Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques. 2014. *Protocole d'échantillonnage de l'eau de surface pour l'analyse des métaux en traces*. 19 pages.

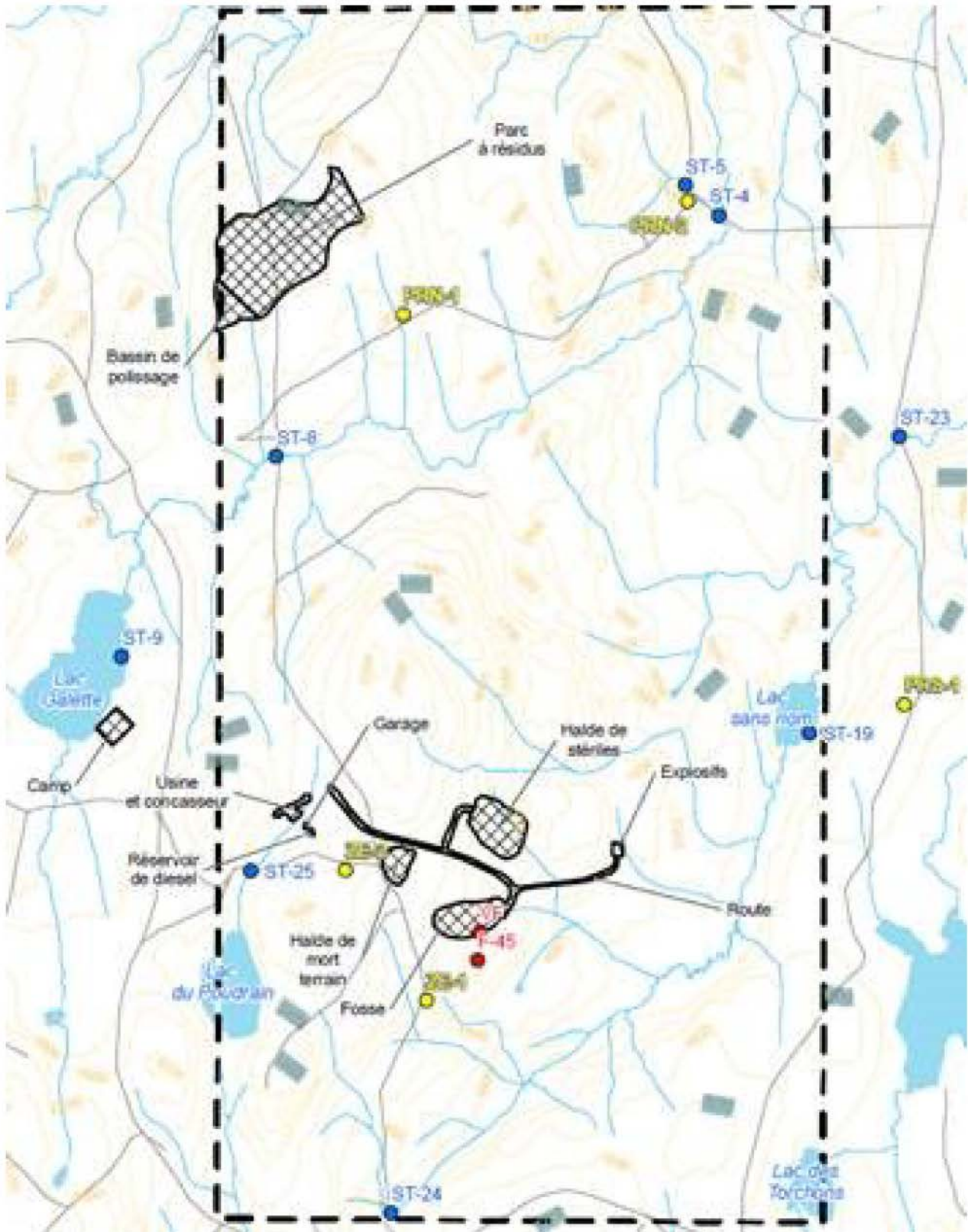


Figure 20 : Extrait de la carte 3.5.1 du rapport Étude environnemental de base (Roche, 2013)

QC-48 Réponse 67 b. et c.

Les sous-questions ne doivent pas être vues comme étant deux exigences différentes. Les paragraphes ci-dessous expliquent ce qui est attendu au niveau de la caractérisation des sols :

- a) **Au site de la mine** : selon les photographies aériennes consultées par l’initiateur de projet, une « exploitation quelconque » est présente sur le site de la mine en 2004 et 2013. Si cette exploitation a été observée sur la photographie aérienne de 2013 et que Mason Graphite inc. a été fondée en 2012 pour l’exploration et le développement du gisement de graphite naturel du lac Guérêt, L’initiateur de projet devrait donc être en mesure d’identifier correctement l’exploitation « quelconque » et de confirmer si cette activité comporte un risque de contamination des sols ou des eaux souterraines.

Réponse QC-48 a :

L’historique de l’occupation et de l’utilisation au site de la mine est compilé plus bas. Les sources complémentaires suivantes ont été consultées et les photos aériennes analysées de nouveau à la lumière des nouvelles informations.

Recherche documentaire sur internet – réalisée le 31 janvier 2017

Exploitation forestière. Le gisement minier est situé dans une zone d’exploitation forestière qui a débuté en 1997, avec l’attribution de CAAF (dans l’aire commune no 093-20) à la compagnie Kruger Inc. Cette dernière a cessé ses opérations, dans le secteur de la mine, en 2006, laissant derrière elle des zones défrichées et partiellement revégétalisées, ainsi que des chemins forestiers encore utilisables. La Kruger a poursuivi ses activités d’exploitation de 2006 à 2009 sur l’île René-Levasseur. Elle s’est retirée définitivement du secteur en 2009, suite à un décret gouvernemental et à une compensation financière de 7,3 millions.

Tableau 23 : Historique de l’occupation et de l’utilisation du territoire, dans le secteur mine de la propriété du Lac Guérêt, par l’industrie forestière

Historique de l’exploitation forestière (CAAFs de l’aire commune 093-20)		
Kruger Inc.	1997-	Début de l’exploitation forestière dans l’aire commune 093-20 suite à l’attribution de CAAF ⁽¹⁾ Début des coupes dans l’aire commune.
	2002-2004	Ces CAAF ont été renouvelés le 5 septembre 2002 et des avenants ont été octroyés le 7 mai 2004. ¹ Début des interventions sur l’île René-Levasseur en 2002.
	2005	Interdiction d’exploitation à l’île René-Levasseur (suite à un jugement de la cour supérieure) ^{(1),(2)}
	2006	Reprise de l’exploitation à l’île René-Levasseur (jugement de la cour supérieure renversé par celui de la cour d’appel) ⁽³⁾
	2009	Abandon de l’exploitation à l’île Levasseur suite à un décret provincial et 7.3 Millions de compensation. Fin de l’exploitation du territoire par la Kruger Inc. ⁽⁴⁾

(1) http://www.autochtones.ca/portal/fr/ArticleView.php?article_id=133

(2) <http://www.ledevoir.com/economie/actualites-economiques/84564/les-innus-font-plier-kruger>

(3) <http://www.fasken.com/files/Publication/a17254e6-48f3-4b4c-952d-2285f19808c7/0eaaae06-1223-42d9-bb2b-0087918d5356/Presentation/PublicationAttachment/5d7971b9-866d-4b24-bb72-c47af5a77bb3/Bulletin-aboriginal-fr.pdf>

(4) <http://www.lapresse.ca/le-soleil/affaires/actualite-economique/200907/31/01-888973-kruger-abandonne-lile-rene-levasseur.php>

Consultation du site Internet de Mason Graphite – réalisée le 31 janvier 2017

Exploration minière. L'exploration minière a débuté dans les années 50, et a été menée en parallèle avec l'exploitation forestière. L'exploration plus spécifique de la zone visée par Mason Graphite, pour sa richesse en graphite, s'est concentrée dans la période 2002-2006 (par Quinto Mining), puis en 2012 (Mason Graphite), année de la première campagne de forage.

Tableau 24 Historique de l'occupation et de l'utilisation du territoire, dans le secteur mine de la propriété du Lac Guéret, par l'industrie minière (tiré du site Internet de Mason Graphite, version du 31 janvier 2017)

Historique de l'exploration minière		
Quebec Quartier Mines Ltd	Années 1950	Exploration du territoire en vue d'exploiter un gisement de fer
Quinto Mining Corp.	2002-2006	Exploration de la zone visée par Mason Graphite pour sa richesse en graphite (des lentilles à haute teneur furent identifiées)
Consolidated Thompson Iron Mines Ltd (CLM)	2008	Acquisition de Quinto Mining
Cliffs Natural Resources	2011	Acquisition de CLM
Mason Graphite	2012	Acquisition de la propriété de Lac Guéret de Cliffs Natural Resources et début de la première campagne de forage. NI 43-101 en 2012-2013 (Met-Chem)

Photos aériennes

Les photos aériennes consultées témoignent de cette utilisation du territoire à l'étude par des industries de type différent, forestière et minière.

Tableau 25 : Résultat de la consultation des photos aériennes

Année	Source de la photo	Site	Voisinage
2013	Google Earth	Évidence d'activités de plantation d'arbres en lignes parallèles. Évidence d'exploration minière: présence d'excavations plus profondes et parfois aussi en lignes parallèles (forages et tranchées d'exploration). Présence d'une forêt.	Des routes d'accès sont présentes. On trouve aussi des lignes parallèles (activités de plantation) sur quelques terrains avoisinants. Présence d'une forêt.
2004	AQPC ⁽¹⁾		
1996	AQPC	Aucun développement, ni route. Présence d'une forêt.	

(1) AQPC = Aux quatre points cardinaux

b) Au site du concentrateur : une « caractérisation phase I » plus complète devra être réalisée. La consultation des documents suivants devra être effectuée :

- Registre foncier;
- Régie du bâtiment du Québec;
- Documentation municipale;
- Étude de caractérisation antérieure.

Réponse QC-48b :

Les sources complémentaires suivantes ont été consultées et les photos aériennes analysées de nouveau à la lumière des nouvelles informations.

Le registre foncier (Infolot) – consulté le 19 janvier 2017

- **La zone d’implantation du concentrateur est située sur le lot 2, 906, 872 appartenant à la Société d’Expansion de Baie-Comeau. Il est inscrit au plan de zonage de la municipalité avec une indication « industriel lourd ».**

Tableau 7-109 : Caractéristiques des lots situés dans la zone d’étude restreinte et à sa périphérie

Lots	Propriétaires	Zonage
2 906 872	Société d’Expansion de Baie-Comeau	26-I
2 903 984	Gouvernement du Québec, MRNFP	28-I
2 905 582	Gouvernement du Québec, MRNFP	28-I
2 905 583	9117-7428 QUÉBEC INC.	28-I
3 490 534	Centre de triage Côte-Nord inc.	28-I
4 446 027	Centre de triage Côte-Nord inc.	28-I
4 967 563	Société du port ferroviaire de Baie-Comeau - Hauterive	36-I
4 967 564	N/D	36-I
4 967 566	Société d’Expansion de Baie-Comeau	35 36-I
3 583 060	N/D	34-CO
5 556 213	Société d’Expansion de Baie-Comeau	40-C 44-C 46-R

Sources : (MERN, 2015) et carte de la compilation du zonage de la Ville de Baie-Comeau (Ville de Baie-Comeau, 2014)

- Le lot 2 906 872 a été acquis du MERN par la Société d'Expansion de Baie-Comeau, en juillet 2003, dans le cadre d'une démarche visant à réaliser la phase finale du parc industriel Jean-Noël-Tessier.

Tableau 26 : Historique de l'occupation et de l'utilisation du territoire (Secteur concentrateur à Baie-Comeau)

Propriétaire	Année	Détails
MERN	< 2002	Bloc 135 (entité d'arpentage primitif)
MERN	2002	Création du lot 52 (canton Lafèche) Dépôt au cadastre : 10 juillet 2002 Entrée en vigueur : 16 juillet 2002
Société d'Expansion de Baie-Comeau	2003	Cession du lot 52 par le MERN à la Société d'expansion de Baie-Comeau, le 4 juillet 2003.
Société d'Expansion de Baie-Comeau	2005	Remplacement du lot 52 Nouveau lot : 2 906 872 Dépôt au cadastre : 25 janvier 2005 Entrée en vigueur : 27 janvier 2007
Société d'Expansion de Baie-Comeau	2011	Modifications au plan de zonage de la Ville de Baie-Comeau datant de 2011 pour permettre l'usage industriel.
Mason Graphite	2015	Signature d'un memorandum d'entente entre Mason Graphite, la Ville de Baie-Comeau et la Société d'expansion de Baie-Comeau pour la cession, entre autres éléments, d'une partie du lot 2 906 872 (environ 72 ha), une fois le projet confirmé et le volet financier garanti.
Mason Graphite	À venir	Acquisition du terrain

Photos aériennes

- Les photos aériennes consultées indiquent un territoire encore à l'état naturel, mis à part la présence de lignes de transmission et d'infrastructures routières, au nord et à l'est du site.

Tableau 27 : Résultat de la consultation des photos aériennes

Année	Source de la photo	Site	Voisinage
2014 2011 2009 2005	Google Earth	Aucun développement sauf des lignes de transmission qui traversent le site en direction est-ouest et le chemin du Lac Petit-Bras.	Aucun développement sur les sites avoisinants, sauf celui du coin sud-est où on trouve actuellement La Carrosserie Baie-Comeau inc.
1996	AQPC ⁽¹⁾	Présence de forêt	Une exploitation de ce même site est visible depuis 1987 avec des agrandissements au fil des années. Ce site est un petit garage, sans réservoir souterrain.
1987	AQPC		La route 389 et le chemin du Lac Petit-Bras sont présents. Au nord du site, près de la route 389, on peut noter un dépôt d'explosifs appartenant l'Entreprise Castonguay (sous bail avec le MERN). Présence de forêt.

(1) AQPC = Aux quatre points cardinaux

Régie du bâtiment du Québec – consulté le 13 février 2017

- Selon le Registre des sites d'équipements pétroliers (site internet, version du 13 février 2017) : aucun titulaire d'équipements pétroliers n'est identifié sur le lot 2 906 872 ou à proximité.

Documentation municipale

- Plusieurs échanges avec M. Paul Joncas de la Société d'expansion de Baie-Comeau (en janvier 2017) qui confirme que le terrain a été acheté du MRN et qu'il n'y a jamais eu d'aménagement, ni d'utilisation de ce terrain à sa connaissance, sinon les éléments suivants en périphérie du site : la ligne de transmission électrique et le chemin du Lac Petit-Bras. Il a également mentionné la présence d'un entrepôt d'explosifs situé au nord du secteur et de la ligne de transmission électrique, à proximité de la route 389.



Figure 21 : Emplacement du dépôt d'explosifs appartenant à l'entreprise Castonguay (sous bail avec le MERN). Toutefois, ce bail est présentement en période de renouvellement et ne serait pas reconduit (selon Paul Joncas, com. verbale, 19 janvier 2017)

- Communication avec la MRC de Manicouagan, le 12 janvier 2017 (Diane Synnet – technicienne en aménagement) dont les informations envoyées par courriel corroborent celles que nous avons obtenues d'Infolot. Aucune information additionnelle.

Autres études de caractérisation

- Le rapport d'étude d'impact de la route 389 (section 4.2.5) présente une évaluation environnementale Phase 1 sommaire. Les résultats démontrent l'absence de facteurs de risque sur le lot 2 906 872 ou à proximité pouvant laisser croire à une quelconque contamination du terrain.

Advenant qu'à la suite des vérifications demandées précédemment, les sites de la mine et du concentrateur n'aient pas supporté une activité anthropique présentant un potentiel de contamination des sols, le *Guide de caractérisation physicochimique de l'état initial des sols avant l'implantation d'un projet industriel* devra être appliqué. Dans le cas contraire, soit la présence de risques de contaminations anthropiques, le *Guide de caractérisation des terrains* sera applicable. Cette caractérisation pourra s'appliquer à une partie du terrain si l'activité anthropique s'est limitée à un secteur uniquement (ex. ancien camp d'exploration).

Il est fortement recommandé que l'initiateur valide son programme de caractérisation initiale des sols auprès MDDELCC avant d'entreprendre les travaux.

Réponse 48 (suite) Mason Graphite prend note de cette recommandation.

QC-49 Réponse QC-69 c.

Les débits d'étiage présentés par l'initiateur ont été calculés avec des équations de régression. Puisque la superficie du bassin versant est seulement de 2,9 km², il est possible que le cours d'eau n'ait pas un écoulement permanent. Considérant ce qui précède, l'initiateur doit s'engager à acquérir les données de terrain nécessaires afin de confirmer que le cours d'eau présente un débit permanent.

Réponse QC-49 :

Mason Graphite s'engage à prélever des mesures de débits dans le cours d'eau du site du concentrateur au cours de la saison 2017.

QC-50 Réponse QC-70 a.

L'initiateur doit confirmer si le relevé des débits ainsi que l'analyse de la qualité de l'eau ont été réalisés tel que prévu. Dans l'affirmative, il doit présenter les résultats.

Réponse QC-50 :

Le rapport des relevés réalisés à l'automne 2016 est joint à l'Annexe 3G. Ces relevés se sont limités à la caractérisation de l'eau et des sédiments. La mesure des débits sera effectuée durant la saison 2017 et les résultats seront transmis au MDDELCC avant la fin d'août 2017.

QC-51 Réponse QC-73 a.

Dans le secteur du site du concentrateur, aucune campagne de caractérisation des eaux de surface n'a été réalisée par l'initiateur. Un suivi de la qualité de l'eau de surface a été effectué pour les rivières Amédée et à la Chasse par l'Organisme des bassins versants de Manicouagan et le MDDELCC.

L'initiateur indique que le rapport joint à l'annexe F fournit l'information demandée. Toutefois, cette annexe ne renferme aucune donnée sur la qualité de l'eau de surface au site du concentrateur.

- a) L'initiateur doit s'engager à caractériser l'état initial de chacun des milieux aquatiques susceptibles d'être affectés par le projet selon les modalités décrites dans le *Guide de caractérisation physicochimique de l'état initial du milieu aquatique avant l'implantation d'un projet industriel* et dans le *Protocole d'échantillonnage de l'eau de surface pour l'analyse des métaux en traces*.

Réponse QC-51a :

Mason Graphite s'engage à réaliser la caractérisation de l'état initial de chacun des milieux aquatiques susceptibles d'être affectés par le projet, au site du concentrateur, en conformité avec les modalités des Guide et Protocole mentionnés précédemment. Le plan d'échantillonnage préparé sera présenté au MDDELCC avant d'entreprendre les travaux. Ces travaux seront réalisés au cours de l'été 2017.

Les résultats de la campagne d'échantillonnage préliminaire, réalisée à l'automne 2016, des eaux de surface et des sédiments au site du concentrateur à Baie-Comeau sont présentés à l'Annexe 3K.

QC-52 Réponse QC-75 a. b.

Le Ministère tient à préciser que les données disponibles à partir de la cartographie des milieux humides potentiels de CIC et du MDDELCC ainsi que celles disponibles à partir des données écoforestières sont utiles à la planification des inventaires, mais ces informations ne peuvent pas être utilisées pour infirmer ou confirmer la présence de milieux humides dans la zone à l'étude. C'est pourquoi la réalisation d'inventaires au terrain est nécessaire pour valider ou préciser ces informations potentielles. En ce sens, l'inventaire réalisé en 2012 dans le secteur de la mine ne couvre pas l'ensemble de la zone des travaux projetés.

- a) Un nouvel inventaire devra être réalisé au plus tard à l'été 2017 pour le secteur de la mine afin de détailler davantage les caractéristiques du milieu naturel de la zone restreinte ou de toute autre zone qui couvre l'intégralité du projet et de ses aménagements connexes projetés. Pour ce faire, le Ministère recommande l'utilisation de la méthodologie décrite dans le guide *d'Identification et délimitation des milieux humides du Québec méridional* (2015)⁴.

Réponse QC-52a :

Mason Graphite s'engage à procéder à la caractérisation des milieux humides du site de la mine à l'été 2017.

Les inventaires des milieux humides seront menés conformément au guide et lignes directrices suivants :

- Bazoge, A., Lachance, D. et C. Villeneuve (2015), *Identification et délimitation des milieux humides du Québec méridional*, MDDELCC, Publications du Québec, Édition 2015, 64 pages + annexes.
- MDDEP (2012), *Les milieux humides et l'autorisation environnementale*, Direction des politiques de l'eau et Pôle d'expertise hydrique et naturel, 41 pages + annexes. Disponible en ligne : <http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/eau/rives/milieux-humides-autorisations-env.pdf>

La zone d'inventaire et les stations d'échantillonnage de la végétation et autres composantes permettant la caractérisation des milieux humides et riverains seront détaillées de manière spécifique dans le plan de travail (devis technique) qui sera fourni au MDDELCC d'ici la fin avril 2017, préalablement aux relevés terrain. Les inventaires seront menés de manière à repérer et à caractériser tous les milieux humides et riverains qui pourraient être affectés par le projet. La distance d'inventaires de part et d'autre des milieux humides et des cours d'eau permettra minimalement de délimiter les zones humides, mixtes et le début de la zone terrestre (minimum 40 m). Les résultats des inventaires seront déposés sous forme d'un rapport d'inventaires au ministère à la fin août 2017.

- b) La cartographie des deux secteurs à l'étude devra être mise à jour afin d'illustrer :
- Les différentes caractéristiques du milieu naturel présent
 - Les différentes composantes du projet
 - Les superficies qui seront perdues ou affectées
 - La valeur écologique du milieu humide

Réponse QC-52b :

La cartographie du site de la mine sera mise à jour suivant l'acquisition des résultats d'inventaires. Les composantes de l'environnement et éléments suivants seront illustrés sur les cartes qui feront partie intégrante du rapport d'inventaires des milieux humides et riverains :

- La délimitation de la zone d'inventaire et la localisation des stations d'échantillonnage;
- La topographie et le réseau hydrographique du site;
- La délimitation et l'identification des communautés végétales et des milieux humides;
- La délimitation de la ligne naturelle des hautes eaux des cours d'eau (incluant les ruisseaux intermittents);
- La localisation et l'identification d'espèces végétales exotiques envahissantes, s'il y a lieu; et
- La localisation et l'identification des observations d'espèces floristiques menacées, vulnérables ou susceptibles d'être ainsi désignées en vertu de la LEMP, s'il y a lieu.

Une description, entre autres, de l'état des lieux, de la végétation, des sols et de la connectivité hydrique sera fournie pour toutes les stations d'échantillonnage. Les fiches d'inventaires détaillées pour chaque station d'échantillonnage seront annexées au rapport d'inventaires.

Les données recueillies permettront d'évaluer la valeur écologique des milieux humides de la zone d'inventaire. La grille de critères et la pondération permettant de définir la valeur écologique des milieux humides sera jointe au rapport d'inventaires.

- c) Ces informations devront être rapportées dans un tableau précisant la superficie totale, la superficie affectée, la classe de milieux humides et le type de végétation pour chaque milieu humide.

Réponse QC-52c :

La superficie de tous les milieux humides de la zone d'inventaire sera déterminée. Les pertes inévitables de milieux humides et riverains seront comptabilisées et feront l'objet de mesures de compensation ultérieures conformément aux exigences du MDDELCC.

- d) Une réévaluation de la valeur écologique devra être faite en fonction des nouvelles données obtenues sur le terrain et la méthodologie utilisée pour évaluer la valeur écologique devra être décrite en détail.

Réponse QC-52d :

Le choix d'emplacement des infrastructures minières a par ailleurs fait l'objet d'une réflexion priorisant la séquence « Évitement – Minimisation » du ministère afin de limiter au maximum les pertes de milieux humides et riverains au site de la mine.

6. Identification et évaluation des impacts sur l'environnement

QC-53 Réponse QC-94 e.

La réponse de l'initiateur devra être précisée davantage pour permettre de statuer sur la nécessité de réaliser une modélisation pour le site d'exploitation minière.

- a) L'initiateur devra confirmer que la quantité maximale extraite de tout type de matériel confondu (minerai, stérile et mort-terrain) sera effectivement rencontrée lors de la phase de pré-production et qu'elle sera de 476 kt.

Réponse QC-53a :

La principale source d'émissions fugitives durant la période de préproduction sera effectivement la manutention du mort-terrain durant le décapage du site, totalisant 476 kt. À cette quantité de matériaux manutentionnés s'ajoutera la manutention de déblai (73 kt) et de remblais (39 kt) pour le nivelage des aires de travail, l'alignement des chemins et la construction des fossés et bernés, qui devrait totaliser un maximum de 588 kt.

- b) L'initiateur devra confirmer que le nombre d'équipements requis à la mine n'augmentera pas par rapport à ce qui est présenté dans la réponse à la QC-94 (phase de pré-production), ou fournir le nombre maximal de chaque équipement qui sera présent à un moment ou à un autre sur le site minier.

Réponse QC-53b :

Les équipements listés au tableau 7-1 (du document de réponses aux questions no 2) fourni en réponse à la question 94, correspond effectivement au nombre maximum d'équipement prévus en opération sur le site de la mine à un moment fixe. Il est important de rappeler que toutes les opérations à la mine seront entreprises par une équipe de 8 employés seulement (plus un cuisinier et un contremaître).

- c) L'initiateur devra confirmer que l'exploitation au site de la mine n'aura lieu que 10 heures par jour, ou préciser quel sera le nombre d'heure maximal d'exploitation par jour, en prenant soin de fournir également le nombre de jours par année où le nombre d'heure d'exploitation excédera 10 heures.

Réponse QC-53c :

La planification des opérations à la mine ne prévoit pas d'opération au-delà de 10 heures par jour, compte-tenu qu'une seule équipe d'ouvriers ne sera en place à la fois. Exceptionnellement, les activités pourraient s'étirer sur une période plus longue.

- d) L'initiateur devra déposer un plan de gestion des poussières qui décrira l'ensemble des mesures d'atténuation qu'il entend mettre en œuvre au site minier de façon à contrôler les émissions de poussières.

Réponse QC-53d :

Étant donné l'ampleur des opérations à la mine (de jour seulement, une pelle et deux camions), la responsabilité de la gestion des poussières incombera aux opérateurs, pour s'assurer d'avoir une circulation sur le site exempte de poussière (autant que possible). Le plan de gestion des poussières au site de la mine inclura, au besoin, les éléments décrits au tableau qui suit.

Tableau 28 : Plan préliminaire de gestion des poussières à la mine

Description de la source potentielle	Mesures de contrôle de la poussière	Déclencheurs des mesures de contrôle
Camions et routes de halage	<ul style="list-style-type: none"> Ajouter de l'eau ou un abat poussières autorisé par le MDDELCC aux surfaces des chemins de halage Mettre en œuvre une limite de vitesse de 40 km / h pour ralentir les véhicules et donc réduire les émissions de poussières fugitives si ces mesures ne sont pas suffisantes. Appliquer du gravier au besoin sur les routes pour les endroits à forte circulation 	<ul style="list-style-type: none"> Le contrôle visuel pendant les activités du site sera effectué par l'employé désigné et formé afin de déterminer si des mesures de contrôle de contingence devraient être mises en œuvre. Si des poussières visibles sont générées à partir de camions de transport ou de trafic de véhicules; et / ou si les prévisions météorologiques indiquent des conditions sèches et des vents forts sont probables. Les signaux visuels d'émission de poussière seraient le principal déclencheur des mesures d'atténuation à prendre en ce qui concerne les émissions de poussières fugitives. Si les prévisions météorologiques indiquent que le temps sec et les vents forts sont probables, cela permet également de prendre des mesures préventives de gestion de la poussière.
Opération de la flotte de véhicules	<ul style="list-style-type: none"> Éviter le ralenti du moteur. S'assurer que les véhicules de la flotte de construction sont entretenus selon Directives du fabricant. Nettoyage périodique des roues des camions 	<ul style="list-style-type: none"> Si des poussières visibles sont générées à partir de camions de transport ou de trafic de véhicules, même à vitesse réduite, cela peut être signe que de la poussière est emmagasinée dans les roues.
Chargement et déchargement du chargeur frontal et des camions de transport	<ul style="list-style-type: none"> Garder la hauteur de chute du matériel des chargeurs sur les piles et les camions de transport au minimum. Déverser le godet de chargeur dans les camions de transport à un débit pour limiter les émissions de poussière. 	<ul style="list-style-type: none"> Le contrôle visuel pendant les activités du site sera effectué par le chef d'équipe/employé désigné responsable de l'opération de la mine afin de déterminer si des mesures de contrôle de contingence devraient être mises en œuvre. Si des poussières visibles sont générées à partir de camions de transport ou de trafic de véhicules; et / ou si les prévisions météorologiques indiquent des conditions sèches et des vents forts sont probables. Les signaux visuels d'émission de poussière seraient le principal déclencheur des mesures d'atténuation à prendre en ce qui concerne les émissions de poussières fugitives. Si les prévisions météorologiques indiquent que le temps sec et les vents forts sont probables, cela permet également de prendre des mesures préventives de gestion de la poussière.
Piles de minerai, haldes à stériles et à mort-terrain	<ul style="list-style-type: none"> Orienter les piles pour être parallèles à la direction du vent prédominante Maintenir la hauteur des piles selon la conception Réduire la zone exposée par la restauration progressive lorsque possible Mouiller les piles au besoin Cesser les activités sur les piles pendant les événements élevés du vent lorsque les émissions de poussière ne peuvent pas être contrôlées. 	<ul style="list-style-type: none"> Le contrôle visuel pendant les activités du site sera effectué par le chef d'équipe responsable de l'opération de la mine afin de déterminer si des mesures de contrôle de contingence devraient être mises en œuvre. Si des poussières visibles sont générées à partir de camions de transport ou de trafic de véhicules; et / ou si les prévisions météorologiques indiquent des conditions sèches et des vents forts sont probables. Les signaux visuels d'émission de poussière seraient le principal déclencheur des mesures d'atténuation à prendre en ce qui concerne les émissions de poussières fugitives. Si les prévisions météorologiques indiquent que le temps sec et les vents forts sont probables, cela permet également de prendre des mesures préventives de gestion de la poussière.

QC-54 Tableau 3-8, Annexe 8C

L'initiateur indique des émissions de dioxyde de soufre (SO₂) au séchoir. Cependant, l'émission de SO₂ est également possible lorsque les sulfures en contact avec l'oxygène sont oxydés ou lorsque les sulfures obtenus d'une lixiviation après la flottation sont éliminés par oxydation thermique. Étant donné que des émissions de SO₂ sont envisagées :

- a) L'initiateur doit fournir un bilan de masse accompagnant le diagramme de procédé bonifié afin de bien identifier les contaminants potentiels aux différentes étapes du procédé et, selon le cas, évaluer les taux d'émission correspondants.

Réponse QC-54a :

Un bilan moyen pour le soufre a été calculé et est présenté à la Figure 22 ci-dessous.

Les hypothèses utilisées pour la préparation de ce bilan sont :

- Les calculs de débit horaires ont été calculés à partir d'une opération de 365 jours par an avec un facteur d'utilisation de 90 %, soit 7 884 heures par an – la conversion en débit journalier est considérée pour une journée complète opérée de 24 heures.
- La teneur moyenne en soufre dans l'alimentation a été mesurée sur une série d'échantillons de minerai couvrant toute la plage de teneur de graphite (de 5 à 45 % Cg).
- Les teneurs moyennes en soufre dans les concentrés humide et sec ont été mesurées sur des échantillons moyens produits lors d'essais métallurgiques.
- Les quantités de soufre libérées lors du séchage ont été calculées à partir d'essais de séchage réalisés chez un fabricant d'équipement en mesurant la teneur en soufre à l'entrée et à la sortie du séchoir.
- La quantité de soufre dans la sortie de la cheminée (air humide) provient d'une estimation de la performance typique d'un épurateur humide (convertie de SO₂ à S en fonction des proportions molaires moléculaires).
- Le résidu d'épurateur sera disposé conformément à la réglementation en vigueur.

Aucune émission de SO₂ ne surviendra ailleurs dans le procédé.

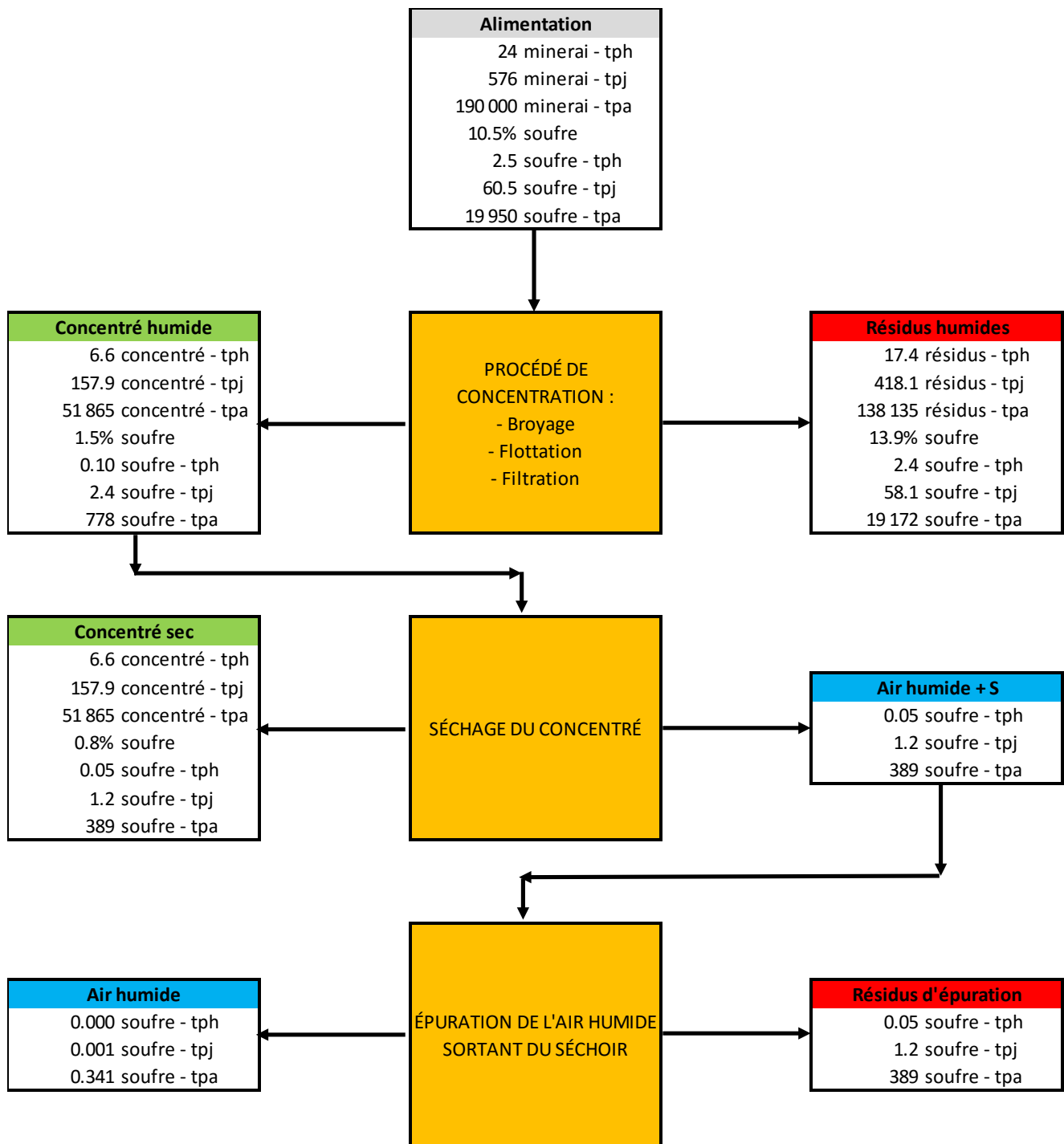


Figure 22 : Bilan moyen global de soufre autour du concentrateur

Note : les unités de soufre sont exprimées en S élémentaire et non en SO₂.

QC-55 Annexe B, Annexe 8C

Le calcul des émissions diffuses liées au transport des véhicules sur le site du concentrateur présenté par l'initiateur semble sous-estimé. Afin de valider l'exactitude du calcul l'initiateur doit:

- a) vérifier si la conversion des unités en SI est juste;

Réponse QC-55a :

La conversion en SI est juste mais, les taux d'émission calculés comprenaient des réductions associées aux précipitations et au taux d'utilisation de certains véhicules. Ces réductions ont été retirées des calculs instantanés d'émission en g/s, car elles s'appliquent plutôt aux calculs annuels d'émission.

- b) préciser si les distances estimées pour la circulation considèrent l'ensemble des allers et des retours;

Réponse QC-55b :

Certaines distances ont également été revues avec la mise à jour de l'arrangement de l'usine et du terrain. L'ensemble des allers et des retours sont considérés dans le calcul.

- c) illustrer l'aménagement et les parcours liés au déplacement des équipements mobiles afin de permettre une meilleure compréhension des différents facteurs influençant les émissions.

Réponse QC-55c :

Des nouveaux taux d'émissions ont été calculés, les paramètres incluent dans les calculs sont détaillés dans le rapport mis à jour. Les seules réductions qui sont maintenues dans les calculs concernent l'arrosage des routes non pavées, des matériaux en vrac et des piles. Une figure a été ajoutée au rapport de dispersion atmosphérique (fourni en version révisée à l'Annexe 3N) pour illustrer les parcours prévus pour les équipements basé sur l'aménagement du site projeté.

QC-56 Section 3.8.5, Annexe 8C

L'utilisation d'un taux d'atténuation attribuable au maintien d'une végétation brise-vent dans la modélisation n'est pas recommandé étant donné l'incertitude des paramètres influençant le degré d'efficacité de cette mesure d'atténuation.

Réponse QC-56 :

Les résultats de la nouvelle modélisation, en ne tenant pas compte de l'effet brise-vent de la végétation, sont joints à la nouvelle révision du rapport fournie à l'Annexe 3N. L'effet d'un mur brise-vent est par ailleurs discuté dans la note technique complémentaire aussi jointe à l'Annexe 3N.

QC-57 Section 4, Annexe 8C

L'initiateur étudie la possibilité d'utiliser un agglomérant aux résidus filtrés pour réduire la teneur en limon à 50 % plutôt qu'à 75 % tel que présenté dans la description du projet. Puisque la teneur en limon peut avoir un impact sur les émissions diffuses, l'initiateur doit :

- a) Justifier les teneurs en limon des surfaces compte tenu des valeurs différentes proposées

Réponse QC-57a :

L'étude de l'efficacité de l'agglomérant n'ayant pas été achevée, le taux de silt pour la pile de résidus sera maintenu à 75 % dans le calcul, tel que mentionné à la page 17 de l'annexe 8C sur la modélisation de la dispersion atmosphérique. Cette teneur provient de la Note technique URSTM 2016 - PU-2014-12-946, dans laquelle la granulométrie des résidus a été analysée (similaire au taux de 78 % de limon obtenu par Golder présenté à l'Annexe 3R). Le taux de silt est basé sur la quantité de particules dont le diamètre est inférieur à 75µm.

QC-58 Réponse QC-82 a.

L'initiateur devra réaliser les inventaires de l'herpétofaune au site de la mine au printemps 2017 et le rapport d'inventaire devra être soumis au MDDELCC au plus tard à l'étape de l'analyse environnementale.

Réponse QC-58 :

Les inventaires ont été complétés au site de la mine comme du concentrateur en 2016 et les résultats sont fournis à l'Annexe 3O. Quoique les inventaires complémentaires de l'herpétofaune aient été réalisés de juin à août au site de la mine du Lac Guéret, les premiers résultats obtenus sont considérés pour ceux d'inventaires printaniers étant donné la température à cette latitude. Les inventaires réalisés couvrent ainsi la période de reproduction printanière (WSP, 2016) et estivale (Roche, 2012) des espèces de l'herpétofaune utilisant le site de la mine du Lac Guéret.

QC-59 Réponse QC-96 a et b

L'initiateur indique qu'en exploitation, le débit du ruisseau sans nom variera d'environ 10 %. Il est également précisé que le débit pompé du bassin de contrôle vers le ruisseau sans nom sera de 140m³/h. Afin de clarifier l'interprétation des résultats présentés au tableau 7-3, l'initiateur doit :

- a) préciser s'il est prévu de rejeter 140m³/h (39 l/s) en continu;

Réponse QC-59a :

Il est prévu de démarrer le traitement quand le niveau des eaux dans le bassin atteindra un haut niveau (12,5 % de son volume maximum); à l'inverse, le système de traitement sera arrêté quand le niveau du réservoir descendra en bas du niveau minimum (2,5 % de son volume minimum). Après le calcul avec un historique de précipitation sur 25 ans appliqué aux bassins versants d'eau de contact au site de la mine qui seront acheminés vers le réservoir de contrôle, il est prévu que le système de traitement fonctionne une moyenne de 200 jours par an.

- b) expliquer pourquoi le débit du ruisseau en exploitation est inférieur au débit naturel pour les mois d'avril à novembre;

Réponse QC-59b :

La réduction du débit du ruisseau en exploitation s'explique notamment par la gestion du niveau du bassin de contrôle (expliquée plus haut) ainsi que l'évaporation à partir de la surface du bassin de contrôle. Les volumes sont inférieurs lors des mois d'avril à novembre à cause de l'évaporation dans le réservoir. L'évaporation annuelle estimée sur le site est de 270 mm/an et elle a lieu entre les mois d'avril et novembre.

- c) expliquer comment les risques d'érosion dans le ruisseau par l'augmentation du débit ont été pris en considération et atténués.

Réponse QC-59c :

L'on anticipe aucun risque d'érosion pouvant affecter le ruisseau Sans Nom, attribuable au rejet de l'effluent final, pour les raisons suivantes :

1. La faible variation du débit mensuel anticipée : en effet, les données du tableau 7-3 font état d'une variation du débit mensuel moyen de plus ou moins 10%, selon les mois (débit légèrement plus élevé en décembre, janvier, février et mars, et moins élevé le reste de l'année, soit d'avril à novembre), ce qui n'apparaît pas problématique et peut se situer dans la marge d'erreur du modèle.
2. Le système de traitement fonctionnera les deux tiers de l'année, et lorsqu'il fonctionnera, le débit mensuel moyen rejeté n'atteindra sa capacité maximale de 140 m³/h qu'une fraction du temps.
3. Le point de décharge se fera un peu en aval du bassin de contrôle et de l'UTE à un endroit dans la pente où l'eau pourra s'écouler de façon gravitaire vers le ruisseau Sans Nom, ce contribuera à minimiser les effets directs sur le cours d'eau (voir la figure 5-4 C de l'Annexe 3D). De plus, l'aménagement d'une zone d'enrochement sur géotextile au point de décharge de la conduite, permettra de minimiser l'érosion du terrain à cet endroit précis.

QC-60 Réponse QC-98 e.

Puisqu'il y aura des perturbations et des pertes permanentes de l'habitat du poisson, les impacts devront être évités, minimisés et en dernier lieu compensés même si les superficies impliquées apparaissent faibles.

- a) L'initiateur doit s'engager à déposer une version préliminaire du plan de compensation au plus tard à l'étape de l'acceptabilité environnementale.

Réponse QC-60 :

Mason Graphite s'engage à déposer un plan de compensation à l'étape de l'acceptabilité environnementale.

QC-61 Réponse QC-103

L'initiateur doit s'engager à fournir les données de détection d'espèces exotiques envahissantes (EEE) et s'engager à nettoyer la machinerie excavatrice si elle est utilisée dans des colonies d'EEE.

Réponse QC-61 :

Mason Graphite procèdera à la détection des EEE en période propice avant le début des travaux de construction (préférentiellement au printemps et à l'été). Mason Graphite produira également un plan de gestion environnementale (couvrant les activités de surveillance environnementale) qui inclura les mesures d'atténuation qui seront exigées des entrepreneurs pour minimiser la propagation des EEE. Ces mesures incluront :

- **Le nettoyage de la machinerie excavatrice avant son arrivée sur le site afin qu'elle soit exempte de boue, d'animaux (p. ex. : nématodes) ou de fragments de plantes.**
- **Le nettoyage de la machinerie utilisée dans des secteurs touchés par des EEE avant qu'elle soit réutilisée dans des secteurs non touchés.**
- **Le nettoyage sera fait dans des secteurs non propices à la germination des graines, à au moins 30 m des cours d'eau, des plans d'eau, des milieux humides et d'espèces végétales menacées ou vulnérables.**
- **L'entrepreneur devra réaliser des excavations de manière à atteindre la profondeur nécessaire pour éradiquer le système racinaire complet des EEE lorsqu'elles seront détectées.**
- **Les déblais contaminés par des EEE devront être éliminés en les enfouissant sur place (racines comprises), dans les secteurs où des travaux d'excavation sont prévus, dans une fosse d'au moins 2 m de profondeur puis en les recouvrant d'au moins 1 m de matériel non touché, ou en les éliminant dans un lieu d'enfouissement technique.**
- **Les déblais contaminés aux EEE ne pourront pas être entreposés sur le Site de construction.**
- **Le matériel de remblai et la terre végétale qui sont utilisés dans l'aménagement du site devront ne pas être contaminés par des EEE.**
- **La re-végétalisation devra être effectuée à partir d'espèces indigènes, les sols mis à nu au fur et à mesure de l'avancement des travaux, en priorisant les milieux sensibles tels que les cours d'eau, les plans d'eau, les milieux humides et les occurrences d'espèces menacées ou vulnérables.**

QC-62 Réponse QC-106 a.

L'initiateur évalue que les pertes fonctionnelles d'habitat de 853 km² sont probablement surévaluées en raison des perturbations anthropiques et naturelles (ex : feu, coupes et chablis) de part et d'autre de la route.

- a) L'initiateur doit estimer la superficie occupée par ces perturbations dans l'habitat fonctionnel du caribou.

Réponse QC-62a :

Mason Graphite effectuera une nouvelle analyse des effets du projet sur le caribou forestier et son habitat. Les résultats de cette réévaluation vous parviendront d'ici la fin mai 2017. Cette analyse s'effectuera notamment en fonction des zones, activités et effets potentiels présentés ci-après.

Zone d'analyse	Activité	Effet potentiel
Le site minier		
L'empreinte de la mine	Phase de construction	Perte directe d'habitat
Zone d'influence de 5km en périphérie de l'empreinte de la mine	Installation et présence du chantier / préparation du terrain Installation des infrastructures temporaires et permanentes Phase d'exploitation L'activité minière	Perte fonctionnelle d'habitat
Le tronçon de route forestière 202 reliant la mine à la route 389 avec une zone d'influence de 1,25 km de part et d'autres		
	Transport et circulation de la machinerie (intensification du trafic routier sur une période annuelle)	Perte fonctionnelle d'habitat Fragmentation d'habitat Risque de collisions
Le tronçon de la route 389, reliant la route forestière 202, dans l'aire d'application du plan de rétablissement du caribou forestier		
	Transport et circulation de la machinerie (intensification du trafic routier sur une période annuelle)	Augmentation de l'effet de fragmentation de l'habitat Risque de collisions

Cette analyse s'effectuera en fonction des lignes directrices pour l'aménagement du caribou forestier au Québec. Aucune zone d'influence pour un site minier n'est définie dans ces lignes directrices. Il existe très peu d'études qui documentent les effets réels d'un projet minier sur le caribou forestier (St-Laurent et Leclerc, 2012). Celui-ci semble généralement éviter les endroits situés à moins de 4 km du centre d'une mine et cette distance augmente avec l'intensité de l'activité minière, peu importe la saison (Weir *et al.* 2007). Afin d'évaluer les effets du projet minier à l'étude sur les conditions d'habitat du caribou forestier, nous retenons l'hypothèse d'une zone d'influence ou de perturbation d'un rayon de 5 km du centre de la mine. Concernant le tronçon de route forestière reliant la mine à la route 389 la zone d'influence sera de 1,25 km de part et d'autre de celle-ci.

Dans les zone d'influence de la mine et de la route forestière (jusqu'à la route 389), une modélisation des perturbations actuelles du milieu sera effectué selon les définitions des perturbations établies dans les lignes directrices pour l'aménagement de l'habitat du caribou forestier (élément 2). Une évaluation de l'effet du projet sur la variation du taux de perturbation à l'échelle d'une unité d'analyse proposée par le MFFP sera effectuée. Les lignes directrices pour l'aménagement de l'habitat du caribou forestier précisent à l'élément 6 que la superficie minimale des unités d'analyse du taux de perturbation de l'habitat du caribou forestier est de 5 000 km². Sur ce point nous demandons au MFFP de nous faire parvenir les fichiers de formes du ou des unités d'analyses du taux de perturbation de l'habitat du caribou forestier dans ce secteur.

L'analyse des cartes écoforestières permettra aussi de qualifier à l'échelle du paysage le potentiel de reconditionnement de l'habitat en lien avec les sources de perturbations non permanentes comme les coupes forestières et les feux en fonction de la durée de vie du projet minier.

La probabilité relative d'occurrence du caribou forestier, selon le modèle de sélection d'habitat développé par Leblond et al (2015) représente aussi un autre indice qui permettra dans notre analyse d'apprécier l'état du milieu en termes d'habitat pour le caribou forestier. Rappelons cependant que ce modèle mathématique de sélection d'habitat par un groupe d'individus, selon plusieurs caractéristiques environnementales, n'indique pas nécessairement la distribution réelle de l'espèce sur le territoire.

L'accès aux fichiers de formes des points de localisation télémétriques du caribou permettrait aussi de mieux percevoir l'utilisation du territoire à l'échelle du paysage en fonction des périodes, de l'intensité et du nombre d'individus ayant fréquenté la zone d'étude. L'analyse des domaines vitaux selon la méthode du polygone convexe minimal (MCP) permettrait aussi de mieux comprendre l'utilisation actuelle du territoire et notamment d'identifier des couloirs de connectivité de part et d'autres des routes qui seront utilisé par la mine.

- b) Considérant l'augmentation du trafic anticipé sur la route forestière 202, l'initiateur doit expliquer avec des arguments scientifiques pourquoi l'impact du trafic routier sur le caribou est considéré non significatif considérant que la littérature (James et Stuart-Smith (2000), James *et al.* (2004), Whittington *et al.* (2011), St-Laurent *et al.* (2012), Leblond *et al.* (2013), Beauchesne *et al.* (2013)) est sans équivoque disant que les routes constituent des barrières semi-perméables aux déplacements du caribou.

Réponse QC-62b :

L'évaluation s'appuiera sur les analyses effectuées précédemment et sur une revue de la littérature et des résultats de recherches les plus récents concernant chacun des effets potentiels. Pour chaque impact potentiel une évaluation de l'intensité, de l'étendue, de la durée, de l'importance et de la probabilité sera effectuée.

- c) Puisque l'intensité du trafic est l'une des variables qui influence l'amplitude de l'évitement par le caribou, l'initiateur doit décrire les mesures d'atténuation spécifique qui pourront être mises en place pendant la phase de construction et lors du transport du minerai.

Réponse QC-62c :

Les mesures d'atténuation proposées pour chaque impact potentiel seront concrètes et réalisables sur les plans technique et économique dans le cadre du projet. Elles seront aussi cohérentes avec les orientations du plan de rétablissement du caribou forestier au Québec. À titre indicatif nous présentons ci-après des mesures dont Mason Graphite désire discuter avec les ministères concernés.

Impacts potentiels	Mesures d'atténuation
Altération de l'habitat (perte, dégradation ou fragmentation) causée par les activités humaines d'utilisation des terres	<ul style="list-style-type: none"> • Fermeture permanente de routes secondaires reliant le site minier et la route (en phase construction); • Fermeture et reboisement de chemins forestiers dans un secteur priorisé par le MFFP en phase de construction ou d'exploitation selon les délais d'approbation; • Revégétalisation du site minier en phase de fermeture.
Prédation (augmentation de l'efficacité des prédateurs)	<ul style="list-style-type: none"> • Privilégier les essences résineuses pour le reboisement en phase de fermeture.
Perturbations par le bruit et la lumière	<p><u>Bruit :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Transport du minerai par convois si présence de caribous dans la zone d'influence <p><u>Lumière :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Luminaires qui produisent un éclairage sobre; • Orienter le flux vers la surface à éclairer; • Limiter, autant que possible, la période et la durée d'utilisation des éclairages; • Installer des lumières fixes de manière à éviter les débordements de lumière hors des espaces à éclairer; • Conserver des zones tampon végétales afin de limiter la lumière projetée vers les secteurs environnants.

Impacts potentiels	Mesures d'atténuation
Collisions avec des véhicules	<p><u>Plan d'action inclus au plan de gestion de la faune :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Formation des employés; • Panneau de signalisation. <p><u>En cas de présence de caribou :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Transport du minerai par convois; • Optimiser l'horaire de transport; • Réduire temporairement la vitesse de transport.

QC-63 Réponse QC-107

L'initiateur doit faire la démonstration que la séquence éviter-minimiser-compenser a été appliquée. Pour ce faire :

- a) Les superficies de milieux humides affectés par les différentes composantes du projet doivent être réduites au minimum.

Réponse QC-63a :

Un travail d'évitement des milieux humides a déjà été réalisé dans le choix de l'agencement des infrastructures minières et industrielles, tant au site de la mine qu'au site du concentrateur afin d'éviter l'empiètement dans l'habitat du poisson et dans les milieux humides présents sur les sites.

Initialement, tel que montré, à la Figure 23 suivante, la halde de stériles empiétait sur deux ruisseaux intermittents tributaires de cours d'eau où des poissons ont été repérés. L'empiètement dans ces ruisseaux a été complètement évité par l'agencement retenu pour les installations minières dans lequel la halde de stériles a été déplacée vers l'est. Les dimensions des ruisseaux intermittents évités sont les suivantes :

- Ruisseau intermittent 1 (s'étendant à l'ouest de la halde de stériles) : Longueur de 528 m et largeur de 0,81 m (superficie d'environ 428 m²); et
- Ruisseau intermittent 2 (s'étendant au nord de la halde de stériles) : Longueur de 903 m et largeur d'environ 4 m (superficie d'environ 3 612 m²).

Ainsi, une superficie de 4 040 m² de cours d'eau intermittents a été épargnée, diminuant aussi l'impact sur les habitats du poisson en aval de ceux-ci.

Note: Les empreintes de la fosse et des haldes présentées sur la Figure 23 ont été définies lors d'une phase préliminaire de conception. Depuis, les empreintes de l'agencement final ont été raffinées mais ce sont néanmoins les empreintes préliminaires qui sont présentées pour faciliter la comparaison des emplacements.

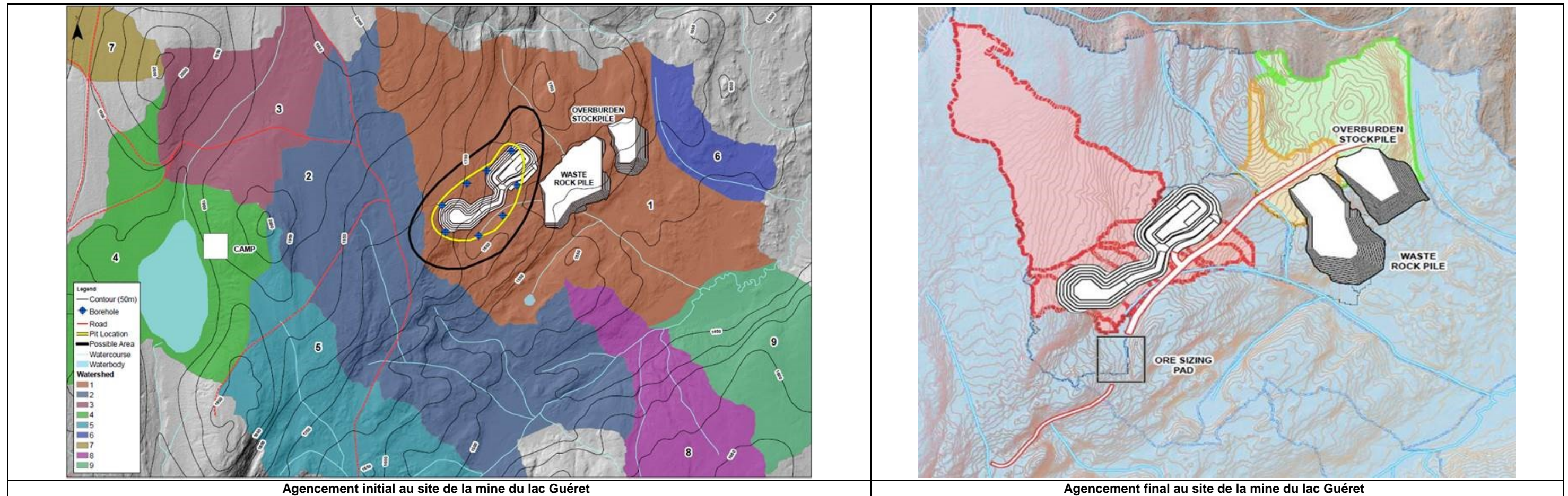


Figure 23 : Évolution de l'aménagement du site de la mine pour diminuer l'empiètement dans les cours d'eau et habitat du poisson

Au site du concentrateur, deux optimisations ont été retenues pour diminuer l’empreinte du PAR dans un cours d’eau et des milieux humides. Premièrement, Mason Graphite a acheté un lot supplémentaire de terrain afin de déplacer son PAR (emplacement préliminaire : non montré) vers le nord afin d’éviter d’empiéter dans le ruisseau intermittent passant entre celui-ci et le concentrateur, d’une superficie d’environ 1 363 m² (longueur de 545 m et largeur de 2,5 m) (voir Figure 24). L’évitement de ce ruisseau intermittent a aussi permis de maintenir l’intégrité écologique d’un marécage arbustif d’une superficie de 31 673 m² à son point de jonction avec le ruisseau effluent du lac du Nord (voir MH-21 sur la Figure 24).

Deuxièmement, tel que montré à la Figure 25, le mode de disposition des résidus miniers a été modifié; Mason Graphite a opté pour l’entreposage de résidus filtrés plutôt que sous forme subaquatique. Cette décision a permis de réduire l’empreinte du PAR de 168 207 m² et incidemment, l’empiètement dans les milieux humides localisés sur le site d’implantation. Il n’est pas possible de quantifier la superficie d’empiètement évitée dans les milieux humides par la réduction de la taille du PAR, puisque l’identification et la délimitation des milieux humides s’est limitée au terrain prévu pour l’agencement de la pile de résidus filtrés (voir la Figure 26).

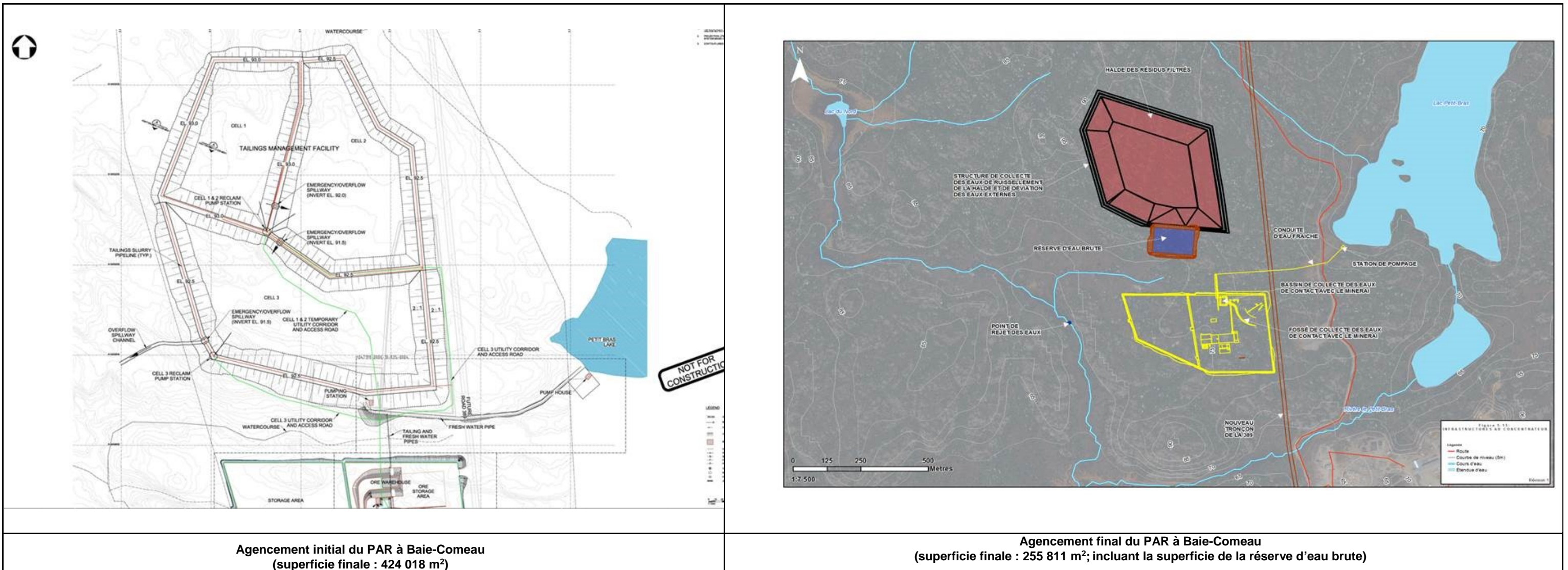


Figure 24 : Évolution de l'aménagement du site du concentrateur pour diminuer l'empiètement dans les cours d'eau et les milieux humides

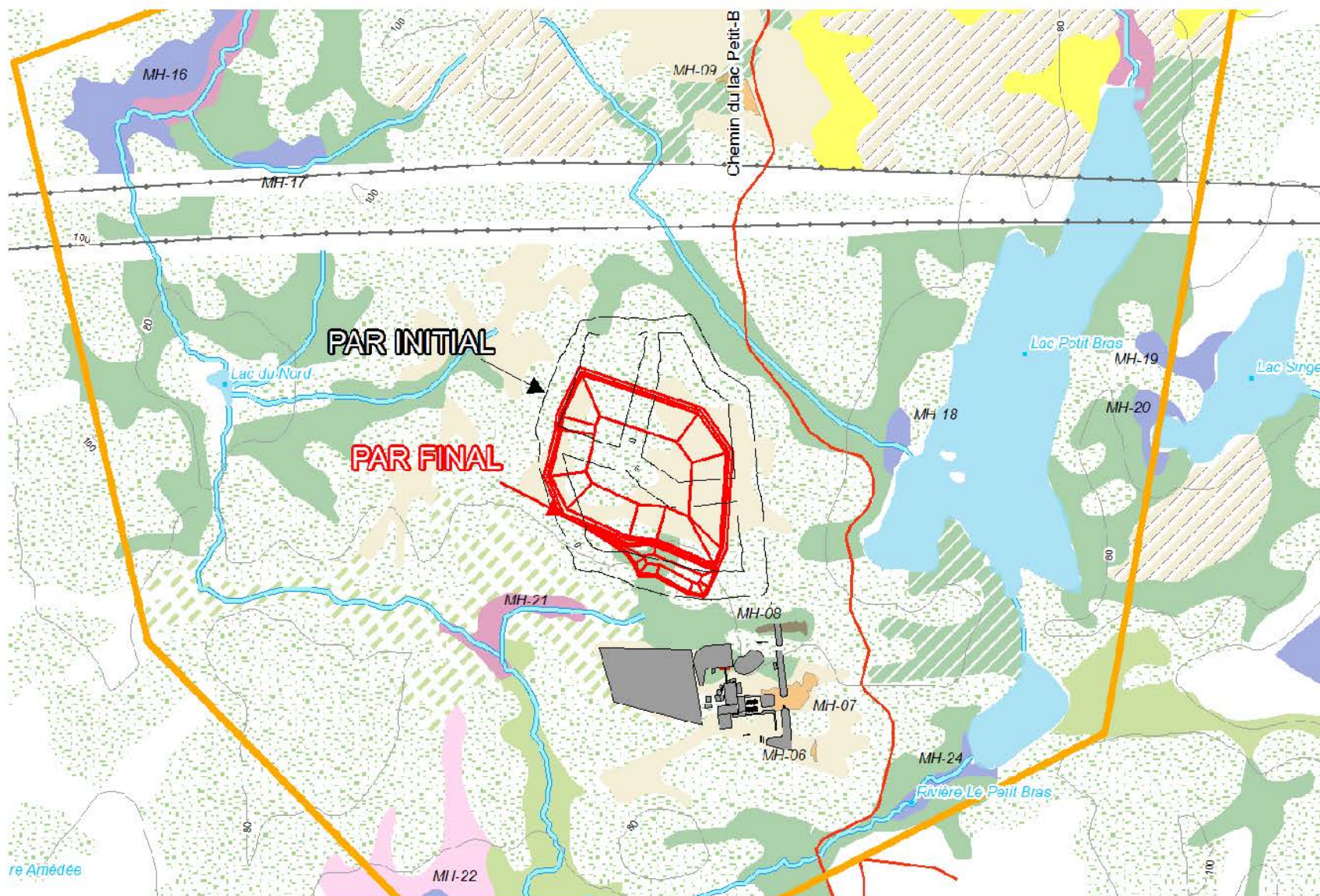


Figure 25 : Communautés végétales et milieux humides – Agencement initial du PAR à Baie-Comeau

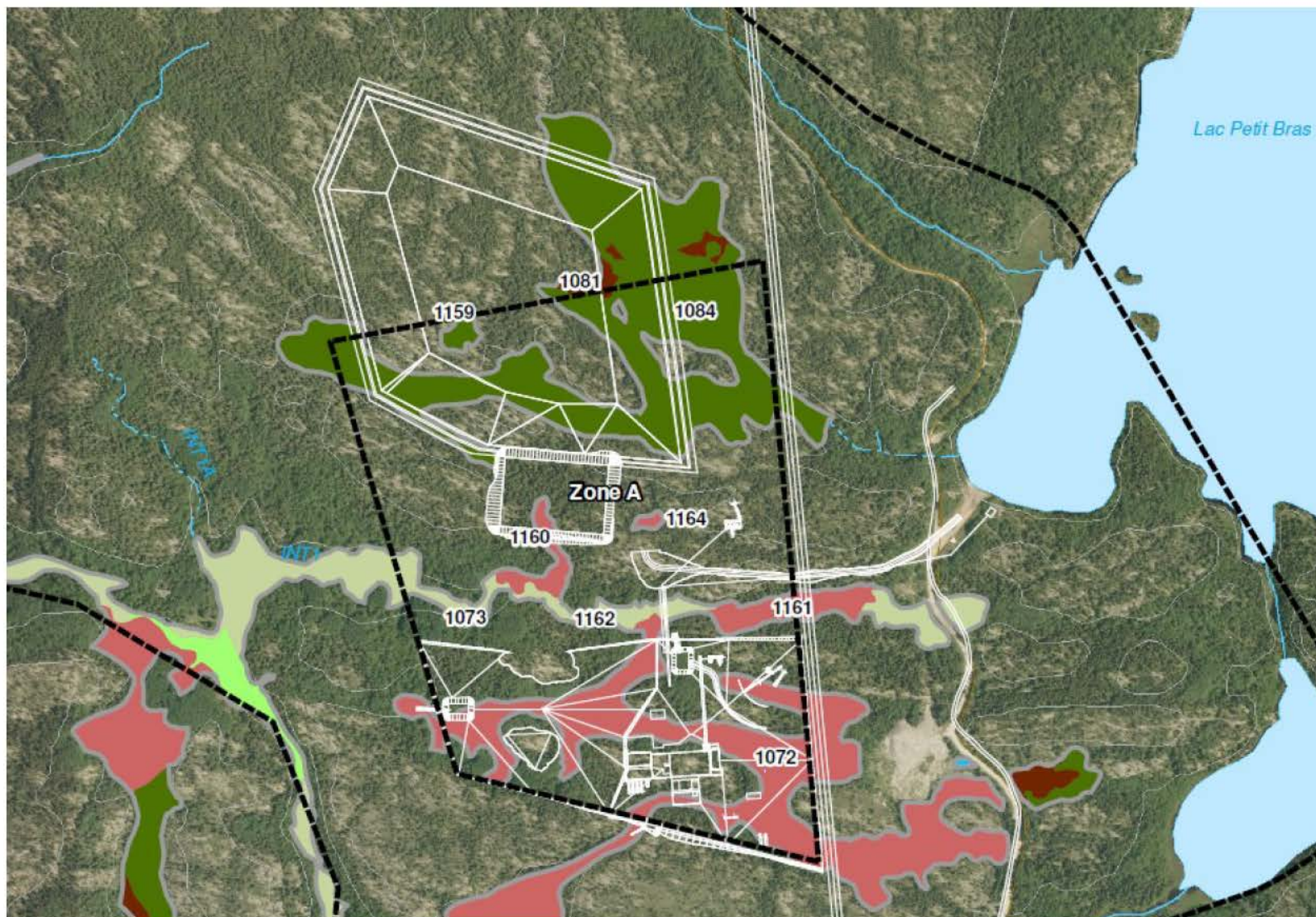


Figure 26 : Localisation des milieux humides – Agencement final du PAR à Baie-Comeau

Le Tableau 29 résume les superficies de cours d'eau et milieux humides qui ont été évitées dans les phases de définition précédentes du projet.

Tableau 29 : Superficies d'empiètement évitées à la mine et au concentrateur

Site	Composante sensible de l'environnement évitée	Superficie d'empiètement évitée (cours d'eau/milieux humides)
Déplacement vers l'est de la halde de stériles à la mine	Cours d'eau (tributaire d'un habitat du poisson)	Ruisseau int. 1 : 428 m ² Ruisseau int. 2 : 3 612 m ²
Déplacement vers le nord du PAR au concentrateur	Cours d'eau et milieu humide	Ruisseau int. : 1 363 m ² Milieu humide : 31 673 m ²
Réduction de l'empreinte du PAR au concentrateur	Milieu humides	n.d.
Total		Ruisseaux int. : 5 403 m ² Milieu humide : 31 673 m ²

- b) Un plan d'atténuation et de compensation pour les pertes de milieux humides inévitables devra être préparé par l'initiateur. La version préliminaire de ce plan devra minimalement résumer l'information disponible sur les milieux humides, documenter les efforts d'évitement, présenter les mesures d'atténuation qui seront mises en place et présenter les projets de compensation envisagés. L'évaluation générale des coûts de réalisation des projets de compensation ainsi que l'échéancier global de réalisation devront également être présentés. À titre informatif, un exemple de table des matières est fourni à l'annexe A.

Réponse QC-63b :

Un plan d'atténuation et de compensation des milieux humides est en cours de préparation conformément aux exigences du MDDELCC, suivant notamment la table des matières fournie en exemple à l'Annexe 3L.

- c) L'initiateur doit s'engager à déposer une version préliminaire du plan au plus tard lors l'analyse environnementale.

Réponse QC-63c :

Mason Graphite s'engage à déposer une version préliminaire du plan d'atténuation et de compensation des milieux humides pour l'analyse environnementale.

7. Gestion des risques d'accident

QC-64 Réponse QC-108b.

L'initiateur indique que ces fiches signalétiques manquantes seront fournies dans la demande de certificat d'autorisation. Cependant, les fiches signalétiques sont nécessaires à l'évaluation de l'acceptabilité environnementale du projet à l'étude, étape qui se situe en amont de la demande de certificat d'autorisation.

- a) L'initiateur doit déposer l'ensemble des fiches signalétiques.

Réponse QC-64a :

L'annexe O du document *Réponses aux questions du MDDELCC du 29 Avril 2016*, présenté le 25 juillet 2016 au ministère, fournit les fiches signalétiques pour une partie des matières dangereuses entreposées au concentrateur listées au Tableau 5.5 de l'étude d'impact, soit la chaux hydratée, le moussant Dowfroth, le silicate de sodium, le kérosène et le floculant. Sont présentées à l'Annexe 3I du présent document les fiches signalétiques qui n'ont pas encore été fournies, soit celles pour :

- le nitrate d'ammonium;
- le diésel;
- l'acétylène;
- le propane;
- le lubrifiant pour la machinerie de procédé;
- la graisse pour la machinerie de procédé.

Il est à noter que les fiches signalétiques fournies ici représentent des produits génériques, étant donné que la sélection des produits spécifiques qui seront utilisés dans le procédé du concentrateur n'ont pas encore été faite par les éventuels fournisseurs d'équipement. Dans le cas des graisses et des huiles, une revue des produits utilisés pour la machinerie de procédé dans les concentrateurs miniers (broyeurs, cyclones, etc.) a été effectuée afin de sélectionner des produits commerciaux représentatifs de ceux qui seront utilisés par Mason Graphite.

QC-65 Réponse QC-110 b.

L'initiateur indique que le scénario d'explosion ou d'incendie impliquant le carburant a été considéré de façon générale dans le plan des mesures d'urgence.

- a) Comment l'initiateur peut-il tenir compte du risque d'explosion ou d'incendie alors qu'il n'a pas quantifié les conséquences potentielles d'un tel scénario et la possibilité d'effets dominos? À cet égard, l'initiateur doit présenter les conséquences d'une explosion (surpression), ainsi que les conséquences d'un incendie (radiation thermique) de carburant (95 000 l).

Réponse QC-65a :

Les cartes jointes à l'Annexe 3M présentent les rayons d'action pour les deux sites d'entreposage de carburants du projet, soit les deux réservoirs de diesel (de 45 000L et 50 000L respectivement) situés au camp des travailleurs au lac Galette et le réservoir de kérosène localisé au concentrateur (capacité de 20,000L prévue). Deux types de scénarios ont été étudiés soit un incendie ou une explosion au réservoir. L'approche générale d'évaluation des conséquences desdits accidents répond à la norme *Management of Hazards Associated with Location of Process Plant Buildings* (American Petroleum Institute, API 752), alors que les calculs de rayons d'incidence d'incendie et d'explosion suivent les approches TNO Multi-Energy, préconisée par la United States Environmental protection Agency (USEPA), et la méthodologie mise de l'avant dans *SFPE Fire Protection Engineering*, 3ème édition (1997). Il est à noter que toutes les conséquences des scénarios d'explosion et d'incendie considérés demeurent à l'intérieur des terrains de Mason Graphite.

- Carte 1 - Rayons d'incidence d'un incendie au réservoir de diesel 45 000L, camp des travailleurs
- Carte 2 - Rayons d'incidence d'un incendie au réservoir de diesel 50 000L, camp des travailleurs
- Carte 3 - Rayons d'incidence d'un incendie au réservoir de kérosène, 20 000L, concentrateur
- Carte 4 - Rayons d'incidence d'une explosion au réservoir de diesel 45 000L, camp des travailleurs
- Carte 5 - Rayons d'incidence d'une explosion au réservoir de diesel 50 000L, camp des travailleurs
- Carte 6 - Rayons d'incidence d'une explosion au réservoir de kérosène, 20 000L, concentrateur.

b) Il doit également préciser si des effets dominos sont envisageables.

Réponse QC-65b :

Plusieurs mesures seront mises en œuvre afin de limiter les probabilités d'effets dominos aux réservoirs de diesel au camp des travailleurs et au réservoir de kérosène au concentrateur. Afin de limiter les possibilités d'embrasement de la forêt environnante en cas d'incendie, au moins 2 extincteurs d'une capacité totale d'extinction d'au moins 20 BC (classe OSHA d'extincteurs pour les feux de carburant couvrant une superficie de 20 pieds carrés) et maintenus en bon état de fonctionnement seront placés à moins de 10 m des fûts des réservoirs (SOPFEU, Normes minimales régissant les activités d'aménagement et d'approvisionnement forestier, 2016).

Afin d'éviter qu'un accident à un des réservoirs au camp des travailleurs déclenche une réaction au second réservoir, les normes du Code de construction du Québec (RLRQ, c B1.1 r2) sur l'aménagement des réservoirs à risque élevés (selon les définitions de l'Article 8.01) établies à la *Section VII – Dispositions applicables aux équipements pétroliers* seront respectées. Ces articles établissent les standards de conception applicables aux réservoirs eux-mêmes et les distances minimales entre les réservoirs multiples ainsi que par rapport aux limites de propriété et aux bâtiments en place.

Les normes applicables du Code national de prévention des incendies du Canada (CNPI, 2015) seront également respectées, incluant les prescriptions de la Division B - section 4.3 sur l'entreposage de liquides inflammables en réservoir. La norme National Fire Protection Agency 30 – *Flammable and combustible liquids code* (NFPA, 2015) sera également suivie. L'ensemble de ces normes et règlements permettront de déterminer les critères optimaux d'implantation et de sélection des équipements pour le nouveau réservoir de kérosène au concentrateur, et pour l'aménagement des réservoirs de diesel existants au camp des travailleurs.

Compte tenu que les rayons d'incidence des scénarios d'accident considérés (et montrés à l'annexe M) demeurent à l'intérieur des limites de propriété des sites de Mason Graphite et considérant les mesures de contrôle des incendies et explosions prévues, il est de notre avis que les effets dominos potentiels seront évités.

QC-66 Réponse QC-112 a.

L'initiateur mentionne que puisque les risques d'incendie pour les résidus miniers sont négligeables, les rayons d'impacts n'ont pas été calculés. L'utilisation du terme « risques » dans la réponse de l'initiateur semble plutôt faire référence à la notion de probabilité d'occurrence, car il est impossible de calculer le risque sans connaître les conséquences de cet événement.

- a) L'initiateur doit préciser les conséquences d'un incendie impliquant les résidus miniers, en quantifiant les conséquences d'un tel incendie et en les présentant sous forme cartographique (rayons d'impact pour les seuils de 13 et 5 kW/m²).

Réponse QC-66a :

Un incendie nécessite la présence de carburant (carbone sous forme combustible ou autre élément réagissant avec l'oxygène), de comburant (oxygène) et d'une source d'ignition (chaleur intense).

Typiquement, le résidu de Mason Graphite est constitué de 49 % de silicates, 39 % de sulfures et moins de 3 % de carbone. Le carbone n'est pas présent en quantité suffisante ni sous une forme organique pour constituer un carburant significatif. Dans le cas du résidu, ce sont les produits d'oxydation des sulfures qui représentent une source potentielle de carburant.

En effet, le phénomène d'autochauffage associé à l'oxydation des sulfures produit du soufre élémentaire qui peut réagir avec l'oxygène pour générer des quantités importantes d'énergie. L'autochauffage du résidu se produirait, par une succession de réactions d'oxydation en deux étapes, qui sont illustrées à la Figure 27 suivante. Dans la première étape (Étape A), les sulfures de fer présents dans le résidu, s'ils viennent en contact avec de l'oxygène et de l'eau, produiraient du soufre élémentaire et des sulfates et génèreraient une quantité importante de chaleur (environ 45 J/g de résidu, selon les essais de Nissetech (2015) effectués à une température moyenne de 70 °C). Cette chaleur contribuerait à augmenter la température du résidu et à évaporer l'eau libre présente dans le résidu quand la température atteint 95 °C -110 °C : des émanations de vapeur d'eau en surface du résidu pourraient alors être observées. Si le soufre élémentaire est exposé à son tour à de l'oxygène et de l'eau (étape B) alors que la température du résidu atteint les 120 °C, il pourrait s'oxyder en dioxyde de soufre et acide sulfurique, générant l'acidité caractéristique d'un résidu générateur d'acide. Cette réaction pourrait elle aussi être accompagnée d'une production d'énergie (établie à environ 225 J/g de résidu, selon les essais de Nissetech (2015) effectués à une température moyenne de 140 °C) pouvant faire augmenter la température du résidu.

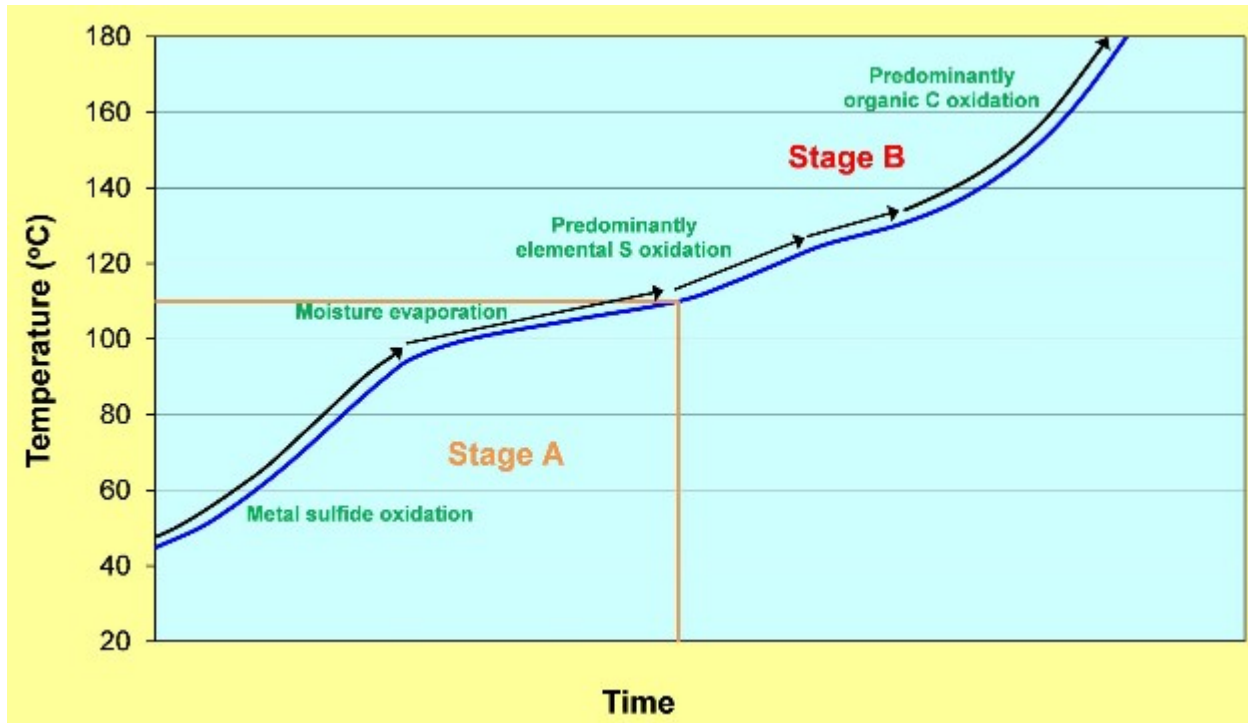


Figure 27 : Étapes du processus d'autochauffage définies par Rosenblum (2001)

Le potentiel d'autochauffage des résidus miniers du projet a été confirmé par l'analyse effectuée par la firme spécialisée Nesseltech dont les résultats sont documentés dans son rapport daté d'avril 2015 (Nesseltech, 2015). Ces essais sont effectués selon un protocole standardisé, qui prévoit le broyage initial de l'échantillon à une granulométrie préétablie du matériel, une alimentation forcée en air et des rinçages répétés à l'eau. Ces conditions n'ont pas pour objectif de simuler les conditions d'exposition réelles du matériel, mais plutôt de comparer divers matériaux les uns aux autres. Ainsi, les résultats de ces essais sont associés à des conditions précises d'exposition à l'oxygène et à l'eau en laboratoire afin de provoquer la réaction d'oxydation. Si on présume que le résidu de la pile est effectivement exposé à des conditions similaires à celles prévalent durant les essais, et en assumant que tous les sulfures sont exposés à l'oxygène et l'eau nécessaire pour réagir complètement, l'énergie produite par les réactions de stage A et de stage B permettrait tout juste à l'eau qu'il contient de se réchauffer jusqu'à 100 °C et de s'évaporer, et au résidu de se réchauffer de 20°C à 24°C. Ce bilan thermique permet de conclure que la chaleur disponible par le biais de la réaction d'autochauffage devrait être insuffisante pour produire un incendie impliquant les résidus miniers : de ce fait, il nous est impossible d'estimer un rayon d'impact d'incendie des résidus.

Les conditions réelles d'exposition du résidu seront par ailleurs complètement différentes lorsqu'il sera disposé en pile compactée et exposé aux conditions climatiques :

- Le taux de pénétration de l'oxygène dans le résidu compacté par rapport à un échantillon broyé et préparé en laboratoire sera moins important;
- Le taux d'humidité du gâteau de filtration : selon la littérature scientifique sur le sujet (Rosenblum & Spira, 1995; Rosenblum, Nessel & Spira, 2001; Navarra et al., 2010; Jung, 2012; Nesseltech, 2015), le potentiel d'autochauffage est plus important lorsque le contenu en eau se situe entre 3 % et 10 %, ce qui n'est pas le cas pour les résidus filtrés (14 % à 16 % visé par la filtration).
- Le refroidissement par convection associé à l'exposition du résidu aux vents et températures extérieures plus faibles que dans les conditions de laboratoire ralentira le processus de réchauffement.

Ainsi, la vitesse de réaction, et par conséquent, d'autochauffage d'un résidu filtré et compacté empilé à l'extérieur sera plus faible que celle observée dans les conditions d'essais en laboratoire.

Le réchauffement causé par l'oxydation des sulfures contenus dans les résidus se produirait en plusieurs jours, et se concentrerait en des points localisés : les points chauds. Des mesures de contrôle de la température du résidu en ces points chauds seront alors être appliquées pour en abaisser la température.

Conclusion :

À la lumière de ces éléments, il nous semble que le danger de combustion de la pile de résidus compactés ne représente pas un risque et ne peut faire l'objet d'un calcul de rayon d'incidence d'incendie.

- b) L'initiateur doit également présenter les méthodes d'intervention spécifiques à l'extinction d'un incendie qui se déclencherait dans les résidus miniers et préciser les ressources humaines et matérielles nécessaires dans un tel cas.

Réponse QC-66 b) :

Le potentiel d'autochauffage des résidus du projet est déterminé par plusieurs facteurs, principalement : la taille des formations de pyrrhotite, la disponibilité d'oxygène, la température et le taux d'humidité des résidus eux-mêmes et de l'atmosphère. Cependant, les mécanismes spécifiques qui sous-tendent les processus d'autochauffage font l'objet d'hypothèses scientifiques (Rosenblum & Spira, 1995; Jung, 2012). Comme expliqué précédemment, pour avoir autochauffage, il doit y avoir présence de sulfure à oxyder, présence d'oxygène pour oxyder et présence de chaleur qui doit être conservée pour que la température puisse monter.

Dans un contexte d'exposition aux vents et aux températures froides de la Côte-Nord, la première étape (étape A) de chauffage des résidus, pour atteindre 100 °C, nécessite plusieurs semaines, si jamais il était atteint (Rosenblum, Nessel & Spira, 2001). La disposition des résidus, et leur surveillance continue par caméras thermiques (infrarouge), actuellement prévues permettront d'assurer l'inspection quotidienne des résidus et de repérer toute manifestation de réaction (émanation de vapeurs, traces d'oxydation, etc.). Étant donné que le processus d'autochauffage se développe en des endroits localisés (« *hotspots* », ou points chauds), il sera possible de compacter davantage ces points où l'autochauffage apparaît à l'aide de machinerie lourde (p. ex. bulldozer), ou de couvrir la zone avec du sable ou gravier en quantité suffisante pour limiter l'apport en oxygène et interrompre la réaction. Il sera également possible, si de l'autochauffage est observé, de brasser les résidus dans les secteurs où les effets sont visibles, afin de refroidir les points chauds et ensuite, de compacter les résidus pour éviter l'apport en oxygène et ainsi arrêter la réaction de chauffage.

Les pratiques en usage dans l'entreposage et la disposition de résidus ayant un fort potentiel d'autochauffage incluent les mesures d'atténuation qui suivent, et seront appliquées par Mason Graphite :

- Les résidus seront compactés immédiatement après avoir été déposés sur la pile, ce qui limitera l'infiltration d'eau de ruissellement et d'oxygène dans les résidus et la dispersion de poussières.
- Brasser la couche superficielle des résidus (1 m), si l'autochauffage a été initié, et en répartir le contenu en surface plane afin de permettre leur refroidissement, puis recompacter.
- La structure de drainage des installations permettra d'empêcher l'accumulation d'eau.
- La pile de résidus sera restaurée progressivement, ce qui limitera également l'infiltration d'oxygène et d'eau.

Finalement, une barrière coupe-feu d'une distance minimale sécuritaire (d'environ 30 m) entre la forêt avoisinante et la pile de résidus sera établie en fonction des normes applicables et strictement respectée, afin d'éviter qu'une potentielle augmentation localisée de la température ait pour résultat l'ignition d'un feu de forêt.

Conclusion :

Mason Graphite mettra en œuvre les ressources technologiques (dans son mode de gestion et la conception de la pile), les ressources humaines (en ayant des employés formés et responsabilisés au phénomène possible d'autochauffage) et une gestion appropriée (inspection continue pour la détection des points chauds potentiels) pour gérer les résidus de manière sécuritaire. Toutefois, puisque les résidus n'ont pas de potentiel de combustion exigeant une intervention immédiate, ils ne feront pas l'objet de mesures d'urgence spécifiques dans le plan de mesures d'urgences.

QC-67 page 2, Annexe C

Le Ministère recommande que l'initiateur ajoute le comité de sécurité de la route 389 à la liste des parties prenantes afin d'initier des discussions sur les enjeux de sécurité routière dès que possible.

Réponse QC-67 :

Mason Graphite prend note de cette recommandation, et invitera le comité de sécurité de la route 389 à une rencontre lors d'une prochaine visite à Baie-Comeau avant le début des activités de construction.

QC-68 Annexe 10B

L'initiateur doit s'engager à produire un plan de mesure d'urgence qui respecte les éléments prévus à la directive. Le document devra être déposé au plus tard lors de la première demande de certificat d'autorisation.

Réponse QC-68 :

Le plan de mesures d'urgence complet sera déposé avec la première demande de certificat d'autorisation, et fournira les éléments requis cités dans la directive.

8. Surveillance et suivi de l'environnement

QC-69 Réponses QC-116 a. d. et QC-117d.

L'initiateur mentionne qu'à la suite du calcul des OER, il fera des essais de toxicité quatre fois par année au site minier, ainsi qu'au site du concentrateur, dans la mesure où il y aura un débit à l'effluent de ce dernier site.

- a) En prenant en considération la réactivité élevée du minerai, l'initiateur doit inclure les produits d'oxydation des sulfures, notamment les thiosels et les sulfates, dans le programme de suivi trimestriel de l'effluent minier et dans le programme de suivi de la qualité des eaux souterraines aux alentours de la halde à stériles et de la zone de manutention du minerai.

Réponse QC-69a :

Mason Graphite inclura ces paramètres dans le programme de suivi trimestriel, tel que présenté plus bas.

- b) L'initiateur doit présenter les résultats pour tous les paramètres analysés lors des essais cinétiques réalisés sur le minerai et sur les résidus miniers d'usinage, en plus des résultats obtenus pour les métaux normés à l'effluent minier. Ces résultats sont nécessaires pour compléter la liste des paramètres à suivre dans l'effluent final et dans les eaux souterraines au site minier et au site du concentrateur.

Réponse QC-69b :

Les résultats complets des tests cinétiques sont présentés à l'Annexe 3F.

- c) En plus de faire des essais de toxicité, l'initiateur doit s'engager à faire le suivi des OER quatre fois par année au site minier, ainsi qu'au site du concentrateur conformément aux *Lignes directrices pour l'utilisation des objectifs environnementaux de rejet relatifs aux rejets industriels dans le milieu aquatique* publié par le MDDEFP.....

Réponse QC-69c :

Mason Graphite s'engage à faire le suivi des paramètres des OER aux sites minier et du concentrateur.

Les éléments suivants feront notamment partie du suivi environnemental qui sera fait aux sites des activités minières. Les différents types d'effluents qui seront suivis en cours d'opération sont :

- **Les effluents finaux sont les effluents traités de l'eau de contact avec le minerai, stériles ou résidus miniers. Il y en a un à la mine et un au site du concentrateur.**
- **Les effluents « non contact » sont constitués de l'eau de déviation qui n'entre pas en contact avec soit le minerai, les stériles, ou les résidus. Les effluents « non contact » à la mine sont l'eau qui sort du fossé de dérivation en amont de la fosse, l'effluent du bassin de sédimentation au pied de la halde à mort-terrain. Au concentrateur, il s'agit de l'eau de déviation en amont et autour du parc à résidus et en amont et autour de la zone industrielle.**

- **L'eau de contact avant traitement** : comme Mason Graphite s'engage à mettre une membrane étanche pour les deux premières années d'opération dans le but de confirmer la bonne marche de la conception de ses ouvrages, l'eau de contact avec les stériles et les résidus sera recueillie et échantillonnée à tous les mois pour vérifier s'il y a des tendances de production d'acidité non prévue et ainsi réagir en temps opportun pour trouver des solutions et être certain de respecter les critères de protection des eaux souterraines.
- **L'eau souterraine sera échantillonnée dans les piézomètres en amont et en aval des infrastructures minières au site de la mine et au site du concentrateur.**

Tableau 30 : Tableau de suivi environnemental en opération

	Paramètre	Fréquence
Effluents finaux	Paramètres conventionnels : pH et débit	Continue
	Paramètres conventionnels : matières en suspension ¹	3 fois par semaine
	Métaux : As ¹ , Cu ¹ , Fe ¹ , Ni ¹ , Pb ¹ , Zn ¹	1 fois par semaine
	Paramètre biologique : toxicité aiguë	1 fois par mois
	Paramètres conventionnels : alcalinité, chlorures, conductivité, DBO ₅ , DCO, débit, dureté, fluorures, hydrocarbures pétroliers (C10-C50), matières en suspension, pH, solides dissous, solides totaux, substances phénoliques, sulfates et turbidité. Nutriments : azote ammoniacal, azote total Kjeldahl et phosphore total. Métaux : Al, Ag, As, Ba, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, K, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, Pb, Si et Zn. Sulfures : sulfures et thiosulfates	4 fois par année
Eau de contact avant traitement	pH, conductivité, matières en suspension Métaux : As, Cu, Fe, Ni, Pb, Zn solides dissous et sulfates	1 fois par mois
Effluents « non-contact »	pH, conductivité Métaux : As, Cu, Fe, Ni, Pb, Zn	Une fois par mois
Eaux souterraines	pH, conductivité, bicarbonates, soufre, As, Ca, Cu, Fe, K, Mg, Na, Ni, Pb, Zn et hydrocarbures pétroliers (C10-C50).	Deux fois par année
Inspection des EEE		À l'été, avant la maturation des espèces envahissantes
Suivi de la qualité de l'air	Le contrôle visuel pendant les activités du site sera effectué par le chef d'équipe responsable de l'opération de la mine ou au concentrateur afin de déterminer si des mesures de contrôle devraient être mises en œuvre	Tout au long de l'opération

¹ Les charges mensuelles et annuelles de ces paramètres doivent être calculées. La charge annuelle en kg/année est calculée en additionnant les 12 charges mensuelles.

QC-70 Réponse QC-118 a.

Le Ministère réitère que les stations d'échantillonnage des sédiments sont à préciser au site du concentrateur et au site minier puisque l'initiateur s'est engagé à revoir la localisation des stations d'échantillonnage aux deux sites.

En ce qui concerne du choix des paramètres physicochimiques lors de la caractérisation des sédiments, il doit s'agir essentiellement des contaminants susceptibles d'être rejetés dans le milieu aquatique et de se déposer dans les sédiments, ainsi que des paramètres nécessaires à l'interprétation des résultats. En pratique, il s'agit des mêmes paramètres que ceux visés par la *caractérisation de l'eau* à l'exception des substances qui demeurent dissoutes dans l'eau. Ainsi, les paramètres à analyser sont principalement les métaux caractéristiques de l'activité, le carbone organique total, le soufre et la granulométrie. Plusieurs paramètres identifiés par l'initiateur apparaissent ne pas avoir de liens avec les rejets miniers et devraient être retirés de la liste. Ce sont notamment les HAP, les hydrocarbures pétroliers et les BPC.

Finalement, l'ajout de l'argent et du baryum à la liste des paramètres à suivre dans les sédiments au site minier et au site du concentrateur serait recommandé. De plus, l'uranium devra être ajouté pour le site du concentrateur seulement.

Réponse QC-70 :

Mason Graphite prend note de ces recommandations et s'engage à faire le suivi des sédiments qui sera inclut dans son Plan détaillé de suivi environnemental, pour les sites de la mine et du concentrateur.

La liste complète des paramètres physicochimiques qui seront analysés dans les sédiments et qui feront l'objet d'un suivi, à la mine et au concentrateur, sont indiqués au Tableau 31.

Tableau 31 : Liste des paramètres physicochimiques analysés dans les sédiments – Plan de suivi environnemental

Site minier	Site du concentrateur
Caractéristiques organoleptiques	Caractéristiques organoleptiques
Carbone organique total (COT)	Carbone organique total (COT)
Granulométrie	Granulométrie
pH	pH
Soufre, sulfures et thiosulfates	Soufre, sulfures et thiosulfates
Métaux et métalloïdes*	Métaux et métalloïdes*
Argent	Argent
Baryum	Baryum
	Uranium

* : Aluminium, arsenic, cadmium, calcium, chrome, cobalt, cuivre, fer, magnésium, manganèse, mercure, molybdène, nickel, plomb, potassium, sodium et zinc

Tel que demandé, la localisation des stations d'échantillonnage pour les sites de la mine et du concentrateur seront précisées dans le programme de suivi environnemental.

À titre informatif, le tableau suivant fait la synthèse des études réalisées à date, en ce qui a trait à la qualité des sédiments dans les cours d'eau, aux sites de la mine et du concentrateur. Les Figure 28 à Figure 30 présentent la position des stations d'échantillonnage.

Tableau 32 : Caractérisation des sédiments complétée et fournies à ce jour

Secteur	Références	Détails	Commentaires
Secteur mine	Étude environnementale de base (Roche, 2013)	Section 3-5 et carte 3.5.1	Campagne de Roche faite en août 2012 (9 stations – voir Figure 28 ci-dessous)
	Avizo (2015)	Résultats de l'échantillonnage des sédiments à l'Annexe E	Campagne d'Avizo faite en novembre 2014 (2 stations - voir Figure 29 ci-dessous)
	EIE initiale	Sections 7.2.1.4 (général), 7.2.2.8 (mine), Figure 7-6	Rédigée à partir de Roche (2013) et d'Avizo (2014)
	Questions du 29 avril 2016	QC-64, QC-65, QC-66	
	Questions du 20 janvier 2017	QC-46 (réponse 64b), QC-47 (réponse QC-66a)	
Secteur concentrateur	EIE initiale	Sections 7.2.1.4 (général), 7.2.3.9 (concentrateur)	Aucune donnée disponible sur la qualité des sédiments dans les cours d'eau de la zone élargie.
	Questions du 29 avril 2016	QC-74	
	WSP (2016)	Échantillonnage de l'eau de surface et des sédiments	Campagne de WSP faite en septembre 2016 Cours d'eau : R1 et INT1 ¹ (voir Figure 30 ci-dessous)
	Questions du 20 janvier 2017	Aucune question supplémentaire	

Coordonnées des stations d'échantillonnage de WSP (2016) : R1 → 49° 13' 18,4" N 68° 14' 48,4" O / INT1 → 49° 13' 25,0" N 68° 14' 53,5" O

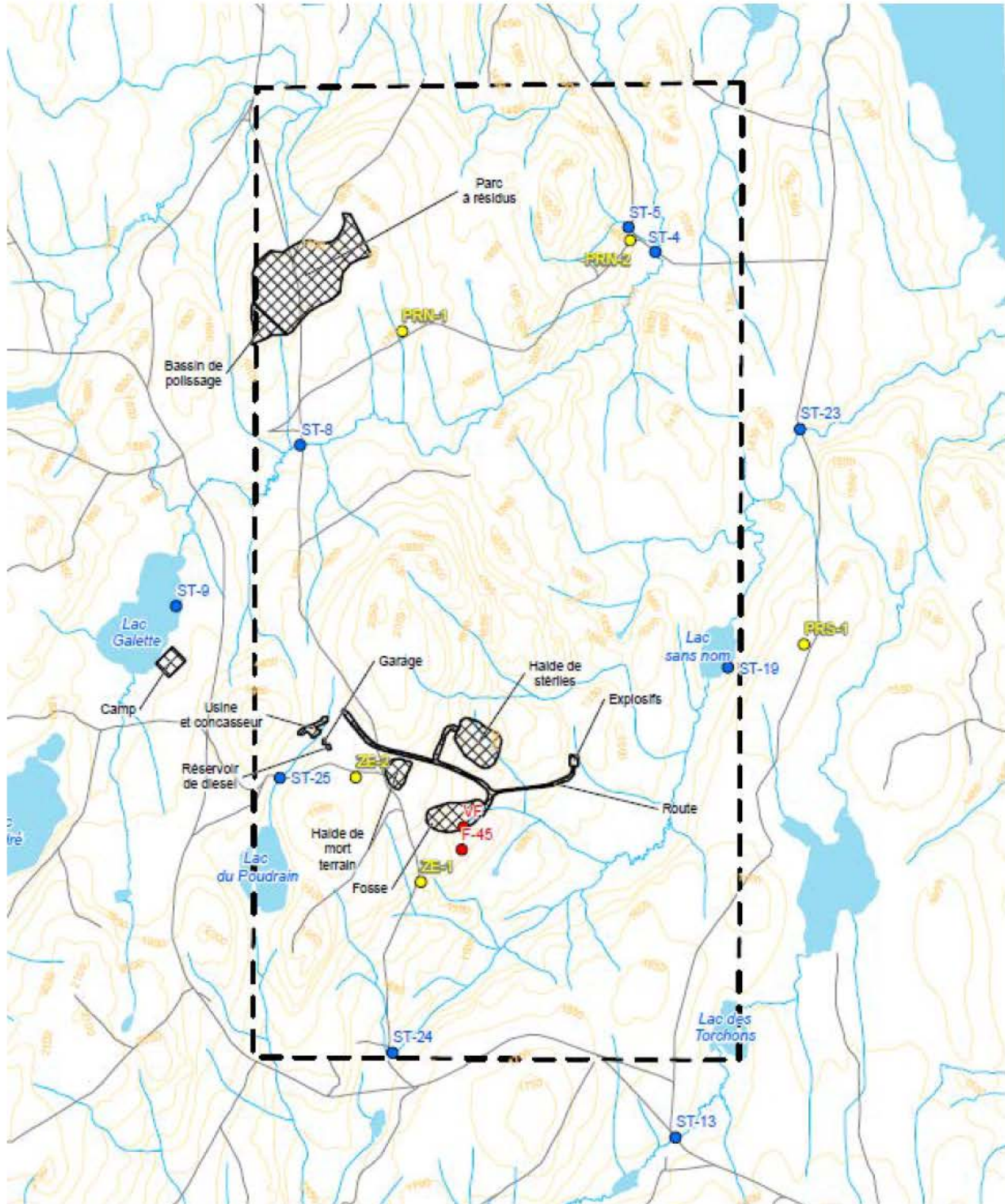


Figure 28 : Localisation des stations d'échantillonnage où des mesures de la qualité des sédiments ont été faites par Roche, en août 2012 (Roche, 2013) - Légende : cercle en bleu = station d'échantillonnage eau de surface et sédiments

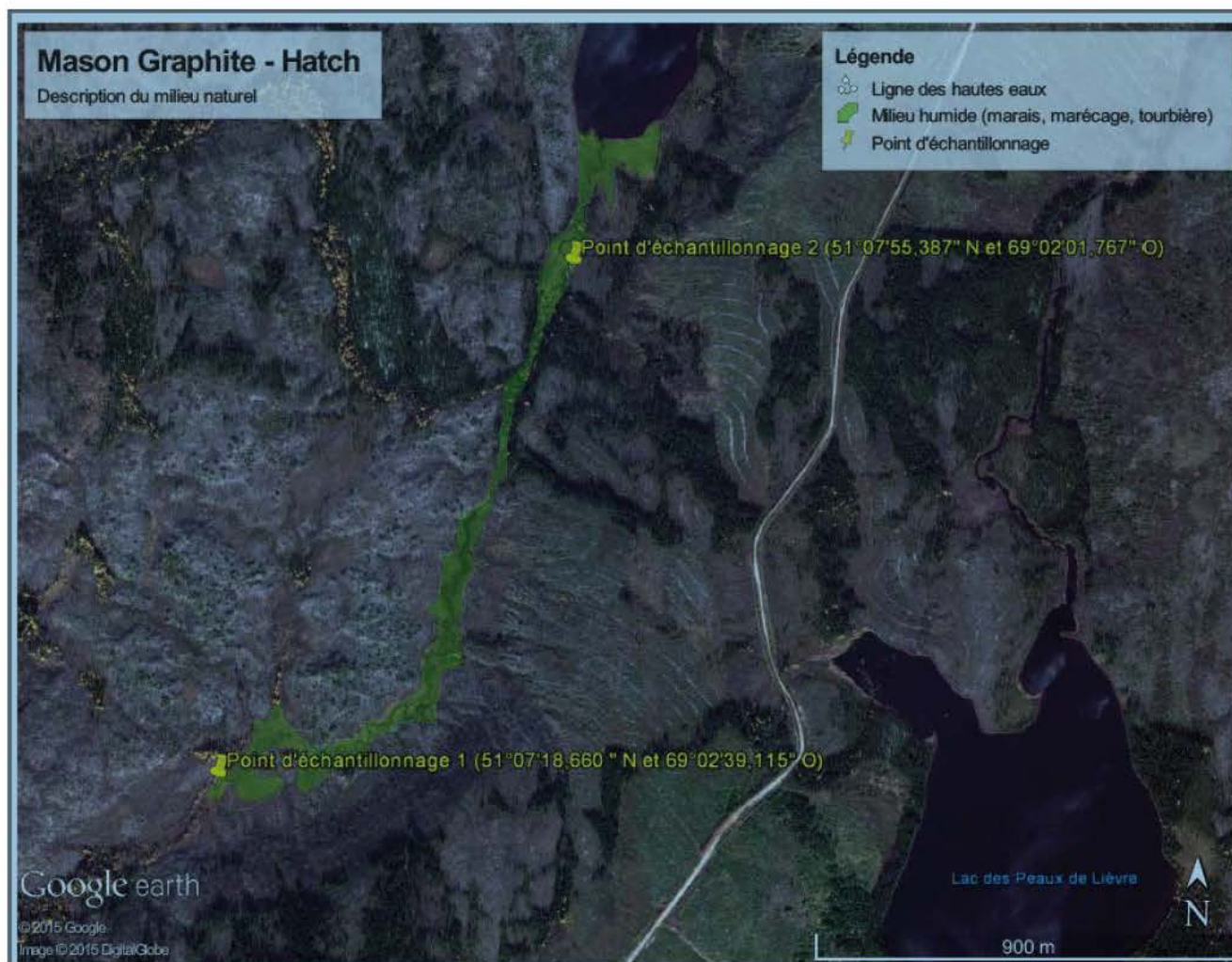
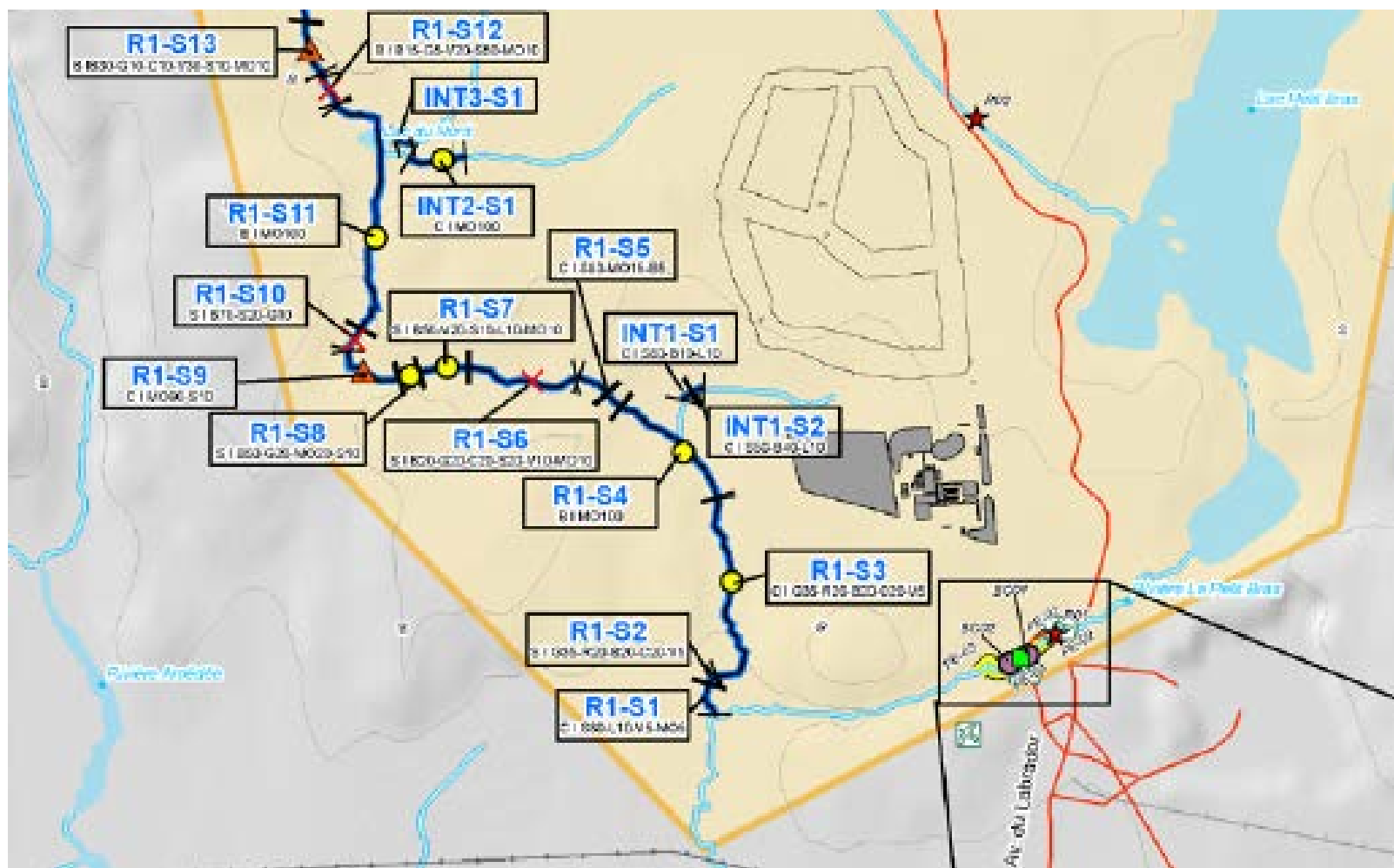


Figure 29 : Localisation des stations d'échantillonnage où des mesures pour la qualité des sédiments ont été prises, en novembre 2014, au site de la mine (Avizo, 2015)



Fond de carte utilisé : Figure 7.61 de l'étude d'impact (Mason/Hatch, 2015)

Figure 30 Localisation des stations d'échantillonnage où des mesures de la qualité des sédiments ont été faites par WSP, en septembre 2016 (WSP, 2016)

9. Commentaires

QC-71 Réponses QC-13 et 72 a.

La superficie du bassin versant drainé au niveau du point de rejet de l'effluent au site du concentrateur est de 2,88 km². Dans une telle situation, lorsque la superficie drainée est inférieure à 5 km², aucune zone de mélange n'est consentie dans le calcul des OER en raison de l'incertitude des débits estimés et du risque d'assèchement des cours d'eau. Ainsi, pour l'effluent du parc à résidus au site du concentrateur, les OER vont donc correspondre aux critères de qualité de l'eau.

Réponse QC-71 :

Mason Graphite prend note de ce commentaire et le spécifiera dans les critères de conception du système de traitement de l'effluent final.

QC-72 Réponse QC-29 a et b

L'Initiateur indique que la Figure 5-4 de l'addenda illustre les localisations du fossé et du bassin d'interception temporaire, leur point de rejet et les dimensions approximatives.

- a) L'initiateur devra s'assurer de contrôler la qualité des eaux de contact accumulées dans le bassin et le fossé avant de les rejeter dans l'environnement. Conséquemment, chaque point de décharge des eaux de contact dans l'environnement devra être considéré comme un effluent final.

Réponse QC-72a :

Mason Graphite prend note de ce commentaire, et s'engage à faire le suivi de la qualité de tous les points de décharge d'eau de contact à l'environnement. Cet élément sera documenté dans son Plan détaillé de suivi environnemental.

QC-73

Tel que montré au tableau 7-14 de l'étude d'impact, les concentrations de phosphore mesurées dans l'eau souterraine à proximité du gisement sont élevées (minimum de 0,09 mg/L et maximum de 4,85 mg/L). Ceci laisse présager la présence de phosphore dans les eaux d'exhaure de la fosse. L'initiateur indique qu'il effectuera d'autres échantillonnages avant le début des opérations et qu'il portera une attention particulière au phosphore.

- a) La présence de phosphore doit être confirmée pour recevabilité environnementale puisqu'une norme en phosphore pourrait être imposée en raison de la présence d'un lac sans nom en aval du point de rejet,

Réponse QC-73a :

La mesure des concentrations en phosphore dans les eaux souterraines du site de la mine sera incluse dans le plan de caractérisation complémentaire prévue au printemps/été 2017 afin de confirmer les mesures déjà obtenues. Cet élément pourra au besoin être inclus dans le programme détaillé de suivi environnemental.

QC-74 Réponse QC-115 a.

L'initiateur indique qu'il sera possible d'organiser des rencontres avec les autorités locales afin d'arrimer son plan de mesure d'urgence et les lignes de communication avec les intervenants locaux. Le ministère de la Sécurité publique est disposé à participer à ces rencontres afin d'arrimer ses interventions en matière de sécurité civile.

Réponse QC-74 :

Mason Graphite remercie le ministère de la Sécurité publique pour sa disponibilité, et s'assurera d'impliquer celui-ci dans l'arrimage de son plan des mesures d'urgences avec les plans et processus en place dans la région.

QC-75 Addenda, section 1.5.1.3.2

L'initiateur mentionne qu'environ 15 000 tonnes de matériaux granulaires devront être produits à partir d'un banc d'emprunt situé à l'emplacement de la mine ou à proximité du site de la mine pour la construction des infrastructures. L'initiateur devra s'assurer de détenir les droits miniers pour exploiter les substances minérales de surface appartenant au domaine de l'État.

Réponse QC-75 :

Mason Graphite prend note de cette recommandation, et s'engage à obtenir les droits miniers nécessaires avant le début des travaux.

QC-76 Annexe D, Annexe 5A

L'initiateur indique que des morceaux de bois seraient mis en copeaux pour être compostés. Le MDDECLL accepte que le bois non contaminé soit composté, par contre, les panneaux contreplaqués, de mélamine et d'autres pièces composées de résidus de bois ne sont généralement pas composables et, dans certains cas peuvent lixivier et contaminer l'eau souterraine. De plus, ces matières ont tendance à contaminer le compost, ce qui peut avoir comme conséquence de le déclasser.

L'initiateur indique également que les rebuts de câbles électriques seront éliminés dans un lieu d'enfouissement technique. Le MDDELCC tient à préciser que le métal contenu dans les fils électriques est facile à recycler.

Réponse QC-76 :

Mason Graphite prend note de ces indications, et en tiendra compte dans le développement de son Plan détaillé de gestion des matières résiduelles, à être finalisé avant le début des travaux de construction.

QC-77 Réponse QC-79 b.

Les zones de protection et d'atténuation anthropique illustrées sur la figure 7-62 de l'étude d'impact sont celles du Plan d'aménagement de l'habitat du caribou forestier de la Côte-Nord et non du Saguenay-lac-Saint-Jean. De plus, l'identification des zones de protection et les zones d'atténuation anthropique du caribou forestier illustrées à la figure 7-44A ont été inversées dans la légende de la figure.

Réponse QC-77 :

Tel qu'indiqué dans à la QC-79 a) du document de réponses aux questions du MDDELCC du 29 avril 2016, les aires de protection du caribou forestier présentées à la Figure 7-62 de l'étude d'impact font référence aux propositions d'aires protégées pour les environs de la Vallée des Montagnes-Blanches et de la Haute Côte-Nord proposées par Nature Québec 2007). Il s'agit d'aires de protection proposées et non pas d'aires délimitées par le MFFP du Québec pour protéger le caribou forestier dans la région (Référence : Nature Québec, 2007. Propositions d'aires protégées pour le Caribou forestier, réalisé dans le cadre du projet « Critères et propositions d'aires protégées pour le Caribou forestier », 68 pages et annexes).

Ainsi, la réponse fournie à la QC-79 b) de ce même document aurait dû être la suivante : Étant donné que ces aires de protection proposées ne sont pas des aires protégées au sens considéré par le MDDELCC, la Figure 7-62 de l'étude d'impact (Annexe A) a été modifiée afin de retirer les éléments référant aux aires de protection proposées. Par contre, les zones de protection et d'atténuation anthropiques du Plan d'aménagement de l'habitat du caribou forestier de la Côte-Nord, reconnues par le MDDELCC, ont été intégrées à la Figure 7-44A.

La version de la Figure 7-44A avec la légende corrigée est fournie à l'annexe Annexe 3D.

QC-78 Réponse QC-85 a. b.

Pour fin de précision, la réserve mondiale de la biosphère décrite à la section 5.2.2 de l'annexe 7A du document de réponse n'a pas de statut d'aire protégée au Québec. De plus, bien que le site minier ne chevauche aucune aire protégée, il apparaît important de préciser que la description des aires protégées décrites par l'initiateur ne permet pas de différencier les aires protégées légalement reconnues des projets d'aires protégées non-inscrits au registre.

Réponse QC-78 :

La section 5.2.2 à laquelle la question réfère a été rédigée par Roche, en 2013, dans le cadre de l'Étude environnementale de base précédant la réalisation de l'étude d'impact sur l'environnement déposée au MDDELCC. Il est toutefois mentionné à la section 5.2.2 que la réserve mondiale de la biosphère ne constitue pas un territoire protégé légalement. Les aires protégées sont discutées dans le document d'étude d'impact à la section 7.3.4 « Aires protégées » et sont montrées à la Figure 7-62. Afin de récapituler l'information disponible, le Tableau 33 indique les territoires protégés ou d'intérêt

écologique pour les sites de la mine, du concentrateur et du secteur transport (qui regroupe les infrastructures routières qui seront utilisées par Mason Graphite).

Les sites d'intérêt écologique sont des territoires qui abritent des sites naturels de qualité ou de haute valeur écologique. Il ne s'agit par contre pas de territoires protégés légalement, telle que la réserve mondiale de la biosphère.

Tableau 33 : Aires protégées et sites d'intérêt écologique

Territoire protégé ou d'intérêt écologique au site de la mine	Statut	Distance par rapport au site de la mine	Territoire protégé ou d'intérêt écologique au site du concentrateur	Statut	Distance par rapport au site du concentrateur	Territoire protégé ou d'intérêt écologique le long du secteur transport	Statut	Distance par rapport au secteur transport
Huit (8) refuges biologiques : 09352R008, 09352R043, 09352R048, 09352R053 et 09352R055, 09352R056, 09352R062 et 09352R065	Protection légale	Dans un rayon de 10 à 30 km autour du site du lac Guéret	Réserve naturelle du Boisé-de-la-Pointe-Saint-Gilles	Protection légale	Environ 5 km à l'est du site	Sept (7) refuges biologiques : 09352R058, 09352R057, 09352R050, 09351R080, 09351R078, 09351R072 et 09351R070	Protection légale	Entre 2 et 17 km des infrastructures routières
Réserve écologique Louis-Babel	Protection légale	Environ 50 km au nord-est du site du lac Guéret	Trois (3) de concentration d'oiseaux aquatiques : ACOA de Baie-Comeau, de la Rive du Vieux-Poste et de la Pointe-Saint-Panrace-Anse-St-Panrace	Protection légale	Dans un rayon de 20 km autour du site	Héronière Manic 2 Nord	Protection légale	La route 389 traverse la zone de protection de 500 m établie autour de cette aire protégée
Cinq (5) réserves de biodiversité : Réserves de la Météorite, Uapishka, du lac Plétiipi, des Montagnes-Blanches et du lac Berté	Protection légale	Dans un rayon de 75 km autour du site du lac Guéret	Réserve aquatique de Manicouagan	Protection légale	Environ 10 km au sud-est du site	Réserve mondiale de la biosphère de Manicouagan-Uapishka	Sans protection légale	Abrite le secteur transport
Cinq (5) écosystèmes forestiers exceptionnels : Forêts anciennes de la rivière Kapikupelt-Kesseu, du lac de l'anneau, du lac du Grand Poisson, du lac du Grand Héron et du lac Moulé	Protection légale	Dans un rayon de 50 km autour du site du lac Guéret	Deux (2) écosystèmes forestiers exceptionnels : Forêt ancienne de l'Anse-à-Moreau et forêt rare du Ruisseau-Couillard	Protection légale	Dans un rayon de 20 km autour du site			
Réserve mondiale de la biosphère de Manicouagan-Uapishka	Sans protection légale	Abrite le site du lac Guéret	Réserve mondiale de la biosphère de Manicouagan-Uapishka	Sans protection légale	Abrite le site du concentrateur			

QC-79 Figure 5.2.1, Annexe 7A

La figure omet de présenter la zone de chevauchement existant entre le Nitassinan de Pessamit et le territoire de la Convention de la Baie-James et du Nord québécois. Il serait préférable de se référer à la carte figurant à l'Annexe 4.1 de l'Entente générale de principe d'ordre général de 2004.

Réponse QC-79 :

Mason Graphite prend note de cette révision, et se réfèrera dorénavant à la Carte Annexe 4.1 – Nitassinan de la Première Nation de Betsiamites (Conseil de bande de Betsiamites – Secteur négociations, Avril 2002) présentée dans le document de l'entente de principe d'ordre général (EPOG; 2004), qui illustre le chevauchement entre le territoire couvert par la Convention de la Baie James et du Nord québécois (CBJNQ).

QC-80 Section 5.2.5.1, Annexe 7A

Il faudrait plutôt lire « L'Innu Assi, territoire que les Innus possèderaient en pleine propriété », considérant que l'entente de principe d'ordre général ne crée aucune obligation de nature légale entre les parties signataires. Seul un traité ou une éventuelle entente finale entre les parties lierait les parties sur le plan légal.

Réponse QC-80 :

Mason Graphite prend note de cette rectification, et la conjugaison conditionnelle sera dorénavant utilisée afin de refléter le statut légal et administratif courant de l'Entente de principe d'ordre général (2004).

QC-81 Section 5.2.5.1, Annexe 7A

Il importe de préciser que les trois points de forme et la phrase qui les introduit à la fin de la page 211 comportent des précisions qui vont au-delà des dispositions inscrites à l'Entente de principe d'ordre général. Considérant que la négociation territoriale globale est toujours en cours, ces précisions demeurent incertaines. Il est donc recommandé de s'en tenir aux dispositions contenues dans le texte de l'Entente de principe d'ordre général.

Réponse QC-81 :

Mason Graphite prend bonne note de ce commentaire. Afin de refléter le caractère évolutif de l'EPOG, la formulation du contenu présenté à la section citée sera remplacée par le texte suivant :

L'EPOG prévoit la négociation et l'établissement d'un cadre administratif et légal visant à répondre aux enjeux suivants :

- **Le maintien des activités traditionnelles de la communauté Innue de Pessamit sur le territoire de son Nitassinan (chasse, piégeage, cueillette), etc., désignées sous le nom d'Innu Aitun);**
- **L'implication des communautés Innues aux processus gouvernementaux de gestion du territoire, des ressources naturelles et de l'environnement;**

- **La définition de modalités pour la participation des communautés innues dans les projets de développement susceptibles d’avoir des répercussions sur leurs droits territoriaux, entre autres sous l’angle des compensations financières;**
- **La définition du système de calcul et de perception des redevances à toucher par les communautés sur l’exploitation des ressources naturelles.**

10. Questions supplémentaires reçues le 31 mars

Suite à la rencontre du 28 mars 2017 entre les représentants du MDDELCC, de Mason Graphite et de Hatch, tenue à Québec, Mme Marie-Michèle Vézina, chargée de projet, a énoncé des interrogations supplémentaires par rapport à la modélisation de dispersion atmosphérique au site du concentrateur à Baie-Comeau. Ces questions ainsi que les réponses sont présentées ci-dessous. La note technique complète auxquelles les réponses réfèrent est présentée à l'Annexe 3N du présent document, incluant les résultats des divers cas simulés.

QC supp. 1

Un plan élaboré de gestion des poussières devra être déposé au MDDELCC avant les audiences publiques.

Réponse QC-supp. 1 :

Mason Graphite prend note de cette demande et procédera au dépôt d'un plan de gestion des poussières avant les audiences publiques. À titre indicatif, les mesures d'atténuation décrites à la note de projet jointe à l'Annexe 3N sont présentement proposées par Mason Graphite.

QC supp. 2

Mason Graphite doit présenter une caractérisation des poussières émises, incluant les concentrations en métaux.

Réponse QC-supp. 2 :

La composition des poussières émises par les activités de camionnage sur le site du concentrateur et par l'emportement de la pile de résidus qui a été considérée dans le modèle de dispersion atmosphérique est fournie au tableau qui suit.

SiO ₂	wt.	%	41,7
Al ₂ O ₃	wt.	%	6,23
Fe ₂ O ₃	wt.	%	28,4
MnO	wt.	%	0,22
CaO	wt.	%	2,78
MgO	wt.	%	2,1
K ₂ O	wt.	%	2,06
Na ₂ O	wt.	%	0,54
TiO ₂	wt.	%	0,54
P ₂ O ₅	wt.	%	0,54
V ₂ O ₅	wt.	%	0,35
Cr ₂ O ₃	wt.	%	0,03
LOI	wt.	%	13,6

QC supp. 3

Mason Graphite doit présenter des mesures d'atténuation supplémentaires pour contrôler la qualité de l'air au site du concentrateur à Baie-Comeau.

Réponse QC-supp. 3 :

Plusieurs mesures d'atténuation sont déjà incluses dans le calcul des taux d'émission de particules afin de réduire les concentration de poussières. Ces mesures incluent :

- Arrosage des routes non pavées avec de l'eau;
- Revégétation continue de la pile de résidus;
- Le maintien continu de l'humidité des résidus en surface par ajout continu de résidus « frais »;
- Arrosage à l'eau ou avec des abats-poussières autorisés par le MDDELCC si nécessaire, pour maintenir un taux d'humidité suffisamment élevé en surface de pile et réduire l'emportement de poussière de 90 %.

Des mesures d'atténuation additionnelles pourraient être envisagées pour réduire les concentrations de poussières, par exemple :

- L'ajout d'un agglomérant pourrait être envisagé, mais cette option n'a pas été validée à cette étape du projet.
- Implantation d'un mur brise-vent.

En considérant une réduction de la vitesse du vent par un mur brise-vent, les concentrations de particules totales (PST) et de particules fines (PM2.5) à la limite de la zone industrielle sont conformes aux normes du RAA.

Annexe 3A

Résumé de l'étude d'impact sur l'environnement – juin 2016

MASON GRAPHITE

RÉSUMÉ DE L'ÉTUDE D'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT

PROJET DE MINE DE GRAPHITE DU LAC GUÉRET
QUÉBEC, CANADA

JUIN 2016



3030 Boul. le Carrefour, bureau 600

Laval, Québec, Canada, H7T 2P5

@ : info@masongraphite.com

Tél. : +1 514 289 3580

Fax : +1 450 978 5206

www.masongraphite.com

Cher lecteur,

Lorsque nous avons préparé le document que vous tenez entre vos mains, nous avons tenté de présenter, de façon claire et concise, les principaux éléments qui composent le rapport de notre étude d'impact sur l'environnement. Vous retrouverez donc ici la description et la justification de notre projet, la description des milieux où nous envisageons installer nos activités, un sommaire des impacts anticipés sur ces milieux, ce que nous prévoyons faire pour minimiser ces impacts et comment nous comptons nous établir comme partenaire des communautés locales.

Si malgré nos efforts il vous restait des interrogations à la fin de votre lecture, nous vous invitons à nous contacter directement et il nous fera grand plaisir d'y répondre.

Nous vous remercions pour l'intérêt que vous portez envers notre projet et nous vous souhaitons une agréable lecture.

L'équipe de Mason Graphite

Les pages qui suivent présentent des informations qui faciliteront la compréhension du lecteur qui y retrouvera notamment les noms usuels (courts) d'organismes et entreprises touchées par le projet ainsi que des définitions de termes techniques spécifiques au domaine minier et industriel.

Nom des organismes nommés dans ce document

Nom complet	Abréviation
Bureau des audiences publiques en environnement	BAPE
Conseil international des mines et métaux	CIMM
Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (Québec)	MDDELCC
Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles (Québec)	MERN
Ministère des Transports du Québec	MTQ
Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture	UNESCO
Réserve mondiale de la biosphère Manicouagan-Uapishka	RMBMU

Termes techniques utilisés dans ce document

Terme	Définition
1 ^{ère} transformation	Série de traitements appliqués au minerai de graphite pour en tirer des produits finis, les concentrés de graphite, directement utilisables par les clients.
2 ^e transformation	Traitement(s) appliqué(s) aux produits finis de la 1 ^{ère} transformation pour en modifier certaines propriétés, comme la pureté, la dimension ou encore la forme. Ces produits à valeur ajoutée sont utilisés dans des applications plus poussées techniquement, notamment les batteries Li-ion.
Acidogène (potentiel)	Propriété du minerai, du stérile et des résidus contenant des minéraux (comme les sulfures) pouvant potentiellement réagir avec l'eau et l'air pour former des substances acides qui à leur tour peuvent être drainées par l'eau.
Broyage	Procédé de libération par lequel les roches de minerai sont brisées, par impacts ou abrasion, pour libérer les paillettes de graphite qui en étaient prisonnières. Comme on y ajoute de l'eau, la roche broyée devient une pulpe (semblable à de la boue). Aucune séparation n'est faite lors du broyage.
Concassage	Procédé par lequel la roche est cassée et devient de plus petite dimension. Ce procédé se fait à sec. Aucune séparation n'est faite lors du concassage.
Concentrateur	Appelé aussi usine de traitement du minerai. Comprend les divers procédés (concassage, broyage, flottation, filtration, etc.) requis pour transformer le minerai de graphite en un concentré de graphite de valeur économique et directement utilisable par les clients.
ERA	Entente sur les répercussions et avantages – entente négociée avec les Premières Nations.

Terme	Définition
Étude de faisabilité	Étude technique et économique permettant de déterminer la rentabilité d'un projet. Ce type d'étude couvre la définition du procédé de concentration, la définition des installations et infrastructures requises pour les opérations, l'estimation des coûts de construction, l'estimation des coûts d'opération (main d'œuvre, énergie, entretien...) et l'estimation des revenus de ventes.
Filtration	Procédé de séparation des solides et des liquides d'une pulpe, en la faisant circuler sur des filtres qui laissent passer l'eau à travers et retiennent les solides (par exemple un filtre à café en papier).
Flottation	Procédé de séparation des paillettes de graphite, qui ont été libérées par le broyage, et des résidus. Séparation effectuée dans l'eau par de l'air soufflé : le graphite qui est hydrophobe s'accroche aux bulles d'air et remonte à la surface pour y être récupéré alors que le résidu, hydrophile, plonge au fond.
Fosse ou Mine à ciel ouvert	Toute excavation située en surface et ayant pour objet l'extraction de minerai à l'aide de méthodes de forage, de sautage à l'explosif et de chargement dans les camions.
Halde (à stérile ou mort-terrain)	Pile d'entreposage permanent de matériaux qui ont dû être sortis de la fosse lors de sa préparation ou de son exploitation. Ces piles sont localisées à un endroit où il n'y a pas de graphite dans le sol.
Hydrogéologie	Étude des eaux souterraines, plus particulièrement de leurs propriétés chimiques et de leur écoulement.
Lixiviation	Processus de déplacement qui se produit lorsqu'un liquide (p. ex. l'eau) traverse une substance et entraîne certains de ses constituants en d'autres endroits. La lixiviation peut avoir lieu dans un milieu souterrain, comme la roche solide, ou en surface, dans le cas d'amas de matériaux.
Minerai	Roche qui contient assez de graphite pour rentabiliser toutes les opérations nécessaires à la production du concentrée de graphite (produit fini). Dans le cas du projet Lac Guéret, la teneur minimale du minerai est de 6 %.
Mort-terrain	Tout matériau non-consolidé, comme le sable, le gravier et les sols meubles, qui repose au-dessus d'un gisement et qui doit être enlevé avant la mise en production de la mine.
Réactifs de flottation	Produit permettant d'améliorer la performance de la flottation, soit en rendant le graphite plus susceptible de flotter ou encore en stabilisant la mousse riche en graphite qui se forme à la surface des cellules de flottation.
Résidus	Ce qui reste du minerai après avoir extrait le graphite qu'il contenait. Se présente sous forme de sable plus ou moins fin.
Réserves minérales	Estimation de la quantité de minerai de graphite du gisement qui peut être exploitée (mine et concentrateur) de façon rentable. Cette rentabilité est évaluée en détails par l'étude de faisabilité.
Ressources minérales	Estimation de la quantité de minéralisation de graphite du gisement qui pourrait être exploitée (mine et concentrateur) de façon rentable. Cette rentabilité est évaluée de façon plus sommaire que pour les réserves minérales.
Stérile	Roche qui contient pas ou trop peu de graphite pour être envoyée au concentrateur, donc qui n'a pas de valeur économique mais qui doit néanmoins être retirée de la fosse pour permettre l'accès au minerai. Dans le cas du projet Lac Guéret, est considéré comme stérile toute roche contenant moins de 6 % de graphite.

Terme	Définition
Tamisage	Procédé, humide ou sec, utilisé pour séparer des particules de différentes tailles.
Teneur	Concentration de graphite dans la roche (minerai ou stérile), exprimée en pourcentage poids. Une teneur de 28 % de graphite signifie que 100 tonnes de minerai contiennent 28 tonnes de graphite.

Quelques unités de mesure utilisées dans ce document et leurs équivalences

Unité de mesure utilisée	Équivalence
1 hectare (ha)	= 10 000 m ² = 107 639 ft ² = 2,5 acres ou arpents
1 mètre cube (m ³)	= 1 000 litres = 35,3 pieds cubes = 264 gallons
1 tonne (t)	= 1 000 kg = 2 204 lb

TABLE DES MATIÈRES

1.	Sommaire exécutif	1
2.	Préambule	4
2.1	Lois encadrant le projet (environnement)	5
3.	Résumé de l'étude d'impact	8
3.1	Présentation de Mason Graphite	8
3.1.1	Présentation des consultants et des sous-traitants	9
3.2	Justification du projet	10
3.2.1	Justification générale.....	10
3.3	Consultation des parties prenantes	12
3.3.1	Première Nation Innue de Pessamit	15
3.3.2	Parties prenantes de la région de Baie-Comeau.....	15
3.3.3	Synthèse des échanges.....	15
3.3.4	Intégration des préoccupations des parties prenantes.....	20
3.4	Options Envisagées	20
3.4.1	Options de localisation du concentrateur.....	20
3.4.2	Choix du mode de disposition des résidus.....	21
3.5	Description du projet.....	23
3.5.1	Localisation des installations	23
3.5.2	Description générale du projet.....	25
3.5.3	Description des installations et du procédé	25
3.5.4	Coûts du projet.....	38
3.6	Zones d'étude	38
3.7	Description du milieu	41
3.7.1	Aires protégées	42
3.8	Évaluation des impacts.....	43
3.8.1	Impacts sociaux et économiques	44
3.8.2	Impacts sur le milieu naturel	45
3.8.3	Impacts sur le milieu humain	47
3.8.4	Bilan des impacts.....	48
3.9	Impacts cumulatifs	52
3.10	Risques technologiques	52
3.10.1	Types d'accidents évalués	52
3.10.2	Plan des mesures d'urgence.....	53
3.11	Politique de développement durable	53
3.11.1	La mission	53
3.11.2	Les principes directeurs.....	54
3.11.3	Les valeurs de Mason Graphite	54
3.12	Programmes de surveillance et de suivi	55

3.12.1	Surveillance environnementale.....	55
3.12.2	Suivi environnemental.....	55
3.12.3	Rapports de suivi.....	56
3.12.4	Accueil des employés, fournisseurs et visiteurs	56
3.13	Conclusion.....	57

Liste des tableaux

Tableau 1 – Liste des partenaires du projet (ordre alphabétique).....	9
Tableau 2 – Liste des parties prenantes en relation avec Mason Graphite	13
Tableau 3 – Synthèse des échanges durant les rencontres de juin 2015	16
Tableau 4 – Principaux avantages et inconvénients des trois localisations envisagées.....	20
Tableau 5 – Bilan des impacts résiduels du projet dans le secteur Lac Guéret	49
Tableau 6 – Bilan des impacts résiduels du projet dans le secteur transport	50
Tableau 7 – Bilan des impacts résiduels du projet dans le secteur Baie-Comeau.....	51

Liste des figures

Figure 1 – Séance d'information dans la communauté innue de Pessamit (17 juin 2015)	14
Figure 2 – Séance d'information à Baie-Comeau (18 juin 2015).....	14
Figure 3 – Localisation du site de la mine par rapport à Baie-Comeau	24
Figure 4 – Localisation du site du concentrateur à Baie-Comeau	25
Figure 5 – Agencement des infrastructures au site Lac Guéret (après les premières 25 années).....	27
Figure 6 – Limites de la fosse 25 ans et de la fosse des ressources	27
Figure 7 – Photo d'une pouillère préfabriquée typique	29
Figure 8 – Bassin de contrôle.....	30
Figure 9 – Aménagement du site de camp des travailleurs.....	32
Figure 10 – Schéma d'écoulement simplifié du procédé de concentration.....	34
Figure 11 – Principales infrastructures du site du concentrateur.....	35
Figure 12 – Évolution de la pile de résidus filtrés.....	37
Figure 13 – Zones d'étude, secteur Lac Guéret.....	39
Figure 14 – Zones d'étude, secteur Baie-Comeau.....	40
Figure 15 – Exemple imagé d'importance d'impact.....	44

1. SOMMAIRE EXÉCUTIF

Le projet de mine de graphite naturel de Lac Guéret de Mason Graphite consiste à exploiter le gisement de graphite naturel du Lac Guéret, situé à environ 285 kilomètres au nord de Baie-Comeau, un gisement présentant une teneur parmi les plus élevées au monde, et à transformer le minerai en un concentré de graphite utilisable directement par les clients et dans une vaste gamme d'applications.

Depuis le démarrage du projet par Mason Graphite en 2012, la Société a entrepris une importante série de travaux et d'études pour développer le projet :

- Deux campagnes de forage d'exploration (2012 et 2013-2014) ;
- Une estimation originale des ressources minérales (2012) suivie de deux mises à jour suite aux campagnes de forage (2013 et 2014) ;
- Une série d'études métallurgiques et un pilotage (2013 à 2015) ;
- Une étude économique préliminaire (2013) et une étude de faisabilité (2015) ;
- Une étude environnementale de base sur le site de Lac Guéret (2012-2013 et 2016) et une sur le site de Baie-Comeau (2015 et 2016) ; et finalement
- Une étude d'impact sur l'environnement (2015).

Ces études ont démontré la faisabilité technique et la grande rentabilité du projet.

Généralités techniques sur le projet

Les ressources minérales du gisement du Lac Guéret (catégories mesurées et indiquées) sont estimées à 65,7 millions de tonnes, à une teneur moyenne en graphite de 17,2 %, ce qui représente un peu plus de 11 millions de tonnes de graphite (in situ).

Le projet, pour les 25 premières années, comprend l'exploitation d'une mine à ciel ouvert au Lac Guéret, l'acheminement du minerai par camion de la mine au concentrateur et l'opération d'une usine de traitement, usine qui sera située dans le parc industriel Jean-Noël-Tessier à Baie-Comeau.

La mine devrait être exploitée dix mois par année avec une période éventuelle d'arrêt durant le dégel du printemps. Après 25 ans d'activité, la fosse minière aura atteint une dimension d'environ 650 m de longueur par 275 m de largeur et une profondeur maximale de 90 m ; seulement 7 % des ressources minérales disponibles dans le gisement auront alors été minées démontrant le potentiel de maintien des opérations au-delà des 25 premières années. Le stérile et le mort-terrain seront déposés dans des haldes situées tout près de la fosse.

Le minerai de graphite sera transporté entre le mine et le concentrateur par des camions via le chemin forestier 202 et la route 389. En moyenne, 14 à 16 camions devraient faire l'aller-retour chaque jour, 7 jours sur 7 (sauf durant l'arrêt du printemps). Environ 190 000 tonnes de minerai devraient être transportées chaque année.

Le graphite sera extrait du minerai dans le concentrateur par un procédé en continu comprenant des étapes de concassage, broyage, flottation, filtration, séchage et tamise en produits finis. L'usine devrait traiter en moyenne 24 tonnes de minerai par heure pour produire entre 6 et 7 tonnes de produit fini par heure pour une production annuelle d'environ 50 000 tonnes de produit fini.

Les résidus du procédé de concentration seront disposés sur le site de Baie-Comeau sous forme de résidus filtrés ; cette méthode ne requerra aucune digue et permettra la re-végétation progressive de la pile. Au bout de 25 ans d'opération, cette pile aura une dimension d'environ 520 m par 420 m et une hauteur maximale de 20 m et occupera une superficie d'environ 18 hectares.

Les eaux ayant entré en contact avec le minerai, le stérile ou les résidus seront collectées et réutilisées dans le procédé ou encore traitées, si nécessaire pour respecter les critères de qualité en vigueur, avant d'être retournées au milieu environnant.

Les marchés pour le graphite

Le marché mondial annuel de graphite naturel est estimé à environ 500 000 tonnes. La production anticipée du projet représentera par conséquent environ 10 % de la production mondiale.

Une forte croissance de la demande de graphite a été observée dans certaines applications de pointe, comme pour les batteries Li-ion utilisées dans les véhicules électriques – il est anticipé qu'avec le développement des véhicules électriques cette croissance s'accélèrera dans les prochaines années.

Les milieux et les impacts sur l'environnement

Les impacts du projet sur les différentes composantes des milieux (physique, biologique et humain) ont été évalués suivant une approche rigoureuse et structurée. Lorsque souhaitable, des mesures de mitigation ont été définies et intégrées à l'évaluation des impacts résiduels.

Le bilan des impacts résiduels démontre que le projet générera des impacts positifs importants pour les communautés. Par ailleurs, le projet ne présentera aucun impact négatif fort, la majorité des impacts négatifs étant jugés faibles ou très faibles, une des raisons principales étant la petite envergure des opérations minières et industrielles.

Les retombées et l'acceptabilité sociale

Le projet de Mason Graphite devrait générer environ 100 emplois directs en phase d'exploitation, pour les opérations, l'administration et le transport du minerai. Les retombées économiques pour la région, sous forme de salaires et d'achat de biens et services, sont estimées à plus de 10 millions de dollars par année.

Mason Graphite a consulté les populations locales dès le début de son projet et continue ses contacts réguliers avec les communautés et leurs représentants. Les ressources locales ont été mises à profit dès le début des activités d'exploration (fournitures de biens et services) et la Société entend maximiser les retombées pour les communautés locales.

L'équipe de Mason Graphite

L'équipe de direction de Mason Graphite jouit d'une solide crédibilité acquise au fil de plusieurs décennies d'expérience pratique dans la production et la vente de graphite naturel ; les membres de l'équipe ont en effet géré efficacement et de manière responsable la seule mine de graphite naturel en opération en Amérique du Nord en plus d'établir un réseau commercial mondial efficace.

2. PRÉAMBULE

Le présent document constitue le résumé de l'étude d'impact sur l'environnement (ÉIE) du projet de la mine de graphite naturel du Lac Guéret. Le rapport original, déposé au Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC) en novembre 2015, comptait plus de 1 800 pages.

Ce résumé vise les lecteurs désirant obtenir un condensé de l'étude d'impact sur l'environnement et présente les éléments essentiels et les principales conclusions de l'étude. Les lecteurs voulant approfondir un ou plusieurs sujets pourront le faire en consultant l'étude d'impact complète qui sera disponible sur le site du Bureau des audiences publiques en environnement (BAPE).

Le rapport d'étude d'impact complet déposé au MDDELCC est divisé en 13 chapitres distincts dont le contenu respectif est résumé ci-après :

Le **chapitre 1** (résumé dans la section 3.1 du présent document) présente Mason Graphite et les grands principes de sa politique environnementale. Il présente aussi le consultant principal et les autres firmes de consultants qui ont collaboré à la conception du projet et à la réalisation des études complémentaires dans le cadre de cette étude d'impact sur l'environnement et le milieu social.

Le **chapitre 2** (résumé dans la section 3.2 du présent document) présente le contexte et le cadre légal du projet et fait ressortir les éléments qui justifient la raison d'être du projet.

Le **chapitre 3** (résumé dans la section 3.3 du présent document) porte sur les activités et la démarche de consultation de la population, entreprise par Mason Graphite, et ce, depuis le début du projet. Les préoccupations et les intérêts des parties prenantes consultées sont aussi présentés dans ce chapitre.

Le **chapitre 4** (résumé dans la section 3.4 du présent document) présente les options considérées lors de la conception du projet et effectue les analyses comparatives de celles-ci. La démarche adoptée pour la sélection de la variante retenue pour le projet y est également présentée.

Le **chapitre 5** (résumé dans la section 3.5 du présent document) décrit en détail le projet proposé et ses diverses composantes, ainsi que les mesures prises pour optimiser la variante retenue pour le projet. Ce chapitre résume aussi les activités du projet susceptibles d'avoir un effet sur l'environnement et le milieu social.

Le **chapitre 6** (résumé dans la section 3.6 du présent document) présente les zones d'étude qui ont été retenues pour la présente étude.

Le **chapitre 7** (résumé dans la section 3.7 du présent document) dresse le portrait du milieu récepteur avant la construction et l'opération du projet. Il identifie les composantes sensibles des milieux physiques, biologiques et humains qui ont été identifiées dans les zones d'études retenues et qui pourraient se voir affectées par le projet.

Les impacts sur l'environnement et le milieu humain sont identifiés et évalués au **chapitre 8** (résumé dans la section 3.8 du présent document). L'évaluation des impacts tient compte des mesures

d'atténuation proposées pour le projet et est présentée en fonction des secteurs (mine, transport, et concentrateur) et des phases (construction, opération et fermeture) du projet. Le bilan des impacts résiduels est présenté à la fin de ce chapitre.

Le **chapitre 9** (résumé dans la section 3.9 du présent document) décrit les effets cumulatifs du projet sur les composantes de l'écosystème qui ont été retenues. L'évaluation des effets cumulatifs prend en considération l'ensemble des projets majeurs prévus dans la zone d'étude ainsi que leurs actions futures susceptibles d'entraîner un effet cumulatif.

Le **chapitre 10** (résumé dans la section 3.10 du présent document) présente les procédures adoptées par le projet pour la gestion des risques technologiques et les risques d'accidents. Ce chapitre renferme également la version préliminaire du plan des mesures d'urgence.

Le **chapitre 11** (résumé dans la section 3.11 du présent document) présente les bases de la politique de développement durable qui sera adoptée par Mason Graphite dans le cadre de son projet. Il présente également les éléments du projet qui ont spécifiquement été sélectionnés afin d'accroître la durabilité du développement proposé par ce projet.

Le **chapitre 12** (résumé dans la section 3.12 du présent document) présente le programme préliminaire de surveillance environnementale qui vise surtout les phases de construction et de pré-production du projet. Il décrit aussi le programme de suivi des performances environnementales durant les opérations et après la fermeture et la vérification de l'efficacité des mesures d'atténuation proposées.

Les conclusions de cette étude d'impact sur l'environnement et le milieu social sont formulées au **chapitre 13** (résumé dans la section 3.13 du présent document).

2.1 LOIS ENCADRANT LE PROJET (ENVIRONNEMENT)

La conception des installations et infrastructures, leur implantation et leur exploitation sont encadrées par de nombreuses lois québécoises ainsi que les règlements qui s'y rattachent. Les lois et règlements encadrant les aspects environnementaux des projets miniers et industriels sont présentés ci-après :

- La Directive 019 sur l'industrie minière ;
- Loi sur la qualité de l'environnement :
 - Règlement sur l'application de l'article 32 de la Loi sur la qualité de l'environnement
 - Règlement relatif à l'application de la Loi sur la qualité de l'environnement ;
 - Règlement sur l'assainissement de l'atmosphère ;
 - Règlement sur les attestations d'assainissement en milieu industriel ;
 - Règlement sur les carrières et sablières ;
 - Règlement sur les conditions sanitaires des campements industriels ou autres ;
 - Règlement sur les déchets solides ;

- Règlement sur la déclaration des prélèvements d'eau ;
 - Règlement sur l'enfouissement et l'incinération de matières résiduelles ;
 - Règlement sur l'évacuation et le traitement des eaux usées des résidences isolées ;
 - Règlement sur l'évaluation et l'examen des impacts sur l'environnement ;
 - Règlement sur les matières dangereuses ;
 - Politique de protection des rives, du littoral et des plaines inondables ;
 - Règlement sur le prélèvement des eaux et leur protection ;
 - Règlement sur la protection et la réhabilitation des terrains ;
 - Règlement sur la qualité de l'eau potable ;
 - Règlement sur la redevance exigible pour l'utilisation de l'eau.
 - Loi sur la conservation et la mise en valeur de la faune :
 - Règlement sur les habitats fauniques.
 - Loi sur les espèces menacées ou vulnérables :
 - Règlement sur les espèces fauniques menacées ou vulnérables et leurs habitats) ;
 - Règlement sur les espèces floristiques menacées ou vulnérables et leurs habitats.
 - Loi sur les terres du domaine de l'État.
 - Loi sur le régime des eaux :
 - Règlement sur le domaine hydrique de l'État.
 - Loi sur les mines :
 - Règlement sur les substances minérales autres que le pétrole, le gaz naturel et la saumure.
 - Loi sur l'aménagement durable du territoire forestier :
 - Règlement sur les normes d'intervention dans les forêts du domaine de l'État.
 - Loi sur les explosifs :
 - Règlement d'application de la Loi sur les explosifs.
 - Loi sur les produits pétroliers :
 - Règlement sur les produits pétroliers.
 - Loi sur le patrimoine culturel.
 - Loi sur l'aménagement et l'urbanisme.
-

- Loi sur la santé et la sécurité au travail :
 - Règlement sur la santé et la sécurité du travail dans les mines.
- La Politique de protection des sols et de réhabilitation des terrains contaminés.
- Note d'instruction 98-01 sur le bruit.
- Limites et lignes directrices préconisées par le MDDEP relativement aux niveaux sonores provenant d'un chantier de construction.
- Les milieux humides et les autorisations environnementales.

Le projet sera également soumis à plusieurs autres lois et règlements, notamment en matière de santé et sécurité, de normes du travail, etc.

3. RÉSUMÉ DE L'ÉTUDE D'IMPACT

3.1 PRÉSENTATION DE MASON GRAPHITE

Fondée en 2012, Mason Graphite est une compagnie minière canadienne dédiée à l'exploration et au développement du gisement de graphite naturel du Lac Guéret, gisement situé au nord-est du Québec et dont la Société détient 100 % des droits.

Mason Graphite compte développer et opérer la mine et le concentrateur pour produire et commercialiser des concentrés de graphite naturels directement utilisables par ses clients.

La haute direction de Mason Graphite comprend parmi ses membres plusieurs spécialistes de la production et de la mise en marché du graphite naturel. Ensemble, ils cumulent plus de 50 années d'expérience pratique dans le secteur, ayant géré avec succès et de façon responsable les activités de la seule mine de graphite naturel en opération en Amérique du Nord et ayant établi un réseau de vente efficace à l'échelle mondiale. D'ailleurs, dans cette industrie la mise en marché du graphite constitue le plus grand défi de l'entreprise puisque chaque kilogramme de graphite produit doit être vendu à un client défini, qui a souvent des spécifications techniques particulières.

Les personnes responsables chez Mason Graphite sont présentées dans le tableau suivant :

Nom	Fonction
Benoît Gascon, CPA, CA	Président et chef de la direction (bgascon@masongraphite.com)
Luc Veilleux, CPA, CA	Vice-président exécutif, Chef de la direction financière et Secrétaire Corporatif (lveilleux@masongraphite.com)
Jean L'Heureux, ing., M. Ing.	Vice-président exécutif, développement du procédé (jlheureux@masongraphite.com)
Jacqueline Leroux, ing.	Directrice, Développement durable (jleroux@masongraphite.com)
Geneviève Pichet, M. Sc., ing.	Directrice, Études techniques et Projets spéciaux (gpichet@masongraphite.com)
Simon Marcotte, CFA	Vice-président, Développement Corporatif (smarcotte@masongraphite.com)
Yves Caron, géo.	Directeur, Géologie et Exploration (ycaron@masongraphite.com)

3.1.1 PRÉSENTATION DES CONSULTANTS ET DES SOUS-TRAITANTS

La présente étude d'impact sur l'environnement a été réalisée sous la responsabilité d'une équipe multidisciplinaire de la firme de génie-conseil Hatch :

Adresse	5, Place Ville Marie, bureau 1400 Montréal (Québec), H3B 2G2
Téléphone	514-861-0583
Responsable du projet	Marie-Christine Patoine, ing., Directrice des Services environnementaux
Courriel	mpatoine@hatch.ca

Hatch a également été mandatée pour réaliser une partie de l'étude de faisabilité, certaines études d'ingénierie pour la mine et l'usine, la conception des opérations de gestion des résidus et des infrastructures des sites.

Plusieurs autres partenaires techniques (consultants et sous-traitants) ont collaboré à la réalisation des études nécessaires au développement du projet et sont présentés dans le tableau ci-dessous :

Tableau 1 – Liste des partenaires du projet (ordre alphabétique)

Nom de la firme	Réalisations
Avizo Experts-Conseils	2014-2015 : Études hydrologiques
Chilworth Technology Inc.	2015 : Essais d'explosivité du concentré
COREM	2014-2015 : Développement du procédé de séparation du graphite et essai pilote
Hatch	2014 : Études d'options et études périphériques ; 2015 : Étude de faisabilité et étude d'impact sur l'environnement ; 2016 : Pré-exécution pour l'ingénierie
Ethnoscop Inc.	2015 : Étude de potentiel et inventaire archéologiques
Gesmine Inc.	2015 : Étude de faisabilité, partie analyse économique et rapport technique NI 43-101
Goldminds Géoservices Inc.	2014-2015 : Mise à jour de l'estimation des ressources minérales ; 2015 : Rapport technique NI 43-101 sur l'étude de faisabilité (partie géologie)

Nom de la firme	Réalizations
Met-Chem Canada Inc.	2013 : Étude économique préliminaire (ÉÉP) et rapport technique NI 43-101 ; 2014 : Rapport technique NI 43-101 sur la mise à jour de l'estimation des ressources minérales ; 2015 : Étude de faisabilité (ÉF) partie mine et rapport technique NI 43-101
Nessetech Consulting Services Inc.	2015 : Essais d'auto-chauffage du résidu
Organisme de bassins versants Manicouagan	2015 : Analyse du débit prélevable dans le Lac Petit-Bras
Qualitas (SNC Lavalin)	2014 : Géotechnique secteur Lac Guéret ; 2014-2015 : Hydrogéologie ; 2014 et 2015 : Géotechnique secteur Baie-Comeau
RMBMU	2015 : Développement d'un plan de communication et accompagnement aux consultations
Roche Ltée	2012-2013 : Étude environnementale de base Lac Guéret ; 2012 : Estimation des ressources minérales et rapport technique NI 43-101 ; 2013-2014 : Mise à jour de l'estimation des ressources minérales
Soutex	2014-2015 : Suivi technique du développement du procédé ; 2015 : Étude de faisabilité, partie procédé et rapport technique NI 43-101
UQAT-URSTM	2014 : Études métallurgiques ; 2015 : Essais de lixiviation cinétiques du résidu en cellule
WSP	2015 : Étude de base environnementale – Baie-Comeau ; 2015 : Étude desktop pour la capacité de pompage du ruisseau du Lac-Petit Bras (mandaté par la SEBC) ; 2016 : Inventaires fauniques – Lac Guéret et Baie-Comeau

3.2 JUSTIFICATION DU PROJET

3.2.1 JUSTIFICATION GÉNÉRALE

3.2.1.1 IMPORTANCE DE L'INDUSTRIE DE PRODUCTION DU GRAPHITE

La production mondiale de graphite naturel représente environ 500 000 tonnes par année et l'importance du graphite sur les marchés internationaux est en forte croissance. Alors que la Chine, principal producteur (70 % de la production mondiale), accapare de plus en plus de sa production pour son usage domestique, il est essentiel de doter la communauté internationale de davantage de sources fiables de graphite au cours des prochaines années.

Par ailleurs, le projet de Mason Graphite s'inscrit parfaitement dans la stratégie énergétique de la Province de Québec puisque le graphite est une composante essentielle dans la fabrication des batteries Li-ion, batteries essentielles pour les véhicules hybrides et électriques – le graphite est par conséquent un incontournable pour l'électrification des transports annoncée pour les prochaines années. Les batteries Li-ion servent aussi au stockage de l'énergie électrique provenant des modes de production irréguliers comme les éoliennes, ce qui assure une distribution de l'énergie lorsqu'elle est requise, pas lorsqu'elle est produite.

Finalement, le Québec ne compte à l'heure actuelle qu'une mine de graphite naturel en activité, la seule en opération en Amérique du Nord. Une nouvelle source de graphite, fiable et rentable, permettrait au Québec de se positionner comme un chef de file mondial dans la production de ce matériau dont l'importance stratégique ne cessera d'augmenter durant les prochaines décennies.

3.2.1.2 EMPLOIS ET RETOMBÉES ÉCONOMIQUES

Les retombées économiques pour la région de Baie-Comeau seront importantes et multiples.

Les investissements estimés pour la construction atteignent 116 millions de dollars et serviront à l'acquisition des équipements de production (broyeurs, excavatrice...), à l'achat des matériaux de construction (acier, tuyauterie, béton...) et pour payer la main d'œuvre requise pour la construction et les installations des équipements. Jusqu'à 200 personnes pourraient être employées par les sous-traitants de Mason Graphite durant la construction.

En phase d'exploitation, Mason Graphite emploiera une centaine de personnes à la mine, à l'usine de traitement, incluant les postes administratifs et pour le transport du minerai. Le transport des produits finis sera donné en sous-traitance.

Les coûts d'exploitation sont évalués à environ 20 millions de dollars par année, ce qui comprend la masse salariale, le transport du minerai entre la mine et le concentrateur, l'approvisionnement en énergie et l'achat de biens et services. D'importantes retombées économiques demeureront dans la région puisqu'une bonne partie des besoins en biens et services pourra être comblée par des entreprises locales.

Bien que le gisement de graphite naturel soit vaste, l'étude de faisabilité et l'étude d'impact ont été limitées à une période de production de 25 ans pour des raisons de validité des analyses économiques. Durant cette période de 25 ans, environ 7 % des ressources minérales disponibles (et connues) dans le gisement seront minées ; l'opération minière (mine et concentrateur) devrait par conséquent se poursuivre bien au-delà de cette période.

3.2.1.3 JUSTIFICATION COMMERCIALE

3.2.1.3.1 UTILISATIONS DU GRAPHITE

Le graphite naturel est un matériau essentiel à la vie moderne et est utilisé dans un grand nombre d'applications, notamment dans les batteries Li-ion, batteries essentielles pour les véhicules hybrides

et électriques, ainsi que pour une foule d'appareils électroniques comme les téléphones, les ordinateurs portables et les écrans plats.

La métallurgie, application la plus importante en termes de volume consommé, compte pour environ 40 % de la consommation annuelle mondiale (briques réfractaires, additifs de carbone pour l'acier). Le secteur automobile représente un autre secteur important avec les balais électriques et les pièces de friction (plaquettes de frein, garnitures d'embrayage, etc.). Le graphite est aussi utilisé pour la production de graisses et lubrifiants, pour la fabrication de joints d'étanchéité pour l'industrie chimique et comme additif conducteur dans la production des piles alcalines.

3.2.1.3.2 DEMANDE ET PRODUCTION DU GRAPHITE

Environ 70 % de la production mondiale provient présentement de Chine. Malgré une récente baisse de la demande dans les secteurs liés à l'acier (réfractaires par exemple), une croissance soutenue de la demande est néanmoins observée dans les applications plus techniques, croissance qui devrait se maintenir, sinon s'accroître, durant les prochaines décennies, alimentée entre autres par la production de batteries Li-ion, utilisées dans le stockage d'énergie et les voitures électriques.

Le développement du gisement de Lac Guéret, exceptionnel en raison de sa teneur en graphite, pourra alimenter le marché du graphite avec 50 000 tonnes par année, soit environ 10 % du marché mondial actuel. Le projet doterait le Québec d'une nouvelle source fiable et pérenne de graphite naturel.

3.2.1.3.3 PRIX DU GRAPHITE

Le graphite naturel, contrairement à bien des ressources minérales, n'est pas transigé sur un marché ouvert. Les prix sont négociés par les producteurs directement avec les clients finaux. Les prix de vente sont par conséquent des données confidentielles que les producteurs ne révèlent habituellement pas.

Un recensement des prix de vente est néanmoins réalisé mensuellement par la revue spécialisée Industrial Minerals Magazine et les prix obtenus sont publiés par la revue. Bien qu'imprécise et surtout limitée aux applications plus basiques (donc commandant des prix plus bas), c'est la seule référence qui peut être qualifiée d'indépendante pour les prix de vente du graphite naturel.

3.3 CONSULTATION DES PARTIES PRENANTES

Mason Graphite a amorcé tôt dans son processus de définition de projet un programme de consultation des principales parties prenantes, incluant les communautés de Baie-Comeau et la communauté innue de Pessamit. Le Tableau 2 ci-dessous présente une liste des principales parties prenantes, regroupées par secteur, avec lesquelles Mason Graphite a déjà ouvert le dialogue au sujet du projet.

Tableau 2 – Liste des parties prenantes en relation avec Mason Graphite

Secteur	Parties prenantes
Autochtones	Communauté innue de Pessamit
	Maîtres de piégeage
Acteurs politiques et municipalités	MRC de Manicouagan
	Ville de Baie-Comeau et Société d'expansion de Baie-Comeau (SEBC)
	Société du Plan Nord (SPN)
	Députés régionaux (Québec et Canada)
	Gouvernement du Québec : MERN et MDDELCC
Environnement et développement durable	Réserve mondiale de la biosphère Manicouagan-Uapishka (RMBMU)
	Organisme de bassin versant de la Manicouagan (OBVM)
	Conseil régional de l'environnement Côte-Nord (CRE)
Industries	Entreprises voisines
	Équipe Mason Graphite
	Fournisseurs de biens et services
Socio-économique, éducation et recherche	CÉGEP Baie-Comeau
	Centres locaux d'emploi et formation (CLEF)
	Commission scolaire de l'Estuaire
	ID Manicouagan
	Chambre de commerce de Manicouagan
Voisins, citoyens, opinion publique	Villégiateurs et détenteurs de baux
	Pourvoirie Sentinelle du Nord
	Médias sociaux, locaux et régionaux

Le processus continu de consultation des parties prenantes locales et régionales de la Société fera en sorte de maintenir l'ouverture pour faciliter la mise en place de nouvelles relations avec toutes la parties intéressées ou touchées par le projet.

Des photos de quelques consultations publiques sont présentées à la Figure 1 et la Figure 2 ci-après.



Figure 1 – Séance d'information dans la communauté innue de Pessamit (17 juin 2015)



Figure 2 – Séance d'information à Baie-Comeau (18 juin 2015)

3.3.1 PREMIÈRE NATION INNUE DE PESSAMIT

Dès 2012, lors de la première campagne d'exploration menée sur le site de la mine, Mason Graphite a reconnu l'importance d'impliquer la Première Nation Pessamit dans un projet qui se trouverait en partie sur leur Nitassinan. Mason Graphite a donc dès le départ amorcé des discussions avec le Conseil de bande de Pessamit pour les informer de ses intentions et obtenir leur soutien pour faire des travaux d'exploration. Les discussions se sont déroulées avec succès, et la même démarche a été répétée pour la seconde campagne d'exploration tenue en 2013-2014.

Le dialogue est présent et continu depuis le tout début des interventions de Mason Graphite dans la région du Lac Guéret.

3.3.1.1 NÉGOCIATION D'UN PROTOCOLE DE COOPÉRATION

En juillet 2014, Mason Graphite a signé, avec le Conseil de bande de Pessamit, un protocole de coopération. Ce protocole ouvrait la porte à la réalisation d'une éventuelle Entente sur les répercussions et les avantages (ERA) avec la Première Nation. Cette entente prévoit les objectifs de répartition des emplois et des contrats pour la réalisation des travaux de construction et l'opération, selon les ressources disponibles dans la communauté.

3.3.1.2 ENTENTE DE RÉPERCUSSION ET AVANTAGES

Une entente (ERA) est en cours de négociation avec la Première Nation innue de Pessamit, plusieurs rencontres de négociation ont déjà été tenues depuis avril 2015 (une dizaine en date de rédaction de ce document) et se poursuivent. Cette entente devrait être conclue en 2016.

3.3.2 PARTIES PRENANTES DE LA RÉGION DE BAIE-COMEAU

Dès 2012, Mason Graphite a été en contact continu avec les principales parties prenantes de la région de Baie-Comeau concernées par le projet (voir liste au Tableau 2).

Mason Graphite a aussi fait en sorte d'utiliser lorsque possible les ressources locales et a dépensé dans la région plus de 500 000 \$ depuis 2012 pour ses travaux de développement du projet.

3.3.3 SYNTHÈSE DES ÉCHANGES

Le Tableau 3 ci-dessous résume sommairement les questions et commentaires reçus lors des séances d'information tenues en juin 2015 dans la communauté innue de Pessamit et à Baie-Comeau. Les réponses alors données par Mason Graphite sont aussi présentées. Les questions et commentaires des deux séances d'information ont été combinées en un tableau unique.

Il est à noter que, suite à l'avancement des études techniques, certaines informations présentées dans le tableau ont évolué depuis les séances d'information de juin 2015.

Tableau 3 – Synthèse des échanges durant les rencontres de juin 2015

Questions / commentaires	Réponses / commentaires de Mason Graphite
Santé, sécurité et environnement	
Commentaire : Préoccupation sur les impacts du projet sur la faune, et par conséquent sur la chasse.	Commentaire pris en note, aucune réponse spécifique.
Question sur les maladies pulmonaires reliées au graphite (graphitose) et les mesures de protection.	Le graphite est inerte. Selon les connaissances et l'expérience, il n'y a pas d'incidence sur les maladies pulmonaires – aucun cas de maladie pulmonaire n'a été détecté parmi les employés de la mine de graphite de Lac des Îles (durant les années où les membres de l'équipe de Mason Graphite y ont travaillé). Le graphite n'est pas soumis à une réglementation de limitation. Les installations conçues sont étanches. La protection respiratoire sera fournie lorsque requise.
Question sur la modélisation dispersion atmosphérique.	La modélisation a été faite. Les résultats sont de 3 à 4 fois sous les normes en vigueur.
Occasions d'affaires et retombées économiques, ampleur du projet	
Question sur la capacité des gens de Pessamit à faire l'étude de faisabilité et études géotechniques et sur coût de l'étude géotechnique.	L'étude de faisabilité et les études géotechniques ont été réalisées par des firmes hautement spécialisées. Le coût des 'études géotechniques (mine) est d'environ 500 k\$.
Question sur la construction des installations (par qui).	Le projet n'est pas encore rendu au stade de construction. Le mandat sera attribué à un entrepreneur général. Les équipements proviendront d'un peu partout dans le monde.
Question sur la façon pour les fournisseurs potentiels d'entrer en contact avec Mason Graphite.	Les fournisseurs intéressés peuvent laisser leurs coordonnées et ils seront intégrés à la banque de fournisseurs potentiels. Mason Graphite travaille avec des fournisseurs locaux depuis 2012.
Commentaire : La communauté, la Chambre de commerce, etc. sont disponibles pour faciliter les contacts avec les fournisseurs locaux.	Mason Graphite aime travailler localement et entend bien continuer de la même façon.
Question sur niveau d'investissement que représente le projet.	<p>À ce jour (juin 2015), les coûts directs sont estimés à 90 M\$ selon l'étude économique préliminaire. Les coûts seront révisés par l'étude de faisabilité en cours.</p> <p><i>Mise à jour juin 2016 : l'étude de faisabilité a établi les coûts directs de construction à 116 M\$.</i></p>

Questions / commentaires	Réponses / commentaires de Mason Graphite
Question sur les retombées économiques du projet.	<p>70 emplois sont prévus à l'usine. L'entreprise visera à acheter le plus possible localement. Les retombées exactes n'ont pas encore été chiffrées.</p> <p><i>Mise à jour juin 2016 : le nombre d'emplois directs généré s'élève maintenant à une centaine ; les retombées locales en salaires et acquisitions de biens et services sont estimées à plus de 10 M\$ par année.</i></p>
Emplois et formation	
Commentaire : Le besoin de faciliter l'accès à la formation professionnelle pour les Innus de Pessamit	Le sujet est couvert dans l'entente de coopération déjà signée et sera aussi couvert dans l'ERA.
Commentaire : La disponibilité d'emplois de longue durée pour les membres de la communauté Pessamit	La durée du projet est de 25 ans et plus ; tous les postes seront accessibles selon les qualifications.
Question sur le nombre de personnes qui seront embauchées durant la construction.	Inconnu à ce jour – La construction sera confiée à entrepreneur général.
Question sur l'embauche de postes de cadres localement.	15 à 20 postes administratifs seront pourvus localement (paie, comptabilité...).
Question sur le niveau de scolarité de base requis pour travailler à la mine ou au concentrateur.	Variable selon les postes : des connaissances de base minimales avec secondaire 5 (ou équivalent) seront requises pour les postes de manœuvre tandis que les postes techniques demanderont des qualifications particulières, comme les cartes de compétence, permis, etc.
Question sur les niveaux de salaire.	Non défini à ce stade-ci, en cours de définition dans l'étude de faisabilité.
Étude de faisabilité, opérations, usine et procédé de traitement, produits et marchés	
Question sur le choix du site Baie-Comeau pour la construction de l'usine.	Une étude approfondie des différentes options a été réalisée quant au choix du site d'implantation de l'usine de traitement. L'option retenue, soit celle du parc industriel Jean-Noël-Tessier à Baie-Comeau, était celle qui permettait un délai de mise en place plus rapide et une simplicité quant à l'acquisition du terrain mais surtout les plus grands avantages du point de vue des conditions de travail, des émissions de gaz à effet de serre et de la sécurité.
Question sur la méthode de transport du minerai entre la mine et l'usine.	Par camion et fort probablement sous-traité. Entreprises de la région déjà contactées à ce sujet.

Questions / commentaires	Réponses / commentaires de Mason Graphite
Questions sur l'entretien du chemin forestier 202.	Le chemin 202 est public mais Mason Graphite se chargera de son entretien via une sous-traitance.
Question sur l'équipement qui sera requis dans l'usine.	5 à 6 broyeurs, des cellules et des colonnes de flottation, des tamis, un filtre et un séchoir. Ce sont des équipements fabriqués par des entreprises spécialisées.
Questions sur la forme du résidu après traitement.	Un mélange d'eau et de sable. Le sable est déposé au fond du parc à résidus et l'eau est réutilisée dans l'usine. <i>Mise à jour juin 2016 : le résidu se présentera sous forme de sable humide filtré qui sera disposé sur une pile au site du concentrateur. L'eau sera récupérée et réutilisée en usine.</i>
Question sur les réactifs utilisés pour la flottation.	Un collecteur (quelques grammes de mazout par tonne de minerai) pour rendre le graphite hydrophobe et un moussant (un alcool) pour stabiliser la mousse à la surface des cellules de flottation.
Question sur la différence entre le graphite synthétique et le graphite naturel.	Le graphite synthétique est un coke de pétrole graphitisé à plus de 3 000 °C. Il résulte d'un procédé polluant et cher.
Questions sur la substitution du graphite par d'autres produits.	Les propriétés du graphite naturel (forme et taille des paillettes) le rendent difficile à remplacer dans plusieurs applications.
Question sur la durée de vie de la mine.	L'étude de faisabilité est basée sur une durée de 25 ans, mais la ressource minérale (la quantité de graphite dans le sol, <u>sans égard aux considérations économiques</u>) pourrait supporter plus de 200 ans d'opérations.
Question sur l'augmentation éventuelle de capacité production.	La question est fortement liée au marché. Dans l'éventualité où l'augmentation de la capacité de production serait justifiée, une nouvelle usine serait construite. Le site choisi pourrait l'accueillir.
Question sur la transformation du graphite au Québec et la possibilité de deuxième transformation des produits de graphite	Il y a très peu d'utilisateurs de graphite au Canada. L'électrification des transports (Québec) pourrait présenter une opportunité de développement. Une évaluation est en cours pour la transformation en produits à valeur ajoutée.
Question sur le recyclage de produits qui contiennent du graphite.	Cela n'est pas prévu dans le plan d'affaires, car cette industrie n'est pas très forte du fait que ce sont généralement de très petites quantités de graphite qui se trouvent dans les produits recyclés comme les piles.

Questions / commentaires	Réponses / commentaires de Mason Graphite
Question sur le retard de deux mois de l'étude de faisabilité.	<p>Ce retard n'est pas inquiétant et est dû à la capacité de Mason Graphite de combiner les composantes confiées à quatre firmes différentes et aux interactions avec l'étude d'impact réalisée en parallèle.</p> <p><i>Mise à jour juin 2016 : les résultats de l'étude de faisabilité ont été dévoilés en septembre 2015 et le rapport technique associé a été rendu public en novembre 2015.</i></p>
Aspects culturels, autres	
Commentaire : importance de la reconnaissance de leur appartenance au territoire et de la prise en compte de la culture innue.	Cela fait déjà partie intégrante des éléments de base de développement du projet.
Question sur une compensation financière pour les impacts sur le Nitassinan.	Le gisement appartient au gouvernement du Québec et Mason Graphite possède les droits miniers. Une ERA est actuellement en négociation et prévoit des retombées économiques pour la population de Pessamit.
Commentaire : Retour sur promesses d'emplois non tenues par des promoteurs dans le passé.	Mason Graphite sera l'opérateur et veillera directement au respect de ses engagements, qui seront entre autres décrits dans l'ERA en négociation.
Question sur les prochaines étapes d'information vs ERA.	Une rencontre d'information est prévue à l'automne pour présenter à la population de Pessamit les résultats de la faisabilité et conclusions de l'ERA.

3.3.4 INTÉGRATION DES PRÉOCCUPATIONS DES PARTIES PRENANTES

Tous les aspects du projet ont été pensés en fonction des intérêts et des préoccupations des parties prenantes et ont été considérés dans la faisabilité et dans l'étude d'impact et sont donc des parties intrinsèques du projet et non des considérations séparées. En voici quelques exemples :

- Le choix de l'emplacement de l'usine de traitement a grandement été influencé par la disponibilité des services régionaux ;
- La qualité de vie et l'équilibre travail-famille ont aussi influencé ce choix ;
- Plusieurs mandats ont déjà été octroyés à des fournisseurs locaux ;
- Mason Graphite a commencé à prendre connaissance des capacités des entrepreneurs régionaux pour la construction des installations de production ;
- Le concept même des installations de production intègre les meilleures pratiques en matière de santé et sécurité.

3.4 OPTIONS ENVISAGÉES

Dans le cadre de son projet, Mason Graphite a évalué plusieurs options, notamment pour le choix du site du concentrateur, le mode d'approvisionnement en énergie et le mode de gestion des résidus.

3.4.1 OPTIONS DE LOCALISATION DU CONCENTRATEUR

Trois emplacements ont été envisagés pour la localisation du concentrateur, soit au le site de la mine, près du barrage hydroélectrique Manic-5, et dans la région de Baie-Comeau.

Chaque localisation a été analysée d'un point de vue économique, environnemental, social et technique à l'aide d'une analyse multicritère pondérée. Un résumé des principaux avantages et inconvénients de chaque site est présenté dans le Tableau 4 ci-dessous.

Tableau 4 – Principaux avantages et inconvénients des trois localisations envisagées

Site concentrateur	Avantages	Désavantages
Site de la mine	Pas de transport de minerai Toutes les opérations à la même place	Important camp de travailleurs - Coûts importants - Perturbation de la vie sociale (éloignement de la famille) Besoin de produire de l'électricité par génératrices - Coûts importants - Génération de GES

Site concentrateur	Avantages	Désavantages
Barrage Manic-5	Transport de minerai sur distance de 85 km Énergie électrique potentiellement disponible avec le réseau Hydro-Québec	Important camp de travailleurs - Coûts importants - Perturbation de la vie sociale (éloignement de la famille)
Région de Baie-Comeau	Petit camp requis au Lac Guéret (opérations minières seulement) Énergie électrique disponible avec réseau Hydro-Québec à Baie-Comeau Accessibilité des fournisseurs locaux de biens et services Impact social très favorable pour les travailleurs (vie familiale) Terrain disponible dans un parc industriel avec le bon zonage/type d'utilisation	Transport de minerai sur distance de 285 km Proximité de la population pour les impacts dus aux émissions.

À l'issue de cette analyse, la meilleure option pour la localisation du concentrateur s'est avérée être la région de Baie-Comeau. Cette option a été retenue par rapport au site de la mine pour des raisons sociales, environnementales, de gestion et économiques.

Étant donné que les activités du concentrateur représentent 90 % des investissements et des besoins en main-d'œuvre, les avantages d'installer le concentrateur près d'un centre urbain ont été décuplés dans l'analyse des choix. En effet, la gestion des employés, des services et des intrants au concentrateur se trouvera facilitée par l'implantation du concentrateur dans la région de Baie-Comeau. De plus, les impacts sociaux engendrés seront réduits au minimum en ayant le concentrateur à proximité du lieu de résidence des employés, qui pourront retourner à leur domicile après leur quart de travail.

Par ailleurs, l'implantation de l'usine à Baie-Comeau transfère des dépenses de carburant qui auraient été nécessaires pour les génératrices si l'usine avait été construite à la mine en dépenses de ressources humaines pour le transport du minerai, ce qui est avantageux pour l'emploi dans la région.

Du côté économique, l'implantation du concentrateur à Baie-Comeau se traduira par des coûts de construction et d'opération inférieurs, notamment par la réduction significative de la taille du camp à la mine et un approvisionnement en électricité via le réseau Hydro-Québec plutôt qu'une production par génératrices au diesel.

Par ailleurs, l'utilisation de l'hydro-électricité réduira significativement la génération des gaz à effet de serre.

3.4.2 CHOIX DU MODE DE DISPOSITION DES RÉSIDUS

Dans le projet initial de l'étude de faisabilité il était prévu que les résidus soient disposés dans un parc à résidus conventionnel ennoyé. Mason Graphite a depuis revu les options d'entreposage disponibles et, avec les nouvelles connaissances acquises, a décidé de changer le mode de disposition et d'employer

la méthode des résidus filtrés. C'est par ailleurs la méthode recommandée par les experts internationaux s'étant penchés sur les événements survenus récemment dans l'industrie minière.

Les résidus générés par le concentrateur seront donc pompés vers une usine de filtration située à proximité de l'aire de disposition des résidus pour y être épaissis puis filtrés et transportés vers l'aire de disposition sous forme de sable humide (contenant environ 15 % d'eau). Les résidus seront empilés puis les compactés (pour limiter les infiltrations d'eau et d'air) sur une aire de disposition équipée d'un système de captation des eaux de ruissellement et de percolation.

Cette option a été retenue pour ses avantages par rapport à un parc à résidus ennoyé conventionnel, c'est à dire :

- L'absence de digues et de retenue d'eau, éliminant ainsi les risques liés à une rupture de digue ;
- Une plus faible empreinte sur le terrain, améliorant la pérennité de l'entreprise au-delà des 25 ans de l'étude ;
- Ré-végétation progressive (et non à la fin des opérations) de la pile permettant de couper définitivement tout contact entre les résidus et l'air et les précipitations ; et
- Un besoin inférieur en eau fraîche pour l'opération.

Cette méthode comporte néanmoins des inconvénients par rapport au parc ennoyé, c'est-à-dire :

- Des coûts initiaux de construction plus importants (usine de filtration, réserve d'eau brute...) ;
- Des coûts d'opération plus importants (opération de l'usine de filtration, transport et mise en place du résidu filtré) ; et
- Le potentiel de génération d'eau acide et par conséquent de traitement éventuel de cette eau pour la rendre conforme aux critères de la Directive 019.

Les sulfures de fer présents dans les résidus de l'usine de traitement peuvent subir, sous certaines conditions, une réaction d'oxydation dégageant de la chaleur, réaction communément appelée « auto-chauffage ». Ce phénomène est bien connu de l'industrie minière et plusieurs opérations gèrent avec succès et sans difficulté particulière des résidus et/ou concentrés ayant la propriété d'être potentiellement auto-chauffants. C'est notamment le cas des mines de nickel et de cuivre. L'industrie forestière a aussi appris à gérer un phénomène analogue en détectant et maîtrisant les hausses de température des dépôts organiques.

Ce savoir-faire a ainsi été mis à profit dans la conception et la gestion de la future pile de résidus :

- Les résidus seront disposés de sorte à maximiser la compaction et réduire la porosité dans le sable pour minimiser les infiltrations d'eau et d'air, éléments essentiels à la réaction ;
- La pile sera ré-végétée progressivement de sorte à couper de façon définitive toute infiltration éventuelle d'air et d'eau dans les résidus ; et

- La pile de résidus sera inspectée régulièrement pour y détecter toute augmentation localisée de température annonciatrice d'un début de réaction, réaction qui sera arrêtée par brassage du résidu et/ou compaction avec de l'équipement mécanique.

3.5 DESCRIPTION DU PROJET

3.5.1 LOCALISATION DES INSTALLATIONS

La mine de graphite du Lac Guéret est située à environ 285 km au nord-ouest de la ville de Baie-Comeau. L'accès au site de la mine s'effectue par la route 389 en direction nord, sur 200 km, puis par la route forestière 202, accessible au km 202 de la route 389 (environ 9 km au sud de la centrale hydro-électrique Manic-5). Ce chemin forestier mène en direction nord-ouest pendant environ 85 km, vers le site de la mine du Lac Guéret. Un réseau de chemins forestiers en gravier est actuellement aménagé sur le site de la mine et sera amélioré pour faciliter la circulation.

Le minerai sera transporté par des camions de 35 à 40 tonnes vers le site du concentrateur, situé à Baie-Comeau. Pendant la période d'exploitation, 14 à 16 camions par jour et 100 à 115 camions par semaine feront le trajet depuis la mine vers le concentrateur. Le transport vers le concentrateur sera effectué sept jours sur sept par une compagnie de transport sous-contractée. Par comparaison, environ 50 camions de bois circulaient chaque jour sur le chemin forestier durant l'exploitation forestière dans le secteur de Lac Guéret.

Le concentrateur et ses installations connexes seront situés dans le futur parc industriel Jean-Noël-Tessier de Baie-Comeau, situé entre les deux secteurs de la ville, le long du tracé futur de la route 389.

La Figure 3 et la Figure 4 montrent, respectivement, la localisation du site de Lac Guéret et celle du site Baie-Comeau.



Figure 4 – Localisation du site du concentrateur à Baie-Comeau

3.5.2 DESCRIPTION GÉNÉRALE DU PROJET

La mine de graphite du Lac Guéret utilisera une méthode d'extraction conventionnelle du minerai dans une mine à ciel ouvert (fosse). L'exploitation du gisement se fera à partir d'équipements standards de forage, de sautage, de chargement et de transport. Le mort-terrain ainsi que le stérile qui seront excavés de la fosse seront entreposés dans des haldes distinctes, à l'extérieur de la zone potentielle de minéralisation.

Au concentrateur, le minerai sera concassé puis broyé et le graphite sera extrait par flottation. Le concentré de graphite sera par la suite filtré et séché, avant d'être tamisé en grades commerciaux puis emballé pour livraison aux clients. Le résidu généré par le procédé d'extraction du graphite sera filtré, permettant ainsi de récupérer et réutiliser l'eau. Le résidu filtré sera disposé dans une pile sur le site, au nord du concentrateur, pile qui sera progressivement végétalisée. La ville de Baie-Comeau s'est engagée à fournir des services d'aqueduc et d'égout au site du concentrateur. L'électricité proviendra du réseau de distribution local d'Hydro-Québec.

3.5.3 DESCRIPTION DES INSTALLATIONS ET DU PROCÉDÉ

3.5.3.1 SITE DE LAC GUÉRET

La mine du Lac Guéret comportera les éléments typiques d'une mine à ciel ouvert. L'accès au minerai débutera par l'enlèvement du mort-terrain. Ce mort-terrain sera mis en pile afin d'être ultérieurement

réutilisé pour la réhabilitation du site. Ces activités de décapage seront effectuées progressivement tel que requis par les besoins de minage.

Le minerai de graphite et le stérile seront dynamités puis chargés dans des camions ayant une capacité d'environ 25 tonnes chacun, à l'aide d'une excavatrice hydraulique ou d'une chargeuse. Un tri (supervisé par une personne ayant des compétences adéquates en géologie) permettra de différencier le minerai du stérile.

Le minerai sera entreposé sur une pile en attente de chargement et transport. Le minerai sera chargé dans des camions routiers pour être transporté vers le concentrateur à Baie-Comeau.

Le stérile sera transporté sur une distance de moins de 1 500 m et déchargé à flanc de colline dans la halde de stérile.

En moyenne, environ 190 000 tonnes de minerai seront minées annuellement. Après 25 ans d'exploitation minière, la fosse du gisement de graphite du Lac Guéret couvrira une superficie d'environ 13 hectares et son plancher se situera à environ 90 m par rapport au point le plus haut au bord de la fosse. Sur la durée du projet, quelques 4,7 millions de tonnes de minerai ayant une concentration moyenne de 27,8 % graphite seront extraites de la fosse, ainsi que 1,4 millions de tonnes de mort-terrain et 2,5 millions de tonnes de stérile.

Les opérations minières sont planifiées à raison de 10 heures par jour, 7 jours par semaine, pendant 10 mois par année. Il est en effet anticipé (à moins que du rattrapage soit nécessaire) que les opérations de minage et de camionnage du minerai vers Baie-Comeau soient arrêtées durant la période dégel, qui se tient généralement du début avril à la fin mai. Cet arrêt aura pour but de préserver l'état du chemin forestier fragilisé par la fonte des neiges. D'ailleurs, durant cette période d'arrêt, une présence au site sera maintenue pour surveiller et entretenir le chemin forestier et pour assurer une surveillance environnementale du site.

La Figure 5 présente l'emplacement de la fosse, de l'aire de stockage du minerai, des haldes de mort-terrain et de stérile, ainsi que du camp de travailleur à la mine. La Figure 6 présente les limites de la fosse 25 ans (en rouge) et de la fosse ultime (en orange) qui serait nécessaire pour miner toutes les ressources minérales du gisement.

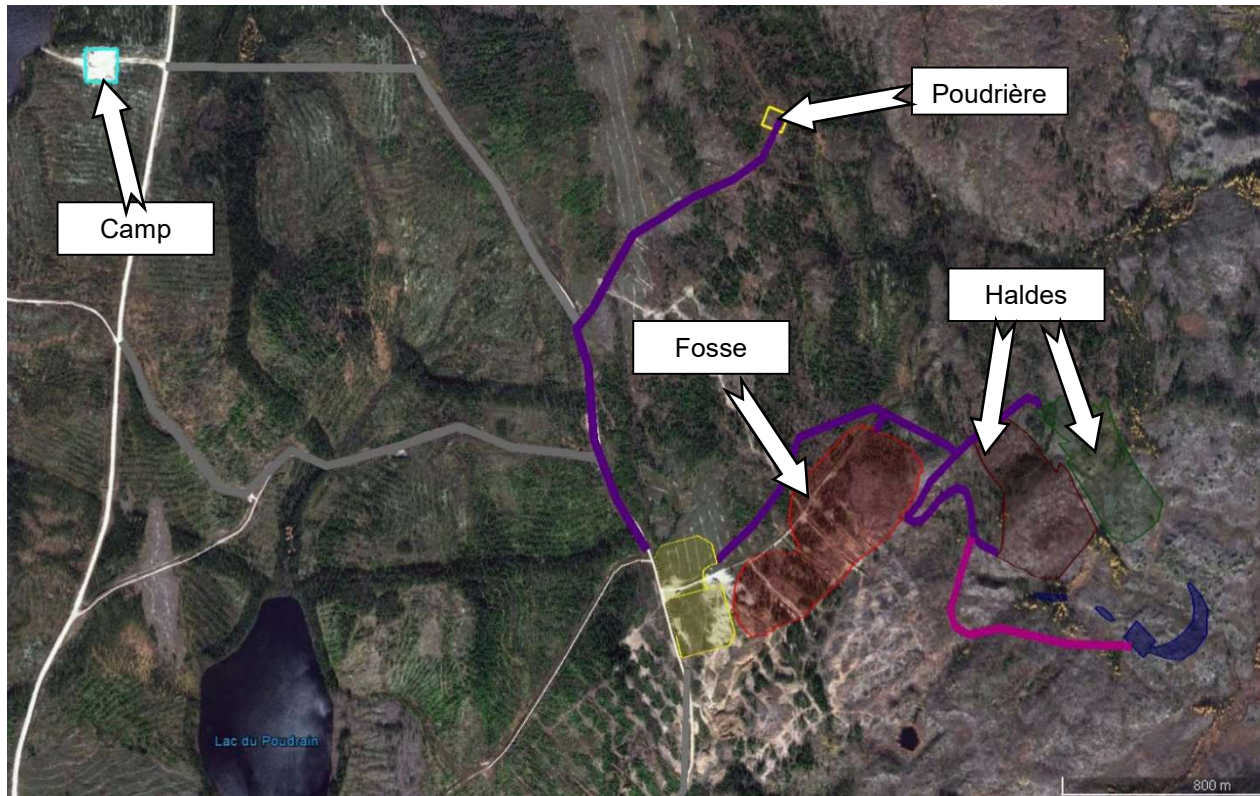


Figure 5 – Agencement des infrastructures au site Lac Guéret (après les premières 25 années)

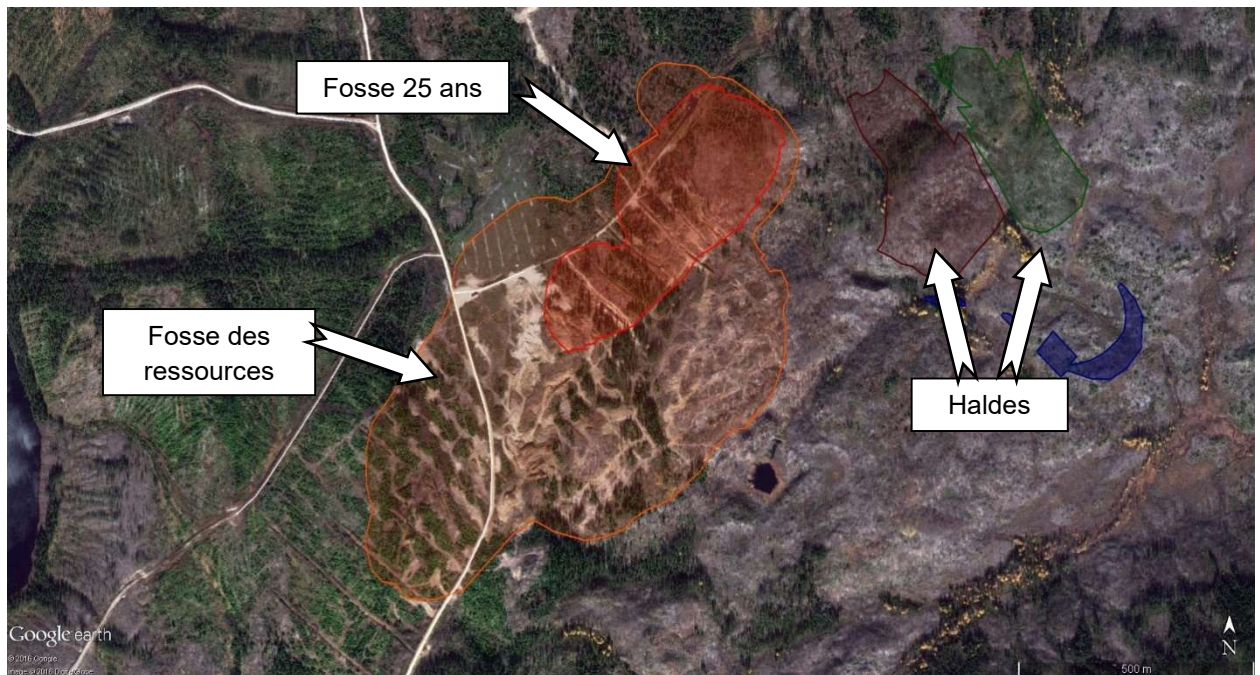


Figure 6 – Limites de la fosse 25 ans et de la fosse des ressources

3.5.3.1.1 FOSSE

La minéralisation de graphite se trouvant en surface, l'exploitation se fera à l'aide d'une fosse à ciel ouvert, soit la même méthode que pour une carrière de granulats.

Au début de la construction, les arbres présents dans l'emprise de la fosse seront coupés et le mort-terrain, couche meuble recouvrant la roche, sera enlevé et entreposé dans une halde. Le stérile qui pourrait être présent en surface sera excavé pour permettre l'accès au minerai. Une partie de ce stérile sera utilisée pour la construction des routes de mine.

Durant l'exploitation, des trous de sautage seront forés dans la roche puis des explosifs la fractureront. Il est prévu qu'il y ait un sautage aux deux semaines environ. Une fois fracturée, la roche sera chargée par une excavatrice dans les camions – le minerai sera transporté vers l'aire de stockage de minerai alors que le stérile sera transporté à la halde à stérile. En temps normal, ces opérations de chargement et de transport devraient être effectuées une semaine sur deux.

Au fur et à mesure de l'exploitation de la mine, la fosse s'approfondira par paliers de dix mètres de hauteur. Des rampes inclinées seront aménagées pour descendre dans la fosse. Puisque le gisement est localisé à flanc de colline, ce n'est qu'au bout de plusieurs années que la mine sera effectivement ceinturée par un mur et deviendra une fosse proprement dite.

Le minerai entreposé sur l'aire de stockage sera chargé sur les camions de transport routier par la chargeuse sur roue.

3.5.3.1.2 ÉQUIPEMENTS MINIERS

Étant donné le faible volume de roche à extraire annuellement, les équipements miniers requis seront de petite taille et peu nombreux (par rapport à une exploitation minière usuelle). Les principaux équipements mobiles utilisés sont :

- Deux camions de transport (capacité de 25 tonnes chacun) ;
- Une excavatrice hydraulique (godet de 1,37 mètres / 54 pouces) ;
- Une chargeuse sur roue (godet de 5.5 mètres cubes) ;
- Une foreuse ; et
- Un camion-tracteur multifonction.

3.5.3.1.3 HALDES DE STÉRILE ET DE MORT-TERRAIN

Le stérile et le mort-terrain extraits de la fosse seront entreposés dans deux haldes spécifiques et distinctes, situées à l'est de la fosse. La localisation de ces haldes est indiquée sur le plan de la Figure 5. Les haldes seront éloignées des zones où l'environnement est sensible et se situeront à une distance minimale de 50 m de tous les cours et plans d'eau.

Pour améliorer la stabilité des haldes, les arbres seront coupés et le mort-terrain sera enlevé. Afin de minimiser la consommation de carburant et les heures de roulage, les haldes ont été localisées à flanc de colline, tout près de la fosse.

La halde de stérile sera immédiatement située près de la sortie de la fosse et recevra du matériel tout au long de la période d'exploitation de la mine. La superficie de la base de la halde à stérile après 25 ans d'exploitation sera d'environ 8 hectares.

La halde de mort-terrain sera située à l'est de la halde de stérile. Cette halde recevra du mort-terrain pendant la période de pré-production de la mine (année 0) puis durant les années de production 6 à 10, après quoi le décapage du mort-terrain sera complété. La superficie totale de la base de la halde de mort-terrain couvrira ultimement environ 6 hectares.

Deux ruisseaux intermittents se situent de part et d'autre des haldes de mort-terrain et de stérile. Ces ruisseaux sont tributaires du Lac sans nom. Le plan d'aménagement a été développé afin de ne pas interférer avec ces ruisseaux.

3.5.3.1.4 DÉPÔTS D'EXPLOSIFS

L'entreposage des explosifs nécessitera deux poudrières, situées à environ 900 m au nord du mur nord-est de la fosse. La première sera dédiée à l'entreposage des produits explosifs et la deuxième sera utilisée pour l'entreposage des accessoires (détonateurs, etc.). La distance entre les deux installations respectera les exigences établies par le Règlement sur les explosifs.

Chaque livraison d'explosifs sera effectuée par camion par le fournisseur. Le personnel de la mine utilisera une camionnette avec une boîte spécialisée pour transporter les produits explosifs entre le dépôt et le site du sautage.



Figure 7 – Photo d'une poudrière préfabriquée typique

3.5.3.1.5 CONTRÔLE DES EAUX DE CONTACT

Toutes les eaux ruisselant sur les piles de minerais et l'aire de manutention seront captées et dirigées vers le bassin de contrôle, aménagé dans une dépression au sud-est du site et fermé au sud par une petite digue de rétention (voir Figure 8 ci-dessous – les flèches bleues indiquent l'écoulement des eaux des haldes à stérile et à mort-terrain). Ce bassin sera situé au sud des haldes de stérile et de mort-terrain. Ce bassin de contrôle ne sera aménagé qu'après quelques années d'exploitation (3 ou 4 ans) lorsque la quantité d'eau exhaure et d'eau de ruissellement des haldes sera importante. Entre-temps, un fossé d'interception temporaire, situé au sud des fosses, aura suffisamment de capacité pour agir comme bassin de contrôle. L'eau d'exhaure sera pompée du fond de la fosse vers le bassin de contrôle. La halde de stérile et la halde de mort-terrain, situées en amont du bassin de contrôle s'y draineront naturellement.

La capacité du bassin de contrôle est estimée à 65 000 m³, afin de contenir une averse de récurrence 1 fois en 100 ans, tout en minimisant la capacité d'une éventuelle unité de traitement de la décharge. Ce bassin retiendra les eaux de drainage du site afin d'en permettre la caractérisation (mesure du pH et de la concentration en matières en suspension). Les matières en suspension (MES) entraînées par l'eau pourront y sédimenter.

L'eau rejetée à l'environnement sera traitée (si requis) pour répondre à la Directive 019. Les traitements anticipés sont un ajustement de pH et une décantation des matières en suspension. L'effluent contrôlé sera retourné en continu toute l'année au ruisseau sans nom tributaire du Lac sans nom au sud du site.

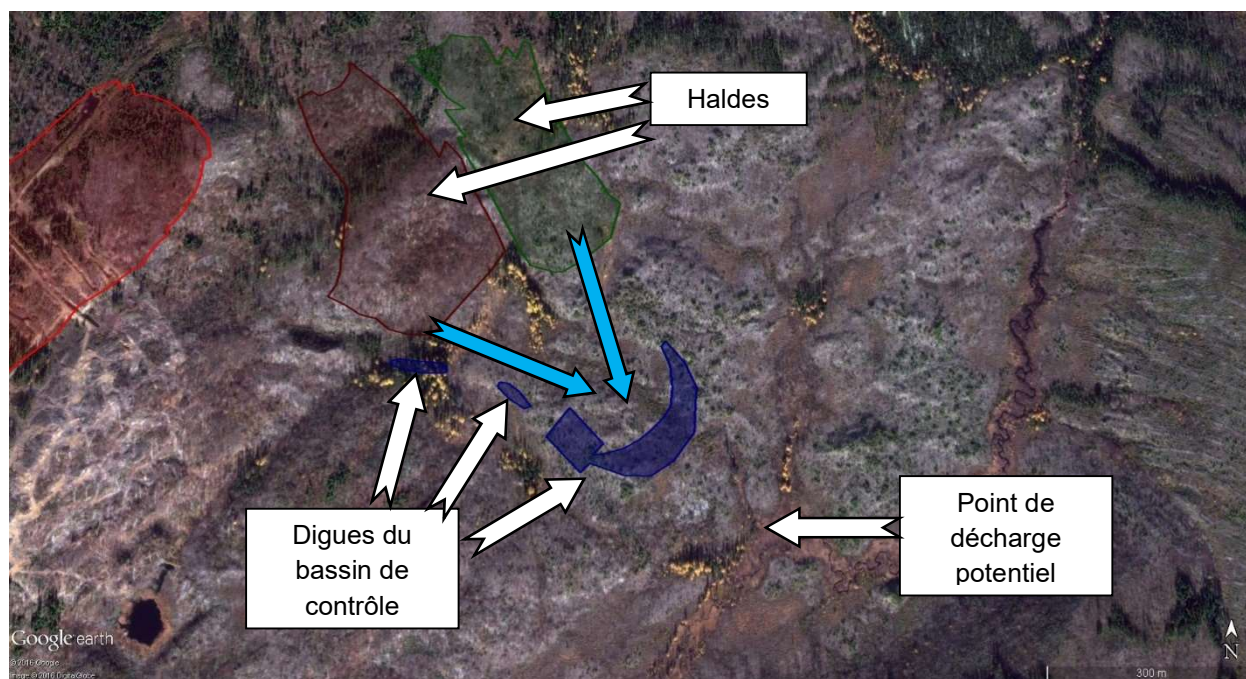


Figure 8 – Bassin de contrôle

3.5.3.1.6 ALIMENTATION EN ÉLECTRICITÉ

Puisque le site se situe à environ 85 km de la plus proche infrastructure d'Hydro-Québec, des génératrices d'une puissance de 150 kW et fonctionnant au diesel seront installées pour fournir de l'électricité aux installations du secteur Lac Guéret (camp et pompage).

3.5.3.1.7 GARAGE

L'entretien des équipements miniers sera effectué dans un garage situé dans l'enceinte du campement. Les services d'entretien incluront les vidanges d'huile, les réparations mineures et la maintenance générale des équipements miniers. Les réparations majeures seront quant à elles effectuées à Baie-Comeau. Le garage sera aussi utilisé comme lieu de nettoyage des équipements et pour l'entreposage des pièces de rechange.

3.5.3.1.8 RAVITAILLEMENT EN CARBURANT

Deux réservoirs de diesel d'une capacité totale de 95 000 litres (50 000 litres et 45 000 litres) sont déjà en place au site du campement des travailleurs. Les deux réservoirs de diesel possèdent une double paroi et sont entourés de murets pour les protéger des collisions. L'approvisionnement du site en carburant sera sous la responsabilité du fournisseur.

Le ravitaillement des équipements se fera soit sur place (au site du campement), soit à distance par l'intermédiaire de réservoirs mobiles.

Des kits de contrôle de déversement (coussins absorbants, etc.) seront accessibles en tout temps.

3.5.3.1.9 CAMPEMENT POUR L'HÉBERGEMENT DES TRAVAILLEURS

Le campement des travailleurs sera situé sur un terrain pour lequel Mason Graphite détient déjà un bail, terrain situé à 120 m à l'est du Lac Galette et à 2,5 km de la fosse. Le camp pourra fournir l'hébergement pour 10 travailleurs. Les infrastructures prévues au site du campement sont illustrées sur la Figure 9.

Puisqu'il s'agit du même endroit qu'au moment de la campagne d'exploration, une superficie a déjà été préparée et des installations de traitement des eaux sanitaires y sont déjà en place. On y retrouve actuellement un petit bâtiment et un entreposage extérieur de carottes de forage clôturé. La surface déjà aménagée pour le campement d'exploration sera agrandie pour ajouter une superficie supplémentaire de terrain et atteindre une superficie totale de 0,8 hectare.

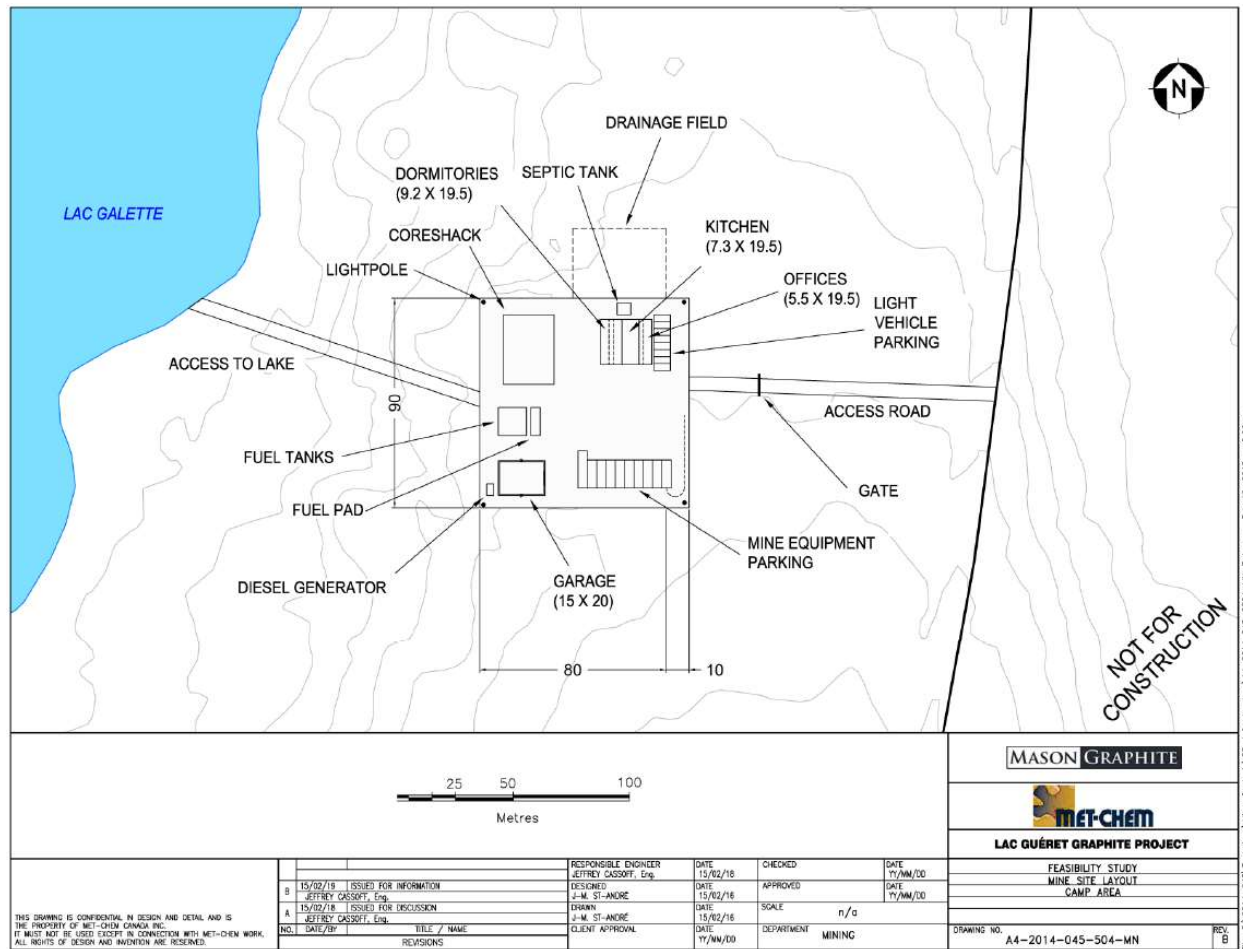


Figure 9 – Aménagement du site de camp des travailleurs

3.5.3.2 TRANSPORT DU MINERAI

Le transport du minerai entre la mine de Lac Guéret et le concentrateur de Baie-Comeau sera assuré par une compagnie de transport sous-contractée. Les camions utiliseront les routes existantes, dont la route forestière 202 et la route 389.

Au début de l'exploitation, alors que la relocalisation de la route 389 ne sera pas encore réalisée, les camions devront se rendre jusqu'à la route 138 pour ensuite rejoindre l'avenue du Labrador qui leur donnera accès au site du concentrateur. Une fois complété le projet de relocalisation, les camions pourront accéder au site du concentrateur directement à partir de la route 389.

3.5.3.3 SITE DE BAIE-COMEAU

3.5.3.3.1 CONCENTRATEUR – PROCÉDÉ ET INFRASTRUCTURES

Le concentrateur a pour fonction de traiter le minerai provenant de la mine pour en extraire un concentré de graphite et est conçu pour produire annuellement 50 000 tonnes de concentré de graphite à une teneur moyenne d'environ 95 %. Le concentrateur sera en service 24 heures par jour toute l'année et ne sera arrêté que pour les entretiens des équipements.

Le taux de traitement moyen du minerai sera de 24 tonnes par heure pour produire 6 à 7 tonnes par heure de concentré de graphite.

La teneur moyenne en graphite du minerai à l'alimentation pendant les 25 premières années d'opération est estimée à 27,8 %.

Le procédé du concentrateur comporte les principales opérations suivantes :

- Concassage
- Broyage (libération) ;
- Flottation (séparation) ;
- Filtration et séchage du concentré ;
- Tamisage du concentré sec selon les spécifications commerciales exigées par les clients ;
- Emballage du produit dans des super sacs (environ 1 000 kg) ou des sacs de papier de 25 kg ;
- Filtration et disposition des résidus de traitement dans la pile de résidus filtrés.

Le schéma d'écoulement simplifié du procédé de concentration est présenté à la Figure 10.

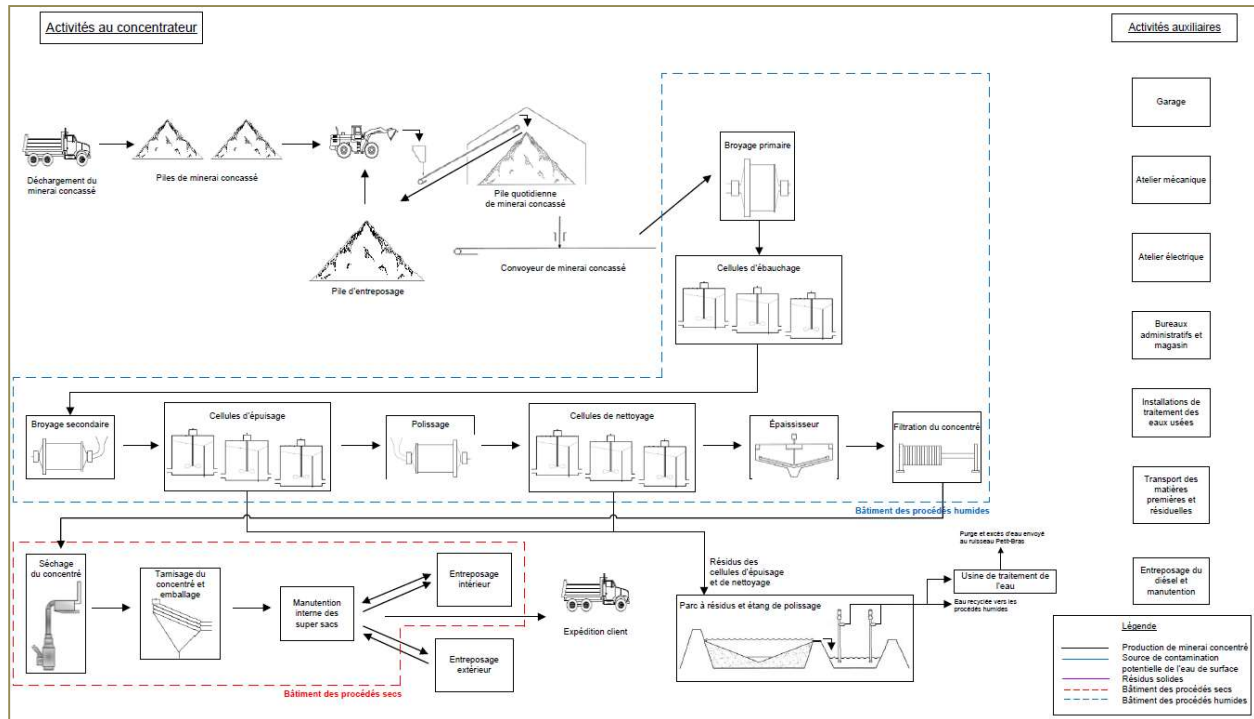


Figure 10 – Schéma d'écoulement simplifié du procédé de concentration

Les infrastructures de l'usine comporteront également les éléments suivants :

- Entreposage du minerai arrivant de la mine sur une pile de minerai extérieure recouverte ;
- Laboratoire pour contrôle de procédé et contrôle de qualité des produits finis ;
- Entreposage extérieur des produits finis ;
- Captage et pompage des eaux de contact vers la réserve d'eau brute ;
- Traitement de l'excédent de la réserve d'eau brute, si requis, pour retour vers le milieu récepteur ;
- Pompage d'eau du Lac Petit-Bras pour appoint en eau fraîche ;
- Bureaux administratifs et de services, magasin, ateliers et entrepôt non chauffé ;
- Connexion au réseau municipal d'aqueduc et d'égouts domestiques.

La Figure 11 présente l'agencement prévu des principales composantes de l'usine au site du concentrateur.

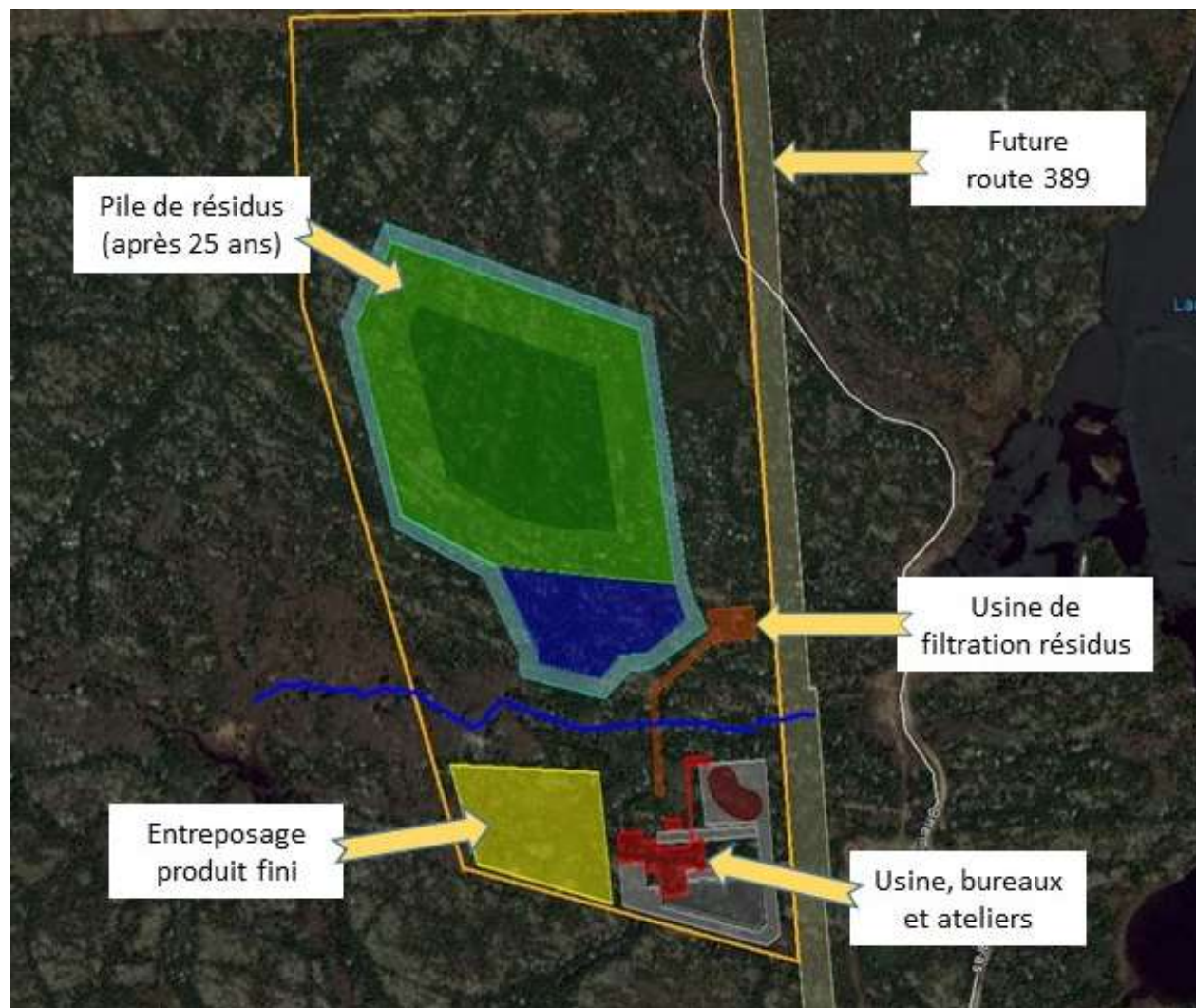


Figure 11 – Principales infrastructures du site du concentrateur

3.5.3.3.2 INSTALLATIONS DE GESTION DES RÉSIDUS

Les résidus du concentrateur, sous forme de pulpe, seront pompés à une usine de filtration. Les résidus filtrés seront disposés sur une pile. Environ 3,4 millions de tonnes de résidus au total y seront accumulées sur une période de 25 ans. La pile aura alors 520 mètres de longueur par 420 mètres de largeur et 20 mètres de hauteur.

L'aire de disposition des résidus sera située à environ 150 m au nord du concentrateur avec une zone de protection de 60 m de la rive d'un milieu humide présent entre le concentrateur et cette aire de disposition.

De 80 à 90 % de l'eau envoyée vers l'usine de filtration des résidus (dans la pulpe de résidus) sera récupérée et entreposée dans la réserve d'eau brute de l'usine pour réutilisation – l'eau restante demeurera avec les résidus (sable) humides.

Afin de respecter les critères établis dans la Directive 019, la réserve d'eau brute sera conçue pour absorber une crue de récurrence 1 : 100 ans. La réserve d'eau brute sera aménagée dès le début des travaux de construction. Lorsque la quantité d'eau accumulée dans cette réserve sera supérieure aux besoins du concentrateur, l'excédent sera envoyé à l'effluent final via un traitement approprié, si requis, pour respecter les exigences de la Directive 019.

Les images présentées à la Figure 12 permettent de visualiser la configuration de la pile de résidus et son évolution entre les années 1 et 25. Ces images montrent la forme et la taille de la pile mais ne montrent pas les parties re-végétées.

Mason Graphite compte par ailleurs évaluer d'autres avenues pour la gestion des résidus qui pourraient permettre, par exemple, d'en réduire la quantité par voie de valorisation.

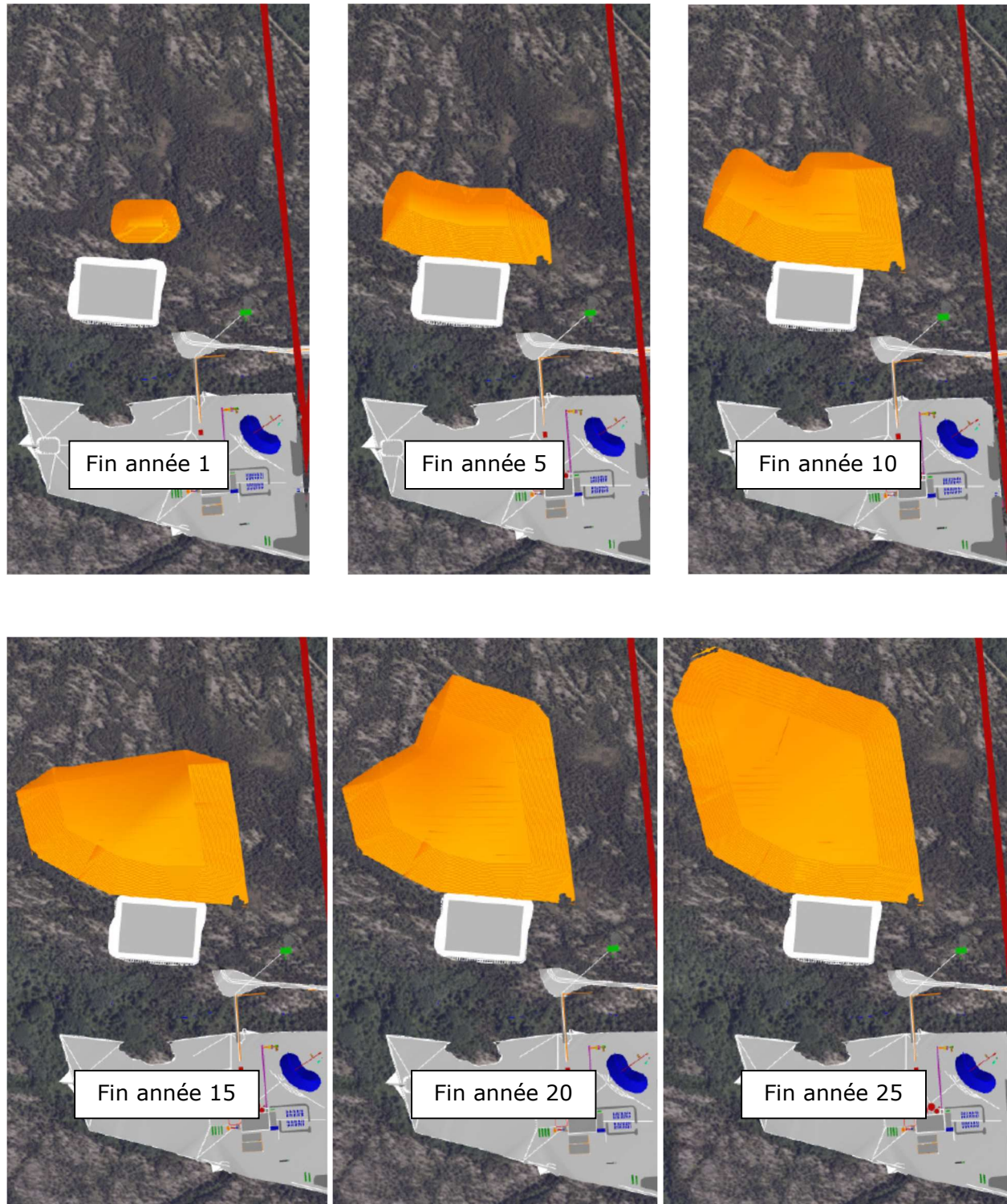


Figure 12 – Évolution de la pile de résidus filtrés¹

¹ Avancement de la re-végétation non montrée.

3.5.3.3.3 AQUEDUC, ÉGOUTS ET ALIMENTATION ÉLECTRIQUE

La ville de Baie-Comeau s'est engagée à fournir des services d'aqueduc et d'égout au site du concentrateur. Ces services nécessiteront la construction de nouvelles infrastructures prises en charge par la municipalité et dont la réalisation est planifiée pour l'automne 2016.

3.5.4 COÛTS DU PROJET

Les coûts de construction, estimés en phase de faisabilité, représentent un coût initial direct de 116 M\$.

Les coûts d'opération sont eux estimés à 376 \$ par tonne de concentré.

3.6 ZONES D'ÉTUDE

Trois grandes zones d'études ont été déterminées pour le secteur Lac Guéret, le secteur transport et le secteur Baie-Comeau.

La Figure 13 et la Figure 14 ci-après sont tirées du rapport complet de l'étude d'impact et présentent les zones d'études pour les secteurs Lac Guéret et Baie-Comeau respectivement.

Le secteur transport quant à lui correspond au trajet emprunté par les camions entre le secteur Lac-Guéret et le secteur Baie-Comeau, soit le chemin forestier 202, la route 389 et la route 138 (avant la relocalisation des premiers kilomètres de la route 389).

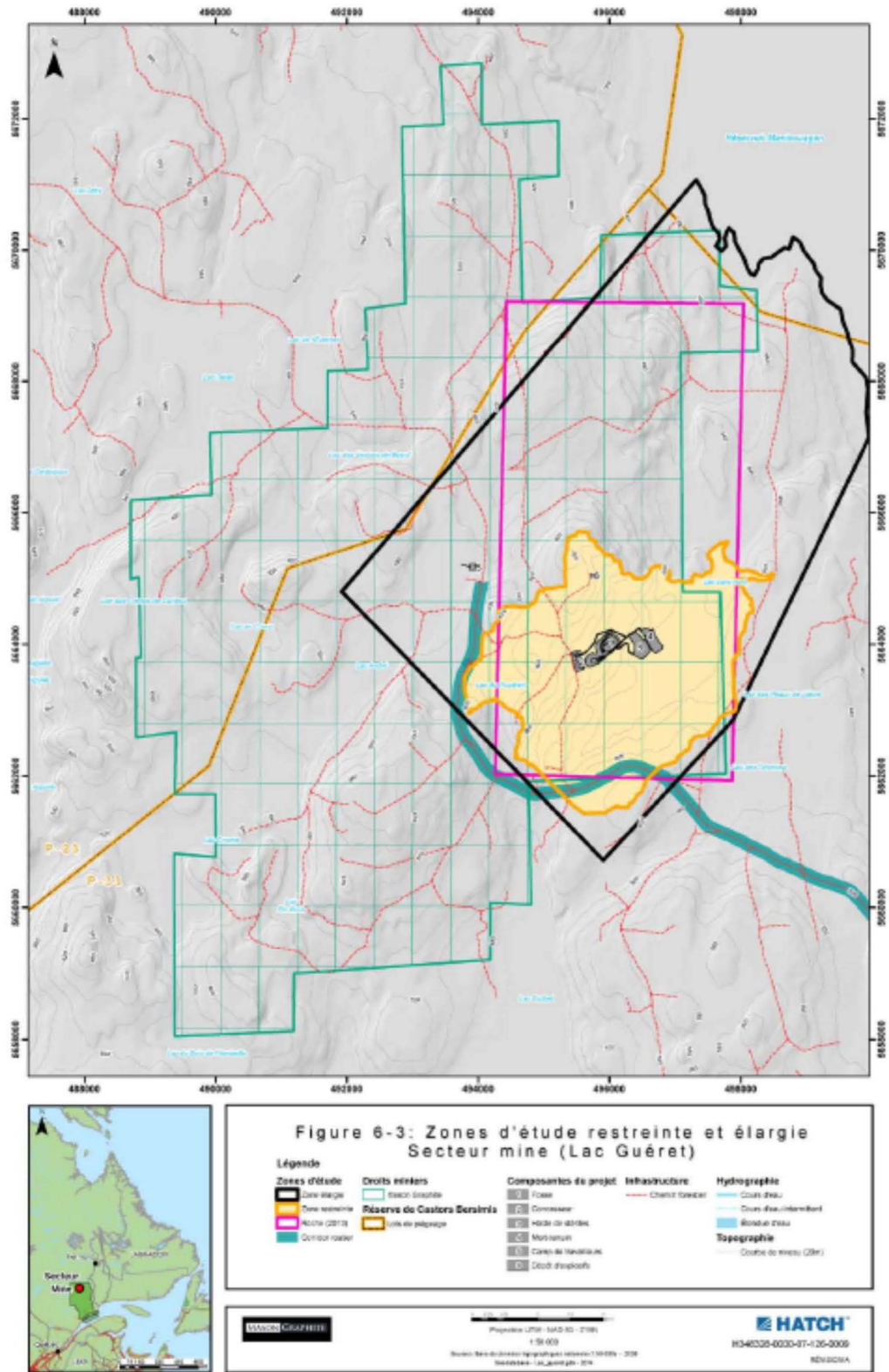


Figure 13 – Zones d'étude, secteur Lac Guéret

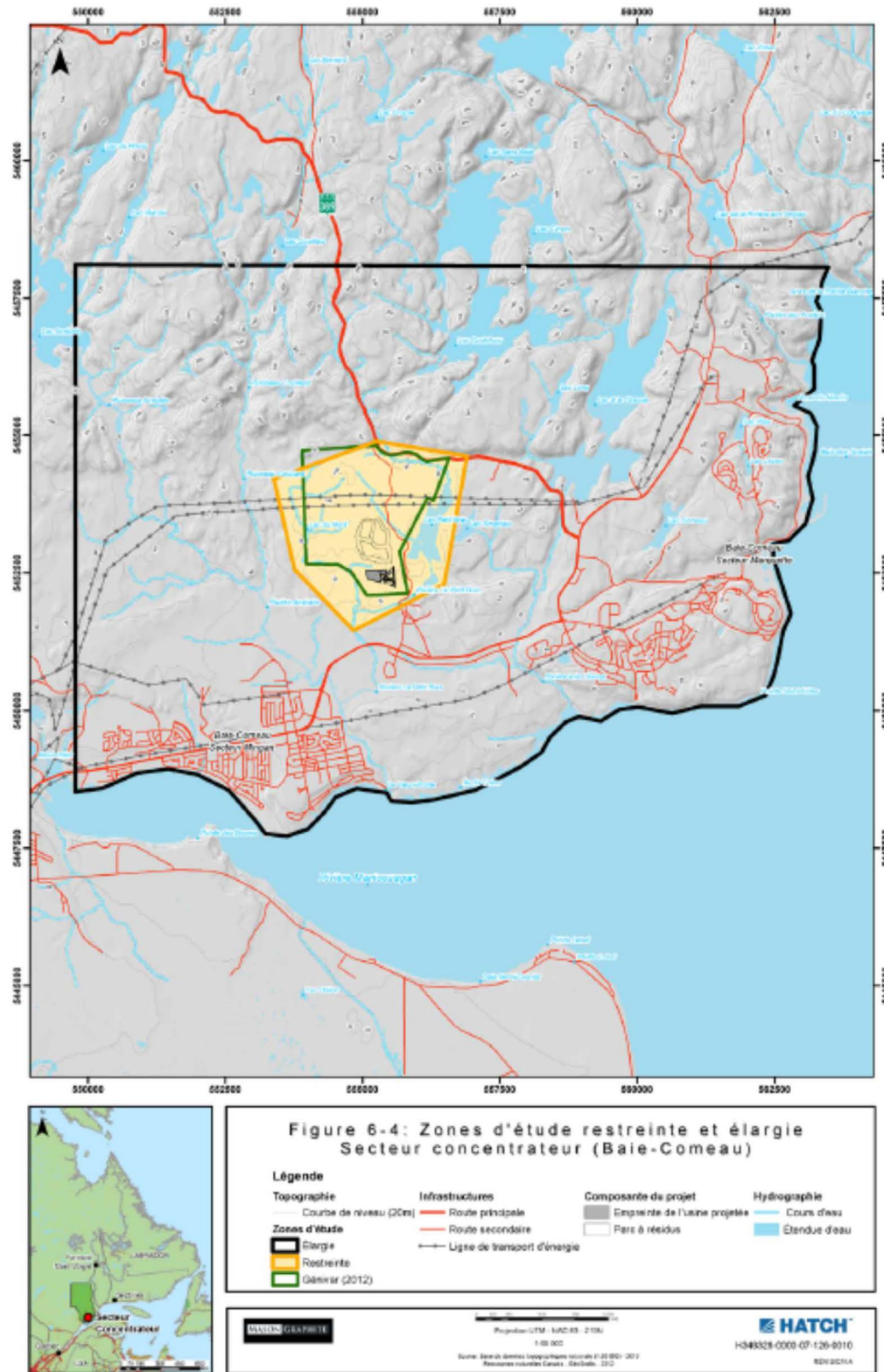


Figure 14 – Zones d'étude, secteur Baie-Comeau

3.7 DESCRIPTION DU MILIEU

La description du milieu est essentielle à l'évaluation des impacts. Il faut en effet connaître les caractéristiques du milieu qui va recevoir le projet afin de pouvoir déterminer les impacts que le projet aura lors de son implantation et au cours de son opération.

Mason Graphite, pour connaître le milieu récepteur, a engagé des spécialistes pour faire des relevés et inventaires dans tous les domaines qui pourraient être affectés par le projet. Cela constitue l'état de référence, soit les conditions des divers composants du milieu avant le projet. **Les modifications antérieures des milieux, soit à cause d'autres projets (par exemple les barrages hydro-électriques ou les exploitations forestières) ou encore d'événements naturels (par exemple les incendies de forêt), sont considérées comme assimilées par les milieux et font partie de l'état de référence défini par les relevés et inventaires.**

Mason Graphite a fait les études des composantes environnementales aux sites de Lac Guéret et de Baie-Comeau soit par des visites sur le terrain, soit par une analyse de l'information déjà disponible. Il est à noter que toutes les études faites par analyse de l'information ont été, sont en cours d'être ou seront confirmées par des travaux de terrain.

La liste ci-dessous présente les principales composantes environnementales qui ont fait l'objet d'une évaluation :

- Milieu physique (eau, air sols) :
 - Topographie et dépôts ;
 - Hydrographie.
- Milieu biologique (faune et flore) :
 - Végétation :
 - Espèces.
 - Milieux humides ;
 - Faune :
 - Grande faune ;
 - Petite faune ;
 - Animaux à fourrure ;
 - Micromammifères ;
 - Chiroptères.
 - Les oiseaux :
 - Oiseaux migrateurs ;
 - Espèces à statut particulier.
 - Herpétofaune (amphibiens et reptiles) ;
 - Les poissons.
- Milieu humain :
 - Première Nation innue de Pessamit ;
 - Communautés de la région de Baie-Comeau ;

- Utilisateurs du territoire :
 - Secteur Lac Guéret ;
 - Secteur transport ;
 - Secteur Baie-Comeau.
- Contextes sociodémographiques régionaux :
 - Profils démographiques ;
 - Éducation et formation ;
 - Emplois ;
 - Logements ;
 - Santé publique.
- Structure économique régionale :
 - Emplois ;
 - Investissements.
- Potentiel archéologique ;
- Infrastructures et services publics ;

Les résultats détaillés des évaluations et inventaires réalisées pour ces composantes sont disponibles dans le rapport complet de l'étude d'impact (lorsqu'il aura été rendu public).

3.7.1 AIRES PROTÉGÉES

Aucune des composantes du projet n'est située à l'intérieur d'une aire protégée. Néanmoins, les secteurs du projet se trouvent à l'intérieur des limites de la Réserve mondiale de la biosphère Manicouagan-Uapishka (RMBMU). La reconnaissance de ce territoire par l'UNESCO a eu lieu en septembre 2007 et est le fruit d'une importante démarche locale de mobilisation. Les réserves de biosphère sont des sites désignés par les gouvernements nationaux et reconnus par l'UNESCO dans le cadre de son Programme sur l'Homme et la biosphère (MAB) pour promouvoir un développement durable basé sur les efforts combinés des communautés locales et du monde scientifique. Les réserves de biosphère restent sous la juridiction souveraine des États mais elles échangent et partagent leurs expériences et leur savoir-faire au niveau régional, national et international au sein du Réseau mondial de réserves de biosphère.

La désignation de réserve de la biosphère n'accorde pas un statut de protection particulier au territoire, mais a pour objectif de stimuler la concertation à l'échelle régionale et à faire évoluer le territoire dans une perspective de développement durable. La RMBMU agit comme référence et catalyseur dans ce domaine afin de l'intégrer à toutes les sphères d'activité de la région. Les projets collaboratifs qu'elle pilote suscitent la coopération :

- Des Premières Nations ;
- Du milieu de l'environnement ;
- De l'industrie ;
- Du milieu des affaires ;
- Du milieu du développement social ;

- Des instances municipales ;
- Des instances gouvernementales ; et
- Des citoyens.

3.8 ÉVALUATION DES IMPACTS

Le travail d'identification et d'évaluation des impacts sur les composantes environnementales s'appuie sur les descriptions détaillées du projet et du milieu récepteur, la consultation des principales parties prenantes, ainsi que sur les enseignements tirés de la réalisation de projets similaires. De plus, les mesures de mitigation des impacts négatifs potentiels ont été intégrées dans la conception du projet et des activités industrielles. **L'analyse des impacts dits résiduels intègre la contribution positive de ces mesures d'atténuation.**

La méthode d'analyse d'impact utilisée peut être divisée en quatre grandes étapes :

1. L'identification des impacts potentiels sur les composantes environnementales ;
2. L'évaluation de l'importance des impacts potentiels ;
3. L'identification des mesures d'atténuation et l'évaluation des impacts résiduels ; et
4. La sélection de mesures de compensation.

La méthode retenue pour l'évaluation de l'importance des impacts potentiels (positifs ou négatifs) sur les composantes environnementales et sociales permet de porter un jugement sur l'ensemble des impacts prévisibles du projet et repose sur :

1. L'appréciation de la **valeur** des composantes du milieu ;
2. L'**intensité** (force) des impacts ;
3. L'**étendue** (géographique) des impacts ; et
4. La **durée** des impacts.

Au terme de l'évaluation, l'importance des impacts résiduels est jugée comme positive ou négative, très faible, faible, moyenne ou forte ou encore négligeable.

Pour imaginer l'importance d'un impact, la grosseur d'un bateau et de son impact sur le Lac Petit Bras sont utilisés comme exemples (voir Figure 15 ci-après) :

Importance impact	Type de bateau	Longueur
Très faible	Chaloupe en aluminium	4 m / 14'
Faible	Yacht avec fly bridge	12 m / 39'
Moyen	Traversier F.-A. Gauthier	133 m / 440'
Fort	Porte-conteneur Maersk Mc-Kinney Moller	399 m / 1 300'

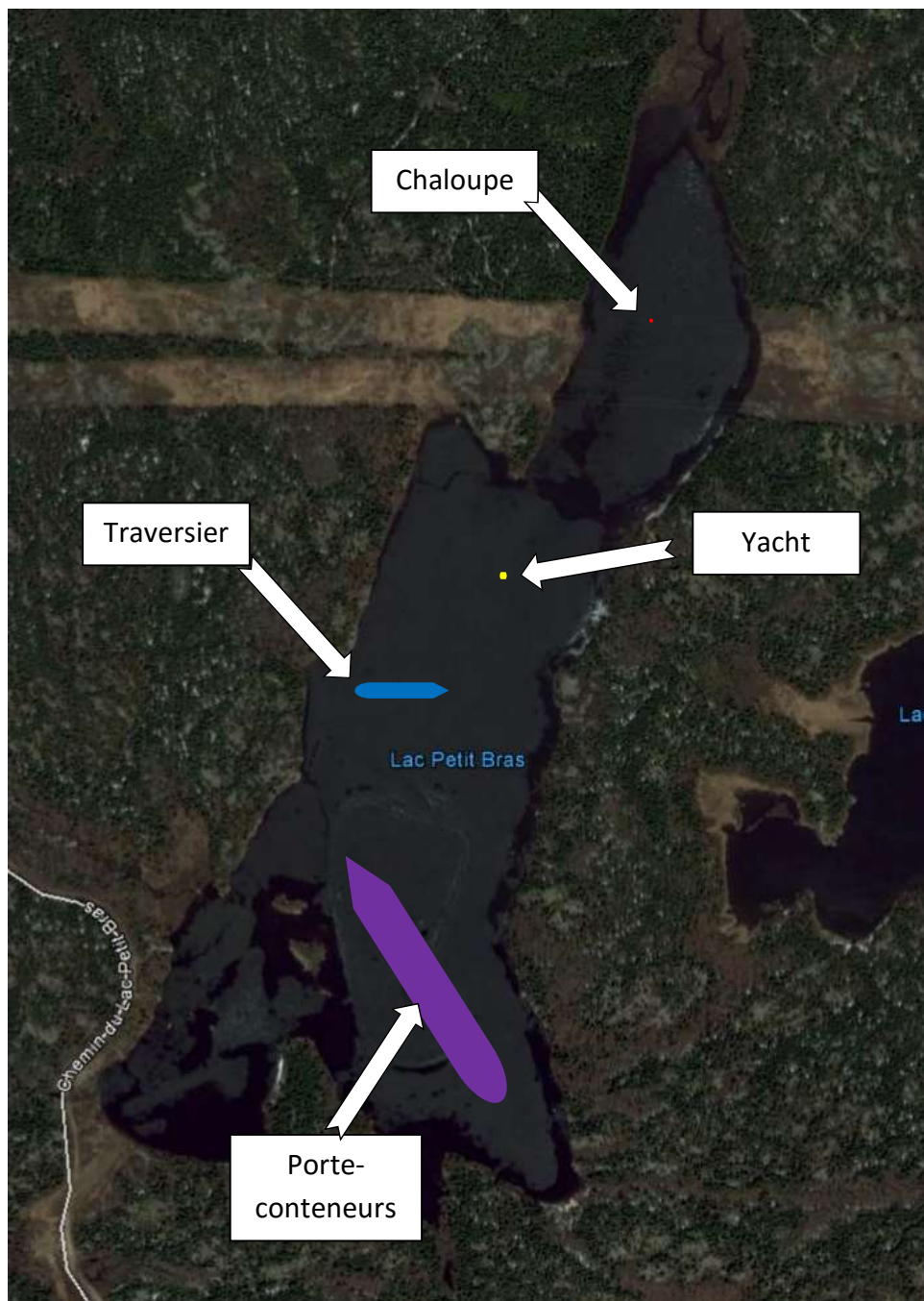


Figure 15 – Exemple imagé d'importance d'impact

3.8.1 IMPACTS SOCIAUX ET ÉCONOMIQUES

Le projet aura un impact positif certain sur l'économie de la région de la MRC de Manicouagan et sur ses caractéristiques sociales et économiques en créant quelques 100 emplois directs pour les opérations, l'administration et le transport routier du minéral et en offrant des opportunités

d'approvisionnement en biens et services dans la région. La population consultée a d'ailleurs exprimé son enthousiasme par rapport au projet et à ces répercussions positives.

Le choix de localiser le concentrateur dans la ville de Baie-Comeau a pour objectif principal de promouvoir la qualité de vie des employés en leur permettant de travailler plus près de leur lieu de résidence, de retourner à leur domicile après leur journée de travail et de leur offrir un accès quotidien aux différents services inhérents aux communautés urbaines.

Mason Graphite compte offrir des programmes de formation aux futurs employés afin de développer leurs compétences en vue d'octroyer ces emplois. Des mesures de bonification, comme les mécanismes d'intégration des travailleurs et l'octroi de contrats à des fournisseurs locaux, seront adoptées pour permettre aux communautés locales de maximiser les retombées économiques du projet.

3.8.2 IMPACTS SUR LE MILIEU NATUREL

De par la petite taille du projet, la majorité des impacts résiduels (donc intégrant l'effet des mesures d'atténuation) sur les composantes des milieux a été qualifiée de faible ou de très faible. Selon l'évaluation des impacts réalisée à ce jour, le projet de Mason Graphite n'aboutira à aucun impact négatif de forte intensité.

Les principaux impacts négatifs du projet sont liés aux éléments suivants présentés dans les sections qui suivent. Les principales mesures de mitigation sont aussi présentées.

3.8.2.1 GÉNÉRATION POTENTIELLE D'EAU ACIDE

Impact : Le stérile, le minerai et le résidu de procédé affichent un potentiel de génération acide, lorsqu'exposés à l'eau et à l'air ; le contact de l'eau de pluie et de fonte des neiges avec le minerai, le stérile ou le résidu pourrait se traduire par la production d'une eau acidifiée et contenant certains métaux dissous, eau qui devra être traitée pour rencontrer les critères de qualité en vigueur avant son rejet éventuel.

Mesure de mitigation : Les eaux de contact, au site de Lac Guéret comme au site de Baie-Comeau, seront captées et traitées adéquatement pour les rendre conformes aux critères de qualité de la Directive 019 avant leur retour dans l'environnement. À Baie-Comeau, la pile de résidus sera revégétée progressivement pour empêcher l'eau des précipitations d'entrer en contact avec les résidus, empêchant par le fait même la génération d'eau acide.

3.8.2.2 DÉPÔT DE RÉSIDUS DANS LE PARC INDUSTRIEL

Impact : La disposition des résidus doit se faire dans le parc industriel pour être à proximité de l'usine, à cause des contraintes de transport des résidus, ce qui requerra l'utilisation de terrain dans le parc industriel (18 hectares sur 25 ans).

Mesure de mitigation : La nouvelle méthode de disposition des résidus sous forme filtrée a comme avantage de réduire sensiblement les besoins en terrain par rapport à la méthode conventionnelle par digue ennoyée (18 hectare pour la pile de résidus filtrés contre 42 pour le parc ennoyé) et limite ainsi l'ampleur de l'impact.

3.8.2.3 AUGMENTATION DE LA CIRCULATION

Impact : Le transport du minerai vers le concentrateur occasionnera une augmentation du trafic routier sur le chemin forestier 202 et une légère augmentation sur la route 389, de même qu'à l'entrée du parc industriel Jean-Noël-Tessier.

Mesure de mitigation : Les chauffeurs des camions devront suivre un protocole de communication sur le chemin forestier et respecter une série de règles assurant la sécurité des autres usagers du chemin. Par ailleurs, Mason Graphite fera l'entretien du chemin forestier (ce qu'elle fait depuis 2012) pour le maintenir dans un état sécuritaire et le déneigera en hiver, permettant ainsi l'accès à l'année pour les propriétaires de chalets et détenteurs de baux de villégiature.

3.8.2.4 DESTRUCTION DE MILIEUX HUMIDES SUR LE SITE BAIE-COMEAU

Impact : Quelques milieux humides (~ 1,3 hectares) présents sur le site du concentrateur seront détruits lors de la construction des installations.

Moyen de mitigation : Les milieux humides détruits feront l'objet de mesures de compensation approuvées par le MDDELCC.

3.8.2.5 GÉNÉRATION POTENTIELLE DE POUSSIÈRE

Impact : Les activités de manutention de matériel (déblai, remblai, mort-terrain, minerai et stérile) et la circulation d'équipements mobiles sur les sites de la mine, sur la route entre la mine et Baie-Comeau, et sur le site du concentrateur pourraient générer de la poussière et émettront des gaz de combustion qui seront rejetés à l'atmosphère. Les quantités de rejets seront cependant limitées et les simulations de dispersion atmosphérique des pires situations appréhendées montrent le respect des normes exigées par la loi sur la qualité de l'air.

Mesure de mitigation : Des moyens seront utilisés pour limiter la génération de poussière, comme par exemple l'arrosage des chemins en période sèche ou encore l'utilisation d'abats-poussière.

3.8.2.6 RISQUE POUR LES ESPÈCES À STATUT PARTICULIER

Impact : Certaines espèces à statut particulier, qui ont été repérées sur ou à proximité des sites de la mine et/ou du concentrateur, seront affectées par le projet, dont certaines chauves-souris, le campagnol des rochers, le campagnol-lemming de Cooper et certaines espèces d'oiseaux à statut particulier dont l'engoulevent d'Amérique. Toutefois, vu la faible empreinte au sol du projet, les superficies d'habitat perdues seront petites et peu importantes par rapport à l'ensemble de la région.

Aussi, le type d'habitat se retrouvant sur le site de la mine et du concentrateur n'est pas circonscrit à la zone d'étude du projet mais se retrouve également dans les environs du projet, permettant aux individus directement touchés de se relocaliser.

Mesures de mitigation : Les superficies déboisées seront limitées pour minimiser les pertes d'habitat. Dans la mesure du possible, les travaux de déboisement seront effectués en dehors des périodes de reproduction des chauves-souris. Si des nids d'espèces à statut particulier sont repérés dans les zones de travaux, si c'est possible ils seront déplacés dans une zone non touchée par les travaux.

3.8.3 IMPACTS SUR LE MILIEU HUMAIN

3.8.3.1 UTILISATEURS DU TERRITOIRE

La mine de Lac Guéret sera située sur le Nitassinan de Pessamit, un territoire traditionnellement utilisé par cette Première Nation innue. Les informations fournies par les maîtres de trappe de la communauté innue de Pessamit indiquent que les activités des membres de la nation Pessamit dans le secteur Lac Guéret sont maintenant limitées puisque que le secteur a été affecté par la déforestation. Les activités de construction et d'exploitation de la mine de Lac Guéret ne devraient pas avoir un effet significatif sur l'intégrité du milieu naturel ni sur les pratiques traditionnelles et le mode de vie des Innus de Pessamit dans le secteur.

Diverses activités récréatives comme la villégiature, la chasse et la pêche sont pratiquées aux abords du chemin 202 et dans la région du Lac Guéret et ces utilisateurs du territoire ont fait part de leurs préoccupations quant aux perturbations potentielles de leurs activités. De par son envergure très limitée, le projet ne devrait avoir que des impacts faibles sur ces utilisateurs. Les moyens de mitigation appropriés, comme le contrôle des poussières sur le chemin, seront mis en place pour limiter les impacts négatifs. Par ailleurs, Mason Graphite se devra de maintenir le chemin 202 en bon état et sécuritaire pour ses opérations de transport du minerai, empêchant ainsi sa dégradation amorcée à l'arrêt des activités forestières (plusieurs réparations de crevasses coupant entièrement le chemin ont notamment dû être faites au printemps 2016) et assurant de ce fait l'accès à l'année du territoire.

3.8.3.2 DÉVELOPPEMENT ÉCONOMIQUE

Le Conseil de bande et les membres de la communauté ont fait valoir l'importance pour les Innus du développement économique de leur communauté. Le projet de de Mason Graphite pourra contribuer à améliorer la situation socio-économique de la communauté.

3.8.3.3 FORMATION ET EMPLOI

Mason Graphite a entrepris des démarches pour bonifier le projet proposé : les préoccupations soulevées par les personnes consultées concernaient principalement la création d'emploi et la formation professionnelle pour les gens de la région et elles ont été prises en compte dans l'élaboration

du projet. Un programme de formation en entreprise et d'embauche locale sera mis en place par Mason Graphite.

3.8.3.4 RISQUES D'ACCIDENT

Durant la construction et l'exploitation de la mine et du concentrateur, les travailleurs pourraient être exposés à certains risques d'accidents inhérents aux types d'activités prévues. Mason Graphite mettra en place un programme rigoureux de protection de la santé et de la sécurité afin d'atteindre de hauts standards de performance en matière de protection de ses employés.

3.8.4 BILAN DES IMPACTS

L'évaluation des impacts résiduels de chaque composante environnementale est présentée en détails dans le rapport complet de l'étude d'impact. Ces résultats sont présentés dans les trois sections qui suivent sous forme de tableaux synthèses. Les impacts pour chaque composante ont été caractérisés pour les phases de construction, d'opération et post fermeture.

3.8.4.1 BILAN DES IMPACTS AU SECTEUR LAC GUÉRET

Tableau 5 – Bilan des impacts résiduels du projet dans le secteur Lac Guéret

Phase de projet	Composantes valorisées de l'environnement (secteur mine)																						
	Milieu physique						Milieu biologique						Milieu humain										
	Qualité de l'air	Climat sonore et vibrations	Les sols en place	Régime hydrique et sédimentaire	Qualité de l'eau de surface et des sédiments	Qualité des eaux souterraines et régime d'écoulement	Végétation terrestre et peuplements forestiers	Milieux humides	Ichtyofaune et habitat	Herpétofaune et habitat	Faune avienne et habitat	Mammifères et habitat	Espèces fauniques à statut particulier et habitat	Santé et sécurité des travailleurs	Utilisation du territoire – Villégiature, chasse et piégeage (non autochtones)	Utilisation du territoire - Activités forestières	Qualité de vie/bruit et poussières	Caractéristiques socio-démographiques	Services publics	Communautés autochtones-Économie et développement	Communauté autochtone – Pratiques traditionnelles et mode de vie	Économie locale et régionale - (mine, concentrateur et transport)	
Construction	▽	▽	▽	▽	▽	▽	▽	▽	▽	▽	▽	▽	▽	▽	▽	▽	▽	▽	▽	▽	▽	▽	▽
Exploitation	▽	▽	▽	▽	▽	▽	▽	▽	▽	▽	▽	▽	▽	•	•	▽	▽	▽	▽	▽	•	▽	▽
Post fermeture	△	△	△	△	△	•	△	△	△	△	△	△	△	•	△	△	△	△	△	△	△	△	△

Légende des symboles - Importance de l'impact résiduel

	Négatif très faible		Positif très faible	
	Négatif faible		Positif faible	• Négligeable ou nul
	Négatif moyen		Positif moyen	
	Négatif fort		Positif fort	

3.8.4.2 BILAN DES IMPACTS DANS LE SECTEUR TRANSPORT

Tableau 6 – Bilan des impacts résiduels du projet dans le secteur transport

Phase de projet	Composantes valorisées de l'environnement (secteur transport)														
	Milieu physique				Milieu biologique							Milieu humain			
	Qualité de l'air	Climat sonore	Soils en place	Qualité de l'eau de surface et des sédiments	Végétation et peuplements écoforestiers	Milieux humides	Faune ichthyenne et habitat	Herpétofaune et habitat	Faune avienne et habitat	Mammifères et habitat	Espèces fauniques à statut particulier et habitat	Circulation routière	Qualité de vie – Bruit et poussière	Infrastructures et équipement publics	Communauté autochtone – Économie et développement
Construction	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	●	▲	●	●
Exploitation	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲
Post fermeture	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲

Légende des symboles - Importance de l'impact

▲	Négatif très faible	▲	Positif très faible	
▲	Négatif faible	▲	Positif faible	● Négligeable ou nul
▲	Négatif moyen	▲	Positif moyen	
▲	Négatif fort	▲	Positif fort	

3.8.4.3 BILAN DES IMPACTS AU SECTEUR BAIE-COMEAU

Tableau 7 – Bilan des impacts résiduels du projet dans le secteur Baie-Comeau

Phase de projet	Composantes valorisées de l'environnement (secteur concentrateur)																						
	Milieu physique						Milieu biologique						Milieu humain										
Phase de projet	Qualité de l'air	Climat sonore et vibrations	Les sols en place	Régime hydrique et sédimentaire	Qualité de l'eau de surface et des sédiments	Qualité des eaux souterraines et régime d'écoulement	Végétation terrestre et peuplements forestiers	Milieux humides	Ichtyofaune et habitat	Herpétofaune et habitat	Faune avienne et habitat	Mammifères et habitat	Espèces fauniques à statut particulier et habitat	Santé et sécurité des travailleurs	Utilisation du territoire - Activités forestières	Utilisation du territoire - Sentiers et routes touristiques	Qualité de vie/bruit et poussières	Caractéristiques socio-démographiques	Services publics	Communautés autochtones- Économie et développement	Économie locale et régionale - (mine, concentrateur et transport)		
	Construction	Exploitation	Post fermeture	Construction	Exploitation	Post fermeture	Construction	Exploitation	Post fermeture	Construction	Exploitation	Post fermeture	Construction	Exploitation	Post fermeture	Construction	Exploitation	Post fermeture	Construction	Exploitation	Post fermeture		
	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	
Construction	Exploitation	Post fermeture	Construction	Exploitation	Post fermeture	Construction	Exploitation	Post fermeture	Construction	Exploitation	Post fermeture	Construction	Exploitation	Post fermeture	Construction	Exploitation	Post fermeture	Construction	Exploitation	Post fermeture	Construction	Exploitation	Post fermeture
▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	
Construction	Exploitation	Post fermeture	Construction	Exploitation	Post fermeture	Construction	Exploitation	Post fermeture	Construction	Exploitation	Post fermeture	Construction	Exploitation	Post fermeture	Construction	Exploitation	Post fermeture	Construction	Exploitation	Post fermeture	Construction	Exploitation	Post fermeture
▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	
Construction	Exploitation	Post fermeture	Construction	Exploitation	Post fermeture	Construction	Exploitation	Post fermeture	Construction	Exploitation	Post fermeture	Construction	Exploitation	Post fermeture	Construction	Exploitation	Post fermeture	Construction	Exploitation	Post fermeture	Construction	Exploitation	Post fermeture
▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	

Légende des symboles - Importance de l'impact

▲	Négatif très faible	▲	Positif très faible
▲	Négatif faible	▲	Positif faible
▲	Négatif moyen	▲	Positif moyen
▲	Négatif fort	▲	Positif fort
●	Négligeable ou nul		

3.9 IMPACTS CUMULATIFS

Pour l'évaluation des impacts cumulatifs, Mason Graphite a considéré que les impacts des projets passés ont été pris en compte dans l'état de référence et que leurs effets ont déjà été assimilés par les milieux.

Les projets qui ont été considérés pour l'évaluation des impacts cumulatifs sont les suivants :

- Le projet d'amélioration de la route 389 par le MTQ ;
- Le plan de développement des infrastructures de Baie-Comeau ;
- Les travaux de modernisation de l'aluminerie Alcoa ;
- La réhabilitation des sédiments de l'Anse du Moulin ;
- La construction d'une nouvelle usine de traitement d'eau potable ; et
- Le projet de ligne électrique par Hydro-Québec.

L'impact cumulatif qui ressort le plus clairement est celui qui relève de l'augmentation de la circulation causée par ces divers projets.

3.10 RISQUES TECHNOLOGIQUES

L'analyse des risques technologiques liés au projet a pour but d'identifier les accidents susceptibles de se produire dans les installations et d'en évaluer les conséquences possibles. Cette analyse fournit les bases pour l'élaboration des mesures de protection et de prévention à inclure dans le projet afin d'éviter de tels accidents ou d'en réduire la fréquence et la conséquence. C'est aussi à partir de cette analyse qu'un plan de mesures d'urgence a été élaboré.

Les accidents susceptibles de se produire ont soit une cause externe, par exemple une inondation ou un tremblement de terre, ou bien une cause interne directement reliée aux activités de Mason Graphite (ex : déversement de carburant).

3.10.1 TYPES D'ACCIDENTS ÉVALUÉS

Les types d'accidents ci-dessous ont été analysés pour en déterminer les causes potentielles et sélectionner les mesures de mitigation et/ou d'intervention appropriées :

- Déversement de produits pétroliers ou de produits chimiques ;
- Incendies ;
- Explosions ;
- Accidents routiers ;

- Chutes et autres accidents corporels ;
- Glissements de terrain.

3.10.2 PLAN DES MESURES D'URGENCE

À partir des risques technologiques identifiés, un plan des mesures d'urgence préliminaire a été préparé et vise à :

- Établir clairement les rôles et responsabilité des divers intervenants impliqués dans la construction et dans l'exploitation des installations en cas de situation d'urgence ;
- Toujours en situation d'urgence, faciliter la communication avec les personnes concernées, que ce soit les employés ou encore la population en général ; et
- Fournir l'information lors de procédures d'alerte ou d'interventions d'urgence.

Le Plan des mesures d'urgence a pour but de limiter les risques pour les employés, la population et l'environnement et de guider les interventions en :

- Fournissant des mécanismes pour alerter les intervenants internes et externes ;
- Précisant les paliers d'autorité ;
- Minimisant les délais d'intervention ; et en
- Coordonnant les efforts d'intervention.

Ce plan sera détaillé en collaboration avec les autorités locales de Baie-Comeau. Le Plan des mesures d'urgence sera maintenu à jour par Mason Graphite afin de mobiliser efficacement les ressources en cas d'urgence. Il sera révisé périodiquement et fera l'objet de formation régulière du personnel de la mine et du concentrateur.

3.11 POLITIQUE DE DÉVELOPPEMENT DURABLE

Mason Graphite vise la mise en œuvre d'un projet répondant aux standards reconnus en matière de développement minier durable et recueillant une adhésion sociale optimale.

En complément aux principes de la Loi sur le développement durable du Québec, Mason Graphite entend aussi suivre les principes mis de l'avant par le Conseil International des Mines et Métaux (CIMM). Les principes du CIMM sont d'ailleurs reconnus par le groupe d'experts de l'UNESCO sur le développement minier durable à l'intérieur de territoires désignés sous l'appellation « Réserve de biosphère », comme c'est le cas pour la MRC Manicouagan où le projet est situé.

3.11.1 LA MISSION

Mason Graphite a pour mission de devenir un important producteur de graphite et de se positionner comme une société rentable et fiable pour tous ses piliers de croissance (actionnaires, employés,

fournisseurs, clients) et comme une entreprise durable et bénéfique pour les régions où elle opère. Sa stratégie de croissance comprend le développement de produits à valeur ajoutée et la réalisation d'acquisitions dans son champ d'activités.

3.11.2 LES PRINCIPES DIRECTEURS

La culture de haut rendement de Mason Graphite est guidée par les principes directeurs suivants :

« **Prioriser les gens** » : Mason Graphite est contributif du succès de ses actionnaires, ses partenaires, ses employés, ses fournisseurs et ses clients.

« **Opérer de manière sûre et dans le respect de l'écologie** » : Mason Graphite met en place des programmes continus et efficaces dont les normes et les méthodes visent une conformité législative et durable. Ses standards de qualité se fondent sur le développement d'une culture axée sur la santé, la sécurité et la protection de l'environnement.

« **Gérer de façon rentable et responsable** » : Les décisions prises par Mason Graphite prennent toujours en considération le retour sur l'investissement et l'accroissement de la valeur nette. Mason Graphite contrôle ses dépenses et ses coûts et analyse les risques tout en priorisant des investissements productifs qui permettent l'augmentation des bénéfices et/ou qui apportent des avantages tangibles comme intangibles à moyen et à long termes. Opérer pour passer à travers les inévitables cycles baissiers fait partie du développement durable.

« **Maintenir un niveau élevé de responsabilité et d'acceptabilité sociale de son projet** » : Mason Graphite s'assure que son développement répond aux besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures de répondre aux leurs. Mason Graphite est partisan de la confiance mutuelle et c'est par elle qu'elle donne le ton aux relations qu'elle entretient et dont les objectifs visent le développement durable à tous les niveaux.

3.11.3 LES VALEURS DE MASON GRAPHITE

La culture d'entreprise de Mason Graphite s'appuie sur les valeurs fondamentales suivantes :

« **Respect** » : La considération à l'égard des personnes et de l'environnement est au cœur des relations de Mason Graphite. Mason Graphite est consciente que sa pérennité et sa croissance dépendent de la satisfaction de leurs partenaires et de sa conformité environnementale.

« **Équité** » : Lorsque Mason Graphite prend une décision, traite une demande ou réalise tout autre mandat, elle le fait avec équité. Ceci implique entre autres que Mason Graphite évite de se placer dans une situation de conflit d'intérêts et d'effectuer toute forme de discrimination.

« **Vision** » : Mason Graphite cultive la créativité, l'innovation, la coopération et le succès pour que l'organisation soit ouverte, efficace et dynamique.

« **Engagement** » : Ce principe est exprimé dans les actions et améliore la performance pour le bénéfice des actionnaires et partenaires, maintenant et pour les générations futures.

« **Fiabilité** » : Les actionnaires et partenaires sont en mesure de compter sur Mason Graphite pour les conduire vers le succès aujourd'hui et demain.

« **Transparence** » : Mason Graphite communique une information de qualité et rétroactive, ce qui suppose qu'elle est contextuelle, facilement accessible, compréhensible et qui tient compte du respect de l'intégrité des personnes. Mason Graphite s'assure également de la rétroaction aux personnes concernées quant aux décisions prises.

« **Responsabilité** » : Mason Graphite s'assure de la pleine conformité de ses activités et actions aux lois, règles, politiques, programmes en vigueur et veille à ce qu'ils soient respectés.

3.12 PROGRAMMES DE SURVEILLANCE ET DE SUIVI

3.12.1 SURVEILLANCE ENVIRONNEMENTALE

L'objectif du programme de surveillance environnementale est d'assurer la conformité du projet avec la réglementation environnementale en vigueur, ainsi qu'avec les conditions qui seront définies par le décret gouvernemental. Il vise également à s'assurer que les engagements et les mesures d'atténuation présentés dans l'étude d'impact sur l'environnement seront respectés et optimisés, si nécessaire.

Un programme de surveillance environnementale sera mis en œuvre au début de la phase de construction et se poursuivra tout au long de la durée du projet. Pour la durée du projet, la direction de Mason Graphite se trouvera régulièrement sur les sites de la mine et du concentrateur afin de s'assurer que les employés de Mason Graphite et ses sous-traitants appliquent le programme de surveillance environnementale.

Mason Graphite s'assurera que le programme de surveillance environnementale soit respecté et que les rapports reçus reflètent la réalité des activités sur les sites. Tout incident ou accident pouvant entraîner des effets nocifs sur l'environnement sera porté à l'attention des responsables de Mason Graphite et des autorités gouvernementales et un suivi sera fait de l'application des mesures prévues à cet effet.

3.12.2 SUIVI ENVIRONNEMENTAL

L'objectif du programme de suivi environnemental est de vérifier la justesse des prédictions présentées dans l'ÉIES et d'assurer l'efficacité des mesures d'atténuation ou de bonification. Au besoin, des mesures correctives peuvent également être proposées et mises en œuvre au cours du programme de suivi environnemental, afin de respecter les normes environnementales et ainsi protéger les composantes environnementales des zones d'étude.

Un programme de suivi environnemental sera mis en œuvre au début de la phase de construction et se poursuivra tout au long de la durée du projet. Les objectifs et la portée de ce programme seront révisés périodiquement.

3.12.3 RAPPORTS DE SUIVI

3.12.3.1 RAPPORT MENSUEL

Mason Graphite transmettra un rapport mensuel au MDDELCC contenant les informations suivantes :

- Les résultats des analyses de chacun des effluents finaux ;
- Les mesures prises durant le mois visé ainsi que le calcul des charges mensuelles ;
- Les cas de non-respect des exigences du MDDELCC et les mesures prises pour prévenir et éliminer les causes de dépassement ;
- Les inspections des systèmes de mesure et d'enregistrement de débit et de pH selon les règles en vigueur et les dates de ces inspections.

3.12.3.2 RAPPORT ANNUEL

Par ailleurs, dans le cadre de ses activités, Mason Graphite produira un rapport annuel contenant les informations suivantes :

- Un résumé des activités courantes de l'année ;
- La quantité annuelle de chaque résidu minier et leur répartition par mode de gestion ;
- La superficie touchée par la halde à stérile et à résidus miniers et la pile de résidus ;
- La date du prélèvement de la caractérisation annuelle et les résultats pour les indicateurs de suivi mesurés ;
- Une interprétation des résultats de tous les effluents finaux et une vérification de la conformité ;
- Le calcul des charges annuelles ;
- Le bilan des eaux ;
- Les actions correctives apportées aux éléments jugés inadéquats par les inspections ; et
- Les améliorations apportées au plan des mesures d'urgence.

3.12.4 ACCUEIL DES EMPLOYÉS, FOURNISSEURS ET VISITEURS

La meilleure façon de s'assurer de la mise en œuvre des programmes de surveillance et de suivi est de former toutes personnes présentes sur les sites aux règles à suivre. À leur première arrivée sur le site, ces personnes seront formées, dans une mesure appropriée, au plan des mesures d'urgence, aux

mesures de protection de l'environnement et aux règles de vie de Mason Graphite. Des séances de formation de rappel seront données selon les besoins.

Suivant les besoins de formation spécifiques à chaque personne, un ou des éléments de la liste ci-dessous seront abordés lors de la formation :

- Plan des mesures d'urgence ;
- Attribution des responsabilités ;
- Principaux enjeux environnementaux, mesures d'atténuation et effets résiduels identifiés dans l'étude d'impact ;
- Programmes environnementaux élaborés pour atteindre les objectifs et les cibles (par ex. : programmes de surveillance et de suivi) ;
- Indicateurs de suivis, échéanciers, objectifs environnementaux quantifiables et cibles de performance ;
- Exigences réglementaires et légales applicables au projet ;
- Principaux enjeux sociaux.

3.13 CONCLUSION

Mason Graphite compte développer un projet robuste au niveau technique, économique et social.

Lorsque comparée à d'autres projets miniers présents et futurs de la Côte-Nord et du Nord du Québec, l'ampleur du projet de Mason Graphite est significativement plus petite que celles de ces derniers (le projet ressemble plus à une petite carrière). Cette petite envergure, pour un projet minier, a l'avantage de générer des impacts environnementaux conséquemment de faible envergure. En effet, après analyse des impacts résiduels, les impacts négatifs sont majoritairement faibles ou très faibles et aucun n'a été jugé fort.

Par contre, malgré sa petite taille, le projet créera une centaine d'emplois directs pour l'opération et générera des retombées économiques importantes pour la région. Mason Graphite entend maximiser ces retombées économiques en appliquant une philosophie « gagnant-gagnant » et en ayant des partenaires locaux engagés, compétitifs et à long terme.

L'équipe de Mason Graphite a à cœur de gérer une opération sécuritaire et respectueuse de l'environnement. Pour y arriver, les installations et les opérations ont été conçues en utilisant les meilleures pratiques en ingénierie et en matière de développement durable.

Et c'est justement dans cet esprit de développement durable que Mason Graphite développe son projet : Les membres de la direction, provenant d'une culture d'opération responsable, veulent construire et surtout opérer le projet Lac Guéret ; toute décision prise en cours de conception ou de construction aura des conséquences directes et à long terme sur les opérations, conséquences avec lesquelles cette même direction devra composer. Il est donc dans l'intérêt de l'entreprise, de ses

actionnaires et de sa direction de concevoir, construire et opérer une exploitation sécuritaire, respectueuse de l'environnement, efficace et rentable.

Enfin, les communications régulières, déjà amorcées avec les communautés régionales, seront maintenues et continueront d'assurer le lien de la population avec le projet. Cette communication continue permettra au projet de Mason Graphite de maintenir son acceptabilité sociale et d'implanter dans le milieu un projet qui deviendra un moteur de développement économique et social ainsi qu'un exemple à suivre pour sa gestion et ses pratiques environnementales et sociales.

Annexe 3B

Enjeux soulevés dans le cadre des rencontres de consultation – juin 2016

Projet du Lac Guéret

Enjeux soulevés dans le cadre des rencontres de consultation – juin 2016

NOTES INTERNES

Constats généraux

L'accueil du projet continue d'être très favorable au sein de la population en général, ainsi qu'au sein des différents groupes d'intérêts. Les questions soulevées lors des séances d'échange révèlent très rarement des inquiétudes. Les interventions se présentent plus souvent sous la forme d'interrogations visant à mieux comprendre le projet dans son ensemble ainsi que ses impacts. Des parties prenantes expriment le souhait de collaborer à la réalisation du projet – notamment en ce qui a trait à la formation et à l'embauche ainsi qu'à la maximisation des retombées locales. D'autres vont jusqu'à souhaiter contribuer à en promouvoir l'acceptabilité – notamment en agissant dans le milieu comme des relayeurs d'information.

L'approche de Mason Graphite auprès du milieu et en matière de développement durable est saluée. Les parties prenantes qui l'ont commentée parlent d'exemplarité. Elles ont l'impression d'être traitées avec respect et d'être placées dans des conditions favorables pour exprimer leurs préoccupations.

Néanmoins, il est très peu probable que les participants aient pu prendre connaissance du résumé de l'étude d'impact avant les séances d'échange. Ainsi, outre la clarté de la présentation préparée par l'équipe de Mason Graphite au sujet de ses principaux résultats, cela peut expliquer le fait qu'il y ait eu assez peu de questions d'approfondissement au sujet du contenu de cette étude à ce stade-ci.

Comme expliqué plus loin, les thèmes ayant généré le plus d'interventions dans le cadre des rencontres d'échange sont :

- L'**emploi** (y compris les critères et le processus d'embauche)
- L'inclusion, l'équité et les relations avec les **Autochtones**
- Les **retombées économiques** locales (excluant le thème de l'emploi)
- Les **avantages concurrentiels** du projet
- L'**approche sociale** et l'exemplarité

Pour l'heure, toutes les questions soulevées lors des rencontres de consultation ont été éclaircies séance tenante et il ne semble pas demeurer d'inquiétudes majeures en suspens.

Par contre, certains participants à la séance publique de Pessamit se montrent très soucieux de savoir avec précision de quelle manière le projet profitera à la communauté. On exprime une crainte que la communauté n'en retire pas sa juste part. Des composantes très importantes du projet – dont son mode de financement, les démarches de négociation de l'ERA, la réalisation des travaux de construction et l'octroi de contrats, le processus d'embauche et les conditions de travail, etc. – semblent mal comprises par plusieurs participants à cette rencontre d'échange. Comme cela avait été le cas lors de la séance similaire organisée en 2015, plusieurs questions ne s'adressent pas véritablement à Mason Graphite, mais plutôt au Conseil.

Liste des enjeux

Les thèmes qui ont soulevé le plus d'interventions au sein de l'ensemble des parties prenantes lors des rencontres ciblées ainsi que lors des séances publiques sont détaillés à partir de la page suivante.

La liste est organisée en ordre d'importance, cet ordre étant établi en fonction du nombre de fois où une question ou un commentaire a été exprimé en regard d'un thème donné. Le chiffre entre parenthèses, s'il y a lieu, a été inclus dans le nombre total de mentions, mais il précise le nombre d'interventions relatives à un thème donné qui ont été faites par un autochtone.

Thèmes	Mentions
Emploi (y compris les critères et le processus d'embauche)	21 (2)
Inclusion, équité et relations avec les Autochtones	17 (3)
Retombées économiques (excluant le thème de l'emploi)	16 (4)
Avantages concurrentiels du projet	13
Approche sociale et exemplarité	11
Gestion de l'eau	9
Marché	9 (1)
Relations de travail (y compris les questions syndicales)	9 (1)
Développement d'activités à valeur ajoutée	8
Empreinte au sol et infrastructures	8 (1)
Salaires et conditions de travail	8 (1)
Résidus	6
Restauration du site et mécanismes de gestion environnementale	6
Engagement communautaire	5
Transport du produit fini	5
Matières dangereuses	4
Transport entre la mine et l'usine	4
Bruit	3
Financement du projet	3 (2)
Gaz à effet de serre	3
Siège social et gouvernance	3
Échéancier du projet	2
Patrimoine archéologique	1 (1)

Emploi (y compris les critères et le processus d'embauche)Création d'emplois

La création d'emplois locaux est un aspect important, mais on reconnaît que, étant donné que les postes offerts seront des emplois stables à long terme, le projet pourrait aussi amener des travailleurs de l'extérieur de la région à s'établir dans la Manicouagan, ce qui est perçu positivement.

Préparation des candidats (formation et recrutement)

Les organismes qui œuvrent dans le domaine de la formation et de l'emploi souhaitent contribuer à la préparation des candidats en vue de l'embauche. Des questions sur le mode d'affichage des postes. Les intervenants énoncent le souhait que la liste des postes disponibles soit partagée aussitôt que possible dans le processus.

On pense que le poste de métallurgiste pourrait être particulièrement difficile à combler.

Exigences en matière de scolarité de base

Un participant émet une forte préoccupation relative à l'exigence du diplôme d'études secondaires, qui devrait être un strict minimum. On ne souhaite pas que ce standard soit abaissé, d'une part afin de ne pas inciter au décrochage scolaire et, d'autre part, afin de s'assurer de l'employabilité des travailleurs de l'entreprise advenant la nécessité pour eux de se replacer sur le marché du travail.

La plupart des intervenants du domaine de la formation et de l'emploi sont toutefois favorables à ce que d'autres profils puissent également être pris en considération, dans une perspective de valoriser l'expérience professionnelle, notamment. Ceci pourrait s'avérer particulièrement pertinent pour des candidats de Pessamit, où le taux de décrochage est important.

Égalité entre les hommes et les femmes

On veut qu'une place soit faite aux femmes en matière d'emploi, y compris dans les métiers non traditionnels. Le Centre Émersion en a fait l'un de ses chevaux de bataille.

Formation continue, relève et contribution à l'orientation professionnelle des jeunes

La vision de Mason Graphite en matière de développement des compétences est accueillie favorablement.

On souhaite que Mason Graphite puisse ouvrir ses portes aux jeunes afin de leur donner des perspectives professionnelles et faire connaître les métiers du graphite, notamment dans le cadre du programme de stage d'un jour organisé par la Commission scolaire de l'Estuaire (*Un choix pour l'avenir*).

Inclusion, équité et relations avec les Autochtones

Tous souhaitent l'équité dans l'accès à l'emploi pour les Innus de Pessamit. On pense qu'il s'agit d'un défi important, qui demande une collaboration en amont avec les instances et organismes locaux. Ceci doit aussi s'inscrire dans une approche à long terme.

Les freins potentiels à l'inclusion sont notamment :

- La volonté prépondérante de membres de la communauté de travailler au sein de la réserve à la fois pour des questions liées aux valeurs personnelles et aux enjeux de fiscalité;
- La distance entre Baie-Comeau et Pessamit;
- Le faible taux de diplomation (qualification des candidats);
- Les préjugés collectifs et individuels qui existent de toutes parts.

Une question est posée sur l'intention ou non de faire de la discrimination positive. On veut connaître les objectifs de répartition de l'emploi entre les communautés et les dispositions de l'ERA en matière d'embauche.

Entente sur les répercussions et les avantages (ERA)

Un Innu souhaiterait que l'ERA soit soumise à la communauté avant d'être ratifiée par le Conseil.

On veut savoir si la ratification de l'ERA est une condition essentielle ou non pour que le projet se réalise.

Une question est posée relativement à l'incidence des élections prochaines, à Pessamit, sur le processus de négociation.

Retombées économiques (excluant le thème de l'emploi)

On veut connaître la valeur et la nature des retombées économiques annuelles du projet.

On veut savoir à combien s'élèveront les coûts de construction.

Un intervenant a aussi demandé à connaître le montant des revenus de l'exploitation.

On veut que Mason Graphite favorise un approvisionnement local et l'octroi de contrats aux entrepreneurs de la région. On mentionne qu'une politique d'achat local efficace devrait prendre en considération que les coûts sont parfois plus élevés.

Le COMAX Manicouagan souhaite jouer un rôle auprès de Mason Graphite afin de favoriser le maillage avec les entreprises locales. On souhaite que Mason Graphite partage les lots de travail avec le milieu économique afin de favoriser cette collaboration.

On mentionne qu'il y a de l'expertise dans la Manicouagan dans le domaine de la construction modulaire.

À Pessamit, on demande plus de précisions sur les avantages directs, en argent, que la communauté pourra retirer du projet. On cherche à connaître les dispositions de l'ERA.

Un entrepreneur de Pessamit veut savoir de quelle manière il pourra se qualifier pour les appels d'offres. On tient, dans la communauté, à obtenir une part des contrats.

Avantages concurrentiels du projet

On cherche à comprendre de quelle manière le projet du Lac Guéret se compare à la mine du Lac-des-Îles. On veut connaître ses caractéristiques particulières (coûts d'exploitation, teneur, etc.).

On veut savoir comment le projet se distingue de ses concurrents, dont celui de Focus Graphite.

On veut aussi comprendre de quelle manière le graphite naturel du Lac Guéret se distingue du graphite synthétique.

On veut connaître les facteurs distinctifs de succès du projet.

Approche sociale et exemplarité

On juge que l'approche sociale et environnementale de l'entreprise est jusqu'à présent exemplaire.

On exprime une adhésion totale envers les principes de développement durable qui sont énoncés.

On pense que les bonnes pratiques d'affaires de l'entreprise gagneront à être documentées afin de servir de modèle à d'autres et donner le ton pour les projets qui seront réalisés dans la région à l'avenir.

On souhaite connaître la vision de Mason Graphite en ce qui a trait à la tenue d'audiences publiques (BAPE). On veut notamment comprendre quelle incidence cette vision a sur l'échéancier du projet.

Un participant de Pessamit se dit défavorable à une implication de la RMBMU auprès de Mason Graphite ou de toute autre entreprise pilotant un projet de développement. Il dit que son avis est partagé par d'autres membres de sa communauté. Il pense que le rôle de la RMBMU devrait être d'agir comme un gardien du territoire pour en préserver l'intégrité. En particulier dans le secteur des monts Groulx.

Gestion de l'eau

Bien que les enjeux environnementaux ne soient pas à la source du plus grand nombre d'interventions dans l'ensemble, la gestion de l'eau est le thème qui génère le plus de questions dans ce domaine.

On veut connaître la quantité d'eau requise dans le procédé. On veut s'assurer qu'elle respecte la capacité du Lac Petit-Bras. On ne souhaite pas que l'eau industrielle interfère avec l'approvisionnement en eau potable de la Ville.

Dans tous les cas, on souhaite que l'apport soit minimisé.

On veut aussi connaître le mode de collecte des eaux de contact avec les haldes et avec la pile de résidus. On veut s'assurer qu'elles seront adéquatement traitées avant d'être rejetées à l'environnement et on veut savoir dans quel cours d'eau elles seront déversées.

Poussières

On s'inquiète de leur dispersion par le vent, engendrant un risque de pollution des cours et plans d'eau situés à proximité, dont le réservoir Manicouagan.

Marché

On évoque une préoccupation relative à la stabilité du marché du graphite. On veut savoir si le prix du graphite est volatil et comment l'effet des cycles que l'on vit dans le secteur des ressources naturelles et des métaux influence ce marché.

On veut savoir comment le marché se répartit géographiquement. On veut connaître les acheteurs potentiels et leur secteur d'activité.

Considérant la disponibilité de la ressource en très grande quantité, le milieu cherche à comprendre pourquoi on ne base le projet que sur une perspective de 25 ans. On veut savoir quelles sont les opportunités de développement au-delà de cette période. On se demande aussi à quelles conditions on pourrait envisager une augmentation de la production.

Le projet est jugé ambitieux par rapport à la production mondiale actuelle.

Relations de travail

On se questionne sur la dynamique de groupe au camp de travailleur, situé en milieu isolé.

On pense par ailleurs que le fait de devenir une région productrice de graphite, un matériau stratégique, peut être une grande source de motivation, de cohésion et de fierté pour les travailleurs.

Syndicalisation

On questionne l'entreprise sur sa vision de la syndicalisation. On souligne que la culture syndicale est très forte sur la Côte-Nord et que le syndicat pourrait tôt ou tard devenir une partie prenante de Mason Graphite.

Un membre de la communauté de Pessamit évoque une crainte d'exclusion des travailleurs de Pessamit en cas de syndicalisation. Cette peur repose toutefois sur une mauvaise compréhension de ce processus.

Développement d'activités à valeur ajoutée

Dans l'éventualité d'une deuxième transformation, on veut savoir si l'usine serait implantée à Baie-Comeau.

On veut également connaître l'ouverture de Mason Graphite à s'inscrire dans une chaîne de valeur locale.

On veut connaître les débouchés d'une éventuelle deuxième transformation.

Empreinte au sol et infrastructures

On veut connaître l'impact au sol de la fosse et des haldes au site de la mine. On insiste sur l'importance d'une empreinte minimale, notamment pour la préservation de la biodiversité.

Au site de l'usine, on se questionne sur l'entreposage du stock de minerai avant son traitement. On veut connaître l'impact de la pile de résidus et comprendre le choix de son emplacement.

L'impact visuel de l'usine et de la pile de résidus est un enjeu mentionné dans le contexte de l'implantation du nouveau tronçon de la route 389, qui sera une route interprovinciale.

On souhaite savoir s'il sera nécessaire d'aménager une nouvelle route pour accéder à la mine.

On mentionne qu'il y aura empiètement sur les pistes de motoneige et de quad du nouveau tracé de la route 389.

On veut savoir s'il faudra une nouvelle ligne de transport d'énergie.

Salaires et conditions de travail

On mentionne qu'un travail en amont devra être fait pour modérer les attentes des candidats potentiels à l'embauche en matière de conditions salariales. Il est fort probable que la majorité des travailleurs de la région s'attende à ce qu'elles soient comparables à celles offertes par Alcoa.

On se demande si les ouvriers de la mine seront payés à partir de Baie-Comeau ou une fois arrivés au site.

On veut savoir comment seront organisés les quarts de travail.

Une question est posée relativement à une approche d'intéressements financiers ou de répartition des profits pour les employés.

Conciliation travail-famille

On veut s'assurer de mesures de conciliation travail-famille qui soient équitables pour les hommes comme pour les femmes. Au-delà de la politique écrite, on veut que la culture d'entreprise permette réellement aux pères en particulier d'exercer leur rôle au sein de la famille.

Résidus

On souhaite connaître la nature des résidus et comprendre leur mode de disposition.

On encourage les efforts de valorisation ou de co-disposition qui pourraient être entrepris.

Restauration du site et mécanismes de gestion environnementale

On insiste sur l'importance d'une restauration complète des écosystèmes affectés par les opérations. Pour cela, on souhaite que l'état initial du site ait été rigoureusement documenté. On souhaite connaître la nature de l'étude faunique complémentaire.

Engagement communautaire

On questionne l'entreprise sur ses intentions en matière d'engagement communautaire. On comprend qu'elle agira en fonction de ses moyens.

On souligne que l'apport à la vie communautaire peut se faire autrement que par des dons en argent, soit par le don ou le prêt d'équipements ou de services, le bénévolat des employés, etc.

On souhaite un processus de proposition de projets communautaires qui soit bien ancrée localement et simple pour les organismes demandeurs.

Une mention est faite relativement au soutien souhaité aux organismes culturels ainsi qu'aux organismes qui luttent contre la pauvreté.

Transport du produit fini

On souhaiterait que le transport puisse emprunter la voie maritime depuis Baie-Comeau.

On s'inquiète du trafic déjà important sur la route 138.

On évoque le traversier-rail comme une solution à envisager.

Bruit

On craint l'impact du bruit des opérations à la mine sur le caribou ainsi que sur les autres usagers du territoire (la pourvoirie Sentinelle du Nord et les détenteurs de baux).

Une question est posée concernant le bruit généré par le procédé de concentration (concassage).

Financement

On veut savoir si le financement progresse bien.

On s'intéresse à la composition de l'actionnariat.

À Pessamit, une personne exprime une crainte que le Conseil doive investir dans le projet ou qu'il y perde de l'argent.

Gaz à effet de serre (GES)

On souhaite qu'elles soient minimisées et que les mécanismes de compensation soient établis avec la collaboration locale de l'OBV Manicouagan, qui offre ces services.

Une question d'approfondissement est posée concernant le choix de l'emplacement de l'usine considérant le transport qui est ainsi requis pour le minerai avant son traitement.

On encourage la plantation d'arbres au club de golf pour compenser le déboisement dans le parc industriel.

Transport entre la mine et l'usine

On s'informe sur les modalités du transport entre la mine et l'usine (combien de camions, quel type de véhicules, quel horaire, etc.).

On veut savoir si le nouveau tronçon de raccordement de la route 389 à la route industrielle sera prêt au début de l'exploitation.

Matières dangereuses

On souhaite connaître les matières dangereuses qui entrent dans les opérations – notamment les réactifs utilisés dans le procédé de concentration – et s'assurer d'un mode de disposition sécuritaire pour les personnes et l'environnement.

Siège social et gouvernance

On émet des réserves quant au choix de l'implantation d'un siège social distant de Baie-Comeau. On veut être rassuré sur le niveau de décision et de responsabilité qui sera accordé aux gestionnaires locaux. On craint que les orientations stratégiques soient déconnectées des réalités du milieu.

On souhaite savoir par quels moyens concrets l'entreprise entend mettre en œuvre sa gouvernance participative. On se demande si le fait que l'entreprise soit cotée en bourse peut être un frein à l'implication et à la consultation des communautés locales à long terme.

Échéancier du projet

On veut savoir quand surviendra l'entrée en production.

On demande si les opérations à la mine peuvent débuter avant que la construction de l'usine soit terminée.

Patrimoine archéologique

On veut s'assurer qu'un inventaire archéologique a été réalisé au site de la mine.

Annexe 3C

Étude de condamnation pour les infrastructures du site du Lac Guéret – octobre 2016



MASON GRAPHITE

**Étude de condamnation pour les
infrastructures du site de Lac Guéret,
Québec, Canada**

MASON GRAPHITE

Préparé pour :

Jean L'Heureux, M. ing.

Vice-Président Exécutif, Développement du Procédé

Mason Graphite Inc.

Préparé par :

Merouane Rachidi, géo, Ph. D.

Rapport du 31 Octobre 2016



MASON GRAPHITE

Octobre 2016

Table des matières

Résumé.....	5
1 Introduction.....	6
2 Base de données.....	6
3 Description.....	7
4 Géologie et type de dépôts.....	9
5 Géométrie de la minéralisation du Lac Guéret	12
6 Justifications sur le choix de l'emplacement des haldes à stérile	16
7 Références.....	19
8 Annexes	20

Liste des figures

Figure 1 : Localisation des forages et des limites de la fosse 25 ans ainsi que la limite des haldes à stérile (coordonnées en UTM, NAD83).	7
Figure 2 : Localisation de la propriété Lac Guéret	8
Figure 3 : Localisation des claims de Mason Graphite.	9
Figure 4 : Stratigraphie régionale (modifié de Lyons et al, 2012).	10
Figure 5 : Interprétation de la chronologie des différentes générations de plissement de la propriété Lac Guéret réalisée par Géoservices GoldMinds.	11
Figure 6 : Graphite observé sous le microscope optique en lumière réfléchie (Grondin et al., 2015).	12
Figure 7: Vue de plan de la zone Lac Guéret avec les enveloppes minéralisées (corps 1, 2 et 3) modélisées en utilisant les données de forages ainsi que les limites de la fosse 25 ans et des haldes à stérile.	13
Figure 8: Vue de profil vers le NE de la zone Lac Guéret avec les enveloppes minéralisées et les limites de la fosse 25 ans ainsi que des haldes à stérile.	13
Figure 9: Vue en section (section 700) des enveloppes minéralisées (Corps 1, Corps 2 et Corps 3).	14
Figure 10: Vue en section (section 1100) des enveloppes minéralisées avec la limite de la fosse 25 ans.	14
Figure 11: Vue en section (section 1450) des enveloppes minéralisées et de la limite de la fosse 25 ans.	15
Figure 12: Vue longitudinale (01) de la minéralisation, de la limite de la fosse et des haldes à stérile.	16
Figure 13: Les limites des fosses 25 ans et 212 ans ainsi que les limites des haldes à stérile.	17
Figure 14: Localisation approximative des haldes à stérile sur la carte du champ magnétique total résiduel haute résolution (source gouvernement du Québec, SIGÉOM).	18

Liste des annexes

Annexe 1: Vue de plan avec la trace des sections.....	21
Appendix 2: Section 700.....	22
Appendix 3: Section 1100.....	23
Appendix 4: Section 1450.....	24
Appendix 5: Section longitudinale 01.....	25
Appendix 6: Section Longitudinale 02.....	26

Résumé

La présente étude valide le choix de l'emplacement pour les haldes à stérile et à mort-terrain par rapport à la localisation des ressources minérales de la propriété du Lac Guéret.

Lors de l'étude de faisabilité réalisée en 2015 plusieurs emplacements pour les haldes à stérile ont été évalués. Le site des haldes à stérile choisi présente des avantages environnementaux, opérationnels et économiques sans toutefois bloquer d'aucune façon l'accès aux ressources minérales

La bonne connaissance du gisement du Lac Guéret, en se basant sur la modélisation 3D des unités géologiques, nous a permis de confirmer que l'emplacement retenu du site des haldes à stérile et à mort terrain n'est pas sur une zone minéralisée et cela sans avoir recours à des forages de condamnation.

Les données de magnétométrie confirment aussi que le site des haldes à stérile ne montre aucune anomalies et ne présente aucun intérêt minier.

1 Introduction

Mason Graphite Inc. a confié à Géoservices GoldMinds Inc. (GMG) le mandat de faire une étude de condamnation pour les infrastructures du site Lac Guéret. Plusieurs emplacements ont été évalués pour les haldes à stérile et à mort-terrain lors de l'étude de faisabilité réalisée en 2015; l'emplacement retenu présente des avantages environnementaux, opérationnels et économiques sans toutefois bloquer d'aucune façon l'accès aux ressources minérales.

Cette étude valide le choix de cet emplacement pour les haldes à stérile et à mort-terrain par rapport à la localisation des ressources minérales. Par mesure de simplification, les haldes à stérile et à mort-terrain sont identifiées comme haldes à stérile dans le reste de ce document.

Cette étude a été effectuée en utilisant des données de forage existantes ainsi que des données de tranchées et de magnétométrie.

2 Base de données

Les données utilisées pour cette étude sont tirées de :

- 197 forages (43 324 mètres);
- 4 tranchées (987 mètres);
- La modélisation géométrique 3D des enveloppes des corps minéralisées;
- La modélisation géométrique 3D de la fosse 25 ans;
- La modélisation géométrique 3D des haldes à stérile;
- Du champ magnétique total résiduel haute résolution de la région étudiée.

La Figure 1 ci-dessous présente la localisation des forages et de la future fosse ainsi que l'emplacement considéré pour les haldes à stérile.

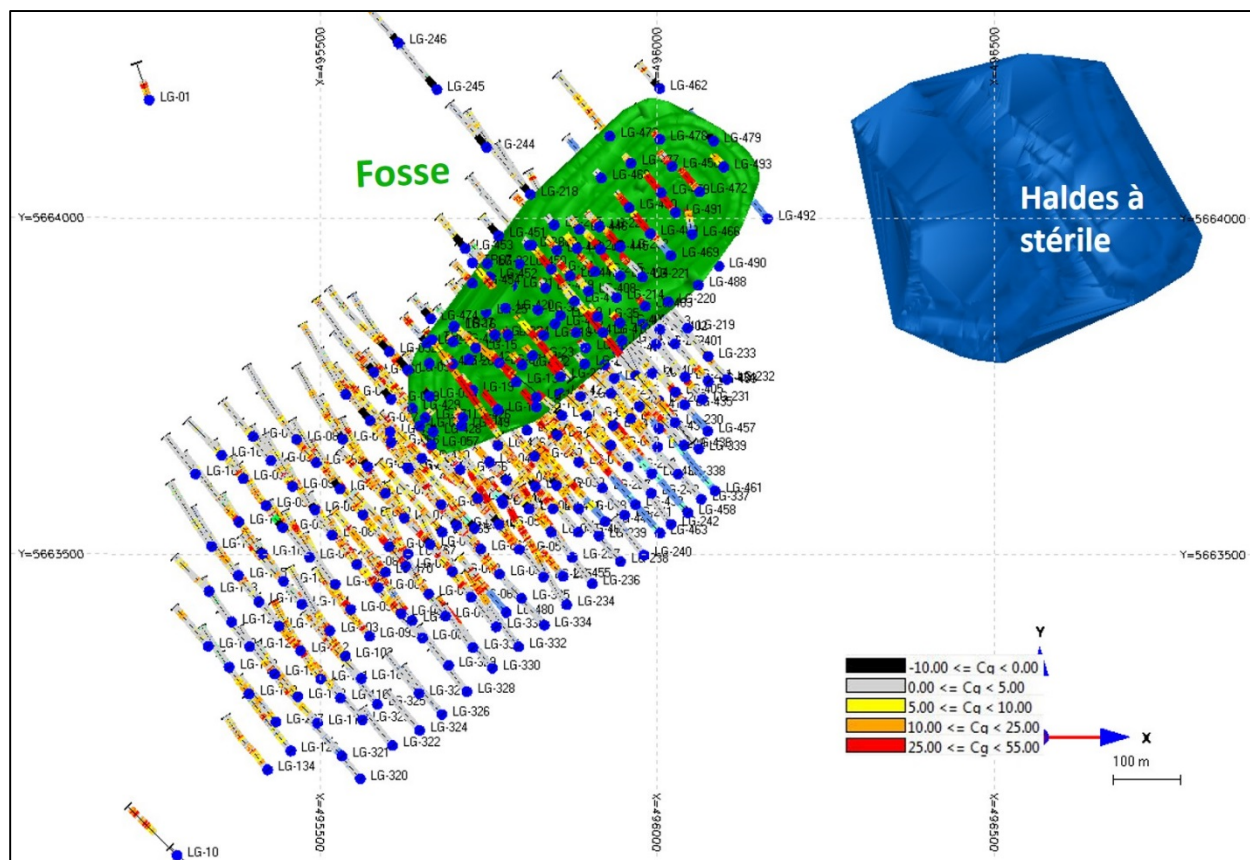


Figure 1 : Localisation des forages et des limites de la fosse 25 ans ainsi que la limite des haldes à stérile (coordonnées en UTM, NAD83).

3 Description

Mason Graphite détient 215 claims (CDC) couvrant 11 630,34 hectares répartis sur les feuillets topographiques 22N03 et 22K04. Ces claims sont regroupés en trois blocs distribués au nord, au sud et à l'ouest; Mason Graphite détient 100% des intérêts de ces claims (Figure 2).

La propriété du Lac Guéret, qui fait partie du bloc nord, est située à environ 300 kilomètres par route au nord de la ville de Baie-Comeau, région de la Côte-Nord dans la province de Québec. Cette propriété est localisée aux coordonnées $51^{\circ}07'N$ et $69^{\circ}05'O$; le réservoir Manicouagan se situe à la limite nord-est du bloc de claims nord. Le site est accessible via la route 389 qui mène de Baie-Comeau à Fermont et le chemin forestier 202 construit dans les années 2000 par la compagnie forestière Kruger à partir du km 202 de la route 389.



Figure 2 : Localisation de la propriété Lac Guéret

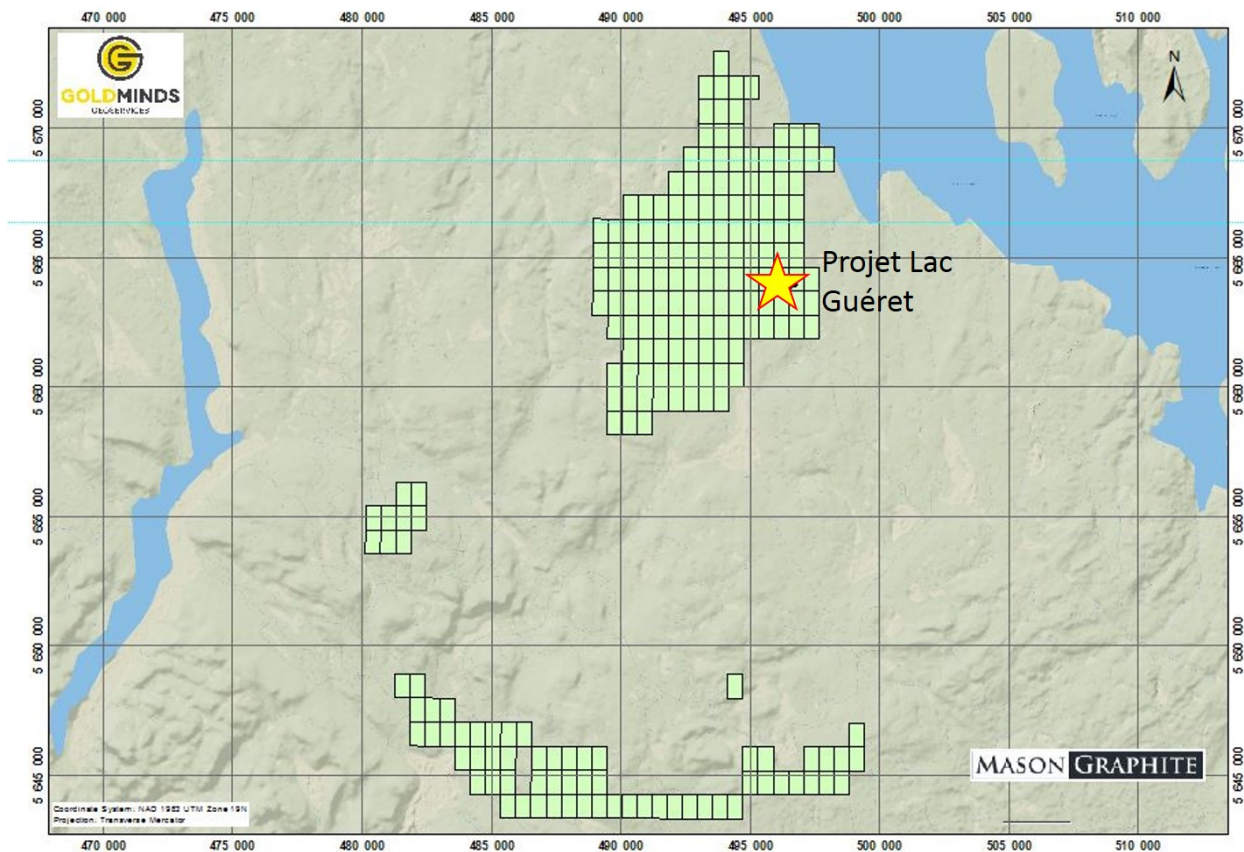


Figure 3 : Localisation des claims de Mason Graphite.

4 Géologie et type de dépôts

La région de la propriété du Lac Guéret se situe dans la partie allochtone polycyclique du Grenville. La géologie y est constituée de métasédiments du Groupe de Gagnon qui selon Rivers et al. (1989) est l'équivalent de Groupe de Knob Lake dans la région de Labrador City/Fermont.

Les métasédiments du Groupe de Gagnon reposent en discordance sur les gneiss du Complexe de Ulamen. Toutes ces roches ont été intensément déformées lors de l'Orogénie du Grenville et sont passées du faciès des schistes verts au faciès des granulites il y a, $\pm 1,1$ Ga (Hoqc, 1994).

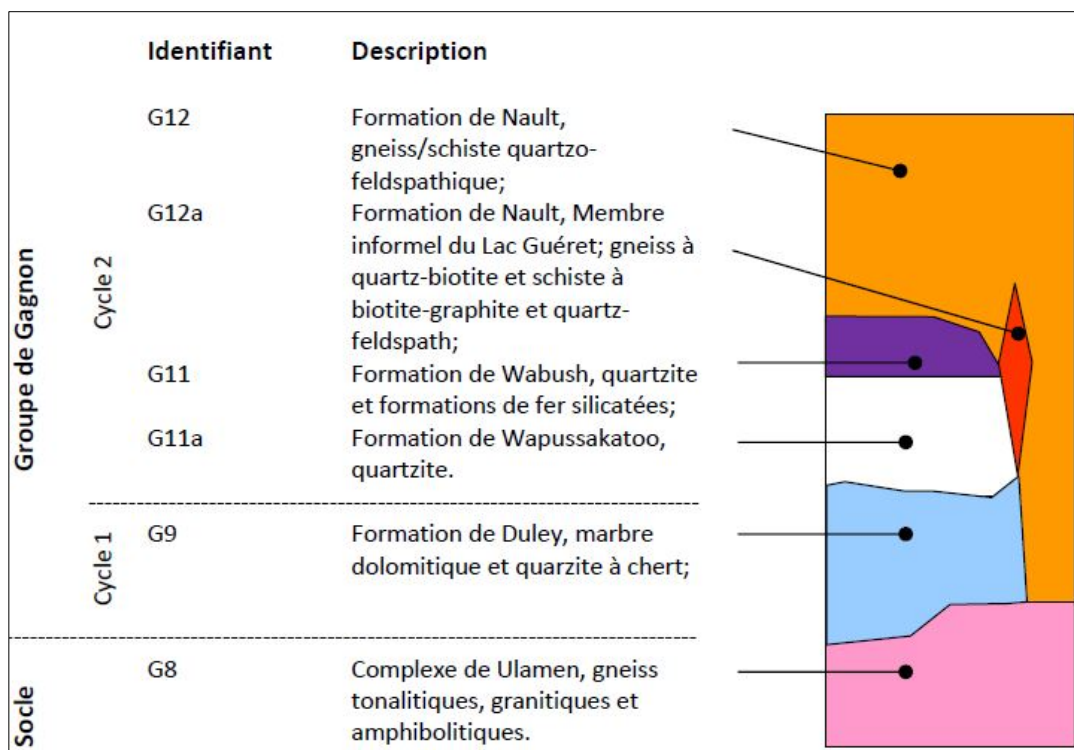


Figure 4 : Stratigraphie régionale (modifié de Lyons et al, 2012).

Dans la région de la propriété, les métasédiments issus de deux cycles de dépositions du Groupe de Gagnon (équivalent du Groupe de Knobe Lake, Figure 4) reposent sur les gneiss du Complexe de Ulamen (équivalent incertain du Groupe de Katsao). Stratigraphiquement de la base au sommet, le Groupe de Gagnon se compose des formations suivantes : la Formation de Duley (équivalent de la Formation de Denault), la Formation de Wapussakatoo (équivalent de la Formation de Wishart), la Formation de Wabush (équivalent de la Formation de Sokoman) et la Formation de Nault (équivalent de la Formation de Menihék). La Formation de Nault est l'hôte des gîtes de graphite et la Formation de Wabush renferme les gîtes de fer de type Supérieur (Figure 4).

Les roches archéennes de la région (Complexe de Ulamen) ont subi, comme toutes les roches de la Province du Supérieur, une déformation kénoréenne (D1) qui a créé une schistosité (S1). Cette déformation a été oblitérée par l'intensité de l'orogénie du grenvillien. Selon Moukhsil et al. 2013, c'est la déformation attribuée à ce dernier (D2) qui aurait permis le démembrement du Groupe de Gagnon et du coup oblitérant les discordances avec les roches archéennes du Complexe de Ulamen.

Les unités minéralisées en graphite du Membre du Lac Guéret se présentent sous forme de lentilles et de lits présentant de forts raccourcissements. S'additionnant à la déformation D2, une déformation D3 est aussi reconnue pour avoir contrôlé la mise en place des dépôts de graphite selon une attitude NE et pendage SE dans la région du Lac Guéret (Daigneault, 2004).

GMG a réalisé un modèle géologique en utilisant la base de données de forage. Sur ce modèle, nous interprétons plusieurs plis orientés NE-SO et NO-SE (Figure 5). Un schéma a été réalisé par GMG qui décrit les interprétations de la chronologie des trois générations de plissement (Figure 5). En utilisant le modèle géologique effectuée par GMG, trois phases de plissement ont été interprétées. L'axe du plissement de la première et de la deuxième génération sont orientés NE-SO et l'axe de la troisième génération de plissement est orientée NO-SE.

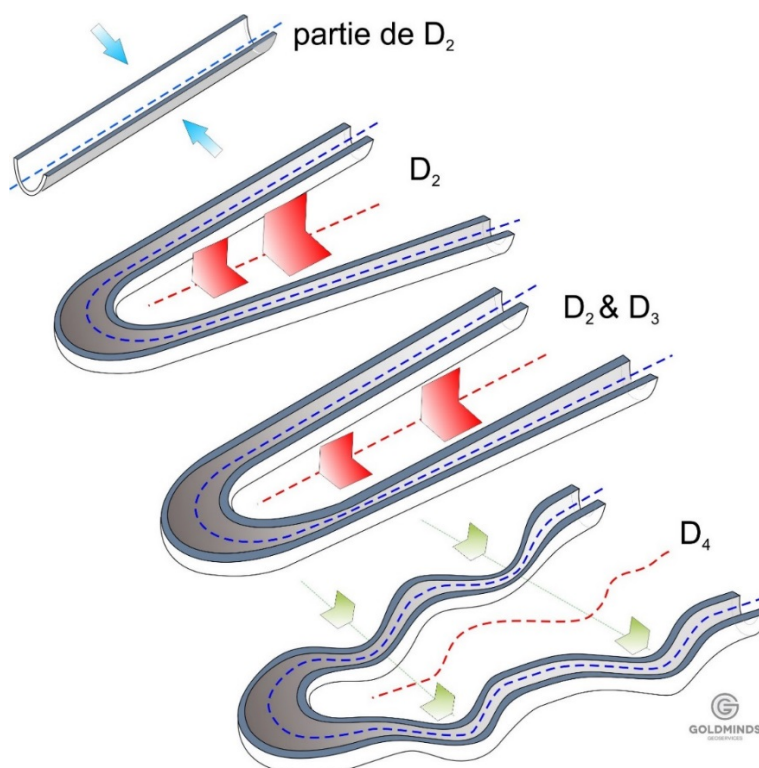


Figure 5 : Interprétation de la chronologie des différentes générations de plissement de la propriété Lac Guéret réalisée par Géoservices GoldMinds.

Les roches hôtes des minéralisations de graphite sont des sédiments intensément métamorphisés et plissés par différentes phases principalement liées à l'Orogénie du Grenville. En se basant sur l'indice GC du Lac Guéret, trois unités géologiques ont été identifiées (Turcotte et Caron, 2014) :

G12aU1 (de 5 % à 10 % Cg), G12aU2 (de 10% à 25 % Cg) et G12aU3 (>25 % Cg). Cette nomenclature, U1, U2 et U3, a été conservée pour la description des intersections minéralisées en graphite. Dans les unités U1/U2 (5% à 25 % Cg), le graphite se présente en petites paillettes < 4 mm dans une matrice gneissique quartzo-feldspathique à biotite/hornblende (Figure 6). Les unités U3 (> 25 % Cg) présentent une granulométrie habituellement fine avec présence de textures allant d’ultra-mylonite à cataclasite. Dans cette unité, le graphite est généralement dans la matrice et recristallisée avec des paillettes pouvant aller jusqu’à près de 10 mm.

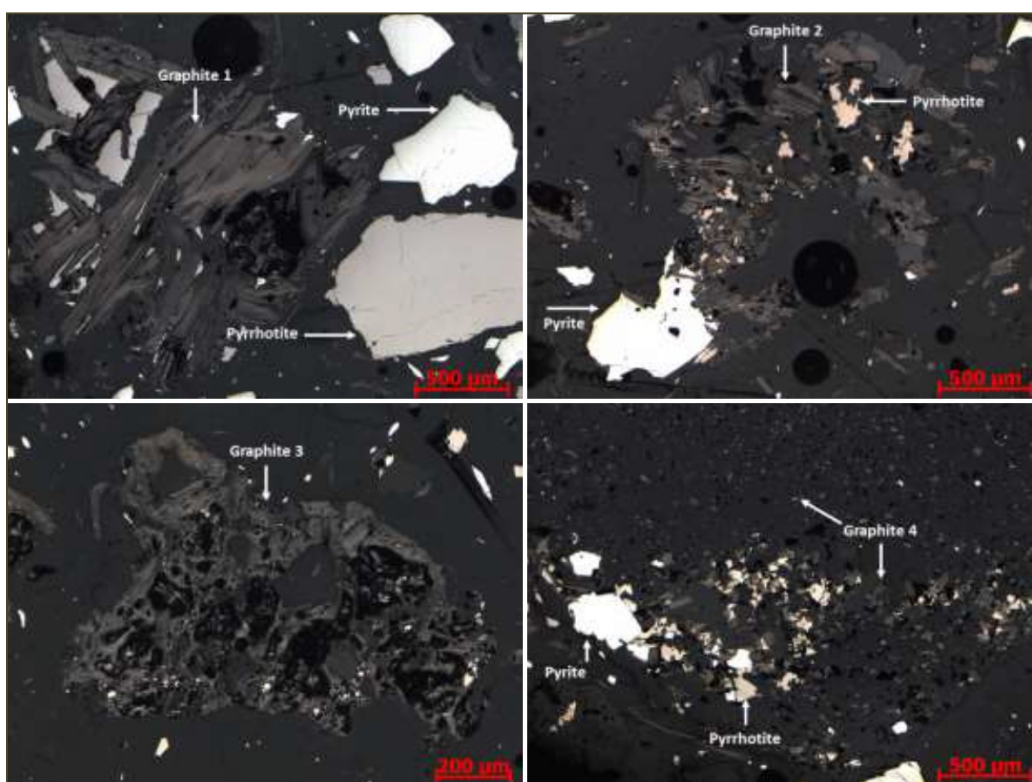


Figure 6 : Graphite observé sous le microscope optique en lumière réfléchie (Grondin et al., 2015).

5 Géométrie de la minéralisation du Lac Guéret

Dans la propriété du Lac Guéret, les résultats de forage ont permis d’interpréter trois enveloppes minéralisées. L’enveloppe principale (Corps 1) qui s’étend sur une longueur d’environ 1 290 mètres. Les deux autres enveloppes (Corps 2 et 3) sont plus petites et se localisent sur les parties Sud et Sud-Ouest de la propriété (Figure 7, 8, 9, 10, 11 et 12).

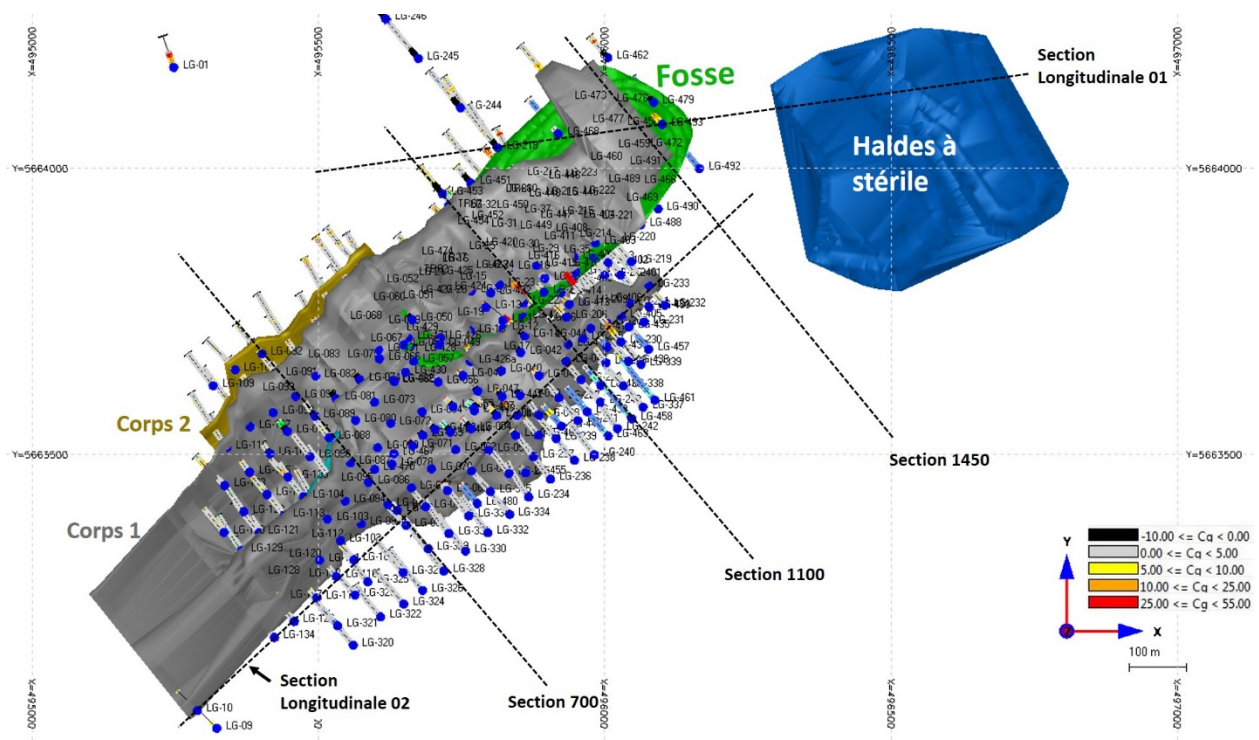


Figure 7: Vue de plan de la zone Lac Guéret avec les enveloppes minéralisées (corps 1, 2 et 3) modélisées en utilisant les données de forages ainsi que les limites de la fosse 25 ans et des haldes à stérile.

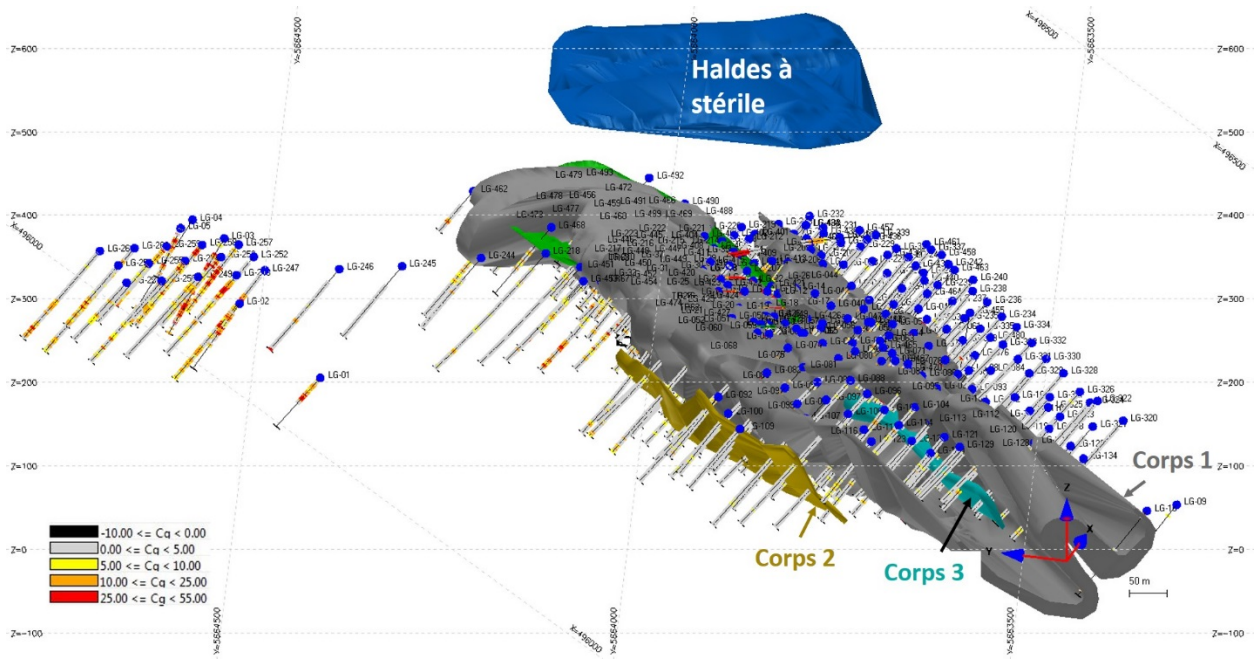


Figure 8: Vue de profil vers le NE de la zone Lac Guéret avec les enveloppes minéralisées et les limites de la fosse 25 ans ainsi que des haldes à stérile.

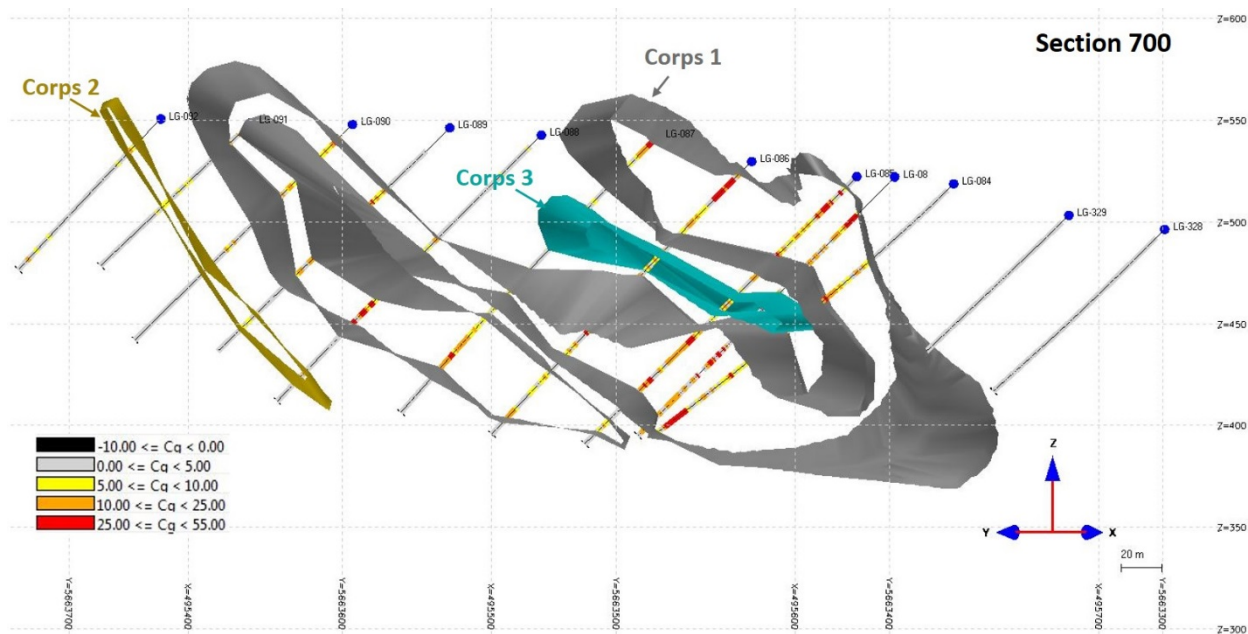


Figure 9: Vue en section (section 700) des enveloppes minéralisées (Corps 1, Corps 2 et Corps 3).

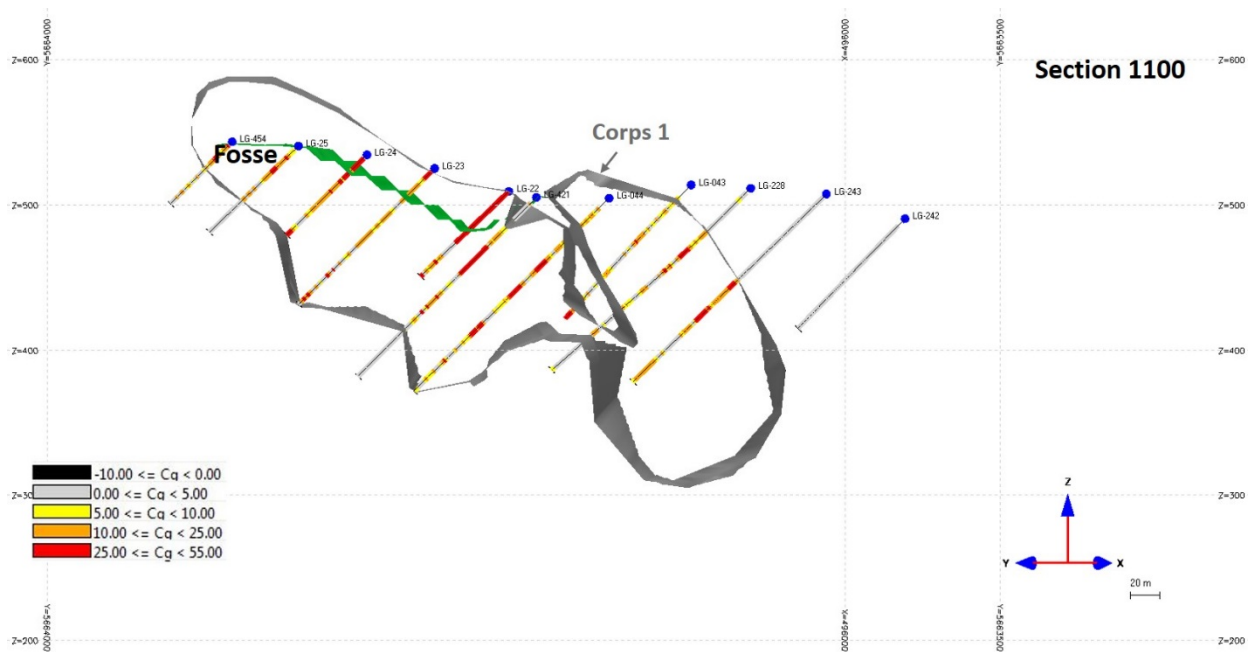


Figure 10: Vue en section (section 1100) des enveloppes minéralisées avec la limite de la fosse 25 ans.

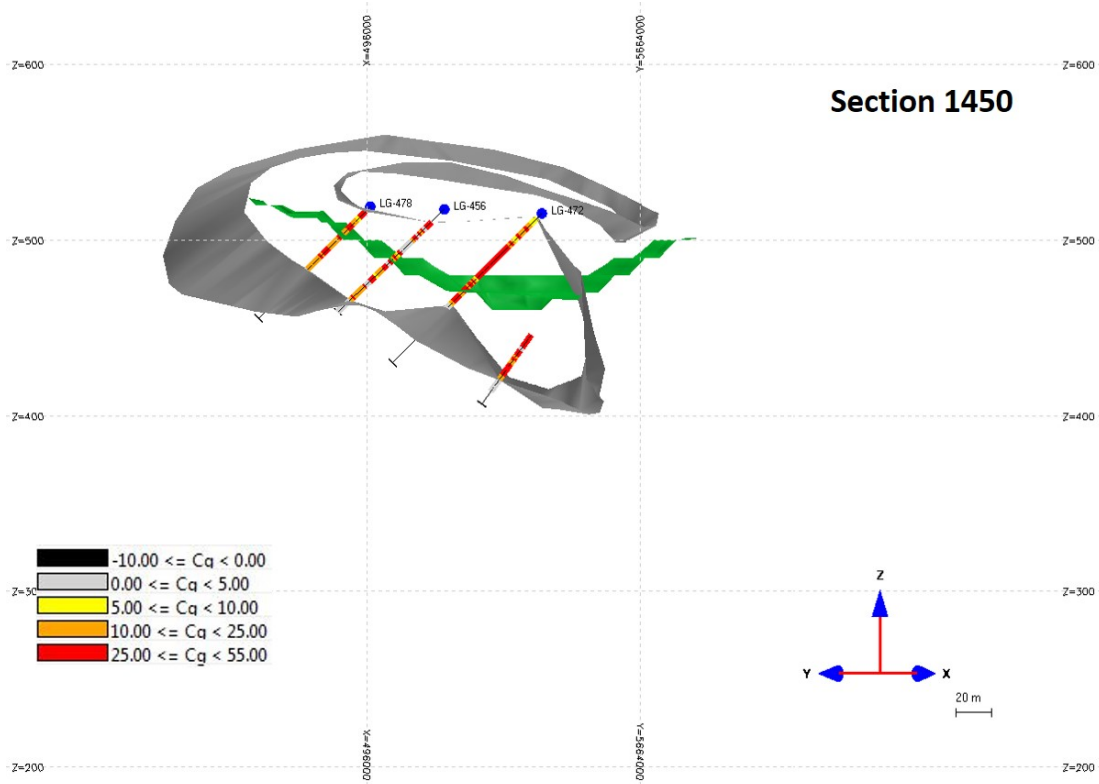


Figure 11: Vue en section (section 1450) des enveloppes minéralisées et de la limite de la fosse 25 ans.

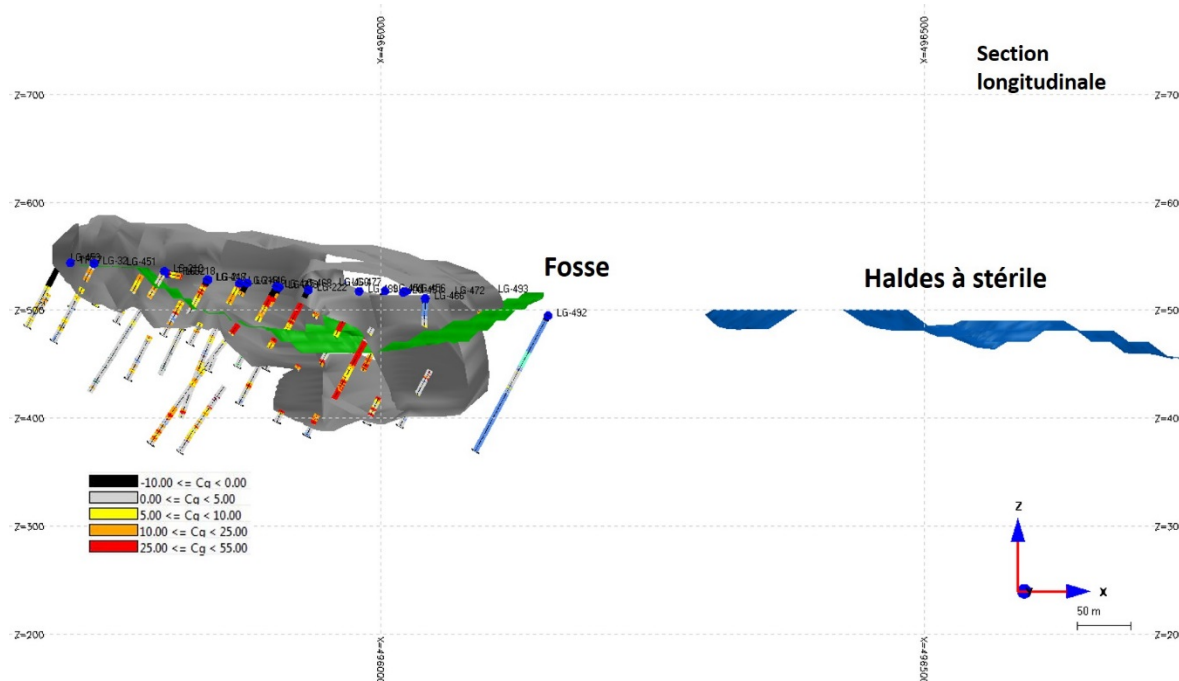


Figure 12: Vue longitudinale (01) de la minéralisation, de la limite de la fosse et des haldes à stérile.

L'interprétation des résultats de forage de la propriété Lac Guéret et la modélisation des enveloppes permettent de voir que les unités porteuses de minéralisations de graphite sont plissées avec un axe majeur de plis orienté N40. Comme le montrent les Figure 8, Figure 9 et Figure 10, la minéralisation ne s'étend pas sur la partie Est de la fosse et se termine en biseau sur la partie Nord du corps 1 (Figure 10 et 11).

6 Justifications sur le choix de l'emplacement des haldes à stérile

Les connaissances géologiques du dépôt de Lac Guéret, la modélisation 3D des enveloppes minéralisées ainsi que la carte magnétométrique de la région nous suffisent pour justifier le choix de l'emplacement proposé pour les haldes à stérile; aucun trou de forage n'est par conséquent nécessaire.

- Les résultats des analyses de forage sur la propriété indiquent que la partie Est du corps 1 montrent de très faibles teneurs en graphite sur une distance d'environ 1 200 mètres (Figures 7 et 12). Ces résultats témoignent que la minéralisation de graphite ne s'étend pas

vers la partie Est du corps 1 (voir en annexe les sections). Les limites des fosses 25 ans et 212 ans (fosse ultime pour miner l'ensemble des ressources minérales) sont plus à l'ouest des Haldes à stérile (Figure 13). En cas d'élargissement de la fosse 25 ans l'emplacement des haldes à stérile ne présente aucun problème vu l'extension des ressources minérales plus vers le sud-ouest de la fosse 25 ans.

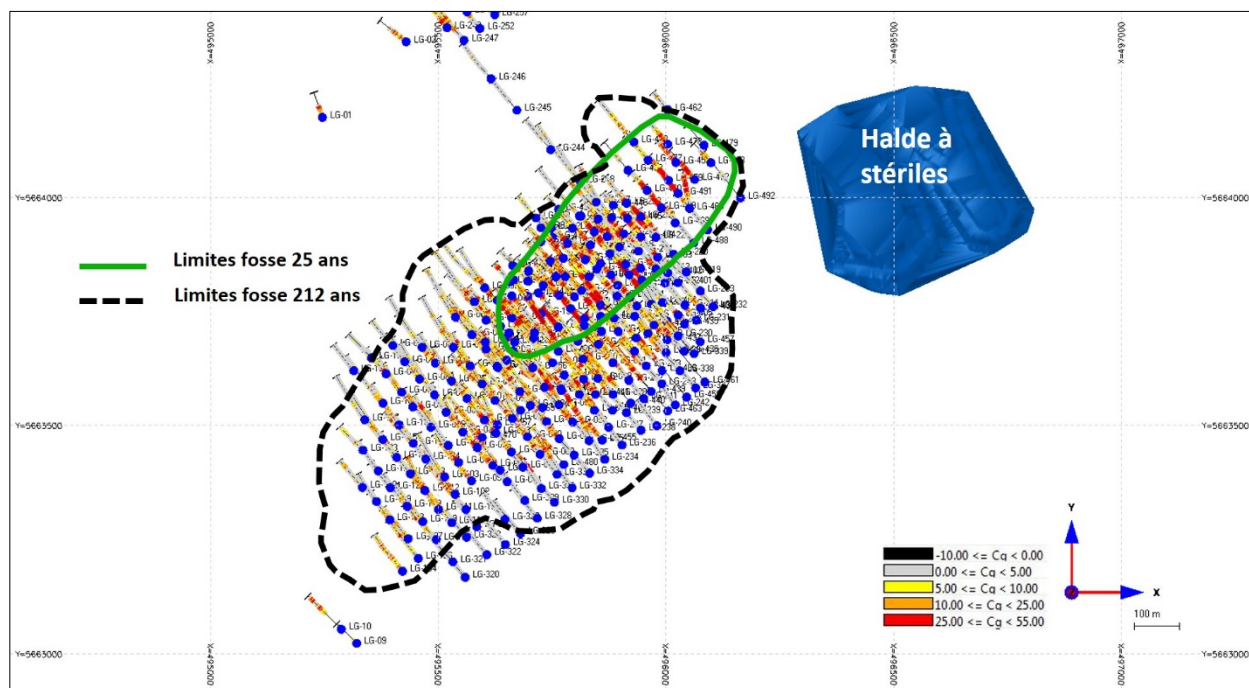


Figure 13: Les limites des fosses 25 ans et 212 ans ainsi que les limites des haldes à stérile.

- La modélisation 3D a permis de définir la géométrie ainsi que l'orientation des corps minéralisés. Les figures 9 et 10 montrent que le corps minéralisé (corps 1) qui va faire l'objet de l'exploitation a subi plusieurs phases de plissement. Ce corps 1 montre des axes de plis synclinal et anticlinal (Plis D2 et D3). Les flancs de ces plis sont inclinés avec un pendage vers le SE et qui deviennent plus minces en allant vers le Nord.
- Afin de mieux justifier l'emplacement des haldes à stérile nous avons utilisé les données de magnétométrie associées au champ magnétique total résiduel haute résolution de la propriété Lac Guéret (SIGEOM). Ces données indiquent que le dépôt du Lac Guéret coïncide à une zone de forte anomalie magnétique (Figure 14). Cette anomalie est

fortement associée aux unités porteuses de minéralisation de graphite. La projection des limites du site des haldes à stérile proposé sur la carte du champ magnétique total résiduel haute résolution montre que les haldes se situent sur une zone où aucune anomalie magnétique ne se retrouve.

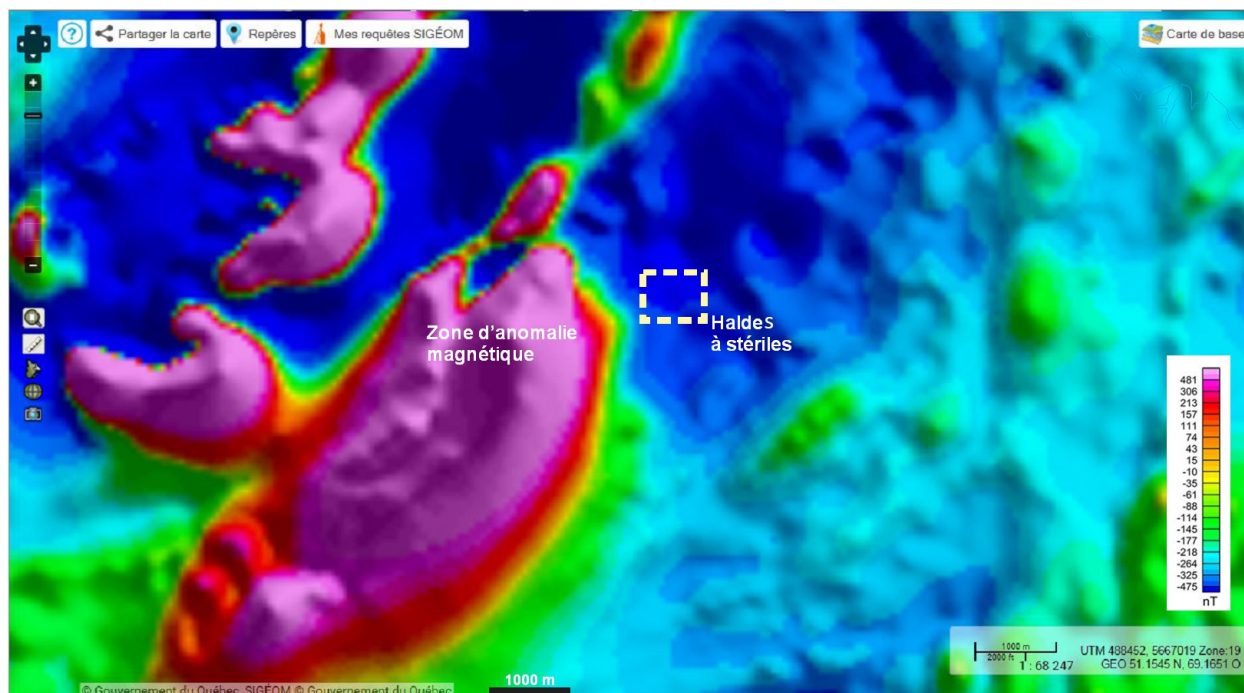


Figure 14: Localisation approximative des haldes à stérile sur la carte du champ magnétique total résiduel haute résolution (source gouvernement du Québec, SIGÉOM).

En conclusion, la bonne connaissance du gisement du Lac Guéret en se basant sur la modélisation 3D des unités géologiques, les données de magnétométrie ainsi que les limites des fosses 25 ans et 212 ans ont permis de faire le bon choix pour l'emplacement des haldes à stérile. Il est aussi important de réitérer que la qualité et la quantité des données disponibles sont suffisantes pour qu'aucun forage de condamnation ne soit nécessaire afin de garantir que le site choisi pour les haldes à stérile n'est pas sur une zone minéralisée et ne présente aucun intérêt minier.

7 Références

Daigneault, R, 2004. Projet Lac Guéret – Sommaire des observations structurales. Soquem Inc. & Quinto Technology Inc., rapport interne, 6 p.

Grondin, T., Guimond-Rousson, J., Bouzahzah, H., et Demers, I. 2015. Tests métallurgiques et travaux associés pour Mason Graphite – Essais sur carottes de forage. Unité de recherche et de service en technologie minérale, Rapport final PU-2014-10-931, 42p.

Hoqc, M., 1994. Introduction et La Province de Grenville, in Géologie du Québec. MERN, Gouvernement du Québec, MM 94-10, pp. 1-6 et pp. 75-94.

Lyons, E.M., Saucier, G., Magnant, M. 2012. NI43-101 Technical Report on the Lac Guéret Graphite Project. Roche Ltee pour Mason Graphite Inc., 84 p., documents déposés sur SEDAR, Autorités Canadiennes des Valeurs Mobilières, (www.sedar.com).

Moukhsil, A., Solgadi, F., Clark, T., Blouin, S., Indares, A., W. Davis, D. W., 2013. Géologie du nordouest de la région du barrage Daniel-Johnson (Manic 5), Côte-Nord. MERN, Gouvernement du Québec, RG 2013-01, 44p.

Rivers, T. J. Martignole, C.F. Gower, and A. Davidson, 1989. New tectonic divisions of the Grenville Province, southeast Canadian Shield. *Tectonics*, v.8, pp 63-84.

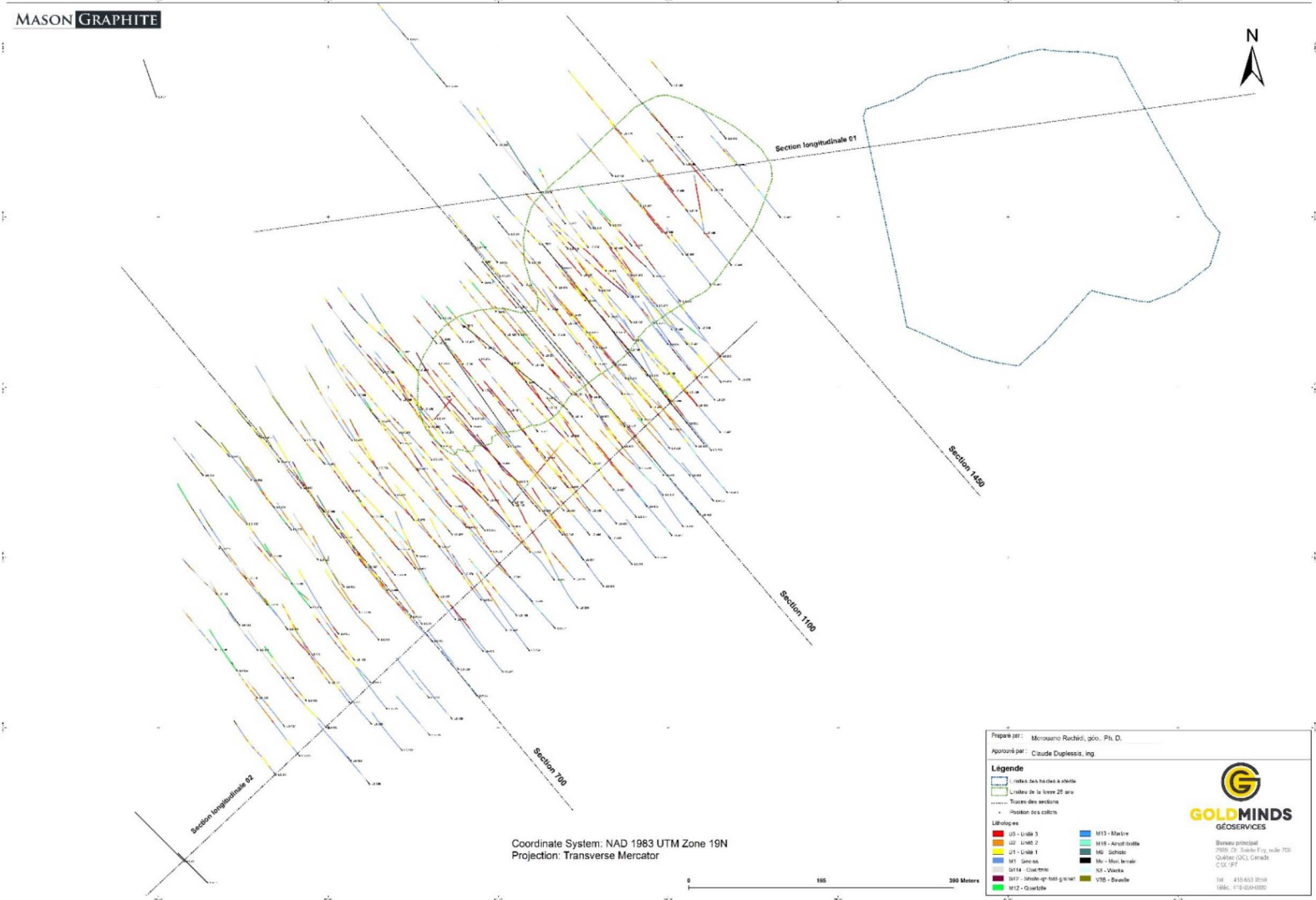
SIGEOM, Carte Interactive, Champ magnétique total résiduel haute résolution, Ministère de l'Énergie et des Ressources Naturelles du Québec (<http://sigeom.mines.gouv.qc.ca>).

8 Annexes

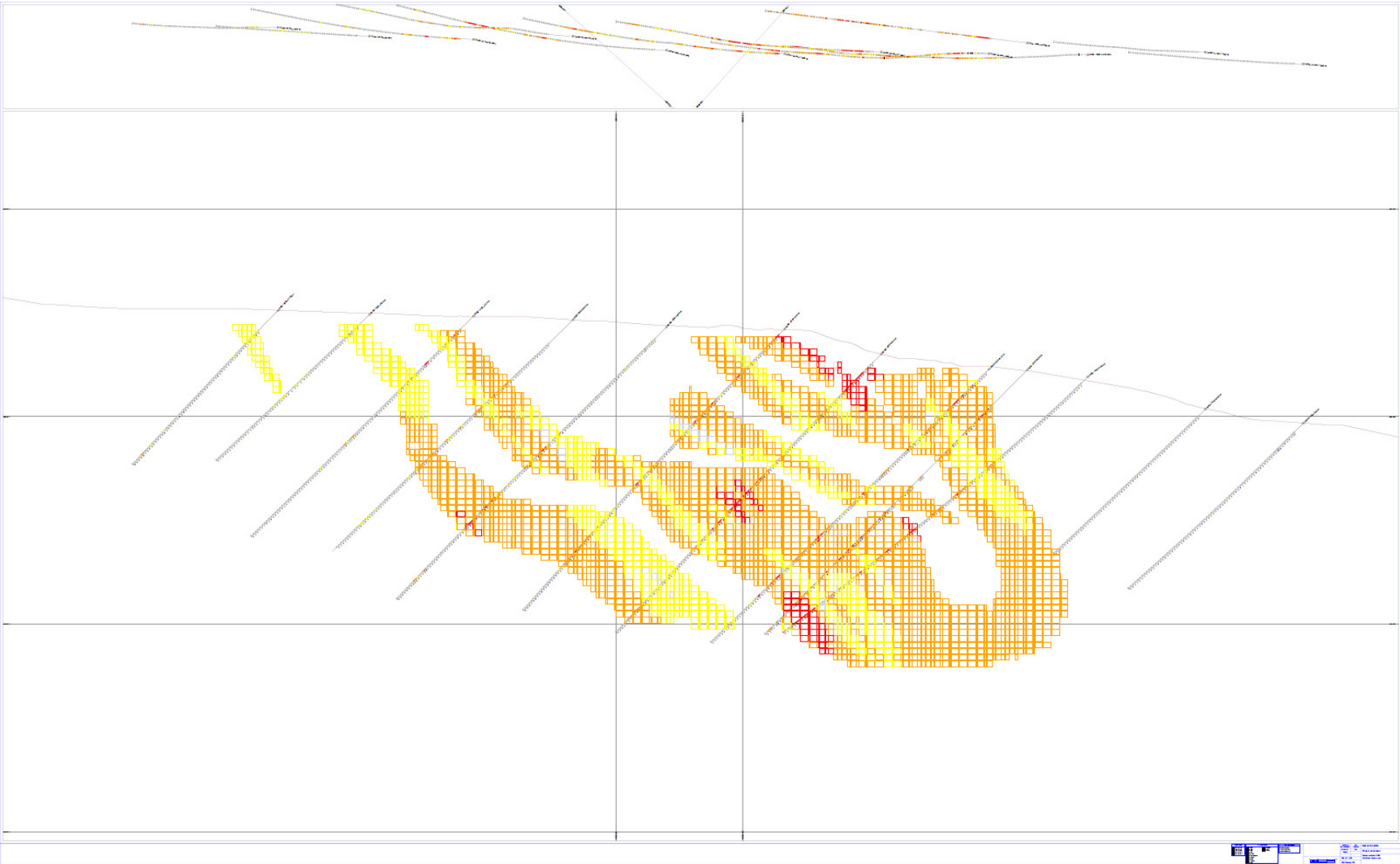


Octobre 2016

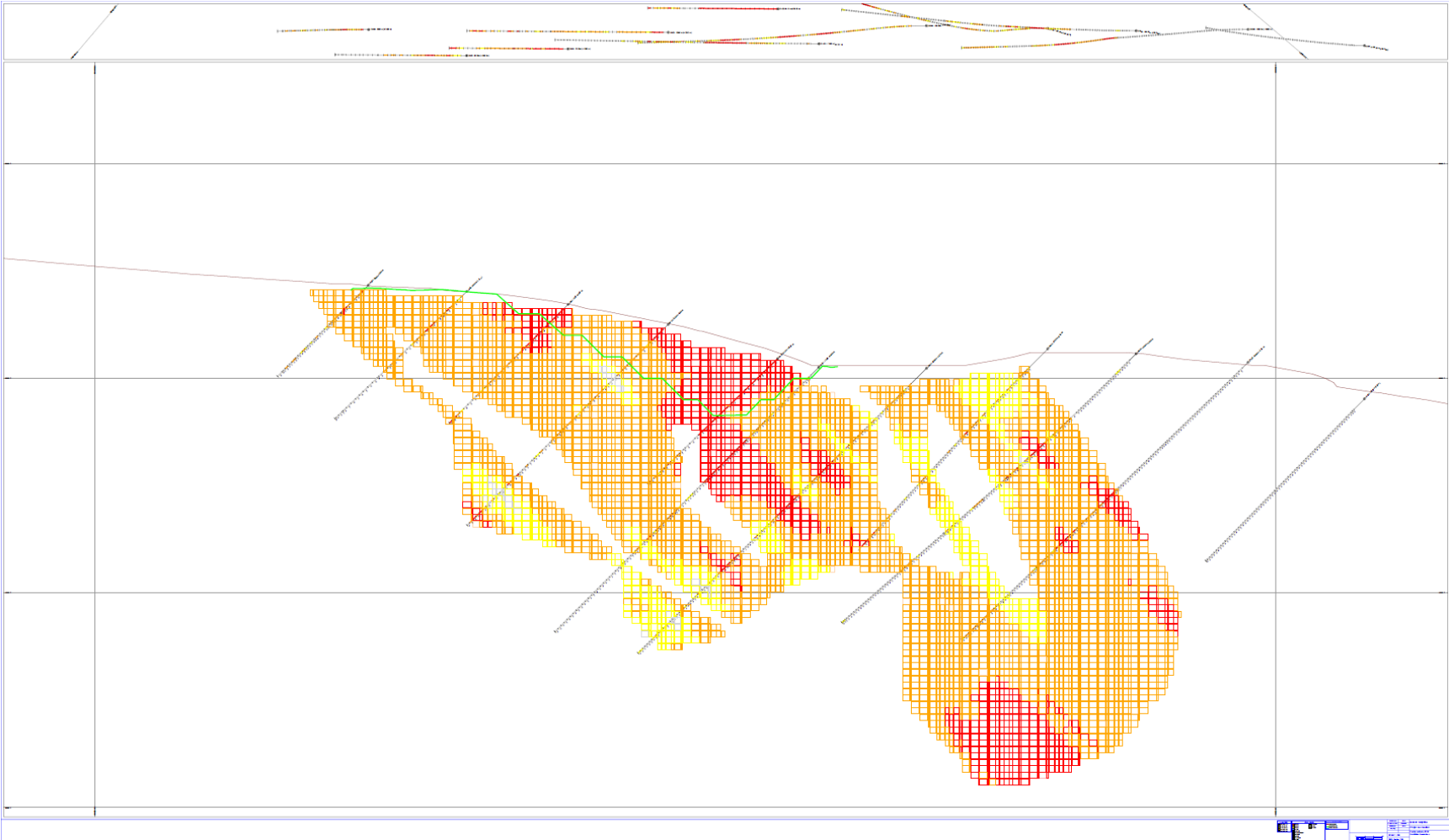




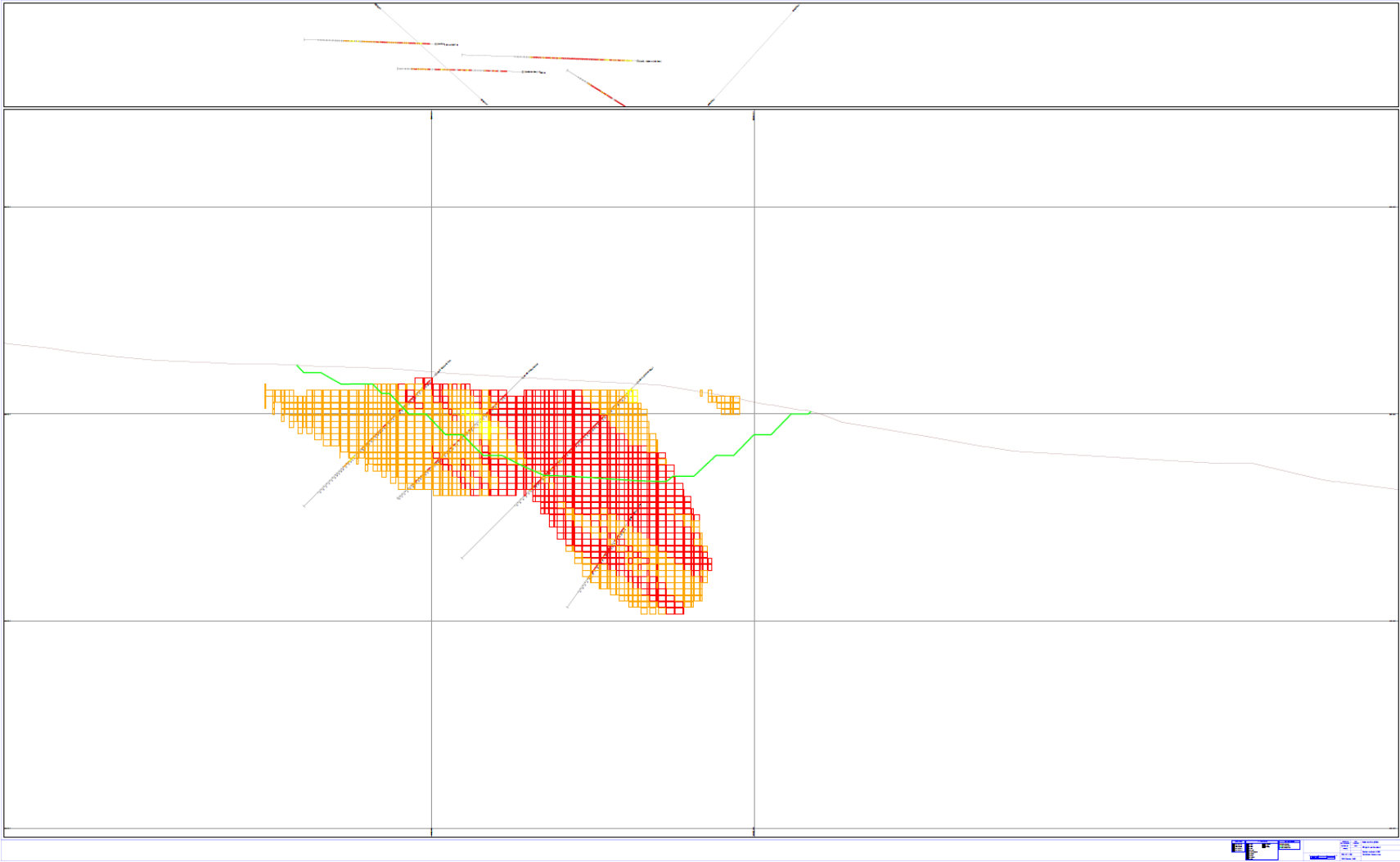
Annexe 1: Vue de plan avec la trace des sections.



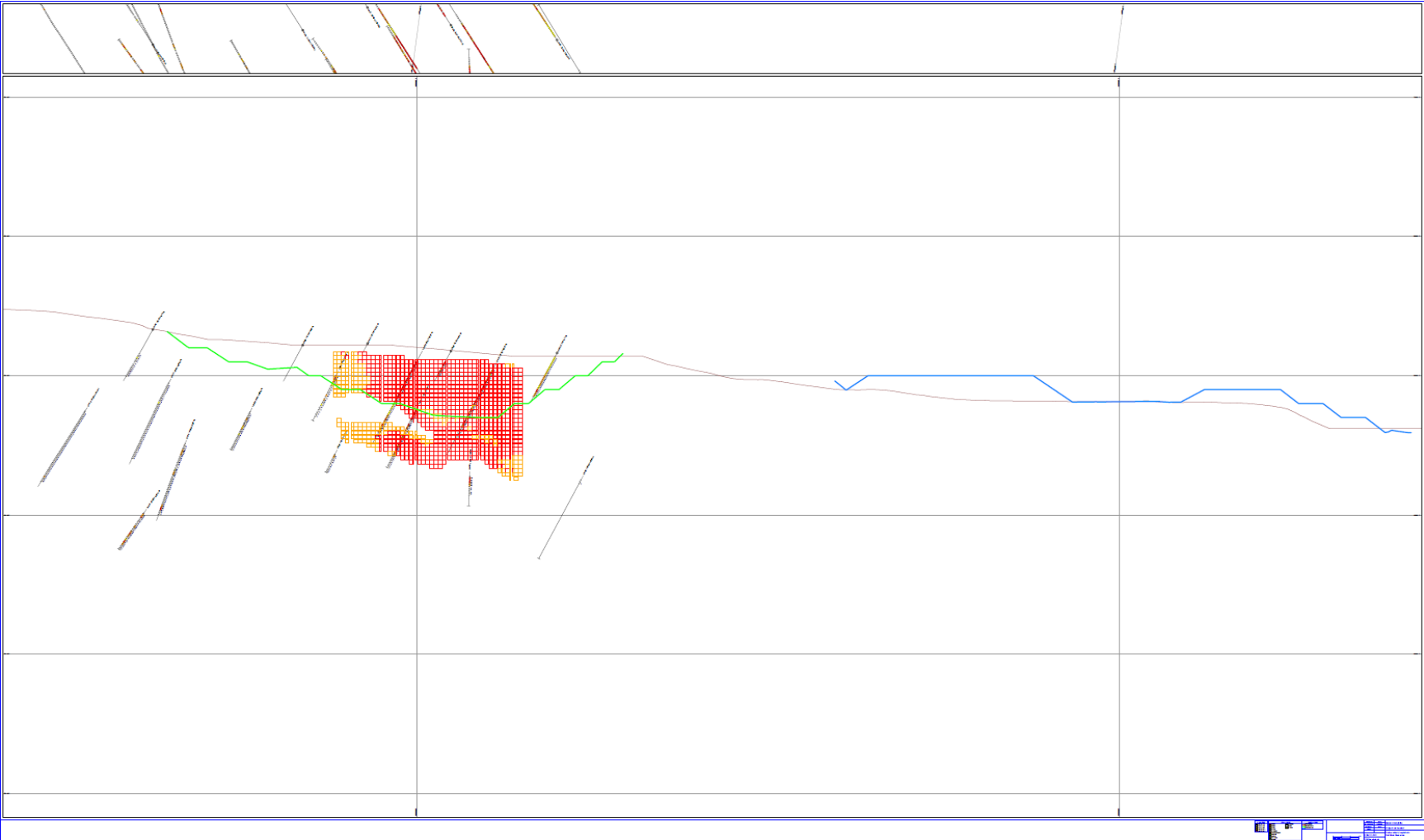
Appendix 2: Section 700.



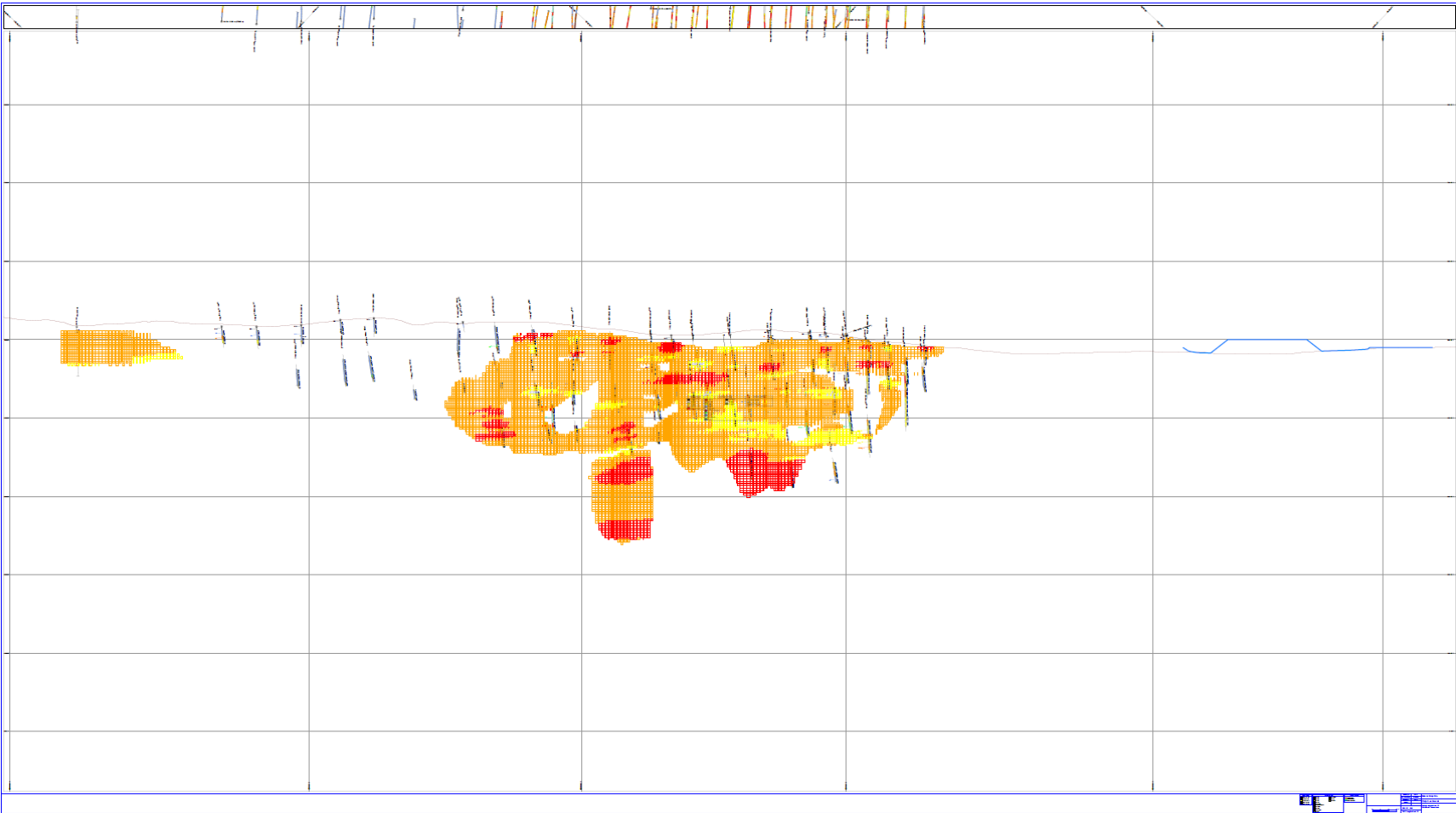
Appendix 3: Section 1100.



Appendix 4: Section 1450.



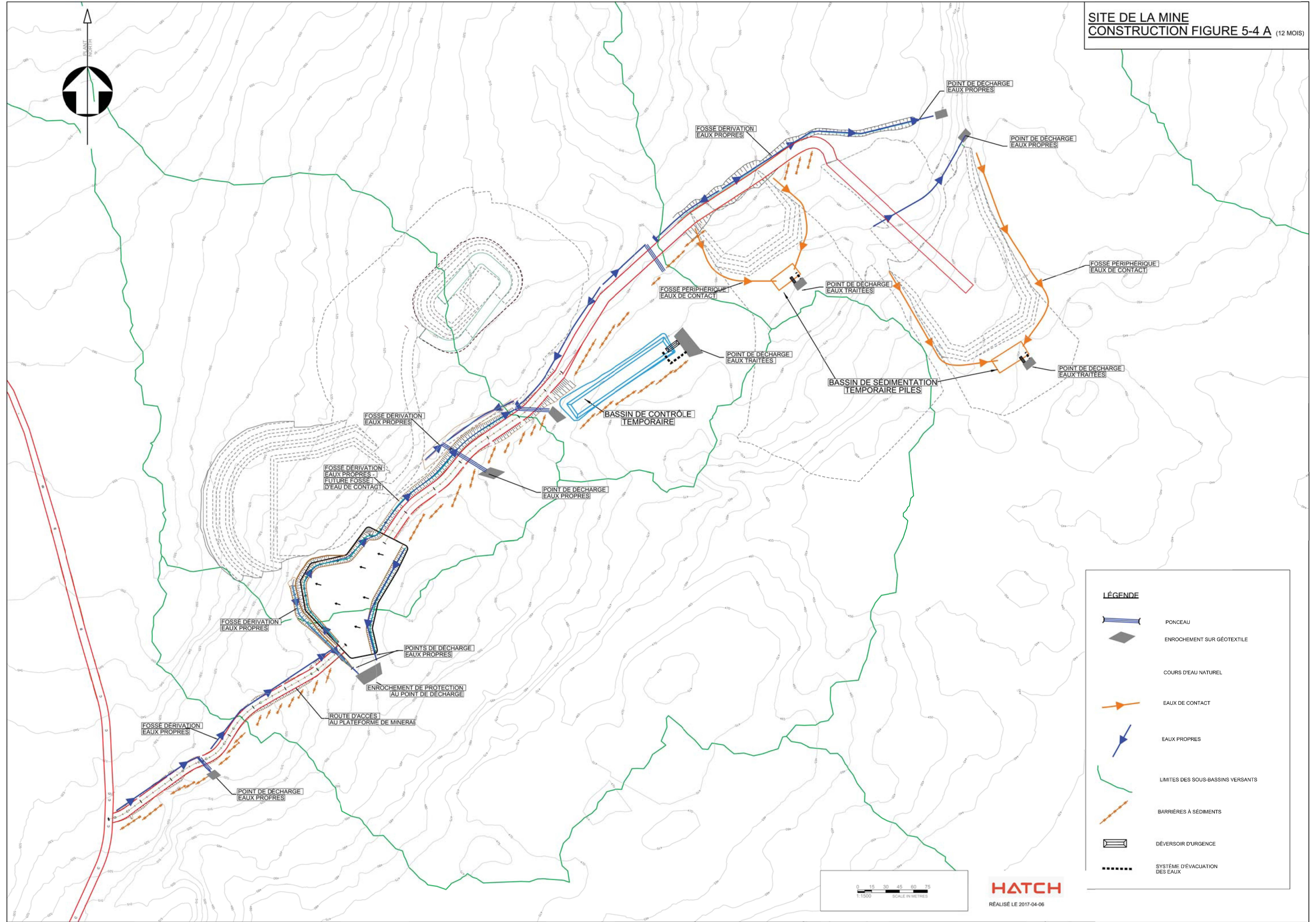
Appendix 5: Section longitudinale 01.



Appendix 6: Section Longitudinale 02.

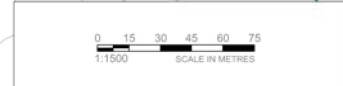
Annexe 3D

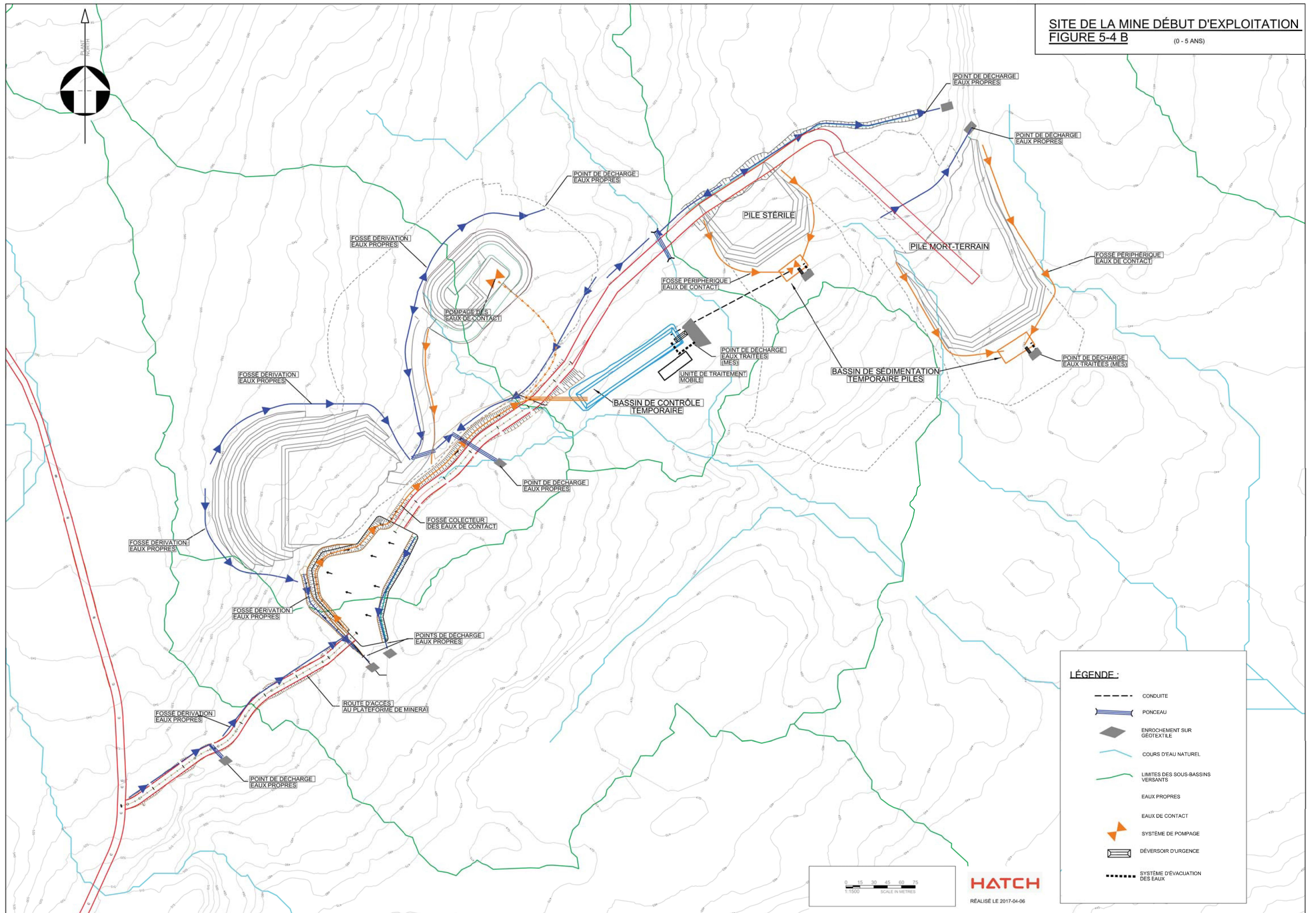
Cartes 5-4A, 5-4B, 5-4C et 5-11



LÉGENDE

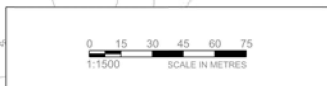
- PONCEAU
- ENROCEMENT SUR GÉOTEXTILE
- COURS D'EAU NATUREL
- EAUX DE CONTACT
- EAUX PROPRES
- LIMITES DES SOUS-BASSINS VERSANTS
- BARRIÈRES À SÉDIMENTS
- DÉVERSOIR D'URGENCE
- SYSTÈME D'ÉVACUATION DES EAUX

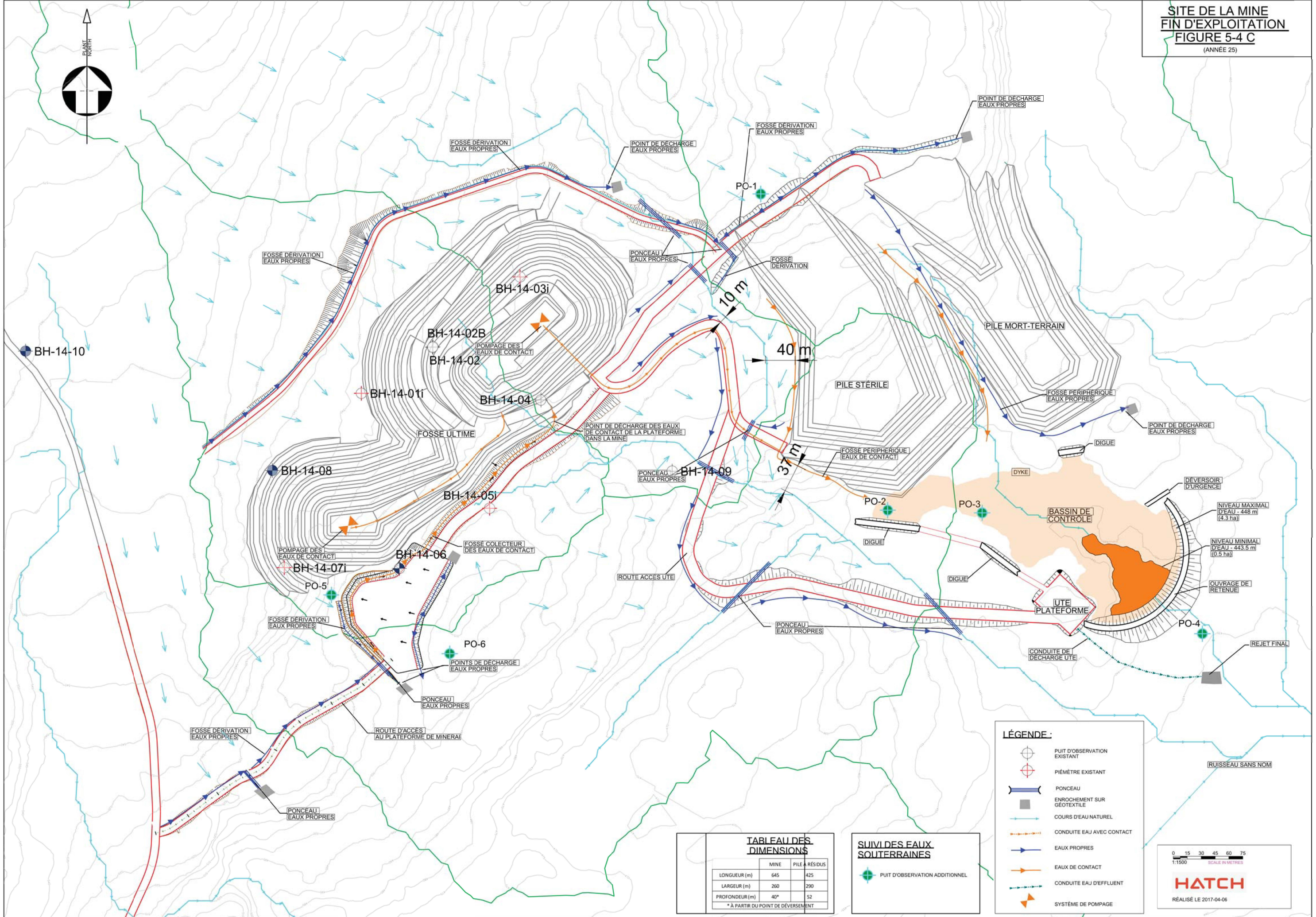




LÉGENDE :

- CONDUITE
- ▬ PONCEAU
- ◆ ENROCHEMENT SUR GÉOTEXTILE
- COURS D'EAU NATUREL
- LIMITES DES SOUS-BASSINS VERSANTS
- EAUX PROPRES
- EAUX DE CONTACT
- ▲ SYSTÈME DE POMPAGE
- ▭ DÉVERSOIR D'URGENCE
- ⋯ SYSTÈME D'ÉVACUATION DES EAUX





TAB. DES DIMENSIONS

	MINE	PILE A RESIDUS
LONGUEUR (m)	645	425
LARGEUR (m)	260	290
PROFONDEUR (m)	40*	52

* A PARTIR DU POINT DE DEVERSEMENT

SUIVI DES EAUX SOUTERRAINES

● PUIT D'OBSERVATION ADDITIONNEL

LÉGENDE:

- PUIT D'OBSERVATION EXISTANT
- ⊕ PIÈMETRE EXISTANT
- ▬ PONCEAU
- ENROCHEMENT SUR GEOTEXTILE
- COURS D'EAU NATUREL
- CONDUITE EAU AVEC CONTACT
- EAUX PROPRES
- EAUX DE CONTACT
- CONDUITE EAU D'EFFLUENT
- ⚙️ SYSTÈME DE POMPAGE

NIVEAU MAXIMAL D'EAU - 448 m (4.3 ha)
NIVEAU MINIMAL D'EAU - 443.5 m (0.5 ha)
OUVRAGE DE RETENUE

0 15 30 45 60 75
1:1500
SCALE IN METERS

HATCH
RÉALISÉ LE 2017-04-06

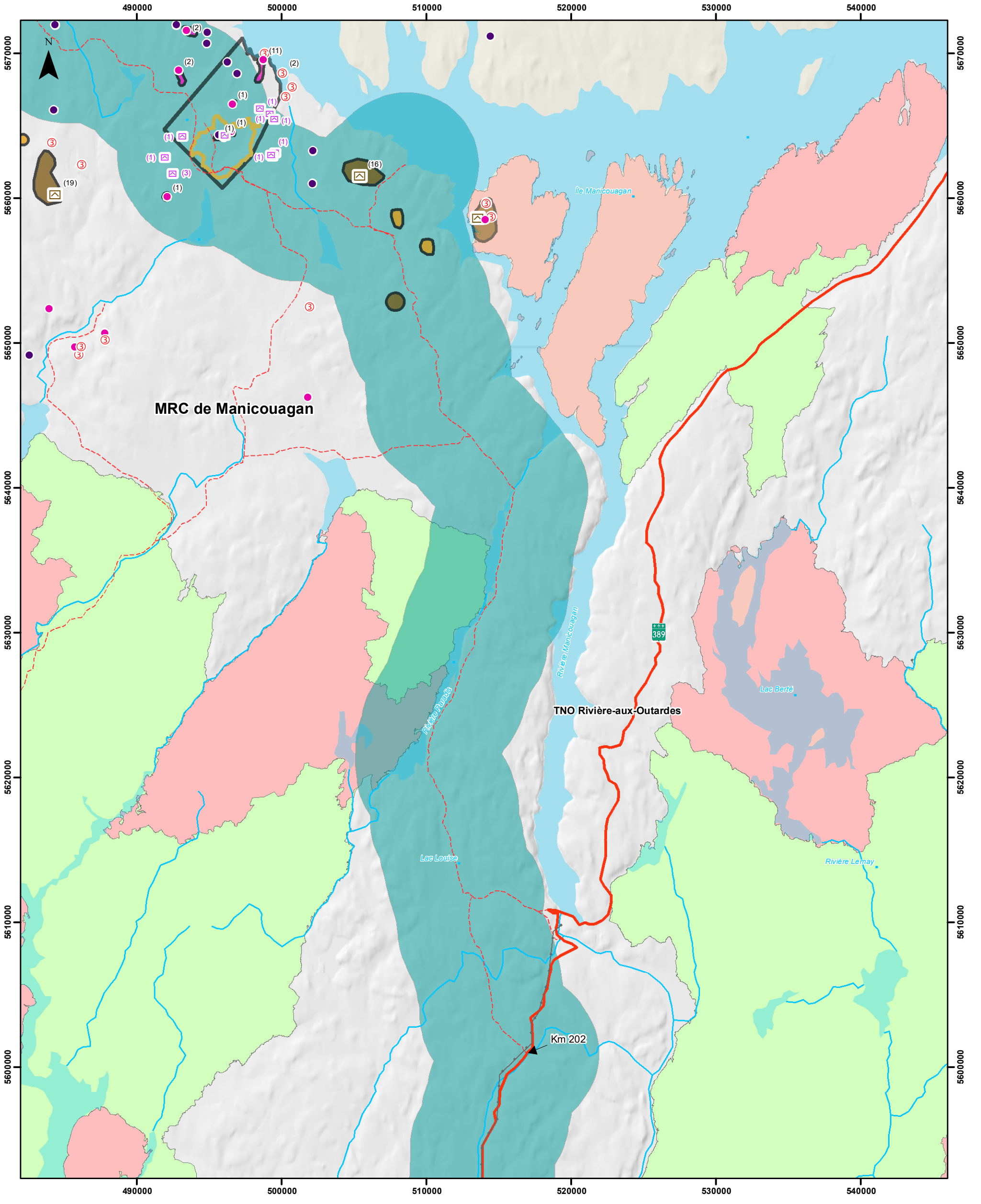


Figure 7-44A Répartition des mammifères et zones de protection ou d'atténuation anthropique pour le caribou forestier Secteur chemin forestier

Légende		Infrastructures	Hydrographie	Réseau de piste	Espèce observée et piste isolée	Zone de protection ou d'atténuation anthropique
	Zone élargie					
	Zone restreinte					
					** () : nombre d'individus observés	

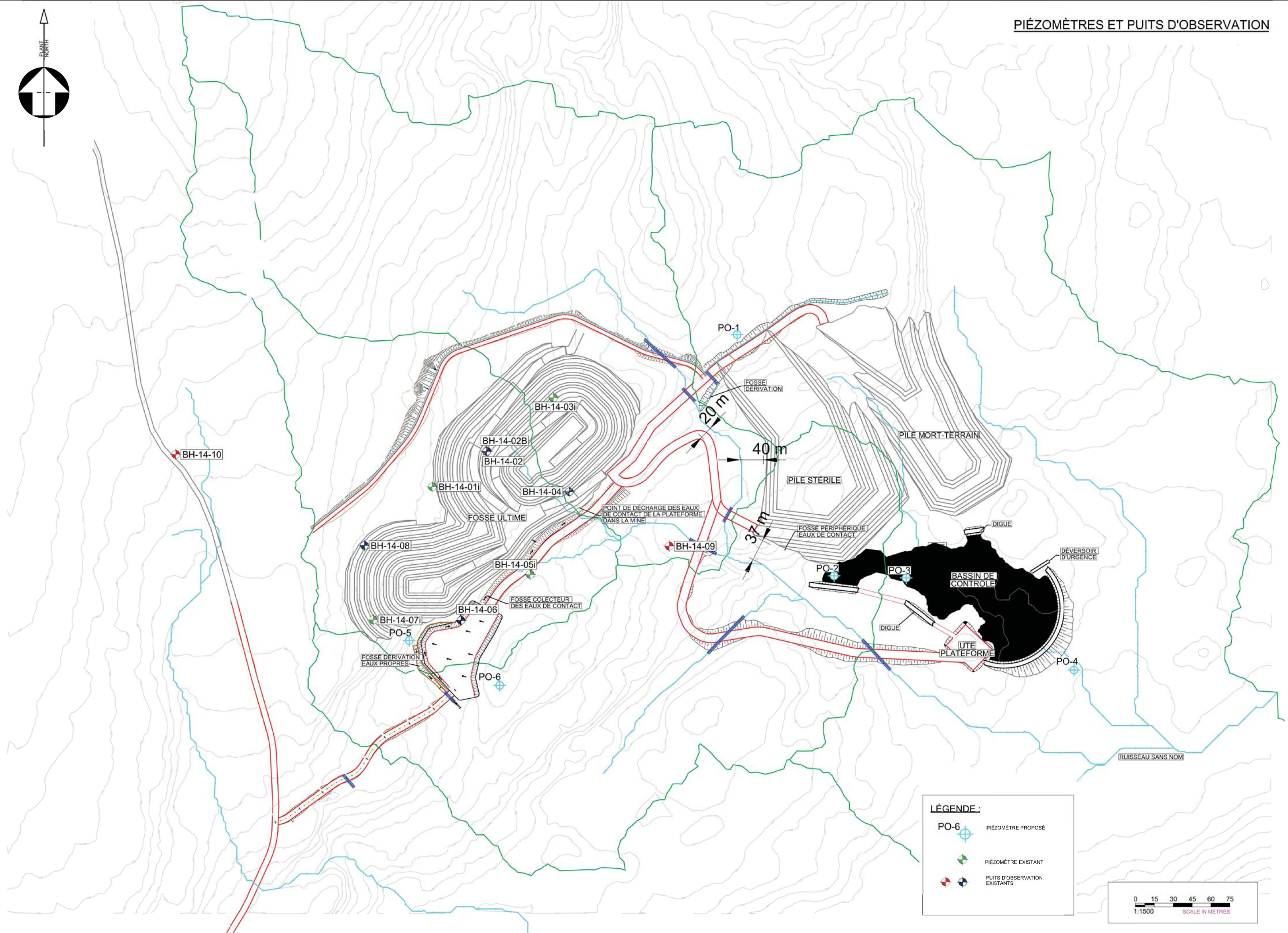
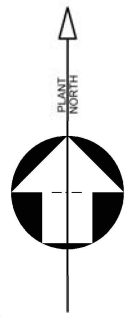


MASON GRAPHITE

0 2.5 5 10 km
1:250 000
Projection UTM - NAD 83 - Z19N
Source: Base de données topographiques nationale (1:250 000)
Gébase - Lac_guret.gdb - 2014
Roche, 2013

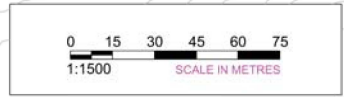
HATCH

H348328-0000-07-126-0028
RÉVISION 1



LÉGENDE:

- PO-6 PIEZOMÈTRE PROPOSÉ
- PIEZOMÈTRE EXISTANT
- PUIXS D'OBSERVATION EXISTANTS



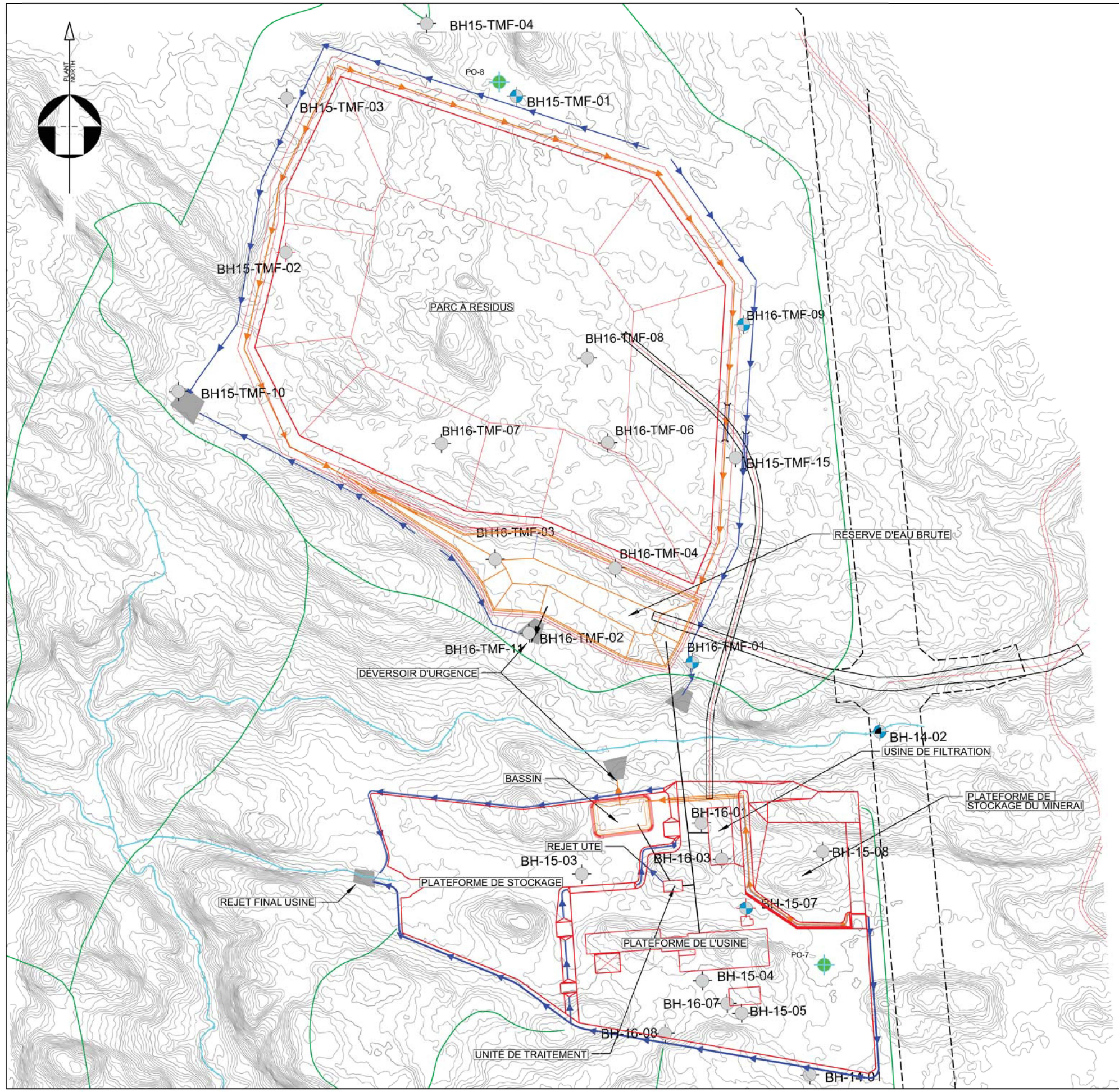


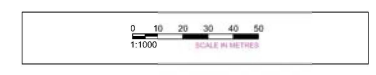
FIGURE 5-11 (RÉVISÉE)
FIN D'EXPLOITATION
SITE DU CONCENTRATEUR
 (ANNÉE 25)

SUIVI DES EAUX SOUTERRAINES

- PIEZO / PUIITS D'OBSERVATION EXISTANTS
- PUIITS D'OBSERVATION ADDITIONNEL

LÉGENDE :

- PONCEAU
- ENROCHEMENT SUR GEOTEXTILE
- COURS D'EAU NATUREL
- CONDUITE EAU AVEC CONTACT
- EAUX PROPRES
- EAUX DE CONTACT
- CONDUITE EAU D'EFFLUENT
- SYSTÈME DE POMPAGE
- LIGNE DE BASSIN VERSANT
- AUTRES PIEZO / PUIITS D'OBSERVATION EXISTANTS



MISE À JOUR : 04 - 4 - 2017

Annexe 3E

Rapport d'étude de modélisation hydrogéologique au site du concentrateur

 SNC • LAVALIN	NOTE TECHNIQUE MODÉLISATION HYDROGÉOLOGIQUE	Préparé par : C. Taveau, G. Cosset Révisé par : C. Bélanger		
		Rév	Date	Page
	641991-0000-4WER-0001	PC	4 avril 2017	i

Titre du document :

MODÉLISATION HYDROGÉOLOGIQUE ET DE TRANSPORT DE CONTAMINANTS POUR LE FUTUR PARC À RÉSIDUS

Client :

MASON GRAPHITE

Projet :

ÉTUDE HYDROGÉOLOGIQUE ET MODÉLISATION NUMÉRIQUE POUR LE SITE DE BAIE-COMEAU DU PROJET LAC-GUÉRET

Préparé par : Coline Taveau

Géraldine Cosset, ing., M.Sc.A

Révisé par : Christian Bélanger, ing., M.Sc.A.

Approuvé par : Marc Arpin, géo, M.Sc., M. Env.

 SNC • LAVALIN	NOTE TECHNIQUE MODÉLISATION HYDROGÉOLOGIQUE		Préparé par : C. Taveau, G. Cosset		
			Révisé par : C. Bélanger		
			Rév	Date	Page
		641991-0000-4WER-0001	PC	4 avril 2017	ii

LISTE DES RÉVISIONS APPORTÉES AU DOCUMENT

Révision				Pages Révisées	Remarques
#	Prép.	App.	Date		
PA	CT/GC	MA	23-02-2017	Toutes	Émission pour révision interne
PB	CT/GC	MA	23-02-2017	Toutes	Émis en version partielle
PC	CT/GC	MA	23-02-2017	Toutes	Émission pour commentaires du client

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 6 octobre 2016 (la «Convention») intervenue entre SNC-Lavalin et Mason 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.

 SNC • LAVALIN	NOTE TECHNIQUE MODÉLISATION HYDROGÉOLOGIQUE	Préparé par : C. Taveau, G. Cosset		
		Révisé par : C. Bélanger		
	641991-0000-4WER-0001	Rév	Date	Page
	PC	4 avril 2017	iii	

TABLE DES MATIÈRES

1.0	Introduction.....	1
1.1	Contexte	1
1.2	Mandat et objectifs	1
1.3	Méthodologie	2
2.0	Modèle conceptuel	2
2.1	Parc à résidus	2
2.2	Travaux de terrain	2
2.3	Piézométrie	3
2.4	Topographie	5
2.5	Propriétés hydrogéologiques des unités stratigraphiques	5
2.5.1	Couche superficielle.....	5
2.5.2	Dépôt de sable et dépôt de sable silteux à argileux	6
2.5.3	Couche d'argile	6
2.5.4	Socle rocheux	6
2.6	Paramètres hydrologiques et calcul de la recharge	9
3.0	Modélisation hydrogéologique	10
3.1	Modèle hydrogéologique et méthodologie	10
3.1.1	Logiciel de simulation numérique.....	10
3.1.2	Calibration et calcul d'erreur	10
3.1.3	Méthode	11
3.2	Calibration du modèle représentant les conditions actuelles observées au site du TMF.....	11
3.2.1	Modèle numérique des coupes	11
3.2.2	Calibration des coupes AA', BB' et CC'	16
3.2.3	Réseau d'écoulement simulé par le modèle numérique	18
3.2.4	Analyse de sensibilité.....	18
3.3	Modélisation numérique avec la pile de résidus avant la fermeture	19
3.3.1	Réseau d'écoulement avec le parc à résidus	20
3.3.2	Débits au fond de la pile de résidus	20
4.0	Modélisation de transport de contaminants.....	21
4.1	Géochimie des résidus.....	21
4.2	Paramètres du modèle de transport.....	22
4.3	Critères applicables.....	24
	* Concentration maximale acceptable dans l'eau potable (Critère esthétique) tiré de Santé Canada	24
4.4	Teneurs de fond	24
4.5	Panaches de contamination modélisés.....	25
5.0	Programme de suivi	27
6.0	Limites et recommandations.....	29
7.0	Conclusion	30
8.0	Références	31



 SNC • LAVALIN	NOTE TECHNIQUE MODÉLISATION HYDROGÉOLOGIQUE	Préparé par : C. Taveau, G. Cosset		
		Révisé par : C. Bélanger		
	641991-0000-4WER-0001	Rév	Date	Page
	PC	4 avril 2017	iv	

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 2-1 : Niveaux piézométriques mesurés au site les 23 et 25 novembre 2016	3
Tableau 2-2 : Calcul de gradients verticaux	5
Tableau 2-3 : Essais Packer réalisés sur le terrain	7
Tableau 2-4 : Essais de perméabilité réalisés sur le terrain.....	8
Tableau 2-5 : Données hydrologiques et calcul de recharge	10
Tableau 3-1 : Tableau récapitulatif du modèle numérique de la coupe AA'	12
Tableau 3-2 : Tableau récapitulatif du modèle numérique de la coupe BB'	14
Tableau 3-3 : Tableau récapitulatif du modèle numérique de la coupe CC'	15
Tableau 3-4 : Infiltration utilisée pour la calibration des coupes	18
Tableau 3-5 : Résultats de l'analyse de sensibilité	19
Tableau 3-6 : Débits au fond de la pile de résidus	21
Tableau 4-1 : Paramètres de transport de contaminants	23
Tableau 4-2 : Critères prescrits par le MDDELCC pour les concentrations en contaminants dans l'eau souterraine en fonction du milieu récepteur	24
Tableau 4-3 : Teneurs de fond mesurées au site du PAR et en aval (2015b et 2017a).....	25
Tableau 4-4 : Résultats des simulations de transport de contaminants.....	27
Tableau 5-1 : Campagnes d'échantillonnage à prévoir pour le suivi de la qualité des eaux	29

LISTE DES FIGURES

Figure 2-1 : Conductivité hydraulique en fonction de la profondeur mesurée au site du parc à résidus	9
--	---

LISTE DES ANNEXES

ANNEXE 1 : Figures



 SNC • LAVALIN	NOTE TECHNIQUE MODÉLISATION HYDROGÉOLOGIQUE	Préparé par : C. Taveau, G. Cosset		
		Révisé par : C. Bélanger		
	641991-0000-4WER-0001	Rév	Date	Page
	PC	4 avril 2017	1	

1.0 Introduction

1.1 Contexte

Mason Graphite Inc. (Mason Graphite) a acquis les droits miniers pour l'exploitation d'un gisement de graphite situé près du Lac Guéret à environ 80 km au nord-ouest du barrage Daniel Johnson (Manic 5), dans le nord du Québec. L'exploitation de la mine se fera à ciel ouvert et une halde à stériles sera construite sur le site de la fosse. L'usine de traitement du minerai et le parc à résidus seront construits près de la ville de Baie-Comeau dans le parc industriel Jean-Noël Tessier à 285 km au nord du site de l'usine (voir figure 1 de l'annexe A).

En septembre 2015, Mason Graphite a complété l'étude de faisabilité et souhaite débiter la construction des infrastructures au site à l'été 2017, incluant le parc à résidus. À l'égard des exigences sur les eaux souterraines de la Directive 019, une première étude de modélisation hydrogéologique conceptuelle a été effectuée par SNC-Lavalin (2016) à partir des résultats de la première campagne géotechnique réalisée au site en 2015 (Qualitas 2015). Une campagne complémentaire a été réalisée à l'automne 2016 (SNC-Lavalin, 2017a et 2017b). Suite à ces travaux, une interprétation du contexte hydrogéologique et une élaboration du modèle conceptuel ont été réalisées afin de préciser les conditions d'écoulement de l'eau souterraine au site et de procéder à une modélisation hydrogéologique en 2 dimensions (2D).

Plus spécifiquement, le client a mandaté SNC-Lavalin pour réaliser une étude hydrogéologique et une modélisation numérique de l'écoulement de l'eau souterraine au site du futur parc à résidus afin de vérifier que la conception du parc à résidus respecte les exigences de la Directive 019, notamment un débit de percolation en fond de parc de 3,3 l/m²/jour. En effet, d'après le rapport sur les essais cinétiques en colonnes réalisés par l'URSTM, les résidus sont lixiviables et potentiellement générateurs. Des mesures d'étanchéité de niveau A sont donc requises.

Le parc à résidus (PAR) se situe au nord du futur site du concentrateur. Les résidus miniers filtrés seront transportés par camion vers le parc à résidus. Le PAR sera ceinturé par une digue périphérique et construit par zone afin de permettre sa restauration progressive. Un recouvrement fait d'une couche de matériau grossier favorisant le ruissellement et réduisant l'accumulation d'eau qui pourrait s'infiltrer dans le parc sera mis en place.

Le PAR aura une superficie de 20 hectares et une hauteur maximale de 25 m. Au sud du parc se trouve un bassin de collecte de 400 m à son point le plus long par 90 m de large et d'une profondeur maximale de 9 m. Ce bassin sera imperméabilisé à l'aide d'une géomembrane et rempli avec les eaux provenant du PAR.

1.2 Mandat et objectifs

Ce mandat est réalisé dans le cadre de la demande d'autorisation pour la construction du parc à résidus miniers. Il fait suite aux travaux de modélisation hydrogéologique conceptuelle réalisés par SNC-Lavalin (2016). L'objectif du travail est de compléter le modèle conceptuel existant et de construire un modèle numérique qui permettra de :

- > Représenter les conditions actuelles d'écoulement souterrain au site;
- > Évaluer l'impact de la construction du parc à résidus sur le réseau d'écoulement souterrain existant;
- > Prédire le transport par le processus d'advection-dispersion de contamination en phase dissoute dans l'eau souterraine à partir du parc à résidus;
- > Élaborer des recommandations et un programme de suivi en regard des résultats obtenus.



 SNC • LAVALIN	NOTE TECHNIQUE MODÉLISATION HYDROGÉOLOGIQUE	Préparé par : C. Taveau, G. Cosset Révisé par : C. Bélanger		
		Rév	Date	Page
	641991-0000-4WER-0001	PC	4 avril 2017	2

1.3 Méthodologie

Le travail a été réalisé en deux étapes distinctes, soit la modélisation hydrogéologique de l'eau souterraine avec le logiciel Seep/W 2016 puis la modélisation de transport de contaminants à l'aide du logiciel CTran/W 2016. Les principales étapes du mandat sont les suivantes :

1. Développer un modèle conceptuel du site qui permet de construire des modèles numériques 2D en coupe dans Seep/W (figure 2 de l'Annexe A). Les coupes ont été choisies en fonction du sens d'écoulement de la carte piézométrique générée, soit du nord vers le sud. Une coupe vers le lac Petit Bras a également été réalisée afin de caractériser le développement du panache vers ce récepteur;
2. Calibrer les modèles en coupe sur la base des niveaux piézométriques mesurés sur le terrain afin de représenter l'écoulement actuellement observé sur le terrain;
3. Intégrer le parc à résidus aux modèles calibrés avec Seep/W afin de déterminer le nouveau réseau d'écoulement de l'eau souterraine et de déterminer les débits de percolation en fond de PAR ;
4. Importer les modèles d'écoulement de l'eau souterraine de Seep/W vers Ctran/W afin de simuler le transport des contaminants en phase dissoute.

2.0 Modèle conceptuel

2.1 Parc à résidus

Le parc à résidus aura une superficie de 20 hectares, une hauteur maximale de 25 m avec des pentes extérieures 4H :1V. La surface du parc à résidus sera elle aussi inclinée. Les eaux de ruissellement du PAR seront dirigées vers le bassin de collecte situé au sud de celui-ci. Les eaux de ruissellement propres en périphérie du PAR seront réorientées avec des ouvrages de drainage appropriés vers un bassin de collecte d'eaux propres ou le milieu naturel afin de réduire les volumes de lixiviats à gérer.

Le PAR sera progressivement restauré avec un recouvrement monocouche granulaire végété qui permettra de diminuer l'infiltration et favoriser le ruissellement en surface. Dans le cadre du mandat de modélisation, le recouvrement ne sera pas inclus dans le modèle développé pour analyse et l'infiltration maximale acceptée par les résidus sera appliquée au sommet et dans les pentes du PAR.

2.2 Travaux de terrain

Les essais suivants, réalisés lors de la campagne de terrain de Qualitas (2015a), ont été utilisés dans le cadre de ce mandat :

- > Dix-huit (18) puits d'exploration (TP15-TMF-1 à TP15-TMF-18);
- > Quatre (4) forages, dont 3 aménagés en piézomètres (BH16-TMF-01 à BH16-TMF-04);
- > Détermination de la conductivité hydraulique à l'aide d'essai d'injection de l'eau sous pression (essai "packer") pour les 4 forages précédemment énumérés;
- > Trois (3) essais de perméabilité réalisés aux piézomètres (slug-test) (BH15-TMF-02 à BH15-TMF-04)

Les essais suivants ont été réalisés lors de la campagne de terrain de SNC-Lavalin (2017a) :

- > Trente-quatre (34) puits d'exploration (TP16-TMF-1 à TP16-TMF-34);
- > Onze (11) forages avec installation piézométrique (BH16-TMF-01 à BH16-TMF-11);



 SNC • LAVALIN	NOTE TECHNIQUE MODÉLISATION HYDROGÉOLOGIQUE		Préparé par : C. Taveau, G. Cosset Révisé par : C. Bélanger		
			Rév	Date	Page
	641991-0000-4WER-0001		PC	4 avril 2017	3

- > Onze (11) essais de perméabilité réalisés dans les piézomètres (slug-test) ;

Essais de laboratoire :

- > Essai de perméabilité en cellule œdométrique;
- > Essai de perméabilité standard

De plus, afin de développer le modèle au sud, les campagnes de terrain réalisées en 2015 et 2016 (Qualitas 2015b, SNC-Lavalin 2017b) au site de l'usine ont été utilisées.

2.3 Piézométrie

Un relevé piézométrique réalisé entre les 23 et 25 novembre 2016 a permis de tracer une carte piézométrique du site du parc à résidus et du concentrateur au sud. Le tableau 2-1 donne les niveaux d'eau mesurés au site utilisés pour tracer cette carte. Des points ont été ajoutés au niveau du Lac Petit Bras situé à l'est du site (69 m) et du ruisseau Petit Bras situé au sud-est (63 m) et au sud du parc (56 m) afin de compléter la carte piézométrique vers l'est et le sud du site. Ces valeurs ont été recueillies à partir du navigateur de cartographie ministérielle via la page web « Diffusion de la cartographie hydrogéologique » (MDDELCC, 2017). Ainsi, les récepteurs primaires considérés sont le lac Petit bras à l'est et le ruisseau Petit Bras au sud-est et au sud qui sont des points de résurgence de l'eau souterraine.

Tableau 2-1 : Niveaux piézométriques mesurés au site les 23 et 25 novembre 2016

Piézomètre	Coordonnées UTM		Élévation surface (m)	Lecture au pvc (m)	Hauteur pvc hors-sol (m)	Élévation de l'eau (m)	Date	Unité interceptée
	Nord	Est						
BH-14-02	555576	5452601	72,5	0,77	0,93	72,66	11/23/2016	Socle rocheux
BH-15-05	555426	5452322	69,81	0,94	0,92	69,79	11/25/2016	Argile silteuse
BH-16-01	555383	5452524	68,54	0,96	0,94	68,52	11/25/2016	Argile
BH-15-07	555431	5452434	68,79	0,84	0,97	68,92	11/25/2016	Sable silteux
BH-16-03	555406	5452486	69,48	0,99	0,94	69,43	11/25/2016	Sable et gravier
BH-15-04	555385	5452357	69,75	1,60	0,95	69,10	11/25/2016	Socle rocheux
BH15-TMF-01	555187	5453297	80,45	1,20	1,05	80,30	11/23/2016	Socle rocheux
BH15-TMF-03	554943	5453295	79,43	1,13	1,17	79,47	11/23/2016	Socle rocheux
BH15-TMF-04	555091	5453354	84,84	2,87	0,99	82,96	11/7/2016	Socle rocheux
BH16-TMF-01	555374	5452695	75,07	3,72	0,83	72,18	11/23/2016	Socle rocheux



 SNC • LAVALIN	NOTE TECHNIQUE MODÉLISATION HYDROGÉOLOGIQUE		Préparé par : C. Taveau, G. Cosset		
			Révisé par : C. Bélanger		
	641991-0000-4WER-0001		Rév	Date	Page
		PC	4 avril 2017	4	

Piézomètre	Coordonnées UTM		Élévation surface (m)	Lecture au pvc (m)	Hauteur pvc hors-sol (m)	Élévation de l'eau (m)	Date	Unité interceptée
	Nord	Est						
BH16-TMF-02	555199	5452727	71,88	1,22	1,02	71,68	11/23/2016	Socle rocheux
BH16-TMF-03	555164	5452805	73,57	0,93	0,94	73,58	11/23/2016	Socle rocheux
BH16-TMF-04	555292	5452795	76,09	1,08	0,90	75,91	11/23/2016	Socle rocheux
BH16-TMF-05	555420	5452913	78,15	1,64	0,92	77,43	11/23/2016	Socle rocheux
BH16-TMF-06	555284	5452929	79,28	2,67	1,04	77,65	11/23/2016	Socle rocheux
BH16-TMF-08	555262	5453019	77,77	1,18	0,99	77,58	11/25/2016	Socle rocheux
BH16-TMF-09	555429	5453054	79,12	1,56	1,00	78,56	11/23/2016	Socle rocheux
BH16-TMF-10	554827	5452983	76,55	0,84	1,03	76,74	11/25/2016	Socle rocheux

L'écoulement au site du concentrateur (parc à résidus et site de l'usine) s'effectue de façon générale du nord vers le sud (écoulement régional vers le fleuve) avec une composante locale vers l'est, en amont immédiat du Lac Petit Bras.

Le niveau piézométrique le plus élevé mesuré se trouve dans les buttons rocheux au nord du parc à résidus à l'élévation 82,96 m, au piézomètre BH15-TMF-04. L'élévation la plus basse mesurée se situe au sud du site de l'usine à l'élévation 69,10 m, au piézomètre BH-15-04. Au site, la recharge de l'eau souterraine s'effectue principalement par infiltration en surface des précipitations. Les exutoires potentiels et probables de l'eau souterraine sont le Lac Petit Bras et le Petit Bras, puis ultimement le Fleuve St-Laurent.

La Figure 2 de l'Annexe A présente la carte piézométrique du site du parc à résidus et de l'usine ainsi que la position des coupes utilisées pour la construction du modèle conceptuel. Dans la zone du parc, un gradient hydraulique variant de 0,01 à 0,014 est estimé alors qu'au site de l'usine, un gradient légèrement plus élevé et variant de 0,016 à 0,02 est calculé.

Les mesures de niveau d'eau prises aux piézomètres BH16-TMF-02 et BH16-TMF-11 installés l'un à côté de l'autre à l'élévation 64 m (profondeur 7,5 m) et à l'élévation 53 m (profondeur 18 m) ont permis de calculer des gradients verticaux tel que présenté au tableau 2-4. On obtient une valeur moyenne de gradient hydraulique descendant de 0,04 m/m. Ces gradients sont plus élevés que les gradients hydrauliques horizontaux moyens calculés au site du TMF. Ces gradients hydrauliques verticaux élevés peuvent être expliqués par la présence de joints subverticaux avec parois altérée pouvant favoriser l'écoulement vertical localement.



 SNC • LAVALIN	NOTE TECHNIQUE MODÉLISATION HYDROGÉOLOGIQUE		Préparé par : C. Taveau, G. Cosset Révisé par : C. Bélanger		
			Rév	Date	Page
	641991-0000-4WER-0001		PC	4 avril 2017	5

Tableau 2-2 : Calcul de gradients verticaux

BH16-TMF-02		BH16-TMF-11		i_{vert}	Sens
h (m)	date	h (m)	date		
71,60	11/4/2016	72,02	11/4/2016	-0,040	descendant
71,59	11/5/2016	71,98	11/5/2016	-0,037	descendant
71,58	11/6/2016	72,01	11/6/2016	-0,041	descendant
71,54	11/7/2016	72,02	11/7/2016	-0,046	descendant
71,51	11/8/2016	71,99	11/8/2016	-0,045	descendant
71,68	11/23/2016	72,11	11/23/2016	-0,041	descendant

2.4 Topographie

La topographie a été déterminée à partir d'un Lidar réalisé en 2016. Généralement, le site à l'étude se caractérise par une alternance de buttes rocheuses et dépressions. Au nord du parc à résidus, des buttes rocheuses aux élévations 85 m à 90 m sont observées. Au niveau du PAR, la topographie est inclinée vers le sud entre les élévations 75 m et 80 m environ. À la limite sud du PAR se trouve une butte rocheuse à l'élévation 80 m. Entre le site du parc à résidus et celui de l'usine se trouve une dépression inclinée dont l'élévation décroît de 72 m à l'est à 63 m à l'ouest où l'on observe de façon saisonnière une résurgence sous la forme d'un ruisseau qui s'écoule de l'est vers l'ouest. Au site de l'usine, la topographie est relativement plate aux environs de l'élévation 70 m, avec ponctuellement des buttes rocheuses qui peuvent atteindre l'élévation 75 m. Des buttes rocheuses aux élévations variables (de 77 m à 85 m) se trouvent entre le site de l'usine et le ruisseau Petit Bras au sud.

2.5 Propriétés hydrogéologiques des unités stratigraphiques

La stratigraphie du site, présentée dans ce qui suit, a été adaptée à partir des informations du modèle conceptuel SNC-Lavalin (2016) et des informations tirées des rapports de campagnes de terrain réalisées en 2015 et 2016 (Qualitas, 2015a, SNC-Lavalin, 2017a).

2.5.1 Couche superficielle

Une couche superficielle composée d'une épaisseur allant de 0,15 m à 0,8 m de matière organique a été rencontrée dans la majorité des puits d'exploration et des forages réalisés au site du PAR. Cette couche de matière organique est généralement composée de mousse, de racine de débris de bois et autres matières organiques à différents stades de décomposition.

Dans les puits et forages où cette couche de matière organique n'était pas rencontrée, une couche de tourbe de 0,73 à 3,66 m d'épaisseur est identifiée. Cette couche est, d'après le système de classification Von Post, pas décomposée (H1) à bien décomposée (H5).



 SNC • LAVALIN	NOTE TECHNIQUE MODÉLISATION HYDROGÉOLOGIQUE		Préparé par : C. Taveau, G. Cosset Révisé par : C. Bélanger		
			Rév	Date	Page
	641991-0000-4WER-0001		PC	4 avril 2017	6

Les couches de matière organique et de tourbe ont été incluses dans une même unité présentant une unique conductivité hydraulique. Cette conductivité hydraulique provient d'une étude sur l'hydrologie de la tourbière du Mont Covey Hill (Fournier, 2008). On y indique que la conductivité hydraulique horizontale de la partie supérieure de la tourbière, jusqu'à 0,4 m de profondeur, varie de 10^{-03} à 10^{-05} m/s, tandis que pour la partie inférieure à partir de 0,4 m, elle varie de 10^{-05} et 10^{-09} m/s. Une valeur moyenne de 5×10^{-05} m/s a été retenue pour notre modèle, car les épaisseurs de matière organique rencontrées ne sont généralement pas de plus d'un mètre et dans le cas d'épaisseurs supérieures à un mètre, il s'agit de zones assez localisées.

2.5.2 Dépôt de sable et dépôt de sable silteux à argileux

Sous la couche de matière organique ou de tourbe, un dépôt de sable avec un peu de gravier et avec un peu de traces de silt est identifié. Cette couche présente une épaisseur allant de 0,17 à 2,10 m. Un essai de perméabilité standard a été réalisé en laboratoire sur un échantillon recueilli lors de la campagne de 2016 et une conductivité hydraulique saturée de $8,51 \times 10^{-05}$ m/s a été calculée. La méthode de prédiction de la conductivité hydraulique saturée de Chapuis (Chapuis, 2004) a été utilisée pour confirmer cette valeur. Selon les différentes courbes granulométriques d'échantillon de sable collecté sur le terrain, des valeurs de conductivité hydraulique variant de $2,79 \times 10^{-04}$ à $6,96 \times 10^{-08}$ m/s, pour une valeur moyenne de $4,89 \times 10^{-05}$ m/s, sont obtenues. Ainsi, sur la base des différentes méthodes utilisées, une conductivité hydraulique moyenne du sable de 6×10^{-05} m/s a été considérée pour le modèle.

Sous le couvert végétal, au sud du site et sous le dépôt de sable silteux au nord du site, le terrain comporte un dépôt stratifié de silt sableux à silt argileux d'origine marine. Dans la partie sud du terrain, l'épaisseur de ce dépôt est plus importante et la proportion d'argile y est plus grande. Aux endroits où elle est présente, cette unité hydrostratigraphique stratifiée, de granulométrie fine et de faible perméabilité limite l'infiltration des eaux de précipitations et de ruissellement en profondeur au niveau du socle rocheux. Son épaisseur varie de 0,5 m à 1,7 m. Étant donnée sa faible épaisseur, cette couche a été considérée comme similaire à la couche de sable ce qui est conservateur puisque le silt est moins perméable que le sable.

Les conductivités hydrauliques typiques pour un sable sont de l'ordre du 10^{-4} à 10^{-7} m/s alors que pour un sable silteux, elles sont généralement de l'ordre du 10^{-7} m/s (Domenico et Schwartz, 1990).

2.5.3 Couche d'argile

Un dépôt d'argile a été rencontré à différents endroits du site avec des épaisseurs variant de 0,05 à 5,03 m au site du PAR et jusqu'à 17,9 m sur le site de l'usine au contact du roc ou de la tourbe. Un essai de perméabilité en laboratoire a été réalisé sur un échantillon non-remanié d'argile. Une conductivité hydraulique saturée de $1,8 \times 10^{-10}$ m/s a été mesurée. Des essais de perméabilité en cellules œdométriques ont également été réalisés et présentent, pour des coefficients de consolidation faibles, une conductivité hydraulique de 7×10^{-09} m/s à 1×10^{-09} m/s (SNC-Lavalin, 2016a). Une conductivité hydraulique de 1×10^{-09} m/s a été considérée dans le modèle. La conductivité hydraulique horizontale typique mentionnée dans la littérature pour un type d'argile raide sans interlits de sable est inférieure à 10^{-8} m/s (Spitz et Moreno, 1996). Ainsi, la valeur choisie est conservatrice.

2.5.4 Socle rocheux

Le socle rocheux possède des réseaux de fracturation plus ou moins ouverts dans lesquels les eaux de surface et de la nappe superficielle s'infiltrent. Les eaux d'infiltration s'écoulent ensuite horizontalement vers des zones de résurgences potentielles d'eaux souterraines localisées au sud-est, soit le Lac et le ruisseau Petit Bras ou éventuellement au sud, vers le fleuve Saint-Laurent, qui constituent le milieu récepteur ultime.



 SNC • LAVALIN	NOTE TECHNIQUE MODÉLISATION HYDROGÉOLOGIQUE		Préparé par : C. Taveau, G. Cosset Révisé par : C. Bélanger		
			Rév	Date	Page
	641991-0000-4WER-0001		PC	4 avril 2017	7

La conductivité hydraulique du socle rocheux est sujette à certaines variabilités selon les emplacements de relevés hydrauliques ainsi que notamment le nombre et les ouvertures des réseaux de fractures. Le milieu rocheux doit donc être considéré comme anisotrope d'un point de vue hydrogéologique. Une anisotropie K_x/K_y de 0,1 a donc été appliquée pour le roc compétent et de surface.

Des essais de type "Packer" ont été réalisés sur les quatre forages réalisés durant la campagne de terrain 2015 au site du parc à résidus (Qualitas, 2015a). Les résultats sont présentés au tableau 2-3. Il a été possible de déterminer une conductivité hydraulique du roc sur deux intervalles de profondeur d'un seul forage. Les autres puits présentaient une conductivité hydraulique inférieure à la limite de l'appareil (1×10^{-08} m/s). Cette valeur limite a été choisie comme conductivité hydraulique pour le roc profond dans le modèle.

Des essais de perméabilité à charge descendante ont été réalisés sur tous les piézomètres installés durant la campagne de 2016. Les résultats sont présentés au tableau 2-4 et à la figure 2-1 (points rouges). Une moyenne géométrique a été réalisée sur les essais de perméabilité et les essais de type "Packer". Une conductivité hydraulique moyenne pour le roc de surface de 1×10^{-07} m/s a été obtenue.

Par ailleurs, un dyke a été identifié lors les forages BH-16-TMF-02 et BH-16-TMF-03. Pour le dyke décelé dans le puits BH-16-TMF-03, un essai de perméabilité descendant réalisé dans la zone de cette formation interceptée a permis de déterminer une conductivité hydraulique moyenne de 6×10^{-07} m/s (Tableau 2-4). Bien qu'on ne note pas de différence majeure de conductivité hydraulique entre le dyke et le roc, le dyke a quand même été identifié dans la coupe AA'.

Tableau 2-3 : Essais Packer réalisés sur le terrain

Puits	Profondeur de l'intervalle testé		Élévation de l'intervalle testé		Élévation moyenne	K	Unité interceptée
	Haut	Bas	Haut	Bas		m/s	
BH15-TMF-01	2,37	4,27	78,08	76,18	77,13	<1,00E-08	Roche très compacte
	4,27	6,17	76,18	74,28	75,23	<1,00E-08	Roche très compacte
	6,17	7,67	74,28	72,78	73,53	<1,00E-08	Roche très compacte
BH15-TMF-02	3,39	5,29	74,32	72,42	73,37	<1,00E-08	Roche très compacte
	5,29	6,19	72,42	71,52	71,97	1,78E-06	Dilatation
	7,19	9,26	70,52	68,45	69,485	7,29E-07	Dilatation
BH15-TMF-03	1,4	3,3	78,03	76,13	77,08	<1,00E-08	Roche très compacte
	3,3	5,2	76,13	74,23	75,18	<1,00E-08	Roche très compacte
	5,2	7,6	74,23	71,83	73,03	<1,00E-08	Roche très compacte
BH15-TMF-04	1,15	3,05	83,69	81,79	82,74	<1,00E-08	Dilatation
	3,05	4,95	81,79	79,89	80,84	<1,00E-08	Roche très compacte
	4,95	7,51	79,89	77,33	78,61	<1,00E-08	Roche très compacte



 SNC • LAVALIN	NOTE TECHNIQUE MODÉLISATION HYDROGÉOLOGIQUE		Préparé par : C. Taveau, G. Cosset		
			Révisé par : C. Bélanger		
			Rév	Date	Page
		641991-0000-4WER-0001	PC	4 avril 2017	8

Tableau 2-4 : Essais de perméabilité réalisés sur le terrain

Puits	Profondeur de l'intervalle testé		Élévation de l'intervalle testé		Élévation moyenne	K m/s	Unité interceptée
	Supérieur	Fond	Supérieur	Fond			
BH16-TMF-01	11,91	14,96	62,46	59,41	60,935	5,39E-08	Tonalitic gneiss/Granite
BH16-TMF-02	16,52	19,57	51,23	48,18	49,705	5,00E-08	Tonalitic gneiss/Granitic pegmatite
BH16-TMF-04	1,47	4,52	74,25	71,15	72,7	8,64E-09	Tonalitic gneiss
BH16-TMF-05	10,97	14,02	61,95	58,9	60,425	5,35E-08	Tonalitic gneiss
BH16-TMF-06	4,57	7,62	74,56	71,51	73,035	3,40E-07	Tonalitic gneiss
BH16-TMF-07	13,71	16,76	55,27	52,22	53,745	1,39E-10	Tonalitic gneiss
BH16-TMF-08	7,62	10,67	69,22	66,17	67,695	5,76E-08	Garnet bearing granitic gneiss
BH16-TMF-09	5,03	8,08	69,62	66,65	68,135	1,97E-06	Tonalite
BH16-TMF-10	6,48	8	64,24	62,72	63,48	2,80E-09	Ultramafic intrusion
BH16-TMF-11	5,84	8,89	62,16	59,11	60,635	2,11E-07	Tonalitic gneiss
BH15-TMF-03	4,5	7,5	74,93	71,93	73,43	4,94E-07	Gneiss
BH15-TMF-04	4,2	7,2	80,64	77,64	79,14	5,78E-05	Granite
MOYENNE :						8,34E-08	
Dyke intercepté dans la zone de l'intervalle testé							
BH16-TMF-03	14,38	17,43	56,94	53,89	55,415	6,29E-07	Tonalite



 SNC • LAVALIN	NOTE TECHNIQUE MODÉLISATION HYDROGÉOLOGIQUE	Préparé par : C. Taveau, G. Cosset		
		Révisé par : C. Bélanger		
	641991-0000-4WER-0001	Rév	Date	Page
	PC	4 avril 2017	9	

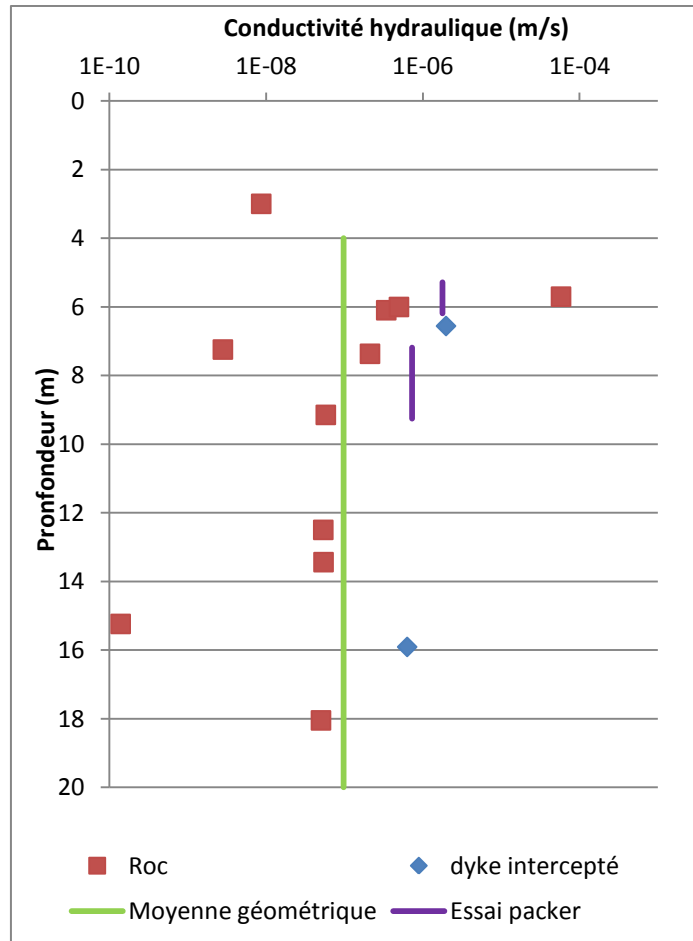


Figure 2-1 : Conductivité hydraulique en fonction de la profondeur mesurée au site du parc à résidus

2.6 Paramètres hydrologiques et calcul de la recharge

Les données hydrologiques sont tirées du rapport Hatch (2016) sur la gestion des eaux au concentrateur. Les données de précipitations proviennent de la station Baie-Comeau (Environnement Canada) et sont la moyenne des valeurs mensuelles obtenues pour la période de 1981-2010. Les données d'évaporation proviennent de la station Bonnard pour la période 1951–1981, car aucune donnée de précipitations n'était disponible pour la station de Baie-Comeau. Le coefficient de ruissellement a été déterminé à 0,34 d'après le tableau de classification hydrologique en zone rurale (MTQ, 1995). Il est supposé que le terrain est vallonné et du fait que le niveau de l'eau souterraine est près de la surface et que la conductivité hydraulique estimée relativement élevée en surface, le sol a été classé C. La recharge effective est calculée à partir des paramètres d'hydrologie résumés au tableau 2-5. Mentionnons que la recharge équivaut aux précipitations moins l'évaporation et le ruissellement.

$$R = P - \text{Évapo.} - \text{Ruissellement}$$



 SNC • LAVALIN	NOTE TECHNIQUE MODÉLISATION HYDROGÉOLOGIQUE		Préparé par : C. Taveau, G. Cosset	
			Révisé par : C. Bélanger	
			Rév	Date
	641991-0000-4WER-0001	PC	4 avril 2017	10

Tableau 2-5 : Données hydrologiques et calcul de recharge

Paramètre	Valeur
Précipitations (P)	1001 mm/an
Évaporation Lacustre (Évapo.)	450 mm/an
Ruissellement (Cr=0,34*)	340 mm/an
Recharge (R)	211 mm/an

*Source : Coefficient de ruissellement-zone rurale (MDDELCC)

3.0 Modélisation hydrogéologique

3.1 Modèle hydrogéologique et méthodologie

3.1.1 Logiciel de simulation numérique

Dans le cadre de ce mandat, le logiciel Seep/W 2016 (Suite Geoslope International) a été utilisé pour développer trois modèles numériques en coupe 2D en condition saturée et régime d'écoulement permanent.

Par la suite, les modèles numériques d'écoulement de l'eau souterraine avec le parc à résidus ont été importés dans le logiciel Ctran/W 2016 (Suite Geoslope International) afin de déterminer le transport potentiel de la contamination en phase dissoute causée par la percolation du lixiviat.

Seep/W est un logiciel d'éléments finis permettant de simuler l'écoulement souterrain de l'eau et la dissipation de pression d'eau interstitielle dans un milieu poreux tel un sol ou le socle rocheux. Il permet d'analyser des conditions d'écoulement simples en régime permanent et milieu saturé, mais aussi des conditions plus complexes avec des milieux saturés et non-saturés en condition transitoire.

Ctran/W est un logiciel d'éléments finis, développé afin d'être utilisé conjointement avec Seep/W, pour simuler le mouvement de contaminants en phase dissoute à travers des matériaux poreux tels un sol ou le socle rocheux (porosité équivalente). Il permet d'analyser des conditions de transport simples (suivi de particules) jusqu'à des procédés de transport plus complexes incluant la diffusion, la dispersion, l'adsorption et la cinétique de dégradation de premier ordre.

Seep/W et Ctran/W sont des logiciels de modélisation reconnus et fréquemment utilisés dans le cadre d'étude et de conception dans le domaine du génie civil, de la géotechnique et de l'hydrogéologie.

3.1.2 Calibration et calcul d'erreur

Au cours du processus de calibration, le modèle piézométrique est ajusté grâce aux paramètres hydrogéologiques existants afin de vérifier qu'il reproduit bien le réseau d'écoulement et les charges hydrauliques mesurées sur le terrain à partir des données d'entrée et des conditions limites appliquées au modèle (ASTM D5981-96, 2002). Le but de la calibration est de déterminer un ensemble de paramètres entrants du modèle qui minimise la différence entre les charges hydrauliques simulées et mesurées. Le paramètre de calibration choisi pour l'étude est l'erreur quadratique moyenne normalisée (NRMSE) qui est la méthode la plus fiable pour déterminer la qualité de la calibration. Celle-ci se fait en comparant la carte piézométrique calibrée versus mesurée en se fixant un critère de



 SNC • LAVALIN	NOTE TECHNIQUE MODÉLISATION HYDROGÉOLOGIQUE		Préparé par : C. Taveau, G. Cosset	
			Révisé par : C. Bélanger	
			Rév	Date
	641991-0000-4WER-0001	PC	4 avril 2017	11

convergence, ici choisi inférieure à 15% (Anderson and Woessner, 1992). Le NRMSE est calculé à l'aide de l'équation suivante :

$$NRMSE = \frac{1}{(h_{max} - h_{min})} \times \left[\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (h_s - h_m)^2 \right]^{1/2}$$

Où :

N : nombre total d'observations

h_s : charge hydraulique simulée [m]

h_m : charge hydraulique mesurée [m]

h_{max} : charge hydraulique mesurée maximum [m]

h_{min} : charge hydraulique mesurée minimum [m]

3.1.3 Méthode

La méthodologie suivie dans le cadre de ce mandat, est la suivante :

- > Calibration des modèles numériques des coupes représentant les conditions actuelles du site,
- > Ajout du parc à résidus dans les modèles numériques des coupes pour définir un nouveau réseau d'écoulement et déterminer les débits en fond de PAR;
- > Simulation de transport de contaminants.

Les deux coupes AA' et BB' ont été définies afin que le bassin de collecte des eaux figure sur l'une des coupes (AA') mais également, afin que la couche d'argile présente au niveau du PAR soit représentée sur une des coupes (BB'). Également, la coupe CC' a été réalisée afin de représenter l'écoulement de l'eau souterraine vers le lac Petit-Bras à l'est du site.

3.2 Calibration du modèle représentant les conditions actuelles observées au site du TMF

3.2.1 Modèle numérique des coupes

3.2.1.1 Modèle AA'

Le modèle numérique de la coupe AA' est basé sur le modèle conceptuel déterminé à partir des informations obtenues sur le terrain lors des campagnes réalisées en 2015 (Qualitas 2015a et 2015b) et en 2016 (SNC-Lavalin (2017a et 2017b)). La coupe AA' est présentée à la figure 3 de l'Annexe A et synthétisée au tableau 3-1. Les principaux paramètres sont les suivants :

La géométrie a été construite selon les données stratigraphiques obtenues des puits d'explorations et forages suivants : BH15-TMF-04, TP15-TMF-03, TP15-TMF-04, TP16-TMF-12, BH16-TMF-07, TP16-TMF-09, BH16-TMF-03, TP16-TMF-03, BH16-TMF-02, TP16-TMF-02, TP16-05, TP-15-36, BH-15-03, TP-16-06, TP-15-23, TP-15-18, TP-15-16, BH-16-08. Un maillage automatique a été généré par Seep/w avec une contrainte de taille moyenne d'éléments n'excédant pas 5 m.

- > 4 niveaux piézométriques sont disponibles pour calibrer la coupe AA'.



 SNC • LAVALIN	NOTE TECHNIQUE MODÉLISATION HYDROGÉOLOGIQUE		Préparé par : C. Taveau, G. Cosset		
			Révisé par : C. Bélanger		
			Rév	Date	Page
	641991-0000-4WER-0001	PC	4 avril 2017	12	

- > Sur la coupe AA', la condition frontière amont est initialement assignée à partir du (BH15-TMF-04) avec une condition de charge constante égale à 83 m, puis cette condition frontière de charge hydraulique est calibrée. Le niveau piézométrique le long du ruisseau Petit-Bras est imposé à partir de l'élévation du lac Petit-Bras avec des conditions de charge constante égales à 57 m. Cette valeur a été extrapolée à partir de la valeur de 56 m du ruisseau Petit-Bras, à l'endroit où la coupe intercepte le ruisseau (Figure 3 de l'Annexe A).
- > L'infiltration initiale théorique de 211 mm/an sera ajustée à la baisse lors du processus de calibration afin de refléter la nature généralement peu perméable des unités hydrogéologiques.

Tableau 3-1 : Tableau récapitulatif du modèle numérique de la coupe AA'

Paramètre			Valeurs	
Type d'analyse			2D	
Régime			Permanent	
Écoulement			Saturé	
Géométrie	Élévation	Maximale	84.8	m
		Ruisseau Petit-Bras	56	m
	Longueur de la coupe		1660	m
Maillage	Eléments		5398	
	Nœuds		5707	
Nombre de niveaux piézométriques disponibles pour calibration			4	
Conductivités hydrauliques finales calibrées et	Tourbe	K	5.00E-05	m/s
	Sable	K	6.00E-05	m/s
	Argile	K	1.00E-09	m/s
	Socle rocheux	K_{surface}	5.00E-07	m/s
		K_{profond}	1.00E-08	m/s
	Dyke	K_{moyen}	6.00E-07	m/s
Conditions frontières	Condition de charge constante (h=cte)	Amont hydraulique	83 (BH15-TMF-04) m	



 SNC • LAVALIN	NOTE TECHNIQUE MODÉLISATION HYDROGÉOLOGIQUE		Préparé par : C. Taveau, G. Cosset Révisé par : C. Bélanger		
			Rév	Date	Page
	641991-0000-4WER-0001		PC	4 avril 2017	13

Paramètre			Valeurs	
		Ruisseau Petit-Bras	57	m
	Condition frontière de suintement (Q=0)	Au niveau du ruisseau intermittent entre le PAR et l'usine	Q=0	
		À proximité de la condition frontière amont	Q=0	
	Recharge	Ajuster lors du processus de calibration		

3.2.1.2 Modèle BB'

Le modèle numérique de la coupe BB' est basé sur le modèle conceptuel déterminé à partir des informations obtenues sur le terrain lors des campagnes réalisées en 2015 (Qualitas 2015a et 2015b) et en 2016 (SNC-Lavalin (2017a et 2017b)). La coupe BB' est présentée à la Figure 4 de l'annexe A et synthétisée au tableau 3-2. Les principaux paramètres sont les suivants :

La géométrie a été construite selon les données stratigraphiques obtenues des puits d'explorations et forages suivants : BH15-TMF-01, TP15-TMF-17, TP16-TMF-13, TP15-TMF-18, TP16-TMF-15, BH16-TMF-08, TP16-TMF-22, BH16-TMF-05, TP16-TMF-18, TP16-TMF-19, BH16-TMF-01, BH-16-02, TP-15-33, TP-15-07, BH-15-14, BH-14-01. Un maillage automatique a été généré par Seep/w avec une contrainte de taille moyenne d'éléments n'excédant pas 6 m.

- > 4 niveaux piézométriques sont disponibles pour calibrer la coupe BB'
- > Sur la coupe BB', la condition frontière amont est initialement assignée à partir du (BH15-TMF-01) avec une condition de charge constante égale à 80 m puis cette condition frontière de charge hydraulique est calibrée. Le niveau piézométrique le long du ruisseau Petit-Bras est imposé à partir de la topographie grâce à des conditions de charge constante égales à 60 m. Cette valeur a été extrapolée à partir de la valeur de 56 m du ruisseau Petit-Bras, à l'endroit où la coupe intercepte le ruisseau (Figure 4 de l'Annexe A).
- > L'infiltration initiale théorique de 211 mm/an sera ajustée à la baisse lors du processus de calibration afin de refléter la nature généralement peu perméable des unités hydrogéologiques.



 SNC • LAVALIN	NOTE TECHNIQUE MODÉLISATION HYDROGÉOLOGIQUE		Préparé par : C. Taveau, G. Cosset Révisé par : C. Bélanger		
			Rév	Date	Page
	641991-0000-4WER-0001		PC	4 avril 2017	14

Tableau 3-2 : Tableau récapitulatif du modèle numérique de la coupe BB'

Paramètre			Valeurs		
Type d'analyse			2D		
Régime			Permanent		
Écoulement			Saturé		
Géométrie	Élévation	Maximale	80,3	m	
		Ruisseau Petit Bras	60	m	
	Longueur de la coupe		1450	m	
Maillage	Eléments		4812		
	Nœuds		5098		
Nombre de niveaux piézométriques disponibles pour calibration			4		
Conductivités hydrauliques finales calibrées et	Tourbe	K	5.00E-05	m/s	
	Sable	K	6.00E-05	m/s	
	Sable silteux	K	3.00E-07	m/s	
	Argile	K	1.00E-09	m/s	
	Socle rocheux	K_{surface}		5.00E-07	m/s
		K_{profond}		1.00E-08	m/s
Conditions frontières	Condition de charge constante (h=cte)	Amont hydraulique	78,25	m (BH15-TMF-01)	
		Ruisseau petit bras	60	m	
	Condition frontière de suintement (Q=0)	Au niveau du ruisseau intermittent entre le PAR et l'usine		Q=0	
	Recharge	Ajuster lors du processus de calibration			



 SNC • LAVALIN	NOTE TECHNIQUE MODÉLISATION HYDROGÉOLOGIQUE		Préparé par : C. Taveau, G. Cosset Révisé par : C. Bélanger		
	641991-0000-4WER-0001		Rév	Date	Page
			PC	4 avril 2017	15

3.2.1.3 Modèle CC'

Le modèle numérique de la coupe CC' est basé sur le modèle conceptuel déterminé à partir des informations obtenues sur le terrain lors des campagnes réalisées en 2015 (Qualitas 2015a et 2015b) et en 2016 (SNC-Lavalin (2017a et 2017b)). La coupe CC' est présentée à la figure 5 de l'Annexe A et synthétisée au tableau 3-3. Les principaux paramètres sont les suivants :

La géométrie a été construite selon les données stratigraphiques obtenues des puits d'explorations et forages suivants : BH15-TMF-01, TP15-TMF-17, TP16-TMF-13, TP15-TMF-18, TP16-TMF-15, TP16-TMF-21, BH16-TMF-09. Un maillage automatique a été généré par Seep/w avec une contrainte de taille moyenne d'éléments n'excédant pas 5 m.

- > Un niveau piézométrique est disponible pour calibrer la coupe CC'.
- > Sur la coupe CC', la condition frontière amont est initialement assignée à partir du (BH15-TMF-01) avec une condition de charge constante égale à 80 m puis cette condition frontière de charge hydraulique est calibrée. Le niveau piézométrique le long du lac Petit-Bras est imposé à partir de l'élévation du lac Petit-Bras avec des conditions de charge constante égales à 69 m. (Figure 5 de l'Annexe A).
- > L'infiltration initiale théorique de 211 mm/an sera ajustée à la baisse lors du processus de calibration afin de refléter la nature généralement peu perméable des unités hydrogéologiques.

Tableau 3-3 : Tableau récapitulatif du modèle numérique de la coupe CC'

Paramètre			Valeurs	
Type d'analyse			2D	
Régime			Permanent	
Écoulement			Saturé	
Géométrie	Élévation	Maximale	80,3	m
		Ruisseau Petit-Bras	69	m
	Longueur de la coupe		755	m
Maillage	Eléments		2825	
	Nœuds		2978	
Nombre de niveaux piézométriques disponibles pour calibration			1	
Conductivités hydrauliques finales	Tourbe	K	5.00E-05	m/s
	Sable	K	6.00E-05	m/s



 SNC • LAVALIN	NOTE TECHNIQUE MODÉLISATION HYDROGÉOLOGIQUE		Préparé par : C. Taveau, G. Cosset Révisé par : C. Bélanger		
	641991-0000-4WER-0001		Rév	Date	Page
			PC	4 avril 2017	16

Paramètre			Valeurs	
calibrées	Sable silteux	K	3.00E-07	m/s
	Argile	K	1.00E-09	m/s
	Socle rocheux	K _{surface}	5.00E-07	m/s
		K _{profond}	1.00E-08	m/s
Conditions frontières	Condition de charge constante (h=cte)	Amont hydraulique	78,25 (BH15-TMF-01)	m
		Lac Petit-Bras	69	m
	Recharge	Ajuster lors du processus de calibration		

3.2.2 Calibration des coupes AA', BB' et CC'

La stratégie de calibration découle de l'analyse des informations (niveaux piézométriques, stratigraphie, conditions frontières) disponibles pour les coupes AA', BB' et CC'.

3.2.2.1 Coupe AA'

Les 4 niveaux piézométriques interceptant la coupe AA' ont été utilisés pour calibrer les niveaux piézométriques et déterminer l'infiltration au site. Le résultat du calage donne un NRMSE (erreur quadratique moyenne normalisée) de 10,4% indiquant que le calage du modèle obtenu est adéquat et représente de façon acceptable les conditions observées sur le terrain. Les mesures de niveau d'eau couvrent les valeurs de 57 m à 83 m. L'erreur moyenne absolue sur le modèle est de 0,59 m (moyenne des différences entre les niveaux d'eau calibrés et mesurés). La figure 6 de l'annexe A est une comparaison entre les charges hydrauliques mesurées sur le terrain et celles calibrées et indique que celles-ci sont toutes dans le même ordre de grandeur, s'alignent uniformément le long de la courbe unitaire et les points se positionnent entre les deux courbes rouges pointillées représentant une erreur de 10%.

Lors du processus de calibration une zone de suintement a été ajoutée à 60 m en aval du BH-15-TMF-04 afin d'abaisser le niveau de la nappe très élevé dû à la proximité de la condition frontière amont.

Certaines valeurs de conductivités hydrauliques tirées du modèle conceptuel ont été modifiées pour réduire l'erreur de calibration. Ainsi, la conductivité hydraulique du roc de surface a été ajustée et augmentée d'un facteur de cinq, de $1,0 \times 10^{-07}$ m/s à $5,0 \times 10^{-07}$ m/s. Les résultats de la piézométrie calibrée et de la répartition de l'infiltration sont présentés à la Figure 6 de l'Annexe A.

3.2.2.2 Coupe BB'

Les 4 niveaux piézométriques interceptant la coupe BB' ont été utilisés pour calibrer les niveaux piézométriques et déterminer l'infiltration au site. Le résultat du calage donne un NRMSE (erreur quadratique moyenne normalisée) de 6,9% indiquant que le calage du modèle obtenu est adéquat et représente de façon acceptable les conditions observées sur le terrain. Les mesures de niveau d'eau couvrent les valeurs de 60 m à 78,25 m et l'erreur moyenne absolue sur le modèle est de 0,18 m (moyenne des différences entre les niveaux d'eau calibrés et mesurés). La



 SNC • LAVALIN	NOTE TECHNIQUE MODÉLISATION HYDROGÉOLOGIQUE	Préparé par : C. Taveau, G. Cosset		
		Révisé par : C. Bélanger		
	641991-0000-4WER-0001	Rév	Date	Page
	PC	4 avril 2017	17	

figure 7 de l'annexe A, montre que les charges hydrauliques mesurées et simulées sont toutes dans le même ordre de grandeur, s'alignent uniformément le long de la courbe unitaire et les points se positionnent entre les deux courbes rouges pointillées représentant une erreur de 10%.

Lors du processus de calibration, la condition frontière amont a été légèrement réduite de 80,3 m, valeur indiquée par BH15-TMF-01 à 78,5 m pour obtenir un meilleur calage au niveau des piézomètres BH16-TMF-08 et BH16-TMF-08.

Certaines valeurs de conductivités hydrauliques tirées du modèle conceptuel ont été modifiées pour réduire l'erreur de calibration. Ainsi, la conductivité hydraulique du roc de surface a été ajustée et augmentée par un facteur de cinq, comme pour la coupe AA'. Les résultats de la piézométrie calibrée et de la répartition de l'infiltration sont présentés à la figure 7 de l'Annexe A.

3.2.2.3 Coupe CC'

Cette coupe est présentée en complément et afin d'illustrer l'écoulement probable de l'eau souterraine vers le lac Petit-Bras, malgré le fait que peu de données soient disponibles dans la zone du lac Petit-Bras. Aucune NRMSE (erreur quadratique moyenne normalisée) n'a pas été calculée du fait qu'un seul niveau piézométrique soit disponible pour le calage.

Étant donné que la coupe CC' correspond à la coupe BB' dans sa partie amont, les conditions aux frontières et valeurs calibrées en amont du modèle BB' ont été reprises afin de réaliser la coupe CC'.

En conformité avec les coupes AA' et BB', la conductivité hydraulique du roc de surface a été augmentée par un facteur de cinq. Les résultats de la piézométrie calibrée et de la répartition de l'infiltration sont présentés à la Figure 8 de l'Annexe A.

Les valeurs d'infiltrations utilisées dans les modèles AA', BB' et CC' sont présentées au tableau 3-4. Les valeurs appliquées dans le modèle sont relativement plus faibles que les valeurs moyennes théoriques calculées à la section 2.6. Ces valeurs théoriques sont des moyennes réalisées sur plusieurs années et donnent un ordre de grandeur de la recharge efficace attendue. En effet, la recharge théorique a été ajustée et calibrée en fonction des aspects suivants du modèle :

- > Pente de la zone du modèle : Une pente abrupte est associée à un taux d'infiltration généralement plus faible.
- > Niveau de la nappe : Lorsque la nappe est au niveau du sol ou au niveau du ruisseau intermittent entre le site du TMF et de l'usine, il y a peu de possibilité d'infiltration dans le sol.
- > Conductivité hydraulique du matériau de surface : En présence d'un matériau peu perméable, l'infiltration assignée est peu élevée.



 SNC • LAVALIN	NOTE TECHNIQUE MODÉLISATION HYDROGÉOLOGIQUE		Préparé par : C. Taveau, G. Cosset		
			Révisé par : C. Bélanger		
			Rév	Date	Page
	641991-0000-4WER-0001	PC	4 avril 2017	18	

Tableau 3-4 : Infiltration utilisée pour la calibration des coupes

Paramètres	Valeurs		Couleur aux figures 6, 7 et 8
	m/s	mm/an	
Infiltration faible	3,50 x10-10	12.5	Turquoise
	7,00 x10-10	25	
Infiltration moyenne	1,40 x10-09	50	Bleu
	2,10 x10-09	75	
Infiltration maximale	2,40 x10-10	100	Bleu marine
	4,20 x10-10	150	

3.2.3 Réseau d'écoulement simulé par le modèle numérique

Les coupes AA', BB' et CC' des figures 6, 7 et 8 de l'Annexe A présentent le réseau d'écoulement au site du futur parc à résidus et au site de l'usine selon la coupe. On observe que dans l'empreinte du futur parc, le niveau de la nappe est particulièrement élevé, voir affleurant sur les coupes BB' et CC' au centre du futur parc. Les élévations varient de 81 à 73 m pour la coupe AA', de 79 à 74 m pour la coupe BB' et de 78,25 à 78 m pour la coupe CC'. Au niveau du site de l'usine, les niveaux d'eau sont également près de la surface avec des élévations variant de 69 à 68 m pour la coupe AA' et 70 à 68 m sur la coupe BB'.

3.2.4 Analyse de sensibilité

L'analyse de sensibilité a été réalisée en utilisant toujours des valeurs dans l'intervalle de celles retenues pour constituer le modèle conceptuel.

L'analyse de sensibilité du modèle démontre que celui-ci est très sensible à la variation de la conductivité hydraulique de la couche de tourbe principalement, mais également à la variation de la conductivité hydraulique du roc de surface, et ce, autant pour la coupe AA' que pour la coupe BB'. Les autres paramètres du modèle influencent avec un moindre impact le comportement du modèle. Les résultats sont présentés dans le tableau 3-5.



 SNC • LAVALIN	NOTE TECHNIQUE MODÉLISATION HYDROGÉOLOGIQUE		Préparé par : C. Taveau, G. Cosset		
			Révisé par : C. Bélanger		
			Rév	Date	Page
	641991-0000-4WER-0001	PC	4 avril 2017	19	

Tableau 3-5 : Résultats de l'analyse de sensibilité

Paramètre modifié	Valeurs calibrées (m/s)	Valeur de l'analyse de sensibilité (m/s)	NRMSE sur l'analyse de sensibilité de la coupe AA' (%)	NRMSE sur l'analyse de sensibilité de la coupe BB' (%)
Modèle calibré			10,4	6,9
Conductivité hydraulique de la tourbe	5x10 ⁻⁵	1x10 ⁻⁴	24,4	16,8
		7,5x10 ⁻⁵	24,4	16,8
		2,5x10 ⁻⁵	17	15,4
		1x10 ⁻⁵	50,2	42,4
Conductivité hydraulique du roc de surface	5x10 ⁻⁷	5x10 ⁻⁶	35,1	27,4
		7,5x10 ⁻⁷	17,5	10,8
		2,5x10 ⁻⁷	12,1	5,7
		1x10 ⁻⁸	13,5	5,8
Conductivité hydraulique du sable	6x10 ⁻⁵	1x10 ⁻⁴	21,1	9,7
		2x10 ⁻⁵	13,4	11,7
		8x10 ⁻⁶	13,8	15,8
		5x10 ⁻⁶	14,1	17,3

Pour la conductivité hydraulique de la tourbe, la variation d'un demi-ordre de grandeur de la conductivité hydraulique, de part et d'autre de la valeur calibrée, montre des erreurs NRMSE jusqu'à environ 50% pour les coupes AA' et BB'. Pour le roc de surface, lorsque la valeur de conductivité hydraulique augmente l'erreur NRMSE augmente pour la coupe AA' alors qu'elle diminue pour la coupe BB'. Lorsque l'on considère les deux coupes, le choix de conductivité hydraulique apparaît optimal.

3.3 Modélisation numérique avec la pile de résidus avant la fermeture

Le modèle numérique d'écoulement souterrain calibré est modifié pour intégrer la pile de résidus et définir un nouveau réseau d'écoulement souterrain. Les changements suivants ont été apportés aux modèles :

- > Ajout du PAR avec une conductivité hydraulique des résidus de 1x10⁻⁰⁹ m/s. Cette valeur est basée sur les résultats d'essais en cellule œdométrique réalisés sur des échantillons de résidus miniers filtrés à différentes pressions de consolidation. Lors de ces essais, les valeurs de conductivité hydraulique ont varié de 1,09x10⁻⁰⁹ m/s à 2,67x10⁻¹⁰ m/s.
- > Une recharge sur la pile de résidus est appliquée. Une valeur de 31 mm/an correspondant à la conductivité hydraulique saturée des résidus miniers (1x10⁻⁰⁹ m/s) est appliquée sur le sommet et les pentes du parc à résidus. Cette valeur de recharge correspond à un maximum probable puisque la pile de résidus sera opérée afin d'empêcher l'accumulation d'eau sur le sommet de la pile (pas de formation d'un plan d'eau) et de favoriser le ruissellement. Ainsi, sur la base d'une conductivité hydraulique saturée des résidus faibles, l'infiltration assignée sera peu élevée (Lupo, J. et Hall, J., 2010).



 SNC • LAVALIN	NOTE TECHNIQUE MODÉLISATION HYDROGÉOLOGIQUE	Préparé par : C. Taveau, G. Cosset		
		Révisé par : C. Bélanger		
	641991-0000-4WER-0001	Rév	Date	Page
	PC	4 avril 2017	20	

- > Pour la coupe AA', ajout du bassin de collecte à l'extrémité sud du parc à résidus.
- > Au niveau de l'empreinte des digues de pourtour, l'unité de la tourbe est retirée.

3.3.1 Réseau d'écoulement avec le parc à résidus

Les coupes AA' et BB' des figures 9 et 10 de l'Annexe A présentent le réseau d'écoulement au site du futur parc à résidus et au site de l'usine avec le PAR modélisé. La coupe CC' de la figure 11 de l'Annexe A présente le réseau d'écoulement au site du futur parc à résidus jusqu'au lac Petit-Bras à l'est du PAR. Au niveau du PAR à la coupe BB', les réseaux d'écoulement sont sensiblement analogues antérieurement au PAR et avec celui-ci, tandis que dans la partie amont du parc à résidus, la nappe d'eau affleure très légèrement le long de la pente. Sur l'ensemble du parc, les niveaux d'eau ont légèrement diminué, mais n'excèdent pas 0,5 m s'expliquant par la réduction de l'infiltration en surface qui est limitée par la faible conductivité hydraulique des résidus. L'infiltration appliquée pour la coupe CC' est uniquement sur la partie supérieure du PAR, du fait que la coupe CC' ne correspond pas à une coupe complète du PAR, mais à une portion seulement. On note également qu'au niveau du parc à résidus, pour la coupe AA', la présence du bassin de collecte rehausse la nappe de 73 m à 75 m et crée un frein à l'écoulement et, par conséquent, des gradients hydrauliques plus faibles sous le parc. Sur la partie aval du PAR, la nappe déborde légèrement jusque dans le bassin de rétention.

3.3.2 Débits au fond de la pile de résidus

Les débits en fond du parc à résidus sont présentés au tableau 3-6. Pour déterminer ces débits, une ligne de flux a été assignée dans chacun des modèles à la base du PAR afin d'obtenir un débit en m^3/sec , qui a été divisé par la longueur du PAR et converti en $L/m^2/jr$. Pour la coupe AA', un débit en fond de parc journalier de $0,068 L/m^2/jr$ est obtenu alors que pour les coupes BB' et CC', des débits respectifs de $0,280 L/m^2/jr$ et $0,017 L/m^2/jr$ sont estimés. On remarque que même en présence de roc fracturé en surface, les débits en fond de parc sont toujours inférieurs au $3,3 L/m^2/jr$ prescrits par la Directive 019. Cette valeur de $3,3 L/m^2/jr$ considère une tête d'eau au sein des résidus de 10 m et ainsi un milieu saturé, ce qui n'est pas le cas ici. Les résultats sont présentés aux figures 9, 10 et 11 de l'Annexe A.

Des simulations additionnelles pour chacune des coupes AA' et BB' ont été réalisées pour évaluer l'effet du développement d'une nappe d'eau de 5 m de hauteur dans le parc à résidus. Les résultats sont présentés aux figures 12 et 13 de l'Annexe A ainsi qu'au tableau 3-6. Les modèles indiquent que même avec une tête d'eau de 5 m dans les résidus miniers en connexion hydraulique avec l'écoulement naturel sous-jacent, le débit sous le parc demeure faible, s'expliquant par la faible conductivité hydraulique des résidus miniers. On note également que, autant pour la coupe AA' que BB', les débits estimés avec une tête d'eau de 5 m imposée dans le parc sont plus du double qu'avec une recharge de 31 mm/an. Les cas simulés avec une tête d'eau de 5 m représentent des cas plus critiques puisqu'une nappe se crée au sein du PAR et entre en connexion hydraulique avec le réseau d'écoulement souterrain. Ces débits estimés demeurent toutefois largement en-deçà au $3,3 L/m^2/jr$ prescrit par la Directive 019.



 SNC • LAVALIN	NOTE TECHNIQUE MODÉLISATION HYDROGÉOLOGIQUE		Préparé par : C. Taveau, G. Cosset		
			Révisé par : C. Bélanger		
			Rév	Date	Page
	641991-0000-4WER-0001	PC	4 avril 2017	21	

Tableau 3-6 : Débits au fond de la pile de résidus

Coupe	Condition simulée	Longueur	Débits	Débits
		(m)	(m ³ /s)	(L/m ² /jr)
AA'	Recharge = 31 mm/an	437	3,42x10 ⁻⁰⁷	0,068
AA'	Tête d'eau de 5 m dans le parc + Recharge = 12,5 mm/an	437	3,91x10 ⁻⁰⁷	0,077
BB'	Recharge = 31 mm/an	482	1,56x10 ⁻⁰⁶	0,280
BB'	Tête d'eau de 5 m dans le parc + Recharge = 12,5 mm/an	482	3.64x10 ⁻⁰⁶	0,653
CC'	Recharge = 31 mm/an	235	4.64x10 ⁻⁰⁸	0.017

4.0 Modélisation de transport de contaminants

Les coupes AA', BB' et CC' avec les réseaux d'écoulement modélisés en présence du parc, ont été importées dans le logiciel Ctran/W pour simuler le transport de la phase dissoute du fer par advection-dispersion. Les propriétés de transport des matériaux et des contaminants (coefficient de dispersivité, coefficient d'advection) ainsi que les conditions frontalières ont été assignées pour procéder à des simulations en mode transitoire sur une période de 200 ans.

4.1 Géochimie des résidus

Des essais cinétiques sur les rejets miniers de Mason Graphite ont été réalisés par l'Unité de recherche et de service en technologie minérale (URSTM) en juillet 2016. Les résultats sont présentés dans la section ci-dessous et permettront de définir les paramètres du modèle de transport des contaminants.

La caractérisation chimique et minéralogique sur l'échantillon composite de résidus démontre que celui-ci présente des teneurs élevées en sulfures (principalement pyrrhotite, et traces de pyrite, sphalérite et chalcopyrite). Le matériel comporte aussi très peu de minéraux neutralisants (principalement la dolomite). Le bilan des essais statiques est conséquent avec ces observations avec un potentiel acide (PA) fortement positif (347 kg CaCO₃/t) et un potentiel de neutralisation (PN) inexistant (0 kg CaCO₃/t), si bien que le potentiel net de neutralisation (PNN) est fortement négatif (-347 kg CaCO₃/t) et le ratio PN/PA est nul (0 kg CaCO₃/t).

Les résultats de l'essai cinétique en colonne réalisé sur une période de 400 jours montrent dès le début de l'essai un pH acide de 4,26 qui monte jusqu'à une valeur de 4,95 à 126 jours et ensuite redescend graduellement pour rejoindre les valeurs de l'essai sur le minerai (~3.4). Cette période de hausse du pH correspond aussi à une baisse de la conductivité, du potentiel d'oxydoréduction ainsi que de l'acidité. Il s'agit possiblement d'une période de latence avant que les processus géochimiques n'atteignent un état similaire à ceux observés dans l'essai sur le



 SNC • LAVALIN	NOTE TECHNIQUE MODÉLISATION HYDROGÉOLOGIQUE	Préparé par : C. Taveau, G. Cosset		
		Révisé par : C. Bélanger		
	641991-0000-4WER-0001	Rév	Date	Page
	PC	4 avril 2017	22	

minéral. Il est possible que la nature fine du matériau favorise un maintien plus élevé de la teneur en eau et donc une plus faible disponibilité de l'oxygène.

Les résultats d'analyse des métaux normés à l'effluent final par la Directive 019 (As, Cu, Fe, Pb, Zn), montrent des dépassements du critère de la directive dès le premier rinçage pour les paramètres Fe, Ni, Pb et Zn. Pour les paramètres Fe, Pb, Zn on observe une tendance de valeur élevée en début d'essai, une plage entre 100 et 240 jours, pour ensuite adopter une tendance à la hausse pour le reste de l'essai. Le Ni montre des valeurs élevées en début d'essai qui diminuent par la suite sous le critère et restent stables jusqu'à la fin de l'essai. Le Cu a un comportement différent avec des valeurs basses en début d'essai qui augmentent après 100 jours jusqu'à des valeurs dépassant le critère.

Au niveau du potentiel de drainage minier acide (DMA), l'essai en colonne a démontré que le composite de résidus fournis pour analyse est générateur d'acidité à court terme. Aucune période de latence entre la mise en place et la production d'un DMA chargé de métaux n'a été observée en laboratoire. Les résultats montrent que les neutralisants (principalement la dolomite) sont déficitaires et réagissent trop lentement pour tamponner le pH, et ce, dès le début de l'essai. L'évolution des concentrations et des charges cumulées et normalisées pour le Stotal montre cependant un ralentissement du taux de production (diminution de la pente de la relation Stotal versus temps) des jours 75 à 250. Les chutes de concentration élémentaires pour cette période sont occasionnées par un ralentissement dans les taux d'oxydation des sulfures. Ce ralentissement est possiblement causé par un ensemble de facteurs, dont des phénomènes reliés à la consolidation, aux conditions hydrogéologiques et à la disponibilité de l'oxygène.

Dans le cadre du présent projet, le paramètre du fer a été retenu pour réaliser le transport de contaminants en raison de sa concentration constamment supérieure aux critères de la Directive 019 lors des rinçages des essais en colonne. Les essais suivants indiquent des concentrations moyennes pour le fer de :

- > Essais en colonne (12 cycle d'1 mois avec eau déminéralisée) : 3000 mg/L
- > Essais TCLP (18 heures avec une eau acide organique) : 13,8 mg/L
- > Essais SPLP (18 heures avec une eau acide inorganique) : 91 mg/L
- > Essais CTEU9 (essais de 7 jours avec échantillons pulvérisé et eau neutre déminéralisée) : 1333 mg/L

Lorsqu'on considère ces essais en laboratoire, il faut prendre en considération un facteur d'échelle puisque des éléments tel que la température ou le ratio liquide sur solide ont des impacts significatifs sur la réponse géochimique des résidus (Plante et al., 2014) et ainsi sur la concentration de contaminants dans les eaux d'exfiltration. Aussi, les cellules humides tendent à accélérer le taux de libération des métaux et des minéraux par rapport au terrain.

La concentration du fer comme source de contamination au niveau de la pile de résidus dans le modèle a été fixée à 1000 mg/L pour prendre en considération la période hivernale (6 mois par année les températures inhiberont les réactions d'oxydation) et ainsi intégrer un facteur d'échelle de 3.

4.2 Paramètres du modèle de transport

Les coupes AA', BB' CC' avec les réseaux d'écoulement modélisés en présence du parc ont été importées dans le logiciel Ctran/W pour simuler le transport de la phase dissoute du fer par advection-dispersion. Les propriétés de transport des matériaux et des contaminants (coefficient de dispersivité, coefficient d'advection) ainsi que les conditions frontières ont été assignées pour procéder à des simulations en mode transitoire sur une période de 200 ans.



 SNC • LAVALIN	NOTE TECHNIQUE MODÉLISATION HYDROGÉOLOGIQUE		Préparé par : C. Taveau, G. Cosset		
			Révisé par : C. Bélanger		
			Rév	Date	Page
	641991-0000-4WER-0001	PC	4 avril 2017	23	

Le tableau 4-1 présente les paramètres de transport des contaminants pour le fer et les figures 14, 17 et 20 de l'Annexe A présentent le modèle numérique de transport. Les hypothèses suivantes ont été considérées :

- > La dispersivité longitudinale est calculée d'après l'équation de Xu et Eckstein (1995) soit $\alpha_L = 0,83 * (\log L)^{2,414}$ avec L correspondant à la longueur de parcours calculée entre le milieu du parc et le ruisseau Petit-Bras (approximativement 1300 m pour la coupe AA', 1200 m pour la coupe BB' et 550 m pour la coupe CC'). La dispersivité transversale est égale à 10% de la dispersivité longitudinale et cette approche est basée sur Gelhar et al. (1992);
- > Le transport de contaminants est principalement régi par le processus d'advection. Le phénomène de diffusion moléculaire est un processus de transport négligeable dans les dépôts meubles et le roc à l'échelle du site ;
- > Aucune réaction chimique, dégradation ou adsorption n'est considérée pour le fer. Cette approche est considérée conservatrice.
- > Les concentrations à la source pour le fer sont tirées des résultats de rinçage d'essais en colonne réalisés en juillet 2016 sur les résidus de traitement de récupération du graphite. Les concentrations ont été appliquées dans Ctran/W comme condition frontière de charge constante au niveau de l'empreinte du parc avec une concentration de 1000 mg/l pour le fer, tel que déjà mentionné. La concentration sera gardée constante durant toute la période de la modélisation, ce qui est conservateur.

Tableau 4-1 : Paramètres de transport de contaminants

Paramètre		Unité	Valeur	Source
Régime		Transitoire		
Condition frontières	Concentration (condition frontière de charge constante) : Fer (Fe) C =	mg/l	1 000	Essais en colonne réalisés sur les résidus (URSTM, 2016)
	Fonction de sortie de contaminant («Exit review») : Qm = Exit review Qd =	g/sec g/sec	0 >0	
Propriétés des matériaux	Diffusion moléculaire : Fer (Fe)	m ² /s	7,19x10 ⁻¹⁰	Spitz and Moreno (1996)
	Dispersivité longitudinale	m	12,9	Selon Xu et Eckstein (1995) et validée avec le critère du nombre de Peclet
	Dispersivité transversale	m	1,29	Selon Gelhar et al (1992) et validée avec le critère du nombre de Peclet



 SNC • LAVALIN	NOTE TECHNIQUE MODÉLISATION HYDROGÉOLOGIQUE		Préparé par : C. Taveau, G. Cosset Révisé par : C. Bélanger		
	641991-0000-4WER-0001		Rév	Date	Page
			PC	4 avril 2017	24

4.3 Critères applicables

Selon le système d'information hydrogéologique (SIH) du MDDELCC, des prises d'eau privées sont localisées à moins de 1 kilomètre au sud-est du terrain à l'étude, en aval hydraulique, au-delà du ruisseau Petit-Bras. Il semblerait que ces puits appartiennent à une carrière. Par conséquent, il ne s'agirait pas de puits d'eau potable bien que ces informations demeurent à confirmer. Ainsi, le critère actuellement applicable et retenu aux fins de notre évaluation correspond au critère de résurgences dans l'eau de surface (RES) du MDDELCC. En l'absence de critère RÉSIE et à titre indicatif seulement, les concentrations maximales acceptables dans l'eau potable tirées de Santé Canada ainsi que les concentrations au point de rejet de l'effluent final tirées de la Directive 019 sont présentés au tableau 4-2.

Tableau 4-2 : Critères prescrits par le MDDELCC pour les concentrations en contaminants dans l'eau souterraine en fonction du milieu récepteur

Paramètre	Critère d'eau souterraine (mg/L)			
	Résurgence dans l'eau de surface (RESIE)	Aux fins de consommation Humaine – Eau Potable (EC)	Directive 019 – Concentration moyenne acceptable au point de rejet de l'effluent final	Directive 019 – Concentration maximale acceptable au point de rejet de l'effluent final
Fer	-	0,3*	3	6

* Concentration maximale acceptable dans l'eau potable (Critère esthétique) tiré de Santé Canada

4.4 Teneurs de fond

Les concentrations en fer mesurées sur le site du PAR et de l'usine lors du rapport d'investigation géotechnique additionnelle réalisée en février 2017 (SNC-Lavalin, 2017a) et lors de l'investigation géotechnique préliminaire réalisée en avril 2015 (Qualitas, 2015b) respectivement sont présentés au tableau 4-3. Ces données sont présentées à titre comparatif, car peu de données sont disponibles et les critères obtenus pour le fer sont uniquement esthétiques. Ces deux études indiquent que les concentrations sont inférieures aux critères prescrits par Santé Canada et par la Directive 019. Les teneurs de fond obtenues sur le site du PAR s'échelonnent d'une valeur inférieure à 0,02 jusqu'à 0,209 mg/L pour une moyenne d'approximativement 0,072 mg/L.



 SNC • LAVALIN	NOTE TECHNIQUE MODÉLISATION HYDROGÉOLOGIQUE			Préparé par : C. Taveau, G. Cosset		
				Révisé par : C. Bélanger		
		Rév	Date	Page		
	641991-0000-4WER-0001			PC	4 avril 2017	25

Tableau 4-3 : Teneurs de fond mesurées au site du PAR et en aval (2015b et 2017a)

Paramètre	Teneurs de fond (mg/L)					Moyenne
	Amont	Centre du PAR		Aval		
Puits	BH15-TMF-01	BH16-TMF-08	BH16-TMF-10	BH16-TMF-01	BH16-TMF-02	
Date d'échantillonnage	08/11/2016	08/11/2016	08/11/2016	08/11/2016	08/11/2016	
Fer	0,063	<0,02	0,036	0,209	0,034	0,072

4.5 Panaches de contamination modélisés

Les résultats des panaches de contamination pour le fer après 20, 40, 100 et 200 ans de transport en phase dissoute sont présentés aux figures 15, 16, 18, 19, 21 et 22 pour les coupes AA' à CC'. Le tableau 4-4 est un résumé des résultats et donne l'année à laquelle le panache de contamination atteint le ruisseau intermittent entre le site du PAR et de l'usine pour les coupes AA' et BB' et l'année à laquelle le panache de contamination atteint le lac Petit-Bras pour la coupe CC'. Le ruisseau intermittent est utilisé pour qualifier le panache, car il est considéré comme la limite entre le site de l'usine et celui du PAR. Par contre, ce ruisseau est intermittent et ainsi n'est pas un point de résurgence qui est observé à l'année longue. Les récepteurs primaires sont le lac et le ruisseau petit bras situés plus en aval.

Pour la coupe AA', le panache de contamination atteint le ruisseau intermittent à l'année 20 (1 mg/l), mais reste bien en amont du ruisseau Petit-Bras après 200 ans de transport. À 200 ans de transport, le panache de contamination qui atteint le ruisseau intermittent présente une concentration d'environ 900 mg/l. La vitesse de migration du front de concentration vers le ruisseau Petit-Bras entre 20 et 100 ans est de 2,4 m/an, tandis qu'entre 100 et 200 ans, la vitesse de migration calculée est de 0,4 m/an. Ces variations de vitesse de migration peuvent s'expliquer par la présence du bassin de rétention qui pourrait freiner le panache de contamination. Également, ce bassin empêcherait l'écoulement préférentiel dans la couche de la tourbe vers le ruisseau, phénomène qu'on observe sur les résultats de la coupe BB'. Si on considère les vitesses de migration calculées et un état stationnaire du site et de la source, le panache atteindrait le ruisseau Petit-Bras après plus de 2000 ans.

Pour la coupe BB', le panache de fer a déjà une concentration de 970 mg/l à l'année 20 au niveau du ruisseau intermittent entre le PAR et l'usine, mais si situe bien en amont du ruisseau Petit-Bras en aval de l'usine après 200 ans de transport. En fait, le panache simulé de fer en phase dissoute se développe et progresse lentement vers l'aval. Toutefois, les niveaux d'eau élevés et la présence de tourbe en surface avec une conductivité hydraulique plus importante que la conductivité hydraulique du roc de surface créent un écoulement préférentiel de la concentration de fer vers le ruisseau dans la coupe BB'. À l'inverse, la présence de la couche d'argile sous le PAR retarde le panache de contamination. Ce retard est moindre dans la coupe AA', car la couche d'argile est localisée en aval hydraulique du PAR.

Pour la coupe CC', le panache de fer atteint le lac Petit-Bras à l'année 20 (1 mg/l). À l'année 200, la concentration en fer est d'environ 70 mg/l ce qui est vingt-trois fois supérieur à la concentration moyenne acceptable à l'effluent prescrit par la Directive 019. Ainsi, la proximité du lac Petit-Bras par rapport au PAR montre que le panache de contamination aura plus rapidement un impact sur ce récepteur primaire. La vitesse de migration du front de concentration vers le lac Petit-Bras entre 20 et 100 ans est de 1,25 m/an, tandis qu'entre 100 et 200 ans, la vitesse de migration calculée est de 1,7 m/an. Ces variations de vitesse de migration peut s'expliquer par la présence de la



 SNC • LAVALIN	NOTE TECHNIQUE MODÉLISATION HYDROGÉOLOGIQUE	Préparé par : C. Taveau, G. Cosset Révisé par : C. Bélanger		
		Rév	Date	Page
	641991-0000-4WER-0001	PC	4 avril 2017	26

couche d'argile en aval sous le PAR qui pourrait freiner la propagation initiale du panache de contamination. Il est important de noter que cette coupe n'a pas pu être calibrée comme les deux autres coupes par manque d'information et ainsi, est une appréciation du phénomène qui pourrait se produire. Le manque d'information ne nous permet pas de confirmer le gradient hydraulique sous le parc et entre le parc et le récepteur ce qui ne permet pas de confirmer la propagation du panache.

Aussi, les simulations de transport de contaminants réalisées sur une période de 200 ans ne considèrent aucune décroissance de la source de contamination ni de diminution de l'infiltration sous le parc avec le temps. Ainsi, dans ces conditions, les panaches de contamination simulés vont croître indéfiniment ce qui représentent des scénarios critiques.

Pour chacune des coupes, le panache de contamination s'étend légèrement vers l'amont hydraulique du fait de la présence du parc qui inverse le sens de l'écoulement et de la dispersivité transversale. Ce phénomène est amplifié à cause de la présence d'une couche de tourbe en amont du parc qui crée un écoulement préférentiel vers l'amont.

La teneur de fond moyenne en fer est près de 13 fois inférieure à la concentration source appliquée au modèle et est donc négligeable par rapport aux concentrations potentielles rencontrées aux environs du site, suite à l'implantation du parc à résidus. Ainsi, la présence du parc est susceptible de modifier grandement cette teneur de fond sans toutefois constituer une menace ou un danger appréhendé pour l'environnement. De plus, le critère de l'EC pour le fer est uniquement un critère esthétique.



 SNC • LAVALIN	NOTE TECHNIQUE MODÉLISATION HYDROGÉOLOGIQUE		Préparé par : C. Taveau, G. Cosset Révisé par : C. Bélanger		
	641991-0000-4WER-0001		Rév	Date	Page
			PC	4 avril 2017	27

Tableau 4-4 : Résultats des simulations de transport de contaminants

Coupe	Contaminant	Concentration à la source	Limite entre le PAR et l'usine	Panache atteint le ruisseau ou le lac Petit-Bras	
		mg/l	Concentration à l'année 200 mg/l	Concentration mg/l	Année
AA'	Fer	1 000	460	Non atteint (< 1 mg/l)	200
BB'			990	Non atteint (< 1 mg/l)	200
CC'			Non applicable	1	20
			Non applicable	70	200

5.0 Programme de suivi

Pour définir adéquatement l'état actuel de la qualité des eaux souterraines au niveau du futur PAR, avant son implantation, il est nécessaire d'obtenir un portrait représentatif de la qualité des eaux souterraines avant les travaux d'aménagement du projet. Pour satisfaire les exigences de la Directive 019, un minimum de trois puits est requis afin de suivre l'amont et l'aval hydraulique du site. Un minimum de deux puits doit être installé en aval hydraulique selon un axe perpendiculaire à la direction d'écoulement de l'eau souterraine. Ainsi, il est recommandé de suivre un puits en amont et deux puits en aval soit :

- le puits en amont du PAR serait le puits existant BH-15-TMF-01 (campagne de 2015). La crépine du puits est installée dans le roc sur 7 m de hauteur, à une profondeur de 0,5 m (légèrement sous la nappe). Ainsi ce puits capte à la fois l'écoulement superficiel et l'écoulement profond.
- les deux puits en aval seraient :
 - Le puits existant BH-16-TMF-09 qui permettrait de suivre la qualité de l'eau souterraine vers le lac Petit-Bras. La crépine est installée dans le roc entre 5 et 8 m de profondeur. Ce puits capte l'écoulement plus profond et la position de la crépine relativement près de la surface permettrait de capter le développement d'un possible panache de contamination.
 - Le puits existant BH-16-TMF-01 qui permettrait de suivre la qualité de l'eau souterraine vers le site de l'usine. La crépine est installée de 12 à 15 m de profondeur et ainsi capte l'écoulement profond. Bien que plus profond, ce puits permettrait de capter un panache de contamination qui se développerait dès les premières années d'exploitation. Aussi il est important de prendre en considération que la présence du bassin en aval du parc va probablement dévier une certaine quantité d'eau vers ce puits ce qui rend sa position d'autant plus adéquate. D'après la modélisation de transport de contaminants, la contamination atteindrait plus vite ce puits que le BH-16-TMF-02 en aval du bassin de rétention des eaux et permettrait d'établir plus rapidement la vitesse de migration des contaminants sur le terrain.
- Un puits additionnel sera ajouté à proximité du BH-16-TMF-01 afin de capter l'écoulement plus superficiel. Ainsi la crépine de ce puits devrait être placée dans le roc de surface immédiatement sous le niveau de la nappe soit de 4 à 7 m de profondeur.



 SNC • LAVALIN	NOTE TECHNIQUE MODÉLISATION HYDROGÉOLOGIQUE	Préparé par : C. Taveau, G. Cosset Révisé par : C. Bélanger		
		Rév	Date	Page
	641991-0000-4WER-0001	PC	4 avril 2017	28

D'après la Directive 019, les paramètres à analyser sont l'arsenic, le cuivre, le fer, le nickel, le plomb, le zinc, les cyanures totaux, les hydrocarbures, les ions majeurs (Ca^{2+} , HCO_3^- , K^+ , Mg^+ , Na^+ , SO_4^{2-}), le pH et la conductivité électrique. Pour déterminer les teneurs de fond de ces paramètres, il est demandé que le calcul de ces teneurs soit réalisé sur un minimum de 8 résultats d'analyses provenant d'au moins trois puits d'observation répartis sur au moins deux campagnes d'échantillonnage. Ainsi, compte tenu qu'une campagne d'échantillonnage a été réalisée en novembre 2016, il est recommandé de réaliser au moins une autre campagne d'échantillonnage lors des périodes de crue et/ou d'étiage, soit au printemps et/ou à l'été 2017, avant le début de toute activité sur le site. Pendant les périodes de développement et d'exploitation, le relevé de la qualité de l'eau devra se faire 2 fois par an tel qu'exigé par le MDDELCC (2012). Le tableau 8-1 résume les campagnes d'échantillonnage à réaliser.



 SNC • LAVALIN	NOTE TECHNIQUE MODÉLISATION HYDROGÉOLOGIQUE	Préparé par : C. Taveau, G. Cosset		
		Révisé par : C. Bélanger		
	641991-0000-4WER-0001	Rév	Date	Page
	PC	4 avril 2017	29	

Tableau 5-1 : Campagnes d'échantillonnage à prévoir pour le suivi de la qualité des eaux

Période	Nombre de campagnes	Période recommandé	Puits
2017 – Site vierge	1 ou 2	Printemps et/ou été	Relevé des trois puits sélectionnés
2018 - Pré développement	2	Printemps et été	Relevé des trois puits sélectionnés
2019 jusqu'à la fermeture – Développement et exploitation	2	Printemps et été	Relevé des trois puits sélectionnés

6.0 Limites et recommandations

Lorsqu'on entreprend des travaux de modélisation numérique, il est nécessaire de porter un regard critique sur les résultats obtenus, car :

- > La définition d'un modèle numérique est fonction de la quantité et de la qualité des informations obtenues sur le terrain et les résultats du modèle obtenu ne peuvent être de meilleure qualité que ces données de base.
- > Un modèle numérique est une simplification d'un milieu réel plus complexe et ne peut être employé seul dans le cadre d'un processus décisionnel.

Le modèle développé représente une version conservatrice du système hydrogéologique naturel et du futur parc à résidus qui comporte certaines limitations :

- > Les modèles des coupes AA', BB' et CC' sont une simplification de la stratigraphie et du réseau d'écoulement qui montrent un comportement global et ne détaillent pas les zones d'écoulement préférentiel dans les dépôts meubles ou dans les fractures du socle rocheux.
- > La zone aval du site de l'usine vers le ruisseau Petit Bras est peu caractérisée (niveau piézométrique et stratigraphie) et ne permet pas d'identifier des zones potentielles d'écoulement préférentiel des eaux souterraines. Par contre cette zone se trouve loin du parc à résidus et a une influence moindre sur les résultats du modèle.
- > La zone aval le long de la coupe CC', vers le lac Petit-Bras n'est pas caractérisé (niveau piézométrique et stratigraphie) et nécessiterait une investigation supplémentaire pour confirmer le réseau d'écoulement des eaux souterraines dans cette zone.
- > La présence de tourbe en surface avec une conductivité hydraulique plus élevée que la conductivité hydraulique du roc de surface contribue à créer un écoulement préférentiel proche de la surface du sol. Cet effet est augmenté par la présence de la nappe généralement très proche de la surface.
- > La modélisation ne prend pas en considération le fait que le bassin de rétention au sud du PAR va probablement avoir pour effet de dévier une certaine quantité d'eau vers le sud-est du PAR.
- > Une ou deux campagnes d'échantillonnage supplémentaires seraient nécessaires pour déterminer la teneur de fond des eaux souterraines.
- > Tel qu'indiqué précédemment, aucune décroissance de la source de contamination ni de diminution de l'infiltration sous le parc avec le temps n'ont été considérées dans les simulations de transport de



 SNC • LAVALIN	NOTE TECHNIQUE MODÉLISATION HYDROGÉOLOGIQUE	Préparé par : C. Taveau, G. Cosset		
		Révisé par : C. Bélanger		
	641991-0000-4WER-0001	Rév	Date	Page
	PC	4 avril 2017	30	

contaminants. Les panaches de contamination simulés vont ainsi croître indéfiniment, représentant des scénarios conservateurs.

- > Aucun facteur adsorption ou facteur de retard n'a été pris en considération ce qui est conservateur, mais induit de nouveau un cas critique.
- > Un puits additionnel sera ajouté à proximité du BH-16-TMF-01 afin de capter l'écoulement plus superficiel.

7.0 Conclusion

L'objectif de la modélisation hydrogéologique était de déterminer les débits d'eau s'exfiltrant au parc à résidus et l'évolution des panaches de contamination. La modélisation visait aussi à vérifier si la conception du parc actuellement envisagée permet de respecter le niveau d'étanchéité de niveau A de la Directive 019 du MDDELCC. Le modèle conceptuel est basé sur la campagne réalisée en 2015 et 2016 (Qualitas 2015a et 2015b et SNC-Lavalin 2017a et 2017b) et le rapport de modélisation hydrogéologique de Qualitas (Qualitas, 2015a). Trois modèles numériques ont été construits avec le logiciel Seep/W 2016 et calibrés pour valider la bonne représentation des conditions actuelles.

Les débits d'exfiltration anticipés ont été calculés à l'aide du modèle Seep/W. Le débit d'exfiltration en fond de parc obtenu est de 0,068 l/m²/jr pour la coupe AA', 0,280 l/m²/jr pour la coupe BB' et 0,017 l/m²/jr pour la coupe CC'. Ces valeurs sont en deçà du 3,3 l/m²/jr. Ainsi, l'ouvrage respecte les exigences de la Directive 019 du MDDELCC quant à la mesure d'étanchéité de niveau A. Une simulation représentant un cas plus critique a été réalisée avec une tête d'eau dans le parc de 5 m donnant des débits de percolation de 0,077 L/m²/jr pour la coupe AA' et 0,653 L/m²/jr pour la coupe BB'. Ces valeurs sont toujours en deçà de la limite fixée par la Directive 019.

Des modèles de transport ont été développés à partir Ctran/W et des nouveaux réseaux d'écoulement de l'eau souterraine. Ainsi, le transport par advection et dispersion du fer a été simulé sur une période de 200 ans pour préciser l'évaluation des modifications potentielles de la qualité de l'environnement, suite à l'implantation projetée du parc à résidus.

Les résultats des simulations de transport indiquent que la présence d'une couche d'argile sous le PAR ainsi que la présence du bassin de collecte des eaux, retardent l'arrivée de la contamination au niveau du ruisseau intermittent entre le PAR et l'usine. À l'inverse, la présence de la tourbe en surface amplifié par un niveau piézométrique élevé, crée un écoulement préférentiel vers le ruisseau intermittent entre le PAR et l'usine pour les coupes AA' et BB'. À 200 ans, le panache de fer a atteint le ruisseau intermittent entre le PAR et l'usine, mais aucune concentration n'a été détectée dans le ruisseau Petit-Bras en aval. Pour la coupe CC', le panache atteint le lac Petit-Bras dès l'année 20, présumant un impact relativement rapide sur ce récepteur primaire. La présence du PAR est susceptible de modifier grandement la teneur de fond sans toutefois constituer une menace ou un danger appréhendé pour l'environnement, d'autant plus que le critère de l'EC pour le fer est uniquement un critère esthétique.



 SNC • LAVALIN	NOTE TECHNIQUE MODÉLISATION HYDROGÉOLOGIQUE	Préparé par : C. Taveau, G. Cosset		
		Révisé par : C. Bélanger		
	641991-0000-4WER-0001	Rév	Date	Page
	PC	4 avril 2017	31	

8.0 Références

Anderson M.P., Woessner W.W., (1992). Applied groundwater modeling, Simulation of flow and advective transport, Academic Press, San Diego California.

ASTM, 2002. Standard Guide for Calibrating a Ground-Water Flow Model Application. ASTM D5981-96.

ASTM, 2002. Standard Guide for Conducting a Sensitivity Analysis for a Ground-Water Flow Model Application. ASTM D5981-96.

Chapuis, R. (2004) Predicting the saturated hydraulic conductivity of sand and gravel using effective diameter and void ratio, Can Geotech J 41: 787-795.

Fetter, C. W. Contaminant Hydrogeology, 1992.

Fournier, V. (Août 2008) Mémoire sur l'Hydrologie de la tourbière du Mont Covey Hill et implications pour la conservation, UQÀM.

Gelhar, L. W., Welty C., Rehfeldt, K., R., (1992) A critical review of data on field-scale dispersion in aquifers. Water Resources Research, Volume 28, Issue 7, July 1992, Pages 1955–1974 .

Geo-Slope International inc (2015) GeoStudio 2012 – August 2015 release – SEEP/W module for seepage analyses, version 8.15.5. <http://www.geo-slope.com/support/downloads/whatsnew#aug2015>.

Hatch (2016). Gestion des eaux – Concentrateur. Rapport H347199-0000-05-220-0006, Rév. 0. 22 Juin 2016.

Lupo J., and Hall, J., (2010) Dry stack tailings – design considerations, Tailings and Mine Waste 2010 Edited by The Organizing Committee of the 14th International Conference on Tailings and Mine Waste, CRC Press 2010 Pages 327–334, ISBN: 978-0-415-61455-9.

Ministère du développement durable, de l'Environnement et des parcs (MDDEP) (2012). Directive 019 sur l'industrie minière, mars 2012.

Ministère du développement durable, de l'Environnement et Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC), (1998), Politique de protection des sols et de réhabilitation des terrains contaminés, Annexe 2.

Ministère du développement durable, de l'Environnement et Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC) (2014), Guide de gestion des eaux pluviales, Évaluation quantitative du ruissellement - Aspects hydrologiques – Chapitre 6, <http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/eau/pluviales/chap6.pdf>

Ministère du développement durable, de l'Environnement et Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC) (2017), Diffusion de la cartographie hydrogéologique, <http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/eau/souterraines/diffusion-carto-hydrogeologique.htm>.

Qualitas (2015a). Preliminary Geotechnical Investigation Report Concentrator site - Tailings Management Facility, Baie-Comeau, Quebec, Canada. Qualitas Project No. : 632622, 17 Decembre 2015.

Qualitas (2015b). Preliminary Geotechnical Investigation Report Concentrator site –Plant, Baie-Comeau, Quebec, Canada. Qualitas Project No. : 632622, 17 Decembre 2015.

SNC-Lavalin inc. (2016). Modélisation hydrogéologique conceptuelle – Site de la future usine et du parc à résidus projeté Baie-Comeau (Québec). No. Dossier : 635748. Avril 2016.

SNC Lavalin inc. (2017a). Additionnal Geotechnical Investigations Tailing Management Facility, Baie-Comeau, Quebec, Qualitas No. Dossier : 641925, Mars 2017.



 SNC • LAVALIN	NOTE TECHNIQUE MODÉLISATION HYDROGÉOLOGIQUE	Préparé par : C. Taveau, G. Cosset Révisé par : C. Bélanger		
		Rév	Date	Page
	641991-0000-4WER-0001	PC	4 avril 2017	32

SNC Lavalin inc. (2016b) Additional Geotechnical Investigations Concentrator site, Baie-Comeau, Quebec, Qualitas No. Dossier : 641925, Mars 2017.

Unité de recherche et de service en technologie minérale (URSTM), Essais cinétiques sur rejets miniers de Mason Graphite, Rapport final, Dossier : PU-2014-12-946, Juillet 2016.

Xu, M., Eckstein, Y., (1995). Use of Weighted Least-Squares Method in Evaluation of the Relationship Between Dispersivity and Field Scale, Groundwater, Volume 33, Issue 6 November 1995, Pages 905–908.





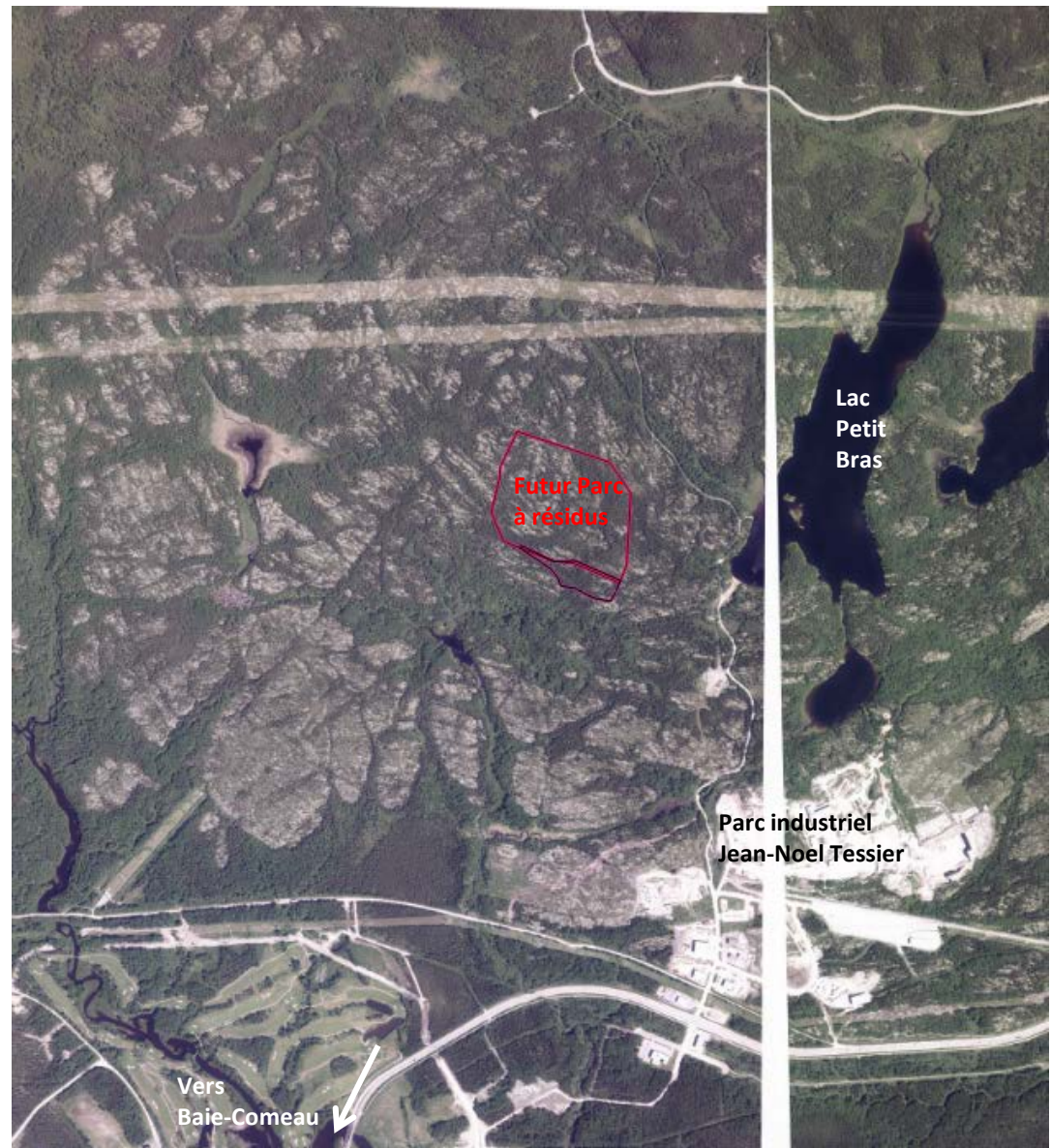
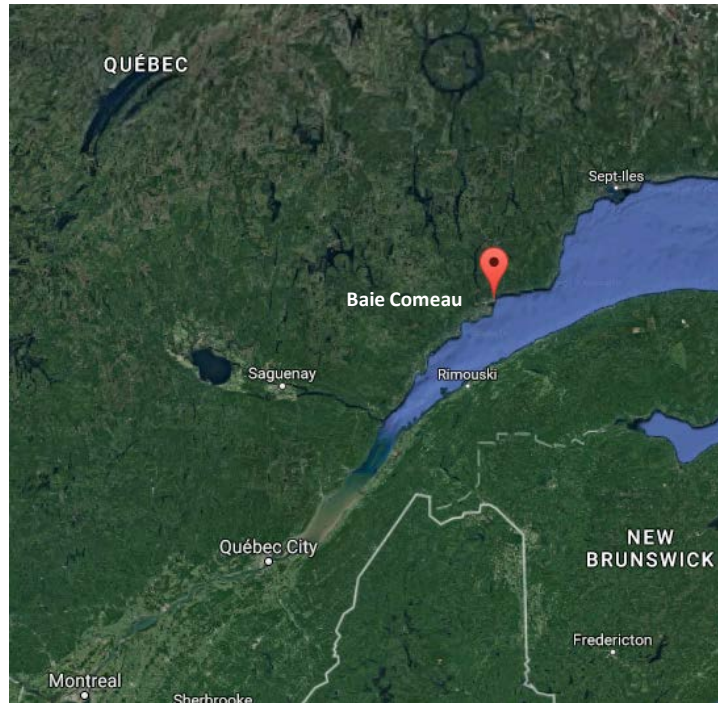
Annexe A

Figures

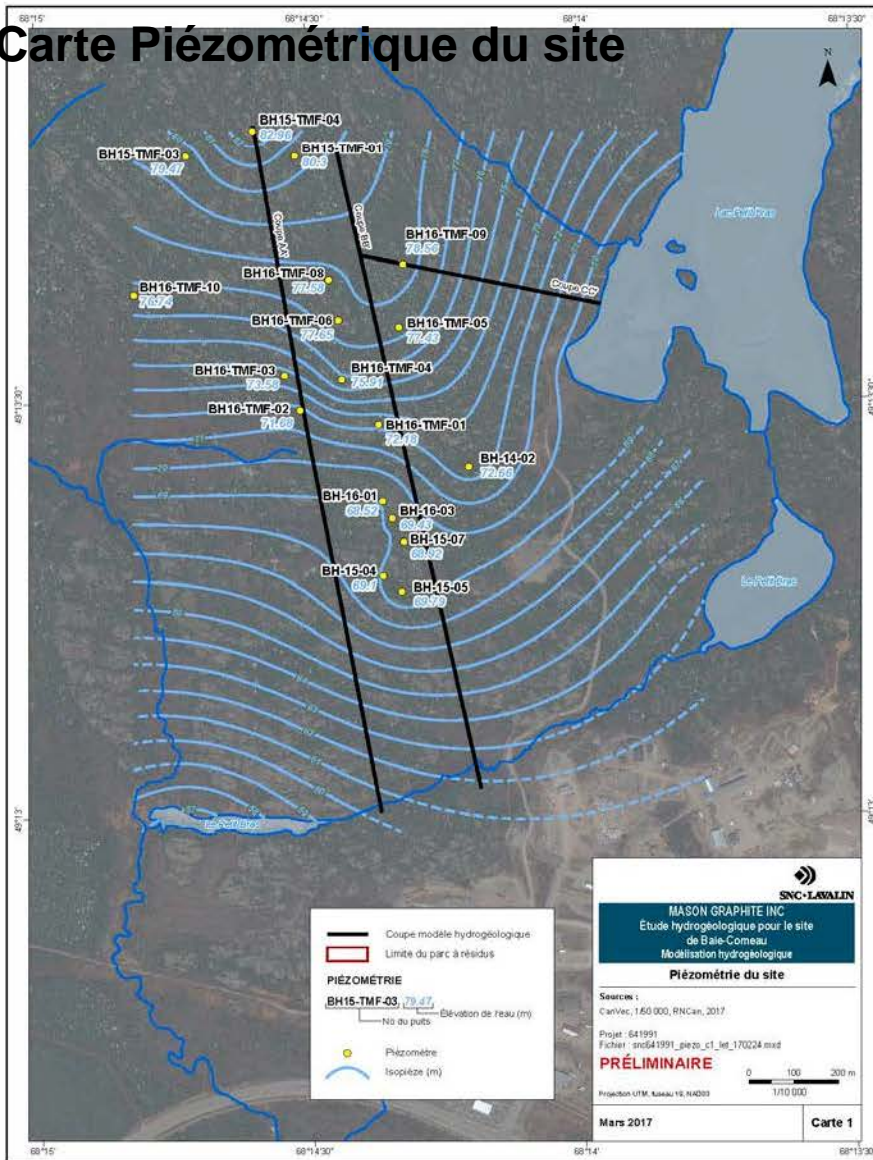
- Figure 1 : Plan de localisation général
- Figure 2 : Carte piézométrique du site
- Figure 3 : Informations disponibles pour la coupe AA'
- Figure 4 : Informations disponibles pour la coupe BB'
- Figure 5 : Informations disponibles pour la coupe CC'
- Figure 6 : Résultats de la calibration de la coupe AA'
- Figure 7 : Résultats de la calibration de la coupe BB'
- Figure 8 : Résultats de la calibration de la coupe CC'
- Figure 9 : Réseau d'écoulement avec le parc à résidus coupe AA'
- Figure 10 : Réseau d'écoulement avec le parc à résidus coupe BB'
- Figure 11 : Réseau d'écoulement avec le parc à résidus coupe CC'
- Figure 12 : Réseau d'écoulement avec le parc à résidus coupe AA' – Condition frontière $h = 5$ m
- Figure 13 : Réseau d'écoulement avec le parc à résidus coupe BB' – Condition frontière $h = 5$ m
- Figure 14 : Coupe AA' : Modèle numérique de transport
- Figure 15 : Coupe AA' : Transport du fer à 20 et 40 ans
- Figure 16 : Coupe AA' : Transport du fer à 100 et 200 ans
- Figure 17 : Coupe BB' : Modèle numérique de transport
- Figure 18 : Coupe BB' : Transport du fer à 20 et 40 ans
- Figure 19 : Coupe BB' : Transport du fer à 100 et 200 ans
- Figure 20 : Coupe CC' : Modèle numérique de transport
- Figure 21 : Coupe CC' : Transport du fer à 20 et 40 ans
- Figure 22 : Coupe CC' : Transport du fer à 100 et 200 ans



Plan de localisation général



Carte Piézométrique du site



SNC-LAVALIN





**Modélisation
hydrogéologique
et de transport**

**Étude hydrogéologique pour le site de Baie-Comeau
Projet Lac Guéret**

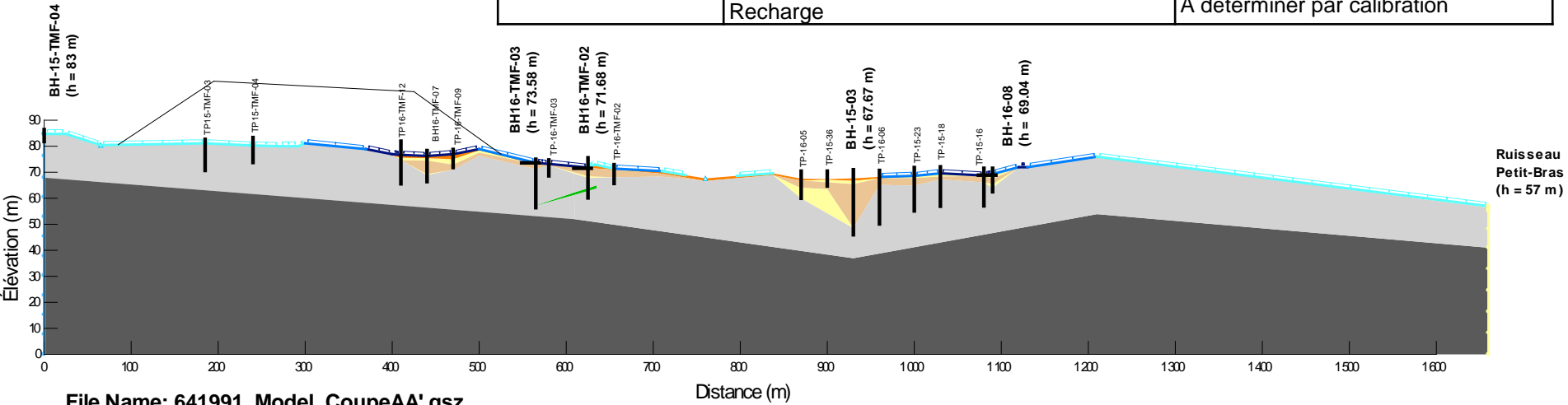
Projet: 641991

Figure: 2

Informations disponibles pour la coupe AA'

	Roc de surface
	Argile
	Roc competent
	Sable
	Tourbe
	Dyke

Paramètre			Valeurs
Type d'analyse			2D
Régime			Permanent
Écoulement			Saturé
Géométrie	Élévation	Maximale	84.8 m
		Ruisseau Petit Bras	56 m
Longueur de la coupe		1660 m	
Maillage	Eléments		5398
	Nœuds		5707
Nombre de niveaux piézométriques disponibles pour calibration			4
Conductivités hydrauliques	Tourbe	K	5.00E-05 m/s
	Sable	K	6.00E-05 m/s
	Argile	K	1.00E-09 m/s
	Socle rocheux	K _{surface}	5.00E-07 m/s
		K _{profond}	1.00E-08 m/s
	Dyke	K _{moyen}	6.00E-07 m/s
Conditions frontières	Condition de charge constante (h=cte)	Amont hydraulique	83 m (BH15-TMF-04)
		Ruisseau petit bras	57 m
	Recharge	À déterminer par calibration	



File Name: 641991_Model_CoupeAA'.gsz
Echelle 3H:1V



Modélisation hydrogéologique et de transport

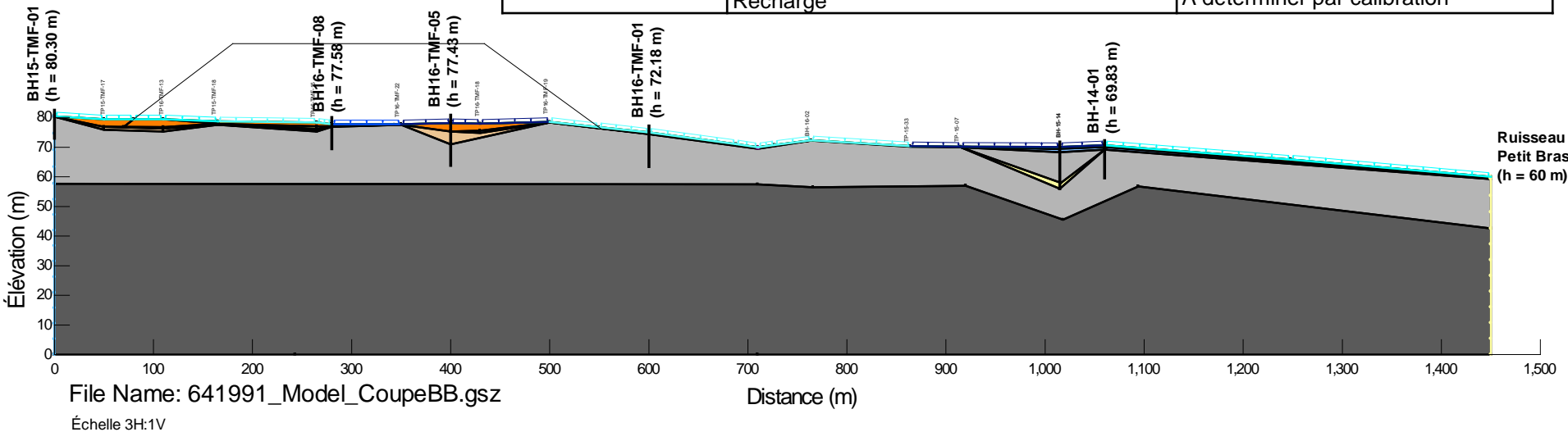
**Étude hydrogéologique pour le site de Baie-Comeau
Projet Lac Guéret**

Projet: 641991 Figure: 3

Informations disponibles pour la coupe BB'

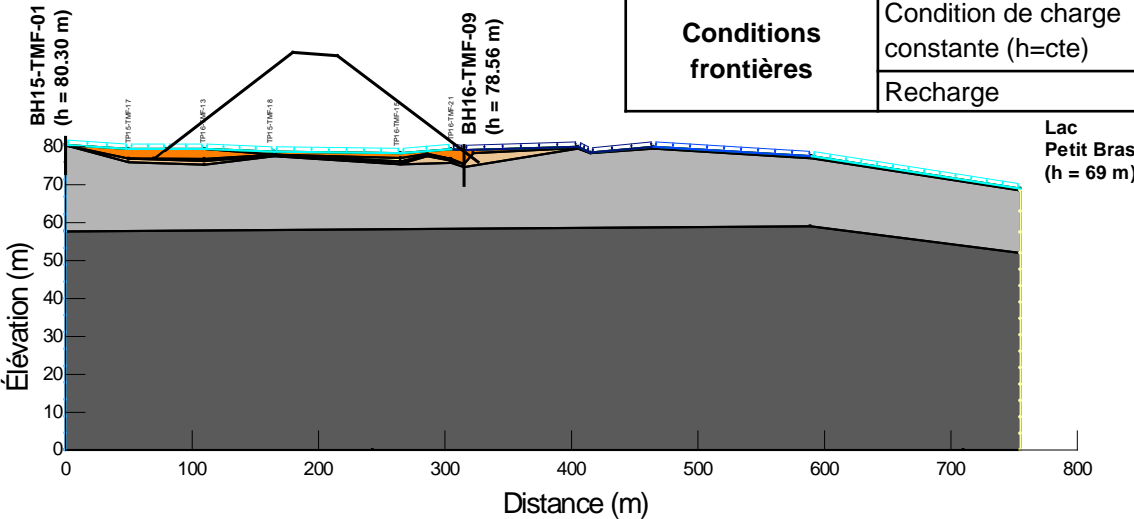
	Tourbe
	Sable
	Argile
	roc de surface
	roc competent
	Sable silteux

Paramètre			Valeurs	
Type d'analyse			2D	
Régime			Permanent	
Écoulement			Saturé	
Géométrie	Élévation	Maximale	80,3 m	
		Ruisseau Petit Bras	60 m	
Longueur de la coupe		1450 m		
Maillage	Éléments	4812		
	Nœuds	5098		
Nombre de niveaux piézométriques disponibles pour calibration			5	
Conductivités hydrauliques	Tourbe	K	5.00E-05 m/s	
	Sable	K	6.00E-05 m/s	
	Sable silteux	K	3.00E-07 m/s	
	Argile	K	1.00E-09 m/s	
	Socle rocheux	K _{surface}	5.00E-07 m/s	
		K _{profond}	1.00E-08 m/s	
Conditions frontières	Condition de charge constante (h=cte)	Amont hydraulique	80,3 m (BH15-TMF-01)	
		Ruisseau petit bras	60 m	
	Recharge	À déterminer par calibration		



Informations disponibles pour la coupe CC'

Paramètre		Valeurs	
Type d'analyse		2D	
Régime		Permanent	
Écoulement		Saturé	
Géométrie	Élévation	Maximale	80,3 m
		Ruisseau Petit-Bras	69 m
	Longueur de la coupe		755 m
Maillage	Eléments	2825	
	Nœuds	2978	
Nombre de niveaux piézométriques disponibles pour calibration		1	
Conductivités hydrauliques finales et calibrées	Tourbe	K	5.00E-05 m/s
	Sable	K	6.00E-05 m/s
	Sable silteux	K	3.00E-07 m/s
	Argile	K	1.00E-09 m/s
	Socle rocheux	Ksurface	5.00E-07 m/s
		Kprofond	1.00E-08 m/s
Conditions frontières	Condition de charge constante (h=cte)	Amont hydraulique	78,25 (BH15-TMF-01) m
		Lac Petit-Bras	69 m
	Recharge	Ajuster lors du processus de calibration	



File Name: 641991_Model_CoupeDD.gsz
Échelle 3H:1V

	Tourbe
	Sable
	Argile
	roc de surface
	roc competent
	Sable silteux



Modélisation hydrogéologique et de transport

**Étude hydrogéologique pour le site de Baie-Comeau
Projet Lac Guéret**

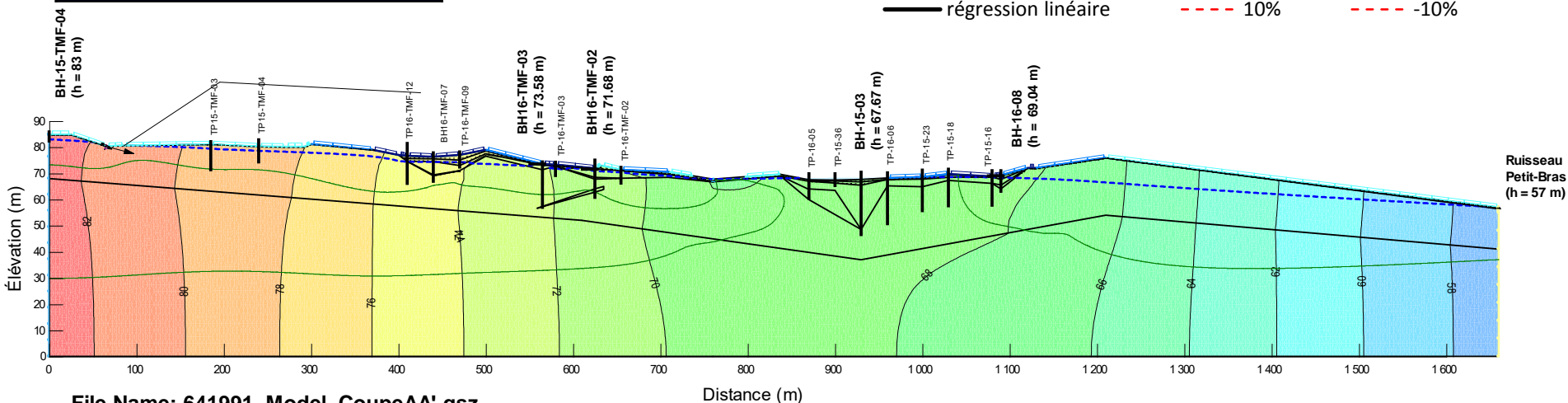
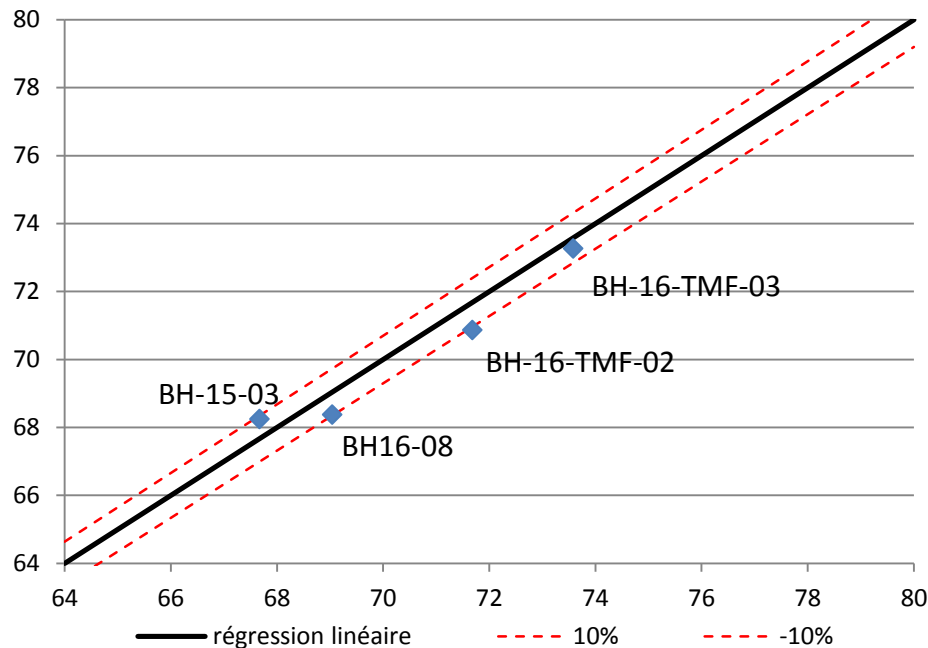
Projet: 641991

Figure: 5

Résultats de calibration de la coupe AA'

Erreur	Valeurs
NRMSE	10,4%

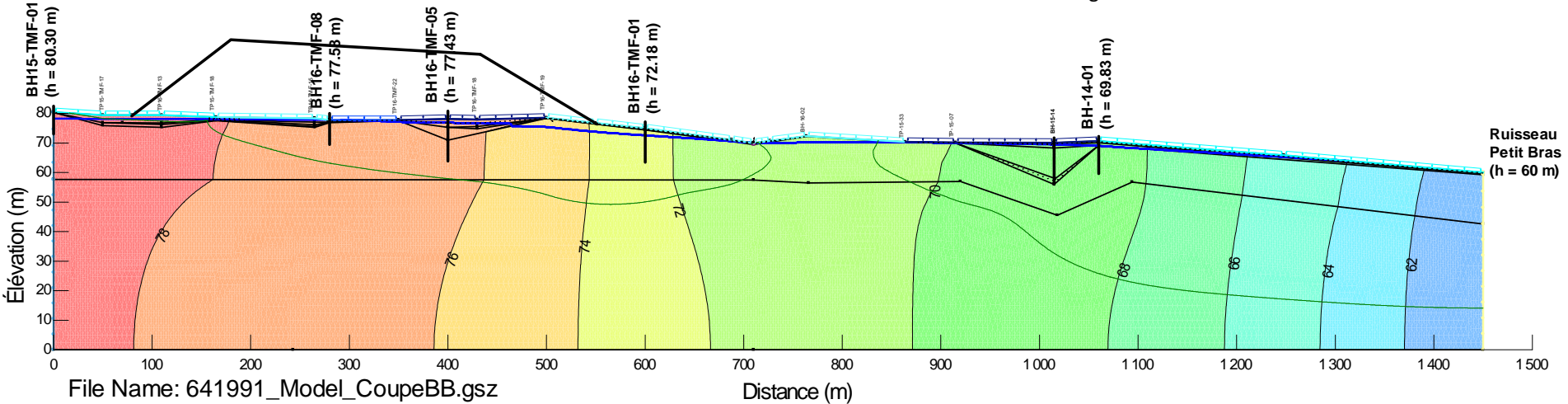
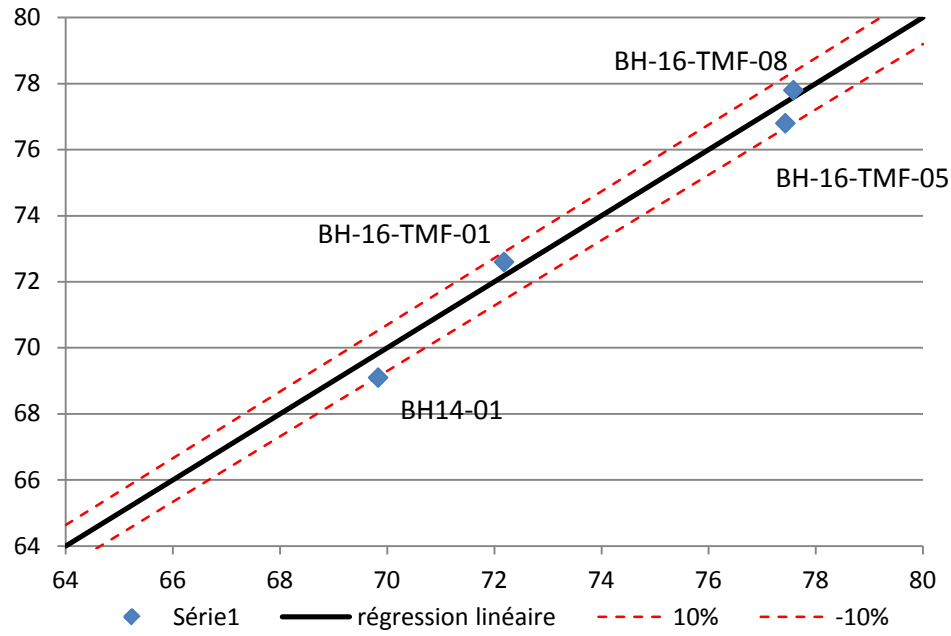
Infiltration faible (12,5 à 25 mm/an)
Infiltration moyenne (50 à 75 mm/an)
Infiltration maximale (100 à 150 mm/an)



Résultats de calibration de la coupe BB'

Erreur	Valeurs
NRMSE	6,9%

- Infiltration faible (12,5 à 25 mm/an)
- Infiltration moyenne (50 à 75 mm/an)
- Infiltration maximale (100 à 150 mm/an)



File Name: 641991_Model_CoupeBB.gsz

Échelle 3H:1V



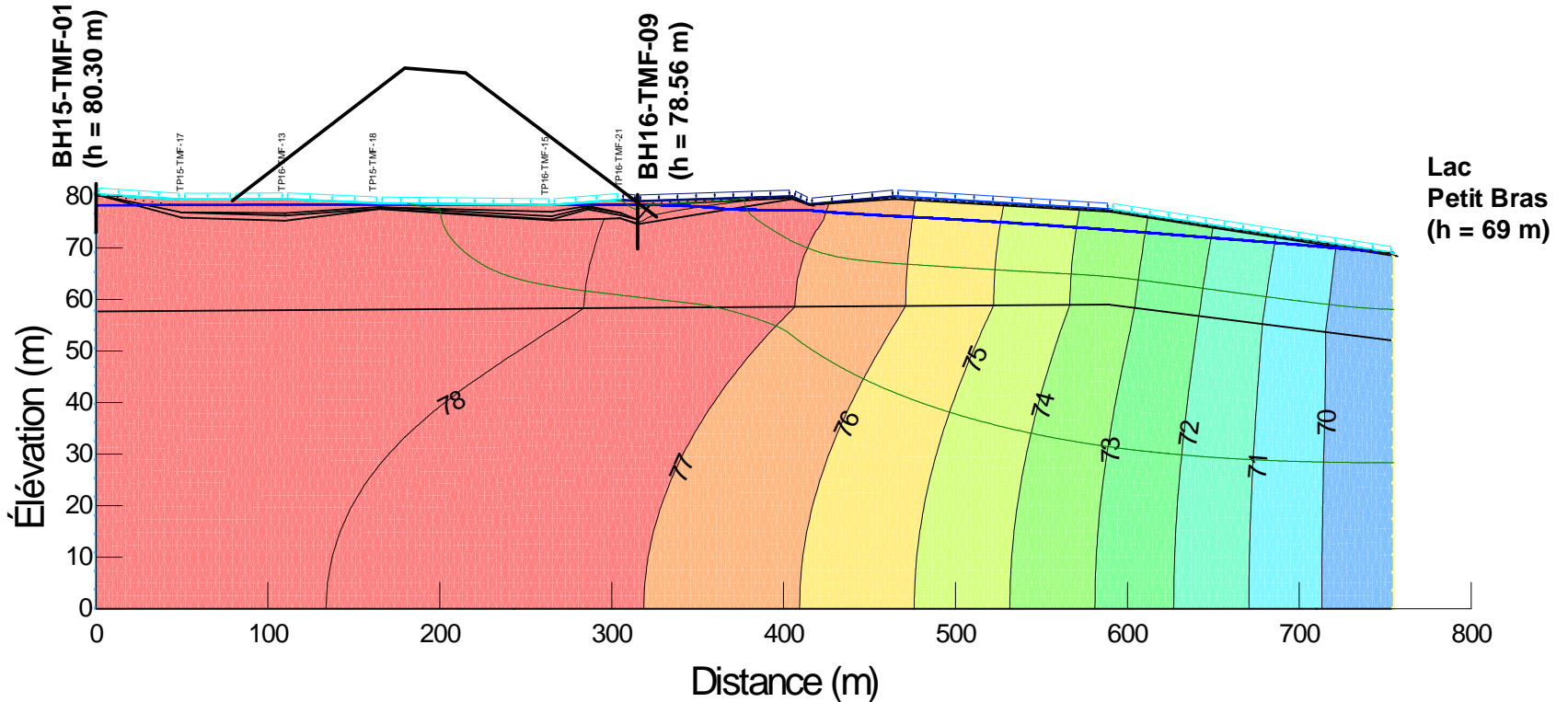
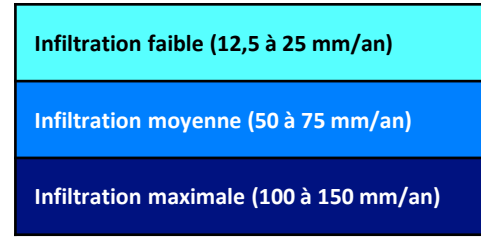
Modélisation hydrogéologique et de transport

**Étude hydrogéologique pour le site de Baie-Comeau
Projet Lac Guéret**

Projet: 641991

Figure: 7

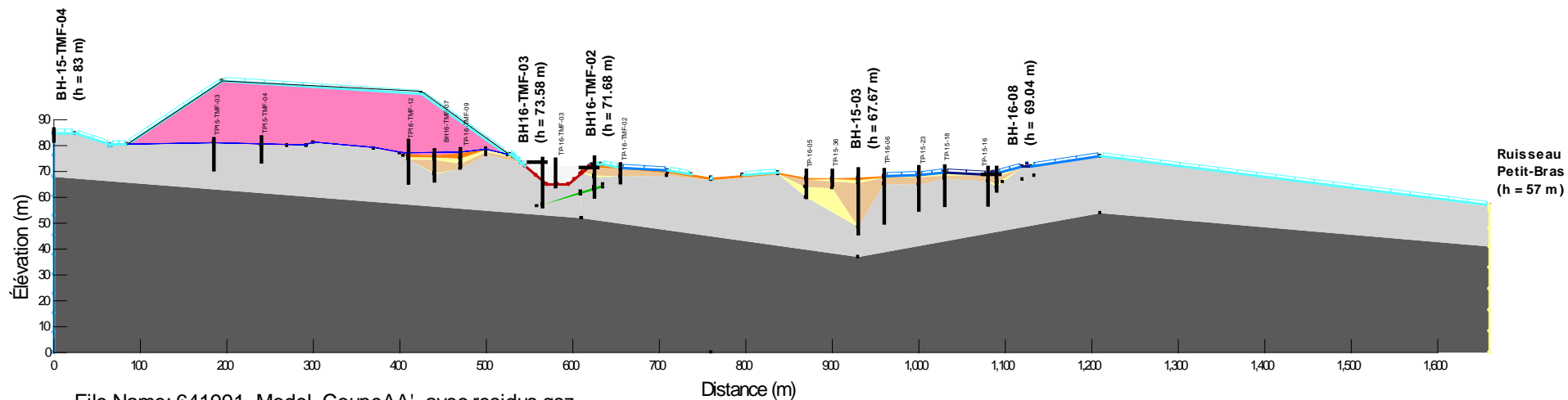
Résultats de calibration de la coupe CC'



File Name: 641991_Model_CoupeCC.gsz

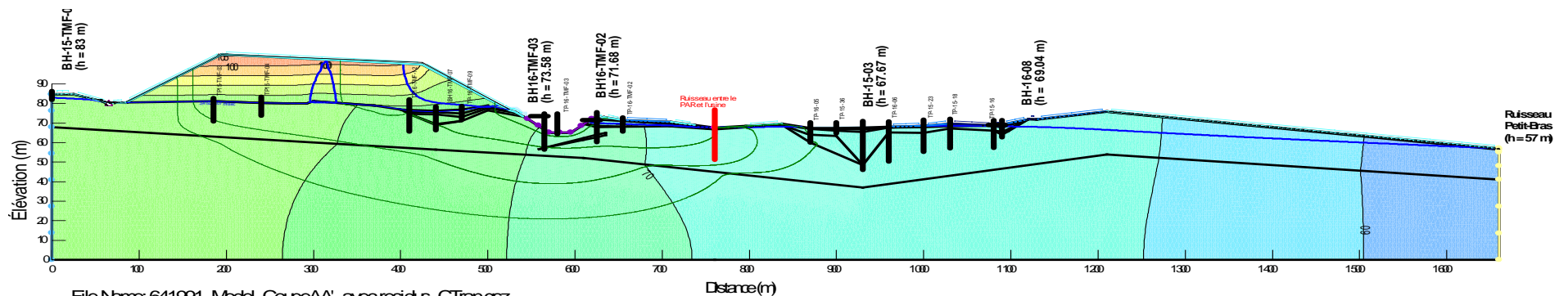
Échelle 3H:1V

Réseau d'écoulement avec le parc à résidus coupe AA'



File Name: 641991_Model_CoupeAA'_avec residus.gsz

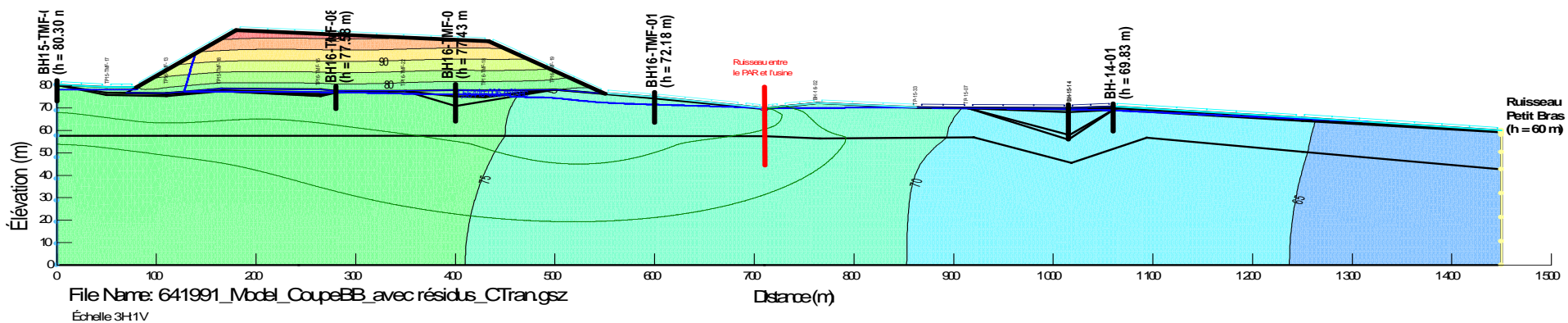
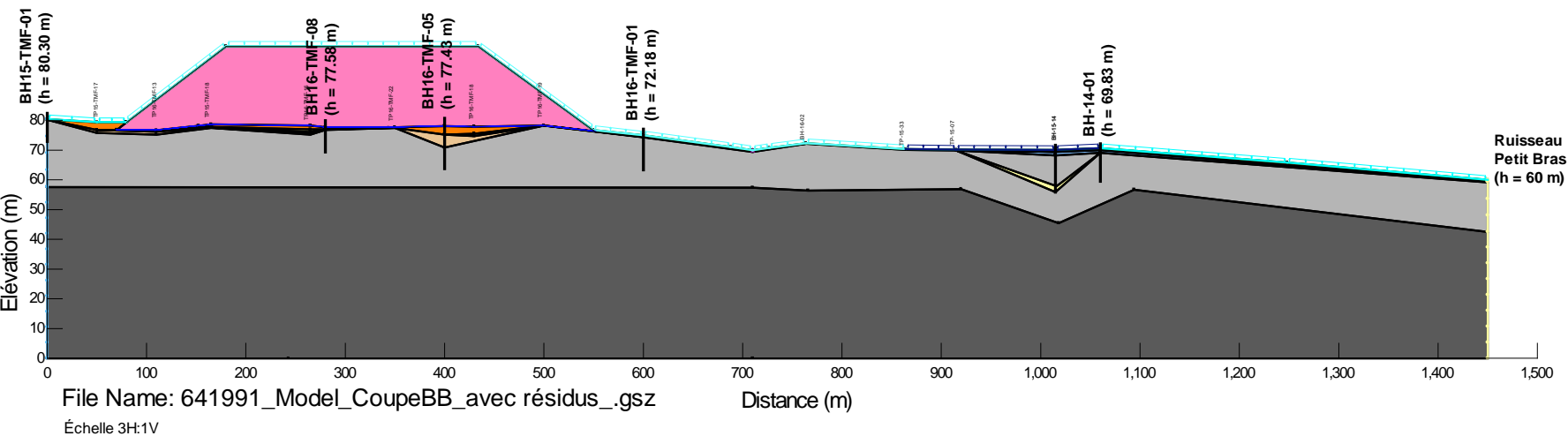
Echelle 3H:1V



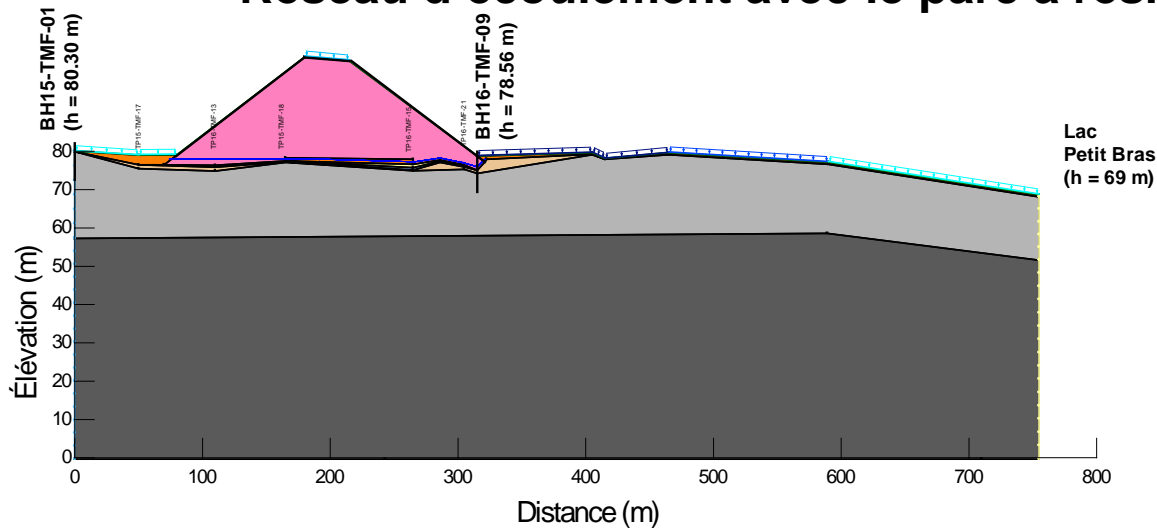
File Name: 641991_Model_CoupeAA'_avec residus_CTriangsz

Echelle 3H:1V

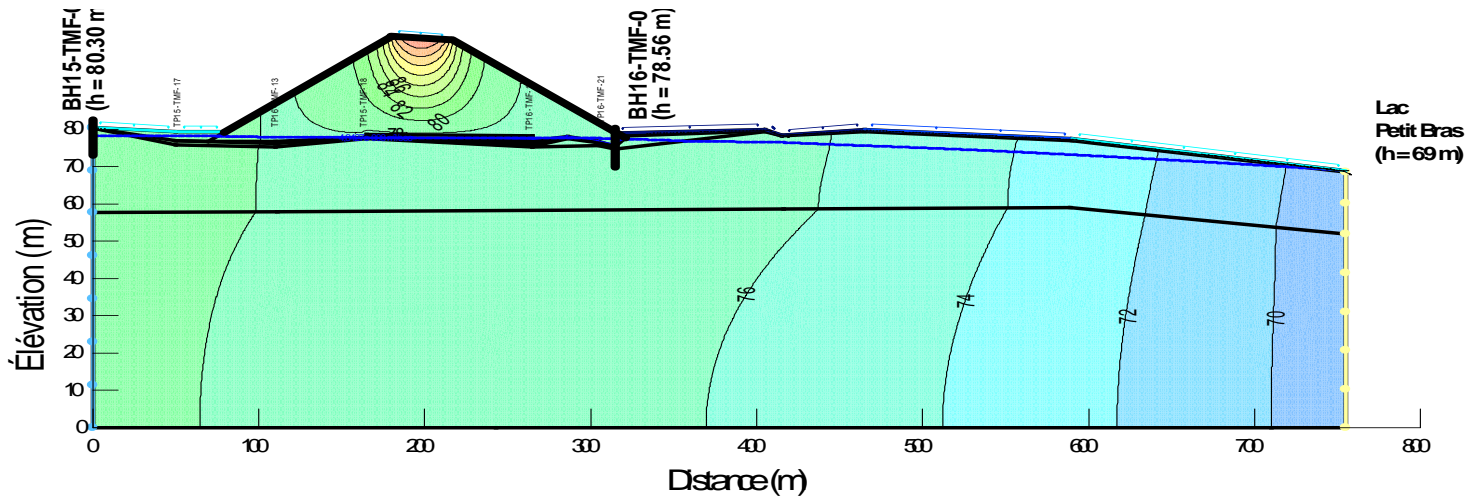
Réseau d'écoulement avec le parc à résidus coupe BB'



Réseau d'écoulement avec le parc à résidus coupe CC'



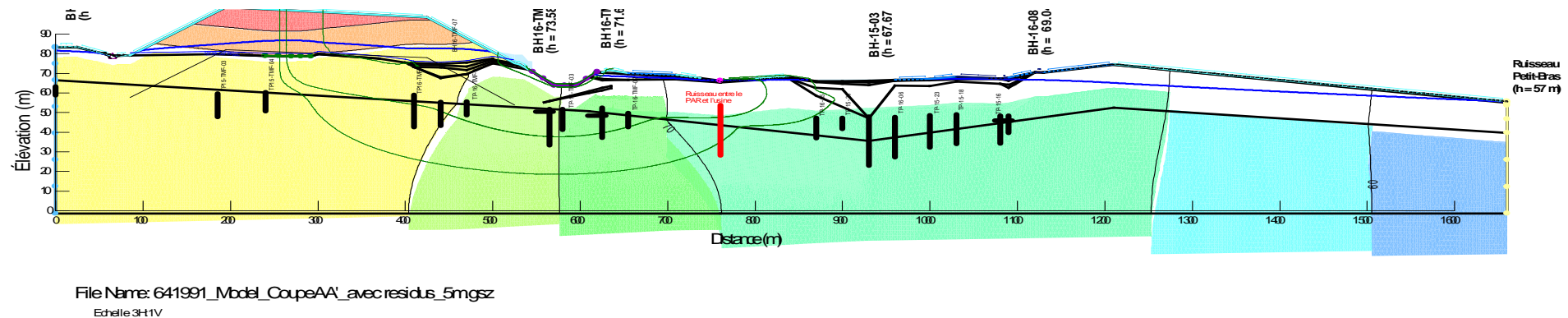
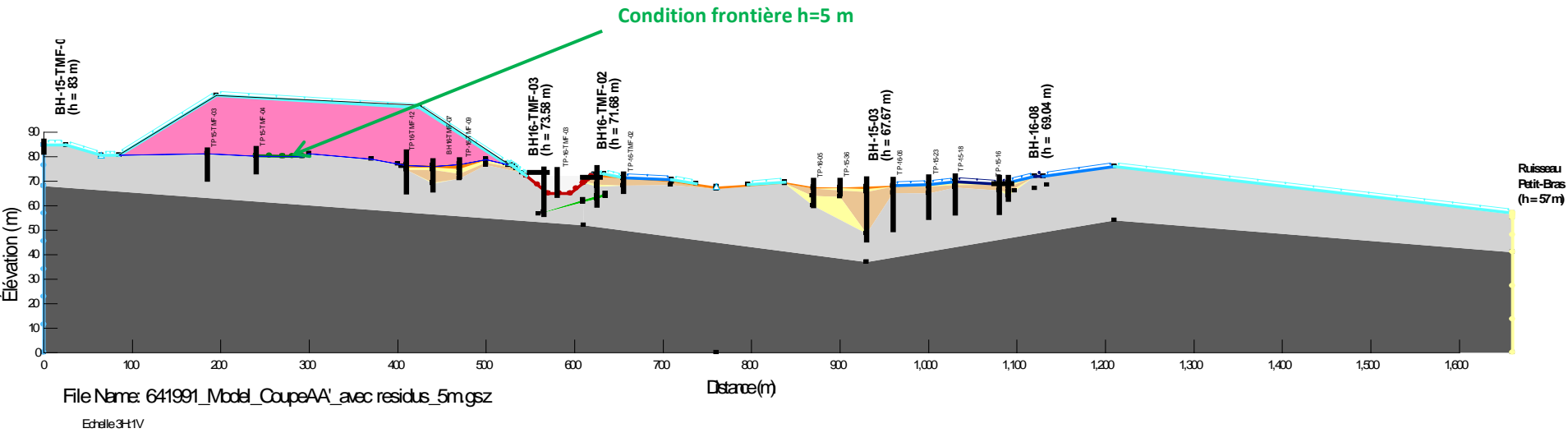
File Name: 641991_Model_CoupeDD_avec residus_CTran.gsz Échelle 3H:1V



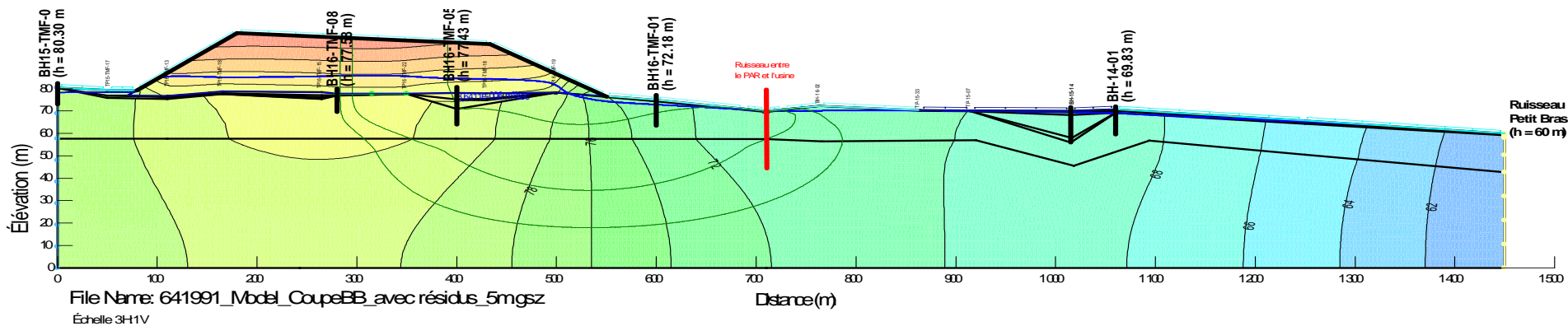
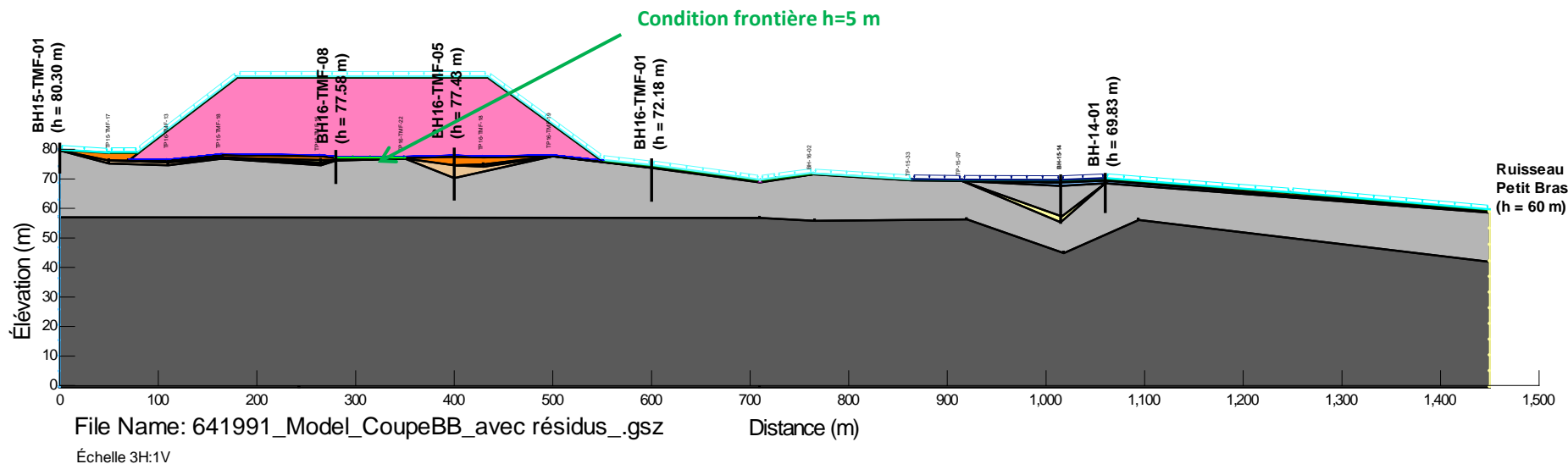
File Name: 641991_Model_CoupeCC_avec residus_CTran.gsz

Échelle 3H:1V

Réseau d'écoulement avec le parc à résidus coupe AA' – Condition frontière h = 5 m



Réseau d'écoulement avec le parc à résidus coupe BB' – Condition frontière h = 5 m



SNC • LAVALIN

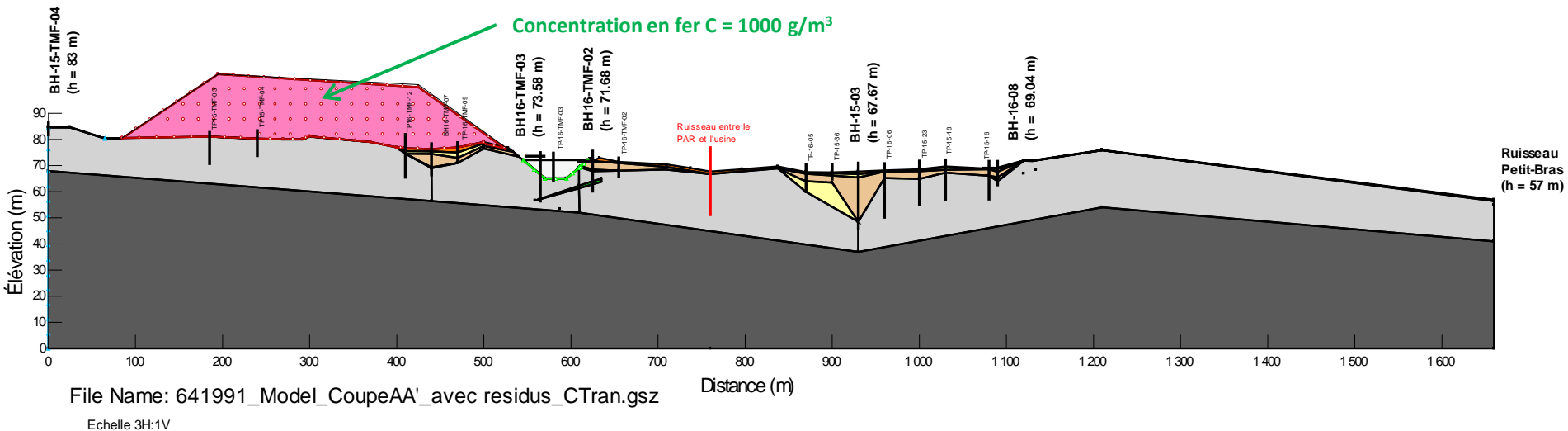
Modélisation
hydrogéologique
et de transport

Étude hydrogéologique pour le site de Baie-Comeau
Projet Lac Guéret

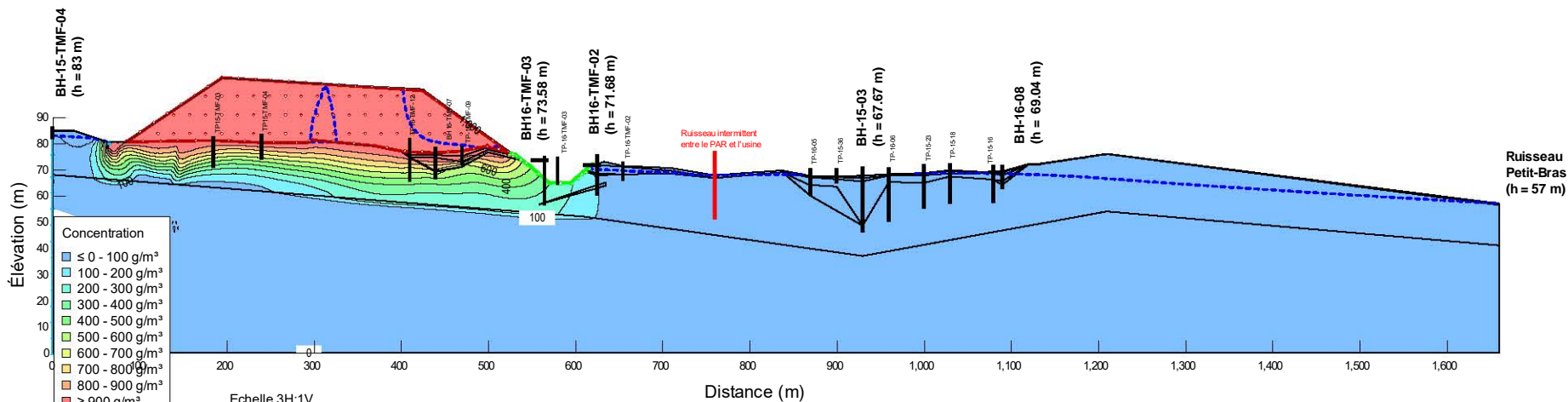
Projet: 641991

Figure: 13

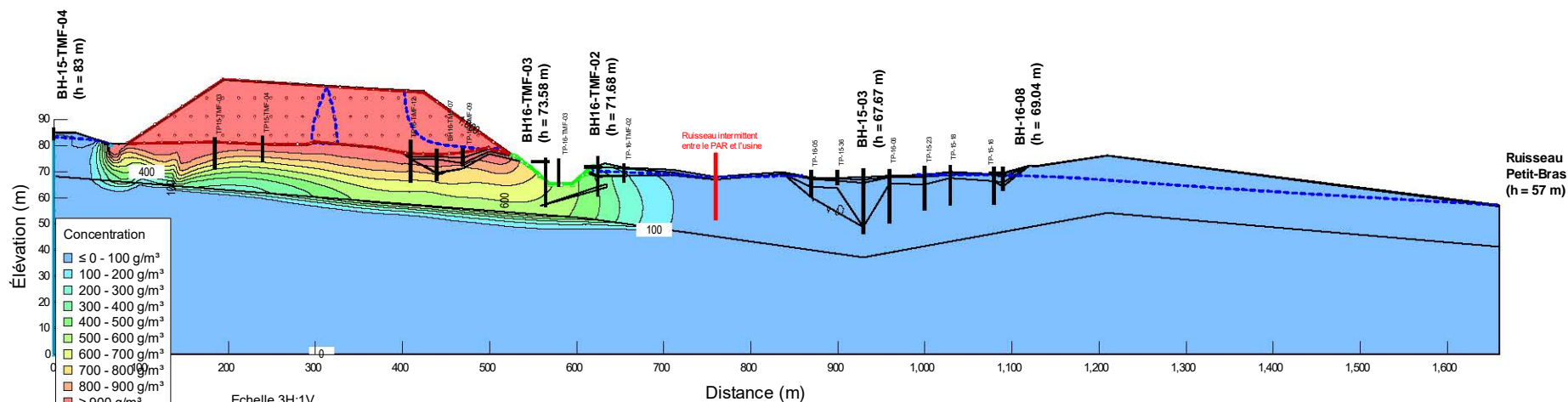
Coupe AA' : Modèle numérique de transport



Coupe AA' : Transport du fer à 20 et 40 ans

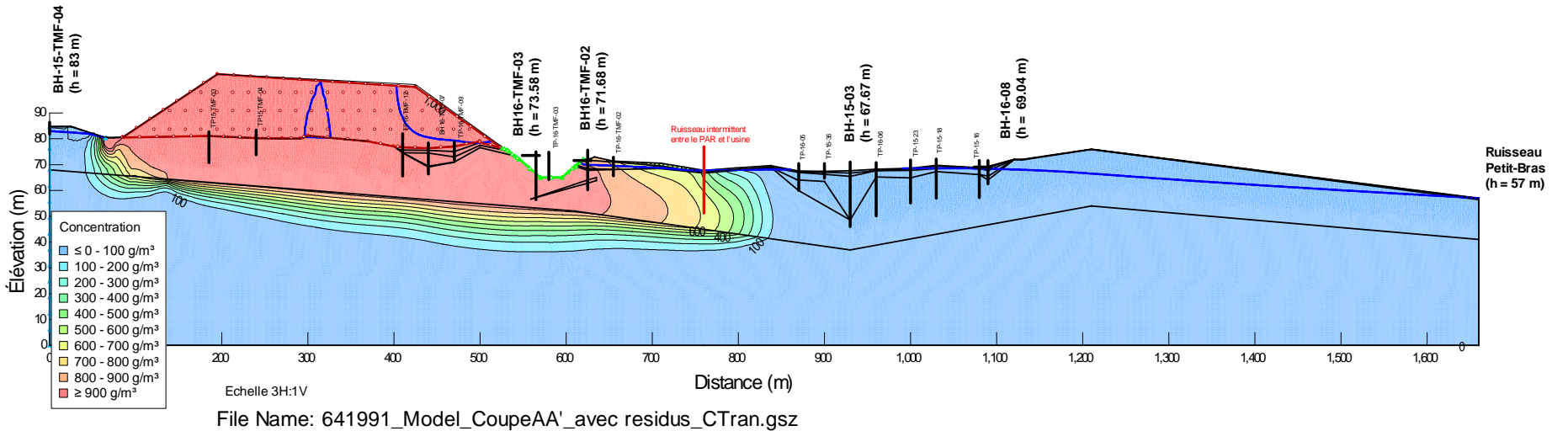
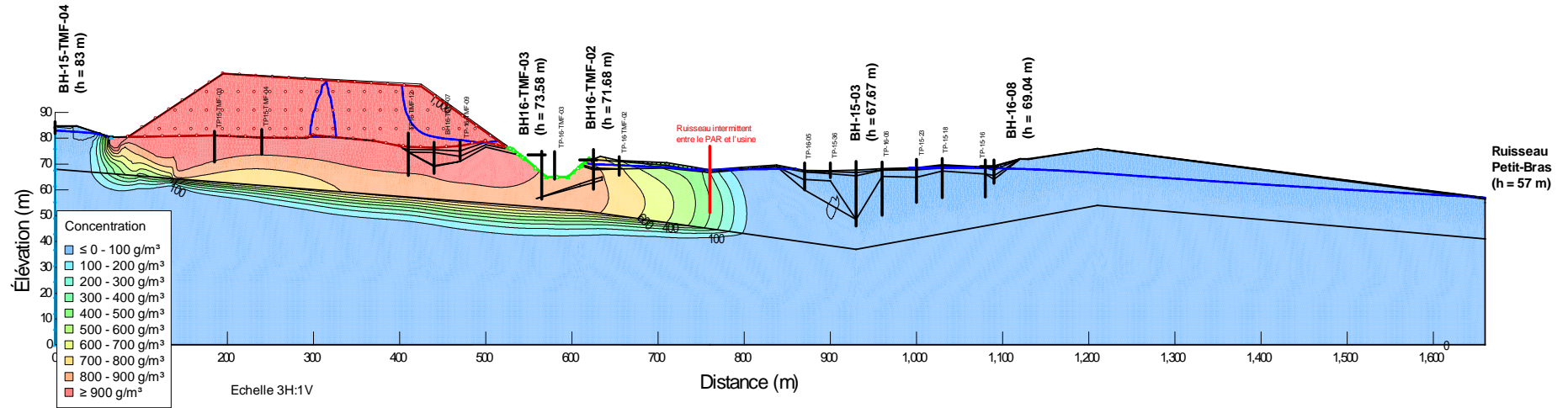


File Name: 641991_Model_CoupeAA'_avec residus_CTran.gsz



File Name: 641991_Model_CoupeAA'_avec residus_CTran.gsz

Coupe AA' : Transport du fer à 100 et 200 ans



SNC • LAVALIN

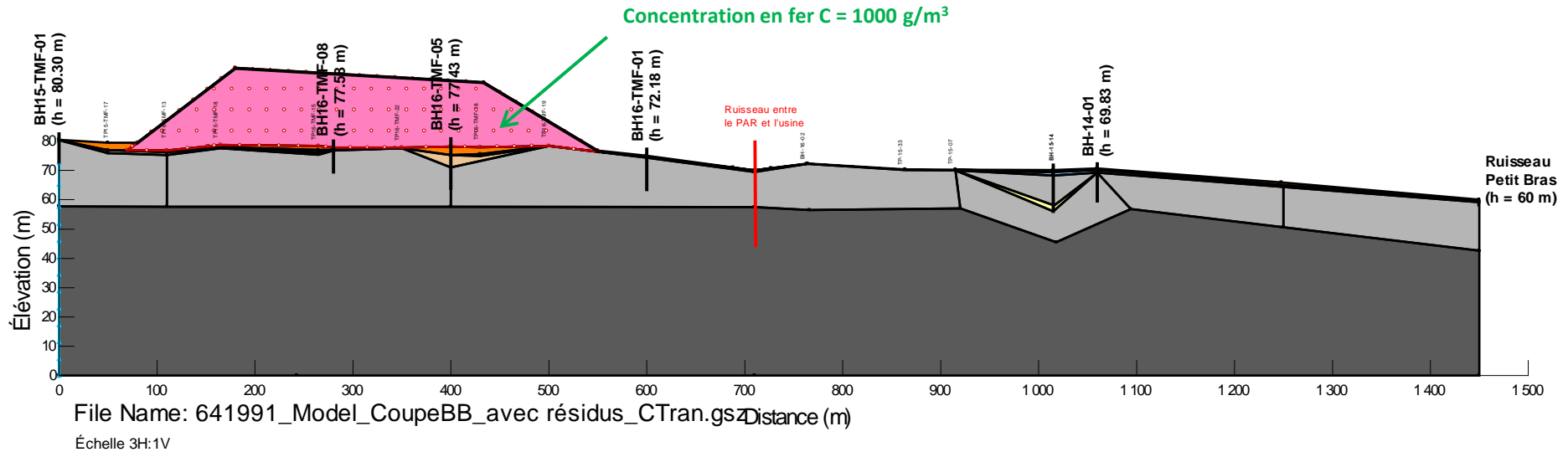
Modélisation
hydrogéologique
et de transport

Étude hydrogéologique pour le site de Baie-Comeau
Projet Lac Guéret

Projet: 641991

Figure: 16

Coupe BB' : Modèle numérique de transport



SNC • LAVALIN

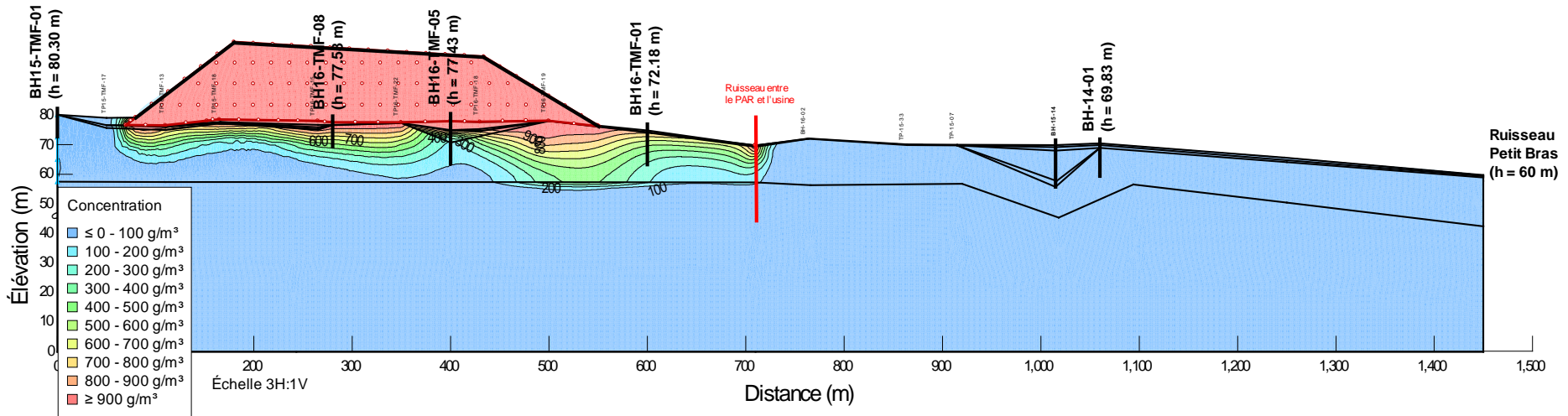
Modélisation
hydrogéologique
et de transport

Étude hydrogéologique pour le site de Baie-Comeau
Projet Lac Guéret

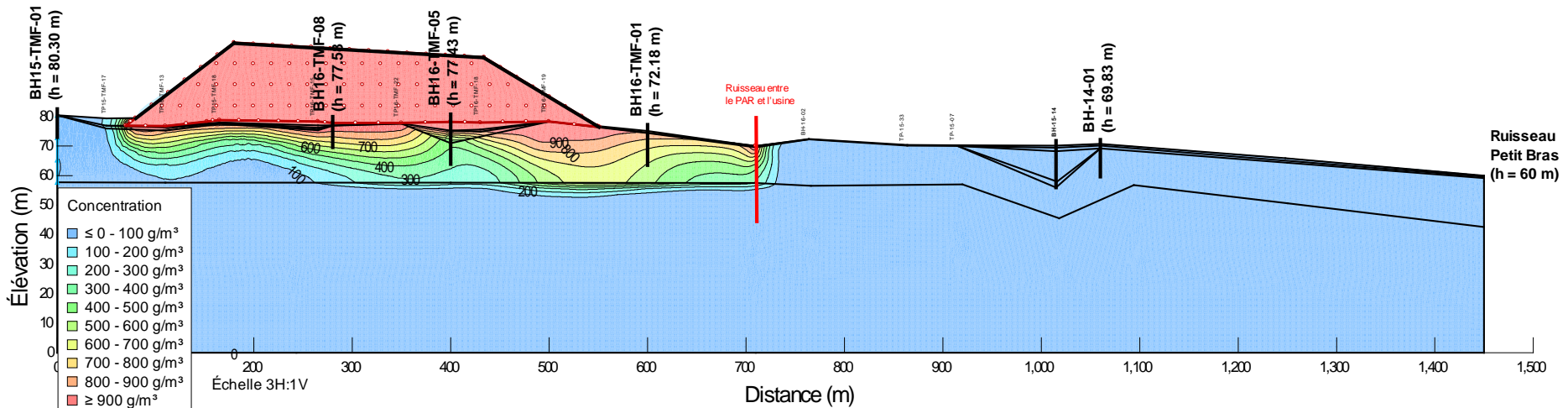
Projet: 641991

Figure: 17

Coupe BB' : Transport du fer à 20 et 40 ans

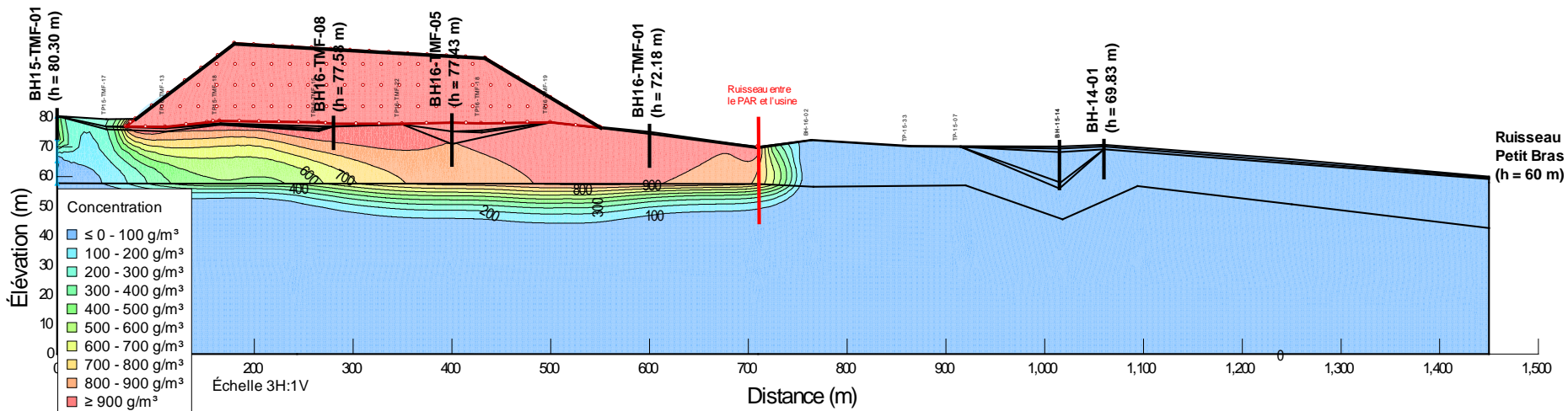
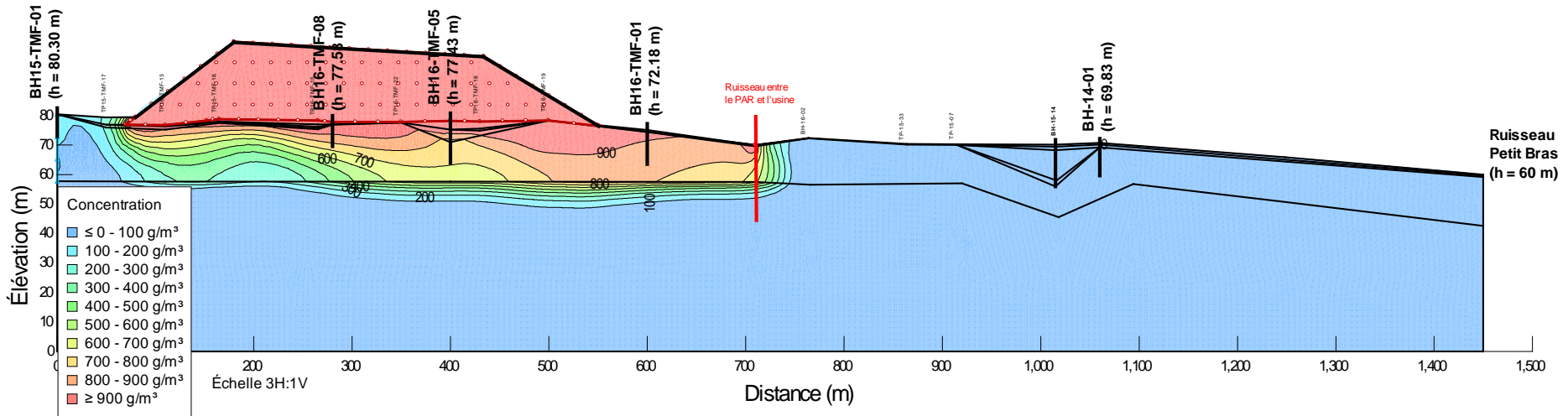


File Name: 641991_Model_CoupeBB_avec résidus_CTran.gsz

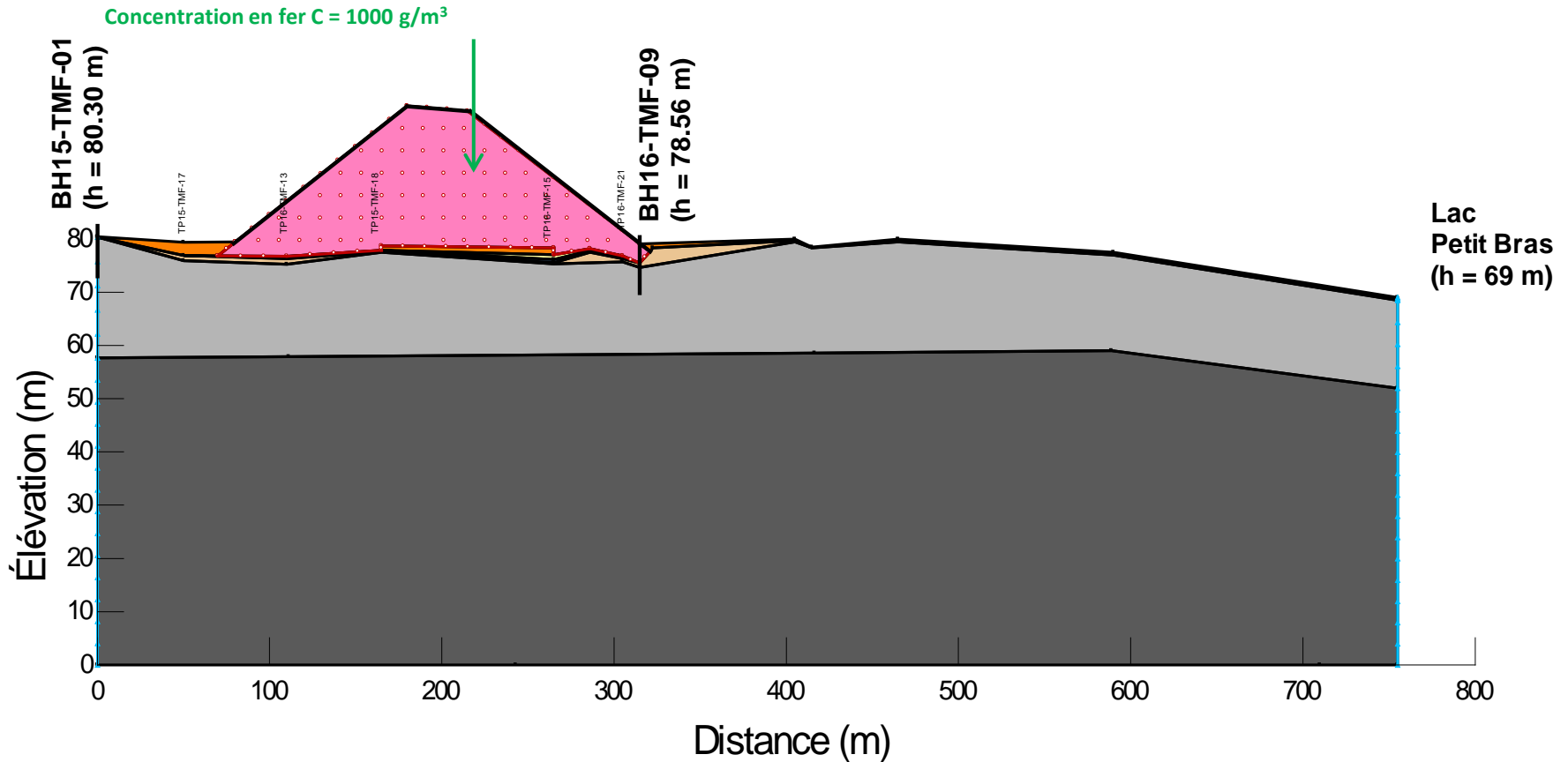


File Name: 641991_Model_CoupeBB_avec résidus_CTran.gsz

Coupe BB' : Transport du fer à 100 et 200 ans



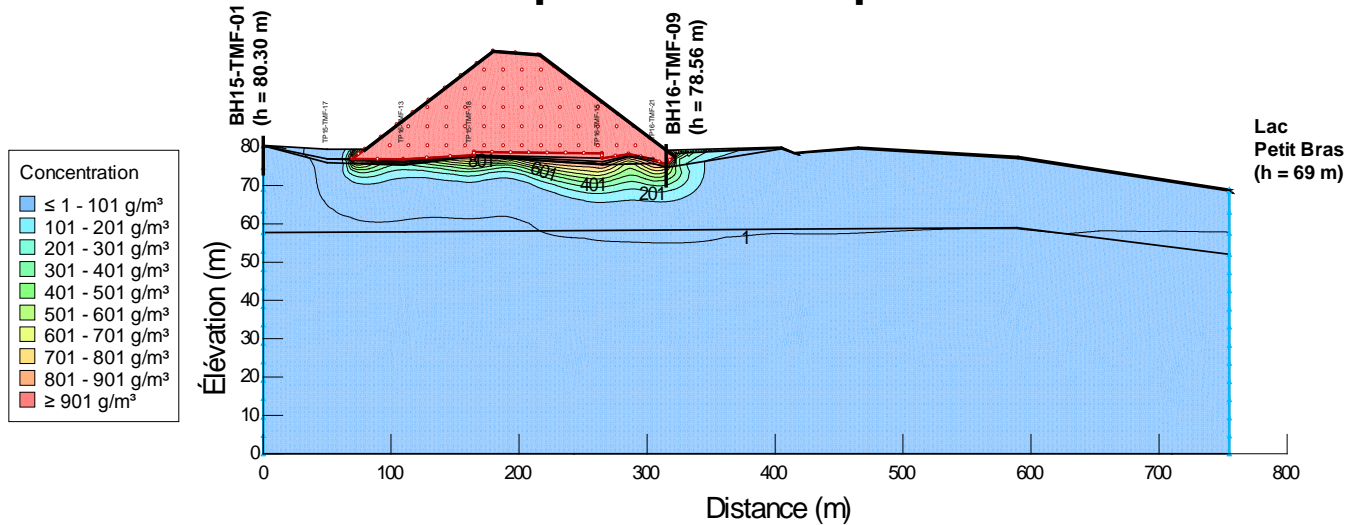
Coupe CC' : Modèle numérique de transport



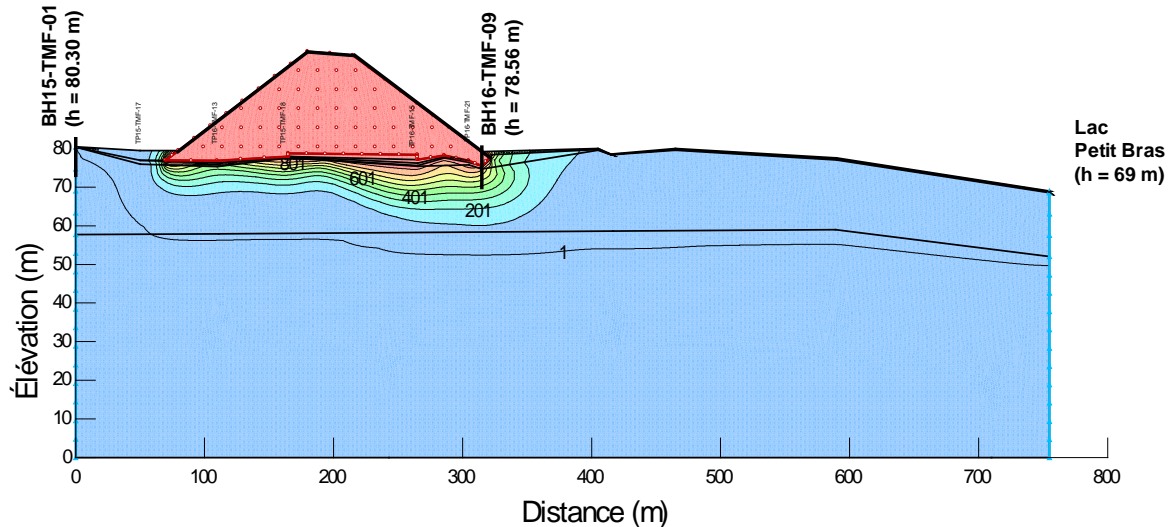
File Name: 641991_Model_CoupeCC_avec residus_CTran.gsz

Échelle 3H:1V

Coupe CC' : Transport du fer à 20 et 40 ans

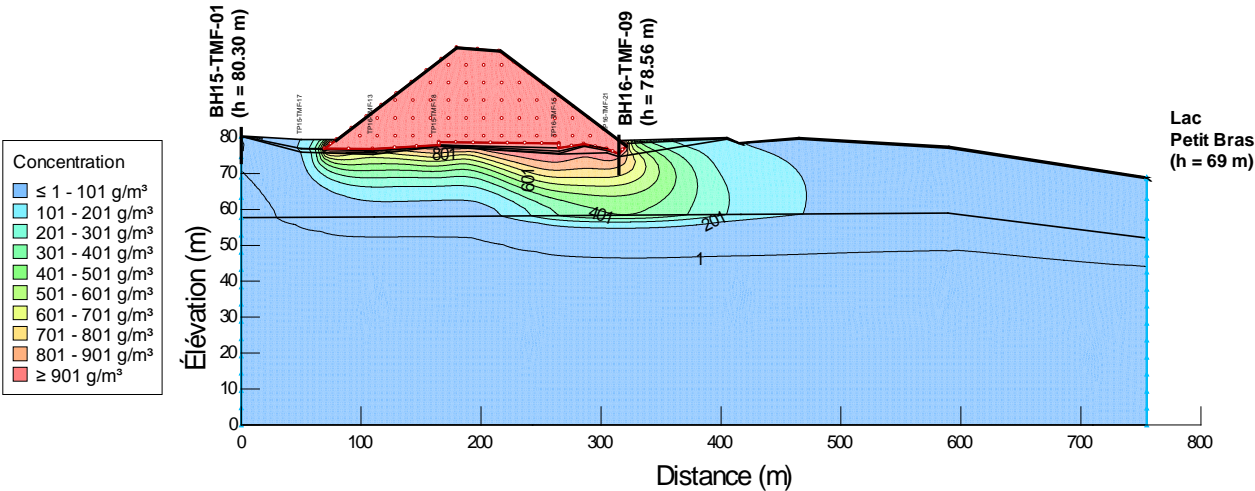


File Name: 641991_Model_CoupeCC_avec residus_CTran.gsz Échelle 3H:1V

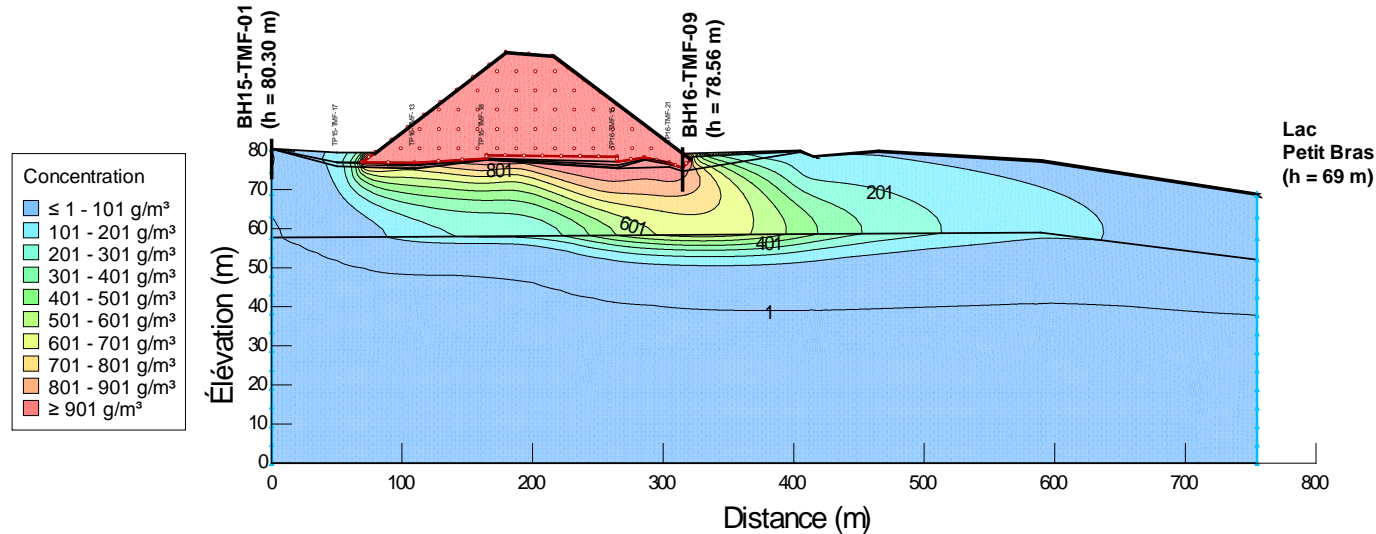


File Name: 641991_Model_CoupeCC_avec residus_CTran.gsz Échelle 3H:1V

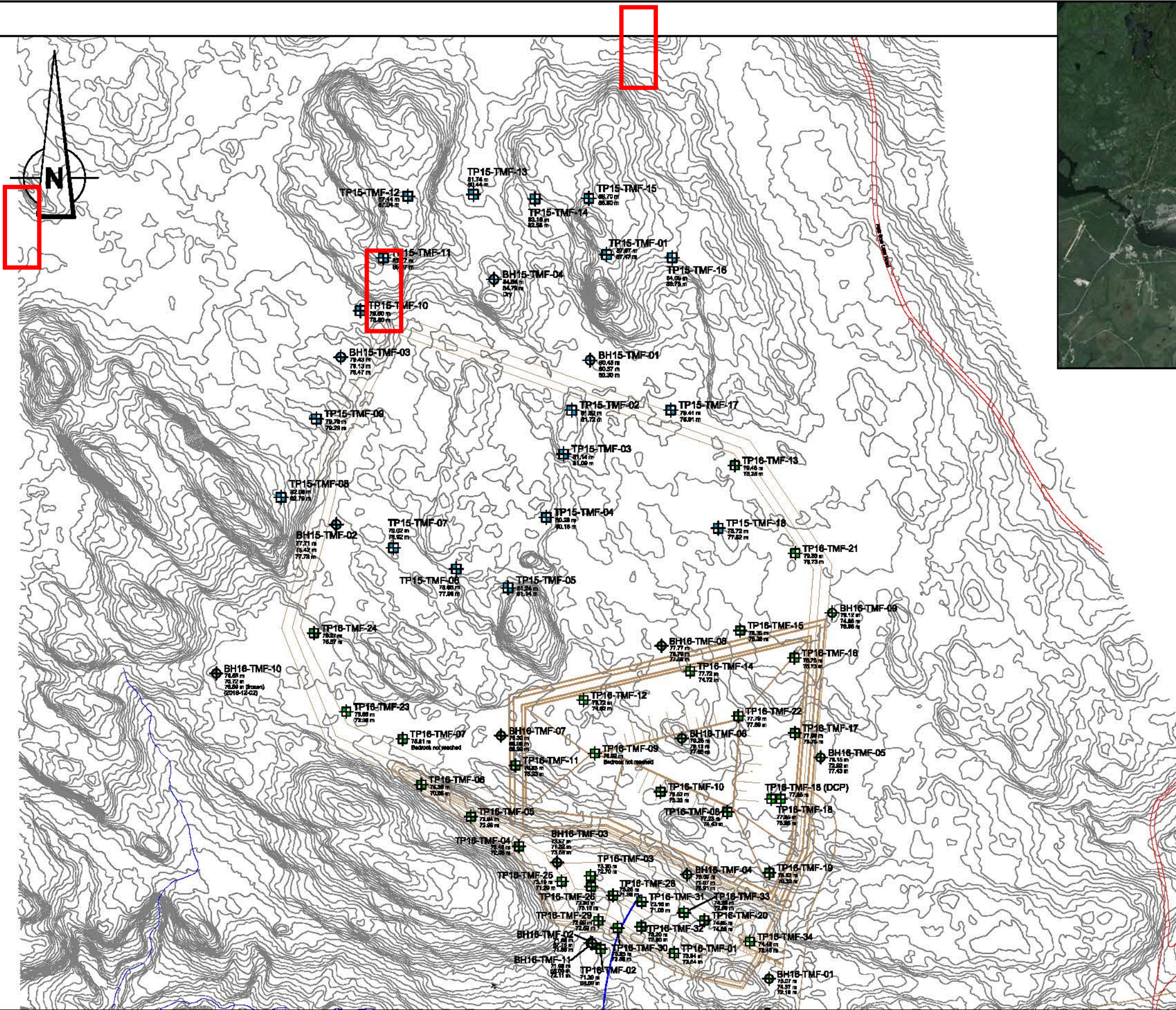
Coupe CC' : Transport du fer à 100 et 200 ans



File Name: 641991_Model_CoupeCC_avec residus_CTran.gsz Échelle 3H:1V



File Name: 641991_Model_CoupeCC_avec residus_CTran.gsz Échelle 3H:1V



LEGEND

- Borehole 2016
Elevation of surface (m)
Bedrock elevation (m)
Water level elevation (m)
- Test Pit 2016
Elevation of surface (m)
Bedrock elevation (m)
- Borehole 2015
Elevation of surface (m)
Bedrock elevation (m)
Water level elevation (m)
- Test Pit 2015
Elevation of surface (m)
Bedrock elevation (m)
- Borehole 2014
Elevation of surface (m)
Bedrock elevation (m)
Water level elevation (m)
- Projected TMF position
- Water line
- Intermittent stream
- Contour line (m)

Note:
The water levels were measured between November 23rd and 25th 2016

Reference:
Topographic data from LIDAR survey provided by HATCH Ltd.



CLIENT:	Mason Graphite inc.
PROJECT:	Additional Geotechnical Investigations
LOCATION:	Baie-Comeau, Quebec
TITLE:	Sounding Location Plan Tailing Management Facility (TMF)
SCALE:	1 : 3000
DATE:	2017-01-12
FILE:	641925.2
DRAWING:	641925.2-1

V:\Projets\641925 - Mason Graphite\4_Realisation\4.7_Cad\DocSig\641925_location.dwg

Annexe 3F

Résultats des essais cinétiques (URSTM, 2016)

RÉSULTATS DES ESSAIS CINÉTIQUES EN COLONNE (URSTM, 2016)

Rinçage	#URSTM	Date	Masse contenant (g)	Masse du contenant avec eau (g)	Qts eau passé(g)	Temps (j)	Analyses Physicochimiques				
							pH	Eh (mv)	Conductivité (µMho)	Acidité l	Alcalinité l
CO-Mason Min-01	41121	2015-03-23	145,8	811,6	665,8	0	3,38	536	13040	6860	0,5
CO-Mason Min-02	41721	2015-04-24	145,8	1755	1609,2	32	3,58	478	7580	2681	0,5
CO-Mason Min-03	42217	2015-05-25	145,8	1420,2	1274,4	63	3,61	495	7500	4240	0,5
CO-Mason Min-04	42735	2015-06-25	145,8	1821,9	1676,1	94	3,4	504	8090	6520	0,5
CO-Mason Min-05	43858	2015-07-27	145,8	1754,1	1608,3	126	3,31	522	7770		
CO-Mason Min-06	44443	2015-08-31	145,8	1730,3	1584,5	161	3,39	530,8	7090	5264	0,5
CO-Mason Min-07	45608	2015-10-09	145,8	1665,2	1519,4	200	3,4	492,4	6040	4078	0,5
CO-Mason Min-08	46726	2015-11-13	145,8	1638,4	1492,6	235	3,48	474,9	7260		
CO-Mason Min-09	47339	2015-12-21	145,8	1667	1521,2	273	3,44	499,2	5270		
CO-Mason Min-10	48510	2016-01-27	145,8	1544,6	1398,8	310	3,39	519	5280		
CO-Mason Min-11	48923	2016-02-26	145,8	1636,9	1491,1	340	3,34	541	3390		
CO-Mason Min-12	50426	2016-04-26	145,8	1458,4	1312,6	400	3,19	563	5780		
min							3,19	474,9	3390	2681	0,5
max							3,61	563,0	13040	6860	0,5
moy							3,41	512,9	7008	4941	0,50

Rinçage	#URSTM	Date	Masse contenant (g)	Masse du contenant avec eau (g)	Qts eau passé(g)	Temps (j)	Analyses Physicochimiques				
							pH	Eh (mv)	Conductivité (µMho)	Acidité l	Alcalinité l
CO-Mason Res-01	41122	2015-03-23	146,5	2603,3	2456,8	0	4,26	396	14680	11684	0,5
CO-Mason Res-02	41722	2015-04-24	146,5	2003,8	1857,3	32	4,22	389	12410	8857	0,5
CO-Mason Res-03	42218	2015-05-25	146,5	1874,4	1727,9	63	4,56	366	5400	2800	0,5
CO-Mason Res-04	42736	2015-06-25	146,5	2064,3	1917,8	94	4,94	341	3580	1860	0,5
CO-Mason Res-05	43859	2015-07-27	146,5	1916,5	1770	126	4,95	360	3010		
CO-Mason Res-06	44444	2015-08-31	146,5	1824,7	1678,2	161	5,05	356,1	3010	899	3
CO-Mason Res-07	45609	2015-10-09	146,5	1438,2	1291,7	200	4,9	349,6	4860	1475	0,5
CO-Mason Res-08	46727	2015-11-13	146,5	1817	1670,5	235	4,61	392,5	5190		
CO-Mason Res-09	47340	2015-12-21	146,5	1658,1	1511,6	273	4,43	410,7	6100		
CO-Mason Res-10	48511	2016-01-27	146,5	1324,5	1178	310	3,34	507	6180		
CO-Mason Res-11	48924	2016-02-26	146,5	1511,9	1365,4	340	3,21	538	8080		
CO-Mason Res-12	50427	2016-04-26	146,5	1239,6	1093,1	400	3,2	554	7650		
min							3,2	341,0	3010	899	0,5
max							5,05	554,0	14680	11684	3
moy							4,31	413,3	6679	4596	0,92

Note:

Valeurs en vert : valeurs sous la LDM, la moitié de la LDM est alors rapportée

RÉSULTATS DES ESSAIS CINÉTIQUES EN COLONNE (URSTM, 2016)

Rinçage	#URSTM	Concentrations ponctuelles (mg/L)																											
		Al	As	B	Ba	Be	Bi	Ca	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	K	Li	Mg	Mn	Mo	Na	Ni	Pb	Stot	Sb	Se	Si	Sr	Te	Ti	Zn
		0,010	0,060	n.d.	0,001	0,001	0,020	0,030	0,003	0,004	0,003	0,003	0,006	n.d.	n.d.	0,001	0,002	0,009	n.d.	0,004	0,020	0,090	0,090	0,100	0,020	n.d.	n.d.	0,002	0,005
CO-Mason Min-01	41121	7,33	0,03	7,82	0,123	0,0005	0,099	394	0,203	0,542	0,059	0,0015	5130	5,48	0,363	429	792	0,0045	34,2	89,1	0,436	4820	0,337	0,05	20,5	1,23	0	0,010	59,9
CO-Mason Min-02	41721	0,459	0,03	7,19	0,090	0,0005	0,101	297	0,0015	0,035	0,015	0,0015	3100	14,9	0,128	157	312	0,0045	24,4	8,59	0,252	2670	0,045	0,05	9,64	1,08	0	0,001	4,00
CO-Mason Min-03	42217	0,307	0,03	6,63	0,087	0,0005	0,091	225	0,0015	0,024	0,0015	0,0015	3270	13,7	0,098	113	208	0,0045	17,8	4,22	0,282	2600	0,045	0,05	12,0	0,855	0	0,001	3,06
CO-Mason Min-04	42735	0,283	0,03	5,24	0,151	0,0005	0,113	157	0,034	0,096	0,009	0,0015	4030	9,32	0,134	76,2	148	0,0045	10,3	4,30	0,395	2960	0,045	0,05	11,2	0,644	0	0,026	3,01
CO-Mason Min-05	43858	0,565	0,03	5,98	0,170	0,0005	0,134	147	0,023	0,126	0,004	0,0015	3860	9,60	0,157	74,0	104	0,0045	8,68	5,65	0,44	2750	0,045	0,05	19,1	0,611	0	0,029	4,62
CO-Mason Min-06	44443	0,440	0,03	4,99	0,094	0,0005	0,025	113	0,0015	0,029	0,0015	0,0015	3140	8,50	0,094	60,0	76,3	0,0045	8,10	5,12	0,338	2140	0,045	0,05	15,2	0,418	0	0,001	4,76
CO-Mason Min-07	45608	0,509	0,03	3,16	0,071	0,0005	0,02	79,5	0,0015	0,028	0,0015	0,0015	2380	8,98	0,046	45,4	53,7	0,0045	3,70	6,37	0,302	1810	0,045	0,05	11,6	0,284	0	0,001	4,47
CO-Mason Min-08	46726	0,405	0,03	6,14	0,054	0,0005	0,09	116	0,0015	0,023	0,0015	0,0015	3450	6,29	0,061	81,9	61,2	0,0045	3,98	6,78	0,216	2410	0,045	0,05	9,16	0,278	0	0,001	4,37
CO-Mason Min-09	47339	0,518	0,03	4,52	0,042	0,0005	0,068	109	0,0015	0,022	0,0015	0,0015	2330	5,15	0,064	76,7	55,2	0,0045	3,47	7,97	0,176	1670	0,045	0,05	9,35	0,282	0	0,001	3,86
CO-Mason Min-10	48510	0,895	0,03	3,54	0,038	0,0005	0,010	133	0,010	0,020	0,0015	0,0015	2180	6,06	0,082	85,4	66,0	0,0045	3,73	15,0	0,184	1570	0,045	0,05	10,0	0,320	0	0,001	5,88
CO-Mason Min-11	48923	0,725	0,03	n/d	0,031	0,0005	0,024	77,8	0,005	0,021	0,0015	0,167	1240	4,19	0,047	57,4	43,5	0,0045	2,2	11,2	0,114	806	0,045	0,05	7,31	0,206	0	0,001	4,18
CO-Mason Min-12	50426																												
min		0,283	0,03	3,16	0,031	0,0005	0,01	77,8	0,0015	0,02	0,0015	0,0015	1240	4,19	0,046	45,4	43,5	0,0045	2,19	4,22	0,114	806	0,045	0,05	7,31	0,206	0	0,001	3,01
max		7,33	0,03	7,82	0,17	0,0005	0,134	394	0,203	0,542	0,059	0,167	5130	14,9	0,363	429	792	0,0045	34,2	89,1	0,44	4820	0,337	0,05	20,5	1,23	0	0,029	59,9
moy		1,13	0,03	5,52	0,09	0,00	0,07	168,03	0,03	0,09	0,01	0,02	3100,91	8,38	0,12	114,18	174,54	0,00	10,96	14,94	0,29	2382,36	0,07	0,05	12,28	0,56	0,00	0,01	9,28

Rinçage	#URSTM	Concentrations ponctuelles (mg/L)																											
		Al	As	B	Ba	Be	Bi	Ca	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	K	Li	Mg	Mn	Mo	Na	Ni	Pb	Stot	Sb	Se	Si	Sr	Te	Ti	Zn
		0,010	0,060	n.d.	0,001	0,001	0,020	0,030	0,003	0,004	0,003	0,003	0,006	n.d.	n.d.	0,001	0,002	0,009	n.d.	0,004	0,020	0,090	0,090	0,100	0,020	n.d.	n.d.	0,002	0,005
CO-Mason Res-01	41122	0,998	0,03	7,85	0,287	0,0005	0,059	305	0,087	0,430	0,0015	0,0015	7380	35,8	0,351	276	417	0,0045	79,5	177	0,603	5770	0,178	0,05	37,8	1,64	0	0,014	65,7
CO-Mason Res-02	41722	0,739	0,03	11,5	0,157	0,0005	0,194	393	0,082	0,056	0,0015	0,0015	5840	44,6	0,227	258	375	0,0045	70,3	41,7	0,425	4780	0,045	0,05	37,6	1,91	0	0,023	39,9
CO-Mason Res-03	42218	0,156	0,03	3,44	0,080	0,0005	0,020	367	0,0015	0,010	0,0015	0,0015	1770	22,1	0,065	103	65,9	0,0045	15,0	1,04	0,160	1760	0,045	0,05	33,7	1,06	0	0,001	5,60
CO-Mason Res-04	42736	0,090	0,03	1,12	0,060	0,0005	0,010	276	0,0015	0,002	0,0015	0,0015	943	13,8	0,047	83,5	33,1	0,0045	8,31	0,306	0,092	871	0,045	0,05	22,1	0,723	0	0,001	2,12
CO-Mason Res-05	43859	0,255	0,03	0,936	0,041	0,0005	0,010	224	0,0015	0,002	0,0015	0,021	693	15,5	0,049	135	36,4	0,0045	8,90	0,101	0,081	898	0,045	0,05	37,5	0,727	0	0,001	2,20
CO-Mason Res-06	44444	0,071	0,03	0,698	0,053	0,0005	0,010	203	0,0015	0,004	0,0015	0,034	487	11,8	0,025	135	30,3	0,0045	7,28	0,048	0,080	727	0,045	0,05	26,7	0,642	0	0,001	3,63
CO-Mason Res-07	45609	0,139	0,03	1,03	0,040	0,0005	0,010	411	0,0015	0,003	0,0015	0,097	855	21,3	0,032	211	66,8	0,0045	9,03	0,025	0,114	1530	0,045	0,05	34,4	1,17	0	0,001	2,68
CO-Mason Res-08	46727	0,208	0,03	2,39	0,044	0,0005	0,010	370	0,0015	0,002	0,003	0,598	1300	14,8	0,029	193	108	0,0045	7,48	0,041	0,107	1640	0,045	0,05	26,2	0,965	0	0,001	4,85
CO-Mason Res-09	47340	0,295	0,03	3,850	0,052	0,0005	0,060	404	0,0015	0,013	0,0015	0,0015	2060	11,4	0,045	169	155	0,0045	8,49	0,04	0,159	2120	0,045	0,05	30,0	1,26	0	0,001	6,49
CO-Mason Res-10	48511	0,422	0,03	4,89	0,059	0,0005	0,027	482	0,0015	0,010	0,0015	0,279	3220	14,8	0,074	171	191	0,0045	10,7	0,035	0,261	2690	0,045	0,05	38,7	1,40	0	0,001	7,68
CO-Mason Res-11	48924	0,315	0,03	n/d	0,072	0,0005	0,095	417	0,0015	0,020	0,0015	1,26	3370	14,0	0,073	144	147	0,0045	10,1	0,032	0,221	2970	0,045	0,05	31,9	1,19	0	0,001	17,3
CO-Mason Res-12	50427																												
min		0,071	0,03	0,698	0,04	0,0005	0,01	203	0,0015	0,002	0,0015	0,0015	487	11,4	0,025	83,5	30,3	0,0045	7,28	0,025	0,08	727	0,045	0,05	22,1	0,642	0	0,001	2,12
max		0,998	0,03	11,5	0,287	0,0005	0,194	482	0,087	0,43	0,003	1,26	7380	44,6	0,351	276	417	0,0045	79,5	177	0,603	5770	0,178	0,05	38,7	1,91	0	0,023	65,7
moy		0,34	0,03	3,77	0,09	0,00	0,05	350,18	0,02	0,05	0,00	0,21	2538,00	19,99	0,09	170,77	147,77	0,00	21,37	20,03	0,21	2341,45	0,06	0,05	32,42	1,15	0,00	0,00	14,38

Note:

Valeurs en vert : valeurs sous la LDM, la moitié de la LDM est alors rapportée

RÉSULTATS DES ESSAIS CINÉTIQUES EN COLONNE (URSTM, 2016)

Rinçage	#URSTM	Charges ponctuelles normalisées (mg/kg)																												
		Al	As	B	Ba	Be	Bi	Ca	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	K	Li	Mg	Mn	Mo	Na	Ni	Pb	Stot	Sb	Se	Si	Sr	Te	Ti	Zn	
		0,010	0,060	n.d.	0,001	0,001	0,020	0,030	0,003	0,004	0,003	0,003	0,006	n.d.	n.d.	0,001	0,002	0,009	n.d.	0,004	0,020	0,090	0,090	0,100	0,020	n.d.	n.d.	0,002	0,005	
CO-Mason Min-01	41121	0,325354267	0,0013316	0,347103733	0,00545956	2,21933E-05	0,00439428	17,48834667	0,009010493	0,024057573	0,002618813	0,00006658	227,7036	0,243238933	0,01611236	19,04188	35,15424	0,00019974	1,518024	3,954852	0,019352587	213,9437333	0,014958307	0,002219333	0,909926667	0,0545956	0	0,000443867	2,658761333	
CO-Mason Min-02	41721	0,04924152	0,0032184	0,7713432	0,0096552	0,00005364	0,01083528	31,86216	0,00016092	0,0037548	0,0016092	0,00016092	332,568	1,598472	0,01373184	16,84296	33,47136	0,00048276	2,617632	0,9215352	0,02703456	286,4376	0,0048276	0,005364	1,0341792	0,1158624	0	0,00010728	0,42912	
CO-Mason Min-03	42217	0,02608272	0,0025488	0,5632848	0,00739152	0,00004248	0,00773136	19,116	0,00012744	0,00203904	0,00012744	0,00012744	277,8192	1,163952	0,00832608	9,60048	17,67168	0,00038232	1,512288	0,3585312	0,02395872	220,896	0,0038232	0,004248	1,01952	0,0726408	0	0,00008496	0,2599776	
CO-Mason Min-04	42735	0,03162242	0,0033522	0,5855176	0,01687274	0,00005587	0,01262662	17,54318	0,00379916	0,01072704	0,00100566	0,00016761	450,3122	1,0414168	0,01497316	8,514588	16,53752	0,00050283	1,150922	0,480482	0,0441373	330,7504	0,0050283	0,005587	1,251488	0,07196056	0	0,00290524	0,3363374	
CO-Mason Min-05	43858	0,0605793	0,0032166	0,6411756	0,0182274	0,00005361	0,01436748	15,76134	0,00246606	0,01350972	0,00042888	0,00016083	413,8692	1,029312	0,01683354	7,93428	11,15088	0,00048249	0,9306696	0,605793	0,0471768	294,855	0,0048249	0,005361	2,047902	0,06551142	0	0,00310938	0,4953564	
CO-Mason Min-06	44443	0,046478667	0,003169	0,527110333	0,00929533	5,28167E-05	0,002640833	11,93656667	0,00015845	0,003063367	0,00015845	0,00015845	331,688667	0,897883333	0,009929533	6,338	8,05982333	0,00047535	0,85563	0,5408427	0,035704067	226,0553333	0,0047535	0,005281667	1,605626667	0,044154733	0	0,000105633	0,502814667	
CO-Mason Min-07	45608	0,051558307	0,0030388	0,320086933	0,007191827	5,06467E-05	0,002025867	8,05282	0,00015194	0,002836213	0,00015194	0,00015194	241,078133	0,909614133	0,004659493	4,59871733	5,439452	0,00045582	0,3747853	0,6452385	0,030590587	183,3409333	0,0045582	0,005064667	1,175002667	0,028767307	0	0,000101293	0,4527812	
CO-Mason Min-08	46726	0,0403002	0,0029852	0,610970933	0,00537336	4,97533E-05	0,0089556	11,54277333	0,00014926	0,002288653	0,00014926	0,00014926	343,298	0,625896933	0,006069907	8,149596	6,089808	0,00044778	0,3960365	0,6746552	0,02149344	239,8110667	0,0044778	0,004975333	0,911481067	0,027662853	0	9,95067E-05	0,434844133	
CO-Mason Min-09	47339	0,052532107	0,0030424	0,458388267	0,00425936	5,07067E-05	0,006896107	11,05405333	0,00015212	0,002231093	0,00015212	0,00015212	236,293067	0,522278667	0,006490453	7,77840267	5,598016	0,00045636	0,3519043	0,8082643	0,017848747	169,3602667	0,0045636	0,005070667	0,948214667	0,02859856	0	0,000101413	0,391455467	
CO-Mason Min-10	48510	0,083461733	0,0027976	0,3301168	0,003543627	4,66267E-05	0,000932533	12,40269333	0,000932533	0,001865067	0,00013988	0,00013988	203,292267	0,5651152	0,007646773	7,96383467	6,15472	0,00041964	0,3478349	1,3988	0,017158613	146,4077333	0,0041964	0,004662667	0,932533333	0,029841067	0	9,32533E-05	0,5483296	
CO-Mason Min-11	48923	0,072069833	0,0029822	#VALEUR!	0,003081607	4,97033E-05	0,00238576	7,733838667	0,000497033	0,00208754	0,00014911	0,016600913	123,264267	0,416513933	0,004672113	5,70594267	4,32419	0,00044733	0,2177006	1,1133547	0,01133236	80,12177333	0,0044733	0,004970333	0,726662733	0,020477773	0	9,94067E-05	0,415519867	
CO-Mason Min-12	50426	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

min
max
moy

Rinçage	#URSTM	Charges ponctuelles normalisées (mg/kg)																												
		Al	As	B	Ba	Be	Bi	Ca	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	K	Li	Mg	Mn	Mo	Na	Ni	Pb	Stot	Sb	Se	Si	Sr	Te	Ti	Zn	
		0,010	0,060	n.d.	0,001	0,001	0,020	0,030	0,003	0,004	0,003	0,006	n.d.	n.d.	0,001	0,002	0,009	n.d.	0,004	0,020	0,090	0,090	0,100	0,020	n.d.	n.d.	0,002	0,005		
CO-Mason Res-01	41122	0,163459093	0,0049136	1,285725333	0,047006773	8,18933E-05	0,009663413	49,95493333	0,01424944	0,070428267	0,00024568	0,00024568	1208,7456	5,863562667	0,05748912	45,20512	68,29904	0,00073704	13,02104	28,99024	0,09876336	945,0490667	0,029154027	0,008189333	6,191136	0,268610133	0	0,002293013	10,760784	
CO-Mason Res-02	41722	0,09150298	0,0037146	1,42393	0,01943974	0,00006191	0,02402108	48,66126	0,01015324	0,00693392	0,00018573	0,00018573	723,1088	5,522372	0,02810714	31,94556	46,4325	0,00055719	8,704546	5,163294	0,0526235	591,8596	0,0055719	0,006191	4,655632	0,2364962	0	0,00284786	4,940418	
CO-Mason Res-03	42218	0,01797016	0,0034558	0,396265067	0,009215467	5,75967E-05	0,002303867	42,27595333	0,00017279	0,001151933	0,00017279	0,00017279	203,8922	2,545772667	0,007487567	11,8649133	7,59124067	0,00051837	1,7279	0,1198011	0,018430933	202,7402667	0,0051837	0,005759667	3,882015333	0,122104933	0	0,000115193	0,645082667	
CO-Mason Res-04	42736	0,0115068	0,0038356	0,143195733	0,0076712	6,39267E-05	0,001278533	35,28752	0,00019178	0,000255707	0,00019178	0,00019178	120,565693	1,764376	0,006009107	10,6757533	4,23194533	0,00057534	1,0624612	0,0391231	0,011762507	111,3602533	0,0057534	0,006392667	2,825558667	0,09243796	0	0,000127853	0,271049067	
CO-Mason Res-05	43859	0,03009	0,00354	0,110448	0,004838	0,000059	0,00118	26,432	0,000177	0,000236	0,000177	0,002478	81,774	1,829	0,005782	15,93	4,2952	0,000531	1,0502	0,011918	0,009558	105,964	0,00531	0,0059	4,425	0,085786	0	0,000118	0,2596	
CO-Mason Res-06	44444	0,00794348	0,0033564	0,07809224	0,00592964	0,00005594	0,0011188	22,71164	0,00016782	0,00044752	0,00016782	0,00380392	54,48556	1,320184	0,002797	15,1038	3,389964	0,00050346	0,8144864	0,0053702	0,0089504	81,33676	0,0050346	0,005594	2,987196	0,07182696	0	0,0001188	0,4061244	
CO-Mason Res-07	45609	0,011969753	0,0025834	0,088696733	0,003444533	4,30567E-05	0,000861133	35,39258	0,00012917	0,00025834	0,00012917	0,008352993	73,6269	1,834214	0,002755627	18,1699133	5,75237067	0,00038751	0,7776034	0,0021528	0,00981692	131,7534	0,0038751	0,004305667	2,962298667	0,1007526	0	8,61133E-05	0,230783733	
CO-Mason Res-08	46727	0,023164267	0,003341	0,266166333	0,004900133	5,56833E-05	0,00113667	41,20566667	0,00016705	0,000222733	0,0003341	0,066597267	144,776667	1,648226667	0,003229633	21,4937667	12,0276	0,00050115	0,8330227	0,004566	0,011916233	182,6413333	0,0050115	0,005568333	2,917806667	0,107468833	0	0,000111367	0,540128333	
CO-Mason Res-09	47340	0,029728133	0,0030232	0,387977333	0,005240213	5,03867E-05	0,0060464	40,71242667	0,00015116	0,001310053	0,00015116	0,00015116	207,593067	1,148816	0,0045348	17,0306933	15,6198667	0,00045348	0,8555656	0,0039302	0,01602296	213,6394667	0,0045348	0,005038667	3,0232	0,1269744	0	0,000100773	0,654018933	
CO-Mason Res-10	48511	0,033141067	0,002356	0,384028	0,004633467	3,92667E-05	0,0021204	37,85306667	0,0001178	0,000785333	0,0001178	0,0219108	252,877333	1,162293333	0,005811467	13,4292	14,9998667	0,0003534	0,8403067	0,0027487	0,0204972	211,2546667	0,003534	0,003926667	3,03924	0,109946667	0	7,85333E-05	0,603136	
CO-Mason Res-11	48924	0,0286734	0,0027308	#VALEUR!	0,00655392	4,55133E-05	0,008647533	37,95812	0,00013654	0,001820533	0,00013654	0,01146936	306,759867	1,274373333	0,006644947	13,10784	13,38092	0,00040962	0,9193693	0,0029129	0,020116893	270,3492	0,0040962	0,004551333	2,903750667	0,108321733	0	9,10267E-05	1,574761333	
CO-Mason Res-12	50427	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

min
max
moy

Note: Valeurs en vert : valeurs sous la LDM, la moitié de la LDM est alors rapportée

RÉSULTATS DES ESSAIS CINÉTIQUES EN COLONNE (URSTM, 2016)

Rinçage	#URSTM	Chargess cumulées normalisées (mg/kg)																											
		Al	As	B	Ba	Be	Bi	Ca	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	K	Li	Mg	Mn	Mo	Na	Ni	Pb	Stot	Sb	Se	Si	Sr	Te	Ti	Zn
		0,010	0,060	n.d.	0,001	0,001	0,020	0,030	0,003	0,004	0,003	0,003	0,006	n.d.	n.d.	0,001	0,002	0,009	n.d.	0,004	0,020	0,090	0,090	0,100	0,020	n.d.	n.d.	0,002	0,005
CO-Mason Min-01	41121	0,325354267	0,0013316	0,347103733	0,00545956	2,21933E-05	0,00439428	17,48834667	0,009010493	0,024057573	0,002618813	0,00006658	227,7036	0,243238933	0,01611236	19,04188	35,15424	0,00019974	1,518024	3,954852	0,019352587	213,9437333	0,014958307	0,002219333	0,909926667	0,0545956	0	0,000443867	2,658761333
CO-Mason Min-02	41721	0,374595787	0,00455	1,118446933	0,01511476	7,58333E-05	0,01522956	49,35050667	0,009171413	0,027812373	0,004228013	0,0002275	560,2716	1,841710933	0,0298442	35,88484	68,6256	0,0006825	4,135656	4,8763872	0,046387147	500,3813333	0,019785907	0,007583333	1,944105867	0,170458	0	0,000551147	3,087881333
CO-Mason Min-03	42217	0,400678507	0,0070988	1,681731733	0,02250628	0,000118313	0,02296092	68,46650667	0,009298853	0,029851413	0,004355453	0,00035494	838,0908	3,005662933	0,03817028	45,48532	86,29728	0,00106482	5,647944	5,2349184	0,070345867	721,2773333	0,023609107	0,011831333	2,963625867	0,2430988	0	0,000636107	3,347858933
CO-Mason Min-04	42735	0,432300927	0,010451	2,267249333	0,03937902	0,000174183	0,03558754	86,00968667	0,013098013	0,040578453	0,005361113	0,00052255	1288,403	4,047079733	0,05314344	53,999908	102,8348	0,00156765	6,798866	5,7154004	0,114483167	1052,027733	0,028637407	0,017418333	4,215113867	0,31505936	0	0,003541347	3,684196333
CO-Mason Min-05	43858	0,492880227	0,0136676	2,908424933	0,05760642	0,000227793	0,04995502	101,7710267	0,015564073	0,054088173	0,005789993	0,00068338	1702,2722	5,974275067	0,06997698	61,934188	113,98568	0,00205014	7,7295356	6,3211934	0,161659967	1346,882733	0,033462307	0,022779333	6,263015867	0,38057078	0	0,006650727	4,179552733
CO-Mason Min-06	44443	0,539358893	0,0168366	3,43553267	0,067535953	0,00028061	0,052595853	113,7075933	0,015722523	0,05715154	0,005948443	0,00084183	2033,96087	5,974275067	0,079906513	68,272188	122,045503	0,00252549	8,5851656	6,8620361	0,197364033	1572,938067	0,038215807	0,028061	7,868642533	0,424725513	0	0,00675636	4,6823674
CO-Mason Min-07	45608	0,5909172	0,0198754	3,7556222	0,07472778	0,000331257	0,05462172	121,7604133	0,015874463	0,059987753	0,006100383	0,00099377	2275,039	6,8838892	0,084566007	72,8709053	127,484955	0,00298131	8,9599509	7,5072746	0,22795462	1756,279	0,042774007	0,033125667	9,0436452	0,45349282	0	0,006857653	5,1351486
CO-Mason Min-08	46726	0,6312174	0,0228606	4,366593133	0,08010114	0,00038101	0,06357732	133,3031867	0,016023723	0,062276407	0,006249643	0,00114303	2618,337	7,509786133	0,090635913	81,0205013	133,574763	0,00342909	9,3559875	8,1819298	0,24944806	1996,090067	0,047251807	0,038101	9,955126267	0,481155673	0	0,00695716	5,569992733
CO-Mason Min-09	47339	0,683749507	0,025903	4,8249814	0,0843605	0,000431717	0,070473427	144,35724	0,016175843	0,0645075	0,006401763	0,00129515	2854,63007	8,0320648	0,097126367	88,798904	139,172779	0,00388545	9,7078917	8,9901941	0,267296807	2165,450333	0,051815407	0,043171667	10,90334093	0,509754233	0	0,007058573	5,9614482
CO-Mason Min-10	48510	0,76721124	0,0287006	5,1550982	0,087904127	0,000478343	0,07140596	156,7599333	0,017108377	0,066372567	0,006541643	0,00143503	3057,92233	8,59718	0,10477314	96,7627387	145,327499	0,00430509	10,055727	10,388994	0,28445542	2311,858067	0,056011807	0,047834333	11,83587427	0,5395953	0	0,007151827	6,5097778
CO-Mason Min-11	48923	0,839281073	0,0316828	#VALEUR!	0,090985733	0,000528047	0,07379172	164,493772	0,01760541	0,068460107	0,006690753	0,018035943	3181,1866	9,013693933	0,109445253	102,468681	149,651689	0,00475242	10,273427	11,502349	0,29578778	2391,97984	0,060485107	0,052804667	12,562537	0,560073073	0	0,007251233	6,925297667
CO-Mason Min-12	50426	0,839281073	0,0316828	#VALEUR!	0,090985733	0,000528047	0,07379172	164,493772	0,01760541	0,068460107	0,006690753	0,018035943	3181,1866	9,013693933	0,109445253	102,468681	149,651689	0,00475242	10,273427	11,502349	0,29578778	2391,97984	0,060485107	0,052804667	12,562537	0,560073073	0	0,007251233	6,925297667

min
max
moy

Rinçage	#URSTM	Chargess cumulées normalisées (mg/kg)																											
		Al	As	B	Ba	Be	Bi	Ca	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	K	Li	Mg	Mn	Mo	Na	Ni	Pb	Stot	Sb	Se	Si	Sr	Te	Ti	Zn
		0,010	0,060	n.d.	0,001	0,001	0,020	0,030	0,003	0,004	0,003	0,003	0,006	n.d.	n.d.	0,001	0,002	0,009	n.d.	0,004	0,020	0,090	0,090	0,100	0,020	n.d.	n.d.	0,002	0,005
CO-Mason Res-01	41122	0,163459093	0,0049136	1,285725333	0,047006773	8,18933E-05	0,009663413	49,95493333	0,01424944	0,070428267	0,00024568	0,00024568	1208,7456	5,863562667	0,05748912	45,20512	68,29904	0,00073704	13,02104	28,99024	0,09876336	945,0490667	0,029154027	0,008189333	6,191136	0,268610133	0	0,002293013	10,760784
CO-Mason Res-02	41722	0,254962073	0,0086282	2,709655333	0,066446513	0,000143803	0,033684493	98,61619333	0,02440268	0,077362187	0,00043141	0,00043141	1931,8544	11,38593467	0,08559626	77,15068	114,73154	0,00129423	21,725586	34,153534	0,15138686	1536,908667	0,034725927	0,014380333	10,846768	0,505106333	0	0,005140873	15,701202
CO-Mason Res-03	42218	0,272932233	0,012084	3,1059204	0,07566198	0,0002014	0,03598836	140,8921467	0,02457547	0,07851412	0,0006042	0,0006042	2135,7466	13,93170733	0,093083827	89,0155933	122,322781	0,0018126	23,453486	34,273335	0,169817793	1739,648933	0,039909627	0,02014	14,72878333	0,627211267	0	0,005256067	16,34628467
CO-Mason Res-04	42736	0,284439033	0,0159196	3,249116133	0,08333318	0,000265327	0,037266893	176,1796667	0,02476725	0,078769827	0,00079598	0,00079598	2256,31229	15,69608333	0,099092933	99,6913467	126,554726	0,00238794	24,515947	34,312458	0,1815803	1851,009187	0,045663027	0,026532667	17,554342	0,719649227	0	0,00538392	16,61733373
CO-Mason Res-05	43859	0,314529033	0,0194596	3,359564133	0,08817118	0,000324327	0,038446893	202,6116667	0,02494425	0,079005387	0,00097298	0,00327398	2338,08629	17,52508333	0,104874933	115,621347	130,849926	0,00291894	25,566147	34,324376	0,1911383	1956,973187	0,050973027	0,032432667	21,979342	0,805435227	0	0,00550192	16,87693373
CO-Mason Res-06	44444	0,322472513	0,022816	3,437656373	0,09410082	0,000380267	0,039565693	225,3233067	0,02511207	0,079453347	0,0011408	0,0070779	2392,57185	18,84526733	0,107671933	130,725147	134,23989	0,0034224	26,380634	34,329746	0,2000887	2038,309947	0,056007627	0,038026667	24,966538	0,877262187	0	0,0056138	17,28305813
CO-Mason Res-07	45609	0,334442267	0,0253994	3,526353107	0,097545353	0,000423323	0,040426827	260,7158867	0,02524124	0,079711687	0,00126997	0,015430893	2466,19875	20,67948133	0,11042756	148,89506	139,992261	0,00380991	27,158237	34,331899	0,20990562	2170,063347	0,059882727	0,042332333	27,92883667	0,978014787	0	0,005699913	17,51384187
CO-Mason Res-08	46727	0,357606533	0,0287404	3,79251944	0,102445487	0,000479007	0,041540493	301,9215533	0,02540829	0,07993442	0,00160407	0,08202816	2610,97542	22,327708	0,113657193	170,388827	152,019861	0,00431106	27,99126	34,336465	0,221821853	2352,70468	0,064894227	0,047900667	30,84664333	1,08548362	0	0,00581128	18,0539702
CO-Mason Res-09	47340	0,387334667	0,0317636	4,180496773	0,1076857	0,000529393	0,047586893	342,63398	0,02555945	0,081244473	0,00175523	0,08217932	2818,56849	23,476524	0,118191993	187,41952	167,639727	0,00476454	28,846825	34,340395	0,237844813	2566,344147	0,069429027	0,052939333	33,86984333	1,21245802	0	0,005912053	18,70798913
CO-Mason Res-10	48511	0,420475733	0,0341196	4,564524773	0,112319167	0,00056866	0,049707293	380,4870467	0,02567725	0,082029807	0,00187303	0,10409012	3071,44582	24,63881733	0,12400346	200,84872	182,639594	0,00511794	29,687132	34,343144	0,258342013	2777,598813	0,072963027	0,056866	36,90908333	1,322404687	0	0,005990587	19,31112513
CO-Mason Res-11	48924	0,449149133	0,0368504	#VALEUR!	0,118873087	0,000614173	0,058354827	418,4451667	0,02581379	0,08385034	0,00200957	0,21878372	3378,20569	25,91319067	0,130648407	213,95656	196,020514	0,00552756	30,606501	34,346057	0,278458907	3047,948013	0,077059227	0,061417333	39,812834	1,43072642	0	0,006081613	20,88588647
CO-Mason Res-12	50427	0,449149133	0,0368504	#VALEUR!	0,118873087	0,000614173	0,058354827	418,4451667	0,02581379	0,08385034	0,00200957	0,21878372	3378,20569	25,91319067	0,130648407	213,95656	196,020514	0,00552756	30,606501	34,346057	0,278458907	3047,948013	0,077059227	0,061417333	39,812834	1,43072642	0	0,006081613	20,88588647

min
max
moy

Note: Valeurs en vert : valeurs sous la LDM, la moitié de la LDM est alors rapportée

Annexe 3G

Caractérisation de l'eau de surface à Baie Comeau (WSP, 2016)

PROJET D'USINE DE GRAPHITE À BAIE-COMEAU

QUALITÉ DE L'EAU DE SURFACE ET DES SÉDIMENTS

CONTEXTE

Mason Graphite propose d'aménager une usine de transformation de graphite dans le secteur du parc industriel Jean-Noël-Tessier, situé entre les secteurs Mingan et Marquette à Baie-Comeau. Cette usine servira au traitement du minerai qui sera extrait de la mine, localisée au lac Guéret, au nord-ouest du réservoir Manic-5. Le site visé pour l'implantation de l'usine et du parc à résidus se trouve à l'ouest du chemin du lac Petit Bras et fait partie du lot 2 906 872 appartenant à la Société d'expansion de Baie-Comeau.

À la suite du dépôt de l'étude d'impact sur l'environnement de ce projet, le ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC) a émis des questions et commentaires. Pour y répondre, des inventaires complémentaires ont été réalisés à l'été 2016. Parmi ceux-ci, une campagne d'échantillonnage de l'eau de surface et des sédiments a été réalisée.

Le présent document constitue le rapport d'activité de la campagne d'échantillonnage de l'eau de surface et des sédiments. Les sections qui suivent présentent la zone d'étude, la méthodologie utilisée et les résultats d'analyse.

ZONE D'ÉTUDE

La zone d'étude se trouve à Baie-Comeau, dans le parc industriel Jean-Noël-Tessier, situé entre les secteurs Ouest (Mingan) et Est (Marquette) de la ville, plus précisément à l'ouest du chemin du lac Petit Bras. Les échantillons ont été prélevés dans le ruisseau identifié R1 et dans un petit tributaire intermittent identifié INT1. Les stations d'échantillonnage sont situées aux coordonnées suivantes :

- R1 : 49° 13' 18,4" N 68° 14' 48,4" O
- INT1 : 49° 13' 25,0" N 68° 14' 53,5" O

MÉTHODE

De l'eau de surface et des sédiments ont été échantillonnés les 27 et 28 septembre 2016. L'eau a été recueillie dans des récipients propres puis transvidée dans les contenants fournis par le laboratoire Maxxam Analytique inc. Les sédiments ont été échantillonnés à l'aide d'une petite benne Ponar afin de recueillir uniquement la couche de surface, soit les dix premiers centimètres de sédiments. Lors de l'échantillonnage, les procédures standards de nettoyage des instruments de travail ont été appliquées. Les échantillons ont été conservés dans une glacière à une température inférieure à 4 °C puis expédiés le jour même au laboratoire de Maxxam. À chaque station, la température de l'eau, le pH, la conductivité et l'oxygène dissous ont été mesurés sur place à l'aide d'une sonde (YSI 63 et YSI 550).

RÉSULTATS

Qualité de l'eau

Au moment de l'échantillonnage, la température de l'eau était de 7,1 °C dans le ruisseau R1 et de 6,6 °C dans le ruisseau INT1 (tableau 1). Le pH était relativement neutre dans le ruisseau R1 (7,14), mais acide dans l'intermittent INT1 (5,57). Le ruisseau INT1 prend sa source d'un milieu humide, ce qui peut expliquer son pH acide. La conductivité de l'eau variait entre 31,5 et 32,7 µS/cm entre ces deux ruisseaux. L'oxygène

dissous était suffisant pour assurer la survie des espèces aquatiques avec des valeurs de 11,51 mg/L dans le ruisseau R1 et de 10,80 mg/L dans le ruisseau INT1.

Les deux ruisseaux à l'étude affichent une faible alcalinité, signifiant qu'ils sont sensibles à l'acidification. Les fluorures dépassaient le critère d'exposition à long terme du Conseil canadien des ministres de l'Environnement (CCME). Il n'y a toutefois pas de dépassement des critères provinciaux pour la protection de la vie aquatique pour ce paramètre. Le phosphore total affichait des valeurs somme toute assez élevées dans les deux échantillons. Un dépassement du critère d'effet chronique a été observé dans le duplicata de l'échantillon du ruisseau INT1.

Au niveau des métaux, l'aluminium dépasse le critère d'exposition à long terme du CCME. Le critère de toxicité aiguë est également dépassé dans le ruisseau INT1 alors qu'on note un dépassement du critère d'effet chronique dans le ruisseau R1. Considérant le pH neutre du ruisseau R1, la concentration d'aluminium mesurée ne devrait pas avoir d'effet sur la faune aquatique. De telles valeurs sont fréquentes sur la Côte-Nord. L'aluminium peut présenter une toxicité pour la faune aquatique lorsque le pH est plus acide. Outre l'aluminium, seul le plomb a obtenu une concentration supérieure au critère d'effet chronique dans l'échantillon du ruisseau INT1. Quinze (15) des 24 métaux analysés ont obtenu des résultats sous la limite de détection rapportée.

Les hydrocarbures pétroliers C₁₀-C₅₀ n'ont pas été détectés dans l'eau de surface échantillonnée.

Qualité des sédiments

Les résultats analytiques des sédiments ont été comparés aux critères de qualité établis par Environnement Canada et le ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (Environnement Canada et MDDEP 2007) pour les milieux dulcicoles. Ces critères comprennent cinq seuils (ou concentrations) qui déterminent si la concentration mesurée pour un composé donné peut produire un effet sur la faune aquatique. Ces seuils sont les suivants :

- concentration d'effets rares (CER);
- concentration seuil produisant un effet (CSE);
- concentration d'effets occasionnels (CEO);
- concentration produisant un effet probable (CEP);
- concentration d'effets fréquents (CEF).

La CER et la CSE constituent les deux balises de la prévention de la contamination. Afin de prévenir la contamination des sédiments qui pourrait résulter de rejets industriels dans un cours d'eau, les résultats analytiques sont comparés aux critères de qualité, ce qui permet de suivre l'évolution de la situation à un site et d'indiquer un début de contamination lorsque la CSE est atteinte. Sous la CER, aucun effet sur le milieu aquatique n'est appréhendé.

La CEP et la CEF constituent les deux valeurs seuils permettant d'orienter les décisions de restauration d'un site (Environnement Canada et MDDEP 2007). Une concentration supérieure à la CEP indique que des analyses plus approfondies sont souhaitables pour évaluer la pertinence d'entreprendre de tels travaux alors que la CEF indique que la restauration est souhaitable.

Selon les résultats d'analyse, aucun des métaux pour lequel un critère a été défini n'affichait de dépassement (tableau 2). Les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) n'ont pas été détectés dans les échantillons récoltés, ni les hydrocarbures pétroliers C₁₀-C₅₀. Les deux échantillons recueillis étaient principalement composés de sable.

Tableau 1. Résultats d'analyse de l'eau de surface prélevés dans les ruisseaux R1 et INT1 le 27 septembre 2016

Paramètre	Unité	LDR ¹	R1	INT1	DUP1	CCME ¹		MDDELCC ²		
						Court terme	Long terme	CVAA	CVAC	PAR
pH (<i>in situ</i>)	unité de pH	--	7,14	5,57	5,57	--	Entre 6,5 et 9,0	(n)	6,5 à 9,0	6,5 à 8,5
Température (<i>in situ</i>)	°C	--	7,1	6,6	6,6			--	--	
Conductivité (<i>in situ</i>)	µS/cm	--	31,5	32,7	32,7			--	--	
Oxygène dissous (<i>in situ</i>)	mg/L	--	11,51	10,8	10,8			--	--	
Oxygène dissous (<i>in situ</i>)	% sat.	--	93,9	87,8	87,8			--	--	
Hydrocarbures pétroliers C ₁₀ -C ₅₀	mg/L	0,1	<0,1	<0,1	<0,1			0,11 à 2,8	0,011 à 0,2	
Azote ammoniacal (N-NH ₃)	mg/L	0,02	0,02	0,03	0,05			30 (l)	15 (l)	
Carbone organique dissous	mg/L	1	23	30	31			--	--	
Fluorure	mg/L	0,10	0,20	0,20	0,20	--	0,12	4,00	0,20	
Azote total Kjeldahl	mg/L	0,40	0,77	0,70	0,72			--	--	
Indice phénol	mg/L	0,002	<0,002	<0,002	<0,002	--	0,004	--	--	
Turbidité	mg/L	0,1	1,6	2,1	2,8	--	--	aug. 8	aug. 2	
Alcalinité totale (en CaCO ₃)	mg/L	1	6	1	<1			--	--	
Bromure	mg/L	0,1	<0,1	<0,1	<0,1			--	--	
Chlorures	mg/L	0,05	1,5	2,3	2,3			860	230	
Nitrites (N-NO ₂ -)	mg/L	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	--	0,06	0,06 (j)	0,02 (j)	
Nitrates (N-NO ₃ -)	mg/L	0,01	0,01	0,04	0,04	550	13	--	2,9 (i)	
Sulfates (SO ₄)	mg/L	0,5	1,1	1,2	1,2			500 (o)	500 (o)	
Matières en suspension	mg/L	0,2 à 0,3	1,1	1,6	2,7			aug. 25	aug. 5	
Solides dissous totaux	mg/L	10	79	99	94			--	--	
Phosphore total	mg/L	0,002	0,020	0,019	0,031	--	--	--	0,03 (k)	0,03 (k)
Coliformes fécaux	UFC/100 ml	10	38	30	60			--	--	200 / 1000 (e)
Dureté totale (CaCO ₃)	mg/L	1	13,0	7,0	7,1			--	--	
Aluminium	mg/L	0,01	0,54	0,84	0,88	--	0,005 mg/L (pH <6,5) 0,10 mg/L (pH ≥6,5)	0,75 (a)	0,087 (b)	
Antimoine	mg/L	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	--	--	1,1	0,24	
Argent	mg/L	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	--	0,00025	0,000039 (m)	0,00010 (m)	
Arsenic	mg/L	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	--	0,005	0,34	0,15	
Baryum	mg/L	0,002	0,0076	0,0058	0,0060	--	--	0,11 (m)	0,038 (m)	
Béryllium	mg/L	0,002	<0,002	<0,002	<0,002	--	--	0,000064 (m)	0,000071 (m)	
Bore	mg/L	0,05	<0,050	<0,050	<0,050	29	1,5	28	5	
Cadmium	mg/L	0,0002	<0,00020	<0,00020	<0,00020	0,001	0,00009	0,00021 (m)	0,000049 (m)	
Calcium	mg/L	0,5	4,2	1,9	2,0	--	--	--	Sensibilité à l'acidification élevée si <4	
Chrome	mg/L	0,005	<0,005	<0,005	<0,005	--	--	0,27 (m) / 0,016 (c)	0,013 (m) / 0,011 (c)	
Cobalt	mg/L	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	--	--	0,37	0,1	
Cuivre	mg/L	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	--	0,002	0,0016 (f)	0,0013 (f)	
Fer	mg/L	0,06	0,63	0,94	0,91	--	0,3	3,4 (g)	1,3 (g et h)	
Magnésium	mg/L	0,1	0,65	0,54	0,53			--	--	
Manganèse	mg/L	0,001	0,007	0,013	0,014			0,55 (m)	0,26 (m)	
Mercurure	mg/L	0,00001	0,00002	0,00002	0,00002	--	0,000026	0,0016	0,00091	
Molybdène	mg/L	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	--	0,073	29	3,2	
Nickel	mg/L	0,002	<0,002	<0,002	<0,002	--	0,025	0,067 (m)	0,0074 (m)	
Plomb	mg/L	0,0005	<0,0005	0,00077	0,00081	--	0,001	0,0044 (m)	0,00017 (m)	
Sélénium	mg/L	0,003	<0,003	<0,003	<0,003	--	0,001	0,062	0,005	
Strontium	mg/L	0,002	0,024	0,015	0,015			40	21	
Uranium	mg/L	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,033	0,015	0,32	0,014	
Vanadium	mg/L	0,002	<0,002	<0,002	<0,002			0,11	0,012	
Zinc	mg/L	0,007	<0,007	<0,007	<0,007	--	0,03	0,017 (m)	0,017 (m)	

¹ Conseil canadien des ministres de l'Environnement (CCME). *Recommandations pour la qualité des eaux, protection de la vie aquatique d'eau douce*. <http://st-ts.ccme.ca/fr/index.html>

² Ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs (MDDEFP). 2013. *Critères de qualité de l'eau de surface*, 3e édition, Québec. Direction du suivi de l'état de l'environnement. ISBN 978-2-550-68533-3 (PDF), 510 p. et 16 annexes.

CVAA : critère de protection de la vie aquatique, effet aigu

CVAC : critère de protection de la vie aquatique, effet chronique

PAR : critère de protection des activités récréatives

(a) Il ne devrait pas y avoir d'effets toxiques à cette concentration si le pH se maintient entre 6,5 et 9,0.

(b) Ce critère de qualité a été défini pour des eaux de faible dureté (<10 mg/L) et dont le pH est d'environ 6,5. Lorsque le milieu aquatique ne s'approche pas de ces conditions, ce critère ne doit pas être utilisé.

Lorsque le critère est utilisé, les données d'eau de surface doivent être corrigées pour réduire la fraction non biodisponible du métal associée aux particules. Un facteur de correction de 0,66 est utilisé pour les données d'eau de surface ayant une concentration en matières en suspension <5 mg/L. Un facteur de correction de 0,33 est utilisé pour les données d'eau de surface ayant une concentration en matières en suspension ≥5 mg/L.

(c) Le critère a été calculé pour une dureté de 10 mg/L. Il s'applique au chrome trivalent. La valeur indiquée entre parenthèse s'applique au chrome hexavalent.

(d) Ce critère s'applique à l'eau brute destinée à l'approvisionnement en eau potable lorsque cette eau est exemptée d'un traitement par filtration.

(e) La valeur de 200 UFC/100 ml s'applique aux activités de contact direct comme la baignade et la planche à voile.

Le critère de 1 000 UFC/100 ml s'applique aux activités de contact indirect comme la pêche sportive et le canotage. Cette valeur est utilisée par le MDDELCC comme indicateur de la salubrité générale des eaux.

(f) Le critère a été calculé pour une dureté de 10 mg/L. La toxicité du cuivre diminue lorsque la concentration en carbone organique dissous est élevée.

(g) Ce critère de qualité est qualifié de provisoire. Il pourrait ne pas être protecteur pour l'éphémère (*Ephemera subvaria*) si cette espèce est aussi sensible que certaines données l'indiquent.

(h) Avant d'être comparées à ce critère de qualité, les données de qualité d'eau de surface doivent être corrigées pour réduire la fraction du métal non biodisponible associée aux particules. Un facteur de correction de 0,5 est utilisé sur les données d'eau de surface ayant une concentration en matières en suspension <10 mg/L. Un facteur de 0,33 est utilisé sur les données d'eau de surface ayant une concentration en matières en suspension ≥10 mg/L.

(i) Cette valeur est établie à partir des effets toxiques et ne tient pas compte des effets indirects d'eutrophisation.

(j) Les concentrations permises en nitrites augmentent avec les concentrations en chlorures du milieu aquatique.

(k) Ce critère de qualité vise à limiter la croissance excessive d'algues et de plantes aquatiques dans les ruisseaux et les rivières. Cette valeur protectrice pour les cours d'eau n'assure pas toujours la protection des lacs en aval.

(l) Le critère a été calculé pour un pH de 7,4 et une température de l'eau de 6,0 °C. Le critère est moins sévère à un pH de 5,5.

(m) Le critère a été calculé pour une dureté de 10 mg/L.

(n) Pour un pH entre 5,0 et 6,0 : nocivité improbable pour toutes les espèces, à moins que la concentration de l'anhydride carbonique libre soit supérieure à 20 mg/L ou que l'eau contienne des sels de fer fraîchement précipités sous forme d'hydroxyde ferrique dont la toxicité exacte est inconnue. La limite inférieure de cet intervalle peut être nocive aux salmonides non acclimatés si les concentrations de calcium et de chlorures sont faibles ou si la température de l'eau est basse, et peut aussi être nuisible à la reproduction de la chatte de l'Est.

(o) Le critère a été calculé pour une concentration de chlorures <5 mg/L et une dureté <100 mg/L.

Tableau 2. Résultats d'analyse des sédiments prélevés dans les ruisseaux R1 et INT1 le 28 septembre 2016

Paramètre	Unité	LDR ¹	R1	INT1	DUP1	Critères - Sédiments d'eau douce ²				
						CER	CSE	CEO	CEP	CEF
Humidité	%	N/A	25	29	24					
Carbone organique total	%	0,5	<0,5	0,6	0,5					
Naphtalène	mg/kg	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,017	0,035	0,12	0,39	1,2
Acénaphylène	mg/kg	0,003	<0,003	<0,003	<0,003	0,0033	0,0059	0,03	0,13	0,34
Acénaphène	mg/kg	0,003	<0,003	<0,003	<0,003	0,0037	0,0067	0,021	0,089	0,94
Fluorène	mg/kg	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,01	0,021	0,061	0,14	1,2
Phénanthrène	mg/kg	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,025	0,042	0,13	0,52	1,1
Anthracène	mg/kg	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,016	0,047	0,11	0,24	1,1
Fluoranthène	mg/kg	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,047	0,11	0,45	2,4	4,9
Pyrène	mg/kg	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,029	0,053	0,23	0,88	1,5
Benzo(a)anthracène	mg/kg	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,014	0,032	0,12	0,39	0,76
Chrysène	mg/kg	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,026	0,057	0,24	0,86	1,6
Benzo(b+j+k)fluoranthène	mg/kg	0,01	<0,01	<0,01	<0,01					
Benzo(e)pyrène	mg/kg	0,01	<0,01	<0,01	<0,01					
Benzo(a)pyrène	mg/kg	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,011	0,032	0,15	0,78	3,2
Indéno(1,2,3-cd)pyrène	mg/kg	0,01	<0,01	<0,01	<0,01					
Dibenz(a,h)anthracène	mg/kg	0,003	<0,003	<0,003	<0,003	0,0033	0,0062	0,043	0,14	0,2
Benzo(ghi)pérylène	mg/kg	0,01	<0,01	<0,01	<0,01					
2-Méthylnaphtalène	mg/kg	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,016	0,02	0,063	0,2	0,38
1-Méthylnaphtalène	mg/kg	0,01	<0,01	<0,01	<0,01					
Benzo(c)phénanthrène	mg/kg	0,01	<0,01	<0,01	<0,01					
3-Méthylcholanthène	mg/kg	0,01	<0,01	<0,01	<0,01					
7,12-Diméthylbenzanthracène	mg/kg	0,01	<0,01	<0,01	<0,01					
Dibenzo(a,i)pyrène	mg/kg	0,01	<0,01	<0,01	<0,01					
Dibenzo(a,l)pyrène	mg/kg	0,01	<0,01	<0,01	<0,01					
Dibenzo(a,h)pyrène	mg/kg	0,01	<0,01	<0,01	<0,01					
1,3-Diméthylnaphtalène	mg/kg	0,01	<0,01	<0,01	<0,01					
2,3,5-Triméthylnaphtalène	mg/kg	0,01	<0,01	<0,01	<0,01					
Hydrocarbures pétroliers C ₁₀ -C ₅₀	mg/kg	100	<100	<100	<100					
Aluminium	mg/kg	20	9 500	7 700	9 300					
Antimoine	mg/kg	2	<2	<2	<2					
Argent	mg/kg	2	<2	<2	<2					
Arsenic	mg/kg	2	<2	<2	<2	4,1	5,9	7,6	17	23
Baryum	mg/kg	5	59							
Béryllium	mg/kg	0,5	<0,5	<0,5	<0,5					
Bore	mg/kg	5	<5	<5	<5					
Cadmium	mg/kg	0,2	<0,2	<0,2	<0,2	0,33	0,6	1,7	3,5	12
Chrome	mg/kg	2	19	17	21	25	37	57	90	120
Cuivre	mg/kg	1	4	4	4	22	36	63	200	700
Cobalt	mg/kg	2	4	3	4					
Fer	mg/kg	10	12 000	9 800	12 000					
Manganèse	mg/kg	2	110	80	97					
Molybdène	mg/kg	2	<2	<2	<2					
Nickel	mg/kg	1	9	9	10			47		
Mercure	mg/kg	0,005	<0,05	<0,05	<0,05	0,094	0,17	0,25	0,49	0,87
Plomb	mg/kg	5	<5	5	6	25	35	52	91	150
Sélénium	mg/kg	10	<10	<10	<10					
Strontium	mg/kg	10	17	<10	11					
Uranium	mg/kg	5	<5	<5	<5					
Vanadium	mg/kg	5	22	17	21					
Zinc	mg/kg	5	32	23	29	80	120	170	310	770
Granulométrie										
Gravier	%	0,1	10	0,16	--					
Sable	%	0,1	84	84	--					
Silt	%	0,1	2,2	4,4	--					
Argile	%	0,1	3,6	11	--					

¹ LDR : Limite de détection rapportée

² Critères pour l'évaluation de la qualité des sédiments d'eau douce

CER : Concentration d'effets rares

CSE : Concentration seuil produisant un effet

CEO : Concentration d'effets occasionnels

CEP : Concentration produisant un effet probable

CEF : Concentration d'effets fréquents

RÉFÉRENCES

- CONSEIL CANADIEN DES MINISTRES DE L'ENVIRONNEMENT (CCME). *Recommandations pour la qualité des eaux, protection de la vie aquatique d'eau douce*. Page consultée le 10 octobre 2016. En ligne : <http://st-ts.ccme.ca/fr/index.html>
- ENVIRONNEMENT CANADA ET MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DES PARCS DU QUÉBEC. 2007. *Critères pour l'évaluation de la qualité des sédiments au Québec et cadres d'application : prévention, dragage et restauration*. 39 p.
- MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT, DE LA FAUNE ET DES PARCS (MDDEFP). 2013. *Critères de qualité de l'eau de surface*, 3^e édition, Québec. Direction du suivi de l'état de l'environnement. ISBN 978-2-550-68533-3 (PDF), 510 p. et 16 annexes.

Annexe 3H

Gestion des eaux au concentrateur – juin 2016

Rapport de projet

22 juin 2016

Mason Graphite

Mise à jour - Parc à résidus

DISTRIBUTION

Mason Graphite

Jean L'Heureux

Hatch

Marc Beaudry

Toby Hofton

Derek Li

Marie-Christine Patoine

Gestion des eaux - Concentrateur

Table des matières

1. Gestion des eaux	1
2. Description des eaux du site du concentrateur	1
2.1 Eau de procédé.....	3
2.2 Eau fraiche.....	3
2.3 Eau de ruissellement propre.....	3
2.4 Eau de contact (ruissellement)	3
2.5 Point de décharge.....	3
3. Données hydrologiques et météorologiques	4
4. Évènement	4
5. Précipitation	5
6. Bilan d'eau global	6
7. Conclusion	9
8. Références	10

Disclaimer

This report was prepared by Hatch Ltd. («Hatch») for the sole and exclusive benefit of Mason Graphite (the «Owner») and for the sole purpose of assisting the Owner in determining the viability for a project to develop the Lac Guéret mine and install a graphite concentrator in the Baie-Comeau area (the «Project»), and may not be provided to, relied upon or used by any third party. Any use of this report by the Owner is subject to the terms and conditions of agreed proposal 14-2181 Rev.1 between Hatch and the Owner dated November 21, 2014 including the limitations on liability set out therein.

This report is meant to be read as a whole and sections should not be read or relied upon out of context. The report includes information provided by the Owner including, but not limited to expected plant performance data. Unless specifically stated otherwise, Hatch has not verified such information and disclaims any responsibility or liability in connection with such information.

This report contains the expression of the professional opinion of Hatch based upon information available at the time of preparation. The quality of the information, conclusions and estimates contained herein is consistent with the intended level of accuracy as set out in this report, as well as the circumstances and constraints under which this report was prepared.

Because this report is a segment of a feasibility study, all estimates and projections are based on limited and incomplete data. Therefore, while the work, results, estimates and projections herein may be considered to be generally indicative of the nature and quality of the Project, they are not definitive. No representations or predictions are intended as to the results of future work, nor can there be any promises that the estimates and projections in this report will be sustained in future work.

1. Gestion des eaux

Suite à l'adoption d'un nouveau plan de gestion des résidus, une mise à jour du plan de gestion des eaux a été faite pour le site du concentrateur de Mason Graphite. Le nouveau plan de gestion des résidus prévoit notamment que les résidus seront filtrés par un filtre-pressé avant d'être entreposés par empilement. Afin de minimiser le volume d'eau impacté par les résidus, une restauration progressive du parc à résidus est à prévoir dès les premières années d'opération du concentrateur.

2. Description des eaux du site du concentrateur

Les eaux retrouvées au site du concentrateur ont été classées en quatre catégories:

- Eau de procédé : eau utilisée dans pour la transformation du minerai au concentrateur;
- Eau fraîche : eau provenant du lac Petit-Bras;
- Eau de ruissellement non-contaminée : eau de pluie propre, qui n'est pas en contact les activités du concentrateur;
- Eau de contact (ruissellement) : eau de pluie potentiellement contaminée par les activités du concentrateur.

La Figure 2-1 présente la gestion globale de l'eau sur le site du concentrateur et les différents apports en eau de la réserve d'eau brute.

La réserve d'eau brute servira à emmagasiner l'eau provenant de la surverse de l'épaississeur des résidus et les eaux de de ruissellement contaminées. Elle servira de réserve d'eau d'appoint pour le procédé du concentrateur, en plus de recueillir les eaux de ruissellement.

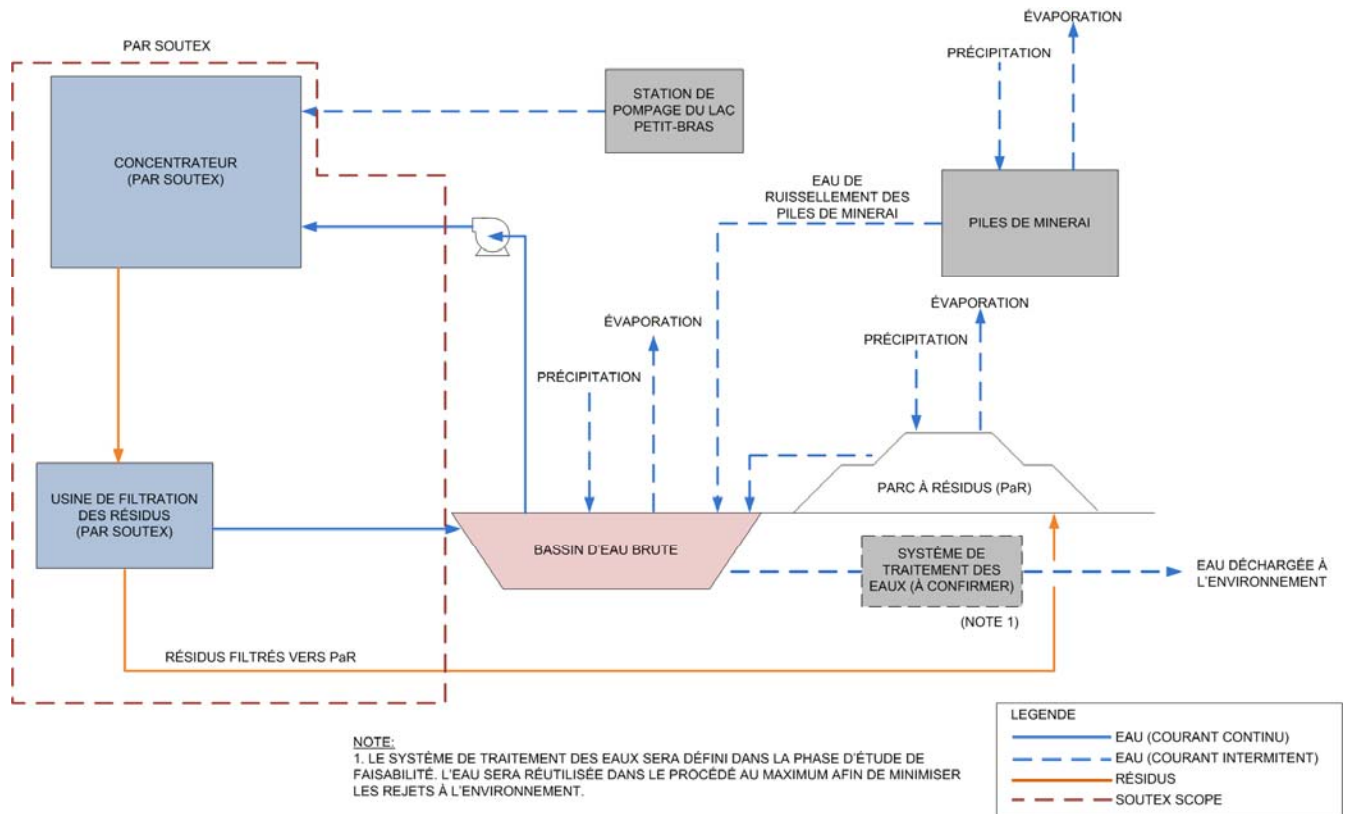


Figure 2-1 : Gestion de l'eau global - Site du concentrateur

2.1 Eau de procédé

Les besoins en eau d'appoint pour le concentrateur ont été établis par Soutex. Les pertes d'eau sont principalement dues au séchage du minerai, à l'eau résiduelle dans le concentré de graphite et à l'eau retenue dans les résidus filtrés. En moyenne, le besoin en eau d'appoint pour l'eau de procédé du concentrateur est de $3.1 \text{ m}^3/\text{h}$ (équivalent à $27\,200 \text{ m}^3/\text{a}$) [1, 2].

Afin de permettre la dégradation de certains composés et la sédimentation des matières en suspension (MES), un temps de rétention de sept jours dans la réserve d'eau brute sera prévu pour l'eau de procédé de la surverse des épaisseurs [5]. Le temps de rétention de sept jours équivaut à un total de $39\,490 \text{ m}^3$ en termes de volume de la réserve d'eau brute.

2.2 Eau fraîche

La source d'eau fraîche pour le concentrateur est le Lac Petit-Bras. Le débit maximum pouvant être pompé du lac est de $246 \text{ m}^3/\text{jour}$ [3, 4].

L'eau pompée du lac Petit-Bras sera utilisée au minimum, soit dans le cas où de l'eau fraîche est requise, par exemple, pour préparer les solutions de réactifs ou dans le cas où l'eau provenant de la réserve d'eau brute ne serait pas disponible. L'eau du lac sera aussi utilisée pour le remplissage initial du bassin d'eau brute.

2.3 Eau de ruissellement propre

L'eau de ruissellement non-contaminée sera déviée afin d'en éviter la contamination potentielle. Cette eau étant déviée, elle n'est pas considérée dans le bilan d'eau du site.

2.4 Eau de contact (ruissellement)

L'eau de ruissellement potentiellement contaminée proviendra de l'aire de stockage du minerai et du parc à résidus et elle sera recueillie dans la réserve d'eau brute. En ce qui concerne l'eau de pluie provenant du parc à résidus, notons que les résidus sont actuellement considérés potentiellement acidogènes et que cette eau pourrait être contaminée par les composés de lixiviation associés aux résidus.

2.5 Point de décharge

Le point de décharge prévu pour l'eau traitée est dans un ruisseau affluent de la rivière Petit-Bras et situé à l'ouest de la réserve d'eau brute. La localisation du point de décharge est montrée à l'Annexe A.

3. Données hydrologiques et météorologiques

Les données météorologiques et hydrologiques ont été extraites du rapport *Water Management Plan for the Mine Site and Storm Water Management Strategy for the Plant Site* [6]. Les données climatiques historiques sont basées sur la station météorologique de Baie-Comeau (Environnement Canada) et les valeurs présentées au -- sont la moyenne des valeurs mensuelles obtenues pour la période de 1981 à 2010. La moyenne des précipitations annuelles est de 1 001 mm. La température moyenne enregistrée à la station de Baie-Comeau est de 1,8°C et varie entre -50°C et 15°C.

Tableau 3-1: Précipitations de la station de Baie-Comeau (1981-2010)

Mois	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc	Total
Moyenne Précipitation (mm)	83.4	65.2	68.4	79.7	91.1	88.7	93.1	75.4	86.3	95.3	95.8	78.7	1001

L'évaporation présentée au Tableau 3-2 est basée sur la station météorologique de Bonnard pour la période de 1951 à 1981 puisqu'aucune donnée d'évaporation n'est disponible pour la station de Baie-Comeau. Afin d'obtenir l'évaporation du site du concentrateur, un facteur de 84% a été appliqué aux valeurs Pan A de la station Bonnard et l'évaporation totale de 450 mm correspond à l'évaporation annuelle moyenne des eaux lacustres telle que déterminé par le Ministère des Pêches et de l'Environnement du Canada [7].

Tableau 3-2: Évaporation de la station de Bonnard (1951-1980)

Mois	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc	Total
Pan A (mm)	0	0	0	60	85	110,6	97	83,3	60	40	0	0	535.9
Moyenne Évaporation (mm)	0	0	0	50.4	71,4	92,9	81,5	70	50,4	33,6	0	0	450

4. Évènement

Le critère de conception pour la réserve d'eau brute est basé sur la Directive 019 qui prévoit un récurrence de 1:100 ans pour des ouvrages de rétention avec aires d'accumulation sans retenue d'eau, ce qui est le cas des résidus filtrés. Ce critère a été confirmé par Mason Graphite et la réserve d'eau brute sera conçue pour retenir une précipitation de 24h ayant une récurrence de 1:100 ans superposée à une fonte des neiges de 1:100 ans de 30 jours.

Tableau 4-1 : Évènement de pluie et de la fonte des neiges

Évènement	Précipitation (mm)
Crue 1:100 ans - 24 heures	83,7
Fonte des neiges 1:100 ans 30 jours	425
PMP - 48 heures	330

Le déversoir d'urgence sera conçu pour évacuer le maximum de précipitations pour la période d'été et / ou d'automne, appelé Précipitations Maximales Probables (PMP), réparties sur 48 heures.

5. Précipitation

Sur le site du concentrateur, il y a trois principales sources de ruissellement qui contribuent à l'apport en eau de la réserve d'eau brute: soit l'eau de ruissellement provenant de l'aire de stockage du minerai et du parc à résidus (PàR), et les précipitations reçues sur la superficie de la réserve. Le Tableau 5-1 présente les surfaces associées à chacun des secteurs contribuant à la réserve d'eau brute. Les superficies présentées tiennent compte de la restauration progressive du parc à résidus.

Tableau 5-1 : Eau de ruissellement contribuant à l'apport en eau de la réserve d'eau brute

Description du secteur	Surface (m ²)	Précipitations annuelles nettes - Moyenne (m ³ /a)	Précipitations – Évènement (m ³)
Pile de minerai	6 000	6 010	3 050
Réserve d'eau brute	23 500	12 950	11 950
PàR Phase 1 0 à 2 ans	50 100	42 630	25 490
PàR Phase 2 3 à 7 ans	63 130	53 710	32 110
PàR Phase 3 8 à 12 ans	65 680	55 880	33 410
PàR Phase 4 13 à 17 ans	77 660	66 070	39 500
PàR Phase 5 18 à 25 ans	91 920	78 210	46 760

Les hypothèses servant de base au calcul des précipitations annuelles nettes moyennes sont les suivantes:

- L'infiltration dans l'aire d'entreposage des piles de minerai est négligeable;
- La valeur obtenue pour la réserve d'eau brute inclut l'évaporation;
- Un facteur de 85% des précipitations est utilisé le calcul du ruissellement provenant du parc à résidus (facteur typique tenant compte du type de surface, évaporation, etc.).

Dans le cas des précipitations (événement) associées à une crue de 24h ayant une récurrence de 1 :100 ans, superposée à une fonte des neiges de 1 :100 ans – 30 jours, aucun facteur d'infiltration n'a été considéré pour les résidus, c'est-à-dire que 100% du ruissellement est considéré. Le volume total nécessaire afin de capter la crue de 1:100 ans est ainsi de 61 765 m³.

6. Bilan d'eau global

Le bilan d'eau a été fait en tenant compte de la période hivernale, c'est-à-dire que durant la période d'hiver les précipitations s'accumuleront et ne seront disponibles qu'à la fonte des neiges. La période hivernale considérée dans le bilan est de novembre à mars, soit cinq mois. Cela permet d'établir les besoins de traitement et le volume tampon requis (accumulation) du bassin à la fonte des neiges.

En ce qui concerne le site du concentrateur, le bilan d'eau est positif. Il sera donc nécessaire de décharger le surplus d'eau à l'environnement. Basé sur la moyenne des précipitations annuelles, la superficie active et la quantité d'eau d'appoint requise pour le procédé, plus de 34 427 m³/a devront être traités dès le début des opérations du concentrateur. La quantité d'eau à traiter durant la dernière phase (18 à 25 ans) sera pour sa part de 70 006 m³/a.

La Figure 6-2 présente le bilan d'eau sur une base mensuelle. Le bilan est basé sur les précipitations moyennes et tient compte d'une année sèche ayant très peu de précipitations et d'une année humide avec des précipitations importantes. Afin de simuler les pires cas, l'année avec de faibles précipitations a été simulée pour la phase 1 qui a la plus petite superficie de toutes les phases du parc à résidus. De même, l'année humide (avec plus de précipitations) a été simulée pour la phase 5 qui comporte la plus grande superficie.

La Figure 6-2 montre également les précipitations nettes, l'évaporation, la variation d'eau nette et la variation du volume accumulé dans la réserve d'eau brute. La variation d'eau nette est en fait la différence entre les affluents et les effluents de la réserve d'eau brute, sans considérer de traitement d'eau ou de décharge d'eau à l'environnement.

Pour les trois premières phases, équivalant aux 12 premières années d'opération, les besoins en traitement des effluents varieront entre 6,7 à 9,3 m³/h en moyenne. Cette moyenne est basée sur une période de sept mois de traitement, soit d'avril à octobre. Le débit maximal déchargé à l'environnement sera d'environ 20 m³/h. En ce qui concerne les 13 dernières années, le débit maximal devra être augmenté jusqu'à environ 38 m³/h.

Quant au volume d'eau contenu dans le bassin présenté à la Figure 6-2, il inclut le traitement d'eau basé sur les débits maximums de 20 m³/h et de 38 m³/h. Le volume total de la réserve d'eau brute sera établi en incluant les besoins suivants :

- 7 jours de rétention pour l'eau de procédé, ce qui représente un volume de 39 480 m³.
- Un volume de rétention pour une crue de 1:100 ans, soit 61 765 m³.

Le volume maximum du bassin est de 120 000 m³. En tenant compte de la revanche d'une hauteur minimale de 0,5 m, le volume effectif est de 110 000 m³. Le Tableau 6-1 présente le volume tampon disponible pour accumuler l'eau de ruissellement et les variations saisonnières et les pluies. La Figure 6-1 présente le niveau dans la réserve d'eau brute en fonction du volume total. Le volume tampon disponible a été pris en compte pour établir le débit maximal. Tel que montré à la Figure 6-2, pour les 12 premières années, le volume d'eau maximal du bassin peut atteindre jusqu'à 58 000 m³ durant la fonte des neiges puisque le modèle tient compte d'un volume tampon d'au moins 22 300 m³. Par contre, lors des dernières phases, le volume tampon disponible sera plus petit. L'accumulation d'eau dans le bassin sera de seulement 9 000 m³, conséquemment le débit d'eau traitée devra être plus grand afin de maintenir un volume maximal de 49 000 m³ lors de la phase 5.

Tableau 6-1 : Volume tampon disponible selon les phases de développement du parc à résidus

Description	Volume tampon utile (m ³)	Volume total incluant 7 jours (m ³)
PàR Phase 1 (0 à 2 ans)	30 200	70 200
PàR Phase 2 (3 à 7 ans)	23 600	63 600
PàR Phase 3 (8 à 12 ans)	22 300	62 300
PàR Phase 4 (13 à 17 ans)	16 200	56 200
PàR Phase 5 (18 à 25 ans)	9 000	49 000

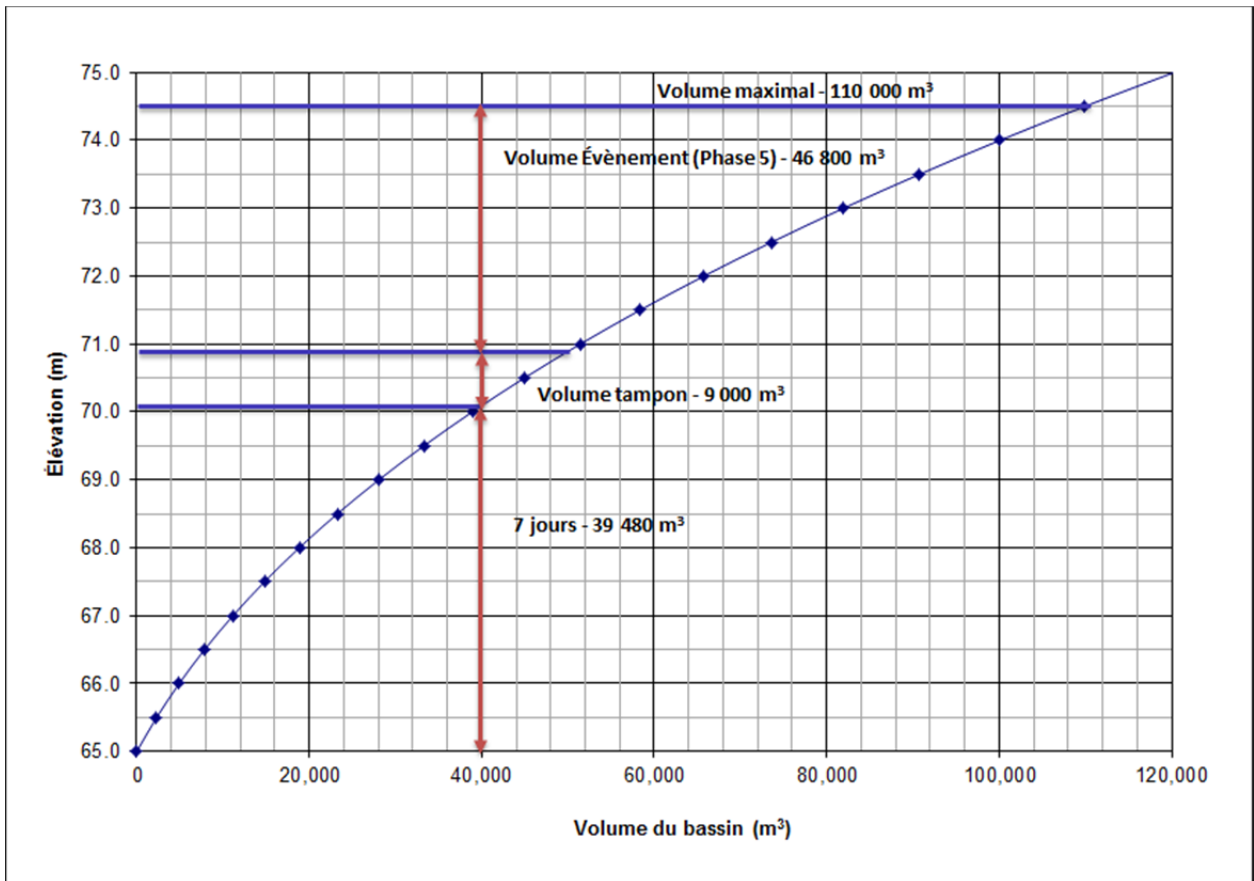


Figure 6-1 : Élévation du bassin en fonction du volume

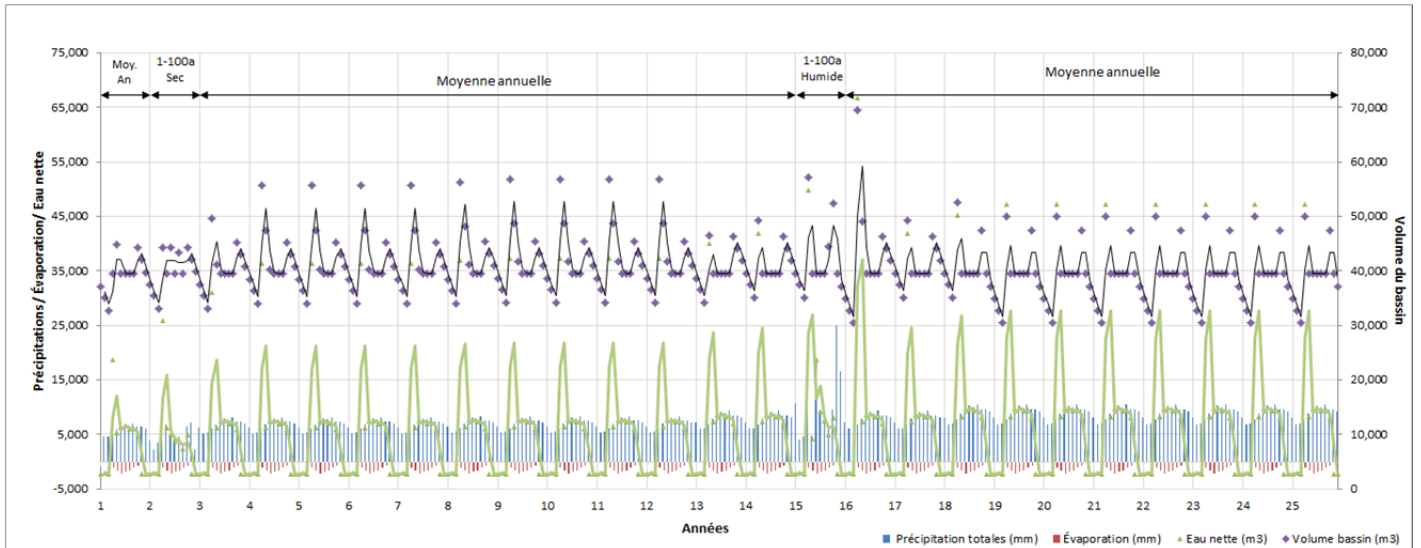


Figure 6-2 : Bilan d'eau global

7. Conclusion

Le bilan d'eau a été fait en tenant compte d'une restauration progressive du parc à résidus. La restauration progressive permet de réduire la superficie active du parc à résidus et de minimiser l'apport en eau de ruissellement provenant du parc à résidus. Cependant, même en tenant compte de la restauration minière, la quantité d'eau à traiter augmente avec les années, car la superficie totale est plus grande à chacune des phases. La restauration progressive permet toutefois de diminuer les besoins de traitement des effluents.

L'un des objectifs secondaires de cette étude était de minimiser la taille du bassin et la hauteur de la digue afin de diminuer les coûts associés à la réserve d'eau brute. La réserve d'eau de procédé se situera sous le niveau du sol et seulement la partie associée à la crue de 1:100 ans pourrait s'élever au-dessus du niveau du sol par des digues (sera validé lors de la finalisation de la conception du parc à résidus). Le volume total du bassin a donc été limité à 120 000 m³ ce qui a des répercussions sur certains aspects tels que le volume tampon, le besoin de traitement et les sept jours de temps de rétention pour l'eau de procédé.

Durant les premières années d'opération, le volume tampon est plus grand, puisque la superficie du parc à résidus est moindre. Par contre, à la dernière phase du plan de gestion des résidus (18 à 25 ans), le volume tampon sera de seulement 9 000 m³. Afin de combler la diminution du volume tampon disponible, le débit de traitement des effluents devra être augmenté durant la quatrième phase du parc à résidus et atteindra environ 38 m³/h. De plus, le volume tampon limitera l'accumulation d'eau supplémentaire pour la période d'hiver ce qui

diminuera le temps de rétention de l'eau de procédé, puisqu'il faudra utiliser ce volume pour combler la demande durant l'hiver. Le volume minimum du bassin est estimé à environ 30 000 m³, ce qui correspond à un temps de rétention de 5,3 jours.

Dans le cadre de cette étude, la qualité d'eau et le traitement requis pour répondre aux exigences environnementales n'ont pas été étudiés. Toutefois, pour minimiser les investissements en capital en début de projet, la stratégie suggérée pour le traitement des eaux serait une approche en deux étapes. Le débit de traitement pourrait être basé sur les 12 premières années d'opération, par contre, le traitement choisi et les infrastructures devraient permettre une augmentation de la capacité future.

8. Références

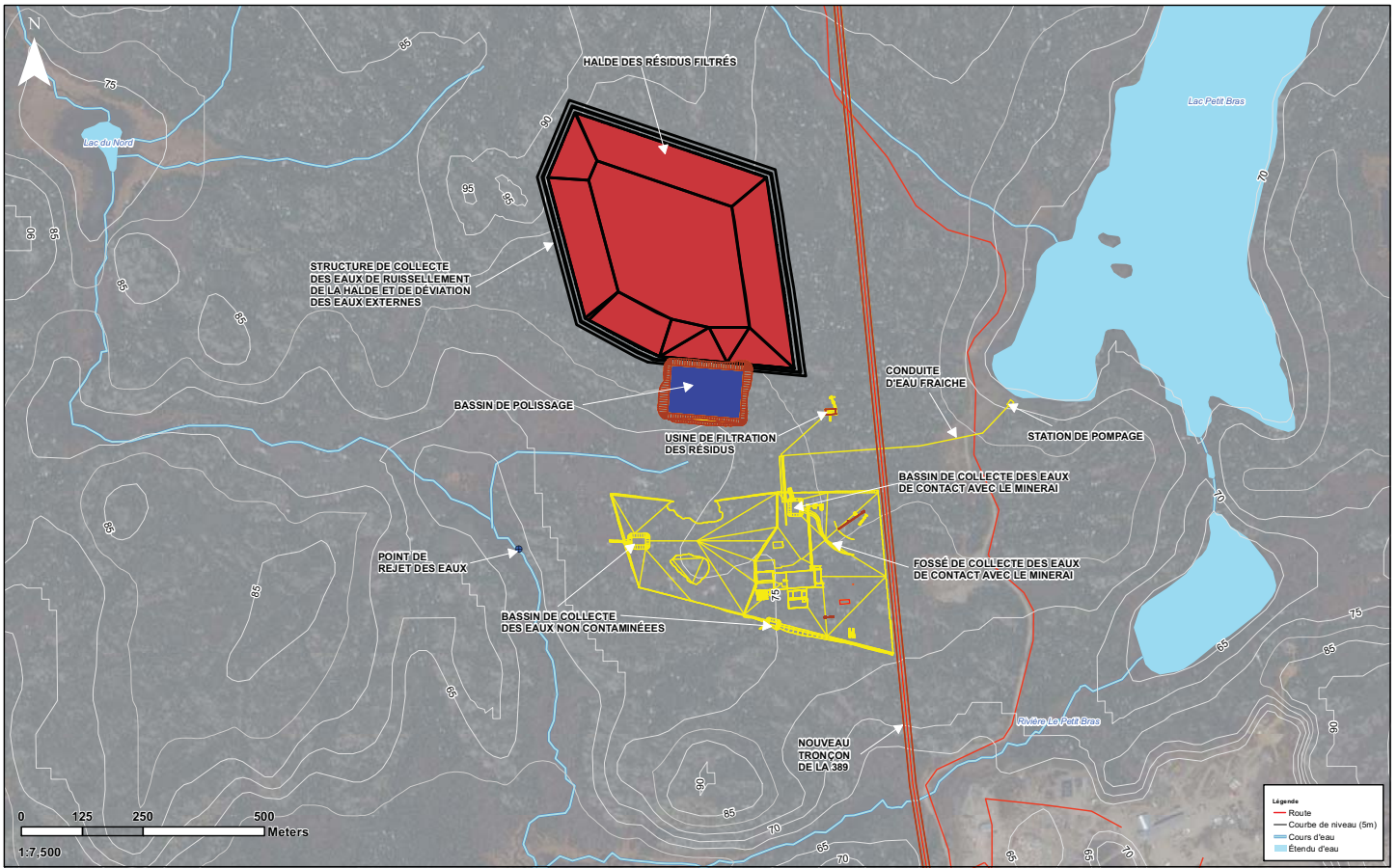
1. Diagramme d'écoulement *Tailings Filter*, 2564-PFD-0803, Rev. 1, Soutex, 27 juin 2016.
2. Diagramme d'écoulement *Raw Water Pond*, 2564-PFD-0804, Rev. 1, Soutex, 27 juin 2016.
3. Courriel de Jean L'Heureux « RE: H341799 - Mason Graphite - TMF Pond Design » 6 juin 2016.
4. Analyse préliminaire du potentiel d'implantation d'une prise d'eau dans le lac Petit Bars pour l'alimentation du secteur industriel, WSP, 151-02294-00, 30 mars 2015.
5. Courriel de Geneviève Gauthier, « critère de conception », 15 avril 2016.
6. Water Management Plan for the Mine Site and Storm Water Management Strategy for the Plant Site, Hatch, H347199-0000-16-124-0001, Rev.A, June 19, 2015.
7. Évaporation annuelle moyenne des eaux lacustres, Atlas hydrologique du Canada, Ministère des Pêches et de l'Environnement du Canada, 1975.

Annie Bernier

a.b:

Annexe A

Point de décharge



Annexe 3I

Fiches signalétiques



Safety Data Sheet

Material Name: Diesel Fuel, All Types

SDS No. 9909
US GHS

Synonyms: Ultra Low Sulfur Diesel; Low Sulfur Diesel; No. 2 Diesel; Motor Vehicle Diesel Fuel; Non-Road Diesel Fuel; Locomotive/Marine Diesel Fuel

*** Section 1 - Product and Company Identification ***

Manufacturer Information

Hess Corporation
1 Hess Plaza
Woodbridge, NJ 07095-0961

Phone: 732-750-6000 Corporate EHS
Emergency # 800-424-9300 CHEMTREC
www.hess.com (Environment, Health, Safety Internet Website)

*** Section 2 - Hazards Identification ***

GHS Classification:

Flammable Liquids - Category 3
Skin Corrosion/Irritation – Category 2
Germ Cell Mutagenicity – Category 2
Carcinogenicity - Category 2
Specific Target Organ Toxicity (Single Exposure) - Category 3 (respiratory irritation, narcosis)
Aspiration Hazard – Category 1
Hazardous to the Aquatic Environment, Acute Hazard – Category 3

GHS LABEL ELEMENTS

Symbol(s)



Signal Word

DANGER

Hazard Statements

Flammable liquid and vapor.
Causes skin irritation.
Suspected of causing genetic defects.
Suspected of causing cancer.
May cause respiratory irritation.
May cause drowsiness or dizziness.
May be fatal if swallowed and enters airways.
Harmful to aquatic life.

Precautionary Statements

Prevention

Keep away from heat/sparks/open flames/hot surfaces. No smoking
Keep container tightly closed.
Ground/bond container and receiving equipment.

Safety Data Sheet

Material Name: Diesel Fuel, All Types

SDS No. 9909

Use explosion-proof electrical/ventilating/lighting/equipment.
Use only non-sparking tools.
Take precautionary measures against static discharge.
Wear protective gloves/protective clothing/eye protection/face protection.
Wash hands and forearms thoroughly after handling.
Obtain special instructions before use.
Do not handle until all safety precautions have been read and understood.
Avoid breathing fume/mist/vapours/spray.

Response

In case of fire: Use water spray, fog or foam to extinguish.
IF ON SKIN (or hair): Wash with plenty of soap and water. Remove/Take off immediately all contaminated clothing and wash it before reuse. If skin irritation occurs: Get medical advice/attention.
IF INHALED: Remove person to fresh air and keep comfortable for breathing. Call a poison center/doctor if you feel unwell.
If swallowed: Immediately call a poison center or doctor. Do NOT induce vomiting.
IF exposed or concerned: Get medical advice/attention.

Storage

Store in a well-ventilated place. Keep cool.
Keep container tightly closed.
Store locked up.

Disposal

Dispose of contents/container in accordance with local/regional/national/international regulations.

* * * Section 3 - Composition / Information on Ingredients * * *

CAS #	Component	Percent
68476-34-6	Fuels, diesel, no. 2	100
91-20-3	Naphthalene	<0.1

A complex mixture of hydrocarbons with carbon numbers in the range C9 and higher.

* * * Section 4 - First Aid Measures * * *

First Aid: Eyes

In case of contact with eyes, immediately flush with clean, low-pressure water for at least 15 min. Hold eyelids open to ensure adequate flushing. Seek medical attention.

First Aid: Skin

Remove contaminated clothing. Wash contaminated areas thoroughly with soap and water or with waterless hand cleanser. Obtain medical attention if irritation or redness develops. Thermal burns require immediate medical attention depending on the severity and the area of the body burned.

First Aid: Ingestion

DO NOT INDUCE VOMITING. Do not give liquids. Obtain immediate medical attention. If spontaneous vomiting occurs, lean victim forward to reduce the risk of aspiration. Monitor for breathing difficulties. Small amounts of material which enter the mouth should be rinsed out until the taste is dissipated.

Safety Data Sheet

Material Name: Diesel Fuel, All Types

SDS No. 9909

First Aid: Inhalation

Remove person to fresh air. If person is not breathing, provide artificial respiration. If necessary, provide additional oxygen once breathing is restored if trained to do so. Seek medical attention immediately.

* * * Section 5 - Fire Fighting Measures * * *

General Fire Hazards

See Section 9 for Flammability Properties.

Vapors may be ignited rapidly when exposed to heat, spark, open flame or other source of ignition. When mixed with air and exposed to an ignition source, flammable vapors can burn in the open or explode in confined spaces. Being heavier than air, vapors may travel long distances to an ignition source and flash back. Runoff to sewer may cause fire or explosion hazard.

Hazardous Combustion Products

Carbon monoxide, carbon dioxide and non-combusted hydrocarbons (smoke).

Extinguishing Media

SMALL FIRES: Any extinguisher suitable for Class B fires, dry chemical, CO₂, water spray, fire fighting foam, and other gaseous agents.

LARGE FIRES: Water spray, fog or fire fighting foam. Water may be ineffective for fighting the fire, but may be used to cool fire-exposed containers.

Unsuitable Extinguishing Media

None

Fire Fighting Equipment/Instructions

Small fires in the incipient (beginning) stage may typically be extinguished using handheld portable fire extinguishers and other fire fighting equipment. Firefighting activities that may result in potential exposure to high heat, smoke or toxic by-products of combustion should require NIOSH/MSHA- approved pressure-demand self-contained breathing apparatus with full facepiece and full protective clothing. Isolate area around container involved in fire. Cool tanks, shells, and containers exposed to fire and excessive heat with water. For massive fires the use of unmanned hose holders or monitor nozzles may be advantageous to further minimize personnel exposure. Major fires may require withdrawal, allowing the tank to burn. Large storage tank fires typically require specially trained personnel and equipment to extinguish the fire, often including the need for properly applied fire fighting foam.

* * * Section 6 - Accidental Release Measures * * *

Recovery and Neutralization

Carefully contain and stop the source of the spill, if safe to do so.

Materials and Methods for Clean-Up

Take up with sand or other oil absorbing materials. Carefully shovel, scoop or sweep up into a waste container for reclamation or disposal. Caution, flammable vapors may accumulate in closed containers.

Emergency Measures

Evacuate nonessential personnel and remove or secure all ignition sources. Consider wind direction; stay upwind and uphill, if possible. Evaluate the direction of product travel, diking, sewers, etc. to confirm spill areas. Spills may infiltrate subsurface soil and groundwater; professional assistance may be necessary to determine the extent of subsurface impact.

Safety Data Sheet

Material Name: Diesel Fuel, All Types

SDS No. 9909

Personal Precautions and Protective Equipment

Response and clean-up crews must be properly trained and must utilize proper protective equipment (see Section 8).

Environmental Precautions

Protect bodies of water by diking, absorbents, or absorbent boom, if possible. Do not flush down sewer or drainage systems, unless system is designed and permitted to handle such material. The use of fire fighting foam may be useful in certain situations to reduce vapors. The proper use of water spray may effectively disperse product vapors or the liquid itself, preventing contact with ignition sources or areas/equipment that require protection.

Prevention of Secondary Hazards

None

* * * Section 7 - Handling and Storage * * *

Handling Procedures

Handle as a combustible liquid. Keep away from heat, sparks, excessive temperatures and open flame! No smoking or open flame in storage, use or handling areas. Bond and ground containers during product transfer to reduce the possibility of static-initiated fire or explosion.

Special slow load procedures for "switch loading" must be followed to avoid the static ignition hazard that can exist when higher flash point material (such as fuel oil) is loaded into tanks previously containing low flash point products (such as this product) - see API Publication 2003, "Protection Against Ignitions Arising Out Of Static, Lightning and Stray Currents."

Storage Procedures

Keep away from flame, sparks, excessive temperatures and open flame. Use approved vented containers. Keep containers closed and clearly labeled. Empty product containers or vessels may contain explosive vapors. Do not pressurize, cut, heat, weld or expose such containers to sources of ignition.

Store in a well-ventilated area. This storage area should comply with NFPA 30 "Flammable and Combustible Liquid Code". Avoid storage near incompatible materials. The cleaning of tanks previously containing this product should follow API Recommended Practice (RP) 2013 "Cleaning Mobile Tanks In Flammable and Combustible Liquid Service" and API RP 2015 "Cleaning Petroleum Storage Tanks."

Incompatibilities

Keep away from strong oxidizers.

* * * Section 8 - Exposure Controls / Personal Protection * * *

Component Exposure Limits

Fuels, diesel, no. 2 (68476-34-6)

ACGIH: 100 mg/m³ TWA (inhalable fraction and vapor, as total hydrocarbons, listed under Diesel fuel)
Skin - potential significant contribution to overall exposure by the cutaneous route (listed under Diesel fuel)

Safety Data Sheet

Material Name: Diesel Fuel, All Types

SDS No. 9909

Naphthalene (91-20-3)

ACGIH: 10 ppm TWA
15 ppm STEL
Skin - potential significant contribution to overall exposure by the cutaneous route
OSHA: 10 ppm TWA; 50 mg/m³ TWA
NIOSH: 10 ppm TWA; 50 mg/m³ TWA
15 ppm STEL; 75 mg/m³ STEL

Engineering Measures

Use adequate ventilation to keep vapor concentrations of this product below occupational exposure and flammability limits, particularly in confined spaces.

Personal Protective Equipment: Respiratory

A NIOSH/MSHA-approved air-purifying respirator with organic vapor cartridges or canister may be permissible under certain circumstances where airborne concentrations are or may be expected to exceed exposure limits or for odor or irritation. Protection provided by air-purifying respirators is limited.

Use a positive pressure, air-supplied respirator if there is a potential for uncontrolled release, exposure levels are not known, in oxygen-deficient atmospheres, or any other circumstance where an air-purifying respirator may not provide adequate protection.

Personal Protective Equipment: Hands

Gloves constructed of nitrile, neoprene, or PVC are recommended.

Personal Protective Equipment: Eyes

Safety glasses or goggles are recommended where there is a possibility of splashing or spraying.

Personal Protective Equipment: Skin and Body

Chemical protective clothing such as of E.I. DuPont TyChem®, Saranex® or equivalent recommended based on degree of exposure. Note: The resistance of specific material may vary from product to product as well as with degree of exposure. Consult manufacturer specifications for further information.

* * * Section 9 - Physical & Chemical Properties * * *

Appearance:	Clear, straw-yellow.	Odor:	Mild, petroleum distillate odor
Physical State:	Liquid	pH:	ND
Vapor Pressure:	0.009 psia @ 70 °F (21 °C)	Vapor Density:	>1.0
Boiling Point:	320 to 690 °F (160 to 366 °C)	Melting Point:	ND
Solubility (H₂O):	Negligible	Specific Gravity:	0.83-0.876 @ 60°F (16°C)
Evaporation Rate:	Slow; varies with conditions	VOC:	ND
Percent Volatile:	100%	Octanol/H₂O Coeff.:	ND
Flash Point:	>125 °F (>52 °C) minimum	Flash Point Method:	PMCC
Upper Flammability Limit (UFL):	7.5	Lower Flammability Limit (LFL):	0.6
Burning Rate:	ND	Auto Ignition:	494°F (257°C)

* * * Section 10 - Chemical Stability & Reactivity Information * * *

Chemical Stability

This is a stable material.

Hazardous Reaction Potential

Will not occur.

Safety Data Sheet

Material Name: Diesel Fuel, All Types

SDS No. 9909

Conditions to Avoid

Avoid high temperatures, open flames, sparks, welding, smoking and other ignition sources.

Incompatible Products

Keep away from strong oxidizers.

Hazardous Decomposition Products

Carbon monoxide, carbon dioxide and non-combusted hydrocarbons (smoke).

* * * Section 11 - Toxicological Information * * *

Acute Toxicity

A: General Product Information

Harmful if swallowed.

B: Component Analysis - LD50/LC50

Naphthalene (91-20-3)

Inhalation LC50 Rat >340 mg/m³ 1 h; Oral LD50 Rat 490 mg/kg; Dermal LD50 Rat >2500 mg/kg; Dermal LD50 Rabbit >20 g/kg

Potential Health Effects: Skin Corrosion Property/Stimulativeness

Practically non-toxic if absorbed following acute (single) exposure. May cause skin irritation with prolonged or repeated contact. Liquid may be absorbed through the skin in toxic amounts if large areas of skin are repeatedly exposed.

Potential Health Effects: Eye Critical Damage/ Stimulativeness

Contact with eyes may cause mild irritation.

Potential Health Effects: Ingestion

Ingestion may cause gastrointestinal disturbances, including irritation, nausea, vomiting and diarrhea, and central nervous system (brain) effects similar to alcohol intoxication. In severe cases, tremors, convulsions, loss of consciousness, coma, respiratory arrest, and death may occur.

Potential Health Effects: Inhalation

Excessive exposure may cause irritations to the nose, throat, lungs and respiratory tract. Central nervous system (brain) effects may include headache, dizziness, loss of balance and coordination, unconsciousness, coma, respiratory failure, and death.

WARNING: the burning of any hydrocarbon as a fuel in an area without adequate ventilation may result in hazardous levels of combustion products, including carbon monoxide, and inadequate oxygen levels, which may cause unconsciousness, suffocation, and death.

Respiratory Organs Sensitization/Skin Sensitization

This product is not reported to have any skin sensitization effects.

Generative Cell Mutagenicity

This material has been positive in a mutagenicity study.

Carcinogenicity

A: General Product Information

Suspected of causing cancer.

Safety Data Sheet

Material Name: Diesel Fuel, All Types

SDS No. 9909

Studies have shown that similar products produce skin tumors in laboratory animals following repeated applications without washing or removal. The significance of this finding to human exposure has not been determined. Other studies with active skin carcinogens have shown that washing the animal's skin with soap and water between applications reduced tumor formation.

B: Component Carcinogenicity

Fuels, diesel, no. 2 (68476-34-6)

ACGIH: A3 - Confirmed Animal Carcinogen with Unknown Relevance to Humans (listed under Diesel fuel)

Naphthalene (91-20-3)

ACGIH: A4 - Not Classifiable as a Human Carcinogen

NTP: Reasonably Anticipated To Be A Human Carcinogen (Possible Select Carcinogen)

IARC: Monograph 82 [2002] (Group 2B (possibly carcinogenic to humans))

Reproductive Toxicity

This product is not reported to have any reproductive toxicity effects.

Specified Target Organ General Toxicity: Single Exposure

This product is not reported to have any specific target organ general toxicity single exposure effects.

Specified Target Organ General Toxicity: Repeated Exposure

This product is not reported to have any specific target organ general toxicity repeat exposure effects.

Aspiration Respiratory Organs Hazard

The major health threat of ingestion occurs from the danger of aspiration (breathing) of liquid drops into the lungs, particularly from vomiting. Aspiration may result in chemical pneumonia (fluid in the lungs), severe lung damage, respiratory failure and even death.

* * * Section 12 - Ecological Information * * *

Ecotoxicity

A: General Product Information

Keep out of sewers, drainage areas and waterways. Report spills and releases, as applicable, under Federal and State regulations.

B: Component Analysis - Ecotoxicity - Aquatic Toxicity

Fuels, diesel, no. 2 (68476-34-6)

Test & Species

96 Hr LC50 Pimephales promelas 35 mg/L [flow-through]

Conditions

Naphthalene (91-20-3)

Test & Species

96 Hr LC50 Pimephales promelas 5.74-6.44 mg/L [flow-through]

96 Hr LC50 Oncorhynchus mykiss 1.6 mg/L [flow-through]

96 Hr LC50 Oncorhynchus mykiss 0.91-2.82 mg/L [static]

96 Hr LC50 Pimephales promelas 1.99 mg/L [static]

Conditions

Safety Data Sheet

Material Name: Diesel Fuel, All Types

SDS No. 9909

96 Hr LC50 Lepomis macrochirus	31.0265 mg/L [static]
72 Hr EC50 Skeletonema costatum	0.4 mg/L
48 Hr LC50 Daphnia magna	2.16 mg/L
48 Hr EC50 Daphnia magna	1.96 mg/L [Flow through]
48 Hr EC50 Daphnia magna	1.09 - 3.4 mg/L [Static]

Persistence/Degradability

No information available.

Bioaccumulation

No information available.

Mobility in Soil

No information available.

*** Section 13 - Disposal Considerations ***

Waste Disposal Instructions

See Section 7 for Handling Procedures. See Section 8 for Personal Protective Equipment recommendations.

Disposal of Contaminated Containers or Packaging

Dispose of contents/container in accordance with local/regional/national/international regulations.

*** Section 14 - Transportation Information ***

DOT Information

Shipping Name: Diesel Fuel

NA #: 1993 Hazard Class: 3 Packing Group: III

Placard:



*** Section 15 - Regulatory Information ***

Regulatory Information

Component Analysis

This material contains one or more of the following chemicals required to be identified under SARA Section 302 (40 CFR 355 Appendix A), SARA Section 313 (40 CFR 372.65) and/or CERCLA (40 CFR 302.4).

Naphthalene (91-20-3)

CERCLA: 100 lb final RQ; 45.4 kg final RQ

SARA Section 311/312 – Hazard Classes

<u>Acute Health</u>	<u>Chronic Health</u>	<u>Fire</u>	<u>Sudden Release of Pressure</u>	<u>Reactive</u>
X	X	X	--	--

Safety Data Sheet

Material Name: Diesel Fuel, All Types

SDS No. 9909

SARA SECTION 313 - SUPPLIER NOTIFICATION

This product may contain listed chemicals below the de minimis levels which therefore are not subject to the supplier notification requirements of Section 313 of the Emergency Planning and Community Right-To-Know Act (EPCRA) of 1986 and of 40 CFR 372. If you may be required to report releases of chemicals listed in 40 CFR 372.28, you may contact Hess Corporate Safety if you require additional information regarding this product.

State Regulations

Component Analysis - State

The following components appear on one or more of the following state hazardous substances lists:

Component	CAS	CA	MA	MN	NJ	PA	RI
Fuels, diesel, no. 2	68476-34-6	No	No	No	Yes	No	No
Naphthalene	91-20-3	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	No

The following statement(s) are provided under the California Safe Drinking Water and Toxic Enforcement Act of 1986 (Proposition 65):

WARNING! This product contains a chemical known to the state of California to cause cancer.

Component Analysis - WHMIS IDL

No components are listed in the WHMIS IDL.

Additional Regulatory Information

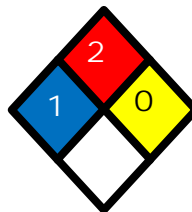
Component Analysis - Inventory

Component	CAS #	TSCA	CAN	EEC
Fuels, diesel, no. 2	68476-34-6	Yes	DSL	EINECS
Naphthalene	91-20-3	Yes	DSL	EINECS

*** Section 16 - Other Information ***

NFPA® Hazard Rating

Health	1
Fire	2
Reactivity	0



HMIS® Hazard Rating

Health	1*	Slight
Fire	2	Moderate
Physical	0	Minimal

*Chronic

Safety Data Sheet

Material Name: Diesel Fuel, All Types

SDS No. 9909

Key/Legend

ACGIH = American Conference of Governmental Industrial Hygienists; ADG = Australian Code for the Transport of Dangerous Goods by Road and Rail; ADR/RID = European Agreement of Dangerous Goods by Road/Rail; AS = Standards Australia; DFG = Deutsche Forschungsgemeinschaft; DOT = Department of Transportation; DSL = Domestic Substances List; EEC = European Economic Community; EINECS = European Inventory of Existing Commercial Chemical Substances; ELINCS = European List of Notified Chemical Substances; EU = European Union; HMIS = Hazardous Materials Identification System; IARC = International Agency for Research on Cancer; IMO = International Maritime Organization; IATA = International Air Transport Association; MAK = Maximum Concentration Value in the Workplace; NDSL = Non-Domestic Substances List; NFPA = National Fire Protection Association; NOHSC = National Occupational Health & Safety Commission; NTP = National Toxicology Program; STEL = Short-term Exposure Limit; TDG = Transportation of Dangerous Goods; TLV = Threshold Limit Value; TSCA = Toxic Substances Control Act; TWA = Time Weighted Average

Literature References

None

Other Information

Information presented herein has been compiled from sources considered to be dependable, and is accurate and reliable to the best of our knowledge and belief, but is not guaranteed to be so. Since conditions of use are beyond our control, we make no warranties, expressed or implied, except those that may be contained in our written contract of sale or acknowledgment.

Vendor assumes no responsibility for injury to vendee or third persons proximately caused by the material if reasonable safety procedures are not adhered to as stipulated in the data sheet. Additionally, vendor assumes no responsibility for injury to vendee or third persons proximately caused by abnormal use of the material, even if reasonable safety procedures are followed. Furthermore, vendee assumes the risk in their use of the material.

End of Sheet

Acetylene, dissolved

Safety Data Sheet P-4559

This SDS conforms to U.S. Code of Federal Regulations 29 CFR 1910.1200, Hazard Communication.

Date of issue: 01/01/1979 Revision date: 10/13/2016 Supersedes: 02/03/2016

SECTION 1: Product and company identification

1.1. Product identifier

Product form : Substance
 Name : Acetylene, dissolved
 CAS No : 74-86-2
 Formula : C₂H₂
 Other means of identification : Acetylen, ethine, ethyne, narycylene

1.2. Relevant identified uses of the substance or mixture and uses advised against

Use of the substance/mixture : Industrial use. Use as directed.

1.3. Details of the supplier of the safety data sheet

Praxair, Inc.
 10 Riverview Drive
 Danbury, CT 06810-6268 - USA
 T 1-800-772-9247 (1-800-PRAXAIR) - F 1-716-879-2146
www.praxair.com

1.4. Emergency telephone number

Emergency number : Onsite Emergency: 1-800-645-4633

CHEMTREC, 24hr/day 7days/week
 — Within USA: 1-800-424-9300, Outside USA: 001-703-527-3887
 (collect calls accepted, Contract 17729)

SECTION 2: Hazard identification

2.1. Classification of the substance or mixture

GHS-US classification

Flam. Gas 1 H220
 Dissolved gas H280

2.2. Label elements

GHS-US labeling

Hazard pictograms (GHS-US) :



GHS02

GHS04

Signal word (GHS-US) :

DANGER

Hazard statements (GHS-US) :

H220 - **EXTREMELY FLAMMABLE GAS**
 H231 - MAY REACT EXPLOSIVELY EVEN IN THE ABSENCE OF AIR AT ELEVATED PRESSURE AND/OR TEMPERATURE
 H280 - CONTAINS GAS UNDER PRESSURE; MAY EXPLODE IF HEATED
 OSHA-H01 - MAY DISPLACE OXYGEN AND CAUSE RAPID SUFFOCATION
 CGA-HG04 - MAY FORM EXPLOSIVE MIXTURES WITH AIR

Precautionary statements (GHS-US) :

P202 - Do not handle until all safety precautions have been read and understood
 P210 - Keep away from Heat, Open flames, Sparks, Hot surfaces. - No smoking
 P271+P403 - Use and store only outdoors or in a well-ventilated place
 P377 - Leaking gas fire: Do not extinguish, unless leak can be stopped safely
 P381 - Eliminate all ignition sources if safe to do so
 P501 - Dispose of contents/container in accordance with container Supplier/owner instructions
 CGA-PG05 - Use a back flow preventive device in the piping
 CGA-PG13 - Fusible plugs in the top, bottom, or valve melt at 98 °C to 107 °C (208 °F to 224 °F). Do not discharge at pressures above 15 psig (103 kPa)

Acetylene, dissolved

Safety Data Sheet P-4559

This SDS conforms to U.S. Code of Federal Regulations 29 CFR 1910.1200, Hazard Communication.

Date of issue: 01/01/1979 Revision date: 10/13/2016 Supersedes: 02/03/2016

CGA-PG06 - Close valve after each use and when empty
 CGA-PG11 - Never put cylinders into unventilated areas of passenger vehicles
 CGA-PG02 - Protect from sunlight when ambient temperature exceeds 52°C (125°F)

2.3. Other hazards

Other hazards not contributing to the classification : For safety reasons, the acetylene is dissolved in acetone (CAS # 67-64-1; Flam. Liq. 2, Eye Irrit. 2, STOT SE 3) in the gas container. Vapor of the solvent is carried away as impurity when the acetylene is extracted from the gas container. The concentration of the solvent vapor in the gas is lower than the concentration limits to change the classification of the acetylene.

2.4. Unknown acute toxicity (GHS US)

No data available

SECTION 3: Composition/Information on ingredients

3.1. Substance

Name	Product identifier	%
Acetylene, dissolved (Main constituent)	(CAS No) 74-86-2	100

3.2. Mixture

Not applicable

SECTION 4: First aid measures

4.1. Description of first aid measures

First-aid measures after inhalation : Remove victim to uncontaminated area wearing self contained breathing apparatus. Keep victim warm and rested. Call a doctor. Apply artificial respiration if breathing stopped.

First-aid measures after skin contact : The liquid may cause frostbite. For exposure to liquid, immediately warm frostbite area with warm water not to exceed 105°F (41°C). Water temperature should be tolerable to normal skin. Maintain skin warming for at least 15 minutes or until normal coloring and sensation have returned to the affected area. In case of massive exposure, remove clothing while showering with warm water. Seek medical evaluation and treatment as soon as possible.

First-aid measures after eye contact : Immediately flush eyes thoroughly with water for at least 15 minutes. Hold the eyelids open and away from the eyeballs to ensure that all surfaces are flushed thoroughly. Contact an ophthalmologist immediately.. Get immediate medical attention.

First-aid measures after ingestion : Ingestion is not considered a potential route of exposure.

4.2. Most important symptoms and effects, both acute and delayed

No additional information available

4.3. Indication of any immediate medical attention and special treatment needed

Obtain medical assistance.

SECTION 5: Firefighting measures

5.1. Extinguishing media

Suitable extinguishing media : See below. See CGA Pamphlet SB-4, *Handling Acetylene Cylinders in Fire Situations*, for further information.

5.2. Special hazards arising from the substance or mixture

Fire hazard : **EXTREMELY FLAMMABLE GAS.** If venting or leaking gas catches fire, do not extinguish flames. Flammable vapors may spread from leak, creating an explosive reignition hazard. Vapors can be ignited by pilot lights, other flames, smoking, sparks, heaters, electrical equipment, static discharge, or other ignition sources at locations distant from product handling point. Explosive atmospheres may linger. Before entering an area, especially a confined area, check the atmosphere with an appropriate device.

Explosion hazard : **EXTREMELY FLAMMABLE GAS.** Forms explosive mixtures with air and oxidizing agents.

Reactivity : No reactivity hazard other than the effects described in sub-sections below.

Acetylene, dissolved

Safety Data Sheet P-4559

This SDS conforms to U.S. Code of Federal Regulations 29 CFR 1910.1200, Hazard Communication.

Date of issue: 01/01/1979 Revision date: 10/13/2016 Supersedes: 02/03/2016

5.3. Advice for firefighters

- Firefighting instructions : Evacuate all personnel from the danger area. Use self-contained breathing apparatus (SCBA) and protective clothing. Immediately cool containers with water from maximum distance. Stop flow of gas if safe to do so, while continuing cooling water spray. Remove ignition sources if safe to do so. Remove containers from area of fire if safe to do so. On-site fire brigades must comply with OSHA 29 CFR 1910.156 and applicable standards under 29 CFR 1910 Subpart L—Fire Protection.
- Protection during firefighting : Compressed gas: asphyxiant. Suffocation hazard by lack of oxygen.
- Special protective equipment for fire fighters : Standard protective clothing and equipment (Self Contained Breathing Apparatus) for fire fighters.
- Specific methods : Use fire control measures appropriate for the surrounding fire. Exposure to fire and heat radiation may cause gas containers to rupture. Cool endangered containers with water spray jet from a protected position. Prevent water used in emergency cases from entering sewers and drainage systems
- Stop flow of product if safe to do so
- Use water spray or fog to knock down fire fumes if possible
- Continue water spray from protected position until container stays cool.
- Other information : Acetylene containers are provided with pressure relief devices designed to vent contents when exposed to elevated temperature.

SECTION 6: Accidental release measures

6.1. Personal precautions, protective equipment and emergency procedures

- General measures : Wear self-contained breathing apparatus when entering area unless atmosphere is proven to be safe. Evacuate area. Ensure adequate ventilation. Stop leak if safe to do so.

6.1.1. For non-emergency personnel

No additional information available

6.1.2. For emergency responders

No additional information available

6.2. Environmental precautions

Prevent waste from contaminating the surrounding environment. Prevent soil and water pollution. Dispose of contents/container in accordance with local/regional/national/international regulations. Contact supplier for any special requirements.

6.3. Methods and material for containment and cleaning up

No additional information available

6.4. Reference to other sections

See also sections 8 and 13.

SECTION 7: Handling and storage

7.1. Precautions for safe handling

- Precautions for safe handling : Keep away from heat, hot surfaces, sparks, open flames and other ignition sources. No smoking. Use only non-sparking tools. Use only explosion-proof equipment
- Wear leather safety gloves and safety shoes when handling cylinders. Protect cylinders from physical damage; do not drag, roll, slide or drop. While moving cylinder, always keep in place removable valve cover. Never attempt to lift a cylinder by its cap; the cap is intended solely to protect the valve. When moving cylinders, even for short distances, use a cart (trolley, hand truck, etc.) designed to transport cylinders. Never insert an object (e.g. wrench, screwdriver, pry bar) into cap openings; doing so may damage the valve and cause a leak. Use an adjustable strap wrench to remove over-tight or rusted caps. Slowly open the valve. If the valve is hard to open, discontinue use and contact your supplier. Close the container valve after each use; keep closed even when empty. Never apply flame or localized heat directly to any part of the container. High temperatures may damage the container and could cause the pressure relief device to fail prematurely, venting the container contents. For other precautions in using this product, see section 16.

Acetylene, dissolved

Safety Data Sheet P-4559

This SDS conforms to U.S. Code of Federal Regulations 29 CFR 1910.1200, Hazard Communication.

Date of issue: 01/01/1979 Revision date: 10/13/2016 Supersedes: 02/03/2016

7.2. Conditions for safe storage, including any incompatibilities

Storage conditions : Store only where temperature will not exceed 125°F (52°C). Post "No Smoking/No Open Flames" signs in storage and use areas. There must be no sources of ignition. Separate packages and protect against potential fire and/or explosion damage following appropriate codes and requirements (e.g. NFPA 30, NFPA 55, NFPA 70, and/or NFPA 221 in the U.S.) or according to requirements determined by the Authority Having Jurisdiction (AHJ). Always secure containers upright to keep them from falling or being knocked over. Install valve protection cap, if provided, firmly in place by hand when the container is not in use. Store full and empty containers separately. Use a first-in, first-out inventory system to prevent storing full containers for long periods. For other precautions in using this product, see section 16

OTHER PRECAUTIONS FOR HANDLING, STORAGE, AND USE: When handling product under pressure, use piping and equipment adequately designed to withstand the pressures to be encountered. Never work on a pressurized system. Use a back flow preventive device in the piping. Gases can cause rapid suffocation because of oxygen deficiency; store and use with adequate ventilation. If a leak occurs, close the container valve and blow down the system in a safe and environmentally correct manner in compliance with all international, federal/national, state/provincial, and local laws; then repair the leak. Never place a container where it may become part of an electrical circuit.

Storage area : Acetylene trailers are designed and intended for outdoor use. Acetylene storage in excess of 2.500 cu ft (70.79 cubic meters) is prohibited in buildings and other occupancies.

7.3. Specific end use(s)

None.

SECTION 8: Exposure controls/personal protection

8.1. Control parameters

Acetylene, dissolved (74-86-2)	
ACGIH	Not established
USA OSHA	Not established

8.2. Exposure controls

Appropriate engineering controls : An explosion-proof local exhaust system or a mechanical system is acceptable if it can prevent oxygen deficiency and keep hazardous fumes and gases below all applicable exposure limits in the worker's breathing area. During welding, ensure that there is adequate ventilation to keep worker exposure below applicable limits for fumes, gases, and other by-products of welding. Do not breathe fumes or gases. Short-term overexposure to fumes may cause dizziness, nausea, and dryness or irritation of the nose, throat, and eyes, or may cause other similar discomfort.

Eye protection : Wear safety glasses with side shields.

Skin and body protection : As needed for welding, wear hand, head, and body protection to help prevent injury from radiation and sparks. (See ANSI Z49.1.) At a minimum, this includes welder's gloves and protective goggles, and may include arm protectors, aprons, hats, and shoulder protection as well as substantial clothing.

Respiratory protection : When workplace conditions warrant respirator use, follow a respiratory protection program that meets OSHA 29 CFR 1910.134, ANSI Z88.2, or MSHA 30 CFR 72.710 (where applicable). Use an air-supplied or air-purifying cartridge if the action level is exceeded. Ensure that the respirator has the appropriate protection factor for the exposure level. If cartridge type respirators are used, the cartridge must be appropriate for the chemical exposure. For emergencies or instances with unknown exposure levels, use a self-contained breathing apparatus (SCBA).

Thermal hazard protection : Wear cold insulating gloves when transfilling or breaking transfer connections.

Environmental exposure controls : Refer to local regulations for restriction of emissions to the atmosphere. See section 13 for specific methods for waste gas treatment.

Other information : Consider the use of flame resistant anti-static safety clothing. Wear leather safety gloves and safety shoes when handling cylinders.

SECTION 9: Physical and chemical properties

9.1. Information on basic physical and chemical properties

Physical state : Gas

Acetylene, dissolved

Safety Data Sheet P-4559

This SDS conforms to U.S. Code of Federal Regulations 29 CFR 1910.1200, Hazard Communication.

Date of issue: 01/01/1979 Revision date: 10/13/2016 Supersedes: 02/03/2016

Appearance	: Colorless, odorless gas.
Molecular mass	: 26 g/mol
Color	: Colorless.
Odor	: Garlic like. Poor warning properties at low concentrations.
Odor threshold	: No data available
pH	: Not applicable.
Relative evaporation rate (butyl acetate=1)	: No data available
Relative evaporation rate (ether=1)	: Not applicable.
Melting point	: -80.8 °C (-113.4°F)
Freezing point	: No data available
Boiling point	: -84 °C (-119.2°F)
Flash point	: -17 °C (1.4°F)
Critical temperature	: 36 °C (97°F)
Auto-ignition temperature	: 305 °C (581°F)
Decomposition temperature	: 635 °C (1175°F)
Flammability (solid, gas)	: 2.5 - 100 vol %
Vapor pressure	: 44 bar (623 psig)
Critical pressure	: 61.38 bar (875 psig)
Relative vapor density at 20 °C	: No data available
Relative density	: Not applicable.
Density	: 0.0012 g/cm ³ (at 0 °C)
Relative gas density	: 0.9
Solubility	: Water: 1185 mg/l
Log Pow	: 0.37
Log Kow	: Not applicable.
Viscosity, kinematic	: Not applicable.
Viscosity, dynamic	: Not applicable.
Explosive properties	: Not applicable.
Oxidizing properties	: None.
Explosion limits	: No data available

9.2. Other information

Sublimation point	: -83.3 °C
Gas group	: Dissolved gas

SECTION 10: Stability and reactivity

10.1. Reactivity

No reactivity hazard other than the effects described in sub-sections below.

10.2. Chemical stability

Dissolved in a solvent supported in a porous mass. Stable under recommended handling and storage conditions (see section 7).

10.3. Possibility of hazardous reactions

May react explosively even in the absence of air. May decompose violently at high temperature and/or pressure or in the presence of a catalyst. Can form explosive mixture with air. May react violently with oxidants.

10.4. Conditions to avoid

High temperature. High pressure. Keep away from heat/sparks/open flames/hot surfaces. – No smoking.

10.5. Incompatible materials

Forms explosive acetylides with copper, silver and mercury. Do not use alloys containing more than 65% copper. Air, Oxidizer. Do not use alloys containing more than 43% silver.

Acetylene, dissolved

Safety Data Sheet P-4559

This SDS conforms to U.S. Code of Federal Regulations 29 CFR 1910.1200, Hazard Communication.

Date of issue: 01/01/1979 Revision date: 10/13/2016 Supersedes: 02/03/2016

10.6. Hazardous decomposition products

Thermal decomposition or burning may produce carbon monoxide, carbon dioxide, and hydrogen. The welding and cutting process may form reaction products such as carbon monoxide and carbon dioxide. Other decomposition products of normal operation originate from the volatilization, reaction, or oxidation of the material being worked.

SECTION 11: Toxicological information

11.1. Information on toxicological effects

Acute toxicity	: Not classified
Skin corrosion/irritation	: Not classified pH: Not applicable.
Serious eye damage/irritation	: Not classified pH: Not applicable.
Respiratory or skin sensitization	: Not classified
Germ cell mutagenicity	: Not classified
Carcinogenicity	: Not classified
Reproductive toxicity	: Not classified
Specific target organ toxicity (single exposure)	: Not classified
Specific target organ toxicity (repeated exposure)	: Not classified
Aspiration hazard	: Not classified

SECTION 12: Ecological information

12.1. Toxicity

Ecology - general : No known ecological damage caused by this product.

12.2. Persistence and degradability

Acetylene, dissolved (74-86-2)	
Persistence and degradability	Will rapidly degrade by indirect photolysis in air. Will not undergo hydrolysis.

12.3. Bioaccumulative potential

Acetylene, dissolved (74-86-2)	
Log Pow	0.37
Log Kow	Not applicable.
Bioaccumulative potential	Not expected to bioaccumulate due to the low log Kow (log Kow < 4). Refer to section 9.

12.4. Mobility in soil

Acetylene, dissolved (74-86-2)	
Mobility in soil	No data available.
Ecology - soil	Because of its high volatility, the product is unlikely to cause ground or water pollution.

12.5. Other adverse effects

Effect on ozone layer	: No known effects from this product
Effect on the global warming	: No known effects from this product

SECTION 13: Disposal considerations

13.1. Waste treatment methods

Waste disposal recommendations : Dispose of contents/container in accordance with local/regional/national/international regulations. Contact supplier for any special requirements.

Acetylene, dissolved

Safety Data Sheet P-4559

This SDS conforms to U.S. Code of Federal Regulations 29 CFR 1910.1200, Hazard Communication.

Date of issue: 01/01/1979 Revision date: 10/13/2016 Supersedes: 02/03/2016

SECTION 14: Transport information

In accordance with DOT

Transport document description : UN1001 Acetylene, dissolved, 2.1
 UN-No.(DOT) : UN1001
 Proper Shipping Name (DOT) : Acetylene, dissolved
 Hazard labels (DOT) : 2.1 - Flammable gas



DOT Special Provisions (49 CFR 172.102) : N86 - UN pressure receptacles made of aluminum alloy are not authorized
 N88 - Any metal part of a UN pressure receptacle in contact with the contents may not contain more than 65% copper, with a tolerance of 1%

Additional information

Emergency Response Guide (ERG) Number : 116 (UN1001)
 Other information : No supplementary information available.
 Special transport precautions : Avoid transport on vehicles where the load space is not separated from the driver's compartment. Ensure vehicle driver is aware of the potential hazards of the load and knows what to do in the event of an accident or an emergency. Before transporting product containers:
 - Ensure there is adequate ventilation. - Ensure that containers are firmly secured. - Ensure cylinder valve is closed and not leaking. - Ensure valve outlet cap nut or plug (where provided) is correctly fitted. - Ensure valve protection device (where provided) is correctly fitted.

Transport by sea

UN-No. (IMDG) : 1001
 Proper Shipping Name (IMDG) : Acetylene, dissolved
 Class (IMDG) : 2 - Gases
 MFAG-No : 116

Air transport

UN-No. (IATA) : 1001
 Proper Shipping Name (IATA) : Acetylene, dissolved
 Class (IATA) : 2
 Civil Aeronautics Law : Gases under pressure/Gases flammable under pressure

SECTION 15: Regulatory information

15.1. US Federal regulations

Acetylene, dissolved (74-86-2)	
Listed on the United States TSCA (Toxic Substances Control Act) inventory	
SARA Section 311/312 Hazard Classes	Sudden release of pressure hazard Reactive hazard Fire hazard

All components of this product are listed on the Toxic Substances Control Act (TSCA) inventory.

This product or mixture does not contain a toxic chemical or chemicals in excess of the applicable de minimis concentration as specified in 40 CFR §372.38(a) subject to the reporting requirements of section 313 of Title III of the Superfund Amendments and Reauthorization Act of 1986 and 40 CFR Part 372.

Acetylene, dissolved

Safety Data Sheet P-4559

This SDS conforms to U.S. Code of Federal Regulations 29 CFR 1910.1200, Hazard Communication.

Date of issue: 01/01/1979 Revision date: 10/13/2016 Supersedes: 02/03/2016

15.2. International regulations

CANADA

Acetylene, dissolved (74-86-2)

Listed on the Canadian DSL (Domestic Substances List)

EU-Regulations

Acetylene, dissolved (74-86-2)

Listed on the EEC inventory EINECS (European Inventory of Existing Commercial Chemical Substances)

15.2.2. National regulations

Acetylene, dissolved (74-86-2)

Listed on the AICS (Australian Inventory of Chemical Substances)
 Listed on IECSC (Inventory of Existing Chemical Substances Produced or Imported in China)
 Listed on the Japanese ENCS (Existing & New Chemical Substances) inventory
 Listed on the Korean ECL (Existing Chemicals List)
 Listed on NZIoC (New Zealand Inventory of Chemicals)
 Listed on PICCS (Philippines Inventory of Chemicals and Chemical Substances)
 Listed on INSQ (Mexican National Inventory of Chemical Substances)
 Listed on CIGR (Turkish Inventory and Control of Chemicals)

15.3. US State regulations

Acetylene, dissolved(74-86-2)

U.S. - California - Proposition 65 - Carcinogens List	No
U.S. - California - Proposition 65 - Developmental Toxicity	No
U.S. - California - Proposition 65 - Reproductive Toxicity - Female	No
U.S. - California - Proposition 65 - Reproductive Toxicity - Male	No
State or local regulations	U.S. - Massachusetts - Right To Know List U.S. - New Jersey - Right to Know Hazardous Substance List U.S. - Pennsylvania - RTK (Right to Know) List

California Proposition 65 - This product does not contain any substances known to the state of California to cause cancer, developmental and/or reproductive harm

Acetylene, dissolved

Safety Data Sheet P-4559

This SDS conforms to U.S. Code of Federal Regulations 29 CFR 1910.1200, Hazard Communication.
 Date of issue: 01/01/1979 Revision date: 10/13/2016 Supersedes: 02/03/2016

SECTION 16: Other information

Other information

: When using this product in welding and cutting, read and understand the manufacturer's instructions and the precautionary label on the product. Ask your welding products supplier for a copy of Praxair's free safety booklet, P-2035, Precautions and Safe Practices for Gas Welding, Cutting, and Heating, and for other manufacturers' safety publications. For a detailed treatment, get ANSI Z49.1, Safety in Welding, Cutting, and Allied Processes, published by the American Welding Society (AWS), www.aws.org. Order AWS documents from Global Engineering Documents, global.ihc.com. Arcs and sparks can ignite combustible materials. Prevent fires. Refer to NFPA 51B, Standard for Fire Prevention During Welding, Cutting, and Other Hotwork. Do not strike an arc on the container. The defect produced by an arc burn may lead to container rupture

Fumes and gases produced during welding and cutting processes can be dangerous to your health and may cause serious lung disease. **KEEP YOUR HEAD OUT OF FUMES. DO NOT BREATHE FUMES AND GASES.** Use enough ventilation, local exhaust, or both to keep fumes and gases from your breathing zone and the general area. Short-term overexposure to fumes may cause dizziness, nausea, and dryness or irritation of the nose, throat, and eyes; or may cause other similar discomfort. Contaminants in the air may add to the hazard of fumes and gases

When you mix two or more chemicals, you can create additional, unexpected hazards. Obtain and evaluate the safety information for each component before you produce the mixture. Consult an industrial hygienist or other trained person when you evaluate the end product. Before using any plastics, confirm their compatibility with this product

Praxair asks users of this product to study this SDS and become aware of the product hazards and safety information. To promote safe use of this product, a user should (1) notify employees, agents, and contractors of the information in this SDS and of any other known product hazards and safety information, (2) furnish this information to each purchaser of the product, and (3) ask each purchaser to notify its employees and customers of the product hazards and safety information

The opinions expressed herein are those of qualified experts within Praxair, Inc. We believe that the information contained herein is current as of the date of this Safety Data Sheet. Since the use of this information and the conditions of use are not within the control of Praxair, Inc, it is the user's obligation to determine the conditions of safe use of the product

Praxair SDSs are furnished on sale or delivery by Praxair or the independent distributors and suppliers who package and sell our products. To obtain current SDSs for these products, contact your Praxair sales representative, local distributor, or supplier, or download from www.praxair.com. If you have questions regarding Praxair SDSs, would like the document number and date of the latest SDS, or would like the names of the Praxair suppliers in your area, phone or write the Praxair Call Center (Phone: 1-800-PRAXAIR/1-800-772-9247; Address: Praxair Call Center, Praxair, Inc, P.O. Box 44, Tonawanda, NY 14151-0044)

PRAXAIR and the Flowing Airstream design are trademarks or registered trademarks of Praxair Technology, Inc. in the United States and/or other countries.

NFPA health hazard

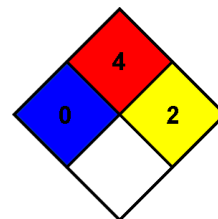
: 0 - Exposure under fire conditions would offer no hazard beyond that of ordinary combustible materials.

NFPA fire hazard

: 4 - Will rapidly or completely vaporize at normal pressure and temperature, or is readily dispersed in air and will burn readily.

NFPA reactivity

: 2 - Normally unstable and readily undergo violent decomposition but do not detonate. Also: may react violently with water or may form potentially explosive mixtures with water.





Acetylene, dissolved

Safety Data Sheet P-4559

This SDS conforms to U.S. Code of Federal Regulations 29 CFR 1910.1200, Hazard Communication.

Date of issue: 01/01/1979 Revision date: 10/13/2016 Supersedes: 02/03/2016

HMIS III Rating

Health : 2 Moderate Hazard - Temporary or minor injury may occur
Flammability : 4 Severe Hazard
Physical : 2 Moderate Hazard

SDS US (GHS HazCom 2012) - Praxair

This information is based on our current knowledge and is intended to describe the product for the purposes of health, safety and environmental requirements only. It should not therefore be construed as guaranteeing any specific property of the product.

Safety Data Sheet (SDS)

Effective Date: September 1, 2014

1. IDENTIFICATION OF THE SUBSTANCE/PREPARATION AND COMPANY/UNDERTAKING

Material Name : SHELL ALVANIA EP GREASE R000,R00,R0,1,2
Recommended Use : Lubricating grease.
Manufacturer/Supplier : Showa Shell Sekiyu K.K.
 3-2, Daiba 2-chome, Minato-ku, Tokyo, 135-8074, Japan
Telephone/Fax : Refer to end of this document.
Emergency Telephone Number : Refer to end of this document. (Japanese office hours only)
 Technical Support Team, Lubricants & Bitumen Division
SDS Code : 613131

2. HAZARDS IDENTIFICATION

GHS Classification : Long-term hazards to the aquatic environment: Category 3
GHS Label Elements
Symbol(s) : No symbol
Signal Words : No signal word
Hazard Statement : H412: Harmful to aquatic life with long lasting effects
GHS Precautionary Statements
Prevention : P273: Avoid release to the environment.
Response : No precautionary phrases.
Storage : No precautionary phrases.
Disposal : P501: Dispose of contents/container to appropriate waste site or reclaimer in accordance with local and national regulations.
not result in classification : Please see Chapter 4 - 8 before use for Prevention/Response/Storage/Disposal.
 Used oil may contain harmful impurities.

3. COMPOSITION/INFORMATION ON INGREDIENTS

Substance or Mixture : Mixture
Chemical Description : Lubricating grease.
Component Information : Lubricant base oil 85-95%
 Grease thickner (Lithium soap) ≤10%
 Additives 5-10%
Chemical Formula : Not possible to define.
CAS registry number : Trade secret
Additional Information : The highly refined mineral oil contains <3% DMSO-extract, according to IP346.
Pollutant Release and Transfer Register (PRTR) Law : Not applicable
Industrial Safety and Health Law : Article 57-2(Delivery of Documents)/No.168 Mineral oil 80-90%
Poisonous and Deleterious Substance Control Law : Not applicable
Classification of components according to GHS : [Chemical Identity/Hazard Class (category)/Hazard Statement/Conc.]
 Zinc alkyl dithiophosphate/Skin Irrit. 2, Eye Dam. 1, Aquatic Chronic 2/H315,H318,H411/1-2%
 Zinc oxide/Aquatic Chronic 1/H410/0.1-0.9%
 Zinc naphthenate/Skin Irrit. 2, Eye Irrit. 2, Aquatic Chronic 1/H315,H319,H410/0.1-0.9%

4. FIRST AID MEASURES

General Information : Not expected to be a health hazard when used under normal conditions.
Inhalation : Remove casualty to fresh air and keep at rest in a position comfortable for breathing. Cover with blanket to keep warm and rest in a quiet surrounding. Seek immediate medical advice and attention.
Skin Contact : Wash skin with large amount of water using soap.
Eye Contact : Rinse cautiously with clean water for several minutes. Remove contact lenses, if present and easy to do, and continue rinsing. After rinsing for a minimum of 15 minutes, seek medical advice and attention.
Ingestion : Without inducing vomiting, call a doctor for treatment. If mouth has been dirtied, clean with water.
Most Important Symptoms/Effects, Acute & Delayed : If swallowed, may irritate mucous membrane of stomach and induce vomiting. Inhalation if mist may cause feeling ill. Skin contact and eye contact may cause irritation.
Immediate Medical Attention, Special Treatment : Treat symptomatically. Call a doctor or poison control center for guidance.

5. FIRE FIGHTING MEASURES

Clear fire area of all non-emergency personnel.

Suitable Extinguishing Media : Concentrated strong liquid in mist and powder forms, carbon dioxide and foam. Use powder and carbon dioxide may be used small fires only. Effective to use foam to shutdown the air in a large fires.

Unsuitable Extinguishing Media : Do not use water in a jet.

Specific Hazards Arising from Chemicals : Hazardous combustion products may include: A complex mixture of airborne solid and liquid particulates and gases (smoke). Carbon monoxide. Unidentified organic and inorganic compounds

Fire fighting instructions : Water the surrounding equipment to cool them down. Cordon off the affected place and its vicinity to all, except the concerned parties.

Protective Equipment & Precautions for Fighters : Ensure to wear protective equipment and approach from windward.

6. ACCIDENTAL RELEASE MEASURES

Avoid contact with spilled or released material. For guidance on selection of personal protective equipment see Chapter 8 of this Material Safety Data Sheet. See Chapter 13 for information on disposal. Observe the relevant local and international regulations.

Personal Precautions, Protective Equipment and Emergency Procedures : Avoid contact with skin and eyes. Prepare suitable equipment and materials.

Environmental Precautions : Use appropriate containment to avoid environmental contamination. Prevent from spreading or entering drains, ditches or rivers by using sand, earth, or other appropriate barriers. In event of entering in the sea, extend oil fences to prevent from spreading, and sop up with absorbent materials. Use chemicals and/or detergents, they must satisfy technical standards as set by the Ministry of Land, Infrastructure and Transport / Ministry of the Environment.

Methods and Material for Containment and Clean Up : Promptly remove all ignition sources and stop leakages. In a small leakage, absorb and recover by use of soil, sand, sawdust and waste clothes. In a large leakage, cordon off the danger zone, prevent from entering and enclose it with sand bank and stop outflow. Cover liquid surface with foam, and recover liquid into containers.

Additional Advice : Local authorities should be advised if significant spillages cannot be contained.

7. HANDLING AND STORAGE

HANDLING

Technical Measures : In handling this material over the allocated volume, ensure approval to meet requires of the laws. Keep away from heat, sparks, open flames, hot objects. No smoking. Take measures against static discharge. Ensure to wear clothing and shoes made of conductive materials. When fixing or processing machine, it carries out after removing dangerous objects completely. NEVER suck up (siphoning) this material by mouth. Wear suitable protect equipment if skin or eye contact may cause. Seal containers hermetically without handling in violent such as falling, dropping, or jolting.

Ventilation Precautions : see Chapter 8

Precautions for Safe Handling : Use under normal temperature. Prevent from mixing water and impurity. Avoid contact with halogens, strong acids, alkali and oxidizing materials.

STRAGE

Conditions for Safe Storage : Keep containers tightly closed and in a cool, well-ventilated place away from direct sunlight. It is recommended to lock up storage area. Use properly labelled and closeable containers. Avoid heat, sparks, open flame and static accumulation.

Technical Measures Precautions for Safe Storage : All electrical appliances shall be explosion-proof types, and they all must be earthed. : Avoid contact and storage in same place with halogens, strong acids, alkali and oxidizing materials.

Recommended Materials : Storage in original containers. Do not pressurize empty containers. May cause rupture. Do not weld, heat up, drill or cut containers. May ignite the residue and cause explosion.

8. EXPOSURE CONTROLS/PERSONAL PROTECTION

If the American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) value is provided on this document, it is provided for information only.

Equipment : Seal or install ventilations for mist occurs. Install eye shower and body shower near working site.

Standard Concentration Control : Not specified

Occupational Exposure Limits : Japan Society for Occupational Health(2012)⁽¹⁾ 3mg/m³ (Oil mist, mineral)
ACGIH(2012) TWA[Inhalable fraction.]⁽²⁾ 5mg/m³ (Oil mist, mineral)

Protective Equipment : Skin protection not ordinarily required beyond standard issue work clothes.

Respiratory Protection : No respiratory protection is ordinarily required under normal conditions of use. Use appropriate equipment in response to the circumstances.

Hand Protection	: Use oil-proof protective hand gloves under prolonged or repeated skin contact.
Eye Protection	: Wear safety glasses or full face shield if splashes are likely to occur.
Skin and Body Protection	: Use oil-proof/long sleeved clothing under prolonged usage.
Appropriate Sanitary Measures:	: Remove immediately all contaminated clothing. Contaminated clothing must be laundered before reuse.

9. PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES

Physical state	: Semi-solid.
Colour	: Light yellow.
Odour	: Characteristic mineral oil
pH	: Not applicable.
Initial Boiling Point	: Expected >250°C
Pour point	: < Data not available°C
Flash point	: ≥ 200°C (SETA)
Upper / lower Flammability or Explosion limits	: Typical 1 - 7 % (V) (based on mineral oil)
Auto-ignition temperature	: Data not available. Expected >320°C
Density	: Approx. 0.9g/cm ³ (15°C)
Solubility	: Water: Negligible. Other solvents: Data not available
Decomposition Temperature	: Data not available
Vapour pressure	: Data not available
Vapour density	: Data not available. Expected >1
n-octanol/water partition coefficient (log Pow)	: Data not available
Evaporation rate	: Data not available

10. STABILITY AND REACTIVITY

Chemical Stability	: Stable under normal condition.
Hazardous Reactivity	: Avoid contact with strong oxidising agent.
Conditions to Avoid	: Avoid contact with halogens, strong acids, alkalis, and oxidizing materials.
Incompatible Materials	: Data not available.
Hazardous Decomposition Products	: Hazardous decomposition products are not expected to form during normal storage. Generates smoke, carbon monoxide, sulfurous acid gas etc. during combustion.

11. TOXICOLOGICAL INFORMATION

Basis for Assessment	Information given is based on data on the toxicology of lubricant base oil. Toxicological information on product is not available. Components contained above cut-off value is described on Chapter 3.
Acute Toxicity	1 Oral Expected to be of low toxicity: LD ₅₀ > 5000 mg/kg , Rat ⁽³⁾ 2 Dermal Expected to be of low toxicity: LD ₅₀ > 5000 mg/kg , Rabbit ⁽³⁾ 3 Inhalation(Vapour) Data not available 4 Inhalation(Mist) Low toxicity: LC ₅₀ > 5 mg/l , 4h, Rat ⁽³⁾
Skin Corrosion/Irritation	: Not classified as a skin irritation (rabbit test). ⁽³⁾ Prolonged/repeated contact may cause defatting of the skin which can lead to dermatitis.
Serious Eye Damage/Irritation	: Not classified as an eye irritation (rabbit test). ⁽³⁾
Respiratory or Skin Sensitisation	: No data available concerning respiratory sensitisation. Not classified as a skin sensitisation (Buehler test; guinea pig). ⁽³⁾
Germ Cell Mutagenicity	: The mutagenic potential of the product category 'other lubricant base oils' has been extensively studied in a range of "in vivo" and "in vitro" assays. The majority of the studies showed no evidence of mutagenic activity. ⁽³⁾
Carcinogenicity	: Product contains mineral oils of types shown to be noncarcinogenic in animal skin-painting studies. ⁽³⁾ Highly refined mineral oils are not classified as carcinogenic by the International Agency for Research on Cancer (IARC monographs: Group 3) ⁽⁴⁾ , ACGIH ⁽⁵⁾ and EU Directives. ⁽⁶⁾
Reproductive and Developmental Toxicity	: Results of developmental and reproductive toxicity studies showed no evidence of developmental or reproductive toxicity in rats. ⁽³⁾
Specific target organ toxicity - single exposure	: Acute studies do not indicate any specific organ toxicity following single exposure. ⁽³⁾
Specific target organ toxicity - repeated exposure	: The repeat dose toxicity has been investigated by dermal and inhalation routes for periods between 4 weeks and up to 2 years. No systemic effects showed. ⁽³⁾
Aspiration Hazard	: Not classified as a hydrocarbon with kinetic viscosity ≤ 20.5mm ² /s measured at 40°C. Not considered an aspiration hazard.

12. ECOLOGICAL INFORMATION

Basis for Assessment	Ecotoxicological data have not been determined specifically for this product. Information given is based on a knowledge of the components and the ecotoxicology of similar
-----------------------------	--

	products. Components contained above cut-off value is described on Chapter 3.
Caution	: Poorly soluble mixture. May cause physical fouling of aquatic organisms. The Water Accommodated Fraction (WAF) is applied following tests..
Toxicity	: Fish(Fathead minnow, 96h) LL ₅₀ >100mg/L ⁽³⁾ : Fish(Fathead minnow, 14d) NOEL >100mg/L ⁽³⁾ : Crustacea (Daphnia magna, 48h) EL ₅₀ /NOEL >10,000mg/L ⁽³⁾ : Crustacea (Daphnia magna, 21d) NOEL >10mg/L ⁽³⁾ : Algae(Pseudokirchneriella subcapitata) NOEL >100mg/L ⁽³⁾ : In a static 4-day microorganism luminescence inhibition study, no significant luminescence inhibition was observed. ⁽³⁾
Acute Aquatic Toxicity	: Not expected to be a hazard.
Chronic Aquatic Toxicity	: Not expected to be a hazard.
Mobility	: Generally floats on water. : Lubricating oil components have estimated log Koc >3, indicating these components are likely to be adsorbed onto soil and sediment and are not likely to leach to ground water.
Persistence/degradability	: Another lubricant base oil was determined to be inherently biodegradable but not readily biodegradable, with a mean degradation of 31% by day 28.
Bioaccumulative Potential	: Not available as highly refined base oil.
Hazardous to ozone layer	: Not classified because this product not contained substances listed on Montreal Protocol and Ozone Layer Protection Law.

13. DISPOSAL CONSIDERATIONS

Material Disposal	1 Waste disposal yourself or entrust the industrial waste treatment company who obtained the prefectural governor's permission or municipal corporation. Disposal should be in accordance with applicable regional, national, and local laws and regulations. 2 Do not dispose into the environment, in drains or in water courses. 3 For landfill disposal, destroy by fire and confirm cinders agreed to Waste Disposal Law. 4 In event of burning this material, ensure to carryout work in safe place with guards in position, and select a method that would not cause any harm or damage to others during combustion or explosion.
Container Disposal	: Purify and recycle or performs suitable disposal in accordance with the standard of related laws and regulations. Disposal with remove content completely.

14. TRANSPORT INFORMATION

International Restriction	
UN Class	: Not applicable.
UN Number	: Not applicable.
Other Information	: This material is not classified as dangerous under IMDG/IATA regulations.
Domestic Restriction	: Since domestic laws and regulations shown below are applicable, containers and transportation methods shall be required to follow each and every regulation.
Land	Fire Service Law: Not considered as dangerous goods. Container: If product classified as dangerous goods, use containers (other than tanker, tank car and tank truck) for transportation usage, shall meet the Clause 2, Notice Attachment 3, concerning dangerous materials.
Sea	: Ship Safety Law: Not Dangerous Goods.
Air	: Civil Aeronautics Act: Not Dangerous Goods.
Specific safety measures and conditions for transportation	1 Caution: Flammable. 2 Transport remarkably with containers may not cause friction or agitation. 3 Display signage on vehicle and provide with fire fighting equipment, if and when required to transport more than the specified quantity. Total piled height of vehicle shall be less than 3 meters. 4 Consolidation of this material with dangerous goods belonging to the 1st and 6th Classification is prohibited. 5 Abide by other laws and regulations that are applicable.

15. REGULATORY INFORMATION

International Information	
EINECS/ELINCS (EC)	: All components listed or polymer exempt.
TSCA (USA)	: All components listed or in compliance.
METI (JAPAN)	: All components listed or in compliance.
Domestic Information	
Fire Service Law	: Not considered as dangerous goods.
Pollutant Release and Transfer Register (PRTR) Law	: Not applicable

Industrial Safety and Health Law	: Article 57-2(Delivery of Documents)/No.168 Mineral oil 80-90%
Poisonous and Deleterious Substance Control Law	: Not applicable
Marine Pollution Protection Law	: Waste Oil Regulation.
Sewage Control Law	: Mineral Oil Disposal Regulation. (5mg/L)
Water Pollution Prevention Law	: Oil Disposal Regulation. (5mg/L)
Waste Disposal and Public Cleaning Law	: Industrial Waste Regulation.

16. OTHER INFORMATION

- Subscribe "%" in this document means weight percentage.

[Quotation]

1. Recommendation of Occupational Exposure Limits (2012), Japanese Society of Occupational Health
2. Thresholds limit values for chemical substances and physical agents and biological exposure indices, ACGIH (2012)
3. ECHA (European Chemicals Agency), website "ECHA CHEM", Information on Registered Substances (2011). SDS of EU suppliers (2011)
4. IARC Monographs Programme on the Evaluation of Carcinogenic Risk to Humans (2006)
5. ACGIH documentation (2006)
6. EC Directive 67/548/EEC Annex I, EU CLP Regulation(EC) No.1272/2008 Annex VI Table3.1,Table3.2

[Reference]

- Globally Harmonized System of Classification and Labelling of Chemicals (GHS) 4th revised edition, UNITED NATIONS(2011)
- Japanese Standards Association (JSA), JIS Z 7253:2012, JIS Z 7252:2014
- National Institute of Technology and Evaluation (nite), "GHS Information"
- Ministry of Economy, Trade and Industry, Chemical Management site.
- Ministry of Health, Labour and Welfare, "Label and MSDS information for GHS model"

Safety Data Sheet (SDS) about hazardous chemical is provided for a entrepreneur as reference information for safety handling. Refer to this document and perform suitable handling. Nothing in this document shall reduce the user's responsibility to satisfy itself as to the suitability, accuracy, reliability, and completeness of such information for its particular use. There is no warranty against intellectual property infringement. The information contained in this document is based upon data believed to be reliable through our supply chain at the time. So, Showa Shell Sekiyu could not guarantee all about the contents. This document is based on JIS Z7253:2012, and is not a guarantee of safety. Contents of SDS updated periodically. SDS compliance is required as a rule to all business enterprises engaged in transaction of chemicals (including products containing them) with other businesses. Retailer/ Wholesaler must provide newest SDS to customers.

[SDS Author]	Showa Shell Sekiyu K.K. / Technical Support Team, Lubricants & Bitumen Division TEL.+81-3-5531-5766, FAX.+81-3-5531-5768
[SDS Request]	As a rule, the direct delivery entrepreneur must provide the newest SDS to customer. Please contact not directly manufacturer but your supply chain company.
[Technical contact]	Showa Shell Sekiyu K.K. / Lubricant Customer Service Center TEL.0120-064-315 (Japanese domestic only) / lub-csc@showa-shell.co.jp

Safety Data Sheet

SECTION 1. IDENTIFICATION OF THE SUBSTANCE/MIXTURE AND OF THE COMPANY/UNDERTAKING

1.1 Product Identifier

Material Name : Shell Omala S2 G 150
Product Code : 001D7836

1.2 Relevant identified uses of the substance or mixture and uses advised against

Product Use : Gear lubricant.

Uses Advised Against : This product must not be used in applications other than those recommended in Section 1, without first seeking the advice of the supplier.

1.3 Details of the Supplier of the safety data sheet

Manufacturer/Supplier : Shell UK Oil Products Limited
Shell Centre
London
SE1 7NA
United Kingdom

Telephone : (+44) 08708500939
Email Contact for Safety Data Sheet : If you have any enquiries about the content of this SDS please email lubricantSDS@shell.com

1.4 Emergency Telephone Number

: +44-(0) 151-350-4595

SECTION 2. HAZARDS IDENTIFICATION

2.1 Classification of the substance or mixture

1999/45/EC	
Hazard Characteristics	R-phrase(s)
Not classified as dangerous under EC criteria.;	

Sensitiser not sufficient to classify : Contains amine phosphate. May produce an allergic reaction.

Safety Data Sheet

2.2 Label Elements

Labeling according to Directive 1999/45/EC

EC Symbols : No Hazard Symbol required

EC Classification : Not classified as dangerous under EC criteria.

EC Risk Phrases : Not classified.

EC Safety Phrases : Not classified.

2.3 Other Hazards

Health Hazards : Not expected to be a health hazard when used under normal conditions. Prolonged or repeated skin contact without proper cleaning can clog the pores of the skin resulting in disorders such as oil acne/folliculitis. Used oil may contain harmful impurities.

Safety Hazards : Not classified as flammable but will burn.

Environmental Hazards : Not classified as dangerous for the environment.

SECTION 3. COMPOSITION/INFORMATION ON INGREDIENTS

3.1 Substance

Material Name : Not applicable.

3.2 Mixtures

Mixture Description : Highly refined mineral oils and additives.

Hazardous Components

Classification of components according to Regulation (EC) No 1272/2008

Chemical Name	CAS No.	EC Number	REACH Registration No.	Conc.
Amine phosphate	91745-46-9	294-716-2	01-2119493620-38	0.10 - 0.50%

Safety Data Sheet

Chemical Name	Hazard Class & Category	Hazard Statement
Amine phosphate	Flam. Liq., 3; Acute Tox., 4; Eye Dam., 1; Skin Sens., 1; Aquatic Chronic, 2;	H226; H302; H318; H317; H411;

Classification of components according to 67/548/EEC

Chemical Name	CAS No.	EC Number	REACH Registration No.	Symbol(s)	R-phrase(s)	Conc.
Amine phosphate	91745-46-9	294-716-2	01-2119493620-38	Xn, Xi, N	R22; R41; R43; R51/53	0.10 - 0.50%

Additional Information : The highly refined mineral oil contains <3% (w/w) DMSO-extract, according to IP346.

Refer to Ch 16 for full text of R- and H- phrases.

This mixture does not contain any REACH registered substances that are assessed to be a PBT or a vPvB.

SECTION 4. FIRST AID MEASURES

4.1 Description of First Aid Measures

- General Information** : Not expected to be a health hazard when used under normal conditions.
- Inhalation** : No treatment necessary under normal conditions of use. If symptoms persist, obtain medical advice.
- Skin Contact** : Remove contaminated clothing. Flush exposed area with water and follow by washing with soap if available. If persistent irritation occurs, obtain medical attention.
- Eye Contact** : Flush eye with copious quantities of water. If persistent irritation occurs, obtain medical attention.
- Ingestion** : In general no treatment is necessary unless large quantities are swallowed, however, get medical advice.
- Self-protection of the first aider** : When administering first aid, ensure that you are wearing the appropriate personal protective equipment according to the incident, injury and surroundings.
- 4.2 Most important symptoms and effects, both acute and delayed** : Oil acne/folliculitis signs and symptoms may include formation of black pustules and spots on the skin of exposed areas. Ingestion may result in nausea, vomiting and/or diarrhoea.
- 4.3 Indication of any immediate medical** : Notes to doctor/physician:
Treat symptomatically.

Safety Data Sheet

attention and special
treatment needed

SECTION 5. FIRE FIGHTING MEASURES

Clear fire area of all non-emergency personnel.

- 5.1 Extinguishing Media** : Foam, water spray or fog. Dry chemical powder, carbon dioxide, sand or earth may be used for small fires only.
- Unsuitable Extinguishing Media** : Do not use water in a jet.
- 5.2 Special hazards arising from the substance or mixture** : Hazardous combustion products may include: A complex mixture of airborne solid and liquid particulates and gases (smoke). Carbon monoxide. Unidentified organic and inorganic compounds.
- 5.3 Advice for firefighters** : Proper protective equipment including chemical resistant gloves are to be worn; chemical resistant suit is indicated if large contact with spilled product is expected. Self-Contained Breathing Apparatus must be worn when approaching a fire in a confined space. Select fire fighter's clothing approved to relevant Standards (e.g. Europe: EN469).

SECTION 6. ACCIDENTAL RELEASE MEASURES

Avoid contact with spilled or released material. For guidance on selection of personal protective equipment see Chapter 8 of this Material Safety Data Sheet. Observe the relevant local and international regulations.

- 6.1 Personal Precautions, Protective Equipment and Emergency Procedures** : 6.1.1 For non emergency personnel: Avoid contact with skin and eyes.
6.1.2 For emergency responders: Avoid contact with skin and eyes.
- 6.2 Environmental Precautions** : Use appropriate containment to avoid environmental contamination. Prevent from spreading or entering drains, ditches or rivers by using sand, earth, or other appropriate barriers.
- 6.3 Methods and Material for Containment and Cleaning Up** : Slippery when spilt. Avoid accidents, clean up immediately. Prevent from spreading by making a barrier with sand, earth or other containment material. Reclaim liquid directly or in an absorbent. Soak up residue with an absorbent such as clay, sand or other suitable material and dispose of properly.
- Additional Advice** : Local authorities should be advised if significant spillages cannot be contained.

Safety Data Sheet

- 6.4 Reference to other sections** : For guidance on selection of personal protective equipment see Chapter 8 of this Material Safety Data Sheet. For guidance on disposal of spilled material see Chapter 13 of this Material Safety Data Sheet.

SECTION 7. HANDLING AND STORAGE

- General Precautions** : Use local exhaust ventilation if there is risk of inhalation of vapours, mists or aerosols. Use the information in this data sheet as input to a risk assessment of local circumstances to help determine appropriate controls for safe handling, storage and disposal of this material.
- 7.1 Precautions for Safe Handling** : Avoid prolonged or repeated contact with skin. Avoid inhaling vapour and/or mists. When handling product in drums, safety footwear should be worn and proper handling equipment should be used. Properly dispose of any contaminated rags or cleaning materials in order to prevent fires. Keep container tightly closed and in a cool, well-ventilated place. Use properly labelled and closeable containers.
- Product Transfer** : This material has the potential to be a static accumulator. Proper grounding and bonding procedures should be used during all bulk transfer operations.
- 7.2 Conditions for safe storage, including any incompatibilities** : Store at ambient temperature.
- Refer to section 15 for any additional specific legislation covering the packaging and storage of this product. The storage of this product may be subject to the Control of Pollution (Oil Storage) (England) Regulations. Further guidance may be obtained from the local environmental agency office.
- Recommended Materials** : For containers or container linings, use mild steel or high density polyethylene.
- Unsuitable Materials** : PVC.
- 7.3 Specific end use(s)** : Not applicable
- Additional Information** : Polyethylene containers should not be exposed to high temperatures because of possible risk of distortion. Exposure to this product should be reduced as low as reasonably practicable. Reference should be made to the Health and Safety Executive's publication "COSHH Essentials".

SECTION 8. EXPOSURE CONTROLS/PERSONAL PROTECTION

If the American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) value is provided on this

Safety Data Sheet

document, it is provided for information only.

8.1 Control Parameters

Occupational Exposure Limits

Material	Source	Type	ppm	mg/m3	Notation
Oil mist, mineral	ACGIH	TWA(Inhalable fraction.)		5 mg/m3	

Biological Exposure Index (BEI)

No biological limit allocated.

PNEC related information : Data not available

Monitoring Methods : Monitoring of the concentration of substances in the breathing zone of workers or in the general workplace may be required to confirm compliance with an OEL and adequacy of exposure controls. For some substances biological monitoring may also be appropriate. Validated exposure measurement methods should be applied by a competent person and samples analysed by an accredited laboratory. Examples of sources of recommended exposure measurement methods are given below or contact the supplier. Further national methods may be available.

National Institute of Occupational Safety and Health (NIOSH), USA: Manual of Analytical Methods <http://www.cdc.gov/niosh/>

Occupational Safety and Health Administration (OSHA), USA: Sampling and Analytical Methods <http://www.osha.gov/>

Health and Safety Executive (HSE), UK: Methods for the Determination of Hazardous Substances <http://www.hse.gov.uk/>

Institut für Arbeitsschutz Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA), Germany. <http://www.dguv.de/inhalt/index.jsp>

Safety Data Sheet

L'Institut National de Recherche et de Sécurité, (INRS), France
<http://www.inrs.fr/accueil>

8.2 Exposure Controls General Information

: The level of protection and types of controls necessary will vary depending upon potential exposure conditions. Select controls based on a risk assessment of local circumstances. Appropriate measures include: Adequate ventilation to control airborne concentrations. Where material is heated, sprayed or mist formed, there is greater potential for airborne concentrations to be generated.

Define procedures for safe handling and maintenance of controls. Educate and train workers in the hazards and control measures relevant to normal activities associated with this product. Ensure appropriate selection, testing and maintenance of equipment used to control exposure, e.g. personal protective equipment, local exhaust ventilation. Drain down system prior to equipment break-in or maintenance. Retain drain downs in sealed storage pending disposal or for subsequent recycle. Always observe good personal hygiene measures, such as washing hands after handling the material and before eating, drinking, and/or smoking. Routinely wash work clothing and protective equipment to remove contaminants. Discard contaminated clothing and footwear that cannot be cleaned. Practice good housekeeping.

Occupational Exposure Controls

Personal Protective Equipment : The provided information is made in consideration of the PPE directive (Council Directive 89/686/EEC) and the CEN

European Committee for Standardisation (CEN) standards. Personal protective equipment (PPE) should meet recommended national standards. Check with PPE suppliers.

Eye Protection : Wear safety glasses or full face shield if splashes are likely to occur. Approved to EU Standard EN166.

Hand Protection : Where hand contact with the product may occur the use of gloves approved to relevant standards (e.g. Europe: EN374, US: F739) made from the following materials may provide suitable chemical protection: PVC, neoprene or nitrile rubber gloves. Suitability and durability of a glove is dependent on usage, e.g. frequency and duration of contact, chemical resistance of glove material, dexterity. Always seek advice

Safety Data Sheet

from glove suppliers. Contaminated gloves should be replaced. Personal hygiene is a key element of effective hand care. Gloves must only be worn on clean hands. After using gloves, hands should be washed and dried thoroughly. Application of a non-perfumed moisturizer is recommended.

For continuous contact we recommend gloves with breakthrough time of more than 240 minutes with preference for > 480 minutes where suitable gloves can be identified. For short-term/splash protection we recommend the same, but recognise that suitable gloves offering this level of protection may not be available and in this case a lower breakthrough time may be acceptable so long as appropriate maintenance and replacement regimes are followed. Glove thickness is not a good predictor of glove resistance to a chemical as it is dependent on the exact composition of the glove material.

- Body protection** : Skin protection not ordinarily required beyond standard issue work clothes.
- Respiratory Protection** : No respiratory protection is ordinarily required under normal conditions of use. In accordance with good industrial hygiene practices, precautions should be taken to avoid breathing of material. If engineering controls do not maintain airborne concentrations to a level which is adequate to protect worker health, select respiratory protection equipment suitable for the specific conditions of use and meeting relevant legislation. Check with respiratory protective equipment suppliers. Where air-filtering respirators are suitable, select an appropriate combination of mask and filter. Select a filter suitable for combined particulate/organic gases and vapours [boiling point >65 °C (149 °F)] meeting EN14387.
- Thermal Hazards** : Not applicable.

Environmental Exposure Controls

- Environmental exposure control measures** : Minimise release to the environment. An environmental assessment must be made to ensure compliance with local environmental legislation. Information on accidental release measures are to be found in section 6.

SECTION 9. PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES**9.1 Information on basic physical and chemical properties**

- Appearance : Brown. Liquid at room temperature.
- Odour : Slight hydrocarbon.
- Odour threshold : Data not available

Safety Data Sheet

pH	: Not applicable.
Initial Boiling Point and Boiling Range	: > 280 °C / 536 °F estimated value(s)
Pour point	: Typical -24 °C / -11 °F
Flash point	: Typical 240 °C / 464 °F (COC)
Upper / lower Flammability or Explosion limits	: Typical 1 - 10 %(V) (based on mineral oil)
Auto-ignition temperature	: > 320 °C / 608 °F
Vapour pressure	: < 0.5 Pa at 20 °C / 68 °F (estimated value(s))
Relative Density	: Typical 0.897 at 15 °C / 59 °F
Density	: Typical 897 kg/m ³ at 15 °C / 59 °F
Water solubility	: Negligible.
Solubility in other solvents	: Data not available
n-octanol/water partition coefficient (log Pow)	: > 6 (based on information on similar products)
Dynamic viscosity	: Data not available
Kinematic viscosity	: Typical 150 mm ² /s at 40 °C / 104 °F
Vapour density (air=1)	: > 1 (estimated value(s))
Evaporation rate (nBuAc=1)	: Data not available
Decomposition Temperature	: Data not available
Flammability	: Data not available
Oxidizing Properties	: Data not available
Explosive Properties	: Not classified

9.2 Other Information

Electrical conductivity	: This material is not expected to be a static accumulator.
Other Information	: not a VOC
Volatile organic compound	: 0 %

SECTION 10. STABILITY AND REACTIVITY

10.1 Reactivity	: The product does not pose any further reactivity hazards in addition to those listed in the following sub-paragraph.
10.2 Chemical stability	: No hazardous reaction is expected when handled and stored according to provisions.
10.3 Possibility of Hazardous Reactions	: Reacts with strong oxidising agents.
10.4 Conditions to Avoid	: Extremes of temperature and direct sunlight.
10.5 Incompatible	: Strong oxidising agents.

Safety Data Sheet

Materials
10.6 Hazardous Decomposition Products : Hazardous decomposition products are not expected to form during normal storage.

SECTION 11. TOXICOLOGICAL INFORMATION

11.1 Information on Toxicological effects

Basis for Assessment : Information given is based on data on the components and the toxicology of similar products. Unless indicated otherwise, the data presented is representative of the product as a whole, rather than for individual component(s).

Likely Routes of Exposure : Skin and eye contact are the primary routes of exposure although exposure may occur following accidental ingestion.

Acute Oral Toxicity : Expected to be of low toxicity: LD50 > 5000 mg/kg , Rat

Acute Dermal Toxicity : Expected to be of low toxicity: LD50 > 5000 mg/kg , Rabbit

Acute Inhalation Toxicity : Not considered to be an inhalation hazard under normal conditions of use.

Skin corrosion/irritation : Expected to be slightly irritating.

Serious eye damage/irritation : Expected to be slightly irritating.

Respiratory Irritation : Inhalation of vapours or mists may cause irritation.

Respiratory or skin sensitisation : For respiratory and skin sensitisation: Not expected to be a sensitiser.

Aspiration Hazard : Not considered an aspiration hazard.

Germ cell mutagenicity : Not considered a mutagenic hazard.

Carcinogenicity : Not expected to be carcinogenic. Product contains mineral oils of types shown to be non-carcinogenic in animal skin-painting studies. Highly refined mineral oils are not classified as carcinogenic by the International Agency for Research on Cancer (IARC).

Material		Carcinogenicity Classification
Highly refined mineral oil (IP346 <3%)	:	ACGIH Group A4: Not classifiable as a human carcinogen.
Highly refined mineral oil (IP346 <3%)	:	IARC 3: Not classifiable as to carcinogenicity to humans.
Highly refined mineral oil (IP346 <3%)	:	GHS / CLP: No carcinogenicity classification

Reproductive and : Not expected to be a hazard.

Safety Data Sheet

Developmental Toxicity

Summary on evaluation of the CMR properties

- Carcinogenicity** : This product does not meet the criteria for classification in categories 1A/1B.,
- Mutagenicity** : This product does not meet the criteria for classification in categories 1A/1B.
- Reproductive Toxicity (fertility)** : This product does not meet the criteria for classification in categories 1A/1B.
- Specific target organ toxicity - single exposure** : Not expected to be a hazard.
- Specific target organ toxicity - repeated exposure** : Not expected to be a hazard.
- Additional Information** : Used oils may contain harmful impurities that have accumulated during use. The concentration of such impurities will depend on use and they may present risks to health and the environment on disposal. ALL used oil should be handled with caution and skin contact avoided as far as possible. Classifications by other authorities under varying regulatory frameworks may exist.

SECTION 12. ECOLOGICAL INFORMATION

- Basis for Assessment** : Ecotoxicological data have not been determined specifically for this product. Information given is based on a knowledge of the components and the ecotoxicology of similar products. Unless indicated otherwise, the data presented is representative of the product as a whole, rather than for individual component(s).
- 12.1 Toxicity**
- Acute Toxicity** : Poorly soluble mixture. May cause physical fouling of aquatic organisms. Expected to be practically non toxic: LL/EL/IL50 > 100 mg/l (to aquatic organisms) LL/EL50 expressed as the nominal amount of product required to prepare aqueous test extract. Mineral oil is not expected to cause any chronic effects to aquatic organisms at concentrations less than 1 mg/l.
- 12.2 Persistence and degradability** : Expected to be not readily biodegradable. Major constituents are expected to be inherently biodegradable, but the product contains components that may persist in the environment.
- 12.3 Bioaccumulative Potential** : Contains components with the potential to bioaccumulate.

Safety Data Sheet

- 12.4 Mobility in Soil** : Liquid under most environmental conditions. If it enters soil, it will adsorb to soil particles and will not be mobile. Floats on water.
- 12.5 Result of PBT and vPvB assesment** : This mixture does not contain any REACH registered substances that are assessed to be a PBT or a vPvB.
- 12.6 Other Adverse Effects** : Product is a mixture of non-volatile components, which are not expected to be released to air in any significant quantities. Not expected to have ozone depletion potential, photochemical ozone creation potential or global warming potential.

SECTION 13. DISPOSAL CONSIDERATIONS

13.1 Waste Treatment Methods

- Material Disposal** : Recover or recycle if possible. It is the responsibility of the waste generator to determine the toxicity and physical properties of the material generated to determine the proper waste classification and disposal methods in compliance with applicable regulations. Do not dispose into the environment, in drains or in water courses.
- Container Disposal** : Dispose in accordance with prevailing regulations, preferably to a recognised collector or contractor. The competence of the collector or contractor should be established beforehand.
- Local Legislation** : Disposal should be in accordance with applicable regional, national, and local laws and regulations.
EU Waste Disposal Code (EWC): 13 02 05 mineral-based non-chlorinated engine, gear and lubricating oils. Classification of waste is always the responsibility of the end user.

SECTION 14. TRANSPORT INFORMATION

Land transport (ADR/RID):

ADR

This product is not classified as dangerous for this mode of transport. Therefore 14.1 UN Number, 14.2 UN Proper Shipping name, 14.3 Transport hazard class(es), 14.4 Packing group, 14.5 Environmental hazards, 14.6 Special precautions for user do not apply.

RID

This product is not classified as dangerous for this mode of transport. Therefore 14.1 UN

Safety Data Sheet

Number, 14.2 UN Proper Shipping name, 14.3 Transport hazard class(es), 14.4 Packing group, 14.5 Environmental hazards, 14.6 Special precautions for user do not apply.

Inland waterways transport (ADN):

This product is not classified as dangerous for this mode of transport. Therefore 14.1 UN Number, 14.2 UN Proper Shipping name, 14.3 Transport hazard class(es), 14.4 Packing group, 14.5 Environmental hazards, 14.6 Special precautions for user do not apply.

Sea transport (IMDG Code):

This product is not classified as dangerous for this mode of transport. Therefore 14.1 UN Number, 14.2 UN Proper Shipping name, 14.3 Transport hazard class(es), 14.4 Packing group, 14.5 Environmental hazards, 14.6 Special precautions for user do not apply.

Air transport (IATA):

This product is not classified as dangerous for this mode of transport. Therefore 14.1 UN Number, 14.2 UN Proper Shipping name, 14.3 Transport hazard class(es), 14.4 Packing group, 14.5 Environmental hazards, 14.6 Special precautions for user do not apply.

14.7 Transport in bulk according to Annex II of MARPOL 73/78 and the IBC Code

Pollution Category : Not applicable.
Ship Type : Not applicable.
Product Name : Not applicable.
Special Precaution : Not applicable.

Additional Information : MARPOL Annex 1 rules apply for bulk shipments by sea.

SECTION 15. REGULATORY INFORMATION

The regulatory information is not intended to be comprehensive. Other regulations may apply to this material.

15.1 Safety, health and environmental regulations/legislation specific for the substance or mixture

Other regulatory Information

Authorisations and/or restrictions on use : Product is not subject to Authorisation under REACH.

Recommended Restrictions on Use (Advice Against) : This product must not be used in applications other than those recommended in Section 1, without first seeking the advice of the supplier.

Chemical Inventory Status

EINECS : All components

Safety Data Sheet

TSCA	: listed or polymer exempt. All components listed.
Other Information	: Environmental Protection Act 1990 (as amended). Health and Safety at Work etc. Act 1974. Consumers Protection Act 1987. Pollution Prevention and Control Act 1999. Environment Act 1995. Factories Act 1961. The Carriage of Dangerous Goods and Use of Transportable Pressure Equipment (Amendment) Regulations 2011. Chemicals (Hazard Information and Packaging for Supply) Regulations 2009. Control of Substances Hazardous to Health Regulations 2002 (as amended). Merchant Shipping (Dangerous Goods and Marine Pollutants) Regulations 1997. Reporting of Injuries, Diseases and Dangerous Occurrences Regulations 1995 (as amended). Personal Protective Equipment Regulations 2002. Personal Protective Equipment at Work Regulations 1992. Hazardous Waste (England and Wales) Regulations 2005(as amended). Control of Major Accident Hazards Regulations 1999 (as amended). Renewable Transport Fuel Obligations Order 2007 (as amended). Energy Act 2011. Environmental Permitting (England and Wales) Regulations 2010 (as amended). Waste (England and Wales) Regulations 2011 (as amended). Planning (Hazardous Substances) Act 1990 and associated regulations. The Environmental Protection (Controls on Ozone-Depleting Substances) Regulations 2011.
15.2 Chemical Safety Assessment	: No Chemical Safety Assessment has been carried out for this substance/mixture by the supplier.

Safety Data Sheet

SECTION 16. OTHER INFORMATION

R-phrases(s)

	Not classified.
R22	Harmful if swallowed.
R41	Risk of serious damage to eyes.
R43	May cause sensitisation by skin contact.
R51/53	Toxic to aquatic organisms, may cause long-term adverse effects in the aquatic environment.

CLP Hazard Statements

H226	Flammable liquid and vapour.
H302	Harmful if swallowed.
H317	May cause an allergic skin reaction.
H318	Causes serious eye damage.
H411	Toxic to aquatic life with long lasting effects.

Additional Information : No Exposure Scenario annex is attached to this safety data sheet. It is a non-classified mixture containing hazardous substances as detailed in Section 3; relevant information from Exposure Scenarios for the hazardous substances contained have been integrated into the core sections 1-16 of this SDS.

Other Information

Abbreviations and Acronyms

: Acute Tox. = Acute toxicity
Asp. Tox. = Aspiration hazard
Aquatic Acute = Acute hazards to the aquatic environment
Aquatic Chronic = Hazardous to the aquatic environment - Long-term Hazard
Eye Dam. = Serious eye damage/eye irritation
Flam. Liq. = Flammable liquids
Skin Corr. = Skin corrosion/irritation
Skin Sens. = Skin sensitizer
STOT SE = Specific target organ toxicity - single exposure
STOT RE = Specific target organ toxicity - repeated exposure

The standard abbreviations and acronyms used in this document can be looked up in reference literature (e.g. scientific dictionaries) and/or websites.

ACGIH = American Conference of Governmental Industrial Hygienists

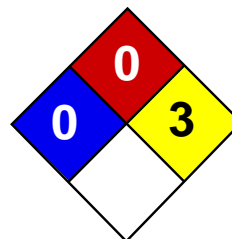
Safety Data Sheet

ADR = European Agreement concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Road
AICS = Australian Inventory of Chemical Substances
ASTM = American Society for Testing and Materials
BEL = Biological exposure limits
BTEX = Benzene, Toluene, Ethylbenzene, Xylenes
CAS = Chemical Abstracts Service
CEFIC = European Chemical Industry Council
CLP = Classification Packaging and Labelling
COC = Cleveland Open-Cup
DIN = Deutsches Institut für Normung
DMEL = Derived Minimal Effect Level
DNEL = Derived No Effect Level
DSL = Canada Domestic Substance List
EC = European Commission
EC50 = Effective Concentration fifty
ECETOC = European Center on Ecotoxicology and Toxicology Of Chemicals
ECHA = European Chemicals Agency
EINECS = The European Inventory of Existing Commercial Chemical Substances
EL50 = Effective Loading fifty
ENCS = Japanese Existing and New Chemical Substances Inventory
EWC = European Waste Code
GHS = Globally Harmonised System of Classification and Labelling of Chemicals
IARC = International Agency for Research on Cancer
IATA = International Air Transport Association
IC50 = Inhibitory Concentration fifty
IL50 = Inhibitory Level fifty
IMDG = International Maritime Dangerous Goods
INV = Chinese Chemicals Inventory
IP346 = Institute of Petroleum test method N° 346 for the determination of polycyclic aromatics DMSO-extractables
KECI = Korea Existing Chemicals Inventory
LC50 = Lethal Concentration fifty
LD50 = Lethal Dose fifty per cent.
LL/EL/IL = Lethal Loading/Effective Loading/Inhibitory loading
LL50 = Lethal Loading fifty
MARPOL = International Convention for the Prevention of Pollution From Ships
NOEC/NOEL = No Observed Effect Concentration / No Observed Effect Level

Safety Data Sheet

OE_HP V = Occupational Exposure - High Production Volume
PBT = Persistent, Bioaccumulative and Toxic
PICCS = Philippine Inventory of Chemicals and Chemical Substances
PNEC = Predicted No Effect Concentration
REACH = Registration Evaluation And Authorisation Of Chemicals
RID = Regulations Relating to International Carriage of Dangerous Goods by Rail
SKIN_DES = Skin Designation
STEL = Short term exposure limit
TRA = Targeted Risk Assessment
TSCA = US Toxic Substances Control Act
TWA = Time-Weighted Average
vPvB = very Persistent and very Bioaccumulative

- SDS Distribution** : The information in this document should be made available to all who may handle the product.
- SDS Version Number** : 3.0
- SDS Effective Date** : 03.12.2012
- SDS Revisions** : A vertical bar (|) in the left margin indicates an amendment from the previous version.
- SDS Regulation** : Regulation 1907/2006/EC as amended by Regulation (EU) 453/2010
- Disclaimer** : This information is based on our current knowledge and is intended to describe the product for the purposes of health, safety and environmental requirements only. It should not therefore be construed as guaranteeing any specific property of the product.



Health	2
Fire	1
Reactivity	1
Personal Protection	E

Material Safety Data Sheet

Ammonium nitrate MSDS

Section 1: Chemical Product and Company Identification

Product Name: Ammonium nitrate

Catalog Codes: SLA3082, SLA4585

CAS#: 6484-52-2

RTECS: BR9050000

TSCA: TSCA 8(b) inventory: Ammonium nitrate

CI#: Not available.

Synonym: Ammonium Saltpeter; Nitric acid, ammonium salt

Chemical Name: Ammonium Nitrate

Chemical Formula: NH₄NO₃

Contact Information:

Sciencelab.com, Inc.

14025 Smith Rd.

Houston, Texas 77396

US Sales: **1-800-901-7247**

International Sales: **1-281-441-4400**

Order Online: ScienceLab.com

CHEMTREC (24HR Emergency Telephone), call:

1-800-424-9300

International CHEMTREC, call: 1-703-527-3887

For non-emergency assistance, call: 1-281-441-4400

Section 2: Composition and Information on Ingredients

Composition:

Name	CAS #	% by Weight
Ammonium nitrate	6484-52-2	100

Toxicological Data on Ingredients: Ammonium nitrate: ORAL (LD50): Acute: 2217 mg/kg [Rat].

Section 3: Hazards Identification

Potential Acute Health Effects:

Hazardous in case of skin contact (irritant), of eye contact (irritant), of ingestion, of inhalation (lung irritant). Slightly hazardous in case of skin contact (permeator). Prolonged exposure may result in skin burns and ulcerations. Over-exposure by inhalation may cause respiratory irritation.

Potential Chronic Health Effects:

CARCINOGENIC EFFECTS: Not available. MUTAGENIC EFFECTS: Not available. TERATOGENIC EFFECTS: Not available. DEVELOPMENTAL TOXICITY: Not available. The substance is toxic to lungs, mucous membranes. The substance may be toxic to blood, gastrointestinal tract. Repeated or prolonged exposure to the substance can produce target organs damage.

Section 4: First Aid Measures

Eye Contact:

Check for and remove any contact lenses. In case of contact, immediately flush eyes with plenty of water for at least 15 minutes. Cold water may be used. Get medical attention.

Skin Contact:

In case of contact, immediately flush skin with plenty of water. Cover the irritated skin with an emollient. Remove contaminated clothing and shoes. Cold water may be used. Wash clothing before reuse. Thoroughly clean shoes before reuse. Get medical attention.

Serious Skin Contact:

Wash with a disinfectant soap and cover the contaminated skin with an anti-bacterial cream. Seek medical attention.

Inhalation:

If inhaled, remove to fresh air. If not breathing, give artificial respiration. If breathing is difficult, give oxygen. Get medical attention.

Serious Inhalation:

Evacuate the victim to a safe area as soon as possible. Loosen tight clothing such as a collar, tie, belt or waistband. If breathing is difficult, administer oxygen. If the victim is not breathing, perform mouth-to-mouth resuscitation. Seek medical attention.

Ingestion:

Do NOT induce vomiting unless directed to do so by medical personnel. Never give anything by mouth to an unconscious person. Loosen tight clothing such as a collar, tie, belt or waistband. Get medical attention if symptoms appear.

Serious Ingestion: Not available.

Section 5: Fire and Explosion Data

Flammability of the Product: May be combustible at high temperature.

Auto-Ignition Temperature: 300°C (572°F)

Flash Points: CLOSED CUP: Higher than 93.3°C (200°F).

Flammable Limits: Not available.

Products of Combustion: Not available.

Fire Hazards in Presence of Various Substances:

Slightly flammable to flammable in presence of heat, of combustible materials, of organic materials. Non-flammable in presence of shocks.

Explosion Hazards in Presence of Various Substances:

Risks of explosion of the product in presence of mechanical impact: Not available. Risks of explosion of the product in presence of static discharge: Not available. Slightly explosive in presence of heat, of combustible materials, of organic materials, of metals.

Fire Fighting Media and Instructions:

Oxidizing material. Do not use water jet. Use flooding quantities of water. Avoid contact with organic materials.

Special Remarks on Fire Hazards:

Caution: Strong Oxidizer. Contact with material may cause a fire. Contact with combustible or organic materials may cause fire.

Special Remarks on Explosion Hazards:

It is an oxidizing agent and can self-ignite/detonate when in contact with powdered metals and some organic materials such as Urea and Acetic Acid.

Section 6: Accidental Release Measures

Small Spill: Use appropriate tools to put the spilled solid in a convenient waste disposal container.

Large Spill:

Oxidizing material. Stop leak if without risk. Avoid contact with a combustible material (wood, paper, oil, clothing...). Keep substance damp using water spray. Do not touch spilled material. Prevent entry into sewers, basements or confined areas; dike if needed. Eliminate all ignition sources. Call for assistance on disposal.

Section 7: Handling and Storage

Precautions:

Keep away from heat. Keep away from sources of ignition. Keep away from combustible material. Do not ingest. Do not breathe dust. Wear suitable protective clothing. In case of insufficient ventilation, wear suitable respiratory equipment. If ingested, seek medical advice immediately and show the container or the label. Avoid contact with skin and eyes.

Storage:

Keep container tightly closed. Keep container in a cool, well-ventilated area. Separate from acids, alkalies, reducing agents and combustibles. See NFPA 43A, Code for the Storage of Liquid and Solid Oxidizers.

Section 8: Exposure Controls/Personal Protection

Engineering Controls:

Use process enclosures, local exhaust ventilation, or other engineering controls to keep airborne levels below recommended exposure limits. If user operations generate dust, fume or mist, use ventilation to keep exposure to airborne contaminants below the exposure limit.

Personal Protection:

Splash goggles. Lab coat. Dust respirator. Be sure to use an approved/certified respirator or equivalent. Gloves.

Personal Protection in Case of a Large Spill:

Splash goggles. Full suit. Dust respirator. Boots. Gloves. A self contained breathing apparatus should be used to avoid inhalation of the product. Suggested protective clothing might not be sufficient; consult a specialist BEFORE handling this product.

Exposure Limits: Not available.

Section 9: Physical and Chemical Properties

Physical state and appearance: Solid. (white granular solid. Deliquescent solid.)

Odor: Odorless.

Taste: Not available.

Molecular Weight: 80.05 g/mole

Color: Not available.

pH (1% soln/water): 4.5 - 6.0 @ 25 deg. [Acidic.]

Boiling Point: Decomposition temperature: 210°C (410°F)

Melting Point: 169.6°C (337.3°F)

Critical Temperature: Not available.

Specific Gravity: 1.725 (Water = 1)

Vapor Pressure: Not applicable.

Vapor Density: Not available.

Volatility: Not available.

Odor Threshold: Not available.

Water/Oil Dist. Coeff.: Not available.

Ionicity (in Water): Not available.

Dispersion Properties: See solubility in water, methanol, acetone.

Solubility:

Easily soluble in cold water, hot water. Soluble in acetone. Partially soluble in methanol. Insoluble in diethyl ether.

Section 10: Stability and Reactivity Data

Stability: The product is stable.

Instability Temperature: Not available.

Conditions of Instability: Incompatible materials

Incompatibility with various substances: Reactive with reducing agents, combustible materials, organic materials, metals, alkalis.

Corrosivity: Non-corrosive in presence of glass.

Special Remarks on Reactivity:

Also incompatible with finely powdered metals (aluminum, copper, chromium, iron, zinc brass, nickel, lead, manganese, magnesium, antimony), acetic acid, ammonium chloride, phosphorus, sodium perchlorate, sulfur, bismuth, cadmium, chlorides, cobalt, potassium and ammonium sulfate, sodium, sodium hypochlorite, sodium-potassium alloy, organic materials and combustible materials (paper, oil, charcoal, etc.)

Special Remarks on Corrosivity: Not available.

Polymerization: Will not occur.

Section 11: Toxicological Information

Routes of Entry: Absorbed through skin. Inhalation. Ingestion.

Toxicity to Animals: Acute oral toxicity (LD50): 2217 mg/kg [Rat].

Chronic Effects on Humans:

Causes damage to the following organs: lungs, mucous membranes. May cause damage to the following organs: blood, gastrointestinal tract.

Other Toxic Effects on Humans:

Hazardous in case of skin contact (irritant), of ingestion, of inhalation (lung irritant). Slightly hazardous in case of skin contact (permeator).

Special Remarks on Toxicity to Animals: Not available.

Special Remarks on Chronic Effects on Humans:

Carcinogenic effects: At this time, no studies were found on the possible carcinogenicity of Ammonium Nitrate in humans or experimental animals. However nitrates can be reduced to nitrites in the body, and the formed nitrites can subsequently react with amines to form suspect carcinogens N-nitrosamines. Genetic Effects: No genetic data was found for ammonium. However, in general, nitrates and nitrites are genotoxic. Reproductive Effects: There has been some association between consumption of nitrate-contaminated well water and birth defects, especially neural tube defects. However, these studies would not specifically implicate Ammonium Nitrate.

Special Remarks on other Toxic Effects on Humans:

Acute Potential Health Effects: Skin: Causes skin irritation. It may be absorbed through intact skin. Eyes: Causes eye irritation. Inhalation: Causes respiratory tract (nose, throat), and mucous membrane irritation. Symptoms may include: coughing, severe lung congestion, difficulty breathing. Inhalation of large amounts may cause systemic acidosis, Methemoglobinemia with symptoms similar to acute ingestion. Ingestion: Gastroenteritis with abdominal pain, nausea, vomiting, diarrhea. Exposure to large amounts may affect behavior/central nervous system, and blood and cause Methemoglobinemia, and systemic

acidosis. Symptoms of Methemoglobinemia include cyanosis (blue lips, eyelids, earlobes, and skin), headache, fatigue, weakness, convulsions, dizziness, loss of coordination, nausea, vomiting, dyspnea, and drowsiness. It may also affect the cardiovascular system and cause increased or decreased heart rate, and hypotension. Chronic Potential Health Effects: Ingestion: The toxicity of nitrates is due to in vivo conversion to nitrites. Chronic ingestion of more than 5 mg/kg/day is considered unacceptable. Primary overdose effects include orthostatic hypotension and Methemoglobinemia. Orthostatic hypotension, faintness, fatigue, weakness, depression, mental impairment, dizziness, shortness of breath, and reflex tachycardia are common; headache, nausea and vomiting may also occur. Chronic ingestion may also cause nephritis.

Section 12: Ecological Information

Ecotoxicity: Not available.

BOD5 and COD: Not available.

Products of Biodegradation:

Possibly hazardous short term degradation products are not likely. However, long term degradation products may arise.

Toxicity of the Products of Biodegradation: The product itself and its products of degradation are not toxic.

Special Remarks on the Products of Biodegradation: Not available.

Section 13: Disposal Considerations

Waste Disposal:

Waste must be disposed of in accordance with federal, state and local environmental control regulations.

Section 14: Transport Information

DOT Classification: CLASS 5.1: Oxidizing material.

Identification: : Ammonium Nitrate UNNA: 1942 PG: III

Special Provisions for Transport: Marine Pollutant

Section 15: Other Regulatory Information

Federal and State Regulations:

California prop. 65: This product contains the following ingredients for which the State of California has found to cause birth defects which would require a warning under the statute: No products were found. California prop. 65: This product contains the following ingredients for which the State of California has found to cause cancer which would require a warning under the statute: No products were found. Connecticut hazardous material survey.: Ammonium nitrate Rhode Island RTK hazardous substances: Ammonium nitrate Pennsylvania RTK: Ammonium nitrate Massachusetts RTK: Ammonium nitrate Massachusetts spill list: Ammonium nitrate New Jersey: Ammonium nitrate New Jersey spill list: Ammonium nitrate TSCA 8(b) inventory: Ammonium nitrate

Other Regulations:

OSHA: Hazardous by definition of Hazard Communication Standard (29 CFR 1910.1200). EINECS: This product is on the European Inventory of Existing Commercial Chemical Substances.

Other Classifications:

WHMIS (Canada): CLASS C: Oxidizing material.

DSCL (EEC):

HMIS (U.S.A.):

Health Hazard: 2

Fire Hazard: 1

Reactivity: 1

Personal Protection: E

National Fire Protection Association (U.S.A.):

Health: 0

Flammability: 0

Reactivity: 3

Specific hazard:

Protective Equipment:

Gloves. Lab coat. Dust respirator. Be sure to use an approved/certified respirator or equivalent. Wear appropriate respirator when ventilation is inadequate. Splash goggles.

Section 16: Other Information

References: Not available.

Other Special Considerations: Not available.

Created: 10/10/2005 08:35 PM

Last Updated: 05/21/2013 12:00 PM

The information above is believed to be accurate and represents the best information currently available to us. However, we make no warranty of merchantability or any other warranty, express or implied, with respect to such information, and we assume no liability resulting from its use. Users should make their own investigations to determine the suitability of the information for their particular purposes. In no event shall ScienceLab.com be liable for any claims, losses, or damages of any third party or for lost profits or any special, indirect, incidental, consequential or exemplary damages, howsoever arising, even if ScienceLab.com has been advised of the possibility of such damages.

SECTION 1 – PRODUCT INFORMATION

Product Name:	Propane	Supplier:	Superior Propane A Division of Superior Plus LP 1111 - 49th Avenue N.E. Calgary, AB T2E 8V2 Business: (403) 730-7500
Trade Name:	LPG (Liquefied Petroleum Gas), LP-Gas		
Chemical Formula:	C ₃ H ₈		
WHMIS Classification	Class A – Compressed Gas Class B, Division 1 – Flammable G	24-Hour Emergency Contact:	Canutec (613) 996-6666

Application and Use: Propane is commonly used as a fuel for heating, cooking, automobiles, forklift trucks, crop drying and welding and cutting operations. Propane is used in industry as a refrigerant, solvent and as a chemical feedstock.

SECTION 2 – HAZARDOUS INGREDIENTS

COMPONENTS	CAS No	% VOLUME (v/v)	LD 50 (RAT, ORAL)
Propane	74-98-6	90% -99%	Not Applicable
Propylene	115-07-1	0% - 5%	Not Applicable
Ethane	74-84-0	0% - 5%	Not Applicable
Butane and heavier hydro carbons	106-97-8	0% - 2.5%	Not Applicable

Occupational Exposure Limit:

Based upon animal test data, the acute toxicity of this product is expected to be inhalation: 4 hour LC50 = 280,000 ppm (Rat)

Note: Composition is typical for HD-5 Propane per The Canadian General Standard Board CGSB 3.14 National Standard of Canada. Exact composition will vary from shipment to shipment.

SECTION 3 – CHEMICAL AND PHYSICAL DATA

Form:	Liquid and vapour while stored under pressure	pH:	Not available
Boiling Point:	-42°C @ 1 atm	Solubility in Water:	Slight, 6.1% by volume @ 17.8°C
Freezing Point:	-188°C	Specific Gravity:	0.51 (water = 1)
Evaporation Rate:	Rapid (Gas at normal ambient conditions)	Appearance/Odour:	Colourless liquid and vapour while stored under pressure. Colourless and odourless gas in natural state at any concentration. Commercial propane has an odourant added, ethyl mercaptan, which has an odour similar to boiling cabbage.
Vapour Pressure:	1435 kPa (maximum) @ 37.8°C		
Vapour Density:	1.52 (Air = 1)		
Coefficient of Water/Oil Distribution:	Not available	Odour Threshold:	4800 ppm

With proper handling, transportation and storage, adding a chemical odourant such as ethyl mercaptan has proven to be a very effective warning device, but all odourants have certain limitations. The effectiveness of the odourant may be diminished by a person's sense of smell, by competing odours and by oxidation which may cause a potentially dangerous situation.

SECTION 4 – FIRE OR EXPLOSION HAZARD

Flash Point:	-103.4°C	Fire Extinguishing Precautions:	Use water spray to cool exposed cylinders or tanks. Do not extinguish fire unless the source of the escaping gas that is fueling the fire can be turned off. Fire can be extinguished with carbon dioxide and/or dry chemical (BC). Container metal shells require cooling with water to prevent impingement and the weakening of metal. If sufficient water is not available to protect the container shell from weakening, the area will be required to be evacuated. If gas has not ignited, liquid or vapour may be dispersed by water spray or flooding.
Method:	Closed cup		
Flammable Limits:	Lower 2.4%, Upper 9.5%		
Auto Ignition Temperature:	432 °C		
Hazardous Combustion Products:	Carbon monoxide can be produced when primary air and secondary air are deficient while combustion is taking place.		
Fire and Explosive Hazards:	Explosive air - vapour allowed to leak to atmosphere.	Special Fire Fighting Equipment:	Protective clothing, hose monitors, fog nozzles, self-contained breathing apparatus material, drains and openings to building
Sensitivity to Impact:	No		
Sensitivity to Static Discharge:	Yes		

SECTION 5 – REACTIVITY DATA

Stability: Stable

Conditions to Avoid: Keep separate from oxidizing agents. Gas explodes spontaneously when mixed with chloride dioxide. Incompatibility: Remove sources of ignition and observe distance requirements for storage tanks from combustible

Hazardous Decomposition Products: Deficient primary and secondary air can produce carbon monoxide.

Hazardous Polymerization: Will not occur.

SECTION 6 – TOXICOLOGICAL PROPERTIES OF MATERIAL

Routes of Entry: Skin Contact, Eye Contact, Inhalation

Inhalation: Simple asphyxiant. No effect at concentrations of 10,000 ppm (peak exposures). Higher concentrations may cause central nervous system disorder and/or damage. Lack of oxygen may cause dizziness, loss of coordination, weakness, fatigue, euphoria, mental confusion, blurred vision, convulsions, breathing failure, coma and death. Breathing high vapour concentrations (saturated vapours) for a few minutes may be fatal. Saturated vapours may be encountered in confined spaces and/or under conditions of poor ventilation. Avoid breathing vapours or mist.

Skin and Eye Contact: Exposure to vapourizing liquid may cause frostbite (cold burns) and permanent eye damage.

Ingestion: Not considered to be a hazard.

Acute Exposure: Contact with Liquefied Petroleum Gas may cause frostbite or cold burns. Propane acts as a simple asphyxiant as oxygen content in air is displaced by the propane. At increasing concentration levels, propane may cause dizziness, headaches, loss of coordination, fatigue, unconsciousness and death.

Chronic Exposure: No reported effects from long term low level exposure.

Sensitization to Product: Not known to be a sensitizer.

Occupational Exposure Limits: American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) lists as a simple asphyxiant.

ACGIH TLV: 1000 ppm

Carcinogenicity, Reproductive Toxicity, Teratogenicity, Mutagenicity: No effects reported.

Other Toxicological Effects: None

SECTION 7 – PREVENTATIVE MEASURES

Eyes: Safety glasses or chemical goggles are recommended when transferring product.

Skin: Insulated gloves required if contact with liquid or liquid cooled equipment is expected. Wear gloves and long sleeves when transferring product.

Inhalation: Where concentration in air would reduce the oxygen level below 18% air or exceed occupational exposure limits in section 6, self-contained breathing apparatus is required.

Ventilation: Use in well-ventilated areas. Use with explosion proof mechanical ventilation in confined spaces or poorly ventilated areas.

SECTION 8 – EMERGENCY AND FIRST AID PROCEDURES

Eyes: Should eye contact with liquid occur, flush eyes with lukewarm water for 15 minutes. Obtain immediate medical care.

Skin: In case of "Cold Burn" from contact with liquid, immediately place affected area in lukewarm water and keep at this temperature until circulation returns. If fingers or hands are frostbitten, have the victim hold his hand next to his body such as under the armpit. Obtain immediate medical care.

Ingestion: None considered necessary.

Inhalation: Remove person to fresh air. If breathing is difficult or has stopped, administer artificial respiration. Obtain immediate medical care.

Spill or Leak: Eliminate leak if possible. Eliminate source of ignition. Ensure cylinder is upright. Disperse vapours with hose streams using fog nozzles. Monitor low areas as propane is heavier than air and can settle into low areas. Remain upwind of leak. Keep people away. Prevent vapour and/or liquid from entering into sewers, basements or confined areas.

SECTION 9 – TRANSPORTATION, HANDLING AND STORAGE

- Transport and store cylinders and tanks secured in an upright position in a ventilated space away from ignition sources (so the pressure relief valve is in contact with the vapour space of the cylinder or tank).
- Cylinders that are not in use must have the valves in the closed position and be equipped with a protective cap or guard.

Transportation of Dangerous Goods (TDG)
TDG Classification: Flammable Gas 2.1

- Do not store with oxidizing agents, oxygen, or chlorine cylinders.
- Empty cylinders and tanks may contain product residue. Do not pressurize, cut, heat or weld empty containers.
- Transport, handle and store according to applicable federal and provincial codes and regulations.

TDG Shipping Name: Liquefied Petroleum Gas (Propane)
PIN Number: UN1075

SECTION 10 – PREPARATION INFORMATION

Prepared by: Superior Propane
Health Safety and Environment Team

Telephone: (403) 730-7500
Revision: January 17, 2014
Supersedes: January 17, 2011

The information contained herein is believed to be accurate. It is provided independently of any sale of the product. It is not intended to constitute performance information concerning the product. No express warranty, implied warranty of merchantability or fitness for a particular purpose is made with respect to the product information contained herein.

Annexe 3J

Plans de fermeture – Secteurs de la mine et du concentrateur

Mason Graphite Inc

Exploitation du gisement de graphite naturel du Lac Guéret

Étude d'impact sur l'environnement – Addenda A
Annexe 5C : Plan préliminaire de fermeture et restauration du secteur
mine (révision 2)



Table des matières

1. Introduction	1
2. Objectif	1
3. Considérations générales	1
4. Consultation des parties prenantes	2
5. Contenu préliminaire du plan de fermeture et restauration	2
5.1 Renseignements généraux.....	2
5.2 Description du site et des activités minières.....	2
5.3 Description des activités post-fermeture.....	2
5.3.1 Sécurité des lieux.....	2
5.3.2 Gestion de la fosse	3
5.3.3 Gestion de l'équipement et de la machinerie lourde.....	3
5.3.4 Gestion des bâtiments, installations et infrastructures	3
5.3.5 Démantèlement des bâtiments et infrastructures	4
5.3.6 Réhabilitation des terrains contaminés	8
5.3.7 Aires d'accumulation	9
5.3.8 Programme de suivi et d'entretien post-restauration	9
5.3.9 Plan d'urgence	11
6. En cas de cessation temporaire	11

1. Introduction

Mason Graphite s'engage à planifier et à réaliser un plan de fermeture et restauration, pour le site de la mine du lac Guéret, qui respecte les dispositions de la *Loi sur les Mines* (ch. M-13.1) et de la *Loi sur la qualité de l'environnement* (ch. Q-2) portant sur la restauration des sites miniers.

Les principales composantes et étapes de ce plan de fermeture et restauration s'inspirent des exigences générales présentées dans le *Guide de préparation du plan de réaménagement et de restauration des sites miniers au Québec* (MERN, 2016), dans le *Guide des bonnes pratiques pour la gestion des matériaux de démantèlement* (MDDEP, 2003), ainsi que dans la *Directive 019* sur l'industrie minière (MDDEP, 2012).

Le présent document dresse un portrait général de la manière dont Mason Graphite entend procéder à la fermeture et à la restauration du site de la mine, à la fin de la période d'exploitation. Les sections 2 et 3 présentent les objectifs visés par le plan de fermeture et restauration, ainsi que les considérations générales à prendre en considération. La section 4 traite de la consultation des parties prenantes alors que la section 5 décrit le contenu préliminaire du plan de fermeture et de restauration, à ce stade-ci de la définition du projet.

2. Objectif

L'objectif principal du plan de fermeture et restauration du secteur usine du projet est de remettre le site dans un état dit « satisfaisant », c'est-à-dire (MERN, 2016) :

- Éliminer les risques inacceptables pour la santé et assurer la sécurité des personnes;
- Limiter la production et la propagation de contaminants susceptibles de porter atteinte au milieu récepteur et, à long terme, viser à éliminer toute forme d'entretien et de suivi;
- Remettre le site dans un état visuellement acceptable pour la collectivité;
- Remettre le site des infrastructures dans un état compatible avec les usages futurs (en excluant les haldes de stériles miniers et de mort-terrain qui resteront sur place après la fermeture).

3. Considérations générales

Lors de la préparation du plan de fermeture et de restauration, les considérations générales suivantes seront prises en considération :

Éléments de contenu obligatoires

- Une description détaillée des installations et infrastructures en place et des méthodes pratiquées;
- Une description détaillée des travaux prévus suite à l'arrêt des opérations, tels que :
 - ◆ le démantèlement des bâtiments et infrastructures incluant le mode de gestion des matériaux démantelés;

- ◆ la remise en état du terrain, incluant la réhabilitation des terrains contaminés, la restauration des haldes à stériles, à morts-terrains et à minerai, ainsi que la mise en végétation du site;
- Une identification des principaux enjeux et impacts environnementaux, ainsi que les mesures d'atténuation qui seront mises en place;
- Une mise à jour progressive des données de caractérisation du milieu (biologique, physique et humain), des lois et règlements applicables à la fermeture du site minier, ainsi que des attentes des parties prenantes;
- Une présentation du calendrier de réalisation;
- Une évaluation des coûts anticipés pour la réalisation des travaux et la présentation de la forme que prendra la garantie financière correspondant à l'ampleur des coûts estimés;
- Une description des mesures applicables en cas de cessation temporaire;
- Un programme de suivi post-restauration;
- Un plan d'urgence.

Conditions administratives à respecter

- Le dépôt du plan au MERN avant le début de la mise en exploitation de la mine;
- Une fois déposé et approuvé, la mise à jour du plan à tous les cinq ans après la mise en service des installations. Cette mise à jour permettra de refléter les changements du site en service et les changements réglementaires;

4. Consultation des parties prenantes

Mason Graphite consultera les parties prenantes du milieu pour identifier les préoccupations et besoins potentiels de la région et des utilisateurs du territoire quant à la possibilité de laisser en place des bâtiments ou infrastructures (p. ex. : routes d'accès).

Ces communications et échanges feront partie du processus de communication que Mason Graphite mettra en place avec le milieu. Elles permettront d'évaluer si certaines installations peuvent être réutilisées pour d'autres usages et par conséquent laissées en place.

5. Contenu préliminaire du plan de fermeture et restauration



La présente section traite des différents éléments de contenu obligatoires du plan de fermeture et restauration prévu pour le site de la mine du Lac Guéret.

Ce plan préliminaire a été élaboré à partir d'une description du concept issu d'un plan de réaménagement réalisé par Met-Chem, en conformité avec le *Guide de préparation du plan de réaménagement et de restauration des sites miniers du Québec* (MERN, 2016). Il présente les grandes lignes du contenu du document final et de ce qui est prévu pour la post-fermeture, à ce stade-ci du projet.

La figure 5.1 présente une illustration du site de la mine après les activités de restauration.



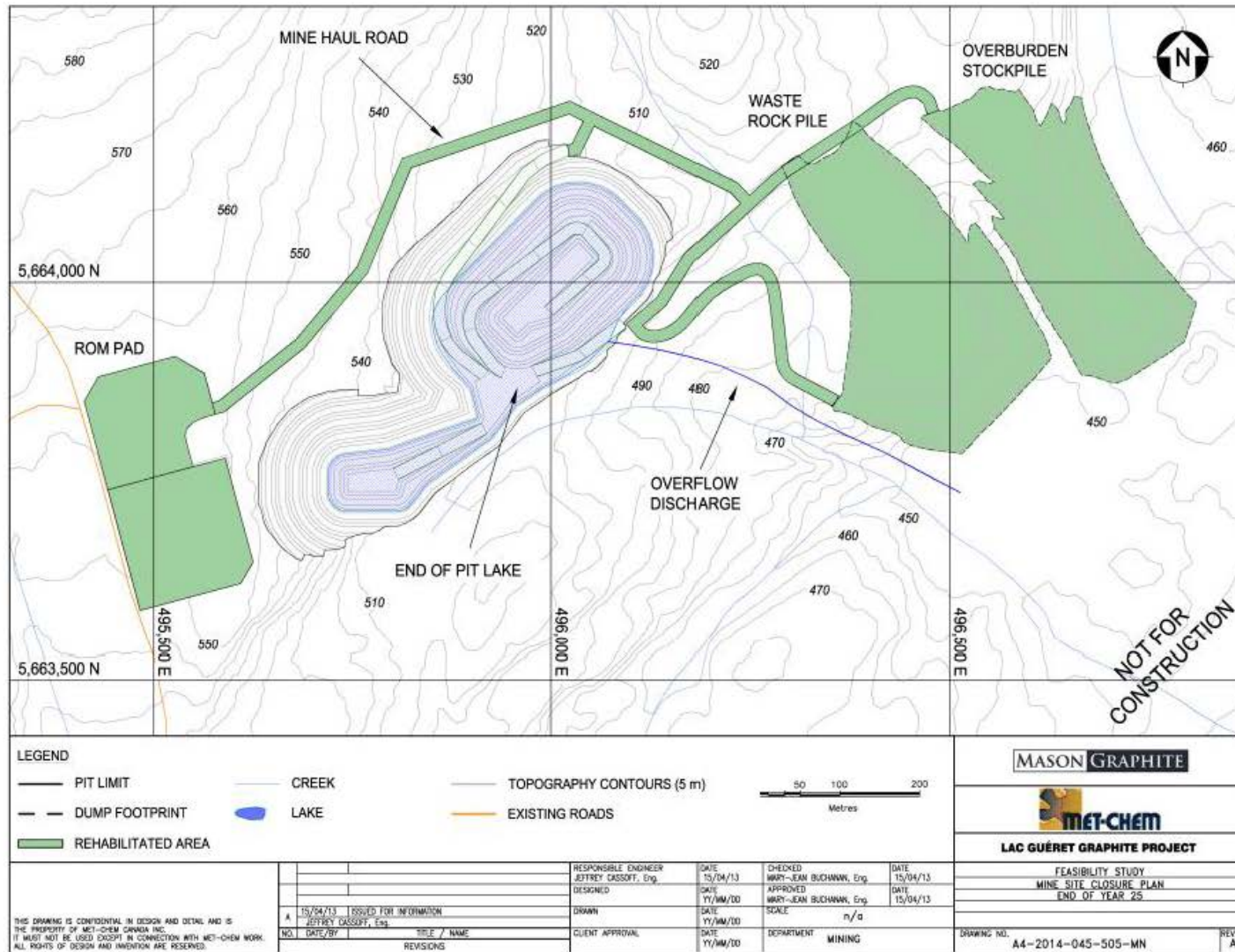


Figure 5-1 : Plan de restauration du site de la mine (tiré de l'annexe 5C de l'addenda A)

5.1 Renseignements généraux

Le plan de fermeture et restauration final comprendra une section de renseignements généraux, incluant les éléments suivants :

- Un résumé du plan;
- L'identification du requérant;
- L'emplacement du terrain;
- La géologie et la minéralogie du site;
- L'historique du site;
- Les autorisations diverses.

Cette section sera complétée à partir des informations présentées dans le rapport d'étude d'impacts, actualisées à la description finale du projet.

5.2 Description du site et des activités minières

Le plan de fermeture et restauration comprendra une section décrivant les activités d'extraction, de concassage et de manutention du minerai, ainsi que des résidus miniers. Les éléments suivants seront détaillés :

- Description et emplacement des installations, infrastructures et bâtiments;
- Aires d'accumulation (minerais, haldes de stériles et de mort-terrain);
- Gestion des eaux sur le site;
- Traitement des eaux usées;
- Lieux d'entreposage et d'élimination (explosifs, matières résiduelles dangereuses et non dangereuses).

Cette section sera complétée à partir des informations présentées dans le rapport d'étude d'impacts, actualisées à la description finale du projet.. Le niveau de détail des renseignements présentés sera suffisant pour donner une vue globale du site, ainsi que de l'étendue et de l'importance des activités minières.

5.3 Description des activités post-fermeture

5.3.1 Sécurité des lieux

À la fin des opérations minières, il est prévu de laisser la fosse se remplir graduellement d'eau grâce aux apports des précipitations, du ruissellement et d'infiltrations d'eau. Les chemins d'accès à la fosse seront bloqués à l'aide de larges blocs et un fossé et une levée seront aménagés en bordure de la fosse afin de limiter son accès.

Les études de stabilité structurale au sujet des aires d'accumulation des stériles et du minerai et au niveau des murs de la fosse ont déjà été réalisées dans le cadre de l'étude de faisabilité, et



les paramètres techniques de conception des murs de la fosse et des pentes des haldes à roches stériles et à mort-terrain seront stables et conviendront après la fermeture.

5.3.2 *Gestion de la fosse*

Le maintien à sec de la fosse à ciel ouvert sera interrompu à la fin de l'exploitation. Il est prévu que l'apport des précipitations et des infiltrations permettra de remplir la fosse jusqu'à ce que le niveau piézométrique soit atteint (40 m d'eau au maximum). Il est prévu d'aménager un exutoire au point topographique le plus bas, au sud-ouest de la fosse, vers le drainage naturel.

5.3.3 *Gestion de l'équipement et de la machinerie lourde*

Les équipements miniers et de services pouvant être récupérés et réutilisés, le seront par l'exploitant à ses autres installations (s'il y a lieu), ou vendus sur le marché des équipements usagés. Les réservoirs à carburant de ces équipements seront vidés de façon sécuritaire avant leur transport.

5.3.4 *Gestion des bâtiments, installations et infrastructures*

5.3.4.1 *Infrastructures de gestion des eaux*

Lorsqu'ils ne seront plus requis, les matériaux ou équipements des systèmes de pompage (secteurs camp et fosse), pouvant être récupérés et réutilisés, le seront par l'exploitant à ses autres installations (s'il y a lieu), ou vendus sur le marché des équipements usagés. Les fondations seront rasées au sol et ces installations ainsi que le bassin de décantation seront remblayés, nivelés et revégétalisés.

5.3.4.2 *Installations sanitaires*

Les services enfouis, tels que pour les eaux sanitaires, seront laissés en place après avoir été vidés de leur contenu. Les matériaux ou équipements du système de traitement des eaux sanitaires seront remblayés, nivelés et revégétalisés.

5.3.4.3 *Dépôt d'explosifs*

La roulotte qui aura servi de dépôt d'explosifs sera vidée de son contenu. Les explosifs inutilisés seront retournés au fournisseur. La roulotte sera soit nettoyée, puis démantelée ou réutilisée.

5.3.4.4 *Autres bâtiments et infrastructures*

Dans l'impossibilité de donner une seconde vie à des bâtiments et infrastructures, ceux-ci seront démantelés (voir section 5.3.5). Les principaux bâtiments et les infrastructures principales à démanteler sont les suivants :

Près de la fosse :

- Les chemins de halage vers l'aire d'entreposage du minerai et les haldes;
- Une génératrice au diesel, son réservoir et la distribution électrique (lignes et poteaux);
- Le stationnement à camions de transport du minerai;
- Le système de pompes au diesel pour le maintien à sec de la fosse;



Sécurité • Qualité • Durabilité • Innovation

- Le bassin de contrôle;
- Le dépôt d'explosif.

Près du camp, au lac Galette :

- La route entre les installations de concassage et le camp;
- Le complexe camp modulaire, cuisine, bureaux et stationnement des visiteurs;
- Le système d'approvisionnement en eau;
- Le système de traitement des eaux sanitaires (fosse septique et champ d'épuration);
- La génératrice, son réservoir à diesel et la distribution électrique (lignes et poteaux);
- La station de ravitaillement au diesel des camions;
- L'atelier d'entretien mécanique;
- Le stationnement des équipements miniers.

À la fin des opérations, les bâtiments modulaires, l'atelier d'entretien mécanique et autres installations (secteur fosse et camp) seront démantelés. Les fondations des bâtiments seront rasées au niveau du sol. Les services enfouis tels que pour l'eau potable et les eaux usées seront laissés en place après avoir été vidés de leur contenu.

Toutes les surfaces, incluant le bassin de contrôle, seront scarifiées si nécessaire et revégétalisées. Tous les chemins seront restaurés, mais il est prévu de conserver le chemin d'accès entre le secteur fosse et le camp, cet accès étant existant avant la construction du projet. Les améliorations qui y auront été faites seront conservées (élargissement, etc.).

Les matériaux de démantèlement seront gérés en conformité avec les dispositions de la réglementation en vigueur et les bonnes pratiques reconnues, selon une combinaison des options suivantes : 1) matériaux réutilisés sur place comme matériel de remblai (béton, brique, asphalte); 2) matériaux vendus (recyclage ou valorisation); ou 3) matériaux transportés vers un lieu d'élimination autorisé par le MDDELCC.

5.3.5 Démantèlement des bâtiments et infrastructures

5.3.5.1 Approche générale

La procédure qui sera établie est basée sur le guide des bonnes pratiques pour la gestion des matériaux de démantèlement (MDDEP, 2003). Cette procédure s'articule autour des quatre phases distinctes suivantes :

Phase d'exploration et de collecte d'informations

La phase de collecte d'informations a pour but de faire la collecte des informations disponibles, de faire une visite et une revue historique du terrain, de localiser les structures et équipements souterrains et d'évaluer la stabilité des bâtiments et structures.

Pour ce faire, une compilation des informations disponibles au moment de la préparation du plan de restauration sera réalisée. Dans le contexte du projet, cette étape sera assurée par la mise à



jour de tous les changements apportés aux plans des bâtiments, des plans de procédés, des plans des structures souterraines, ainsi qu'à la localisation des aires d'entreposage. Ces changements seront incorporés aux mises à jour du plan de restauration.

Toute la documentation technique pertinente (études d'impact, certificat d'autorisation, étude de caractérisation, données sur les milieux biophysique et humain) sera conservée et mise à jour en vue de la fermeture.

Une inspection de tous les bâtiments et infrastructures sera réalisée afin d'identifier les sources visibles de contamination et les secteurs exposés à la contamination. Si nécessaire, une évaluation de la stabilité des bâtiments et des structures sera réalisée.

Phase d'inventaire



La phase d'inventaire vise à faire un relevé général plus détaillé afin d'estimer les quantités et les volumes de matières résiduelles et de matériaux présents sur le site. L'inventaire comprend la compilation des groupes et classes de matériaux, leur localisation, l'identification et l'évaluation des volumes des matériaux potentiellement contaminés et non contaminés.

Cet inventaire permet aussi de faire l'identification des matériaux qui peuvent faire l'objet d'un réemploi ou de recyclage, et d'évaluer les matériaux potentiellement exposés à une contamination.

La construction étant moderne, la présence d'aucun matériau à base d'amiante ou de peinture à base de plomb n'est prévue dans les installations.

Phase de caractérisation des matériaux



Suite à la phase d'inventaire, si aucun matériau n'a été identifié comme étant potentiellement contaminé, la phase de caractérisation n'est pas nécessaire. Dans le cas contraire, la phase de caractérisation doit être réalisée. Cette phase permettra d'identifier les matériaux considérés comme étant des matières dangereuses selon le *Règlement sur les matières dangereuses*. La caractérisation sera réalisée par une campagne d'échantillonnage suivant les directives du *Cahier 8 du Guide d'échantillonnage à des fins d'analyses environnementales, relatif à l'échantillonnage des matières dangereuses* (MDDEP, 2008).

Un gabarit d'échantillonnage des matériaux sera réalisé, des méthodes de prélèvements et de préparation des échantillons et d'analyses chimiques seront élaborées et les critères ou normes applicables aux matériaux de démantèlement seront identifiés.

Enfin, certains autres éléments seront vérifiés au cours de cette caractérisation tels que la présence de poussières, de moisissures et de champignons.

Phase de démantèlement

La quatrième phase comprend le démantèlement et la gestion des matériaux démantelés. Le démantèlement sera planifié par bâtiment et infrastructure. Une méthode de ségrégation des matériaux sera élaborée afin d'extraire les équipements qui peuvent être récupérés et de séparer les matériaux non contaminés des matériaux contaminés.

5.3.5.2 *Utilisation de machinerie lourde*

Le démantèlement des installations du secteur mine sera réalisé à l'aide de machinerie lourde. Des pelles hydrauliques munies de cisailles seront utilisées pour couper l'acier. La récupération de l'acier coupé en sections sera réalisée à l'aide de pelles hydrauliques munies d'aimants. Le béton, quant à lui, sera démoli par des pelles hydrauliques munies de marteaux hydrauliques et sera ensuite broyé à l'aide d'un concasseur. Enfin, des grues seront nécessaires pour le démantèlement des structures en hauteur.

Voici une liste préliminaire des équipements qui seront utilisés afin de mener à bien les travaux de démantèlement des installations :

- Pelles hydrauliques;
- Pelles hydrauliques avec marteau;
- Pelles hydrauliques avec aimants;
- Pelles hydrauliques avec godet;
- Chargeuses sur roues;
- Concasseurs à béton;
- Grues;
- Nacelles télescopiques.

5.3.5.3 *Gestion des matériaux de démantèlement*

La réduction, le réemploi, le recyclage et la valorisation (3RV) des matériaux issus du démantèlement seront toujours envisagés préférablement à leur élimination. Un programme de gestion des matériaux de démantèlement permettra d'identifier les matériaux pouvant être réutilisés, recyclés ou valorisés.

Lorsque l'élimination des matériaux non contaminés est la seule solution, ils seront éliminés dans des lieux de disposition autorisés par le MDDELCC, en conformité avec le REIM, alors que les matériaux considérés comme des matières dangereuses seront transportés vers un lieu d'élimination de matières dangereuses autorisé par le MDDELCC, en conformité avec le RMD.

Matières dangereuses résiduelles

À la fin des opérations de la mine, tous les produits chimiques normalement utilisés lors de l'exploitation seront préférablement retournés aux fournisseurs, ou sinon éliminés selon la réglementation en vigueur.



Le béton enduit de bitume ou de peinture par exemple, ou taché par des hydrocarbures ou des résidus de production sera séparé du béton propre avant d'effectuer le concassage. En effet, le béton contaminé par ces substances est traité comme une matière dangereuse résiduelle. Toutefois, il sera possible de nettoyer ce béton contaminé pour, par la suite, le récupérer.

La contamination de la surface du béton pourra être nettoyée à l'aide de méthodes telles que le cassage, le forage ou la scarification. Ces méthodes permettent de réduire les volumes de béton à traiter.

Plusieurs matériaux liquides considérés comme des matières dangereuses résiduelles devront être gérées lors de la fermeture. Ces liquides seront transportés vers un lieu de gestion de matières dangereuses résiduelles autorisé par le MDDELCC. Voici une liste non exhaustive de certains liquides qui pourraient devoir être gérés :

- Eau huileuse;
- Hydrocarbures et solvant;
- Graisse;
- Ethylèneglycol (antigel);
- Acétone;
- Soude caustique;
- Glycol;
- Lignosol;
- Mélange alun-polymères ou flocculant;
- Hypochlorite de sodium ;
- Acides usés;
- Huile usée (hydraulique, à moteur et isolante);
- Bonbonnes de propane.

En ce qui concerne les matières dangereuses, un suivi sera réalisé pendant les travaux de démantèlement et durant leur transport et leur élimination selon le *Règlement sur les matières dangereuses* et le *Règlement sur le transport des matières dangereuses*.


Valorisation des autres matières résiduelles

Le béton hors-sol, non contaminé sera concassé sans armature. Le béton, ainsi dépouillé de son armature et broyé, est considéré comme du remblai de classe B et peut ainsi être étendu au sol à des fins de remblayage ou de nivellement (MDDEP, 2003).

La gestion du béton, des briques et de l'asphalte provenant du démantèlement sera faite en conformité avec la loi et 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* (MDDEP, 2009).



5.3.6 **Réhabilitation des terrains contaminés**

La réhabilitation des terrains sera effectuée dans le respect de la section IV.2.1 de la LQE et de la Politique de protection des sols et de réhabilitation des terrains contaminés (PPSRTC), et de la réglementation afférente en vigueur. 

5.3.6.1 **Phase de caractérisation des sols contaminés**

Basée sur l'historique connue du terrain, une caractérisation de site (Phase II) sera effectuée afin d'identifier et de cartographier les secteurs de la propriété où les sols présentent de la contamination, en utilisant les plages de critères génériques de la PPSRTC. Les secteurs identifiés feront l'objet d'analyses approfondies (Phase III) afin de préciser les types de contaminants, le niveau de contamination, ainsi que la distribution spatiale (en surface et en profondeur). Les études de caractérisation des sols seront déposées au MDDELCC pour approbation.

Si le degré de contamination des sols dépasse le critère B de la PPSRTC, un plan de réhabilitation sera préparé et déposé au MDDELCC pour approbation. Les travaux de réhabilitation seront effectués, conformément à ce plan, afin de remettre le site dans un état satisfaisant aux usages futurs.

5.3.6.2 **Phase de réhabilitation du terrain et de gestion des sols contaminés**

Les travaux de réhabilitation du terrain seront réalisés conformément au Plan de réhabilitation préparé à partir de la caractérisation exhaustive. La caractérisation des sols excavés en cours de réhabilitation sera réalisée en suivant les directives du *Cahier 5 du Guide d'échantillonnage à des fins d'analyses environnementales, relatif à l'échantillonnage des sols (MDDEP, 2010)*. Les eaux d'excavation seront échantillonnées et analysées en fonction des critères autorisés, et traitées, le cas échéant, avant d'être retournées au milieu naturel. Les sols contaminés au-delà du critère B seront acheminés par camion vers des lieux de disposition autorisés par le MDDELCC.

Comme pour le démantèlement des installations, la phase de réhabilitation nécessite l'utilisation de machinerie lourde. Parmi les principaux équipements, mentionnons :

- Pelles hydrauliques avec godets;
- Chargeuses sur roues;
- Bouteurs (« bulldozers »);
- Camions benne et semi-remorques.

5.3.6.3 **Phase de mise en végétation**

Une fois les terrains décontaminés, ils seront recouverts d'une couche de sol organique en préparation de la mise en végétation, au moyen d'une combinaison d'ensemencement et de plantation de jeunes plants d'arbres, tels que des sapins baumiers et des épinettes noires, déjà présents dans le milieu existant.



5.3.7 Aires d'accumulation

5.3.7.1 Haldes de stériles et de mort-terrain

Les activités d'extraction de la fosse qui auront lieu sur une période de 25 ans nécessiteront le développement d'une halde de stériles et de mort-terrain. La halde de stériles aura une superficie totale de 8 hectares à sa base et atteindra l'élévation de 500 m, soit environ la même élévation que la topographie environnante. La pente moyenne de la halde à stérile sera de 26,6° (soit 2H:1V). Elle sera formée de deux (2) bancs de 25 m de hauteur et d'une banquette de 14,3 m. Elle sera construite sur le flanc d'une crête.

La halde de mort-terrain aura une superficie de 6 hectares à sa base. Elle atteindra l'élévation de 490 m, soit environ la même élévation que la topographie environnante. La pente moyenne de la halde à mort-terrain sera de 18,4° (3H:1V). Elle sera formée de trois (3) bancs de 10 m de hauteur avec banquettes de 17,2 m. Elle sera construite sur le flanc d'une crête.

La halde de mort-terrain sera complétée à l'année 10 et il est prévu de revégétaliser celle-ci progressivement à partir de l'année 7.

Il sera possible de revégétaliser les pentes du niveau inférieur de la halde de stériles à la fin de l'année 15. Le reste de la halde de stériles sera restaurée à la fin des opérations minières.

Une épaisseur d'environ 30 cm de mort-terrain sera étendue sur la halde de stériles. La restauration des haldes prévoit une combinaison d'ensemencement et de plantation de jeunes plants d'arbres tels que des sapins baumiers et des épinettes noires, déjà présents dans le milieu existant.

5.3.7.2 Aire d'entreposage du minerai

Les eaux de drainage de la superficie occupée seront canalisées vers un fossé collecteur. Ce fossé dirigera les eaux de contact vers le bassin de contrôle en vue d'être traitées avant le rejet final au milieu récepteur naturel.

À la fin des opérations, tout le minerai encore entreposé sera chargé et transporté au concentrateur. La surface sera nettoyée pour récupérer toutes les particules de minerai sur l'aire d'entreposage. Le terrain sera par la suite recouvert d'une couche de sol organique en préparation de la mise en végétation, au moyen d'une combinaison d'ensemencement et de plantation de jeunes plants d'arbres, tels que des sapins baumiers et des épinettes noires, déjà présents dans le milieu existant.

5.3.8 Programme de suivi et d'entretien post-restauration

5.3.8.1 Suivi et entretien de l'intégrité des ouvrages

Selon la définition de projet à ce stade-ci, aucun ouvrage ne demeurera en place une fois les opérations minières terminées et la fermeture/restauration du site complétée. La préparation d'un programme de suivi et d'entretien ne s'applique donc pas.



Néanmoins, au moment de produire la version finale du présent document, cette section sera révisée en tenant compte de la description finale du projet. Si jamais un tel programme s'avérait nécessaire, il sera développé en englobant les éléments suivants :

- L'objectif du suivi et de l'entretien;
- L'emplacement du ou des points de contrôle;
- Le calendrier des activités (période de contrôle et fréquence des inspections);
- Le type de suivi requis (inspections visuelles, mesures, paramètres considérés, etc.);
- L'instrumentation utilisée sur le terrain (puits d'observation, station d'échantillonnage automatisées, débitmètres, repères d'arpentage, etc.), les paramètres analysés et l'entretien des instruments;
- Les méthodes employés pour l'inspection, la compilation des données et l'évaluation des résultats obtenus;
- Les coordonnées des personnes responsables du suivi.

5.3.8.2 *Suivi environnemental*

Un suivi environnemental durant les premières années suivant la fermeture et suivant la restauration permettra de confirmer que l'approche de gestion post-opération énoncée par Mason Graphite sera acceptable et suffisante et ne compromettra pas la qualité du milieu récepteur. Des mesures correctrices seront mises en œuvre, si requis.

Pour ce qui est de la phase de fermeture, soit durant la période de post-exploitation (prévue sur 2 ans) et de post-restauration (prévue sur 5 ans au minimum), les indicateurs de suivi seront les mêmes que ceux mesurés lors de l'exploitation de la mine et spécifiés dans la réglementation. La fréquence d'échantillonnage est de deux (2) fois par année.

Le programme de suivi en période de post-restauration se terminera lorsque les exigences de la Directive 019, les objectifs environnementaux de rejet calculés pour le site ainsi que les critères de qualité des eaux souterraines ne seront pas dépassés pour une période continue de 5 ans et/ou lorsque le MDDELCC et le MERN donneront leur approbation.

Le programme final de suivi environnemental, qui sera préparé et présenté dans le plan de fermeture et restauration de la mine, englobera, entre autres :

- L'objectif et le suivi;
- L'emplacement des points de contrôle (site, parties en amont du point de rejet et en aval du milieu récepteur, emplacements des piézomètres, puits d'observation, etc.);
- Les paramètres retenus (physiques, chimiques et biologiques);
- La description des équipements d'échantillonnage et de mesure (pH, débit, etc.);
- Le calendrier des activités (fréquence des échantillonnages);
- La compilation et l'évaluation des résultats obtenus;
- Les coordonnées des personnes responsables du suivi environnemental.

Cette section sera complétée à partir des informations présentées dans le rapport d'étude d'impacts (section 12.3 révisée suite à l'intégration des réponses aux questions/commentaires du MDDELLCC), et actualisées à la description finale du projet.

5.3.9 **Plan d'urgence**

Le plan de fermeture et restauration présentera un plan d'urgence pour gérer les accidents, adapté au secteur de la mine, tant pour la période des travaux de restauration que pour la période post-restauration. Ce plan comprendra les éléments suivants :

- Une liste détaillée des risques associés à chacun des ouvrages ainsi qu'une description des mesures d'intervention;
- Les mesures préventives qui permettent une réponse rapide et efficace aux situations d'urgence (formation, affichage, etc.);
- Les mesures à prendre immédiatement en cas d'accident, y compris la liste de l'équipement d'intervention d'urgence et l'emplacement de cet équipement;
- L'identification des zones à risque établies en fonction de la gravité et des conséquences d'un bris de digues (évacuation, barrières, etc.);
- La liste et coordonnées des personnes responsables du site minier chargées de mettre à l'exécution sans délai les mesures à appliquer;
- La liste et coordonnées des organismes à contacter.

Ce plan d'urgence sera préparé sur la base du document actif au moment de l'arrêt des opérations au site de la mine et adapté pour tenir compte du contexte de fermeture, des activités propres à cette nouvelle phase du projet et des exigences minimales listées plus haut.

Ce plan sera détaillé en collaboration avec les autorités de la MRC Manicouagan et avec la Sécurité civile du Québec afin d'assurer un passage harmonieux de la phase exploitation à la phase de fermeture et maintenir ainsi une efficacité de la réponse lors des interventions.

Le PMU détaillé sera maintenu à jour par Mason Graphite afin de mobiliser efficacement les ressources en cas d'urgence. De plus, il sera révisé périodiquement et fera l'objet de formation régulière du personnel en place, incluant les entrepreneurs.

L'annexe 10B (révision 1) de l'Addenda A présente une version préliminaire du Plan des mesures d'urgence en phase d'exploitation (mine et concentrateur).

6. **En cas de cessation temporaire**



En cas d'une suspension temporaire des activités minières pendant au moins six mois, Mason Graphite avisera le MERN et le MDDELCC au moins dix jours avant le début de la suspension. De plus, dans les quatre mois suivant la date du début de la suspension, Mason Graphite transmettra des copies, certifiées par un ingénieur ou par un géologue, des plans des ouvrages et installations, ainsi que des aires d'accumulation existantes.



De plus, le plan de fermeture et de restauration comprendra une section présentant les moyens prévus pour assurer la sécurité du public et la protection de l'environnement durant l'arrêt temporaire des activités minières, accompagnée d'une carte détaillée des sources de risques des éléments de sécurité. Les points suivants seront traités :

- Les mesures destinées à restreindre l'accès au site, aux différents bâtiments et aux autres infrastructures;
- Les mesures mises en place pour assurer la sécurité des fosses;
- Les mesures mises en place pour la gestion des eaux sur le site minier;
- Le suivi environnemental;
- Les mesures d'entreposage de tous les types de produits chimiques et pétroliers et de toutes les matières dangereuses résiduelles;
- Les mesures prises pour assurer la stabilité physique et chimique des différentes aires d'accumulation;
- Un calendrier de mise en place des mesures de sécurité ainsi qu'un calendrier des visites de surveillance.



Mason Graphite Inc

Exploitation du gisement de graphite naturel du Lac Guéret

Étude d'impact sur l'environnement – Addenda A
Annexe 5C : Plan préliminaire de fermeture et restauration du secteur
usine à Baie-Comeau (révision 2)



Sécurité • Qualité • Durabilité • Innovation

Table des matières

1. Introduction	3
2. Objectif	3
3. Considérations générales	3
4. Consultation des parties prenantes	4
5. Contenu préliminaire du plan de fermeture et restauration	4
5.1 Renseignements généraux	5
5.2 Description du site et des activités minières.....	5
5.3 Description des activités post-fermeture.....	5
5.3.1 Sécurité des lieux.....	5
5.3.2 Gestion de l'équipement et de la machinerie lourde.....	5
5.3.3 Gestion des bâtiments, installations et infrastructures	6
5.3.4 Démantèlement des bâtiments et infrastructures	6
5.3.4.1 Approche générale	6
5.3.4.2 Utilisation de machinerie lourde	8
5.3.4.3 Gestion des matériaux de démantèlement	8
5.3.5 Réhabilitation des terrains contaminés	10
5.3.5.1 Phase de caractérisation des sols contaminés	10
5.3.5.2 Phase de réhabilitation du terrain et de gestion des sols contaminés.....	10
5.3.5.3 Phase de mise en végétation.....	10
5.3.6 Aires d'accumulation	11
5.3.6.1 Parc à résidus miniers.....	11
5.3.6.2 Aire d'entreposage du minerai	11
5.3.7 Programme de suivi et d'entretien post-restauration	11
5.3.7.1 Suivi et entretien de l'intégrité des ouvrages	11
5.3.7.2 Suivi environnemental	12
5.3.8 Plan d'urgence	12
6. En cas de cessation temporaire	13



1. Introduction

Mason Graphite s'engage à planifier et à réaliser un plan de fermeture et restauration, pour le site du concentrateur à Baie-Comeau, qui respecte les dispositions de la *Loi sur les Mines* (ch. M-13.1) et de la *Loi sur la qualité de l'environnement* (ch. Q-2) portant sur la restauration des sites miniers.

Les principales composantes et étapes de ce plan de fermeture et restauration s'inspirent des exigences générales présentées dans le *Guide de préparation du plan de réaménagement et de restauration des sites miniers au Québec* (MERN, 2016), dans le *Guide des bonnes pratiques pour la gestion des matériaux de démantèlement* (MDDEP, 2003), ainsi que dans la *Directive 019* sur l'industrie minière (MDDEP, 2012).

Le présent document dresse un portrait général de la manière dont Mason Graphite entend procéder à la fermeture et à la restauration du secteur usine, à la fin de la période d'exploitation. Les sections 2 et 3 présentent les objectifs visés par le plan de fermeture et restauration, ainsi que les considérations générales à prendre en considération. La section 4 traite de la consultation des parties prenantes alors que la section 5 décrit le contenu préliminaire du plan de fermeture et de restauration, à ce stade-ci de la définition du projet.

2. Objectif

L'objectif principal du plan de fermeture et restauration du secteur usine du projet est de remettre le site dans un état dit « satisfaisant », c'est-à-dire (MERN, 2016) :

- Éliminer les risques inacceptables pour la santé et assurer la sécurité des personnes;
- Limiter la production et la propagation de contaminants susceptibles de porter atteinte au milieu récepteur et, à long terme, viser à éliminer toute forme d'entretien et de suivi;
- Remettre le site dans un état visuellement acceptable pour la collectivité;
- Remettre le site des infrastructures dans un état compatible avec les usages futurs (en excluant le parc à résidus miniers qui restera sur place après la fermeture).

3. Considérations générales

Lors de la préparation du plan de fermeture et de restauration, les considérations générales suivantes seront prises en considération :

Éléments de contenu obligatoires

- Une description détaillée des installations et infrastructures en place et des méthodes pratiquées;
- Une description détaillée des travaux prévus suite à l'arrêt des opérations, tels que :
 - ♦ le démantèlement des bâtiments et infrastructures incluant le mode de gestion des matériaux démantelés;
 - ♦ la remise en état du terrain, incluant la réhabilitation des terrains contaminés, la restauration du parc à résidus et de l'aire d'entreposage du minerai, ainsi que la mise en végétation du site.

- Une identification des principaux enjeux et impacts environnementaux, ainsi que les mesures d'atténuation qui seront mises en place;
- Une mise à jour progressive des données de caractérisation du milieu (biologique, physique et humain), des lois et règlements applicables à la fermeture d'une exploitation minière, ainsi que des attentes des parties prenantes;
- Une présentation du calendrier de réalisation;
- Une évaluation des coûts anticipés pour la réalisation des travaux et la présentation de la forme que prendra la garantie financière correspondant à l'ampleur des coûts estimés;
- Une description des mesures applicables en cas de cessation temporaire;
- Un programme de suivi post-restauration;
- Un plan d'urgence.

Conditions administratives à respecter

- Le dépôt du plan au MERN avant le début de la mise en exploitation de l'usine;
- Une fois déposé et approuvé, la mise à jour du plan à tous les cinq ans après la mise en service des installations. Cette mise à jour permettra de refléter les changements du site en service et les changements réglementaires.

4. Consultation des parties prenantes

Mason Graphite consultera les parties prenantes du milieu pour identifier les préoccupations et besoins potentiels de la région. Le site du concentrateur étant localisé dans le parc industriel Jean-Noël-Tessier, certaines installations pourraient être conservées ou modifiées pour le futur utilisateur du site industriel. Ainsi, les chemins d'accès, les réseaux électriques et d'égout pourraient être conservés.

L'identification finale de ces installations à conserver sera effectuée en collaboration avec le milieu d'affaires de Baie-Comeau et les acteurs du milieu s'il y a lieu. Ces communications et échanges feront partie du processus de communication que Mason Graphite mettra en place avec le milieu..

5. Contenu préliminaire du plan de fermeture et restauration



La présente section traite des différents éléments de contenu obligatoires du plan de fermeture et restauration prévu pour le site du concentrateur à Baie-Comeau.

Ce plan préliminaire a été élaboré à partir d'une description du concept issu d'un plan de réaménagement réalisé par Hatch, en conformité avec le *Guide de préparation du plan de réaménagement et de restauration des sites miniers du Québec* (MERN, 2016). Il présente les grandes lignes du contenu du document final et de ce qui est prévu pour la post-fermeture, à ce stade-ci du projet.

5.1 Renseignements généraux

Le plan de fermeture et restauration final comprendra une section de renseignements généraux, incluant les éléments suivants :

- Un résumé du plan;
- L'identification du requérant;
- L'emplacement du terrain;
- L'historique du site;
- Les autorisations diverses.

Cette section sera complétée à partir des informations présentées dans le rapport d'étude d'impacts, actualisées au contexte prévalant au moment de déposer le document final.

5.2 Description du site et des activités minières

Le plan de fermeture et restauration comprendra une section décrivant les activités de manutention et de traitement du minerai, ainsi que des résidus miniers. Les éléments suivants seront détaillés :

- Description et emplacement des installations, infrastructures et bâtiments;
- Gestion des eaux sur le site;
- Traitement des eaux usées;
- Parc à résidus miniers;
- Lieux d'entreposage et d'élimination (matières résiduelles dangereuses et non dangereuses).

Cette section sera complétée à partir des informations présentées dans le rapport d'étude d'impacts, actualisées au contexte prévalant au moment de déposer le document final. Le niveau de détail des renseignements présentés sera suffisant pour donner une vue globale du site, ainsi que de l'étendue et de l'importance des activités minières.

5.3 Description des activités post-fermeture

5.3.1 Sécurité des lieux

L'accès au site du concentrateur sera contrôlé lors des activités de fermeture et restauration. Le site sera par la suite laissé dans un état sécuritaire pour les personnes, en tenant en compte qu'il est localisé dans un parc industriel situé en périphérie du périmètre urbain de Baie-Comeau.

5.3.2 Gestion de l'équipement et de la machinerie lourde

Les équipements miniers et de services pouvant être récupérés et réutilisés, le seront par l'exploitant à ses autres installations (s'il y a lieu), ou vendus sur le marché des équipements usagés. Les réservoirs à carburant de ces équipements seront vidés de façon sécuritaire avant leur transport.

5.3.3 **Gestion des bâtiments, installations et infrastructures**

Tel que mentionné plus haut, le site du concentrateur étant localisé dans le parc industriel Jean-Noël-Tessier, certaines installations pourraient être conservées ou modifiées pour le futur utilisateur du site industriel. Ainsi, les chemins d'accès, les réseaux électriques et d'égout pourraient être conservés.

Dans l'impossibilité de donner une seconde vie à des bâtiments et infrastructures, ceux-ci seront démantelés (voir section 5.3.4). Les principaux bâtiments et infrastructures à démanteler sont les suivants :

- L'usine du concentrateur ainsi que tous les équipements intérieurs;
- L'entrepôt de produits finis;
- L'usine de filtration des résidus;
- Les bureaux administratifs;
- L'entrepôt de pièces de rechange;
- Le concasseur et les installations de transport du minerai par convoyeur;
- L'unité de traitement des eaux;
- Le bassin de sédimentation des eaux de ruissellement de l'aire d'entreposage du minerai concassé;
- L'aire d'entreposage du minerai concassé;
- L'aire d'entreposage des sacs de graphite;
- La réserve d'eau brute;
- Les conduites souterraines.

Les fondations de béton non contaminées seront laissées sur place et recouvertes de substances minérales permettant la revégétalisation. Les services enfouis tels que pour l'eau potable et les eaux usées seront laissés en place et sécurisés. Toutes les surfaces qui ne seront pas conservées (chemins et stationnements) seront scarifiées et restaurées.

Les matériaux de démantèlement seront gérés en conformité avec les dispositions de la réglementation en vigueur et les bonnes pratiques reconnues, selon une combinaison des options suivantes : 1) matériaux réutilisés sur place comme matériel de remblai (béton, brique, asphalte); 2) matériaux vendus (recyclage ou valorisation); ou 3) matériaux transportés vers un lieu d'élimination autorisé par le MDDELCC.

5.3.4 **Démantèlement des bâtiments et infrastructures**

5.3.4.1 **Approche générale**

La procédure qui sera établie est basée sur le guide des bonnes pratiques pour la gestion des matériaux de démantèlement (MDDEP, 2003). Cette procédure s'articule autour des quatre phases distinctes suivantes :



Phase d'exploration et de collecte d'informations

La phase de collecte d'informations a pour but de faire la collecte des informations disponibles, de faire une visite et une revue historique du terrain, de localiser les structures et équipements souterrains et d'évaluer la stabilité des bâtiments et structures.

Pour ce faire, une compilation des informations disponibles au moment de la préparation du plan de restauration sera réalisée. Dans le contexte du projet, cette étape sera assurée par la mise à jour de tous les changements apportés aux plans des bâtiments, des plans de procédés, des plans des structures souterraines, ainsi qu'à la localisation des aires d'entreposage. Ces changements seront incorporés aux mises à jour du plan de restauration.

Toute la documentation technique pertinente (études d'impact, certificat d'autorisation, étude de caractérisation, données sur les milieux biophysique et humain) sera conservée et mise à jour en vue de la fermeture.

Une inspection de tous les bâtiments et infrastructures sera réalisée afin d'identifier les sources visibles de contamination et les secteurs exposés à la contamination. Si nécessaire, une évaluation de la stabilité des bâtiments et des structures sera réalisée.

Phase d'inventaire



La phase d'inventaire vise à faire un relevé général plus détaillé afin d'estimer les quantités et les volumes de matières résiduelles et de matériaux présents sur le site. L'inventaire comprend la compilation des groupes et classes de matériaux, leur localisation, l'identification et l'évaluation des volumes des matériaux potentiellement contaminés et non contaminés.

Cet inventaire permet aussi de faire l'identification des matériaux qui peuvent faire l'objet d'un réemploi ou de recyclage, et d'évaluer les matériaux potentiellement exposés à une contamination.

La construction étant moderne, la présence d'aucun matériau à base d'amiante ou de peinture à base de plomb n'est prévue dans les installations.

Phase de caractérisation des matériaux



Suite à la phase d'inventaire, si aucun matériau n'a été identifié comme étant potentiellement contaminé, la phase de caractérisation n'est pas nécessaire. Dans le cas contraire, la phase de caractérisation doit être réalisée. Cette phase permettra d'identifier les matériaux considérés comme étant des matières dangereuses selon le *Règlement sur les matières dangereuses*. La caractérisation sera réalisée par une campagne d'échantillonnage suivant les directives du *Cahier 8 du Guide d'échantillonnage à des fins d'analyses environnementales, relatif à l'échantillonnage des matières dangereuses* (MDDEP, 2008).

Un gabarit d'échantillonnage des matériaux sera réalisé, des méthodes de prélèvements et de préparation des échantillons et d'analyses chimiques seront élaborées et les critères ou normes applicables aux matériaux de démantèlement seront identifiés.

Enfin, certains autres éléments seront vérifiés au cours de cette caractérisation tels que la présence de poussières, de moisissures et de champignons.

Phase de démantèlement

La quatrième phase comprend le démantèlement et la gestion des matériaux démantelés. Le démantèlement sera planifié par bâtiment et infrastructure. Une méthode de ségrégation des matériaux sera élaborée afin d'extraire les équipements qui peuvent être récupérés et de séparer les matériaux non contaminés des matériaux contaminés.

5.3.4.2 *Utilisation de machinerie lourde*

Le démantèlement des installations du secteur usine sera réalisé à l'aide de machinerie lourde. Des pelles hydrauliques munies de cisailles seront utilisées pour couper l'acier. La récupération de l'acier coupé en sections sera réalisée à l'aide de pelles hydrauliques munies d'aimants. Le béton, quant à lui, sera démolé par des pelles hydrauliques munies de marteaux hydrauliques et sera ensuite broyé à l'aide d'un concasseur. Enfin, des grues seront nécessaires pour le démantèlement des structures en hauteur.

Voici une liste préliminaire des équipements qui seront utilisés afin de mener à bien les travaux de démantèlement des installations :

- Pelles hydrauliques;
- Pelles hydrauliques avec marteau;
- Pelles hydrauliques avec aimants;
- Pelles hydrauliques avec godet;
- Chargeuses sur roues;
- Concasseurs à béton;
- Grues;
- Nacelles télescopiques.

5.3.4.3 *Gestion des matériaux de démantèlement*

La réduction, le réemploi, le recyclage et la valorisation (3RV) des matériaux issus du démantèlement seront toujours envisagés préférablement à leur élimination, en accord avec la Politique québécoise de gestion des matières résiduelles. Un programme de gestion des matériaux de démantèlement permettra d'identifier les matériaux pouvant être réutilisés, recyclés ou valorisés.

Lorsque l'élimination des matériaux non contaminés est la seule solution, ils seront éliminés dans des lieux de disposition autorisés par le MDDELCC, en conformité avec le REIM, alors que les matériaux considérés comme des matières dangereuses seront transportés vers un lieu d'élimination de matières dangereuses autorisé par le MDDELCC, en conformité avec le RMD.

Matières dangereuses résiduelles

À la fin des opérations au site du concentrateur de Baie-Comeau, tous les produits chimiques normalement utilisés lors de l'exploitation seront préférablement retournés aux fournisseurs, ou sinon éliminés selon la réglementation en vigueur.

Le béton enduit de bitume ou de peinture par exemple, ou taché par des hydrocarbures ou des résidus de production sera séparé du béton propre avant d'effectuer le concassage. En effet, le béton contaminé par ces substances est traité comme une matière dangereuse résiduelle. Toutefois, il sera possible de nettoyer ce béton contaminé pour, par la suite, le récupérer.

La contamination de la surface du béton pourra être nettoyée à l'aide de méthodes telles que le cassage, le forage ou la scarification. Ces méthodes permettent de réduire les volumes de béton à traiter.

Plusieurs matériaux liquides considérés comme des matières dangereuses résiduelles devront être gérées lors de la fermeture. Ces liquides seront transportés vers un lieu de gestion de matières dangereuses résiduelles autorisé par le MDDELCC. Voici une liste non exhaustive de certains liquides qui pourraient devoir être gérés :

- Eau huileuse;
- Hydrocarbures et solvant;
- Graisse;
- Ethylèneglycol (antigel);
- Acétone;
- Soude caustique;
- Glycol;
- Lignosol;
- Mélange alun-polymères ou flocculant;
- Hypochlorite de sodium ;
- Acides usés;
- Huile usée (hydraulique, à moteur et isolante);
- Bonbonnes de propane.


En ce qui concerne les matières dangereuses, un suivi sera réalisé pendant les travaux de démantèlement et durant leur transport et leur élimination selon le *Règlement sur les matières dangereuses* et le *Règlement sur le transport des matières dangereuses*.

Valorisation des autres matières résiduelles

Le béton hors-sol, non contaminé sera concassé sans armature. Le béton, ainsi dépouillé de son armature et broyé, est considéré comme du remblai de classe B et peut ainsi être étendu au sol à des fins de remblayage ou de nivellement (MDDEP, 2003).

La gestion du béton, des briques et de l'asphalte provenant du démantèlement sera faite en conformité avec la loi et 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* (MDDEP, 2009).

5.3.5 **Réhabilitation des terrains contaminés**

La réhabilitation des terrains sera effectuée dans le respect de la section IV.2.1 de la LQE et de la  Politique de protection des sols et de réhabilitation des terrains contaminés (PPSRTC), et de la réglementation afférente en vigueur.

5.3.5.1 **Phase de caractérisation des sols contaminés**

Basée sur l'historique connue du terrain, une caractérisation de site (Phase II) sera effectuée afin d'identifier et de cartographier les secteurs de la propriété où les sols présentent de la contamination, en utilisant les plages de critères génériques de la PPSRTC. Les secteurs identifiés feront l'objet d'analyses approfondies (Phase III) afin de préciser les types de contaminants, le niveau de contamination, ainsi que la distribution spatiale (en surface et en profondeur). Les études de caractérisation des sols seront déposées au MDDELCC pour approbation.

Si le degré de contamination des sols dépasse le critère B de la PPSRTC, un plan de réhabilitation sera préparé et déposé au MDDELCC pour approbation. Les travaux de réhabilitation seront effectués, conformément à ce plan, afin de remettre le site dans un état satisfaisant aux usages futurs.

5.3.5.2 **Phase de réhabilitation du terrain et de gestion des sols contaminés**

Les travaux de réhabilitation du terrain seront réalisés conformément au Plan de réhabilitation préparé à partir de la caractérisation exhaustive. La caractérisation des sols excavés en cours de réhabilitation sera réalisée en suivant les directives du *Cahier 5 du Guide d'échantillonnage à des fins d'analyses environnementales, relatif à l'échantillonnage des sols (MDDEP, 2010)*. Les eaux d'excavation seront échantillonnées et analysées en fonction des critères autorisés, et traitées, le cas échéant, avant d'être retournées au milieu naturel. Les sols contaminés au-delà du critère C seront acheminés par camion vers des lieux de disposition autorisés par le MDDELCC.

Comme pour le démantèlement des installations, la phase de réhabilitation nécessite l'utilisation de machinerie lourde. Parmi les principaux équipements, mentionnons :

- Pelles hydrauliques avec godets;
- Chargeuses sur roues;
- Bouteurs (« bulldozers »);
- Camions benne et semi-remorques.

5.3.5.3 **Phase de mise en végétation**

La remise en végétation sera réalisée sur toutes les aires qui auront été perturbées lors de la construction et de l'opération du concentrateur. Les étapes suivantes seront réalisées :

- Les pentes du terrain seront adoucies puis une couche de sol organique sera appliquée en préparation de la revégétalisation;
- Les aires d'entreposage seront recouvertes d'une couche de sol organique en préparation à la revégétalisation;

- Une végétation herbacée ou arbustive sera établie pour contrôler l'érosion. Les espèces indigènes présentes au moment de la construction de l'usine seront préférablement choisies pour l'ensemencement.

5.3.6 Aires d'accumulation

5.3.6.1 Parc à résidus miniers

La pile de résidus sera restaurée de manière progressive, durant la phase d'exploitation, par la mise en végétation des pentes de la pile. Cette restauration progressive permettra de superviser, d'entretenir et d'améliorer au besoin les méthodes de restauration en utilisant le personnel présent sur le site, plutôt que de devoir conserver une équipe transitoire à la fin de vie du projet.

Dès les cinq (5) premières années d'exploitation, le périmètre autour de la pile de résidus filtrés sera profilé (avec équipements de terrassement) en vue d'un recouvrement graduel pour étanchéisation et revégétalisation. Une couche d'étanchéité composée d'argile ou d'une autre matière à définir permettra de minimiser le contact des résidus avec l'eau et l'air, puis les zones à restaurer serontensemencées et végétalisées avec des arbustes et jeunes arbres indigènes du site.

Après l'arrêt des opérations, une fois que l'eau de la réserve brute aura complètement été traitée, les installations de traitement des eaux usées seront démantelées et la réserve d'eau brute pourra être laissée tel quel ou fermée, c'est-à-dire vidée, puis restaurée et revégétalisée.

5.3.6.2 Aire d'entreposage du minerais

À la fin des opérations, l'aire d'entreposage du minerais au site du concentrateur la surface sera nettoyée pour récupérer toutes les particules de minerais sur l'aire d'entreposage.

Le terrain sera par la suite recouvert d'une couche de sol organique en préparation de la mise en végétation, au moyen d'une combinaison d'ensemencement et de plantation de jeunes plants d'arbres, tels que des sapins baumiers et des épinettes noires, déjà présents dans le milieu existant.

5.3.7 Programme de suivi et d'entretien post-restauration

5.3.7.1 Suivi et entretien de l'intégrité des ouvrages

Selon l'état d'avancement de la définition de projet à ce stade-ci, aucun ouvrage ne demeurera en place une fois les opérations au concentrateur de Baie-Comeau terminées et la fermeture/restauration du site complétée. La préparation d'un programme de suivi et d'entretien ne s'applique donc pas.

Au moment de produire la version finale du présent document, cette section sera révisée en tenant compte de la description finale du projet. Si jamais un tel programme s'avérait nécessaire, il sera développé en englobant les éléments suivants :

- L'objectif du suivi et de l'entretien;
- L'emplacement du ou des points de contrôle;
- Le calendrier des activités (période de contrôle et fréquence des inspections);

- Le type de suivi requis (inspections visuelles, mesures, paramètres considérés, etc.);
- L'instrumentation utilisée sur le terrain (puits d'observation, station d'échantillonnage automatisées, débitmètres, repères d'arpentage, etc.), les paramètres analysés et l'entretien des instruments;
- Les méthodes employés pour l'inspection, la compilation des données et l'évaluation des résultats obtenus;
- Les coordonnées des personnes responsables du suivi.

5.3.7.2 *Suivi environnemental*

Rejet de l'effluent final

En période de post-exploitation, l'effluent final sera suivi tel que spécifié dans le programme d'opération, en conformité avec la Directive 019. Éventuellement, le calendrier de suivi sera plus espacé si les conditions de l'effluent sont stables et en dessous des normes à suivre à ce moment. Finalement, les échantillonnages seront de plus en plus espacés pour ensuite laisser couler l'effluent s'il a démontré une stabilité pendant plusieurs années.

Ainsi, la fréquence du suivi régulier après la fermeture pourra être réduite à au moins une (1) fois par trimestre, si les résultats répondent aux exigences décrites dans la Directive 019 sur une période continue d'au moins six (6) mois (MDDEP, 2012).

Toutefois, le suivi régulier de l'effluent final sera maintenu jusqu'à ce que le lorsque le MDDELCC et MERN donneront leur approbation.

Eaux souterraines

Le programme de suivi des eaux souterraines tel qu'établi en période d'opération se poursuivra en période de post-exploitation. Il sera maintenu tant que les critères de qualité des eaux souterraines ne seront pas dépassés pour une période continue de 5 ans et/ou lorsque le MDDELCC et MERN donneront leur approbation.

5.3.8 *Plan d'urgence*

Le plan de fermeture et restauration présentera un plan d'urgence pour gérer les accidents, adapté au secteur usine, tant pour la période des travaux de restauration que pour la période post-restauration. Ce plan comprendra les éléments suivants :

- Une liste détaillée des risques associés à chacun des ouvrages ainsi qu'une description des mesures d'intervention;
- Les mesures préventives qui permettent une réponse rapide et efficace aux situations d'urgence (formation, affichage, etc.);
- Les mesures à prendre immédiatement en cas d'accident, y compris la liste de l'équipement d'intervention d'urgence et l'emplacement de cet équipement;
- L'identification des zones à risque établies en fonction de la gravité et des conséquences d'un bris de digues (évacuation, barrières, etc.);

- La liste et coordonnées des personnes responsables du site minier chargées de mettre à l'exécution sans délai les mesures à appliquer;
- La liste et coordonnées des organismes à contacter.

Ce plan d'urgence sera préparé sur la base du document actif au moment de l'arrêt des opérations au secteur concentrateur de Baie-Comeau et adapté pour tenir compte du contexte de fermeture, des activités propres à cette nouvelle phase du projet et des exigences minimales listées plus haut.

Ce plan sera détaillé en collaboration avec les autorités municipales de Baie-Comeau et avec la Sécurité civile du Québec afin d'assurer un passage harmonieux de la phase exploitation à la phase de fermeture et maintenir ainsi une efficacité de la réponse lors des interventions.

Le PMU détaillé sera maintenu à jour par Mason Graphite afin de mobiliser efficacement les ressources en cas d'urgence. De plus, il sera révisé périodiquement et fera l'objet de formation régulière du personnel en place, incluant les entrepreneurs.

L'annexe 10B (révision 1) de l'Addenda A présente une version préliminaire du Plan des mesures d'urgence en phase d'exploitation (mine et concentrateur).

6. En cas de cessation temporaire



En cas d'une suspension temporaire des activités au site du concentrateur pendant au moins six mois, Mason Graphite avisera le MERN et le MDDELCC au moins dix jours avant le début de la suspension. De plus, dans les quatre mois suivant la date du début de la suspension, Mason Graphite transmettra des copies, certifiées par un ingénieur ou par un géologue, des plans des ouvrages et installations, ainsi que des aires d'accumulation existantes.


De plus, le plan de fermeture et de restauration comprendra une section présentant les moyens prévus pour assurer la sécurité du public et la protection de l'environnement durant l'arrêt temporaire des activités minières, accompagnée d'une carte détaillée des sources de risques des éléments de sécurité. Les points suivants seront traités :

- Les mesures destinées à restreindre l'accès au site, aux différents bâtiments et aux autres infrastructures;
- Les mesures mises en place pour assurer la sécurité autour du bassin de polissage et du parc à résidus miniers;
- Les mesures mises en place pour la gestion des eaux;
- Le suivi environnemental;
- Les mesures d'entreposage de tous les types de produits chimiques et pétroliers et de toutes les matières dangereuses résiduelles;
- Les mesures prises pour assurer la stabilité physique et chimique des différentes aires d'accumulation;
- Un calendrier de mise en place des mesures de sécurité ainsi qu'un calendrier des visites de surveillance.


Annexe 3K

Caractérisation de l'eau de surface et des sédiments à la mine (Avizo, 2015)


ÉTUDE HYDROLOGIQUE DANS LE SECTEUR DE LA FUTURE MINE DU LAC GUÉRET

 Nature de l'échantillon Nom du site Date du prélèvement instantané			Eau de surface		Règlement sur la qualité de l'eau potable	Directive 019 sur l'industrie minière		Règlement sur les effluents des mines de métaux DORS/2002/222		
			Point #1	Point #2		Conc. moy. mensuelle acceptable	Concentration maximale acceptable	Conc. moy. mensuelle max. permise	Conc. max. permise dans un échant. composite	Conc. max. permise dans un échant. instantané
Résultats		11/12/2014	11/13/2014							
Paramètres usuels	Unités	LD								
Alcalinité totale (en CaCO3)	mg/L	3	20	24						
Chlorures	mg/L	1	<1	<1						
DBO5 totale	mg/L	2	<2	<2						
DCO	mg/L	5	12	16						
Fluorures	mg/L	0.1	<0,1	<0,1						
Hydrocarbures pétroliers C10-C50	µg/L	0.100	<0,100	<0,100		---	2			
Solides dissous	mg/L	10	58	65						
Solides en suspension (MES)	mg/L	4	<4	<4		15	30	15.00	22.50	
Solides totaux	mg/L	10	61	61						
pH (laboratoire)			7.6	7.6						
Sulfates	mg/L	0.5	5.1	5.4						
Turbidité (laboratoire)	UTN	0.2	0.4	0.5						
Nutriments										
NH3	mg/L	0.02	<0,02	<0,02						
NTK	mg/L	0.5	4.7	3.9						
Nitrates	mg/L	0.02	0.09	0.23						
Nitrites	mg/L	0.02	<0,02	<0,02	1.0					
Phosphore total	mg/L	0.03	0.1	<0,03						
Métaux										
Aluminium	mg/L	0.01	0.07	0.09						
Argent	mg/L	0.005	<0,0005	<0,0005						
Arsenic	mg/L	0.001	<0,001	<0,001	0.010	0.2	0.4	0.5	0.75	
Baryum	mg/L	0.01	<0,01	<0,01	1.0					
Béryllium	mg/L	0.001	<0,001	<0,001						
Cadmium	mg/L	0.0005	<0,0005	<0,0005	0.005					
Calcium	mg/L	0.02	6.38	7.47						
Chrome	mg/L	0.001	<0,001	<0,001	0.050					
Cobalt	mg/L	0.001	<0,001	<0,001						
Cuivre	mg/L	0.001	0.003	0.002	1.0	0.3	0.6	0.30	0.45	
Étain	mg/L	0.001	<0,001	<0,001						
Fer	mg/L	0.05	0.17	0.25		3	6			
Magnésium	mg/L	0.01	2.43	2.45						
Manganèse	mg/L	0.001	0.010	0.013						

ÉTUDE HYDROLOGIQUE DANS LE SECTEUR DE LA FUTURE MINE DU LAC GUÉRET


 Nature de l'échantillon Nom du site Date du prélèvement instantané			Eau de surface		Règlement sur la qualité de l'eau potable	Directive 019 sur l'industrie minière		Règlement sur les effluents des mines de métaux DORS/2002/222		
			Point #1	Point #2		Conc. moy. mensuelle acceptable	Concentration maximale acceptable	Conc. moy. mensuelle max. permise	Conc. max. permise dans un échant. composite	Conc. max. permise dans un échant. instantané
	11/12/2014	11/13/2014	Résultats							
Paramètres usuels	Unités	LD	Résultats							
Vanadium dissous	mg/L	0.001	<0,001	<0,001						
Zinc dissous	mg/L	0.007	0.020	0.017						
Famille des cyanures										
Cyanates	mg/L	0.03	<0,03	<0,03						
Cyanures totaux	mg/L	0.01	<0,01	<0,01	0.20	1	2			
Thiocyanates	mg/L	0.05	<0,05	<0,05						
Familles des sulfures										
Sulfures totaux	mg/L	0.02	<0,02	<0,02						
Thiosulfates	mg/L	0.01	<0,01	<0,01						
Paramètre biologique										
Daphnia magna (CL50-48h)	%v/v		>100	>100						
Truite arc-en-ciel (CL50-96h)	%v/v		>100	>100						
Composés phénoliques										
Phénol	µg/L	2	<2	<2						
Crésol	µg/L	0.5	<0,5	<0,5						
2-Chlorophénol	µg/L	0.5	<0,5	<0,5						
2-Nitrophénol	µg/L	0.5	<0,5	<0,5						
2,4-Diméthylphénol	µg/L	0.5	<0,5	<0,5						
2,4 Dichlorophénol	µg/L	10	<10	<10						
4-Nitrophénol	µg/L	0.5	<0,5	<0,5						
2-Méthyl-4,6-dinitrophénol	µg/L	10	<10	<10						
3-Chlorophénol	µg/L	0.5	<0,5	<0,5						
4-Chlorophénol	µg/L	0.5	<0,5	<0,5						
2,3-Dichlorophénol	µg/L	0.5	<0,5	<0,5						
2,4-Dichlorophénol	µg/L	0.5	<0,5	<0,5						
(2,5+2,6)-Dichlorophénol	µg/L	0.5	<0,5	<0,5						
3,4-Dichlorophénol	µg/L	0.5	<0,5	<0,5						
3,5-Dichlorophénol	µg/L	0.5	<0,5	<0,5						
2,3,4-Trichlorophénol	µg/L	0.5	<0,5	<0,5						
2,3,5-Trichlorophénol	µg/L	0.5	<0,5	<0,5						
2,3,6-Trichlorophénol	µg/L	0.5	<0,5	<0,5						

ÉTUDE HYDROLOGIQUE DANS LE SECTEUR DE LA FUTURE MINE DU LAC GUÉRET


 Nature de l'échantillon Nom du site Date du prélèvement instantané			Eau de surface		Règlement sur la qualité de l'eau potable	Directive 019 sur l'industrie minière		Règlement sur les effluents des mines de métaux DORS/2002/222		
			Point #1	Point #2		Conc. moy. mensuelle acceptable	Concentration maximale acceptable	Conc. moy. mensuelle max. permise	Conc. max. permise dans un échant. composite	Conc. max. permise dans un échant. instantané
		11/12/2014	11/13/2014							
Paramètres usuels	Unités	LD	Résultats							
2,4,5-Trichlorophénol	µg/L	0.5	<0,5	<0,5						
2,4,6-Trichlorophénol	µg/L	0.5	<0,5	<0,5						
3,4,5-Trichlorophénol	µg/L	0.5	<0,5	<0,5						
2,3,4,5 Tétrachlorophénol	µg/L	0.5	<0,5	<0,5						
2,3,4,6 Tétrachlorophénol	µg/L	0.5	<0,5	<0,5						
2,3,5,6 Tétrachlorophénol	µg/L	0.5	<0,5	<0,5						
Pentachlorophénol	µg/L	0.5	<0,5	<0,5						
Autres paramètres										
Fluorures	mg/L	0.1	<0,1	<0,1	1.50					
Ortho-phosphates	mg/L	0.03	<0,03	<0,03						
Carbone inorganique dissous	mg/L	0.5	5.1	5.9						
carbone organique dissous	mg/L	0.5	9.0	9.2						
carbone organique total	mg/L	0.5	8.2	8.1						
Carbone total	mg/L	0.5	13.0	13.9						
Dureté totale (En CaCo3)	mg/L	2	26	29						

LD : Limite de détection du laboratoire

ÉTUDE HYDROLOGIQUE DANS LE SECTEUR DE LA FUTURE MINE DU LAC GUÉRET

 Nature de l'échantillon Nom du site Date de prélèvement			Sédiment		Recommandations canadiennes pour la qualité des sédiments	
			Point #1	Point #2	CCME - Eau douce	
			11/11/2014	11/13/2014		
Paramètres	Unités	LD	Résultats		RPQS ¹	CEP ²
pH			6.1	6.0		
Potentiel oxydo-réduction	mV	0	-26	83		
Potentiel d'acidité maximal (PA)	Kg CaCO3/t	0.30	4.40	0.90		
Potentiel neutralisation brut (PN)	Kg CaCO3/t	2.5	32.4	39.7		
Potentiel neutralisation net (PNN)	Kg CaCO3/t	N/A	28.00	38.8		
C10-C50	mg/kg	100	<260	<100		
Cyanures totaux	mg/kg	1	<1	<1		
Sulfures	mg/kg	0.8	21.9	3.1		
Sulfates	mg/kg	2	678	58.00		
Soufre par LECO	mg/kg	100	1700	200		
Granulométrie						
Gravier (> 2mm)	%		6.0%	0.0%		
Sable grossier (< 2mm et > 0,2mm)	%		36.2%	37.9%		
Sable fin (< 0,2mm et > 0,06mm)	%		19.5%	47.4%		
Limon (< 0,06 mm et > 0,004 mm)	%		32.9%	12.2%		
Argile et colloïde (< 0,004 mm)	%		5.4%	2.5%		
Métaux						
Aluminium	mg/kg	10	15700	2910		
Argent	mg/kg	0.5	<0,5	<0,5		
Arsenic	mg/kg	0.5	2.4	<0,5	5.9	17
Baryum	mg/kg	5	113	24		
Béryllium	mg/kg	0.1	0.4	<0,1		
Cadmium	mg/kg	0.1	1.7	0.1	0.6	3.5
Chrome	mg/kg	1	44	11	37.3	90
Cobalt	mg/kg	1	25	2		
Cuivre	mg/kg	1	27	6	35.7	197
Étain	mg/kg	1	<1	<1		
Fer	mg/kg	50	39500	3490		
Mercuré	mg/kg	0.01	0.28	<0,01	0.17	0.486
Manganèse	mg/kg	1	196	57		
Molybdène	mg/kg	0.5	5.6	<0,5		
Nickel	mg/kg	1	41	7		
Plomb	mg/kg	1	5	1	35	91.3
Sélénium	mg/kg	0.5	1.3	<0,5		
Zinc	mg/kg	5	241	18		
COV						
Chlorure de vinyle	mg/kg	0.1	<2,0	<0,4		
1,1-Dichloroéthène	mg/kg	0.1	<0,5	<0,10		
Dichlorométhane	mg/kg	0.1	<0,5	0.1		
1,2-Dichloroéthène	mg/kg	0.1	<0,5	<0,10		
1,1-Dichloroéthane	mg/kg	0.1	<0,5	<0,10		

ÉTUDE HYDROLOGIQUE DANS LE SECTEUR DE LA FUTURE MINE DU LAC GUÉRET

 Nature de l'échantillon Nom du site Date de prélèvement			Sédiment		Recommandations canadiennes pour la qualité des sédiments	
			Point #1	Point #2	CCME - Eau douce	
			11/11/2014	11/13/2014		
Paramètres	Unités	LD	Résultats		RPQS ¹	CEP ²
Dibenzo (a,e) pyrène	mg/kg	0.01	<0,04	<0,01		
Dibenzo (a,i) pyrène	mg/kg	0.01	<0,04	<0,01		
Dibenzo (a,h) pyrène	mg/kg	0.01	<0,04	<0,01		
Composés phénoliques						
Phénol	mg/kg	0.1	<0,3	<0,1		
Crésol	mg/kg	0.1	<0,3	<0,1		
2-Chlorophénol	mg/kg	0.1	<0,3	<0,1		
2-Nitrophénol	mg/kg	0.5	<2	<0,5		
2,4-Diméthylphénol	mg/kg	0.1	<0,3	<0,1		
2,4 Dinitrophénol	mg/kg	10	<30	<10		
4-Nitrophénol	mg/kg	0.5	<2	<0,5		
2-Méthyl-4,6-dinitrophénol	mg/kg	10	<30	<10		
3-Chlorophénol	mg/kg	0.1	<0,3	<0,1		
4-Chlorophénol	mg/kg	0.1	<0,3	<0,1		
2,3-Dichlorophénol	mg/kg	0.1	<0,3	<0,1		
2,4-Dichlorophénol	mg/kg	0.1	<0,3	<0,1		
(2,5+2,6)-Dichlorophénol	mg/kg	0.1	<0,3	<0,1		
3,4-Dichlorophénol	mg/kg	0.1	<0,3	<0,1		
3,5-Dichlorophénol	mg/kg	0.1	<0,3	<0,1		
2,3,4-Trichlorophénol	mg/kg	0.1	<0,3	<0,1		
2,3,5-Trichlorophénol	mg/kg	0.1	<0,3	<0,1		
2,3,6-Trichlorophénol	mg/kg	0.1	<0,3	<0,1		
2,4,5-Trichlorophénol	mg/kg	0.1	<0,3	<0,1		
2,4,6-Trichlorophénol	mg/kg	0.1	<0,3	<0,1		
3,4,5-Trichlorophénol	mg/kg	0.1	<0,3	<0,1		
2,3,4,5 Tétrachlorophénol	mg/kg	0.1	<0,3	<0,1		
2,3,4,6 Tétrachlorophénol	mg/kg	0.1	<0,3	<0,1		
2,3,5,6 Tétrachlorophénol	mg/kg	0.1	<0,3	<0,1		
Pentachlorophénol	mg/kg	0.1	<0,3	<0,1		

¹ RPQS : Recommandations Provisoires pour la Qualité des Sédiments

² CEP : Concentration produisant un Effet Probable

LD : Limite de détection du laboratoire

Annexe 3L

Exemple Table des matières – Approche de compensation préliminaire

Exemple de Table des matières

Plan de compensation (préliminaire)

1	Introduction
1.1	Mise en contexte
1.2	Description des infrastructures et localisation.....
1.3	Présentation sommaire des composantes à compenser
2	Milieux aquatiques, riverains et habitats du poisson
2.1	Estimation des superficies de pertes temporaires et permanentes
2.2	Caractérisation des milieux aquatiques, riverains et habitats du poisson à compenser.....
2.3	Approche générale
2.3.1	Séquence d'atténuation (Éviter - Minimiser - Compenser).....
2.4	Approche de compensation
2.4.1	Objectifs et critères
2.4.2	Options des mesures de compensation.....
2.4.3	Étapes d'élaboration et de mise en œuvre
2.5	Description du projet de compensation.....
2.5.1	Estimation des coûts de compensation.....
2.5.2	Échéancier prévu.....
2.5.3	Surveillance et suivi.....
3	Milieux humides
3.1	Estimation des superficies de pertes temporaires et permanentes
3.2	Caractérisation des milieux humides à compenser.....
3.3	Approche générale
3.3.1	Séquence d'atténuation (Éviter - Minimiser - Compenser).
3.4	Approche de compensation
3.4.1	Critères et objectifs
3.4.2	Options de mesures de compensation.....
3.4.3	Étapes d'élaboration et de mise en œuvre
3.5	Description du projet de compensation.....
3.5.1	Estimation des coûts de compensation.....
3.5.2	Échéancier prévu.....

3.5.3	Surveillance et suivi.....
-------	----------------------------

4 Boisés d'intérêt écologique.....

4.1	Estimation des superficies de pertes permanentes.....
-----	---

4.2	Caractérisation des boisés à compenser.....
-----	---

4.3	Approche générale.....
-----	------------------------

4.3.1	Séquence d'atténuation (Éviter – Minimiser – Compenser).....
-------	--

4.4	Approche de compensation.....
-----	-------------------------------

4.4.1	Critères et objectifs.....
-------	----------------------------

4.4.2	Options des mesures de compensation.....
-------	--

4.4.3	Étapes d'élaboration et de mise en œuvre.....
-------	---

4.5	Description du projet de compensation.....
-----	--

4.5.1	Estimation des coûts de compensation.....
-------	---

4.5.2	Échéancier prévu.....
-------	-----------------------

4.5.3	Surveillance et suivi.....
-------	----------------------------

5 Espèces fauniques et floristiques à statut particulier.....

5.1	Identification, localisation et dénombrement des spécimens.....
-----	---

5.2	Approche générale.....
-----	------------------------

5.2.1	Séquence d'atténuation (Éviter – Minimiser – Compenser).....
-------	--

5.3	Approche de compensation.....
-----	-------------------------------

5.3.1	Critères et objectifs.....
-------	----------------------------

5.3.2	Options des mesures de compensation.....
-------	--

5.3.3	Étapes d'élaboration et de mise en œuvre.....
-------	---

5.4	Description du projet de compensation.....
-----	--

5.4.1	Estimation des coûts de compensation.....
-------	---

5.4.2	Échéancier prévu.....
-------	-----------------------

5.4.3	Surveillance et suivi.....
-------	----------------------------

Références.....

Annexe 3M

Cartes des rayons d'incidence d'incendie et d'explosion



1

2

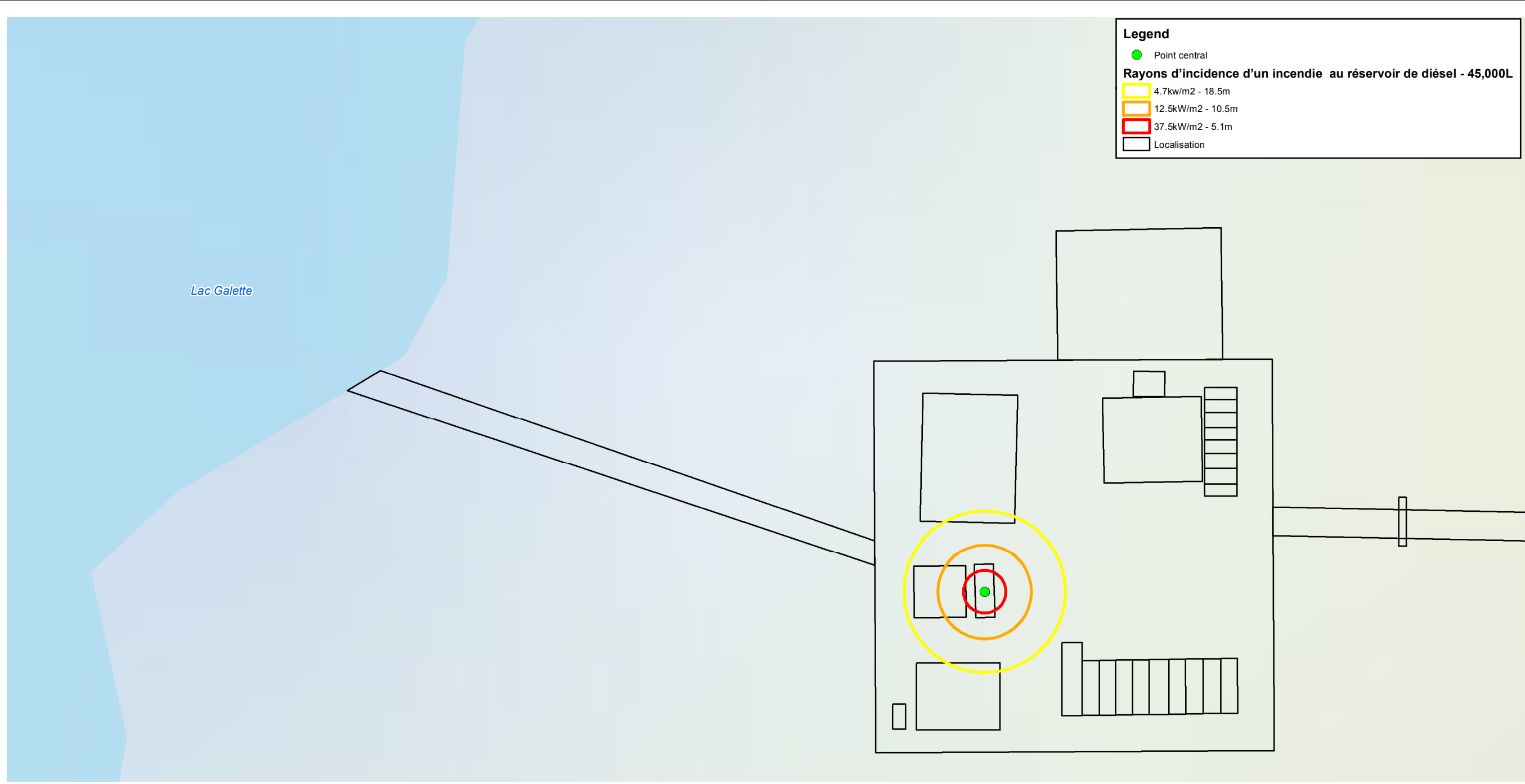
3

4

A

B

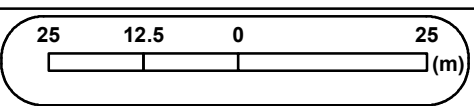
C



Legend

- Point central
- 4.7kw/m2 - 18.5m
- 12.5kW/m2 - 10.5m
- 37.5kW/m2 - 5.1m
- Localisation

Rayons d'incidence d'un incendie au réservoir de diésel - 45,000L



LE PRÉSENT DESSIN A ÉTÉ PRÉPARÉ À L'USAGE EXCLUSIF DE [NOM DU CLIENT] (L'E « CLIENT ») ET EST ÉMIS EN VERTU DE [L'ENTENTE PERTINENTE] ENTRE LE CLIENT ET [HATCH] (« HATCH »), À MOINS D'UNE ENTENTE ÉCRITE CONTRAIRE CONCLUE AVEC LE CLIENT OU À MOINS D'INDICATION CONTRAIRE SUR CE DESSIN. (A) HATCH DÉCLINE TOUTE RESPONSABILITÉ QUANT À LA FIABILITÉ DU DESSIN OU À L'UTILISATION DE CELUI-CI PAR TOUT TIERS ET QUANT À TOUTE MODIFICATION OU À TOUT MAUVAIS USAGE DU DESSIN PAR LE CLIENT, ET (B) CE DESSIN EST CONFIDENTIEL, ET TOUS LES DROITS DE PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE Y ÉTANT INCORPORÉS OU MENTIONNÉS DEMEURENT LA PROPRIÉTÉ DE HATCH.

CONCEPT. PAR	T.ADAMS
DESSIN PAR	J.ARSENEAULT
VERIF. PAR	
COORD. DESSIN	
ING. DE PROJET	
ING. DE DISC.	MC. PATOINE
DIR. INGENIERIE	
DIR. DE PROJET	
ROLE	NOM
STATUT DU DESSIN:	

HATCH **MASON GRAPHITE**

<p>Carte 1. Rayons d'incidence d'un incendie au réservoir de diésel localisé au camp des travailleurs - 45,000L</p>	
<p>ECHELLE 1:1,000</p>	<p>DESSIN No. REV 01</p>

No.	DESCRIPTION	PAR	VERIF.	DATE
	REVISIONS			

\$USERNAMES
 \$DATES
 \$FILES
 \$TIMES



1

2

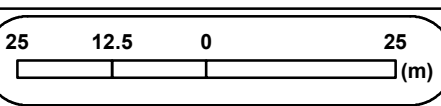
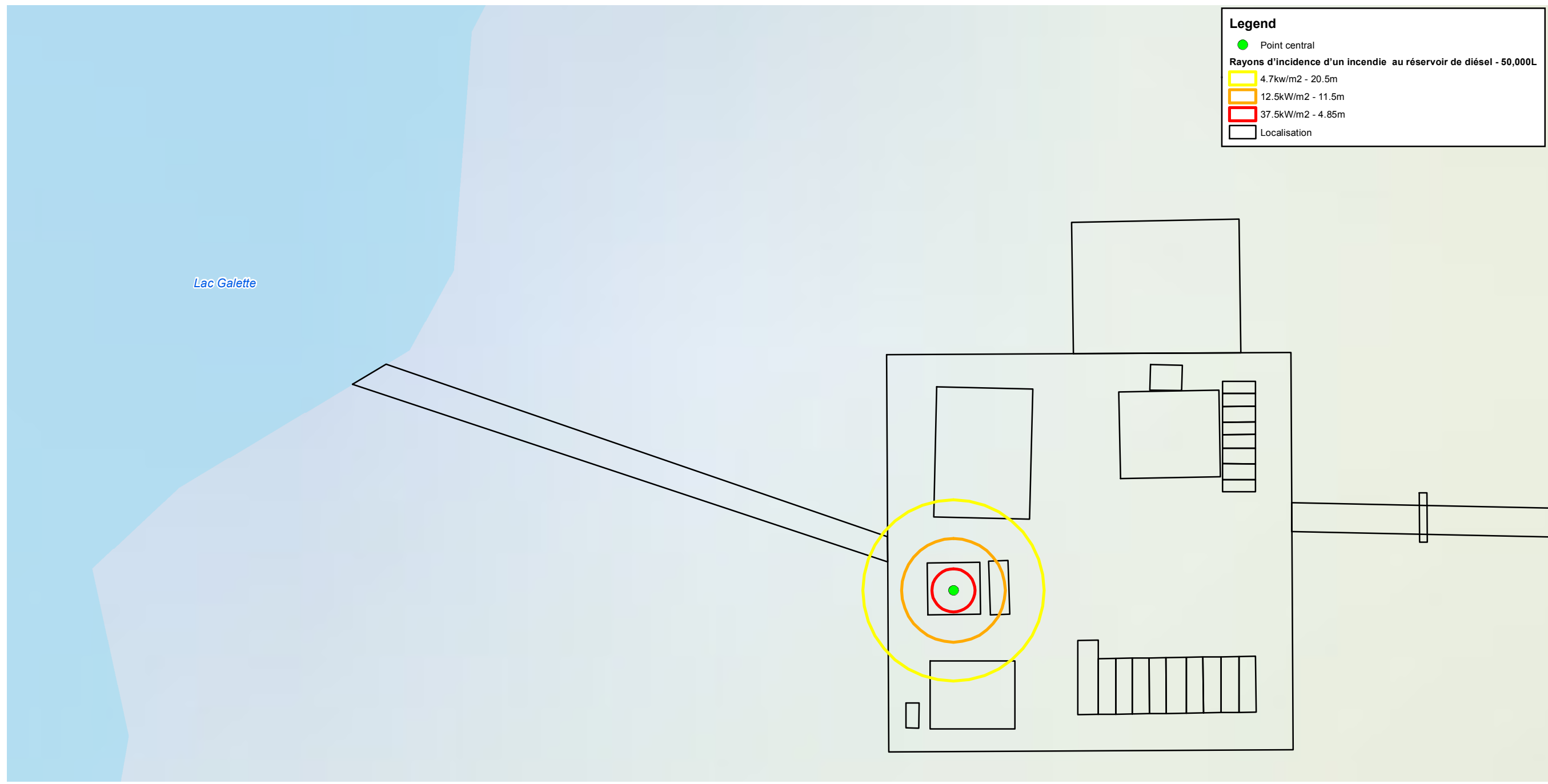
3

4

A

B

C



LE PRÉSENT DESSIN A ÉTÉ PRÉPARÉ À L'USAGE EXCLUSIF DE [NOM DU CLIENT] (LE « CLIENT ») ET EST ÉMIS EN VERTU DE [L'ENTENTE PERTINENTE] ENTRE LE CLIENT ET [HATCH] (« HATCH »), À MOINS D'UNE ENTENTE ÉCRITE CONTRAIRE CONCLUE AVEC LE CLIENT OU À MOINS D'INDICATION CONTRAIRE SUR CE DESSIN. (A) HATCH DÉCLINE TOUTE RESPONSABILITÉ QUANT À LA FIABILITÉ DU DESSIN OU À L'UTILISATION DE CELUI-CI PAR TOUT TIERS ET QUANT À TOUTE MODIFICATION OU À TOUT MAUVAIS USAGE DU DESSIN PAR LE CLIENT, ET (B) CE DESSIN EST CONFIDENTIEL, ET TOUS LES DROITS DE PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE Y ÉTANT INCORPORÉS OU MENTIONNÉS DEMEURENT LA PROPRIÉTÉ DE HATCH.

CONCEPT. PAR	TADAMS
DESSIN PAR	JARSENEAULT
VERIF. PAR	
COORD. DESSIN	
ING. DE PROJET	
ING. DE DISC.	MC. PATOINE
DIR. INGENIERIE	
DIR. DE PROJET	
ROLE	NOM
STATUT DU DESSIN:	

HATCH **MASON GRAPHITE**

<p>Carte 2. Rayons d'incidence d'un incendie au réservoir de diesel localisé au camp des travailleurs - 50,000L</p>		<p>ECHELLE 1:1,000</p>	<p>DESSIN No.</p>	<p>REV 01</p>

\$USERNAMES
 \$DATES
 \$FILES



1

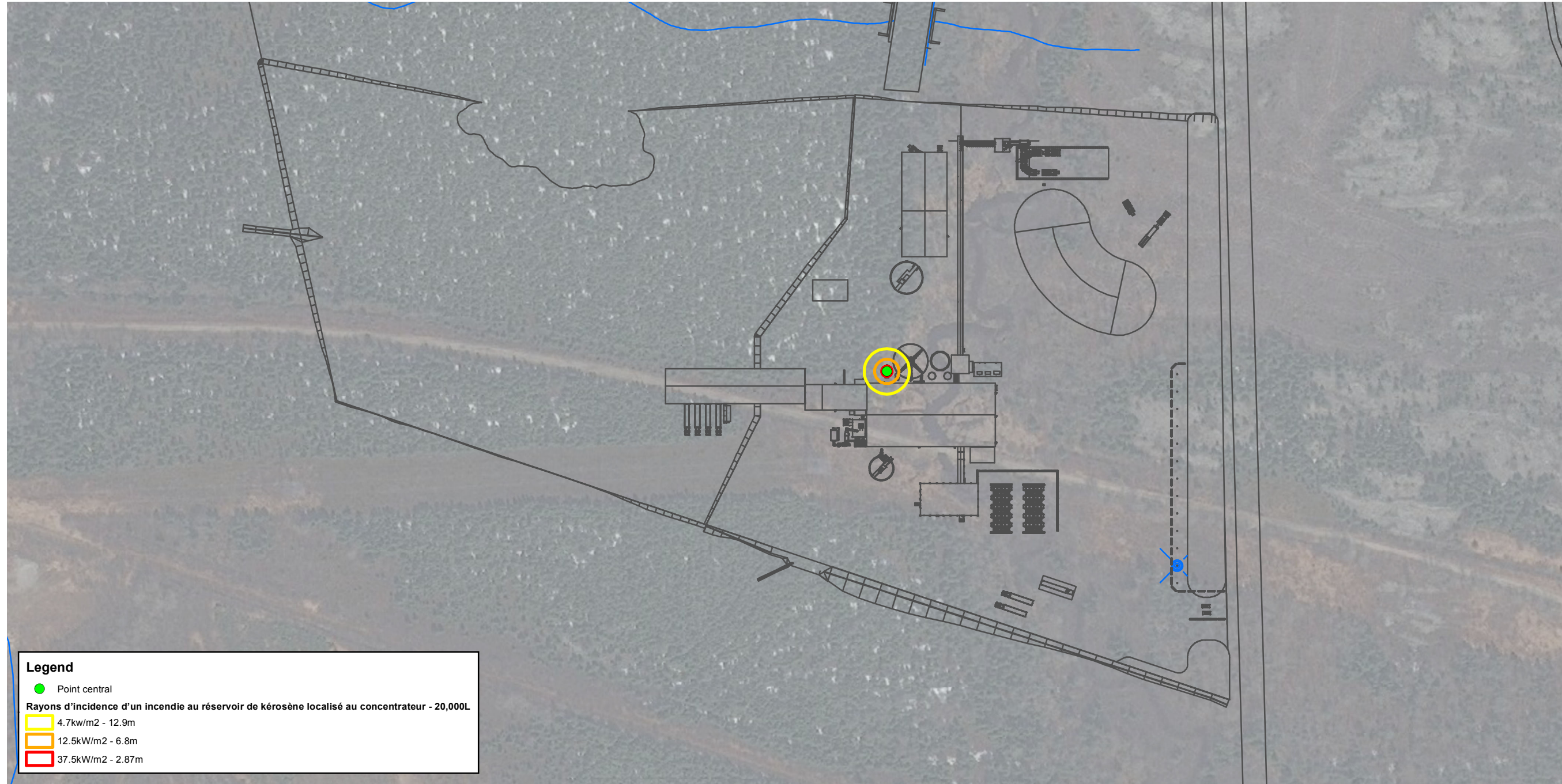
2

3

4

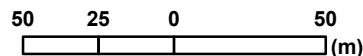
A

B



Legend

- Point central
- Rayons d'incidence d'un incendie au réservoir de kérosène localisé au concentrateur - 20,000L**
- 4.7kw/m2 - 12.9m
- 12.5kW/m2 - 6.8m
- 37.5kW/m2 - 2.87m



LE PRÉSENT DESSIN A ÉTÉ PRÉPARÉ À L'USAGE EXCLUSIF DE [NOM DU CLIENT] (LE « CLIENT ») ET EST ÉMIS EN VERTU DE [L'ENTENTE PERTINENTE] ENTRE LE CLIENT ET [HATCH] (« HATCH »), À MOINS D'UNE ENTENTE ÉCRITE CONTRAIRE CONCLUE AVEC LE CLIENT OU À MOINS D'INDICATION CONTRAIRE SUR CE DESSIN. (A) HATCH DÉCLINE TOUTE RESPONSABILITÉ QUANT À LA FIABILITÉ DU DESSIN OU À L'UTILISATION DE CELUI-CI PAR TOUT TIERS ET QUANT À TOUTE MODIFICATION OU À TOUT MAUVAIS USAGE DU DESSIN PAR LE CLIENT, ET (B) CE DESSIN EST CONFIDENTIEL, ET TOUS LES DROITS DE PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE Y ÉTANT INCORPORÉS OU MENTIONNÉS DEMEURENT LA PROPRIÉTÉ DE HATCH.

CONCEPT. PAR	TADAMS		
DESSIN PAR	JARSENEAULT		
VERIF. PAR			
COORD. DESSIN			
ING. DE PROJET			
ING. DE DISC.	MC. PATOINE		
DIR. INGENIERIE			
DIR. DE PROJET			
ROLE	NOM	SIGNATURE	DATE
STATUT DU DESSIN:			

HATCH **MASON GRAPHITE**

Carte 3. Rayons d'incidence d'un incendie au réservoir de kérosène localisé au concentrateur - 20,000L

No.	DESCRIPTION	PAR	VERIF.	DATE
REVISIONS				

ECHELLE	DESSIN No.	REV
1:2,500		01

\$USERNAMES
 \$DATES
 \$FILES
 \$TIMES



1

2

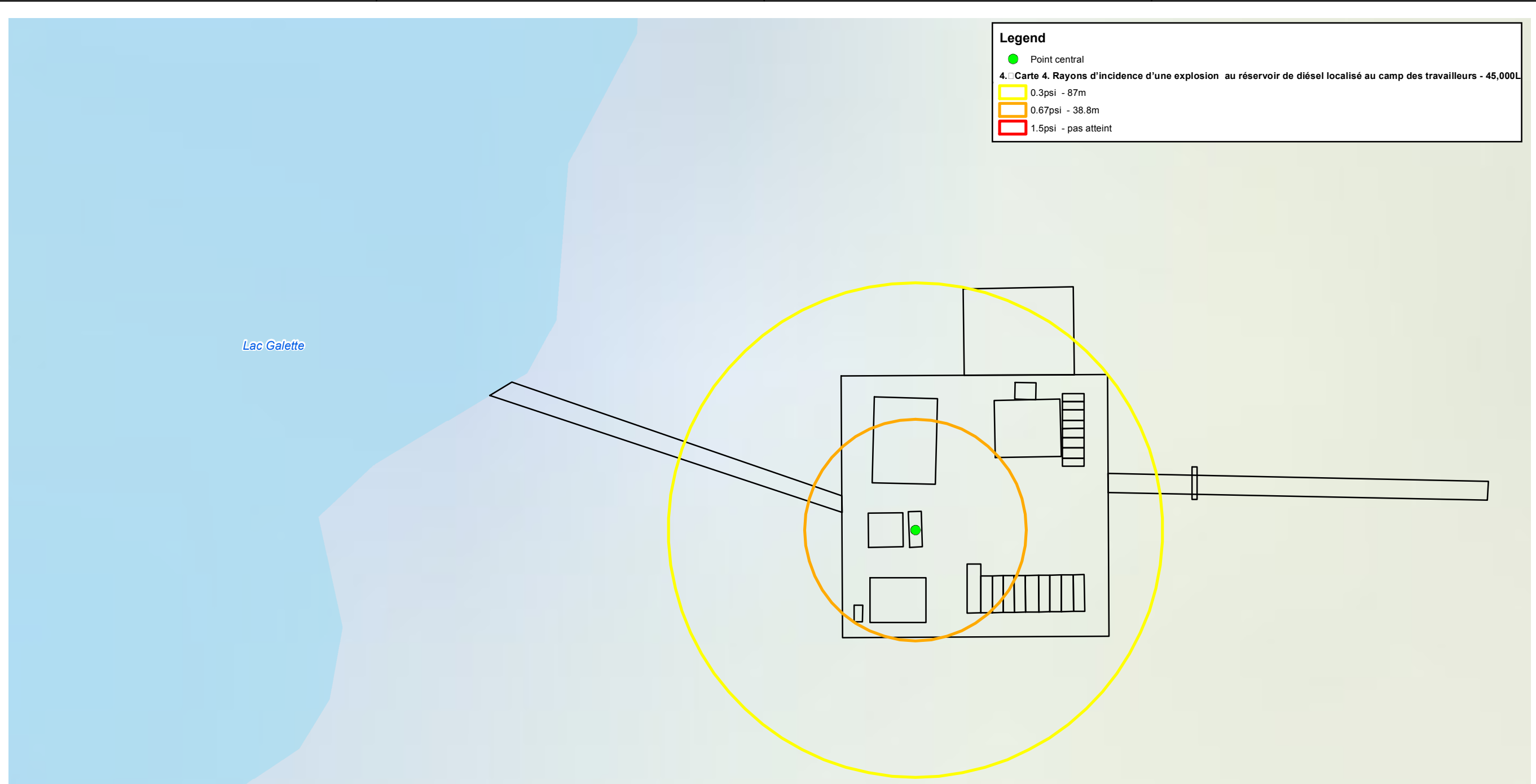
3

4

A

B

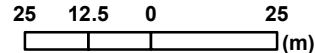
C



Legend

- Point central
- 4. Carte 4. Rayons d'incidence d'une explosion au réservoir de diésel localisé au camp des travailleurs - 45,000L
- 0.3psi - 87m
- 0.67psi - 38.8m
- 1.5psi - pas atteint

Lac Galette



LE PRÉSENT DESSIN A ÉTÉ PRÉPARÉ À L'USAGE EXCLUSIF DE [NOM DU CLIENT] (LE « CLIENT ») ET EST ÉMIS EN VERTU DE [L'ENTENTE PERTINENTE] ENTRE LE CLIENT ET [HATCH] (« HATCH »), À MOINS D'UNE ENTENTE ÉCRITE CONTRAIRE CONCLUE AVEC LE CLIENT OU À MOINS D'INDICATION CONTRAIRE SUR CE DESSIN. (A) HATCH DÉCLINE TOUTE RESPONSABILITÉ QUANT À LA FIABILITÉ DU DESSIN OU À L'UTILISATION DE CELUI-CI PAR TOUT TIERS ET QUANT À TOUTE MODIFICATION OU À TOUT MAUVAIS USAGE DU DESSIN PAR LE CLIENT, ET (B) CE DESSIN EST CONFIDENTIEL, ET TOUS LES DROITS DE PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE Y ÉTANT INCORPORÉS OU MENTIONNÉS DEMEURENT LA PROPRIÉTÉ DE HATCH.

CONCEPT. PAR	T.ADAMS
DESSIN PAR	J.ARSENEAULT
VERIF. PAR	
COORD. DESSIN	
ING. DE PROJET	
ING. DE DISC.	MC. PATOINE
DIR. INGENIERIE	
DIR. DE PROJET	
ROLE	NOM
SIGNATURE	DATE
STATUT DU DESSIN:	

HATCH **MASON GRAPHITE**

Carte 4. Rayons d'incidence d'une explosion au réservoir de diésel localisé au camp des travailleurs - 45,000L		ECHELLE 1:1,500	DESSIN No.	REV 01

No.	DESCRIPTION	PAR	VERIF.	DATE
	REVISIONS			

\$USERNAMES
 \$DATES
 \$FILES
 \$TIMES



1

2

3

4

Legend

- Point central
- 0.3psi - 92m
- 0.67psi - 40.66m
- 1.5psi - pas atteint
- Localisation

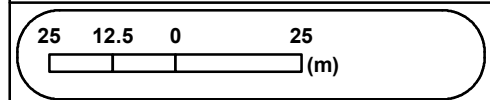
Rayons d'incidence d'une explosion au réservoir de diesel localisé au camp des travailleurs - 50,000L

A

Lac Galette

B

C



LE PRÉSENT DESSIN A ÉTÉ PRÉPARÉ À L'USAGE EXCLUSIF DE [NOM DU CLIENT] (L'E « CLIENT ») ET EST ÉMIS EN VERTU DE [L'ENTENTE PERTINENTE] ENTRE LE CLIENT ET [HATCH LTD] (« HATCH »), À MOINS D'UNE ENTENTE ÉCRITE CONTRAIRE CONCLUE AVEC LE CLIENT OU À MOINS D'INDICATION CONTRAIRE SUR CE DESSIN. (A) HATCH DÉCLINE TOUTE RESPONSABILITÉ QUANT À LA FIABILITÉ DU DESSIN OU À L'UTILISATION DE CELUI-CI PAR TOUT TIERS ET QUANT À TOUTE MODIFICATION OU À TOUT MAUVAIS USAGE DU DESSIN PAR LE CLIENT, ET (B) CE DESSIN EST CONFIDENTIEL, ET TOUS LES DROITS DE PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE Y ÉTANT INCORPORÉS OU MENTIONNÉS DEMEURENT LA PROPRIÉTÉ DE HATCH.

CONCEPT. PAR	TADAMS		
DESSIN PAR	JARSENEAULT		
VERIF. PAR			
COORD. DESSIN			
ING. DE PROJET			
ING. DE DISC.	MC. PATOINE		
DIR. INGENIERIE			
DIR. DE PROJET			
ROLE	NOM	SIGNATURE	DATE
STATUT DU DESSIN:			

HATCH **MASON GRAPHITE**

Carte 5. Rayons d'incidence d'une explosion au réservoir de diesel localisé au camp des travailleurs - 50,000L		
ECHELLE 1:1,500	DESSIN No.	REV 01

No.	DESCRIPTION	PAR	VERIF.	DATE
	REVISIONS			

\$USERNAMES
 \$DATES
 \$FILES
 \$TIMES



1

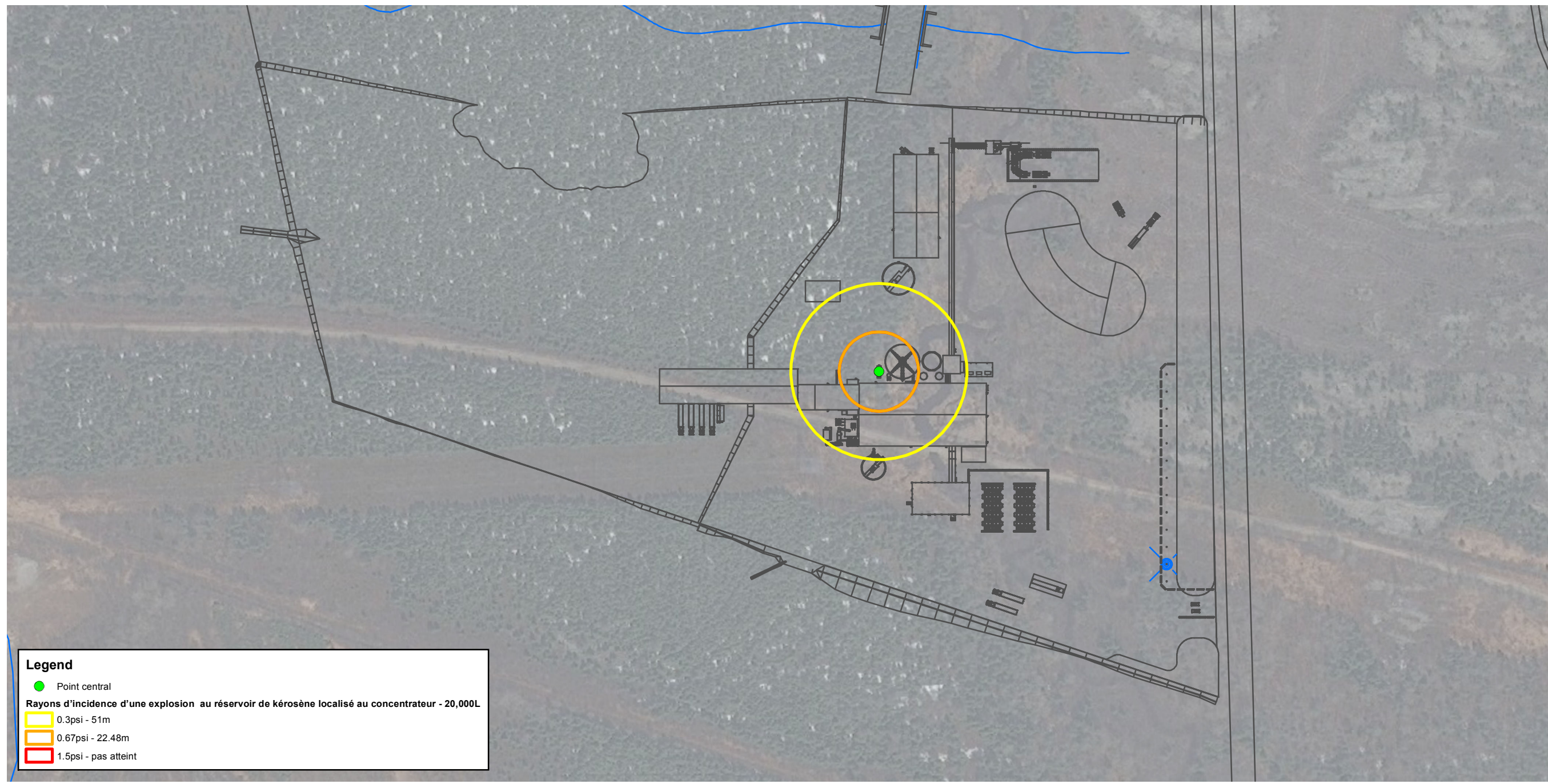
2

3

4

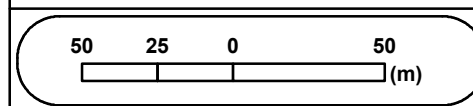
A

B



Legend

- Point central
- Rayons d'incidence d'une explosion au réservoir de kérosène localisé au concentrateur - 20,000L**
- 0.3psi - 51m
- 0.67psi - 22.48m
- 1.5psi - pas atteint



LE PRÉSENT DESSIN A ÉTÉ PRÉPARÉ À L'USAGE EXCLUSIF DE [NOM DU CLIENT] (LE « CLIENT ») ET EST ÉMIS EN VERTU DE L'ENTENTE PERTINENTE ENTRE LE CLIENT ET HATCH LITÉE (« HATCH »), À MOINS D'UNE ENTENTE ÉCRITE CONTRAIRE CONCLUE AVEC LE CLIENT OU À MOINS D'INDICATION CONTRAIRE SUR CE DESSIN. (A) HATCH DÉCLINE TOUTE RESPONSABILITÉ QUANT À LA FIABILITÉ DU DESSIN OU À L'UTILISATION DE CELUI-CI PAR TOUT TIERS ET QUANT À TOUTE MODIFICATION OU À TOUT MAUVAIS USAGE DU DESSIN PAR LE CLIENT, ET (B) CE DESSIN EST CONFIDENTIEL, ET TOUS LES DROITS DE PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE Y ÉTANT INCORPORÉS OU MENTIONNÉS DEMEURENT LA PROPRIÉTÉ DE HATCH.

CONCEPT. PAR	TADAMS		
DESSIN PAR	JARSENEAULT		
VERIF. PAR			
COORD. DESSIN			
ING. DE PROJET			
ING. DE DISC.	MC. PATOINE		
DIR. INGENIERIE			
DIR. DE PROJET			
ROLE	NOM	SIGNATURE	DATE
STATUT DU DESSIN:			

HATCH **MASON GRAPHITE**

<p>Carte 6. Rayons d'incidence d'une explosion au réservoir de kérosène localisé au concentrateur - 20,000L</p>		<p>ECHELLE 1:2,500</p>	<p>DESSIN No.</p>	<p>REV 01</p>

No.	DESCRIPTION	PAR	VERIF.	DATE
	REVISIONS			

\$USERNAMES
 \$DATES
 \$FILES

Annexe 3N

Rapport de dispersion atmosphérique (révision)

Rapport de projet

Mason Graphite

Exploitation du gisement de graphite naturel du Lac Guéret

Étude d'impact sur l'environnement Annexe 8C : Modélisation de la dispersion atmosphérique au site du concentrateur



Sécurité • Qualité • Durabilité • Innovation

Table des matières

1. Introduction	1
2. Localisation du projet	1
3. Configuration du modèle de dispersion	1
3.1 Modèle	1
3.2 Données météorologiques.....	2
3.3 Paramètres de surface	5
3.4 Domaine de modélisation	6
3.5 Récepteurs.....	7
3.5.1 Grille de récepteurs.....	7
3.5.2 Récepteurs sensibles.....	9
3.6 Données géophysiques	10
3.7 Caractéristiques des bâtiments	10
3.8 Sources d'émission.....	13
3.8.1 Sources d'émissions temporaires	13
3.8.2 Sources ponctuelles.....	13
3.8.3 Source volumique	15
3.8.4 Sources linéaires volumiques	17
3.8.5 Sources de surface	19
3.9 Critères de la qualité de l'air ambiant	22
4. Analyse des résultats	22
5. Conclusion	1
6. Bibliographie	2

Liste des figures

Figure 3-1 : Rose des vents générée avec les données synthétiques MM5 pour le site du concentrateur	2
Figure 3-2 : Rose des vents pour l'aéroport de Baie-Comeau (1971 à 2000).....	4
Figure 3-3 : Définition des secteurs pour l'utilisation des sols	5
Figure 3-4 : Délimitation du domaine de modélisation (ligne jaune).....	6
Figure 3-5 : Grille des récepteurs pour le domaine de modélisation	8
Figure 3-6 : Localisation des récepteurs sensibles.....	9
Figure 3-7 : Données topographiques SRTM3 pour le domaine de modélisation.....	10
Figure 3-8 : Disposition des bâtiments du concentrateur et des sources d'émission principales	12
Figure 3-9 : Trajets projetés pour les sources volumiques linéaires	19

Liste des tableaux

Tableau 3-1 : Vitesse moyenne par mois et par direction de vent (m/s)	3
Tableau 3-2 : Paramètres de surface (Z ₀) par secteur angulaire et par saison	5
Tableau 3-3 : Albédo et Bowen par saison	6
Tableau 3-4 : Paramètres de la grille de récepteurs.....	7
Tableau 3-5 : Récepteurs sensibles pour le domaine de modélisation	9
Tableau 3-6 : Paramètres des bâtiments rectangulaires	11
Tableau 3-7 : Paramètres des bâtiments circulaires	12
Tableau 3-8 : Paramètres des sources d'émission ponctuelles en continu (24 h par jour).....	14



Tableau 3-9 : Paramètres de la source volumique variable (10 h par jour de 8 h à 18 h)	16
Tableau 3-10 : Paramètres des sources linéaires volumiques	18
Tableau 3-11 : Paramètres sources de surface	21
Tableau 3-12 : Critères de la qualité de l'air du MDDELCC	22
Tableau 4-1 : Résultats pour le scénario d'exploitation normal - Concentrations maximales de particules sur une période de 24 heures ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).....	23
Tableau 4-2 : Résultats pour le scénario d'exploitation normal - Concentrations maximales de dioxyde de soufre (SO_2) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).....	24

Liste des annexes

Annexe A : Figures des résultats de modélisation de la dispersion atmosphérique des contaminants

Annexe B : Calculs des taux d'émission de poussières



1. Introduction

En soutien à l'étude d'impact sur l'environnement réalisée pour le projet d'exploitation du gisement de graphite naturel du Lac Guéret, Hatch a été mandatée par Mason Graphite Inc pour réaliser une étude de dispersion atmosphérique afin de caractériser les concentrations de contaminants dans l'atmosphère autour du nouveau concentrateur qui sera construit à Baie-Comeau.

La modélisation de la dispersion atmosphérique permettra de déterminer l'impact du projet sur la qualité de l'air et de valider le respect des critères de la qualité de l'air spécifiés dans le Règlement sur l'assainissement de l'atmosphère (RAA). L'apport du projet en contaminants atmosphériques sera caractérisé sur un domaine établi selon les standards du MDDELCC et à des récepteurs spécifiques afin d'analyser les impacts dans les zones sensibles. La modélisation sera effectuée pour simuler la dispersion atmosphérique des principaux contaminants émis par les activités qui sont prévues lors de l'exploitation du concentrateur, telles que la manutention du minerai, le séchage du concentré et sa classification.

La méthodologie utilisée est basée sur le Guide de modélisation de la dispersion atmosphérique du MDDELCC (Leduc, 2005).

2. Localisation du projet

Le concentrateur de graphite sera installé à Baie-Comeau, dans le futur site industriel lourd qui sera développé à proximité du parc industriel Jean-Noël-Tessier. Le site est dans un environnement rural et peu de récepteurs sensibles sont situés à proximité. Les limites de la propriété sont présentées à la Figure 3-4.

3. Configuration du modèle de dispersion

Les sections suivantes décrivent la configuration du modèle, incluant les données météorologiques, le domaine de modélisation, les récepteurs et le terrain.

3.1 Modèle

Le modèle qui a été utilisé pour le projet est AERMOD (version 9.1.0). AERMOD est un modèle de dispersion reconnu par le Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC). Ce modèle est utilisé, car le concentrateur sera construit à plus de quatre (4) kilomètres du golfe du St-Laurent et que les phénomènes côtiers plus complexes ne devraient pas avoir d'influence sur la dispersion atmosphérique des contaminants émis par les activités du concentrateur.

AERMOD est un modèle en régime permanent qui peut estimer la dispersion des contaminants dans l'atmosphère jusqu'à 50 km du point d'émission.



3.2 Données météorologiques

Peu de données météorologiques complètes et récentes sont disponibles pour la région de Baie-Comeau. Suite à la conversation¹ avec un spécialiste du MDDELCC, des données MM5 ont été générées pour le site du concentrateur. Un compte rendu des échanges entre Hatch et le MDDELCC est disponible à l'annexe C.

La station MM5 est localisée sur le site du futur concentrateur (555470.02 m E, 5452521.03 m N), et les données couvrent une période de 5 années (2010-2014). Les données ont été produites sur une grille dont la résolution est de 4 km. L'élévation de la station est de 48 m et la hauteur de l'anémomètre est de 15 m.

Les données synthétiques MM5 ont été traitées dans AERMET et la rose des vents obtenue est présentée à la Figure 3-1 ci-dessous.

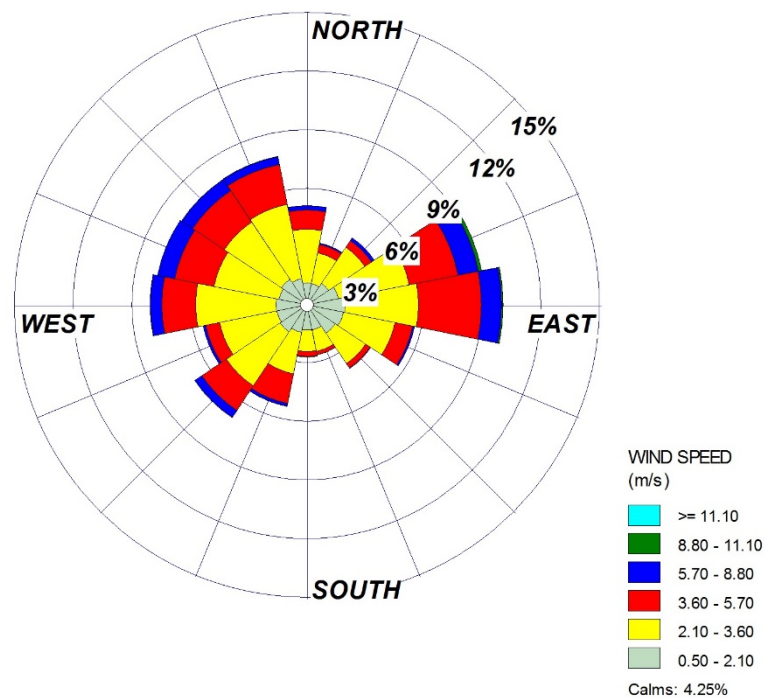


Figure 3-1 : Rose des vents générée avec les données synthétiques MM5 pour le site du concentrateur

¹ Conversation téléphonique le 2 février 2015 et courriels entre Richard Leduc et Jean-François Brière.

Les vents de direction de W à NNW ont une fréquence d'environ 8 % chacun et la direction E a une fréquence de 10 %. On compte 4,25 % de vents calmes. La vitesse moyenne des vents est de 2,9 m/s. Les directions les plus venteuses, en matière de vitesse du vent, (Tableau 3-1) sont ENE (3,5 m/s), E (3,4 m/s) et WNW (3,3 m/s). Le mois d'avril est le plus venteux (3,2 m/s) et août et novembre ont une moyenne mensuelle la plus faible (2,6 m/s). Le vent de direction ENE en mars est le plus vigoureux en moyenne (4,3 m/s).

Tableau 3-1 : Vitesse moyenne par mois et par direction de vent (m/s)

Origine des vents	JANV	FEV	MARS	AVR	MAI	JUIN	JUIL	AOUT	SEPT	OCT	NOV	DEC	Total
N	3.0	3.1	3.1	2.6	2.8	2.9	2.5	2.0	2.4	2.3	2.7	2.9	2.8
NNE	2.1	2.3	2.9	2.2	2.2	2.0	2.1	1.9	2.3	2.3	2.3	2.8	2.4
NE	2.2	3.0	2.8	2.4	2.8	2.4	1.9	2.5	2.3	2.7	1.8	2.4	2.5
ENE	3.5	4.0	4.3	3.6	3.4	3.4	2.2	2.7	3.2	3.5	2.9	3.9	3.5
E	3.3	3.6	3.1	3.8	3.4	3.6	2.6	3.1	3.2	3.6	3.5	4.2	3.4
ESE	2.0	2.6	2.2	2.9	2.6	2.9	2.5	2.5	2.3	2.3	2.2	2.6	2.5
SE	1.3	1.1	1.7	2.2	2.4	2.4	2.2	2.0	1.9	2.2	1.5	2.5	2.1
SSE	1.3	0.9	1.6	1.9	2.2	2.3	2.3	2.2	1.9	1.7	1.4	1.0	1.9
S	1.1	1.1	1.9	2.1	2.4	2.6	2.2	2.3	1.9	2.1	1.3	1.1	2.0
SSW	1.7	2.0	2.4	3.2	3.3	3.3	3.3	3.2	2.9	2.4	1.8	1.7	2.8
SW	2.2	2.4	3.0	3.5	3.2	3.1	3.3	3.0	3.1	2.8	2.7	1.9	2.9
WSW	2.4	2.3	2.1	3.3	2.4	2.4	2.8	2.2	2.9	2.6	2.6	2.3	2.5
W	3.3	2.8	2.5	3.9	3.2	2.6	3.3	3.2	3.3	2.8	2.9	2.6	3.1
WNW	3.3	2.9	3.9	3.9	3.4	3.4	3.4	3.1	3.4	3.4	2.9	2.9	3.3
NW	3.3	3.0	3.5	3.6	3.2	2.9	3.1	2.5	3.2	3.1	3.1	2.9	3.1
NNW	3.3	3.3	3.3	3.2	3.4	3.2	2.8	2.6	2.5	2.9	3.1	2.7	3.1
Total	2.9	2.9	3.1	3.2	3.0	3.0	2.8	2.6	2.9	2.9	2.6	2.9	2.9

En comparant les données synthétiques utilisées avec les données de vent historiques enregistrées à l'aéroport de Baie-Comeau et présentées à la Figure 3-2, on remarque qu'il y a quelques différences, mais que les directions de vent dominantes sont similaires. La vitesse moyenne des vents est inférieure pour les données synthétiques, mais comme le site du concentrateur est moins proche de la côte, il est attendu que la vitesse des vents soit inférieure au concentrateur par rapport à celle observée à l'aéroport, qui est situé à moins de 2 km du golfe du St-Laurent.

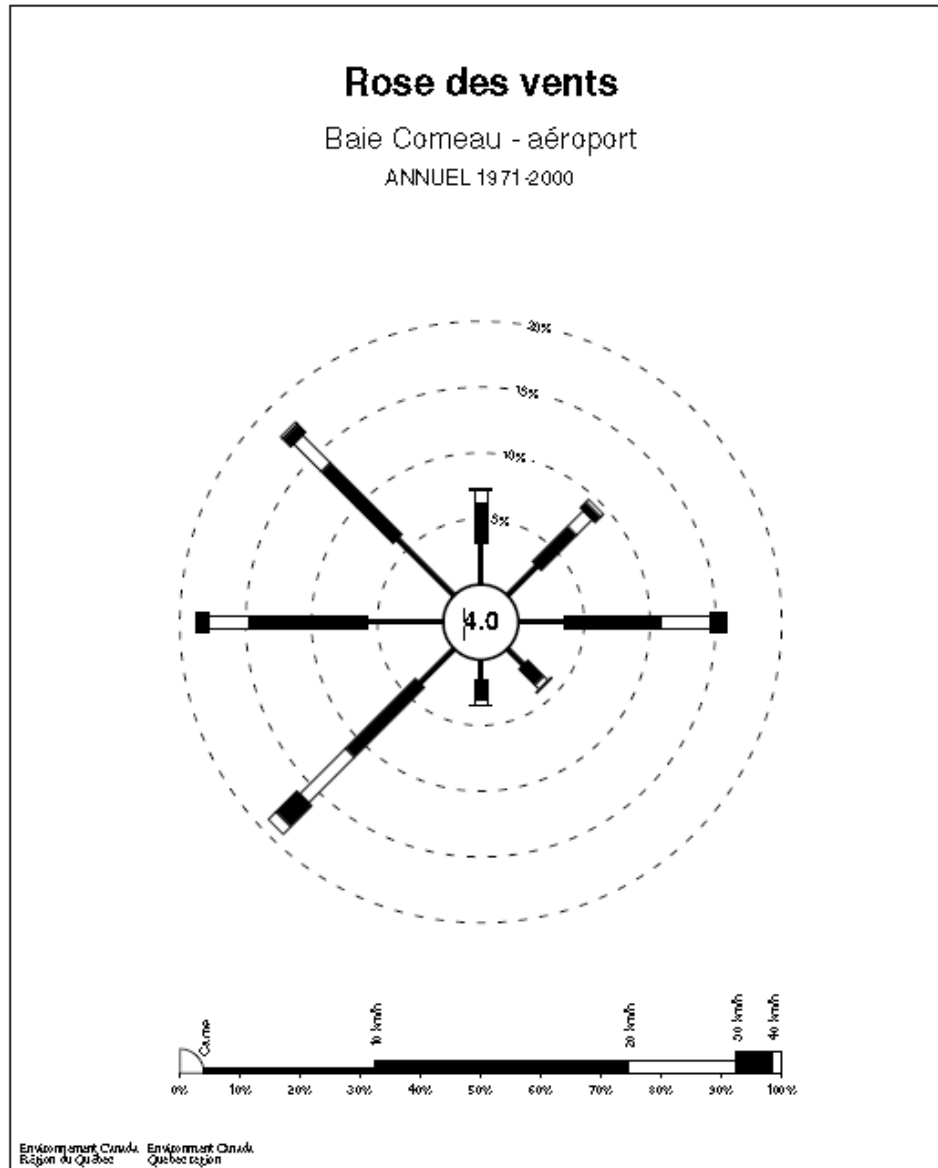


Figure 3-2 : Rose des vents pour l'aéroport de Baie-Comeau (1971 à 2000)

Des données sur la stabilité des vents par direction et par mois sont disponibles à l'Annexe A. Ces données permettent de conclure que le mois le plus stable est décembre ($0,0332 \text{ m}^{-1}$) et que le mois le plus instable est juin ($0,0028 \text{ m}^{-1}$). De plus, les vents de la direction ENE sont associés à des conditions stables ($0,0339 \text{ m}^{-1}$) et SE à des conditions légèrement convectives ($-0,0035 \text{ m}^{-1}$). Les conditions convectives moyennes les plus importantes sont observées en juin avec un vent SE ($-0,035 \text{ m}^{-1}$) et en décembre ce sont les conditions plus stables avec un vent SSE ($0,0889 \text{ m}^{-1}$).

3.3 Paramètres de surface

Les paramètres de surface ont été calculés selon la procédure standard. Ainsi pour le calcul de la rugosité (Z_0), une surface de rayon de 1 km centrée à la station météorologique a été considérée afin d'identifier l'utilisation du sol dans des aires de 100 m x 100 m. Cette surface, séparée en 12 secteurs angulaires d'un minimum de 30° relativement semblables pour l'utilisation du sol, permet de calculer la moyenne géométrique de Z_0 pondérée à l'inverse de la distance dans chaque secteur angulaire. Pour obtenir le calcul du rapport de Bowen, on calcule une moyenne géométrique. Pour le calcul de l'albédo, une moyenne arithmétique pondérée à l'utilisation du sol (sans tenir compte de la distance) sur l'ensemble d'une surface de 10 km x 10 km a été considérée. Les résultats sont appliqués pour chaque mois de chaque saison.

Trois (3) secteurs angulaires ont été retenus tel qu'illustré à la Figure 3-3; les valeurs calculées par secteur angulaire et par mois sont présentées au Tableau 3-2.

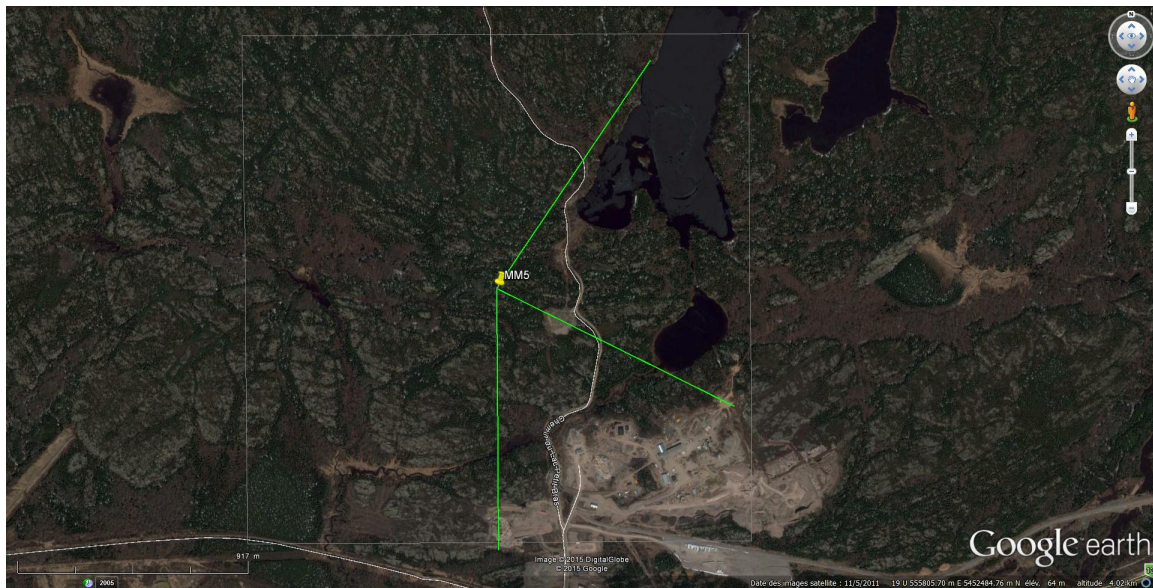


Figure 3-3 : Définition des secteurs pour l'utilisation des sols

Tableau 3-2 : Paramètres de surface (Z_0) par secteur angulaire et par saison

Secteurs (degrés)	Hiver : janvier à avril et décembre	Printemps : mai et juin	Été : juillet et août	Automne : septembre, octobre et novembre
35° - 115°	0,27	0,23	0,23	0,23
115° - 180°	0,59	0,59	0,59	0,59
180° - 35°	1,3	1,3	1,3	1,3

Tableau 3-3 : Albédo et Bowen par saison

Paramètre	Hiver : janvier à avril et décembre	Printemps : mai et juin	Été : juillet et août	Automne : septembre, octobre et novembre
Albédo	0,31	0,12	0,12	0,13
Rapport de Bowen	0,50	0,53	0,30	0,59

3.4 Domaine de modélisation

Le domaine de modélisation utilisé est de 10 km par 10 km, tel que présenté à la Figure 3-4 avec les installations du concentrateur situées au centre. Le domaine se trouve dans la zone UTM 19 de l'hémisphère nord. Le domaine de modélisation a été défini selon les standards du guide de modélisation du MDDELCC et il inclut les quartiers résidentiels Mingan et Marquette, ainsi que certains secteurs commerciaux. Les principales usines existantes de la région de Baie-Comeau (Résolu et Alcoa) sont exclues du domaine et leurs émissions atmosphériques ne sont pas considérées dans la présente étude de modélisation.

**Figure 3-4 : Délimitation du domaine de modélisation (ligne jaune)**

3.5 Récepteurs

3.5.1 Grille de récepteurs

La grille de récepteurs a été définie selon les différents maillages présentés dans le Tableau 3-4. Ce maillage permet de mieux caractériser les concentrations de contaminant à proximité des sources d'émission. Le modèle possède un total de 1658 récepteurs, incluant les récepteurs de la grille de 10 km par 10 km, les récepteurs sensibles et les récepteurs sur la limite de propriété et la limite de la zone industrielle avec une distance de 100 m entre chaque récepteur.

Tableau 3-4 : Paramètres de la grille de récepteurs

Maille	Distance de l'usine
100 m	0 - 1 km
200 m	1 - 2 km
500 m	> 2 km

La grille de récepteurs est présentée à la Figure 3-5 ci-dessous.

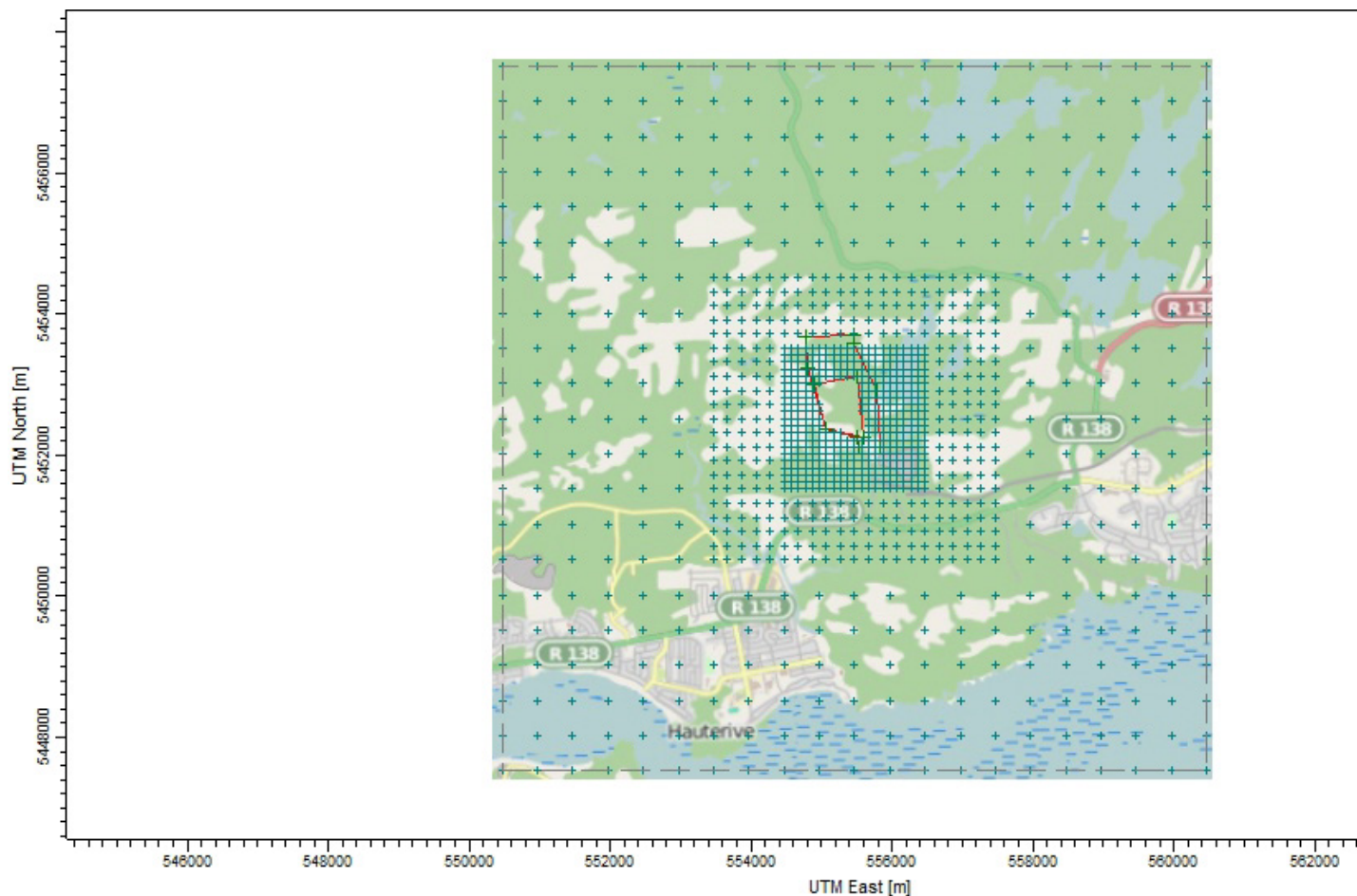


Figure 3-5 : Grille des récepteurs pour le domaine de modélisation



Sécurité • Qualité • Durabilité • Innovation

3.5.2 Récepteurs sensibles

À défaut d'avoir des stations d'échantillonnage de la qualité de l'air à proximité du site, des récepteurs sensibles ont été sélectionnés dans les quartiers résidentiels et commerciaux les plus proches. Les institutions de santé et d'éducation les plus proches sont également dans la liste des récepteurs présentée dans le Tableau 3-5 ci-dessous en incluant leurs coordonnées et l'élévation. Leur emplacement est également illustré à la Figure 3-6.

Tableau 3-5 : Récepteurs sensibles pour le domaine de modélisation

Récepteur	Coordonnées UTM		Élévation
	E (m)	N (m)	(m)
R1 (Zone résidentielle 45 R)	555558	5450962	52,3
R2 (Zone résidentielle – Secteur du golf 46 R)	554372	5451402	53,2
R3 (Zone résidentielle – Secteur Marquette 208 R)	557968	5451129	71,8
R4 (Zone résidentielle – Secteur Minguan 122 R)	553592	5450493	49,4
R5 (CSSS de Manicouagan)	554453	5448960	51,2
R6 (École Primaire Trudel)	554239	5449599	47,5
R7 (École Primaire Bois du Nord)	551457	5449594	22,9



Figure 3-6 : Localisation des récepteurs sensibles

3.6 Données géophysiques

Les données topographiques pour le domaine de modélisation proviennent de la « Shuttle Radar Topography Mission (SRTM3) » dont les données sont rendues disponibles par le United State Geological Survey (USGS) et la NASA. Ces données topographiques ont une résolution de 90 m. Les données importées dans le modèle AERMOD sont présentées à la Figure 3-7 qui illustre une version 3D du domaine de modélisation.

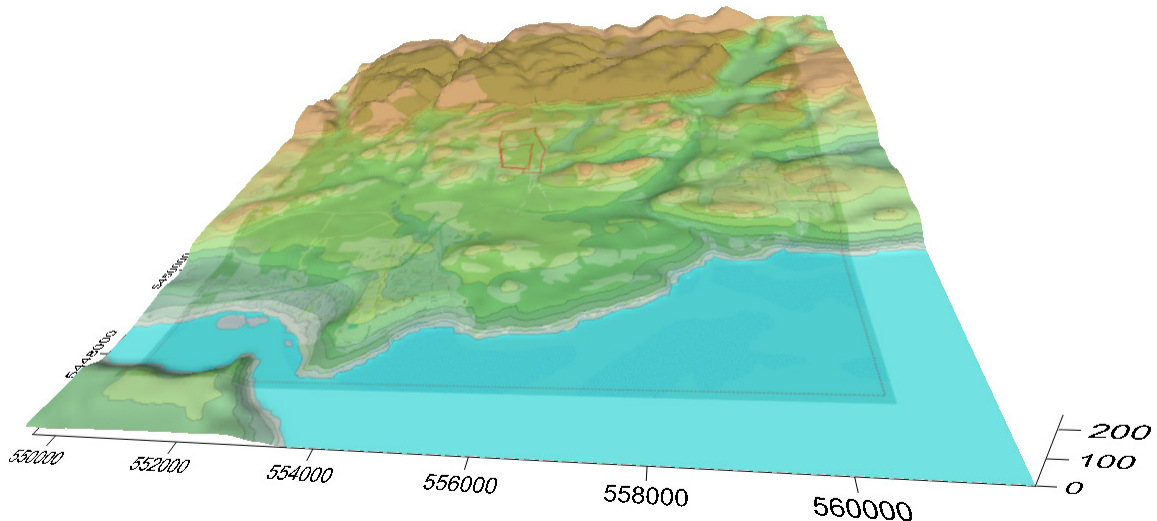


Figure 3-7 : Données topographiques SRTM3 pour le domaine de modélisation

3.7 Caractéristiques des bâtiments

Toutes les structures majeures qui seront construites sur le site du concentrateur ont été incluses dans le modèle pour représenter les effets de rabattements des vents provoqués par les bâtiments sur le site. Les dimensions et les coordonnées des bâtiments sur le site du concentrateur sont présentées aux Tableau 3-6 et Tableau 3-7. La Figure 3-8 présente la disposition des bâtiments principaux sur le site.

Les digues du parc à résidus n'ont pas été considérées dans les bâtiments, car elles sont situées à une distance assez grande pour ne pas avoir d'effet sur les sources ponctuelles. Une modélisation a été effectuée avec un bâtiment représentant la digue au sud du parc à résidu et les résultats (BPIP) ont démontré qu'il n'y avait pas d'effet de rabattement sur les sources ponctuelles.

De plus, la pile extérieure de minerai n'a pas été considérée comme un bâtiment, car ses dimensions seront en constante variation et sa hauteur par rapport aux cheminées est assez faible pour limiter les effets de rabattement (le ratio de hauteur moyenne de la pile sur hauteur de la cheminée est inférieur à 2,5).

Tableau 3-6 : Paramètres des bâtiments rectangulaires

Description du bâtiment	Identification dans le modèle	Coordonnées UTM (Zone 19)		Hauteur du bâtiment m	Élévation du sol m
		Est (m)	Nord (m)		
Bâtiment du procédé sec du concentrateur	DRY_PLANT	555437.82	5452395.77	28	70,7
		555439.79	5452367.54		
		555394.90	5452364.40		
		555392.93	5452392.63		
Bâtiment d'entreposage de concentré	STORAGE	555439.68	5452367.11	7,5	70,7
		555442.53	5452326.31		
		555394.65	5452322.96		
Bâtiment du procédé humide du concentrateur	WET_PLANT	555403.99	5452394.36	24	70,2
		555399.51	5452458.44		
		555433.33	5452460.81		
		555437.81	5452396.73		
Atelier mécanique	ATELIER	555388.54	5452392.20	6	70,3
		555386.52	5452421.13		
		555401.49	5452422.17		
		555403.51	5452393.24		
Garage	GARAGE	555351.47	5452416.25	7	70,7
		555350.39	5452431.71		
		555363.86	5452432.65		
		555364.94	5452417.19		
Entrepôt	ENTREPOT	555368.67	5452367.51	7	70,7
		555355.70	5452366.60		
		555354.17	5452388.55		
		555367.14	5452389.46		
Bâtiment administratif	ADM	555441.22	5452350.32	4,5	71,3
		555436.38	5452419.56		
		555464.55	5452421.53		
		555469.39	5452352.29		
Entrepôt de minerai ¹	ORE	555364.10	5452564.07	20	72,8
		555430.94	5452568.74		
		555435.61	5452501.91		
		555368.77	5452497.23		

¹ L'entrepôt de minerai a été inséré dans le modèle comme un bâtiment avec un toit en pente afin de représenter la configuration du bâtiment. Les paramètres du tableau représentent seulement la base (au sol) du bâtiment.

Tableau 3-7 : Paramètres des bâtiments circulaires

Description du bâtiment	Identification dans le modèle	Coordonnées UTM du centre du bâtiment		Diamètre m	Hauteur du bâtiment m	Élévation du sol m
		Est (m)	Nord (m)			
Réservoir d'eau	EAU	555390.61	5452452.5	10	12	71,7
Cellule d'épaississement	THICK	555391.68	5452438.22	12	8	71,4

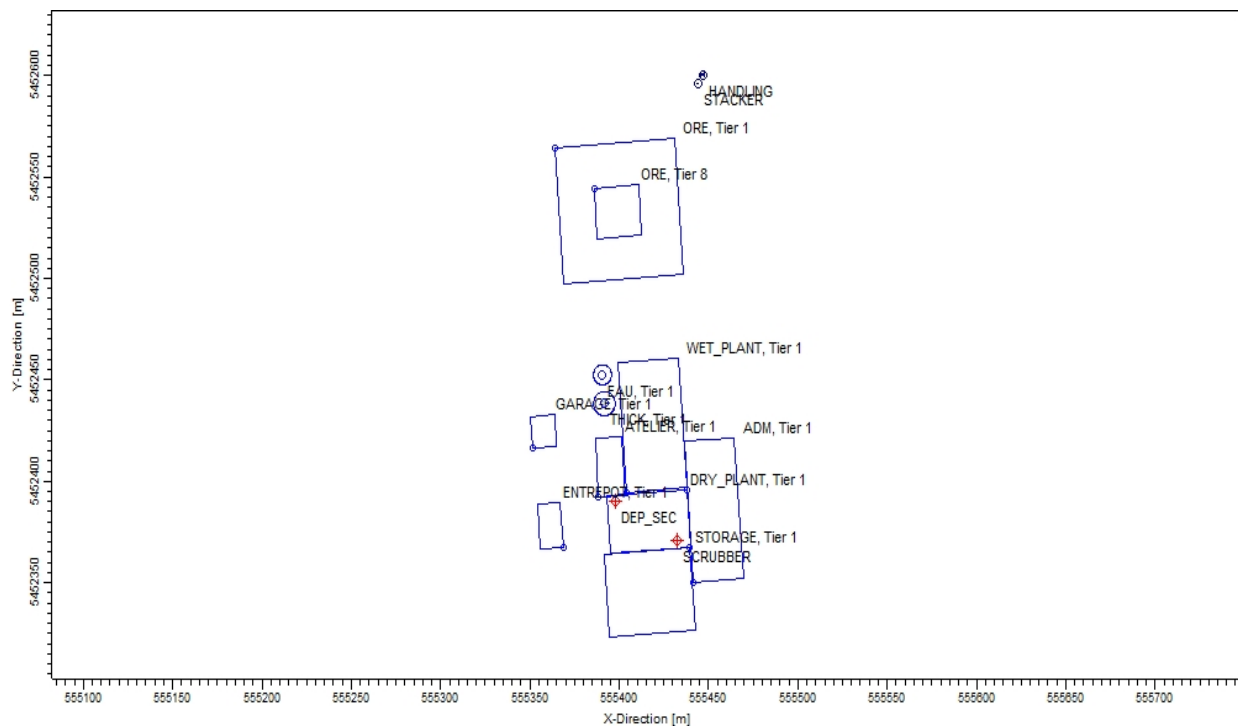


Figure 3-8 : Disposition des bâtiments du concentrateur et des sources d'émission principales

3.8 Sources d'émission

Les émissions atmosphériques du concentrateur ont été évaluées selon les informations fournies dans le document intitulé *Données de base pour ÉIE (émissions atmosphériques) 21avr2015v1r0.xlsx* (1). Le modèle initialement réalisé comprenait deux sources ponctuelles et deux sources volumiques. Ce modèle a été mis à jour avec l'inclusion des plus récentes modifications au projet. Il comprend donc neuf sources dont deux ponctuelles, une volumique, quatre linéaires volumiques et deux sources de surface. Les calculs et le bilan annuel des émissions est présenté à l'Annexe B.

3.8.1 Sources d'émissions temporaires

Comme la méthode de gestion des résidus a été mise à jour, il n'est plus prévu de construire des digues en phase construction pour la construction d'un parc à résidus envoyés. Le changement au niveau de la gestion des résidus a un impact sur la quantité d'émissions émises en phase exploitation, car la méthode préconisée est celle des résidus filtrés qui sont susceptibles d'émettre des particules à l'atmosphère lorsqu'ils sont empilés.

Les taux d'émissions fugitives ont été déterminés à l'aide des facteurs de l'AP-42, des équations d'Environnement Canada pour les carrières et sablières ainsi que les équations proposées dans le nouveau guide sur la modélisation d'une dispersion atmosphérique pour les projets miniers du MDDELCC. Les détails des calculs sont présentés à l'Annexe B.

3.8.2 Sources ponctuelles

Deux sources ponctuelles sont incluses au modèle de dispersion pour représenter la sortie du dépoussiéreur et la sortie de l'épurateur pour traiter le rejet gazeux du séchoir à concentré de graphite. Les données concernant ces sources ont été déterminées par bilan de masse par Soutex. Toutes les sources émettent des particules qui ont été catégorisées selon leur taille (particules totales en suspension (PTS) et particules de taille inférieure à 2,5 µm (PM_{2.5})). Il a été assumé que toutes les particules émises par les sources ponctuelles (sortie du dépoussiéreur et de l'épurateur) auront un diamètre de moins de 2,5 microns. Les paramètres des sources sont présentés au Tableau 3-8.

Tableau 3-8 : Paramètres des sources d'émission ponctuelles en continu (24 h par jour)

Identification de la source	Description	Coordonnées (UTM) Zone 19		Élévation (m)	Hauteur (m)	Diamètre (m)	Vitesse (m/s)	Température (°C)	Taux d'émission (g/s)		
		Est	Nord						PTS	PM _{2,5}	SO ₂
SCRUBBER	Épurateur à gaz de sortie du séchoir	555432,4	5452370,7	70,6	31	0,88	15	56	0,10	0,10	0,026
DEP_SEC	Dépoussiéreur du procédé sec	555397,8	5452390,3	70,3	31	1,1	15	15	0,14	0,14	-



3.8.3 **Source volumique**

Une source volumique a été considérée pour simuler le déchargement du minerai lors de son arrivée sur le site du concentrateur. La source représente les activités de manutention seulement. Le déplacement du camion ou de la chargeuse à minerai sont considérés dans la prochaine section sur les sources linéaires volumiques. Le taux d'émission de poussières a été déterminé selon les facteurs de l'AP-42 pour la manutention des agrégats en utilisant le taux d'humidité du minerai et la vitesse moyenne du vent au site. Les paramètres d'émission sont présentés au Tableau 3-9 considérant une activité pour 10 heures par jour.

Tableau 3-9 : Paramètres de la source volumique variable (10 h par jour de 8 h à 18 h)

Source	Description	Coordonnées (UTM) Zone 19		Élévation (m)	Hauteur (m)	Dimension latérale (m)	Dimension verticale (m)	Taux d'émission (g/s)	
		Est	Nord					PTS	PM _{2.5}
UNLOAD	Déchargement du minerai des camions	555446,8	5452600,4	73,3	0,5 ¹	0,47 ²	0,70 ³	0,02	0,001

¹ Hauteur de sortie déterminée selon la hauteur de l'extrémité arrière du lit de camion par rapport au sol et divisé par 2,15

² Utilisation de la méthodologie par défaut : largeur du lit de camion divisé par 4,3.

³ Utilisation de la méthodologie par défaut : hauteur maximale de la partie supérieure du camion par rapport au sol divisé par 4,3. (2)



3.8.4 Sources linéaires volumiques

Ce type de source est utilisé pour représenter la circulation de camions ou d'équipements mobiles sur des routes non pavées. Dans le modèle, quatre sources volumiques linéaires sont utilisées afin de représenter des équipements en mouvement. La première source, «ROUTE», est utilisée pour représenter la circulation du camion à minerai sur le site. La source comprend les émissions associées au gaz d'échappement et à l'empatement de poussières de la route non pavée. Les paramètres de la source ont été déterminés par défaut à l'aide de la fonction «haul road» dans AERMOD selon les dimensions du camion (hauteur et largeur). Le taux d'empatement de poussière a été déterminé selon les facteurs d'émission de l'AP-42 en utilisant un taux de silt moyen pour les aires d'entreposages de sable et de gravier afin de représenter les conditions du site (7,1%).

La source «LOADMIN» représente le trajet parcouru par la chargeuse pour le transport du minerai de l'aire de réception jusqu'à l'aire d'entreposage. La même méthodologie que la source du camion à minerai a été utilisée pour les paramètres de la source.

La source «ROUTERES» correspond à l'activité de transport par camion des résidus filtrés du concentrateur à la pile de résidus. La même méthodologie de calcul des paramètres de la source a été utilisée pour cette source. Par contre, le taux de silt sur la route non-pavée a été ajusté pour mieux représenter les conditions du site à cet endroit. Le taux utilisé est le pourcentage moyen pour les sites d'enfouissement et d'entreposage de déchets solides (6,4%).

La dernière source linéaire volumique du modèle est celle de la circulation de la chargeuse sur la pile à résidus «LOADRES». Il est prévu qu'une chargeuse circule sur la pile pour compacter les résidus. Pour cette activité de transport, le taux de silt considéré est celui de la pile évalué à 75% selon la granulométrie des résidus (URSTM, 2016). Les paramètres des sources sont présentés dans le Tableau 3-10 tandis que les trajets prévus sont présentés à la Figure 3-9.

Tableau 3-10 : Paramètres des sources linéaires volumiques

Source	Description	Coordonnées (UTM) Zone 19		Élévation (m)	Hauteur (m)	Dimension latérale (m)	Dimension verticale (m)	Taux d'émission (g/s)			
		Est	Nord					PTS	PM _{2.5}	NO _x	SO ₂
ROUTE	Livraison du minéral sur le site	555468,4	5452600,7	73,4	6,8 ²	10,0 ³	13,6 ²	3.3E-02	9.8E-04	0,14	2,2E-03
		555562,9	5452606,5	74,5							
LOADMIN	Transport du minéral par chargeuse	555431,9	5452598,6	73,3	2,55 ⁴	8,0 ⁵	5,1 ⁴	9.5E-02	2.6E-03	0,01	2,0E-04
		555436,1	5452556,7	73,1							
ROUTERES	Transport des résidus par camion	555349,3	5452463,9	70,9	6,8 ²	10,0 ³	13,6 ²	4.3E-02	1.1E-03	8,3E-03	1,4E-04
		555211,5	5452789,3	75,4							
LOADRES	Chargeuse sur pile à résidus	555141,0	5452871,9	76,1	2,55 ⁴	8,0 ⁵	5,1 ⁴	1.7E-01	7.7E-03	1,2E-02	2,0E-04
		555356,3	5452863,7	77,4							

² Considérant une hauteur de camion totale de 8m (ex. CAT770), calculé par défaut avec fonction haul road en utilisant le facteur de 1,7.

³ Considérant une largeur de camion totale de 4m (ex. CAT770), calculé par défaut avec fonction haul road en utilisant le facteur de 1,7.

⁴ Considérant une hauteur de chargeuse totale de 3m (ex. CAT962M), calculé par défaut avec fonction haul road en utilisant de le facteur de 1,7

⁵ Considérant une largeur de chargeuse totale de 2m (ex. CAT962M), calculé par défaut avec fonction haul road en utilisant de le facteur de 1,7



Sécurité • Qualité • Durabilité • Innovation

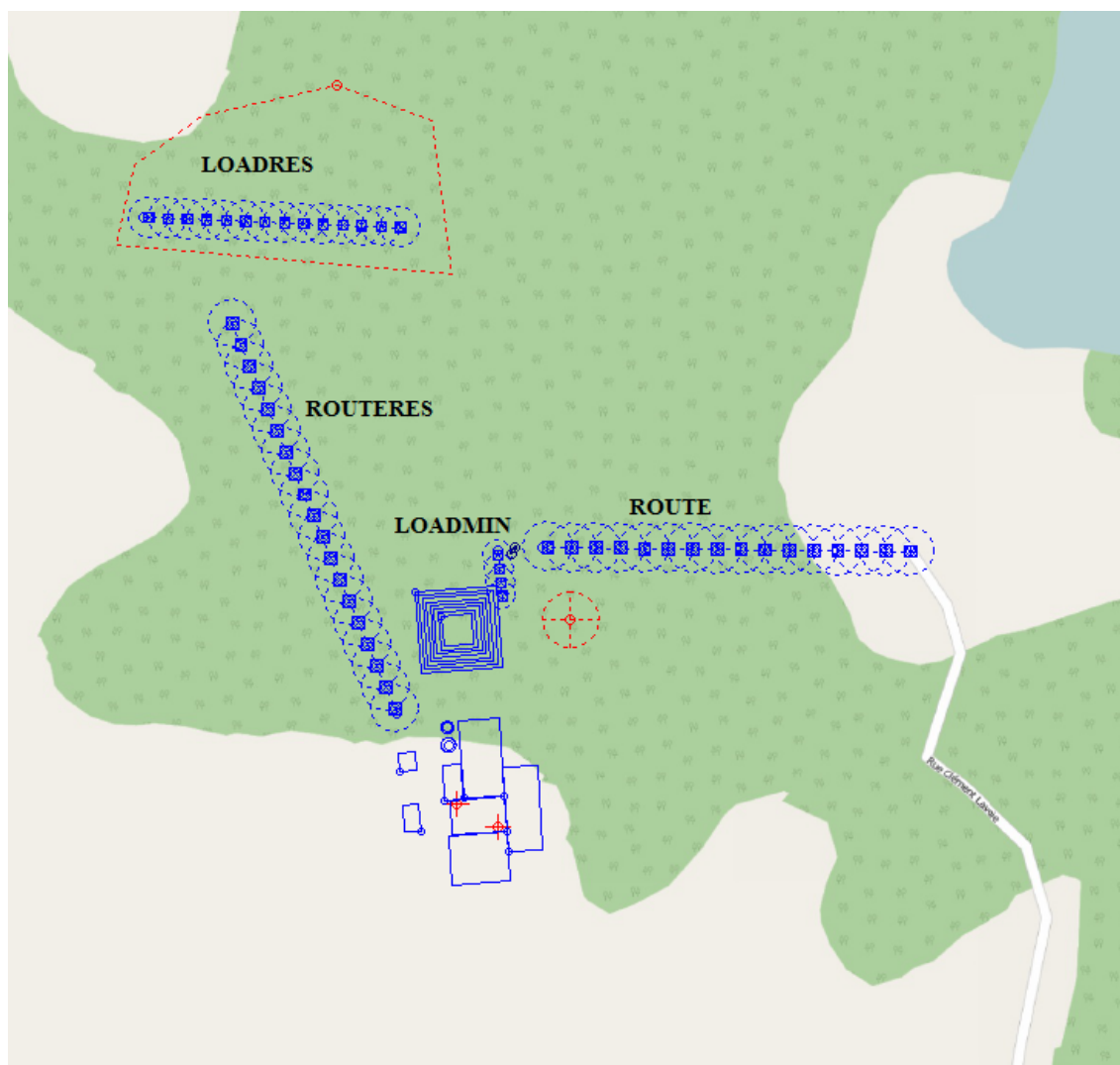


Figure 3-9 : Trajets projetés pour les sources volumiques linéaires

3.8.5 Sources de surface

Afin de représenter les émissions de poussières associées à l'érosion éolienne des piles, des sources de surface ont été ajoutées au modèle de dispersion. La première source «PILE» représente les émissions de la pile de minerai. Très peu d'émissions sont anticipées pour cette pile étant donné qu'il est prévu de la recouvrir et que le minerai sera entreposé avant toute étape de broyage ou concassage. Son contenu en silt a donc été évalué à 1% pour les fins du calcul. Le volume maximal entreposé a été considéré pour la modélisation, ce qui équivaut à six (6) mois de capacité. Pour le calcul des taux d'émission, l'équation 8.11 du Guide pour les carrières et sablières d'Environnement Canada a été utilisée tel que proposé dans le Guide d'instruction pour la modélisation de la dispersion atmosphérique pour les projets miniers (3). Le résultat calculé a été ajusté en considérant que le recouvrement de la pile permet la réduction de 90% des poussières émises.

La dernière source du modèle est celle qui représente les émissions de la pile de résidus «RES». Pour cette source, l'équivalent d'une année de résidus a été considérée étant donné que des activités de restauration seront effectuées annuellement pour végétaliser la pile. Le taux de silt utilisé pour le calcul est évalué à 75% selon la granulométrie des résidus (URSTM, 2016).

Étant donné que le taux d'émission calculé est élevé pour la pile de résidus, des mesures de mitigation ont été ajoutées pour mieux contrôler les poussières. Le pourcentage de réduction des émissions suivant sera attribué au taux d'émission de la pile :

- Résidu maintenu⁶ humide : réduction de 90 %.

Le Tableau 3-11 présente les paramètres des sources de surface modélisées. La hauteur d'émission a été déterminée selon la moitié de la hauteur prévue des piles selon la méthodologie du NSSGA. (2).

⁶ Le résidu est déjà humide (environ 20%) lorsqu'il est transporté et déchargé sur la pile. Les poussières seront seulement émises si la surface de la pile s'assèche. L'humidité de la pile sera maintenue par arrosage, c'est donc pour cette raison qu'une réduction de 90% est accordée.

Tableau 3-11 : Paramètres sources de surface

Identification de la source	Description	Coordonnées (UTM) Zone 19		Élévation (m)	Hauteur (m)	Rayon (m)	Aire (m ²)	Taux d'émission (g/m ² s)	
		Est	Nord					PTS	PM _{2.5}
PILE	Pile de minerai (surface circulaire recouverte à 90%)	555492,2	5452541,3	73,2	12	23	1661,9	1,5E-05	3,0E-06
RES	Pile de résidus partiellement restaurée	555300,1	5452981,2	78,0	10	Surface polygonale	31683,3	1,1E-04	2,3E-05



3.9 Critères de la qualité de l'air ambiant

L'annexe K du Règlement sur l'assainissement de l'atmosphère (RAA) indique les critères de la qualité de l'air à respecter pour tout nouveau projet au Québec à sa limite de propriété. Le Tableau 3-11 reprend ces critères de la qualité de l'air pour les contaminants spécifiquement émis par les activités du concentrateur. Faute de mesure de qualité de l'air disponible pour qualifier le milieu ambiant, une concentration initiale imposée par le règlement a été considérée dans l'évaluation de la qualité de l'air selon les valeurs limites. Cette concentration permet de représenter les concentrations en contaminants qui sont possiblement déjà présents dans l'atmosphère. Selon les données disponibles sur l'INRP, aucun autre émetteur de particules ou de dioxyde de soufre n'est installé dans un rayon de 5 km de l'usine. De plus, comme il n'y a pas de station de la qualité de l'air à proximité du site, les concentrations initiales proposées à l'annexe K ont été retenues.

Tableau 3-12 : Critères de la qualité de l'air du MDDELCC

Contaminants	Valeur limite ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Concentration initiale ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Période
Particules fines ($\text{PM}_{2.5}$)	30	20	24 heures
Particules totales (PTS)	120	60 ¹	24 heures
Dioxyde de soufre (SO_2)	1050 ²	150	4 minutes
	288	50	24 heures
	52	20	1 an
Dioxyde d'azote (NO_2)	414	150	1 heure
	207	100	24 heures
	103	30	1 an

¹ Valeur validée par le MDDELCC dans les réponses aux questions de l'étude d'impact (QC-100)

² Cette valeur limite peut être excédée jusqu'à 0,5% du temps sur une base annuelle, sans toutefois dépasser 1310 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

4. Analyse des résultats

Les concentrations issues de la modélisation pour les différents contaminants sont présentées dans les tableaux ci-dessous pour tous les récepteurs du domaine de modélisation et la concentration maximale à la limite de la propriété. L'Annexe A présente la distribution spatiale des concentrations maximales obtenues de la modélisation de dispersion atmosphérique de contaminants émis.

En analysant les résultats pour les concentrations générées par le projet, on remarque que les concentrations de particules générées sont élevées. La principale source qui contribue aux concentrations élevées est celle de la pile de résidus filtrés. Les résultats pour les particules fines et les particules totales sont présentés dans le Tableau 4-1 et le Tableau 4-2 ci-dessous.



Sécurité • Qualité • Durabilité • Innovation

Tableau 4-1 : Résultats pour le scénario d'exploitation normal - Concentrations maximales de particules sur une période de 24 heures ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Récepteur ¹	Coordonnées UTM		Concentrations de particules générées par le projet ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		Proportion des concentrations générées vs valeur du RAA		Concentrations totales incluant le niveau ambiant ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		Proportion des concentrations totales vs valeur du RAA	
	E (m)	N (m)	PM _{2.5}	PTS	%		PM _{2.5}	PTS	%	
Maximum à la limite de propriété	554598	5452621	17 ⁷	91 ⁷	58%	76%	37 ⁸	151	125%	126%
R1	555558	5450962	1,3	4,4	4%	4%	21	64	71%	54%
R2	554372	5451402	1,7	8,1	6%	7%	22	68	72%	57%
R3	557968	5451129	0,47	1,8	2%	1%	20	62	68%	51%
R4	553592	5450493	1,3	6,5	4%	5%	21	67	71%	55%
R5	554453	5448960	0,27	1,0	1%	1%	20	61	68%	51%
R6	554239	5449599	0,36	1,3	1%	1%	20	61	68%	51%
R7	551457	5449594	1,3	6,6	4%	5%	21	67	71%	55%

¹ Voir Tableau 3-5 pour la définition et la localisation des récepteurs.

Les résultats présentés ci-dessus dans le Tableau 4-1 démontrent que la concentration à la limite de la zone industrielle dépasse la valeur limite avec l'ajout d'une concentration initiale de $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour les particules fines (PM_{2.5}) et la concentration initiale de $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour les particules totales en suspension (PTS). Considérant que la valeur initiale proposée à l'annexe K du RAA est grande pour les particules fines PM_{2.5} (66% de la norme) et que le projet est localisé dans une zone avec des sources anthropiques de particules fines limitées. Les concentrations présentées ci-dessus sont potentiellement surévaluées. Le dépassement de la norme pour les PM_{2.5} est calculé à 14 fréquences en 5 ans (0,77 % du temps), tandis que sept dépassements des particules totales en suspension sont calculés sur cinq ans de modélisation (0,38 % du temps).

⁷ Représente la 2^e valeur maximale étant donné que le premier maximum est obtenu en hiver et que les émissions sont surestimées par le modèle.

⁸ Le résultat total excède la norme des particules fines en considérant une concentration initiale de $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$.



Tableau 4-2 : Résultats pour le scénario d'exploitation normal - Concentrations maximales de dioxyde de soufre (SO₂) (µg/m³)

Récepteur ¹	Coordonnées UTM		Concentrations de particules générées par le projet (µg/m ³)			Proportion des concentrations générées vs valeur du RAA			Concentrations totales incluant le niveau ambiant (µg/m ³)			Proportion des concentrations totales vs valeur du RAA		
	E (m)	N (m)	4 minutes	24h	1 an	%			4 minutes	24h	1 an	%		
Maximum à la limite de propriété	554598	5452621	3,63	1	0,14	0,3%	0,3%	0,3%	154	51	20	15%	18%	39%
R1	555558	5450962	0,92	0,06	0,01	0,1%	0,02%	0,01%	151	50	20	14%	17%	38%
R2	554372	5451402	1,58	0,18	0,01	0,2%	0,1%	0,01%	152	50	20	14%	17%	38%
R3	557968	5451129	0,34	0,02	0,002	0,0%	0,01%	<0,01%	150	50	20	14%	17%	38%
R4	553592	5450493	0,71	0,05	0,002	0,1%	0,02%	<0,01%	151	50	20	14%	17%	38%
R5	554453	5448960	0,25	0,01	0,001	<0,1%	<0,01%	<0,01%	150	50	20	14%	17%	38%
R6	554239	5449599	0,26	0,02	0,001	<0,1%	0,01%	<0,01%	150	50	20	14%	17%	38%
R7	551457	5449594	0,35	0,01	0,001	<0,1%	<0,01%	<0,01%	150	50	20	14%	17%	38%

¹ Voir Tableau 3-5 pour la définition et la localisation des récepteurs.



Sécurité • Qualité • Durabilité • Innovation

5. Conclusion

Le projet de concentrateur de graphite de Mason Graphite émettra des contaminants dans l'atmosphère principalement lors de la phase d'exploitation. Afin d'analyser les impacts du projet sur la qualité de l'air, une modélisation de la dispersion atmosphérique a été effectuée. La modélisation a été effectuée pour le scénario de production moyenne de 190 000 tonnes de minerai traité par année.

Selon les paramètres de conception du projet en opération normale, le procédé aura peu de sources d'émissions et des taux de rejet modérés pour la plupart des sources. La source d'émission principale sera l'érosion éolienne de la pile de résidus filtrés. Les répercussions sur la qualité de l'air ambiant seront plus importantes en considérant cette méthode de gestion des résidus.

Pour les récepteurs sensibles, les concentrations générées par le projet (sans valeur initiale) représentent au plus 7 % des normes du RAA. Avec les valeurs initiales de concentrations, le projet respecte également les normes du RAA pour les $PM_{2.5}$ et les PST pour les récepteurs sensibles R1 à R7.

Au niveau de la concentration maximale calculée à la limite de la zone industrielle, les résultats sont plus élevés à l'ouest des installations du concentrateur. Pour atténuer les émissions de poussières, la pile de résidus sera maintenue humide. Selon le US EPA, l'efficacité de réduction peut atteindre 90% étant donné que les résidus seront déjà humides lorsqu'ils seront disposés en pile. Sans mesures de réduction additionnelles à celles-ci, des dépassements sont à prévoir au niveau des particules fines et des particules totales. La fréquence des dépassements est faible avec un total de 0,77% pour les $PM_{2.5}$ et 0,38% pour les PTS sur une période de cinq ans. Les résultats de concentration retenus sont donc ceux à la limite du territoire industriel selon l'article 202 du RAA qui stipule que les normes et critères de la qualité de l'air s'appliquent seulement en zone non-industrielle.

De cette étude, il est possible de conclure que peu d'impact sur la qualité de l'air sera ressenti dans les zones résidentielles. Le risque pour la santé publique est donc évalué négligeable dans ces zones. L'impact sur la qualité de l'air sera non négligeable autour du site et principalement à l'ouest du terrain où seront construites les installations. Un impact modéré est à prévoir considérant les mesures d'atténuation qui seront mises en place pour réduire les concentrations de contaminants dans l'air ambiant sous les seuils du RAA. Les principaux récepteurs seront les travailleurs sur le site qui seront à proximité de la pile de résidus pendant qu'elle n'est pas enneigée et pendant les journées sèches avec de grands vents.

6. Bibliographie

1. **Soutex**. RE: Fichier de demande d'info à Soutex modifié. *Données de base pour ÉIE (émissions atmosphériques) 21avr2015v1r0.xlsx*. s.l. : Courriel, 22 avril 2015.
2. **Heinerikson, Arron J., et al., et al.** *Modeling fugitive dust sources with AERMOD*. s.l. : National Stone, Sand & Gravel Association, January 2007.
3. **MDDELCC**. *Préparation et réalisation d'une modélisation de la dispersion des émissions atmosphériques - Projets Miniers*. MDDELCC : Direction des politiques de la qualité de l'atmosphère, 2015.
4. **USEPA**. Emissions Factors & AP 42, Compilation of Air Pollutant Emission Factors . *13.2.4 Aggregate Handling And Storage Piles*. [En ligne] Novembre 2006.
<http://www.epa.gov/ttn/chief/ap42/ch13/final/c13s0204.pdf>.
5. **Leduc, Richard**. *Guide de modélisation de la dispersion atmosphérique*. Québec : MDDELCC, 2005.
6. **USEPA** . AERSURFACE User's Guide . *Environmental Protection Agency, Office of Air Quality Planning and Standards*. [En ligne] January 2008. [Citation : 22 avril 2015.]
http://www.epa.gov/scram001/7thconf/aermod/aersurface_userguide.pdf .
7. **URSTM**. *ESSAIS CINÉTIQUES SUR REJETS MINIERS DE MASON GRAPHITE*. 2016. PU-2014-12-946 – Note technique.



Annexe A

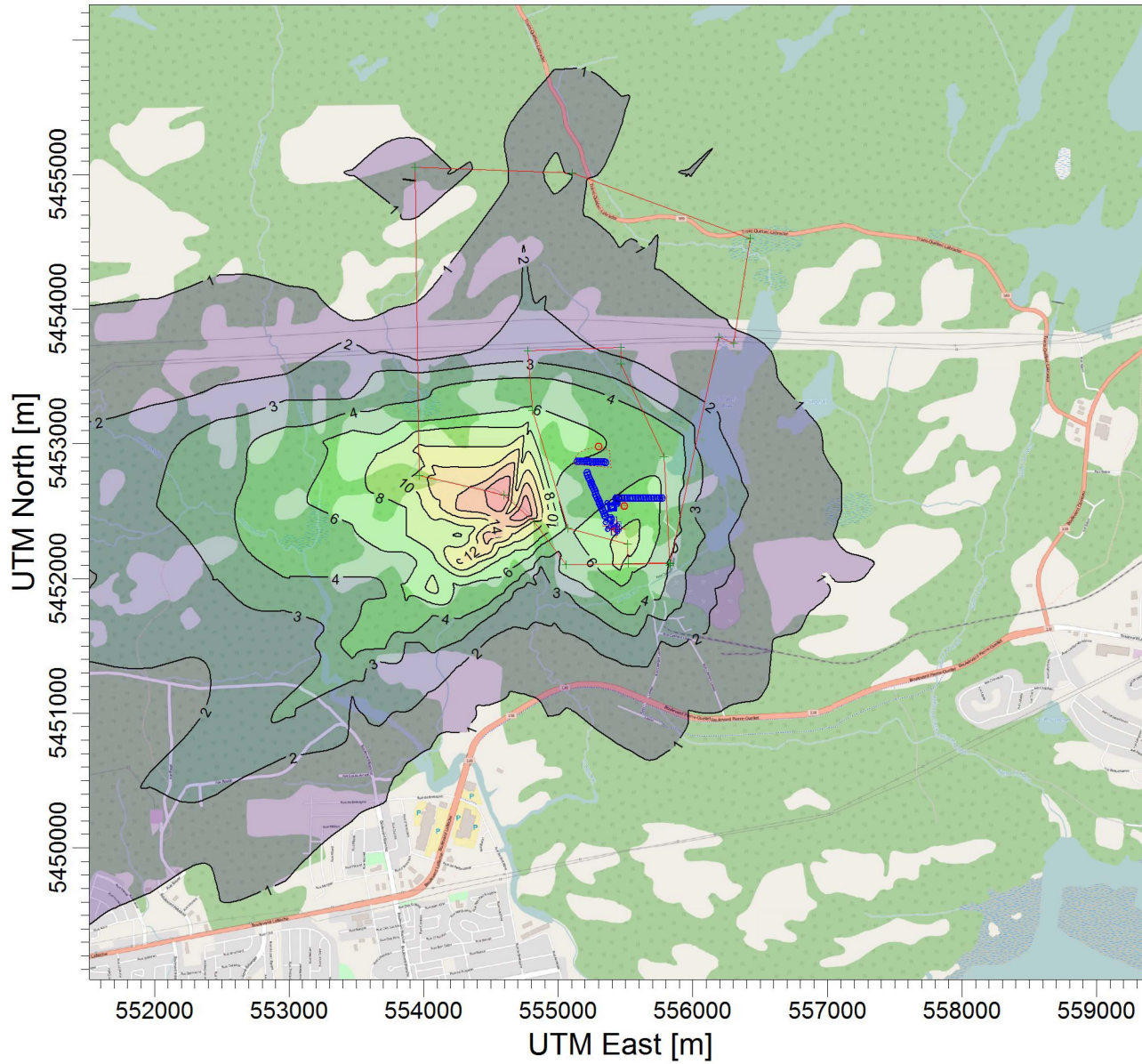
Figures des résultats de modélisation de la dispersion atmosphérique des contaminants



Titre:

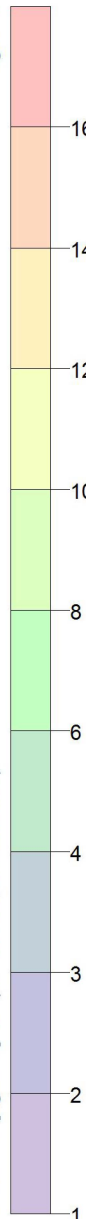
**Concentrations maximales de particules fines PM2.5
Période de 24h**

Notes:



ug/m³

Max: 19 [ug/m³] at (554598.38, 5452620.80)



Sources:

10

Récepteurs:

1390

Résultats:

Concentration

Max:

19 ug/m³

Nom de la compagnie:

Mason Graphite

Responsable de la modélisation:

E. Hamel

Date:

3/2/2017

SCALE:

1:50,000



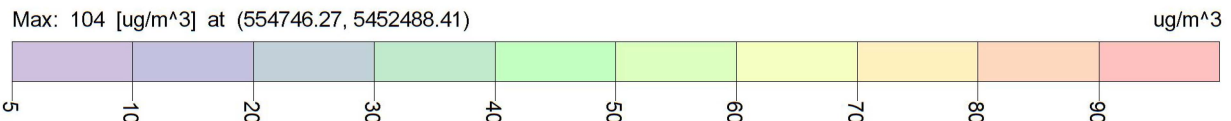
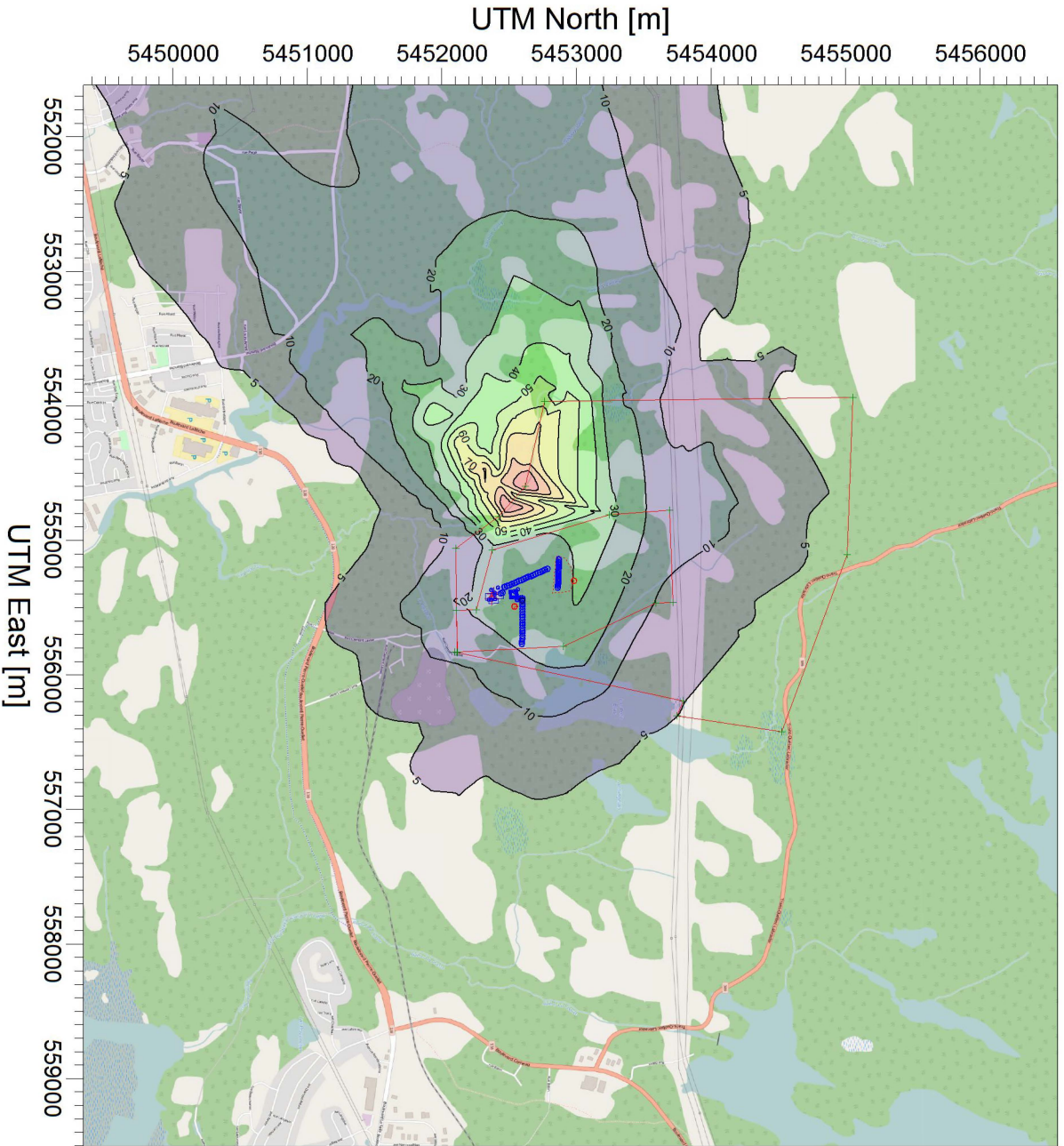
HATCH

de projet:

H348328

Title:
Concentrations maximales de particules en suspension totales (PM10)
Période de 24h

Notes:



Sources:

10

Récepteurs:

1390

Résultats:

Concentration

Max:

104 ug/m³

Nom de la compagnie:

Mason Graphite

Responsable de la modélisation:

E. Hamel

Date:

3/2/2017

SCALE: 1:50,000



HATCH

de projet:

H348328

Annexe B

Calculs des taux d'émission et bilan annuel des émissions



PROJECT NUMBER:
 PROJECT: Mason Graphite
 AREA:
 AREA DESCRIPTION: General
 CALCULATION: Calculs d'émissions atmosphériques pour AERMOD
 DOCUMENT NUMBER:
 BY: Elyse Hamel
 DATE: 4/8/2015
 REVISED: 3/17/2017

Calculs

ID Model	Sources	Unités	Valeurs	Notes
SCRUBBER	Épurateur (séchoir)			
	Débit normalisé gaz	Nm3/h	33,000	Soutex
	Débit réel gaz	m3/h	37,055	Normal estimé à 20°C pour la conversion
	Débit réel gaz	m3/s	10.293	Conversion
	Temperature	°C	56	Soutex
	Concentration PM2.5	mg/m3	10	Soutex
	Concentration PMTOT	mg/m3	10	Soutex
	Concentration SO2	ppmv	1	Soutex
	Concentration SO2 calc.	mg/m3	2.37	volume à masse conversion
	Vitesse fixée	m/s	15	Hypothèse Hatch selon standards cheminée
	Diamètre calculé	m	0.935	Calculé
	Emission PM2.5	g/s	0.103	
	Emission PMTOT	g/s	0.103	
	Emission SO2	g/s	0.024	
DEP_SEC	Dépoussiéreur			
	Débit gaz	m3/h	51,000	Hatch (M. Beaudry)
	Débit gaz	m3/s	14	
	Temperature	°C	15	Soutex
	Concentration PM2.5	mg/m3	10	Soutex
	Concentration PMTOT	mg/m3	10	Soutex
	Concentration SO2	mg/m3	-	
	Vitesse fixée	m/s	15	Hypothèse Hatch selon standards
	Diamètre calculé	m	1.1	Calculé
	Emission PM2.5	g/s	0.142	
	Emission PMTOT	g/s	0.142	

PROJECT NUMBER:
 PROJECT: Mason Graphite
 AREA:
 AREA DESCRIPTION: General
 CALCULATION: Calculs d'émissions atmosphériques pour AERMOD
 DOCUMENT NUMBER:
 BY: Elyse Hamel
 DATE: 4/8/2015
 REVISED: 3/17/2017

Calculs de facteurs d'émission selon AP-42 Aggregate Handling pour le secteur Coal Mining

UNLOAD	<u>Décharge des camions et loader</u>			
	Tonnage annuel	tpa	190,000	Donnée Mason Graphite
	Tonnage par jour (10 mois d'utilisation)	t/jour	625	Calculé
	Fonctionnement h/jour	h/jour	10	8h à 18h
	Tonnes par heure	tph	62.5	Calculé selon tonnage annuel
	Nombre de camions	camion/jour	16.0	Calculé selon tonnage par jour
	Tonnage des camions	t	40.0	Donnée Mason Graphite
	Temps de résidence des camions sur le site	h/jour	1.0	Hypothèse conservatrice
	Puissance des camions	kW	365	CAT C15 Acert Engine
LOAD	<u>Circulation de la chargeuse entre le déchargement des camions et le stacker</u>			
	Pourcentage de silt sur le sol	%	7.1	AP-42. Unpaved roads
	Poids de la chargeuse	t	50	
	Efficacité de réduction arrosage	%	90	
	Particle Size Multiplier and Constants			
	TSP (a)	-	0.7	
	PM2.5 (a)	-	0.9	
	TSP (b)	-	0.45	
	PM2.5 (b)	-	0.45	
	TSP (k)	-	4.9	
	PM2.5 (k)	-	0.15	
	TSP (sol)	g/VKT	339	
PM2.5 (sol)	g/VKT	9.4		
Distance parcourue par h	km/h	1.0	Hypothèse	
Nb d'équipements	-	1.0		
TSP	g/s	9.4E-02		
PM2.5	g/s	2.6E-03		
PILE	<u>Érosion éolienne de la pile de minerai</u>			
	Tonnage (6 mois de capacité)	t	95,000	Mason Graphite
	% de recouvrement de la pile	%	90%	Hypothèse
	Densité minerai	t/m3	2.0	Hypothèse basée sur calcul Metchem
	Volume entreposé	m3	190,000	Calculé
	Rayon équivalent de la pile	m	50	Estimé par layout concentrateur
	Hauteur de la pile	m	24	
Surface (forme conique)	m2	16,579		

PROJECT NUMBER:
 PROJECT: Mason Graphite
 AREA:
 AREA DESCRIPTION: General
 CALCULATION: Calculs d'émissions atmosphériques pour AERMOD
 DOCUMENT NUMBER:
 BY: Elyse Hamel
 DATE: 4/8/2015
 REVISED: 3/17/2017

Surface exposée	m2	1,658	Surface équivalente dans AERMOD
Granulométrie du minerai (%silt)	%	1	Hypothèse basée sur taille du minerai

Formule 8.11 Guide d'instruction pour le secteur minier (MDDELCC)

Facteur J (TPM)	-	1
Facteur J (PM2.5)	-	0.2

Calcul du taux horaire pour vitesse de vent = supérieur à 19,3 km/h

TPM	g/m2s	
PM2.5	g/m2s	

TPM	g/s	
PM2.5	g/s	0.00

Facteur d'émission (x2 pour 2 étapes pour déchargement et reprise du minerai)

Emission PMTOT	kg/h	0.061
	g/s	0.017
Emission PM2.5	kg/h	0.004
	g/s	0.001

Calculs de facteurs d'émission selon AP-42 Aggregate Handling pour le secteur du parc à résidus filtrés

Bilan de masse des résidus et configuration de la pile en cône tronqué

Débit de résidus	t/h	17.5	SOUTEX
Utilisation	%	90.0	SOUTEX
			Rapport: IMPACT OF TAILINGS STORAGE METHOD ON PROCESS REQUIREMENT
Production annuelle de résidus	t/an	137,970	
Densité des résidus	t/m3	1.5	SOUTEX
Volume annuel mis en pile	m3	91,980	Calculé
Rayon 1	m	100	Hypothèse
Rayon 2	m	80	Hypothèse
Hauteur	m	4	Hypothèse
Surface au sol	m2	31,416	Calculé
apothème	m	20	Calculé
surface latérale du cône	m2	11,491	Calculé
surface totale exposée	m2	31,598	Calculé
Efficacité de réduction de l'humidité	%	90%	Env. Canada
Taux de silt de la pile	%	75.00	

<https://www.ec.gc.ca/inrp-npri/default.asp?lang=Fr&n=A9C1EE34->

Calcul du taux horaire pour vitesse de vent = supérieur à 19,3 km/h

Formule 8.11 Guide d'instruction pour le secteur minier (MDDELCC)

Facteur J (TPM)	-	1
Facteur J (PM2.5)	-	0.2

PROJECT NUMBER:
 PROJECT: Mason Graphite
 AREA:
 AREA DESCRIPTION: General
 CALCULATION: Calculs d'émissions atmosphériques pour AERMOD
 DOCUMENT NUMBER:
 BY: Elyse Hamel
 DATE: 4/8/2015
 REVISED: 3/17/2017

TPM	g/m2s	1.1E-04
PM2.5	g/m2s	2.3E-05
TPM	g/s	3.60
PM2.5	g/s	0.72

LOADRES Circulation de la chargeuse sur la pile et du camion sur la route non-pavée

Pourcentage de silt sur la pile	%	75	URSTM 2016 - PU-2014-12-946 – Note technique
Pourcentage de silt sur le sol	%	6.4	AP-42 Chap. 13 Unpaved Roads 13.2.2-1 - Solid Landfill/Disposal Route
Poids de la chargeuse	tonnes	50	Hypothèse conservatrice
Poids du camion	tonnes	100	Hypothèse conservatrice
Réduction par arrosage	%	90	

Particle Size Multiplier and Constants

TSP (a)	-	0.7	Table 13.2.2-2. (industrial roads)
PM2.5 (a)	-	0.9	
TSP (b)	-	0.45	
PM2.5 (b)	-	0.45	
TSP (k)	-	4.9	
PM2.5 (k)	-	0.15	

TSP (camion sol)	g/VKT	431	90% de réduction pour surface humidifiée
PM2.5 (camion sol)	g/VKT	12	90% de réduction pour surface humidifiée

TSP (pile)	g/VKT	1767.0	90% de réduction pour surface humidifiée
PM2.5 (pile)	g/VKT	78.04	90% de réduction pour surface humidifiée

Taux de résidus	tonne/h	17.5	Soutex
Distance parcourue	km/h	0.35	Hypothèse
Nb d'équipements	-	1.0	

TSP camion	g/s	4.2E-02
PM2.5 camion	g/s	1.1E-03

TSP chargeuse	g/s	1.7E-01
PM2.5 chargeuse	g/s	7.7E-03

Loader

Puissance	kW	186.0	CAT962M (Medium)
Facteur d'utilisation	%	59%	

Camion

Puissance	kW	355.0	CAT C15 ACERT Engine for CAT770
Facteur d'utilisation	%	21%	



PROJECT NUMBER:
 PROJECT: Mason Graphite
 AREA:
 AREA DESCRIPTION: General
 CALCULATION: Calculs d'émissions atmosphériques pour AERMOD
 DOCUMENT NUMBER:
 BY: Elyse Hamel
 DATE: 4/8/2015
 REVISED: 3/17/2017

Calculs

Sources	Unités	Valeurs	Notes
<u>Facteurs d'émissions pour camions</u>			
			US EPA
Consommation de diesel en mode idle	gal/h	1.0	https://www3.epa.gov/region1/eco/diese
Conversion gal - L	L/gal	3.785	
	L/h	<u>3.785</u>	
Consommation de diesel pour camion classe 8	gal/1000 st-mile	8.7	
Conversion gal - L	L/gal	3.785	
Conversion st - t	t/st	1.1	
Conversion mile - km	km/mile	0.6	
Consommation de diesel pour camion classe 8	L/kt-km	48	
Capacité du camion	tonnes	40	
Distance parcourue sur site	km	<u>0.2</u>	Hypothèse
Consommation journalière pour camions en mouvement	L/jour	<u>6.2</u>	Pour 16 camions
Consommation journalière pour camions en idle	L/jour	<u>60.6</u>	Pour 16 camions
Consommation totale	L/jour	<u>67</u>	
<u>Facteurs d'émissions pour équipements mobiles</u>			
Tier 4 Emission Standards—Puissance de moteur jusqu'à 560 kW, g/kWh			
CO	g/kWh	3.5	
NOx	g/kWh	0.4	
SO2	g/kWh	0.007	EPA SO2 equation (taux de soufre utilisé 0.0015%)
VOC	g/kWh	0.2	
TPM	g/kWh	0.02	
Particle Size Multiplier and Constants			
TSP (a)		<u>0.7</u>	
PM2.5 (a)		<u>0.9</u>	

TSP (b)		0.45
PM2.5 (b)		0.45
TSP (k)		4.9
PM2.5 (k)		0.15

Mitigation: Arrosage des sols	%	90
TSP (sol)	g/VKT	122
PM2.5 (sol)	g/VKT	4

*AP-42 Tableau 13.2.2-1 moyenne pour
Stone quarrying and processing*

Pourcentage de silt sur le sol	%	10
--------------------------------	---	-----------

Camionnage du minerai sur le site

Distance parcourue par camion	m	616	<i>Aller + retour</i>
Camions/jour	camion/jr	16	

TSP	g/s	3.3E-02	<i>10h par jour</i>
PM2.5	g/s	9.8E-04	<i>10h par jour</i>



PROJECT NUMBER:
PROJECT: Mason Graphite
AREA:
AREA DESCRIPTION: General
CALCULATION: Calculs d'émissions atmosphériques pour AERMOD
DOCUMENT NUMBER:
BY: Elyse Hamel
DATE: 4/8/2015
REVISED: 3/17/2017

Calculs

Sources	Unités	Valeurs	Notes
---------	--------	---------	-------

Camionnage sur le site

Gaz d'échappement *Considérant un temps de résidence de 1h par camion sur le site*

CO	g/s	1.2	kg/an	1,306
NOx	g/s	0.1	kg/an	149
SO2	g/s	0.002	kg/an	2
VOC	g/s	0.1	kg/an	71
TPM	g/s	0.01	kg/an	7

Emportement de poussière au sol

Basé sur une distance parcourue de 2x100m à faible vitesse

TPM	g/s	3E-02
PM2.5	g/s	1E-03

Décharge des camions + reprise par chargeuse

TPM	g/s	0.02
PM2.5	g/s	0.001

Déplacement de la chargeuse pour le minerai (fonctionnement 10/24h et utilisation 10 mois par année)

Gaz d'échappement

CO	g/s	0.11	kg/an	1168
NOx	g/s	0.01	kg/an	134
SO2	g/s	2.0E-04	kg/an	2.2
VOC	g/s	0.01	kg/an	63
TPM	g/s	0.001	kg/an	7

Emportement de poussière au sol

Basé sur une distance parcourue de 1 km/h

TPM	g/s	9.5E-02
PM2.5	g/s	2.6E-03

Pile de minerai

TPM	g/s	0.00
PM2.5	g/s	0.00

Dépoussiéreur du circuit de concassage/broyage

TPM	g/s	0.14
PM2.5	g/s	0.14

Épurateur du séchoir à concentré

TPM	g/s	0.10
PM2.5	g/s	0.10
SO2	g/s	0.02

Déplacement de la camion pour les résidus (fonctionnement 24/24h et utilisation à 90% du temps)**Gaz d'échappement**

CO	g/s	0.0725	kg/an	2057
NOx	g/s	0.0083	kg/an	235
SO2	g/s	0.0001	kg/an	4
VOC	g/s	0.0039	kg/an	112
TPM	g/s	0.0004	kg/an	Hypothèse

Déplacement de la chargeuse à compaction pour les résidus (fonctionnement 24/24h et utilisation à 90% du temps)**Gaz d'échappement**

CO	g/s	0.1067	kg/an	3028
NOx	g/s	0.0122	kg/an	346
SO2	g/s	0.0002	kg/an	6
VOC	g/s	0.0058	kg/an	164
TPM	g/s	0.0006	kg/an	17
PM2.5	g/s	1.1E-03		
TPMtotal	g/s	4.3E-02		

ID MODÈLE	Activités émettrices d'émissions atmosphériques	Principaux contaminants atmosphériques									
		PM2.5		PMtot		SO2		NOx		CO	
		g/s	kg/an	g/s	kg/an	g/s	kg/an	g/s	kg/an	g/s	kg/an
ROUTE	Camionnage sur le site	9.825E-04	0.00	4.0E-02	7.46	2.2E-03	2.44	0.14	149.21	1.19	1305.61
UNLOAD	Déchargement du minerai et reprise par chargeuse	0.00122	13	0.017	187	-	-	-	-	-	-
LOADMIN	Transport du minerai par chargeuse	2.6E-03	22.8	9.5E-02	831.0	2.0E-04	2.2	0.01	134	0.11	1168
PILE	Érosion éolienne de la pile de minerai	0.000	0	0.000	0	-	-	-	-	-	-
DEP_SEC	Dépoussiéreur du circuit de concassage/broyage	0.14	4021	0.14	4021	-	-	-	-	-	-
SCRUBBER	Séchoir à concentré	0.10	2921	0.10	2921	0.02	693				
RES	Érosion éolienne de la pile à résidus	0.72	-	3.60	-	-	-	-	-	-	-
ROUTERES	Transport des résidus par camion	1.1E-03	32.4	4.3E-02	1211	1.4E-04	3.85	8.3E-03	235	0.07	2057
LOADRES	Compaction des résidus par chargeuse	7.7E-03	217.2	1.7E-01	4935	2.0E-04	5.66	1.2E-02	346	0.11	3028

Taux de conversion annuel procédé (multiplicateur g/s à kg/an)	28382
Taux de conversion annuel pour livraison/entreposage minerai (10h/j 10mois/an)	10950

Note de service de projet

Le 7 avril 2017

DESTINATAIRE : Marie-Christine Patoine

EXPÉDITEUR : Elyse Hamel

cc : Jacqueline Leroux – Mason
Jean L'Heureux – Mason
Benoît Gascon – Mason

Mason Graphite Modélisation de la dispersion atmosphérique au concentrateur

Réduction des concentrations de particules totales et particules fines

1. Introduction

Cette note de service a pour but d'identifier des mesures d'atténuation réalistes qui pourraient être appliquées afin de minimiser les concentrations de particules totales et particules fines à la limite de propriété de Mason Graphite. Les résultats de la modélisation de dispersion atmosphérique réalisée sans mesures d'atténuation sont fournis au rapport de modélisation révisé (Hatch, 2017), qui tient compte des commentaires formulés par les spécialistes du MDDELCC suite à leur revue du devis de modélisation. Ces résultats indiquent un potentiel de dépassement des normes de qualité de l'air ambiant (RAA) pour les particules totales (PST) et particules fines ($PM_{2.5}$) à l'extérieur de la propriété du concentrateur de Mason Graphite, en bordure sud-ouest de la propriété. Cette zone est située à l'extérieur du parc industriel de Baie-Comeau, dans un zone d'exploitation forestière.

Les mesures d'atténuation visent principalement la pile de résidus miniers qui représente la source la plus importante d'émission de particules sur le site du concentrateur.

2. Mesures d'atténuation prévues

Les mesures d'atténuation proposées par Mason Graphite au site du concentrateur sont fournies à l'annexe A du présent document. Ces mesures seront détaillées dans le plan de gestion environnementale de l'usine et feront l'objet d'une surveillance environnementale durant la construction, mais également durant l'opération de l'usine et le développement du parc à résidus.

Plusieurs mesures d'atténuation sont déjà incluses dans le calcul des taux d'émission de particules afin de réduire les concentrations de poussières. Ces mesures sont les suivantes :

- Arrosage des routes non pavées avec de l'eau;
- Revégétation graduelle et continue de la pile de résidus.

- Maintien de l'humidité des résidus en surface et arrosage, au besoin, avec des agents abat-poussières autorisés par le MDDELCC pour réduire l'emportement de poussière de 90 %.

Avec ces mesures d'atténuation, le modèle indique qu'il ne serait pas possible de respecter les normes du RAA pour les particules totales (PST) et les particules fines (PM_{2.5}) à la limite de la zone industrielle.

3. Mesures d'atténuation additionnelles

Des mesures d'atténuation additionnelles peuvent être envisagées pour réduire l'emportement de poussières à partir du site et les concentrations résultantes de poussières dans l'air ambiant. La source qui est principalement responsable des dépassements de normes pour les particules est la pile de résidus. Le taux d'émission pour la pile est calculé selon deux variables importantes : la surface exposée de la pile et le taux de silt du matériel.

Pour comprendre comment le taux d'émission est calculé et pour comprendre l'importance des différentes variables, les équations proposées par le MDDELCC et Environnement Canada pour les carrières et sablières sont présentées ci-dessous :

$$FE = 1,12 * 10^{-4} * J * 1,7 * \left(\frac{S}{1,5}\right) * \left(\frac{365 * (365 - P)}{235}\right) * \left(\frac{I}{15}\right)$$

Où

FE = Facteur d'émissions (kg/m²);

J = Facteur aérodynamique des particules;

S = Teneur moyenne en silt de la pile de stockage en pourcentage (%);

P = Nombre moyen de jours au cours de l'année où il y a eu précipitation d'au moins 0,254 mm;

I = Pourcentage de temps au cours de l'année où la vitesse du vent libre a été > 19,3 km/h (%).

Le facteur aérodynamique des particules de TSP, PM10 et PM2.5 est : J (TSP) = 1,0 (PM10) = 0,5 (PM2,5) = 0,2.

La formule simplifiée a été utilisée dans le modèle lorsque les vents sont d'une vitesse supérieure à 19,3 km/h, soit la vitesse seuil spécifiée par Environnement Canada (Environnement Canada, 2016) :

$$FE \left(\frac{g}{m^2s}\right) = 1,52X10^{-5} * J * s$$

La première façon de réduire les taux prévus d'emportement des poussières serait de réduire la surface de pile exposée aux vents. La surface exposée aux vents peut être réduite par la méthode sélectionnée de la revégétalisation progressive partielle de la pile. Cette mesure d'atténuation est déjà incluse dans le calcul du taux d'émission. Il n'est pas possible de couvrir complètement la pile pour limiter son exposition étant donné que des résidus y sont acheminés en continu.

Si vous êtes en désaccord avec l'information ci-incluse, veuillez nous en aviser dans les meilleurs délais.

H348328-0000-07-220-0003, Rév. 0

Page 2

Une autre façon de diminuer le taux d'émission prévu serait de modifier le taux de silt. Selon les analyses de l'URSTM et de Golder, le taux de silt est d'environ 75 %, ce qui est très élevé. Cette taille de résidus est en lien direct avec la taille du produit traité au concentrateur et peut être difficilement modifiée. L'ajout d'un agglomérant pourrait être envisagé, mais cette option n'a pas été validée à cette étape du projet.

Les autres variables qui pourraient affecter l'emportement de particules de la pile sont la vitesse du vent et le taux d'humidité du résidu. L'humidité de la pile sera maintenue en ajoutant des résidus « frais » en continu. De l'arrosage avec une bruine d'eau ou des agents abat-poussières lors des périodes de grands vents pourraient également contribuer à réduire l'emportement de poussières. Le maintien d'un taux d'humidité en surface est déjà considéré dans la modélisation effectuée.

Il ne reste donc qu'une seule variable qui pourrait être modifiée afin de réduire les prévisions d'émissions de particules et c'est celle de la vitesse du vent. Si la vitesse du vent sur la pile pouvait être réduite de façon à limiter l'effet de la fréquence de vitesse de vents supérieure à 19,3 km/h en amont de la pile de résidus, il serait possible de minimiser la fréquence à laquelle des particules sont emportées. Les vents peuvent être réduits par l'installation d'un mur brise-vent autour de la pile. L'efficacité de cette méthode a été modélisée par un modèle numérique par éléments finis par Hatch pour des installations industrielles québécoises (2016) : les résultats du modèle numérique seront validés sur le terrain au cours des prochains mois (Hatch 2017). En effectuant une revue de littérature sur l'efficacité des murs brise-vent, il semble que les murs brise-vent permettent de réduire de façon importante les émissions des piles. Dans la plupart des cas étudiés, une efficacité minimale de 25 % peut être anticipée.

Par ailleurs, il n'est pas possible de changer le profil de vent dans un modèle AERMOD de dispersion atmosphérique pour quantifier ce changement. Toutefois, il est possible d'ajuster le taux d'émission de la pile en fonction des catégories de vitesse de vent (A, B, C, D, etc.).

Actuellement dans le modèle de dispersion présenté au MDDELCC (Hatch, 2017), les émissions de la pile sont activées seulement pour une vitesse de friction seuil de 18,5 km/h (catégorie C), ce qui représente déjà une surestimation par rapport à la vitesse seuil proposée par le MDDELCC de 19,3 km/h. En considérant une réduction du vent par l'installation d'un mur brise-vent, il serait possible d'estimer ce changement par une modification de la vitesse seuil d'activation des émissions de la pile dans le modèle.

Comme AERMOD ne permet pas de fixer une vitesse de friction étant donné qu'il fonctionne selon des taux variables en fonction de la catégorie de vent, cette modification a été appliquée en apportant les modifications représentées dans le Tableau 3-1.

Un facteur nul pour la catégorie C avec l'implantation d'un mur brise-vent pourrait être possible selon les études consultées. Par contre, l'utilisation d'un facteur de 0,5 permet d'être plus conservateur pour ne pas surestimer le potentiel de réduction.

Si vous êtes en désaccord avec l'information ci-incluse, veuillez nous en aviser dans les meilleurs délais.

H348328-0000-07-220-0003, Rév. 0

Page 3

Tableau 3-1 : Variabilité des émissions de la pile en fonction de la vitesse de vent

Catégorie de vent	Vitesse de vent	Facteur du taux d'émission	
	km/h	Sans mur	Avec mur
A	5,5	0	0
B	11,1	0	0
C	18,5	1	0,5
D	29,6	1	1
E	38,9	1	1
F	38,9 et +	1	1

Cette analyse selon la vitesse du vent comporte ses limites étant donné que le modèle AERMOD ne permet pas de modifier le profil de vent et de considérer seulement des réductions de vent de façon unidirectionnelle. C'est-à-dire que si un mur brise-vent est installé en amont de la pile selon la direction des vents dominants, il n'est pas possible de modifier la vitesse seuil seulement dans cette direction dans le modèle. Avec cette nouvelle paramétrisation du modèle, on obtient donc une approximation des concentrations qui doivent être analysées seulement dans la direction où le mur brise-vent aurait une efficacité mesurable. Dans ce cas-ci, cette direction est celle où est calculé le maximum (sud-ouest de l'usine).

Par ailleurs, différentes vitesses seuils ont été modélisées afin d'établir une courbe de la concentration maximale en PST et PM_{2.5} en fonction de la vitesse seuil de vent considérée. Les courbes sont représentées sur le graphique de la Figure 3-1. Les courbes montrent une importante variation en fonction de la vitesse seuil fixée, surtout pour les PST. Selon ces estimations, la concentration maximale en PST pourrait respecter la concentration limite de 120 µg/m³ si la vitesse seuil d'emportement des poussières était montée à 24,1 km/h. De même, la concentration maximale résultante du modèle pour les PM_{2.5} pourrait se conformer à la limite de 30 µg/m³, en assumant la même vitesse seuil.

En appliquant une réduction de 25 % typique pour un mur brise-vent, l'emportement poussières à partir de la pile de résidus est moins fréquent.

Si vous êtes en désaccord avec l'information ci-incluse, veuillez nous en aviser dans les meilleurs délais.

H348328-0000-07-220-0003, Rév. 0

Page 4

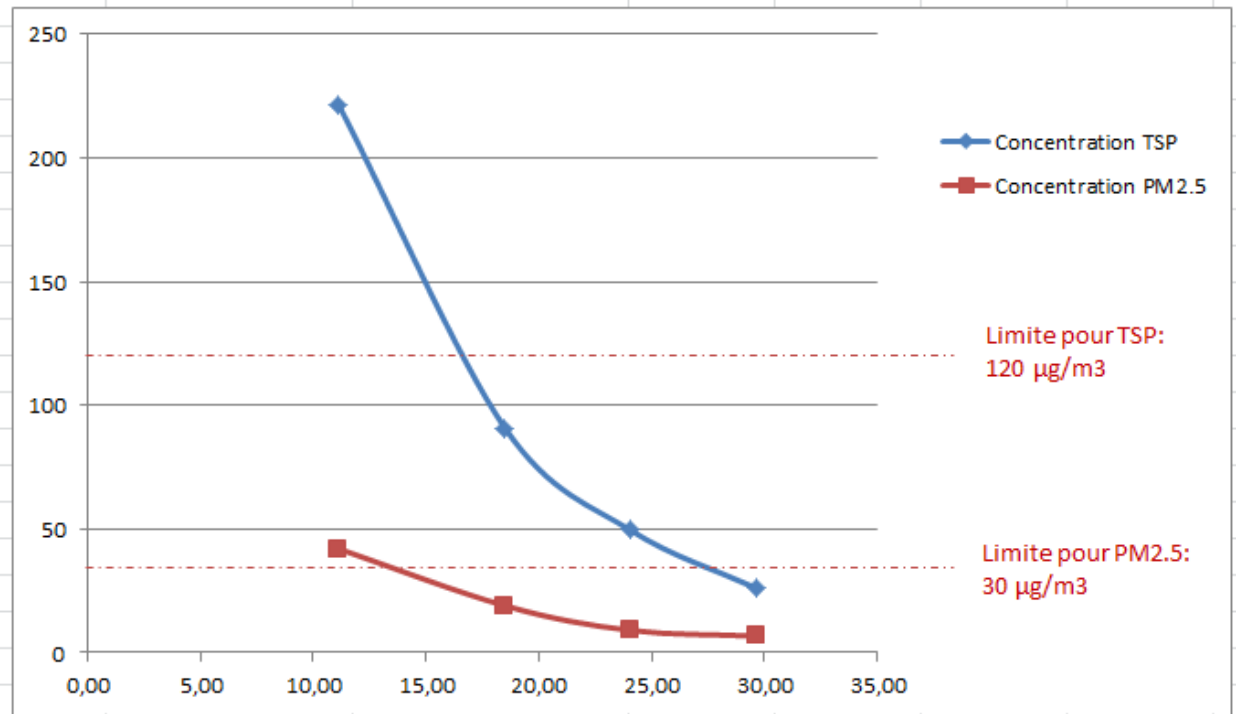


Figure 3-1 : Concentration maximale de particules sur 24h ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) en fonction de la vitesse de vent seuil pour l'activation de l'érosion éolienne dans le modèle AERMOD

Le pavage de la route entre l'usine et le parc à résidus a aussi été analysé pour la route empruntée par les camions de résidus, mais la différence entre les routes pavées et non pavées est minime quant à la quantité d'émissions émises selon les données proposées par le chapitre 13.2.1 de l'AP-42.

4. Résultats

Compte tenu de toutes les options analysées pour réduire les émissions de particules et les concentrations dans l'air ambiant, celle de minimiser l'emportement de poussière par ajout d'un brise-vent semble la plus prometteuse. Les résultats obtenus considérant une vitesse de vent supérieure comme vitesse seuil pour l'érosion éolienne sont présentés ci-dessous en incluant les différents composés faisant l'objet de normes ou critères qui sont contenus dans les particules émises.

Ces résultats indiquent que la concentration de poussières totales et de $\text{PM}_{2.5}$ dans l'air ambiant à l'extérieur de la limite de la propriété de l'usine (au sud-ouest du site) pourrait être contrôlée sous la norme du RAA. Par contre, les concentrations de silice seraient supérieures aux critères horaires et annuels compte tenu du contenu en silice élevé dans les résidus.

Si vous êtes en désaccord avec l'information ci-incluse, veuillez nous en aviser dans les meilleurs délais.

H348328-0000-07-220-0003, Rév. 0

Page 5

Récepteur ¹	Coordonnées UTM		Concentrations de particules générées par le projet (µg/m ³)		Proportion des concentrations générées vs valeur du RAA		Concentrations totales incluant le niveau ambiant (µg/m ³)		Proportion des concentrations totales vs valeur du RAA		Niveau ambiant (µg/m ³)		Normes et critères (µg/m ³)	
	E (m)	N (m)	PM _{2.5}	PTS	%		PM _{2.5}	PTS	%		PM _{2.5}	PTS	PM _{2.5}	PTS
Maximum à la limite de propriété	-	-	9.1	50	30 %	41 %	29	110	97 %	91 %	20	60	30	120
R1	555558	5450962	0.9	2.5	3 %	2 %	21	63	70 %	52 %	20	60	30	120
R2	554372	5451402	1.7	4.8	6 %	4 %	22	65	72 %	54 %	20	60	30	120
R3	557968	5451129	0.32	1.0	1 %	1 %	20	61	68 %	51 %	20	60	30	120
R4	553592	5450493	0.7	3.6	2 %	3 %	21	64	69 %	53 %	20	60	30	120
R5	554453	5448960	0.18	0.6	1 %	1 %	20	61	67 %	51 %	20	60	30	120
R6	554239	5449599	0.24	0.7	1 %	1 %	20	61	67 %	51 %	20	60	30	120
R7	551457	5449594	0.68	3.7	2 %	3 %	21	64	69 %	53 %	20	60	30	120

Récepteur ¹	Coordonnées UTM		Concentrations de particules métalliques générées par le projet (µg/m ³)		Proportion des concentrations générées vs valeur du RAA		Concentrations totales incluant le niveau ambiant (µg/m ³)		Proportion des concentrations totales vs valeur du RAA		Niveau ambiant (µg/m ³)		Normes et critères (µg/m ³)	
	E (m)	N (m)	SiO ₂ (1h)	SiO ₂ (1an)	%		SiO ₂ (1h)	SiO ₂ (1an)	%		SiO ₂ (1h)	SiO ₂ (1an)	SiO ₂ (1h)	SiO ₂ (1an)
Maximum à la limite de propriété	-	-	13.11	0.43	152 %	620 %	13.4	0.5	156 %	677 %	0.3	0.04	8.6	0.07
R1	555558	5450962	1.97	0.03	23 %	48 %	2.3	0.1	26 %	105 %	0.3	0.04	8.6	0.07
R2	554372	5451402	3.38	0.04	39 %	54 %	3.7	0.1	43 %	111 %	0.3	0.04	8.6	0.07
R3	557968	5451129	1.16	0.01	13 %	18 %	1.5	0.1	17 %	75 %	0.3	0.04	8.6	0.07
R4	553592	5450493	2.45	0.01	29 %	18 %	2.8	0.1	32 %	75 %	0.3	0.04	8.6	0.07
R5	554453	5448960	0.83	0.01	10 %	9 %	1.1	0.0	13 %	66 %	0.3	0.04	8.6	0.07
R6	554239	5449599	0.96	0.01	11 %	10 %	1.3	0.0	15 %	67 %	0.3	0.04	8.6	0.07
R7	551457	5449594	1.17	0.01	14 %	10 %	1.5	0.0	17 %	67 %	0.3	0.04	8.6	0.07

Résultats considérant le taux de silice dans les PM_{2.5}

Récepteur ¹	Coordonnées UTM		Concentrations de particules métalliques générées par le projet (µg/m ³)	Proportion des concentrations générées vs valeur du RAA	Concentrations totales incluant le niveau ambiant (µg/m ³)	Proportion des concentrations totales vs valeur du RAA	Niveau ambiant	Normes et critères
	E (m)	N (m)	Mn	%	Mn	%	(µg/m ³)	(µg/m ³)
Maximum à la limite de propriété	-	-	7.21E-03	29 %	2.72E-02	109 %	0.02	0.025
R1	555558	5450962	5.28E-04	2 %	2.05E-02	82 %	0.02	0.025
R2	554372	5451402	6.56E-04	3 %	2.07E-02	83 %	0.02	0.025
R3	557968	5451129	2.50E-04	1 %	2.02E-02	81 %	0.02	0.025
R4	553592	5450493	3.22E-04	1 %	2.03E-02	81 %	0.02	0.025
R5	554453	5448960	1.25E-04	1 %	2.01E-02	81 %	0.02	0.025
R6	554239	5449599	1.48E-04	1 %	2.01E-02	81 %	0.02	0.025
R7	551457	5449594	1.72E-04	1 %	2.02E-02	81 %	0.02	0.025

Récepteur ¹	Coordonnées UTM		Concentrations de particules métalliques générées par le projet (µg/m ³)	Proportion des concentrations générées vs valeur du RAA	Concentrations totales incluant le niveau ambiant (µg/m ³)	Proportion des concentrations totales vs valeur du RAA	Niveau ambiant	Normes et critères
	E (m)	N (m)	Ti (24h)	%	Ti (24h)	%	(µg/m ³)	(µg/m ³)
Maximum à la limite de propriété	-	-	0.1603	6 %	0.1603	6 %	0	2.5
R1	555558	5450962	0.0081	0 %	0.0081	0 %	0	2.5
R2	554372	5451402	0.0155	1 %	0.0155	1 %	0	2.5
R3	557968	5451129	0.0031	0 %	0.0031	0 %	0	2.5
R4	553592	5450493	0.0117	0 %	0.0117	0 %	0	2.5
R5	554453	5448960	0.0019	0 %	0.0019	0 %	0	2.5
R6	554239	5449599	0.0024	0 %	0.0024	0 %	0	2.5
R7	551457	5449594	0.0121	0 %	0.0121	0 %	0	2.5

Si vous êtes en désaccord avec l'information ci-incluse, veuillez nous en aviser dans les meilleurs délais.

H348328-0000-07-220-0003, Rév. 0

Page 7

Récepteur ¹	Coordonnées UTM		Concentrations de particules métalliques générées par le projet (µg/m ³)	Proportion des concentrations générées vs valeur du RAA	Concentrations totales incluant le niveau ambiant (µg/m ³)	Proportion des concentrations totales vs valeur du RAA	Niveau ambiant	Normes et critères
	E (m)	N (m)	Cr	%	Cr	%	(µg/m ³)	(µg/m ³)
Maximum à la limite de propriété	-	-	4.34E-04	0 %	1.04E-02	10 %	0.01	0.1
R1	555558	5450962	3.18E-05	0 %	1.00E-02	10 %	0.01	0.1
R2	554372	5451402	3.95E-05	0 %	1.00E-02	10 %	0.01	0.1
R3	557968	5451129	1.50E-05	0 %	1.00E-02	10 %	0.01	0.1
R4	553592	5450493	1.94E-05	0 %	1.00E-02	10 %	0.01	0.1
R5	554453	5448960	7.55E-06	0 %	1.00E-02	10 %	0.01	0.1
R6	554239	5449599	8.93E-06	0 %	1.00E-02	10 %	0.01	0.1
R7	551457	5449594	1.04E-05	0 %	1.00E-02	10 %	0.01	0.1

Récepteur ¹	Coordonnées UTM		Concentrations de particules métalliques générées par le projet (µg/m ³)	Proportion des concentrations générées vs valeur du RAA	Concentrations totales incluant le niveau ambiant (µg/m ³)	Proportion des concentrations totales vs valeur du RAA	Niveau ambiant	Normes et critères
	E (m)	N (m)	V	%	V	%	(µg/m ³)	(µg/m ³)
Maximum à la limite de propriété	-	-	4.15E-03	4 %	1.41E-02	14 %	0.01	0.1
R1	555558	5450962	3.04E-04	0 %	1.03E-02	10 %	0.01	0.1
R2	554372	5451402	3.77E-04	0 %	1.04E-02	10 %	0.01	0.1
R3	557968	5451129	1.44E-04	0 %	1.01E-02	10 %	0.01	0.1
R4	553592	5450493	1.85E-04	0%	1.02E-02	10%	0.01	0.1
R5	554453	5448960	7.21E-05	0%	1.01E-02	10%	0.01	0.1
R6	554239	5449599	8.53E-05	0%	1.01E-02	10%	0.01	0.1
R7	551457	5449594	9.90E-05	0%	1.01E-02	10%	0.01	0.1

Si vous êtes en désaccord avec l'information ci-incluse, veuillez nous en aviser dans les meilleurs délais.

H348328-0000-07-220-0003, Rév. 0

Page 8

5. Bibliographie

- Cleugh, H. (1998, Vol. 41). Effects of windbreaks on airflow, microclimates and crop yields. *Agroforestry Systems*, pp. 55–84.
- Cuny, M.-A., & Thibaudon, M. (s.d.). *Végétation, qualité de l'air et aménagement urbain*. Consulté le 02 01, 2017, sur APPA Nord Pas de Calais: http://www.appa.asso.fr/_docs/7/fckeditor/file/Manifestation/121016/Cuny_Thibaudon.pdf
- Dzierżanowski, K., & Gawroński, S. W. (2011). Use of trees for reducing particulate matter pollution in air. *Laboratory of Basic Research in Horticulture, Warsaw University of Life Sciences*, pp. 69 - 73 .
- Environnement Canada. (2016, 04 19). *Guide pour les carrières et sablières*. Consulté le 08 16, 2016, sur INRP: <https://www.ec.gc.ca/inrp-npri/default.asp?lang=Fr&n=A9C1EE34-1>
- Hatch. (2015). *Modélisation de la dispersion atmosphérique au site du concentrateur*. Montréal: H348328-0000-07-124-0001 Rev.0.
- Hatch. (2017). *Modélisation de la dispersion atmosphérique au site du concentrateur*. Montréal: H348328-0000-07-124-0001 Rev2.
- MDDELCC. (2015, Janvier). *Direction des politiques de la qualité de l'atmosphère*. Consulté le 11 23, 2015, sur Guide d'instructions - Préparation et réalisation d'une modélisation de la dispersion des émissions atmosphériques: <http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/air/criteres/instructions-secteur-minier.pdf>
- MDDELCC. (2016). *Normes et critères québécois de la qualité de l'atmosphère - Version 5*. Consulté le mars 3, 2017, sur <http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/air/criteres/Normes-criteres-qc-qualite-atmosphere.pdf>
- TRINITY CONSULTANTS. (2007). *MODELING FUGITIVE DUST SOURCES WITH AERMOD*. National Stone, Sand and Gravel Association.
- Tuzet, A., & Wilson, J. (2007). Measured winds about a thick hedge. *Agricultural and Forest Meteorology (145)*, pp. 195–205.
- University of Minnesota. (2012). *Selecting Trees and Shrubs in Windbreaks*. Consulté le 02 21, 2017, sur University of Minnesota - Environment and Agroforestry : https://www.extension.umn.edu/environment/agroforestry/selecting-trees-shrubs-windbreaks/docs/windbreaksrevised_1.pdf
- URSTM. (2016). *ESSAIS CINÉTIQUES SUR REJETS MINIERS DE MASON GRAPHITE*.
- Vézina, A. (2000, Janvier). *Les haies brise-vent*. Récupéré sur BAPE: Projets d'élargissement de la route 131 entre Notre-Dame-des-Prairies et Saint-Félix-de-Valois et de contournement à Saint-Félix-de-Valois: <http://www.bape.gouv.qc.ca/sections/mandats/R131/documents/DB41.pdf>
- Wang, X., Chow, J., D. Kohl, S., R. Yatavelli, L., E. Percy, K., Legge, A., & Watson, J. (2015, vol. 18). Wind erosion potential for fugitive dust sources in the Athabasca Oil Sands Region. *Aeolian Research*, pp. 121 - 134.
- Western Regional Air Partnership . (s.d.). *Chapter 9. Storage Pile Wind Erosion*. Consulté le mars 17, 2017, sur WRAP: https://www.wrapair.org/forums/dejf/fdh/content/Ch9-Storage_Pile_Wind%20Erosion_Rev06.pdf
- Zota, A. R. (2012, January 24). Impact of Mine Waste on Airborne Respirable Particulates in Northeastern Oklahoma, United States. *Journal of the Air & Waste Management Association*, pp. 1347–1357.

EH :

Annexe 30

Inventaires complémentaires du milieu biologique (WSP, 2016)

MASON GRAPHITE

PROJET DU LAC GUÉRET

INVENTAIRES COMPLÉMENTAIRES DU
MILIEU BIOLOGIQUE

DÉCEMBRE 2016

PROJET DU LAC GUÉRET

INVENTAIRES COMPLÉMENTAIRES DU MILIEU BIOLOGIQUE

Mason Graphite

Version finale

Projet n° : 161-08140-00
Date : Décembre 2016

MASON GRAPHITE

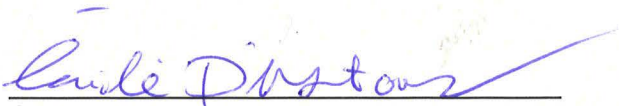
—
WSP Canada Inc.
1890, avenue Charles-Normand
Baie-Comeau (Québec) G4Z 0A8

Téléphone : +1 418-589-8911
Télécopieur : +1 418-589-2339
www.wspgroup.com



SIGNATURES

PRÉPARÉ PAR



Émilie D'Astous, biologiste M. Sc.
Responsable de la faune terrestre

23-01-2017

Date

RÉVISÉ PAR



Jean-François Poulin, biologiste M. Sc.
Chargé de projet

23-01-2017

Date

L'original du document technologique que nous vous transmettons a été authentifié et sera conservé par WSP pour une période minimale de 10 ans. Étant donné que le fichier transmis n'est plus sous le contrôle de WSP et que son intégrité n'est pas assurée, aucune garantie n'est donnée sur les modifications ultérieures qui peuvent y être apportées.

ÉQUIPE DE RÉALISATION

MASON GRAPHITE

Benoît Gascon, CPA, CA	Président et chef de la direction
Jean L'Heureux, ingénieur	Vice-président exécutif Développement du procédé
Jacqueline Leroux, ingénieure	Directrice Développement durable

WSP CANADA INC.

Martin Larose	Biologiste, directeur de projet
Jean-François Poulin	Biologiste M. Sc., chargé de projet
Émilie D'Astous	Biologiste M. Sc., responsable Faune terrestre
Marc Gauthier	Biologiste Ph. D., responsable Herpétofaune
Julie McDuff	Biologiste M. Sc., responsable Chiroptères
Rémi Duhamel	Biologiste M. Sc.
Jérôme Léger	Biologiste M. Sc.
Sandrine Effray	Technicienne de la faune
François Gagnon	Technicien de la faune
Nicolas Rathé	Technicien de la faune
William Rondeau	Technicien de la faune
Stéphane Geissel	Technicien de la faune
Marie-Michèle Levesque	B. ing. Géomatique Cartographie
Nancy Imbeault	Traitement de texte et édition

Référence à citer :

WSP. 2016. *Projet du lac Guéret, Inventaires complémentaires du milieu biologique*. Rapport produit pour Mason Graphite. 29 p. et 1 annexe.

TABLE DES MATIÈRES

1	MISE EN CONTEXTE, OBJECTIFS ET ZONE D'ÉTUDE.....	1
2	ANOURES	7
2.1	MÉTHODOLOGIE	7
2.1.1	STATION D'ENREGISTREMENT	7
2.1.2	FOUILLE ACTIVE ET RECHERCHE OPPORTUNISTE.....	8
2.2	DESCRIPTION DES ANOURES ET DE LEUR HABITAT	8
2.2.1	STATION D'ENREGISTREMENT	8
2.2.2	FOUILLE ACTIVE ET OBSERVATIONS OPPORTUNISTES.....	11
3	CHIROPTÈRES	13
3.1	MÉTHODOLOGIE	13
3.1.1	MISE EN CONTEXTE	13
3.1.2	INVENTAIRE ACCOUSTIQUE FIXE.....	13
3.1.3	PLAN D'INVENTAIRE ET SUIVI	13
3.2	DESCRIPTION DES CHIROPTÈRES ET DE LEUR HABITAT	14
4	MICROMAMMIFÈRES.....	19
4.1	MÉTHODOLOGIE	19
4.1.1	INVENTAIRE	19
4.1.2	IDENTIFICATION EN LABORATOIRE	19
4.1.3	ANALYSE DES DONNÉES.....	19
4.2	DESCRIPTION DES MICROMAMMIFÈRES ET DE LEUR HABITAT	25
4.2.1	SECTEUR MINE.....	25
4.2.2	SECTEUR USINE.....	27
4.2.3	ESPÈCE À STATUT PARTICULIER.....	29
5	CONCLUSION	31
	RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES	33

TABLEAUX

TABLEAU 1.	LOCALISATION DES STATIONS D'INVENTAIRE ACOUSTIQUE DES ANOURES (ISWAMP®, WSP)	7
TABLEAU 2.	DESCRIPTION DES COTES D'ABONDANCE DES CHANTS D'ANOURES	8
TABLEAU 3.	COTES D'ABONDANCE DES ANOURES ENREGISTRÉS AUX STATIONS D'ÉCOUTE (ISWAMP®, WSP)	8
TABLEAU 4.	OBSERVATIONS OPPORTUNISTES D'ANOURES RÉALISÉES DANS LA ZONE D'ÉTUDE EN 2016	11
TABLEAU 5.	STATIONS D'INVENTAIRE ACOUSTIQUE DES CHIROPTÈRES	14
TABLEAU 6.	SYNTHÈSE DES ENREGISTREMENTS RÉCOLTÉS (NOMBRE DE PASSAGES PAR NUIT)	16
TABLEAU 7.	EFFORTS D'INVENTAIRE CONSACRÉS AU RECENSEMENT DES MICROMAMMIFÈRES	20
TABLEAU 8.	ESPÈCES DE MICROMAMMIFÈRES SUSCEPTIBLES DE FRÉQUENTER LES ZONES D'ÉTUDE	25
TABLEAU 9.	SUCCÈS DE CAPTURE DE MICROMAMMIFÈRES PAR ESPÈCE ET PAR TYPE D'HABITAT DANS LE SECTEUR MINE	26
TABLEAU 10.	SUCCÈS DE CAPTURE DE MICROMAMMIFÈRES PAR TRANSECT D'INVENTAIRE ET PAR TYPE DE PIÈGE DANS LE SECTEUR MINE	27
TABLEAU 11.	SUCCÈS DE CAPTURE DE MICROMAMMIFÈRES PAR ESPÈCE ET PAR TYPE D'HABITAT DANS LE SECTEUR USINE	28
TABLEAU 12.	SUCCÈS DE CAPTURE DE MICROMAMMIFÈRES PAR TRANSECT D'INVENTAIRE ET PAR TYPE DE PIÈGE DANS LE SECTEUR USINE	29

CARTES

CARTE 1.	ZONES D'ÉTUDE – SECTEUR MINE	3
CARTE 2.	ZONES D'ÉTUDE – SECTEUR USINE	5
CARTE 3.	PLAN D'INVENTAIRE DES ANOURES ET DES CHIROPTÈRES	9
CARTE 4.	LOCALISATION DES TRANSECTS DE MICROMAMMIFÈRES – SECTEUR MINE	21
CARTE 5.	LOCALISATION DES TRANSECTS DE MICROMAMMIFÈRES – SECTEUR USINE	23

ANNEXES

- A N N E X E A DOSSIER PHOTOGRAPHIQUE DES INVENTAIRES -
CHIROPTÈRES
- A N N E X E B DOSSIER PHOTOGRAPHIQUE DES INVENTAIRES -
MICROMAMMIFÈRES

1 MISE EN CONTEXTE, OBJECTIFS ET ZONE D'ÉTUDE

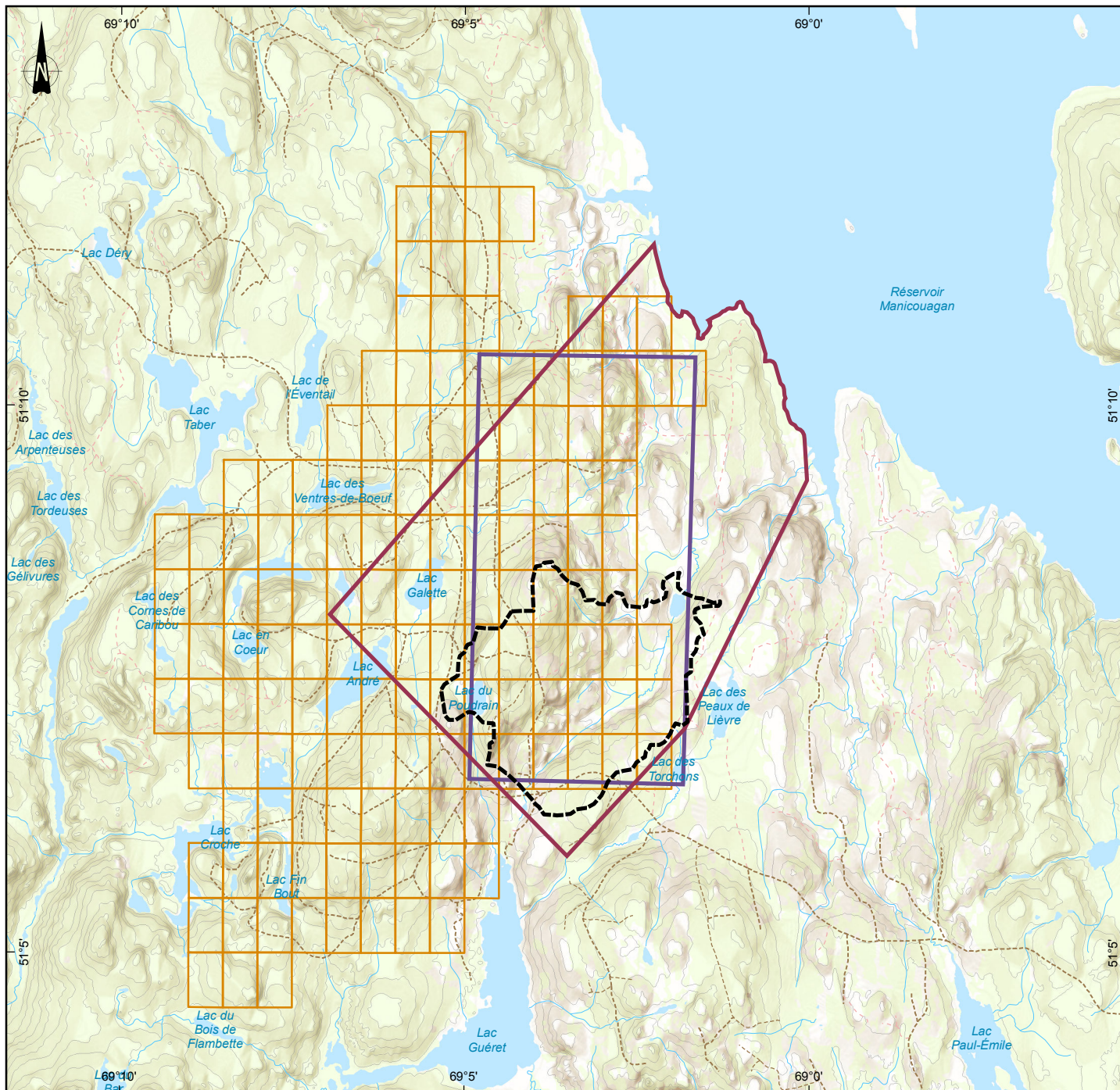
Mason Graphite propose d'aménager une usine de transformation de graphite dans le secteur du parc industriel Jean-Noël-Tessier, situé entre les secteurs Mingan et Marquette à Baie-Comeau. Cette usine servira au traitement du minerai qui sera extrait de la mine, localisée au lac Guéret, au nord-ouest du réservoir Manic-5. Le site visé pour l'implantation de l'usine et du parc à résidus se trouve à l'ouest du chemin du lac Petit Bras et fait partie du lot 2 906 872 appartenant à la Société d'expansion de Baie-Comeau.

Suite au dépôt de l'étude d'impact sur l'environnement de ce projet, le ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC) a émis des questions et commentaires.





Pour y répondre, des inventaires complémentaires ont été réalisés au site de la future mine (lac Guéret) en 2016. Ces inventaires portaient sur les micromammifères, les anoues et les chiroptères et se sont déroulés principalement dans la zone d'étude restreinte et à proximité de cette dernière (carte 1).

Un inventaire portant sur les micromammifères a également été réalisé à Baie-Comeau (secteur usine). Pour les besoins du projet, la zone d'étude a été définie de manière à englober l'empreinte de l'usine et la zone d'influence de celle-ci, en considérant d'éventuelles expansions vers le nord. Le territoire à étudier a été partagé en trois sous-zones, soit : la sous-zone A correspondant au site d'implantation de la future usine, la sous-zone B représentant la zone d'influence du projet et la sous-zone C, une région plus vaste susceptible d'inclure tout projet d'expansion future (carte 2).




Ce rapport présente la méthodologie employée pour la réalisation des inventaires, les résultats ainsi qu'une conclusion.






Limite

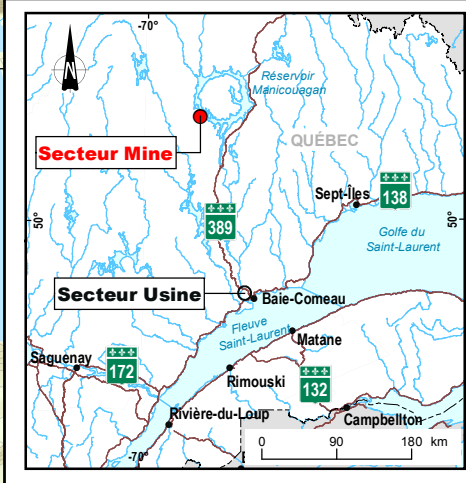
-  Zone d'étude restreinte
-  Zone d'étude - Roche 2013
-  Zone d'étude élargie
-  Claim désigné (Mason Graphite inc.)

Infrastructure

-  Chemin forestier classe 3
-  Chemin forestier classe 4
-  Chemin d'hiver

Milieu hydrique

-  Cours d'eau permanent
-  Plan d'eau
-  Milieu humide



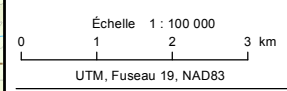
MASON GRAPHITE

Projet du lac Guéret
Inventaires complémentaires du milieu biologique

Zones d'étude - Secteur mine

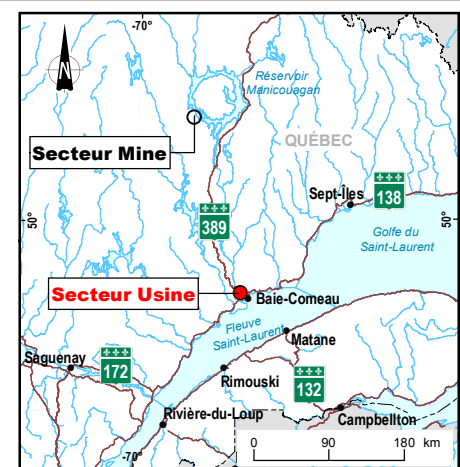
Sources :
CanVec+, 1/50 000, RNCan, 2014
BDTA, 1/250 000, MRN Québec, 2002
Gestion des titres miniers (GESTIM), MRNQ Québec, février 2016

Cartographie : WSP
Fichier : 161-08140-00_sec_mine_c1_loc_ze_wspb_161110.mxd





- Limite**
- Zone d'étude A
 - Zone d'étude B
 - Zone d'étude C
- Infrastructure**
- Ligne de transport d'énergie
 - Route nationale
 - Route secondaire
 - Rue
- Milieu hydrique**
- Cours d'eau permanent
 - Plan d'eau
 - Milieu humide



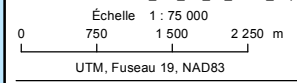
MASON GRAPHITE

Projet du lac Guéret
Inventaires complémentaires du milieu biologique

Zones d'étude - Secteur usine

Sources :
CanVec+, 1/50 000, RNCan, 2014
BDTA, 1/250 000, MRN Québec, 2002

Cartographie : WSP
Fichier : 161-08140-00_sec_BC_c2_locZE_wspb_161110.mxd



Décembre 2016

2 ANOURES

2.1 MÉTHODOLOGIE

2.1.1 STATION D'ENREGISTREMENT

La classe des anoures (crapauds, grenouilles et rainettes) a été inventoriée par la méthode acoustique, qui consiste à noter et à quantifier les chants entendus au cours de la période de reproduction des différentes espèces (SHNVSL 2006; Bouthillier *et al.* 2015). Aux fins de ces inventaires, deux dispositifs d'enregistrement automatisés (iSwamp[®], WSP) ont été installés à proximité d'habitats de reproduction potentiels (carte 3), c'est-à-dire en bordure d'étendues d'eau où les anoures sont susceptibles de pondre leurs œufs (tableau 1). Les iSwamps[®] sont des systèmes programmables d'enregistrement des vocalisations animales qui, une fois installés en milieu naturel, peuvent demeurer en opération autonome durant plusieurs semaines. Ces systèmes permettent notamment de réaliser des inventaires dans des milieux reculés et souvent difficilement accessibles de nuit pour la réalisation d'inventaires acoustiques conventionnels. Les données récoltées par ces appareils sont enregistrées sur des cartes mémoire dont le contenu est analysé ultérieurement.

Tableau 1. Localisation des stations d'inventaire acoustique des anoures (iSwamp[®], WSP)

Station	Coordonnées	Habitat
MGC01	51°07'42.7" N - 69°03'32.9" O	Bordure ouest d'un étang bordé d'épinettes
MGC02	51°07'19.1" N - 69°03'26.3" O	Bordure ouest d'un étang aux berges clairsemées, couvertes de chicots et de jeunes plants d'épinettes, de graminées et d'éricacées



Photo 1. Station d'enregistrement (iSwamp) MGC01 **Photo 2. Station d'enregistrement (iSwamp) MGC02**

Afin de couvrir la saison de reproduction de l'ensemble des espèces d'anoures potentiellement présentes, les appareils ont été installés le 8 juin 2016 et sont demeurés en place jusqu'au 12 et 15 août respectivement. Ils ont été programmés pour enregistrer les sons ambiants pour trois périodes de 5 minutes par jour, à raison d'une séquence à 21 h, 22 h et 23 h respectivement.

Une fois les appareils récupérés, les enregistrements ont été analysés pour identifier et quantifier les espèces présentes. L'analyse visait à établir un indice relatif d'abondance pour chaque espèce entendue, selon les cotes d'abondances présentées au tableau 2 (Bouthillier *et al.* 2015).

Tableau 2. Description des cotes d'abondance des chants d'anoures

Cote d'abondance	Description
0	Aucun chant entendu
1	Les chants peuvent être identifiés isolément et le nombre de mâles chanteurs peut être compté
2	Les chants se chevauchent et les mâles chanteurs ne peuvent être tous comptés (chevauchement partiel des chants)
3	Chorale continue, les chants sont impossibles à dénombrer; quelques individus à proximité peuvent être comptés, mais dans l'ensemble, le dénombrement des mâles chanteurs est impossible

Un effort d'écoute de 75 minutes par station a été consacré à l'analyse des enregistrements (c'est-à-dire 15 séquences de 5 minutes réparties sur la durée de l'inventaire). Cela équivaut à une quinzaine de soirées d'écoute standards à chacune des stations.

2.1.2 FOUILLE ACTIVE ET RECHERCHE OPPORTUNISTE

Lors de l'installation des systèmes d'enregistrement (8 juin 2016), de la fouille active a été effectuée à six stations dans la zone d'étude. Ces stations sont présentées sur la carte 3 (RA01 à RA06). Les stations RA01 à RA03 ont également été revisitées à la mi-août, lors des inventaires de micromammifères. Les observations opportunistes réalisées lors des autres travaux d'inventaire ont aussi été notées.

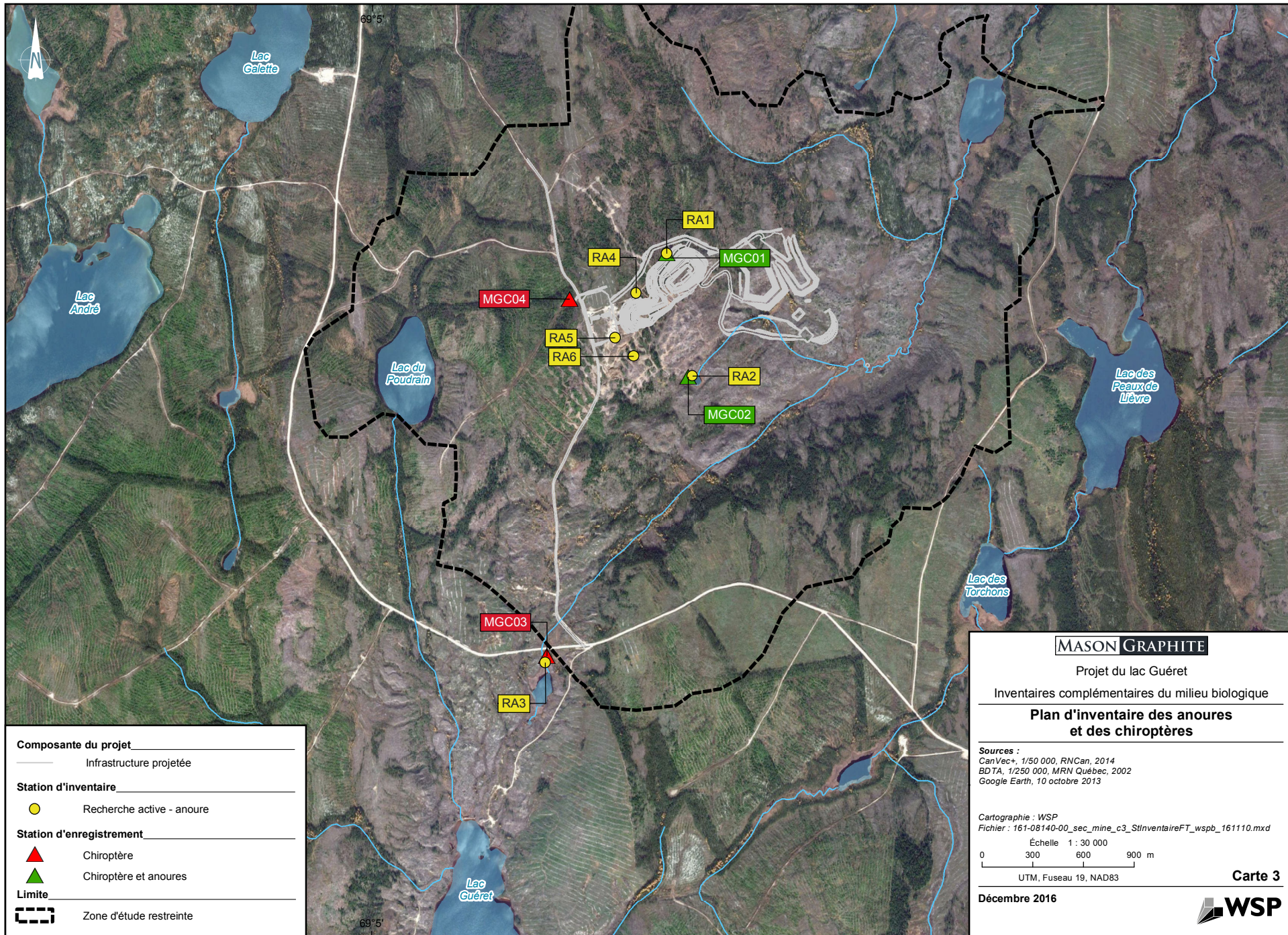
2.2 DESCRIPTION DES ANOURES ET DE LEUR HABITAT

2.2.1 STATION D'ENREGISTREMENT

Deux espèces d'anoures ont été identifiées sur les enregistrements réalisés par les appareils installés dans la zone d'étude (tableau 3). Il s'agit de la rainette crucifère (*Pseudacris crucifer*) et de la grenouille des bois (*Lithobates sylvaticus*), deux espèces communes et largement réparties au Québec. Au niveau quantitatif, seule la rainette crucifère a manifesté des chorales (cote 3), limitées à la station MGC02, alors que la grenouille des bois n'était représentée que par des individus isolés (cote 1), tous entendus à la station MGC01.

Tableau 3. Cotes d'abondance des anoures enregistrés aux stations d'écoute (iSwamp®, WSP)

Espèce	Station d'écoute (cotes d'abondance maximales enregistrées)	
	MGC01	MGC02
Rainette crucifère	0	3
Grenouille des bois	1	0



Composante du projet

— Infrastructure projetée

Station d'inventaire

● Recherche active - anoure

Station d'enregistrement

▲ Chiroptère

▲ Chiroptère et anoures

Limite

--- Zone d'étude restreinte

MASON GRAPHITE

Projet du lac Guéret

Inventaires complémentaires du milieu biologique

Plan d'inventaire des anoures et des chiroptères

Sources :
 CanVec+, 1/50 000, RNCan, 2014
 BDTA, 1/250 000, MRN Québec, 2002
 Google Earth, 10 octobre 2013

Cartographie : WSP
 Fichier : 161-08140-00_sec_mine_c3_StInventaireFT_wspb_161110.mxd

Échelle 1 : 30 000

0 300 600 900 m

UTM, Fuseau 19, NAD83

Carte 3

Décembre 2016

WSP

2.2.2 FOUILLE ACTIVE ET OBSERVATIONS OPPORTUNISTES

D'autre part, des spécimens de quatre espèces d'anoures ont été observés ou entendus lors des inventaires de fouille active et de façon opportuniste durant les déplacements sur le terrain. Il s'agit du crapaud d'Amérique (*Anaxyrus americanus*), de la grenouille du Nord (*Lithobates septentrionalis*), de la grenouille des bois et de la rainette crucifère. Leurs localisations sont présentées au tableau 4. Mentionnons que les quatre mêmes espèces ont été détectées lors des travaux effectués sur le territoire dans le cadre de l'étude d'impact (Hatch 2015).

De plus, lors d'une étude d'impact réalisée dans le cadre du *Programme d'amélioration de la route 389 entre Fire Lake et Fermont*, le crapaud d'Amérique, la grenouille des bois et la grenouille du Nord ont été inventoriées (MTQ 2016). Ce projet est situé au nord-est de la zone d'étude. Ces trois mêmes espèces, en plus de la rainette crucifère, ont été répertoriées dans la région des Monts Otish, situés au nord-ouest de la zone d'étude (Fortin *et al.* 2012).

Tableau 4. Observations opportunistes d'anoures réalisées dans la zone d'étude en 2016

Espèce	Date	Stade	Nombre	Coordonnées ou station
Anoure non identifié	13 août	Têtard	6	51°08'26.7" N - 69°05'02.6" O
			100	RA1
Crapaud d'Amérique	11 août	Jeune	1	51°07'43.2" N - 69°03'27.5" O
	12 août	Adulte	2	51°07'04.6" N - 69°03'59.2" O
	13 août	Adulte	1	51°08'21.2" N - 69°04'58.0" O
		Adulte	1	51°08'26.7" N - 69°05'02.6" O
	14 août	Adulte	1	51°07'31.6" N - 69°03'41.9" O
	15 août	Adulte	1	51°07'25.4" N - 69°03'18.9" O
	16 août	Adulte	1	51°07'26.3" N - 69°03'26.4" O
Grenouille des bois	13 août	Juvenile	100	RA1
		Adulte	1	51°07'31.5" N - 69°03'45.2" O
Grenouille du nord	13 août	Têtard	10	RA1
	8 juin	Adulte	Chant, cote 1	RA3
Rainette crucifère	13 août	Adulte	Chant, cote 2	51°06'34.6" N - 69°02'02.7" O
	16 août	Adulte	Chant, cote 2	51°06'26.0" N - 69°04'07.5" O

Outre les quatre espèces identifiées, la présence de la grenouille léopard (*Lithobates pipiens*) est aussi possible dans le secteur, la limite nordique de son aire de répartition englobant la zone à l'étude (Desroches et Rodrigue 2004; AARQ 2016).

3 CHIROPTÈRES

3.1 MÉTHODOLOGIE

3.1.1 MISE EN CONTEXTE

Au Québec, on dénombre huit espèces de chauves-souris dont cinq sont des résidentes, puisqu'elles demeurent au Québec durant l'hiver. Les trois autres espèces sont qualifiées de migratrices puisqu'elles passent l'hiver dans le sud. Or, de ces huit espèces, sept ont un statut particulier : cinq figurent sur la *Liste des espèces fauniques susceptibles d'être désignées menacées ou vulnérables* du MDDEFP et trois sont, depuis le 3 février 2012, considérées en voie de disparition au Canada et ont été ajoutées à l'annexe 1 de la Loi sur les espèces en péril (Gouvernement du Canada, 2014).

Afin d'identifier les espèces de chiroptères présentes et d'évaluer leur utilisation du site pendant la période de reproduction, un inventaire acoustique fixe a été réalisé à l'aide de plusieurs stations réparties dans la zone d'étude.

3.1.2 INVENTAIRE ACCOUSTIQUE FIXE

L'inventaire des chiroptères a été réalisé en utilisant la technique d'inventaire acoustique fixe, qui s'inspire du protocole mis au point par le ministère des Ressources naturelles et de la Faune pour les inventaires de chauves-souris dans le cadre des projets éoliens (MRNF, 2008). Cette méthodologie permet de recueillir des informations ponctuelles sur l'activité des chiroptères, à l'aide de stations d'inventaire automatisées.

Cette technique d'inventaire consiste à installer des stations d'inventaire fixes dans des habitats clés pour la reproduction, le repos, l'alimentation et les déplacements des chiroptères. Ces stations sont équipées d'un détecteur d'ultrasons (*AnaBat® Bat Detector*) actif entre 20 h et 6 h et en attente de réception d'ultrasons. Lorsqu'il en capte, ces sons sont enregistrés sur une carte mémoire de format *Compact Flash*. Au moment des analyses, les enregistrements sont transférés sur ordinateur, où un logiciel d'analyse sonore (*Batview et AnaBat® 5, version 5.7*) est utilisé pour produire les sonagrammes permettant de visualiser et d'analyser les cris enregistrés. Les chauves-souris sont alors identifiées par comparaison entre les sonagrammes et les caractéristiques connues des cris d'écholocation de chacune des espèces (signatures sonores).

Cette approche permet de distinguer efficacement sept des huit espèces de chauves-souris présentes au Québec. Il est pour l'instant impossible d'identifier la chauve-souris pygmée (*Myotis leibii*) à partir de ses émissions sonores, puisque les caractéristiques de ces dernières sont peu connues. Les informations actuellement disponibles concernant son cri suggèrent qu'il serait très similaire à ceux des autres espèces du genre *Myotis*, qui sont déjà rarement discriminables entre eux.

3.1.3 PLAN D'INVENTAIRE ET SUIVI

Les stations d'inventaire ont été disposées de manière à documenter les habitats les plus favorables aux activités des espèces de chauves-souris potentiellement présentes, c'est-à-dire des sites propices à la reproduction, à l'alimentation ou au repos, ainsi que des corridors de déplacement ou de migration potentiels.

Les habitats clés recherchés dans le cadre de cette étude étaient des associations caractérisées par la présence ou la proximité de deux ou plus des éléments suivants :

- milieux ouverts;
- milieux forestiers matures;
- cours d'eau et plans d'eau;
- milieux humides.

Quatre stations d'inventaire ont ainsi été installées le 8 juin 2016. Ces stations ont été actives durant la période de reproduction (début juin à fin juillet) et durant la période de migration (mi-août à mi-octobre) des chiroptères. Les stations ont été retirées le 10 octobre 2016.

La carte 3 localise l'emplacement des stations sur le territoire à l'étude. Le tableau 5 présente, pour chacune d'elles, les coordonnées géographiques, une description générale du milieu inventorié et les numéros des photos illustrant ce dernier (annexe A).

Tableau 5. Stations d'inventaire acoustique des chiroptères

Station	Coordonnées	Habitat	Numéro de photo
MGC01	51° 07.713'N, 69° 03.511'O	Lisière de pessière mature, en bordure d'un milieu humide (étang de castor) établi dans un ancien fossé et d'un milieu semi-ouvert arbustif.	1 et 2
MGC02	51° 07.320'N, 69° 03.397'O	Cuvette avec milieu humide arbustif, chicots d'épinettes, à proximité d'un petit plan d'eau.	3 et 4
MGC03	51° 06.427'N, 69° 04.114'O	Milieu ouvert arbustif (éricacées) avec quelques épinettes, à proximité d'un cours d'eau et d'un petit lac.	5 et 6
MGC04	51° 07.570'N, 69° 03.999'O	Milieu forestier fermé : bordure de pessière mature et aulnaie immature. Présence d'un petit ruisseau.	7 et 8

Lors de la période de reproduction, le système de la station MGC02 n'a malheureusement pas fonctionné suite à des problèmes techniques. Les trois autres systèmes ont été actifs entre 34 et 54 jours consécutifs durant cette période. Lors de la période de migration, les stations ont été actives entre 38 et 57 jours consécutifs. Afin de permettre la comparaison entre ces différentes stations, l'abondance relative des différentes espèces au niveau de chaque station a été exprimée en nombre de passages par nuit dans la présentation des résultats.

3.2 DESCRIPTION DES CHIROPTÈRES ET DE LEUR HABITAT

L'inventaire acoustique a permis de confirmer la présence de cinq espèces de chauves-souris identifiables par la méthodologie utilisée, pour un total de 968 passages enregistrés :

- Les chauves-souris du genre *Myotis* (93,34 % des enregistrements), incluant :
 - la chauve-souris nordique (*Myotis septentrionalis*) (confirmée);
 - la petite chauve-souris brune (*Myotis lucifugus*) (confirmée);
- la grande chauve-souris brune (*Eptesicus fuscus*) (1,20 % des enregistrements);
- la chauve-souris rousse (*Lasiurus borealis*) (0,70 % des enregistrements);
- et la chauve-souris cendrée (*Lasiurus cinereus*) (0,20 % des enregistrements).

À noter que les enregistrements de chiroptères appartenant au genre *Myotis* regroupent généralement trois espèces dont les sonagrammes sont difficilement différenciables, soit la petite chauve-souris brune, la

chauve-souris nordique et la chauve-souris pygmée de l'Est (*Myotis leibii*). De ces trois espèces, la présence de la chauve-souris nordique et de la petite chauve-souris brune a été confirmée au niveau de chacune des stations. Par contre, selon les informations connues sur la distribution de la chauve-souris pygmée de l'Est, cette espèce ne serait pas présente à cette latitude (Jutras *et al.* 2012).

Par ailleurs, 4,57 % des enregistrements de chiroptères n'ont pu être identifiés à l'espèce (« indéterminé ») : ces cris correspondent essentiellement à des enregistrements trop courts pour que les caractéristiques de l'espèce soient identifiables, notamment lorsque les chauves-souris en vol sortent trop vite du cône de détection du microphone. Ce type d'évènement étant indépendant de l'espèce, la distribution de ces « indéterminés » entre les différentes espèces de chauves-souris suivrait *a priori* le même patron que pour les enregistrements identifiés à l'espèce.

Les chauves-souris rousse et cendrée, qui sont des espèces migratrices, figurent sur la *Liste des espèces fauniques susceptibles d'être désignées menacées ou vulnérables* du ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs (MFFP 2006). Parmi les espèces du genre *Myotis*, la petite chauve-souris brune et la chauve-souris nordique sont considérées en voie de disparition au Canada et figurent à l'annexe 1 de la LEP depuis 2014 (Gouvernement du Canada 2014). Au Québec, les populations de ces espèces connaissent en effet une baisse drastique de leurs effectifs depuis environ six ans, notamment suite à l'apparition du syndrome du museau blanc (SMB) dans de nombreux hibernacles. Les populations de la Côte-Nord semblent avoir été préservées un peu plus longtemps que les autres puisque la présence du SMB n'a pas été confirmée à ce jour dans cette région (MFFP 2016). Néanmoins, la maladie connaît une vitesse de propagation rapide qui, d'année en année, contribue à élargir les superficies touchées.

Il existe peu de données qui permettraient de fournir un état de référence pertinent pour les chiroptères dans la région. D'après le dernier bilan du Réseau québécois d'inventaire acoustique de chauves-souris (Réseau), publié dans le bulletin de liaison CHIROPS (Jutras et Vasseur 2011), les chauves-souris du genre *Myotis* comptent pour 86 % des enregistrements récoltés en 2009 sur la Côte-Nord (n = 21). Les deux autres espèces recensées par le Réseau en 2009 sont la chauve-souris rousse (10 % des enregistrements) et la chauve-souris cendrée (5 % des enregistrements).

Des inventaires acoustiques ont également été réalisés conjointement par le MRNF et le Biodôme de Montréal, le long des rivières Natashquan et Aguanus en 2004 (Maisonneuve *et al.* 2005) et de la rivière Natashquan en 2005 (Maisonneuve *et al.* 2006), dans le cadre d'une étude sur l'impact des vols à basse altitude. En 2004, 100 % des enregistrements identifiés appartenaient à des chauves-souris du genre *Myotis* (Maisonneuve *et al.* 2005). L'année suivante, 88 % des cris identifiés provenaient de chauves-souris du genre *Myotis*, 12 % de la chauve-souris rousse et seulement 0,2 % de la chauve-souris cendrée (Maisonneuve *et al.* 2006). Finalement, lors d'un inventaire réalisé par notre équipe au cours de la saison 2013, dans le cadre du projet de la mine Arnaud, près de Sept-Îles, 90,03 % des enregistrements provenaient de chauves-souris du genre *Myotis*, 2,77 % de la chauve-souris rousse, 0,05 % de la chauve-souris cendrée, 0,05 % de la pipistrelle de l'Est (*Perimyotis subflavus*), 0,03 % de la grande chauve-souris brune et 0,01 % de la chauve-souris argentée (*Lasionycteris noctivagans*) (GENIVAR 2013).

Bien que ces données ne nous renseignent pas sur les densités de population, ces abondances concordent avec les résultats de notre inventaire acoustique en ce qui concerne la dominance des chauves-souris du genre *Myotis*, ainsi que la présence de la grande chauve-souris brune et des chauves-souris rousse et cendrée.

Le tableau 6 synthétise les résultats obtenus lors de l'inventaire acoustique pour les différentes stations automatisées. Pour chaque station, il précise les espèces recensées et le nombre d'enregistrements (passages) récolté par nuit pour chaque espèce, ainsi que le nombre total d'enregistrements de chiroptères par nuit. Les deux dernières colonnes présentent respectivement l'abondance relative d'une espèce

donnée à la station d'inventaire (% par station) et la proportion des enregistrements réalisés pour une espèce à cette station relativement à l'ensemble des enregistrements de cette espèce (% par espèce).

Tableau 6. Synthèse des enregistrements récoltés (nombre de passages par nuit)

Station	Espèce	Nombre moyen de passage par nuit		Abondance relative (%)	
		Reproduction	Migration	Station	Espèce
MGC01	Chauve-souris du genre <i>Myotis</i>	12,72	1,23	94,53	80,83
	Grande chauve-souris brune	0,2	0,02	1,5	100
	Chauve-souris rousse	0	0	0	0
	Chauve-souris cendrée	0	0	0	0
	Indéterminé	0,48	0,11	3,98	69,42
	Total station	13,41	1,35	100	s.o.
MGC02	Chauve-souris du genre <i>Myotis</i>	s.o.	0,09	83,33	0,51
	Grande chauve-souris brune	s.o.	0	0	0
	Chauve-souris rousse	s.o.	0	0	0
	Chauve-souris cendrée	s.o.	0	0	0
	Indéterminé	s.o.	0,02	16,67	2,08
	Total station	s.o.	0,11	100	s.o.
MGC03	Chauve-souris du genre <i>Myotis</i>	0,98	0,32	85,59	7,52
	Grande chauve-souris brune	0	0	0	0
	Chauve-souris rousse	0,11	0,02	8,49	100
	Chauve-souris cendrée	0,02	0,02	2,38	100
	Indéterminé	0,02	0,04	3,54	6,34
	Total station	1,13	0,4	100	s.o.
MGC04	Chauve-souris du genre <i>Myotis</i>	0,53	1,39	91,13	11,15
	Grande chauve-souris brune	0	0	0	0
	Chauve-souris rousse	0	0	0	0
	Chauve-souris cendrée	0	0	0	0
	Indéterminé	0,03	0,16	8,87	22,16
	Total station	0,56	1,55	100	s.o.

Légende : s.o. = sans objet

La station MGC01 est de loin celle qui a enregistré la plus grande fréquentation par les chiroptères, toutes espèces confondues, et ce, essentiellement durant la période de reproduction avec 13,41 passages/nuit. Par comparaison, l'activité qui a été enregistrée aux autres stations varie entre 0,11 et 1,55 passages/nuit.

Par ailleurs, les résultats obtenus ne semblent pas indiquer la présence d'un corridor de migration important dans ou à proximité immédiate de la zone d'étude. En effet, les activités relatives enregistrées aux différentes stations sont relativement similaires entre les périodes de reproduction et de migration, en dehors de la station MGC01 où l'activité des chiroptères diminue de façon importante en période de migration. Ce résultat n'est pas surprenant compte tenu de la présence, de part et d'autre de la zone d'étude, des corridors de migration potentiels majeurs que représentent les rivières Manicouagan et aux Outardes. En effet, lors de leurs déplacements d'un site à un autre, les chauves-souris utilisent généralement des structures linéaires pour se guider (Grindal et Brigham 1998; Henderson et

Broders 2008). Les vallées de cours d'eau et les bandes de végétation riveraines constituent, par conséquent, des corridors potentiels pour leurs déplacements.

Comme nous l'avons vu précédemment, les deux espèces du genre *Myotis* ont été confirmées au niveau de chacune des stations d'inventaire. En ce qui concerne les autres espèces, la grande chauve-souris brune n'a été enregistrée qu'à la station MGC01, alors que les chauves-souris rousse et cendrée n'ont fréquenté que la station MGC03.

Quatre des espèces recensées lors de cet inventaire sont arboricoles (Tremblay et Jutras 2010). En effet, les chauves-souris rousse et cendrée utilisent essentiellement des gîtes arboricoles, alors que la chauve-souris nordique et la petite chauve-souris brune utilisent à la fois des structures arboricoles, des bâtiments et des structures rocheuses (Tremblay et Jutras 2010). Or, ce sont habituellement les arbres de grande taille et de gros diamètre que recherchent les chauves-souris arboricoles (Tremblay et Jutras 2010). La grande chauve-souris brune, quant à elle, gîte plutôt dans les bâtiments ou les structures rocheuses (Tremblay et Jutras 2010).

Les peuplements forestiers matures sont, par conséquent, particulièrement propices en termes de gîtes diurnes et de sites de reproduction potentiels pour les espèces à statut précaire recensées dans la zone d'étude. Par ailleurs, les marécages, les tourbières, les étangs de castor, les lacs et les cours d'eau constituent des habitats d'hydratation et d'alimentation que les chauves-souris privilégient (Taylor 2006). Par conséquent, l'association de cours d'eau, plans d'eau et autres milieux humides, ainsi que de peuplements forestiers matures constitue un habitat clé pour les chiroptères.

Si on considère l'habitat qui caractérise la station ayant enregistré la plus forte activité des chiroptères (MGC01), on remarque qu'elle abrite une association forêt mature – cours d'eau et plan d'eau (ancien fossé et étangs de castor), fournissant aux chiroptères à la fois gîtes de repos et sites d'alimentation. On y trouve également une mosaïque de zones arbustives ouvertes et de boisés matures, qui offre une bonne variété d'habitats. La présence de la grande chauve-souris brune à cet endroit est probablement liée à la diversité des habitats présents, notamment à la présence d'arbres matures. En effet, même si cette espèce semble utiliser préférentiellement les bâtiments et les structures rocheuses (Tremblay et Jutras 2010), elle utilise également les arbres matures présentant des cavités (trous de pics, crevasses, etc.) (Willis *et al.* 2006). Par ailleurs, le secteur entourant la station MGC01 présente un relief assez marqué et il est, par conséquent, possible que des affleurements rocheux soient présents aux environs immédiats, qui pourraient offrir des habitats favorables pour cette espèce.

La station MGC04 offre également une association forêt mature – cours d'eau, mais avec une végétation arborescente plus fermée et plus homogène, ce qui explique probablement la faible fréquentation du site par les chiroptères (du genre *Myotis* uniquement). La station MGC02 a également connu une faible fréquentation, par les espèces du genre *Myotis* uniquement, en période de migration automnale. Les milieux forestiers y sont rares, limités à quelques îlots d'épinettes, et relativement jeunes.

La station MGC03 a elle aussi enregistré des niveaux d'activités faibles pour les chiroptères en général. Là encore, la strate arborescente est limitée à quelques épinettes, ce qui explique probablement la faible fréquentation du site. Toutefois, deux espèces migratrices, qui n'ont pas été recensées aux autres stations d'inventaires ont été répertoriées. Il s'agit des chauves-souris rousse et cendrée. Ces deux espèces sont pourtant essentiellement arboricoles, la chauve-souris rousse fréquentant le cœur des milieux forestiers matures. Leur présence est probablement due au fait que la station MGC03 se trouve dans le fond d'une vallée faisant le lien entre le lac Guéret et le réservoir Manicouagan et entre les peuplements forestiers matures qui bordent le lac Guéret et ceux qui se trouvent au-delà de la zone d'étude. Cette vallée constitue en effet un corridor potentiel pour les déplacements locaux des chauves-souris, notamment pour les espèces les plus forestières qui fréquentent les peuplements forestiers matures d'envergure qui se trouvent à l'est (île René-Levasseur) et à l'ouest (secteurs situés à l'ouest du lac Guéret) de la zone d'étude.

En conclusion, l'inventaire réalisé n'a pas révélé une fréquentation exceptionnelle du site par les chiroptères. Il a cependant permis de confirmer la présence de plusieurs espèces et d'identifier un site plus fréquenté durant la période de reproduction. Les résultats n'indiquent pas la présence d'un corridor migratoire dans ou à proximité immédiate de la zone d'étude, mais il est très probable que les rivières Manicouagan et aux Outardes, qui passent à l'est et à l'ouest de la zone d'étude, constituent des corridors de déplacement et de migration importants pour les chiroptères.

4 MICROMAMMIFÈRES

4.1 MÉTHODOLOGIE

4.1.1 INVENTAIRE

Un inventaire de micromammifères visant principalement le campagnol-lemming de Cooper (*Synaptomys cooperi*) et le campagnol des rochers (*Microtus chrotorrhinus*), soit deux espèces susceptibles d'être désignées menacées ou vulnérables au Québec (MFFP 2016), a été mené en août et en septembre 2016.

Les deux sites à l'étude étaient visés par le présent inventaire, soit le secteur mine (lac Guéret) (carte 4) et le secteur usine (Baie-Comeau) (carte 5). L'inventaire du secteur mine a été effectué du 11 au 16 août 2016, alors que celui du secteur usine a été réalisé du 25 au 30 septembre 2016. Les deux inventaires ont donc porté sur cinq nuits consécutives de capture.

Pour ce faire, des trappes de marque Victor et des pièges-fosses ont été installés le long des transects dans les habitats propices aux deux espèces ciblées (habitats tourbeux, peuplements à proximité de ruisseaux et de talus rocheux). Dans chacun des deux secteurs, huit transects de capture y ont été installés.

Chaque transect comprenait 20 pièges de marque Victor appâtés avec du beurre d'arachide et deux pièges-fosses contenant environ 10 cm d'eau (Jutras 2005). Toutefois, cinq pièges Victor supplémentaires ont été rajoutés au transect 5, dans un habitat potentiel à l'établissement du campagnol des rochers. Un piège-fosse a été placé au début ainsi qu'à la fin de chaque transect et les pièges Victor étaient distancés de 10 m les uns des autres. Les pièges ont été visités quotidiennement afin de vérifier la présence de captures, d'ouvrir les pièges déclenchés sans capture et d'appâter à nouveau les pièges au besoin.

Lors de la levée quotidienne des pièges, le nombre de captures par type de piège, le nombre de pièges déclenchés sans capture et le nombre de captures accidentelles ont été notés sur le formulaire terrain. Les captures ont quant à elles été placées dans des sacs de plastique hermétiques, puis conservées au congélateur pour une identification ultérieure en laboratoire. Une caractérisation sommaire de chacun des milieux abritant un transect de capture a été réalisée afin de documenter la diversité des habitats.

4.1.2 IDENTIFICATION EN LABORATOIRE

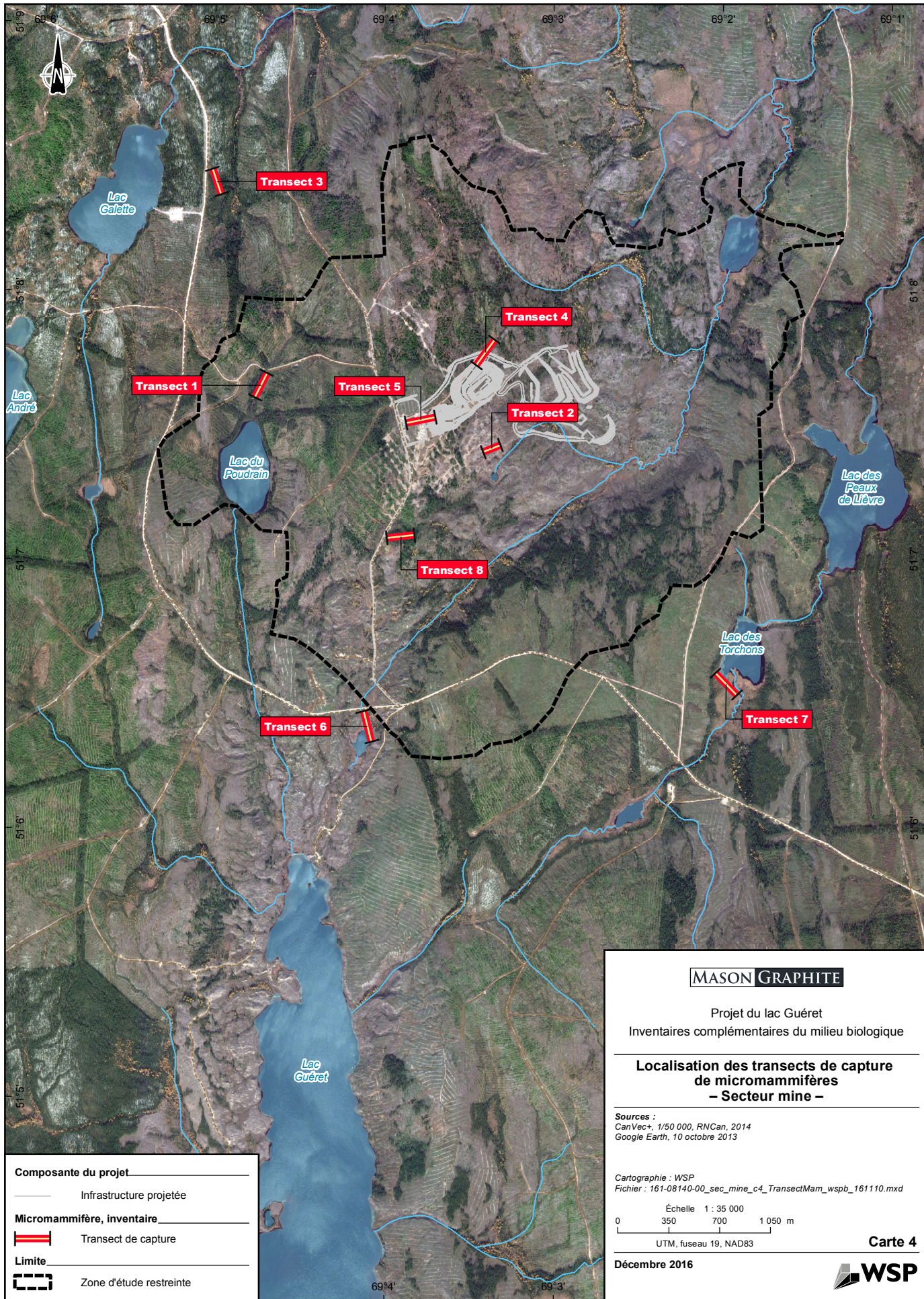
L'identification des micromammifères a été réalisée en laboratoire à l'aide des clés d'identification de Lupien (2001 et 2002), d'une trousse de dissection et d'une loupe binoculaire. Les manipulations ont été effectuées par une personne expérimentée en identification des micromammifères.

4.1.3 ANALYSE DES DONNÉES

Le succès de capture a été retenu pour évaluer l'abondance relative des micromammifères dans chacun des transects ainsi que pour chaque type d'habitat. Pour ce faire, l'effort de piégeage a d'abord été calculé en faisant la somme du nombre de nuits-pièges. Ainsi, un piège installé pour une période de 24 heures correspond à un effort d'une nuit-piège. Pour les pièges qui ont été déclenchés sans avoir capturé de micromammifères, un effort d'une demi-nuit-piège leur a été octroyé. Les pièges mal installés ont été considérés non fonctionnels. Une nuit-piège a alors été retranchée du calcul. Le succès de piégeage (nombre de captures/100 nuits-pièges) a été obtenu en multipliant le nombre de captures par 100, puis en divisant le tout par l'effort de piégeage effectué. Les calculs ont été réalisés par type d'engin de capture, par transect et par type d'habitat. Ces résultats d'effort ajustés sont présentés au tableau 7. Des photos des transects inventoriés sont également présentées à l'annexe B.

Tableau 7. Efforts d'inventaire consacrés au recensement des micromammifères

Secteur	Transect	Type d'habitat	Détail	Nombre de pièges déclenchés, perdus ou non fonctionnels		Effort (nuit-piège)	
				Piège Victor	Piège-fosse	Piège Victor	Piège-fosse
Mine (lac Guéret)	1	Résineux	Milieu forestier mature conifère (bordé d'un cours d'eau)	11	0	94,5	10
	2	Régénération	Milieu forestier en régénération (brulis, chablis)	29	2	105,5	9
	3	Résineux	Forêt conifère (pessière à mousses et à sphaigne)	6	0	97,0	10
	4	Milieu humide	Milieu forestier arbustif (aulnaie) et prairie humide	52	2	74,0	9
	5	Régénération	Milieu forestier en régénération (coupe, milieu anthropique) et quelques îlots de forêts matures	17	0	91,5	10
	6	Régénération	Milieu forestier en régénération (pessière à lichens) en bordure d'un ruisseau et d'un lac	0	0	100,0	10
	7	Milieu humide	Prairie humide et tourbière à éricacées	0	0	100,0	10
	8	Résineux	Milieu forestier mature conifère	9	0	95,5	10
Total				124	4	758,0	78
Usine (Baie-Comeau)	1	Milieu forestier (résineux et mixte)	Milieu forestier mature conifère et milieu forestier ouvert (pinède grise)	16	0	91,5	10
	2	Milieu forestier (résineux et mixte)	Milieu forestier mature conifère et milieu forestier ouvert (pinède grise), milieu mature feuillu (peupleraie)	7	0	96,5	10
	3	Tourbière boisée	Tourbière à éricacées semi-ouverte	1	0	99,5	10
	4	Marécage	Marécage arborescent, forêt mature, bas de falaise, éboulis rocheux	8	0	96,0	10
	5	Marécage	Marécage, milieu forestier conifère mature et mixte mature, éboulis rocheux	10	0	94,5	10
	6	Tourbière boisée	Tourbière à éricacées	11	0	94,5	10
	7	Marécage	Marécage (aulnaie et herbacées)	8	0	96,0	10
	8	Milieu forestier (résineux et mixte)	Forêt mature mixte et conifère	7	0	96,0	10
Total				68	0	764,5	80



Composante du projet

— Infrastructure projetée

Micromammifère, inventaire

▬▬ Transect de capture

Limite

▬▬ Zone d'étude restreinte

MASON GRAPHITE

Projet du lac Guéret
Inventaires complémentaires du milieu biologique

Localisation des transects de capture de micromammifères – Secteur mine –

Sources :
CanVec+, 1/50 000, RNCan, 2014
Google Earth, 10 octobre 2013

Cartographie : WSP
Fichier : 161-08140-00_sec_mine_c4_TransectMam_wspb_161110.mxd

Echelle 1 : 35 000

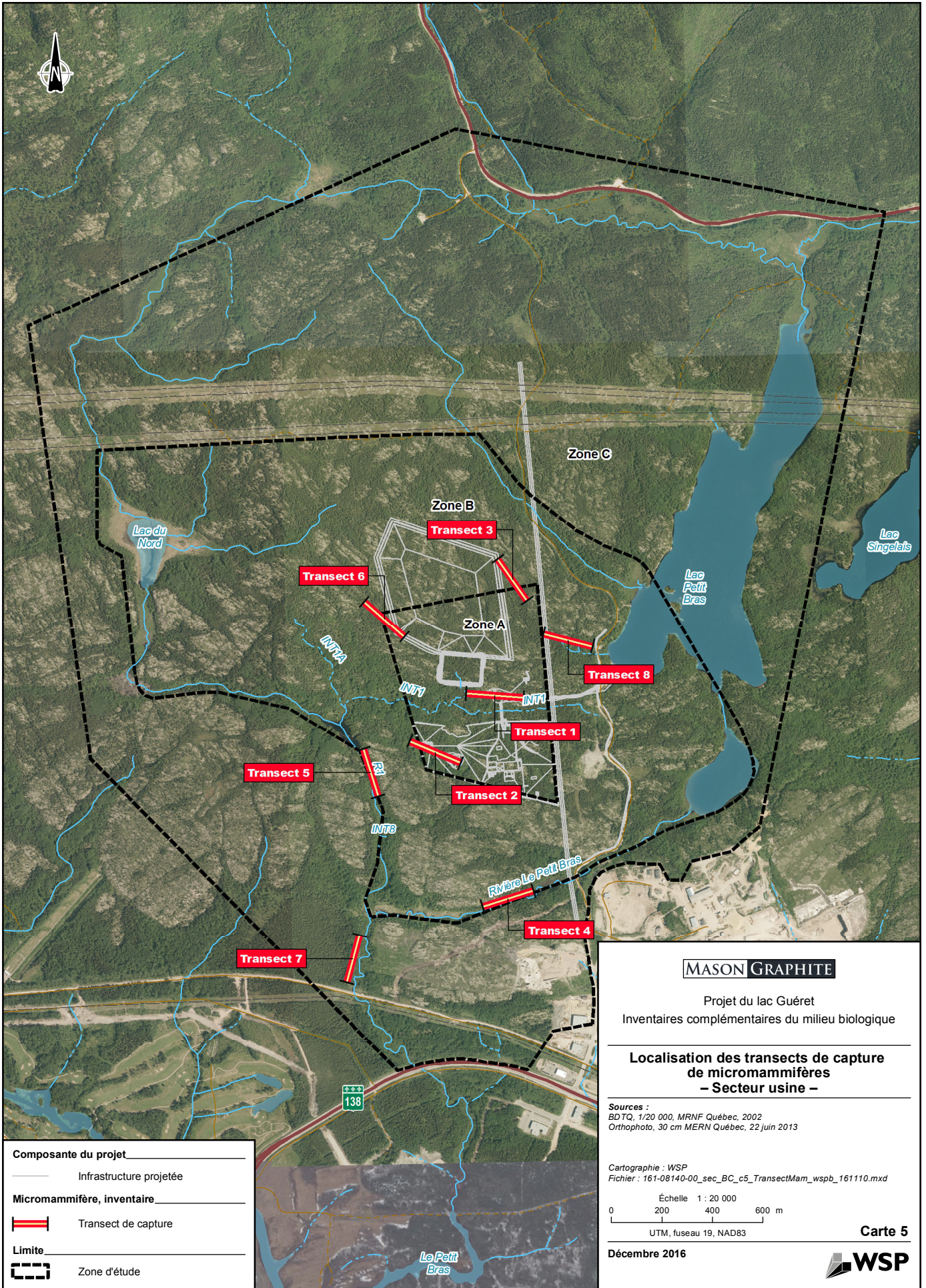
0 350 700 1 050 m

UTM, fuseau 19, NAD83

Décembre 2016

Carte 4

WSP



Composante du projet

— Infrastructure projetée

Micromammifère, inventaire

— Transect de capture

Limite

— Zone d'étude

MASON GRAPHITE

Projet du lac Guéret
Inventaires complémentaires du milieu biologique

Localisation des transects de capture de micromammifères – Secteur usine –

Sources :
BDTQ, 1/20 000, MRNF Québec, 2002
Orthophoto, 30 cm MERN Québec, 22 juin 2013

Cartographie : WSP
Fichier : 161-08140-00_sec_BC_c5_TransectMam_wspb_161110.mxd

Échelle 1 : 20 000
0 200 400 600 m

UTM, fuseau 19, NAD83

Décembre 2016

Carte 5

4.2 DESCRIPTION DES MICROMAMMIFÈRES ET DE LEUR HABITAT

Selon l'Atlas des micromammifères du Québec, 16 espèces sont susceptibles de fréquenter les deux zones d'étude (Desrosiers *et al.* 2002). Ces espèces (nom français et scientifique), de même que celles qui ont été répertoriées dans les deux zones d'inventaire sont présentées au tableau 8.

Tableau 8. Espèces de micromammifères susceptibles de fréquenter les zones d'étude

Espèce	Nom latin	Atlas des micromammifères ¹	Inventaire 2016	
			Secteur mine	Secteur usine
Musaraigne cendrée	<i>Sorex cinereus</i>	X	X	X
Musaraigne palustre	<i>Sorex palustris</i>	X		
Musaraigne fuligineuse	<i>Sorex fumeus</i>	X ²		
Musaraigne arctique	<i>Sorex arcticus</i>	X	X	
Musaraigne pygmée	<i>Sorex hoyi</i>	X		
Grande musaraigne	<i>Blarina brevicauda</i>	X		X
Condylure étoilé	<i>Condylura cristata</i>	X		
Campagnol à dos roux de Gapper	<i>Clethrionomys gapperi</i>	X	X	X
Campagnol des champs	<i>Microtus pennsylvanicus</i>	X	X	
Campagnol des rochers	<i>Microtus chrotorrhinus</i>	X	X	
Campagnol-lemming de Cooper	<i>Synaptomys cooperi</i>	X		
Campagnol-lemming boréal	<i>Synaptomys borealis</i>	X		
Phénacomys	<i>Phenacomys ungava</i>	X		
Souris sylvestre	<i>Peromyscus maniculatus</i>	X	X	X
Souris-sauteuse des champs	<i>Zapus hudsonius</i>	X	X	
Souris-sauteuse des bois	<i>Napoeozapus insignis</i>	X	X	

¹ Desrosiers *et al.* 2002.

² Cette espèce pourrait être potentiellement présente, mais uniquement dans le secteur usine (Baie-Comeau).

La section suivante présente les résultats obtenus pour les deux zones d'étude.

4.2.1 SECTEUR MINE

La campagne de terrain qui s'est déroulée du 11 au 16 août a permis de capturer 82 individus et de confirmer la présence de 8 espèces de micromammifères dans la zone d'étude, soit : le campagnol des champs, le campagnol des rochers, le campagnol à dos roux de Gapper, la musaraigne arctique, la musaraigne cendrée, la souris sylvestre, la souris-sauteuse des bois et la souris-sauteuse des champs.

Les espèces les plus abondantes dans les captures ont été la souris sylvestre (3,11 captures/100 nuits-pièges), la musaraigne cendrée (2,51 captures/100 nuits-pièges) et le campagnol à dos roux de Gapper (2,27 captures/100 nuits-pièges), représentant 80,5 % des captures (tableau 9). Suivent ensuite en nombre nettement moins élevé le campagnol des champs (0,96 capture/100 nuits-pièges), le campagnol des rochers (0,36 capture/100 nuits-pièges), la musaraigne arctique (0,36 capture/100 nuits-pièges), la souris-

sauteuse des bois (0,12 capture/100 nuits-pièges) et la souris-sauteuse des champs (0,12 capture/100 nuits-pièges). De plus, mentionnons qu'un crapaud (vivant) a été capturé au transect 8 et une grive solitaire (morte) au transect 4.

Le campagnol des rochers, une espèce susceptible d'être désignée menacée ou vulnérable au Québec (MFFP 2016), a été capturé à trois reprises au transect 5 les 14, 15 et 16 août 2016. Des détails ayant trait à cette espèce sont présentés à la section 4.2.3.

Du point de vue des habitats, les milieux en régénération étaient plus riches en micromammifères (14,72 captures/100 nuits-pièges combinés) comparativement aux peuplements résineux (8,52 captures/100 nuits-pièges) et aux milieux humides (3,63 captures/100 nuits-pièges) (tableau 10). Ce résultat est grandement influencé par le nombre élevé de souris sylvestre capturées. Cette espèce a d'ailleurs été capturée uniquement dans ce type d'habitat.

Les milieux en régénération sont également le type d'habitat où la plus grande diversité de micromammifères a été observée. Par ailleurs, plusieurs de ces milieux sont perturbés par des sentiers de coupes et des aires de forage. En effet, huit espèces de micromammifères ont été capturées dans ce type d'habitat, comparativement à trois espèces dans les peuplements résineux et deux dans les milieux humides. En ce qui concerne les milieux humides, c'est dans ce type d'habitat que le succès de capture du campagnol des champs a été le plus élevé. En effet, cette espèce fréquente les milieux humides et les régions herbeuses où la végétation lui offre une protection adéquate (Desrosiers *et al.* 2002). En général, le succès de capture dans les pièges-fosses a été nettement supérieur que celui des pièges Victor, soit presque 6 fois plus élevé.

Tableau 9. Succès de capture de micromammifères par espèce et par type d'habitat dans le secteur mine

Type de piège	Espèce	Succès de capture (nombre/100 nuits-pièges)			
		Résineux (n = 3)	Milieu humide (n = 2)	Régénération (n = 3)	Total (n = 8)
Piège-fosse	Musaraigne cendrée	26,67	5,26	27,59	21,79
	Campagnol à dos roux de Gapper	3,33	0,00	3,45	2,56
	Musaraigne arctique	3,33	0,00	3,45	2,56
	Campagnol des champs	0,00	15,79	0,00	3,85
	Souris sylvestre	0,00	0,00	13,79	5,13
	Campagnol des rochers	0,00	0,00	3,45	1,28
	Souris-sauteuse des champs	0,00	0,00	3,45	1,28
	Sous-total	33,33	21,05	55,17	38,46
Piège Victor	Campagnol à dos roux de Gapper	4,53	0,00	1,35	2,24
	Musaraigne cendrée	1,05	0,00	0,34	0,53
	Musaraigne arctique	0,35	0,00	0,00	0,13
	Campagnol des champs	0,00	1,72	0,67	0,66
	Souris sylvestre	0,00	0,00	7,41	2,90
	Campagnol des rochers	0,00	0,00	0,67	0,26
	Souris-sauteuse des bois	0,00	0,00	0,34	0,13
Sous-total	5,92	1,72	10,77	6,86	

Tableau 9. Succès de capture de micromammifères par espèce et par type d'habitat dans le secteur mine (suite)

Type de piège	Espèce	Succès de capture (nombre/100 nuits-pièges)			
		Résineux (n = 3)	Milieu humide (n = 2)	Régénération (n = 3)	Total (n = 8)
Total	Campagnol à dos roux de Gapper	4,42	0,00	1,53	2,27
	Musaraigne cendrée	3,47	0,52	2,76	2,51
	Musaraigne arctique	0,63	0,00	0,31	0,36
	Campagnol des champs	0,00	3,11	0,61	0,96
	Souris sylvestre	0,00	0,00	7,98	3,11
	Campagnol des rochers	0,00	0,00	0,92	0,36
	Souris-sauteuse des champs	0,00	0,00	0,31	0,12
	Souris-sauteuse des bois	0,00	0,00	0,31	0,12
	Total		8,52	3,63	14,72

Tableau 10. Succès de capture de micromammifères par transect d'inventaire et par type de piège dans le secteur mine

Habitat	Transect	Nombre de captures		Succès de capture (nombre/100 nuits-pièges)	
		Piège-fosse	Piège Victor	Piège-fosse	Piège Victor
Résineux	1	3	7	30,00	7,41
	3	3	1	30,00	1,03
	8	4	9	40,00	9,42
	Sous-total	10	17	33,33	5,92
Milieu humide	4	4	2	44,44	2,70
	7	0	1	0,00	1,00
	Sous-total	4	3	21,05	1,72
Régénération	2	4	17	44,44	16,11
	5	10	13	100,00	14,21
	6	2	2	20,00	2,00
	Sous-total	16	32	55,17	10,77
Total		30	52	38,46	6,86

4.2.2 SECTEUR USINE

La campagne de terrain qui s'est déroulée du 25 au 30 septembre 2016 a permis de capturer 118 individus et de confirmer la présence de 4 espèces de micromammifères dans la zone d'étude, soit : le campagnol-à-dos-roux de Gapper, la souris sylvestre, la musaraigne cendrée et la grande musaraigne (tableau 11). De

plus, trois individus n'ont pas pu être identifiés puisque les spécimens étaient incomplets (un campagnol sp. et deux musaraignes sp.).

Les espèces les plus abondantes dans les captures ont été la musaraigne cendrée (5,21 captures/100 nuits-pièges), le campagnol à dos roux de Gapper (4,97 captures/100 nuits-pièges) et la souris sylvestre (3,20 captures/100 nuits-pièges), représentant plus de 95 % des captures. Suit en nombre nettement moins élevé la grande musaraigne. De plus, mentionnons qu'un bruant à gorge blanche (mort) a été capturé au transect 1.

Tableau 11. Succès de capture de micromammifères par espèce et par type d'habitat dans le secteur usine

Type de piège	Espèce	Succès de capture (nombre/100 nuits-pièges)			
		Milieu forestier (résineux et mixte) (n = 3)	Tourbière boisée (n = 2)	Marécage (n = 3)	Total (n = 8)
Piège-fosse	Musaraigne cendrée	30,00	25,00	23,33	26,25
	Souris sylvestre	6,67	0,00	6,67	5,00
	Campagnol à dos roux de Gapper	3,33	10,00	3,33	5,00
	Sous-total	40,00	35,00	33,33	36,25
Piège Victor	Campagnol à dos roux de Gapper	5,99	4,12	4,54	4,97
	Souris sylvestre	4,23	1,55	2,79	3,01
	Musaraigne cendrée	2,82	5,15	1,75	3,01
	Musaraigne sp.	0,70	0,00	0,00	0,26
	Grande musaraigne	0,00	0,52	0,35	0,26
	Campagnol sp.	0,00	0,00	0,35	0,13
	Sous-total	13,73	11,34	9,77	11,64
Total	Musaraigne cendrée	5,41	7,01	3,79	5,21
	Campagnol à dos roux de Gapper	5,73	4,67	4,42	4,97
	Souris sylvestre	4,46	1,40	3,16	3,20
	Musaraigne sp.	0,64	0,00	0,00	0,24
	Grande musaraigne	0,00	0,47	0,32	0,24
	Campagnol sp.	0,00	0,00	0,32	0,12
	Total	16,24	13,55	12,01	13,97

Du point de vue des habitats, les milieux forestiers sont ceux qui détiennent le succès de capture le plus élevé avec 40,00 captures/100 nuits-pièges pour les pièges-fosses et 13,73 captures/100 nuits-pièges pour les pièges Victor (tableau 12). Suivent les tourbières boisées et les marécages. Mentionnons également que seule la grande musaraigne n'a pas été inventoriée dans tous les types d'habitats. En effet, l'espèce a été répertoriée dans les milieux humides uniquement.

Le succès de capture est environ 3 fois plus élevé dans les pièges-fosses, comparativement aux pièges Victor, et ce, pour l'ensemble des habitats.

Tableau 12. Succès de capture de micromammifères par transect d'inventaire et par type de piège dans le secteur usine

Habitat	Transect	Nombre de captures		Succès de capture (nombre/100 nuits-pièges)	
		Piège-fosse	Piège Victor	Piège-fosse	Piège Victor
Milieu forestier (résineux et mixte)	1	1	15	10,00	16,39
	2	1	2	10,00	2,07
	8	10	22	100,00	22,92
	Sous-total	12	39	40,00	13,73
Tourbière boisée	3	6	14	60,00	14,07
	6	1	8	10,00	8,47
	Sous-total	7	22	35,00	11,34
Marécage	4	4	12	40,00	12,50
	5	6	9	60,00	9,52
	7	0	7	0,00	7,29
	Sous-total	10	28	33,33	9,77
Total		29	89	36,25	11,64

Finalement, selon l'Atlas des micromammifères du Québec, d'autres espèces de micromammifères sont susceptibles d'être présentes dans les zones d'étude si on tient compte de leur aire de répartition sur la Côte-Nord (voir le tableau 8). Ces espèces sont : la musaraigne palustre, la musaraigne fuligineuse (potentiellement présente dans le secteur usine uniquement), la musaraigne pygmée, le condylure étoilé, le campagnol-lemming de Cooper, le campagnol-lemming boréal et le phénacomys.

4.2.3 ESPÈCE À STATUT PARTICULIER

CAMPAGNOL-LEMMING DE COOPER

Le campagnol-lemming de Cooper n'a pas été détecté dans les deux zones d'étude, malgré le fait que les habitats potentiels de l'espèce étaient ciblés lors des deux inventaires. Cette espèce pourrait se retrouver dans les deux aires d'étude, même si cette dernière se trouve à la limite nord de son aire de distribution. Cette espèce vit habituellement dans les milieux humides où abonde la végétation et où le sol est couvert d'une épaisse couche d'humus, plus particulièrement les tourbières, les marais herbeux et les forêts mixtes humides situés à proximité de ces habitats. L'espèce se trouve également dans les champs, les prairies, les coupes forestières, etc. (Desrosiers *et al.* 2002). Dans les deux zones d'étude, le potentiel de présence de cette espèce se limite principalement aux tourbières et milieux humides herbeux bordant les cours d'eau et les lacs.

CAMPAGNOL DES ROCHERS

En ce qui a trait au campagnol des rochers, il utilise principalement les habitats rocheux dans les forêts matures mélangées ou conifériennes, mais se trouve également dans les microhabitats humides, dans les habitats de transitions et les habitats perturbés (Desrosiers *et al.* 2002; Duhamel et Tremblay 2013). De plus, cette espèce est également présente dans les zones de transition de milieux ouverts (ex. milieux fraîchement coupés) et de forêts matures (Desrosiers *et al.* 2002; Duhamel et Tremblay 2013).

Trois individus ont été capturés au transect 5 les 14, 15 et 16 août 2016 dans le secteur de la mine. Ce transect est caractérisé par un milieu forestier en régénération présentant quelques îlots de forêts matures ainsi que des sentiers et aires de forage (photo 5, annexe B). Ce type d'habitat est représentatif de la zone d'étude, ce qui porte à croire que d'autres individus pourraient se trouver dans le secteur de la future mine du lac Guéret et à plus grande échelle.

En ce qui concerne le secteur usine, cette espèce n'a pas été répertoriée, en dépit du fait que les inventaires ciblaient cette espèce. Les habitats potentiels pour l'espèce se limitent principalement aux caps rocheux bordant les cours d'eau de la zone d'étude.

5 CONCLUSION

En conclusion, les études réalisées dans le secteur de la mine ont permis de valider la présence de quatre espèces d'anoures, soit le crapaud d'Amérique, la rainette crucifère, la grenouille du Nord et la grenouille des bois. En ce qui concerne les chiroptères, cette étude a permis de confirmer la présence de cinq espèces, soit la grande chauve-souris brune, la chauve-souris rousse, la chauve-souris cendrée et des chauves-souris du genre *Myotis*, incluant la chauve-souris nordique et la petite chauve-souris brune. De plus, l'inventaire a permis de mettre en lumière l'utilisation de la zone d'étude en période de reproduction et de migration automnale. En ce qui a trait à l'inventaire des micromammifères, 82 individus appartenant à 8 espèces ont été inventoriés, dont une espèce à statut particulier, soit le campagnol des rochers.

Pour ce qui est du secteur usine situé à Baie-Comeau, les inventaires de micromammifères ont permis d'inventorier 118 individus. Mentionnons toutefois que la diversité spécifique était beaucoup plus faible qu'au site minier du lac Guéret. En effet, seulement quatre espèces ont été capturées. De plus, aucune espèce à statut particulier n'a été répertoriée.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AARQ. 2016. *Atlas des amphibiens et des reptiles du Québec*. Site Internet : <http://www.atlasamphibiensreptiles.qc.ca>.
- BOUTHILLIER, L., S. Pelletier et N. Tessier. 2015. *Méthode d'inventaire des anoures du Québec*. MFFP, Direction de la gestion de la faune de l'Estrie, de Montréal de la Montérégie et de Laval. Mars 2015. 12 p.
- DESROCHES, J.-F. et D. Rodrigue. 2004. *Amphibiens et reptiles du Québec et des maritimes*. Éditions Michel Quintin. 288 p.
- DESROSIERS, N., R. Morin et J. Jutras. 2002. *Atlas des micromammifères du Québec*. Société de la faune et des parcs du Québec. Direction du développement de la faune. 92 p.
- DUHAMEL, R. et J.A. Tremblay 2013. *Rapport sur la situation du campagnol des rochers (Microtus chrotorrhinus) au Québec*. Ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs, Direction générale de l'expertise sur la faune et ses habitats. 22 p.
- FORTIN, C., P. Galois, B. Dutil, L. Ponge, M. Ouellet. 2012. *Inventaire de l'herpétofaune dans la région des monts Otish*. La société Provancher d'histoire naturelle du Canada. 136 : 22-31.
- GENIVAR. 2013. *Projet minier Arnaud. Rapport. Inventaire des chiroptères*. Rapport de GENIVAR à Mine Arnaud inc. 18 p. et annexes.
- GOUVERNEMENT DU CANADA. 2014. *Décret modifiant l'annexe 1 de la Loi sur les espèces en péril*. Gazette du Canada Vol. 148, no 26 — Le 17 décembre 2014.
- GRINDAL, S.D. et R.M. Brigham. 1998. *Effects of small scale habitat fragmentation on activity by insectivorous bats*. Journal of Wildlife Management, 62 : 996-1003.
- HENDERSON, L.E., et H.G. Broders. 2008. *Movements and resource selection of the northern long-eared myotis (Myotis septentrionalis) in a forest-agriculture landscape*. Journal of Mammalogy, 89 : 952-963.
- JUTRAS, J. 2005. *Protocole pour les inventaires de micromammifères*. Direction du Développement de la faune. Ressources naturelles et Faune. 10 p.
- JUTRAS, J. et C. Vasseur. 2011. *Bilan de la saison 2009*. CHIROPS no. 10 – Bulletin de liaison du Réseau québécois d'inventaires acoustiques de chauves-souris. 32 p.
- JUTRAS, J., M. Delorme, J. Mc Duff et C. Vasseur. 2012. *Le suivi des chauves-souris du Québec*. Le naturaliste canadien, 136-1 : 48-52.
- LUPIEN, G. 2001. *Recueil photographique des caractéristiques morphologiques servant à l'identification des micromammifères, Insectivores*. Société de la faune et des parcs du Québec, Direction de l'aménagement de la faune du Saguenay–Lac-Saint-Jean, Jonquière. 23 p.
- LUPIEN, G. 2002. *Recueil photographique des caractéristiques morphologiques servant à l'identification des micromammifères, Rongeurs*. Société de la faune et des parcs du Québec, Direction de l'aménagement de la faune du Saguenay–Lac-Saint-Jean, Jonquière. 26 p.
- MAISONNEUVE, C., M. Delorme et J. Jutras. 2005. *Projet de recherche sur l'impact des vols à basse altitude sur les chauves-souris*. Rapport d'étape – Travaux d'avant-projet réalisés en 2004. Ministère des Ressources naturelles, de la Faune et des Parcs. 19 p.

- MAISONNEUVE, C., M. Delorme et J. Jutras. 2006. *Projet de recherche sur l'impact des vols à basse altitude sur les chauves-souris*. Rapport d'étape – Travaux d'avant-projet réalisés en 2005 (préliminaire). Ministère des Ressources naturelles, de la Faune et des Parcs. 30 p.
- MINISTÈRE DES FORÊTS, DE LA FAUNE ET DES PARCS (MFFP). 2006. *Liste des espèces de la faune vertébrée susceptibles d'être désignées menacées ou vulnérables*. Gouvernement du Québec. Site internet : <http://www3.mffp.gouv.qc.ca/faune/especes/menacees/liste.asp>.
- MINISTÈRE DES FORÊTS, DE LA FAUNE ET DES PARCS (MFFP). 2016. *Syndrome du museau blanc chez les chauves-souris par comté/région*. Site internet : <https://www.mffp.gouv.qc.ca/faune/sante-maladies/images/carte-chauve-souris2016-g.jpg>.
- MINISTÈRE DE LA FAUNE, DES FORÊTS ET DES PARCS (MFFP). 2016. *Liste des espèces désignées comme menacées ou vulnérables au Québec*. Site Internet : <http://www3.mffp.gouv.qc.ca/faune/especes/menacees/liste.asp>.
- MINISTÈRE DE LA FAUNE, DES FORÊTS ET DES PARCS (MFFP). 2015. *Méthode d'inventaire des anoures du Québec*. 12 p.
- MINISTÈRE DES TRANSPORTS DU QUÉBEC. (MTQ). 2016. *Programme d'amélioration de la route 389 entre Fire Lake et Fermont – (kilomètres 478 à 564). Résumé*. Version 01. En collaboration avec Consortium Roche Groupe-Conseil TDA. 60 p. et annexes.
- MINISTÈRE DES RESSOURCES NATURELLES ET DE LA FAUNE (MRNF). 2008. *Protocole d'inventaires acoustiques de chiroptères dans le cadre de projets d'implantation d'éoliennes au Québec, 8 janvier 2008*. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Secteur Faune Québec. 10 p.
- SHNVSL. 2006. *Suivi des populations d'amphibiens – manuel du participant, parcours routiers d'écoute des chants de reproduction*. Société d'histoire naturelle de la vallée du Saint-Laurent et ministère des Ressources naturelles et de la Faune du Québec. 10 p.
- TAYLOR, D.A.R. 2006. *Forest management and bats*. Bat Conservation International, 16 p.
- TREMBLAY, J. A. et J. Jutras. 2010. *Les chauves-souris arboricoles en situation précaire au Québec – Synthèse et perspectives*. Le naturaliste canadien, 134-1 : 29-40.
- WILLIS, C.K.R., C.M. Voss et R.M. Brigham. 2006. *Roost selection by forest-living female big brown bats (*Eptesicus fuscus*)*. Journal of Mammalogy, 87 : 250–345.

Annexe A

DOSSIER PHOTOGRAPHIQUE DES INVENTAIRES - CHIROPTÈRES



Photo 1. MGC01



Photo 2. MGC01—visée de l'appareil



Photo 3. MGC02



Photo 4. MGC02—visée de l'appareil



Photo 5. MGC03



Photo 6. MGC03—visée de l'appareil



Photo 7. MGC04



Photo 8. MGC04—visée de l'appareil

Annexe B

**DOSSIER PHOTOGRAPHIQUE DES INVENTAIRES -
MICROMAMMIFÈRES**



Photo 1. Inventaire des micromammifères—secteur mine—Transect 1



Photo 2. Inventaire des micromammifères—secteur mine—Transect 2



Photo 3. Inventaire des micromammifères—secteur mine—Transect 3



Photo 4. Inventaire des micromammifères—secteur mine—Transect 4



Photo 5. Inventaire des micromammifères—secteur mine—Transect 5



Photo 6. Inventaire des micromammifères—secteur mine—Transect 5



Photo 7. Inventaire des micromammifères—secteur mine—Transect 6



Photo 8. Inventaire des micromammifères—secteur mine—Transect 7



Photo 9. Inventaire des micromammifères—secteur mine—Transect 8



Photo 10. Inventaire des micromammifères—secteur usine—Transect 1



Photo 11. Inventaire des micromammifères—secteur usine—Transect 2



Photo 12. Inventaire des micromammifères—secteur usine—Transect 2



Photo 13. Inventaire des micromammifères—secteur usine—Transect 3



Photo 14. Inventaire des micromammifères—secteur usine—Transect 4



Photo 15. Inventaire des micromammifères—secteur usine—Transect 5



Photo 16. Inventaire des micromammifères—secteur usine—Transect 6



Photo 17. Inventaire des micromammifères—secteur usine—Transect 7



Photo 18. Inventaire des micromammifères—secteur usine—Transect 8

Annexe 3P

WL16 Data Logger



Global Water
800-876-1172 • globalw.com

WL16 Data Logger

Covers WL16S and WL16U Data Loggers



Global Water

Instrumentation, Inc.

151 Graham Road

P.O. Box 9010

College Station, TX 78742-9010

T: 800-876-1172

Int'l: (979) 690-5560, F: (979) 690-0440

globalw@globalw.com



Global Water

800-876-1172 • globalw.com

Congratulations on your purchase of a Global Water WL16 Data Logger. This instrument has been quality tested and approved for providing accurate and reliable measurements. We are confident that you will find the logger to be a valuable asset to your applications. Should you require assistance, our technical staff will be happy to help.

Table of Contents

I.	Checklist	□	□	□	□	□	3
II.	Inspection		□	□	□	□	3
III.	Warranty	□	□	□	□	□	3
IV.	WL16 Specifications	□	□	□	□		4
V.	System Requirements		□	□	□		6
VI.	Software Installation	□	□	□	□		6
VII.	Direct Connection	□	□	□	□		9
VIII.	Modem Connection	□	□	□	□		10
IX.	Main Screen	□	□	□	□	□	13
X.	On-Line Help Files	□	□	□	□		17
XI.	Get History	□	□	□	□	□	18
XII.	Setup Menus	□	□	□	□	□	19
XIII.	General Setup	□	□	□	□	□	20
XIV.	Analog Setup	□	□	□	□	□	23
XV.	Programming	□	□	□	□	□	27
XVI.	Modem Cable Diagram		□	□	□		28
XVII.	Adjusting the Zero Reference Level				□		29
XVIII.	Maintenance	□	□	□	□	□	32
XIX.	Troubleshooting		□	□	□	□	32
XX.	Customer Support	□	□	□	□		33



Global Water
800-876-1172 • globalw.com

I. Checklist:

- a. WL16S (Serial) or WL16U (USB) Data Logger
- b. WL16 Data Logger Manual
- c. WL16S comes with a RS-232 Serial Cable
- d. WL16U comes with a USB Cable, Type A to B
- e. Global Logger Interface Software on CDROM

II. Inspection:

- a. Your Data Logger was carefully inspected and certified by our Quality Assurance Team before shipping. If any damage has occurred during shipping; please notify Global Water Instrumentation, Inc. and file a claim with the carrier involved.

III. Warranty:

- a. Global Water Instrumentation, Inc. warrants that its products are free from defects in material and workmanship under normal use and service for a period of one year from date of shipment from factory. Global Water's obligations under this warranty are limited to, at Global Water's option: (I) replacing or (II) repairing; any products determined to be defective. In no case shall Global Water's liability exceed the products original purchase price. This warranty does not apply to any equipment that has been repaired or altered, except by Global Water Instrumentation, Inc., or which has been subject to misuse, negligence or accident. It is expressly agreed that this warranty will be in lieu of all warranties of fitness and in lieu of the warranty of merchantability.
- b. The warranty begins on the date of your invoice.



IV. WL16 Specifications:

Logger:

Power Supply:	Two 9VDC Alkaline batteries standard 8 VDC Min. to 24.0 VDC Absolute Maximum Standby Current: 65uA Typical Logging Current: 5mA Typical + sensor current
Operating Temperature	Industrial, -40°C to +85°C (Battery may not apply)
Analog Sensor Inputs:	4-20mA Resolution: 12-Bit, 4096 Steps 1 channel + battery voltage monitor, 2 nd channel reserved for temperature option Sensor Warm-up Time: Programmable, 0-60 Seconds
Sample Modes:	Fixed Interval: Programmable from 1 Sec. to >1 Year High Speed: 10 Samples per second Logarithmic Sample Rate (Approximation) Exception (Log only on deviation from previous reading)
Storage Capacity:	81,759 Recordings for two analog inputs, battery voltage monitor and date/time stamp
Communication Ports:	WL16S: RS-232 4-pin circular connector WL16U: USB Type B Selectable Baud Rates: Auto Detect or fixed, rates at 9600, 19200, 28800, 38400, 57600, 115200
Housing:	1 7/8 diameter x 11 1/2 long, Stainless Steel and UV protected PVC
Weight:	450g (16oz), Logger only with batteries



Global Water

800-876-1172 • globalw.com

Sensor:

Sensor Element:	Silicone Diaphragm, Wet/Wet Transducer
Range:	Level: 0-3', 0-15', 0-30', 0-60', 0-120', 0-250' Optional Temperature: 32°-122°F (0°-50°C)
Linearity and Hysteresis:	±0.1% FS
Accuracy:	Level: ±0.1% FS at constant temperature ±0.2% over 32° to 70°F range Optional Temp: Smaller of 0.5°F or ±1% of reading
Overpressure:	2 x full scale range
Resolution:	Infinite (Analog)
Outputs:	4-20mA ±1mA at full scale Optional Temperature: 0-10mA ±1mA FS
Supply Voltage:	10-36VDC
Current Draw:	Sum of sensor outputs.
Warm Up Time:	10mS Min, 3 sec. recommended
Operating Temperature:	0° (Not Frozen) to +185°F
Compensated Range:	32° to 70°F submerged, automatic barometric compensation

Housing:

Material:	WL400: 304L Stainless Steel WL400-S: 316 SS
Size:	WL400: 7.5" long x 0.82" diameter WL400-S: 9" long x 1.0" diameter
Weight:	WL400: 110g (4 oz) WL400-S: 250g (9oz)

Cable:

Conductors:	4 each 22 AWG
Jacket Material:	87A shore hardness Polyurethane
Optional jacket:	Fluorinated Ethylene Propylene (FEP) Teflon
Cable O.D.:	7.8mm (0.307")
Vent tube:	HD Polyethylene
Shield:	Aluminum Mylar
Temperature range:	-30 to 85°C (-22 to 185°F)
Weight:	~65g/m (0.7 oz/ft)



V. System Requirements:

Desktop or Laptop computer with:

- 1) Windows 98, ME, 2000, XP Vista or Windows 7 Operating Systems
- 2) CDROM Drive
- 3) RS-232 COM Port (for WL16S) or USB Port (for WL16U)

Note that the software provided with the WL16 data loggers is for running on desktop and laptop computers only. Software for many popular Handheld PDA devices is available from Global Water. Special cables may be required.

VI. Software Installation:

Global Logger Installation: *This software is for use on Windows based desktop and laptop computers only. Insert the software installation CD and run the Setup program. This will install the Global Logger application in the Program Files folder and automatically put the Global Logger icon on the desktop.*

Serial communication (WL16S Only): If you are using the RS-232 serial port to access the data logger, no further action is needed. You can start using the logger by opening the Global Logger application program. Skip the next section.

USB Driver Installation (WL16U Only): With the installation CD in the CDROM drive and DC power applied to the logger, plug the USB cable into the data logger to open the ADD New Hardware Wizard. *The menus that follow will look different for different operation systems but the procedure is the same. **Do not allow the Hardware Wizard to automatically search for the driver. Instead, specify the location (CDROM).*** If a generic driver gets, or has been previously installed, it must be uninstalled before proceeding by using the Add or Remove Programs section of the Control Panel. Instead, click the Search External Media box or Specify a Location box and install the driver from the CDROM. Running the Setup program that installs the Global Logger software also installs a folder with the driver in it. This location can also be specified if the CDROM is not available; although, it is recommended that the driver be installed at the same time the Global Logger is installed.



WL16U Only

The following menus apply to the Windows XP operating system.

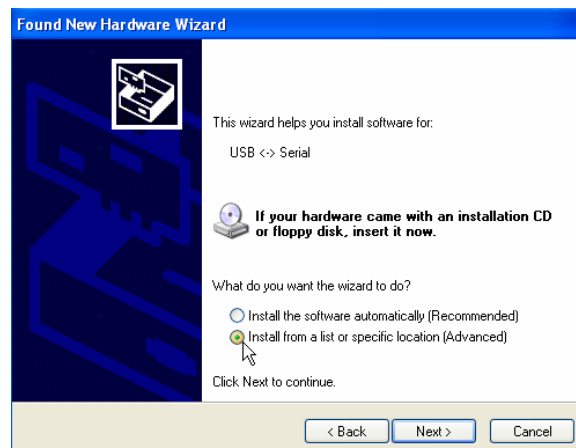
1) Do not let Windows search for software. Click “No, not at this time” when asked if Windows Update can search for software.

Click Next.



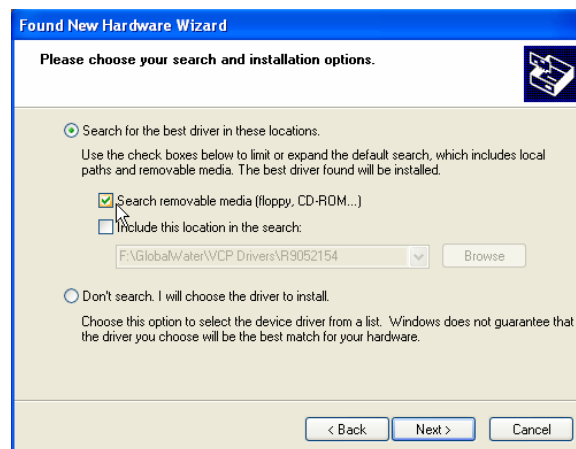
2) Do not let Windows automatically install the software. Click “Install from a specific location”.

Click Next.



3) Specify the location of the driver. Make sure the Global Logger CDROM is in the CD drive and click “Search removable media” only.

Click Next.





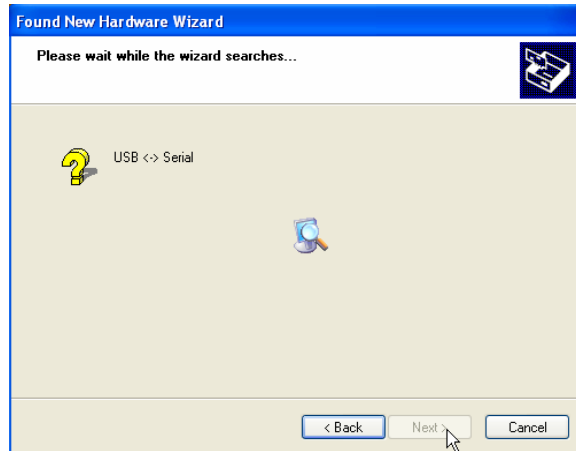
WL16U Only

4) The Hardware Wizard searches for the driver.

If Windows advises that the software is not certified, click:

“Continue Anyway”.

This only means that Microsoft has not licensed the software. Second party software is allowed and no harm will come to your computer.



5) The first half of the installation is complete. The Hardware Wizard must make two passes.

Click Finish.



6) Two drivers might be required so the Hardware Wizard may repeat the exact same process again. As before; a: do not let the Windows Update do a search, b: tell Windows to search from a specific location instead of automatically installing software, c: tell Windows to search from removable media (CDROM).

7) The installation is complete.

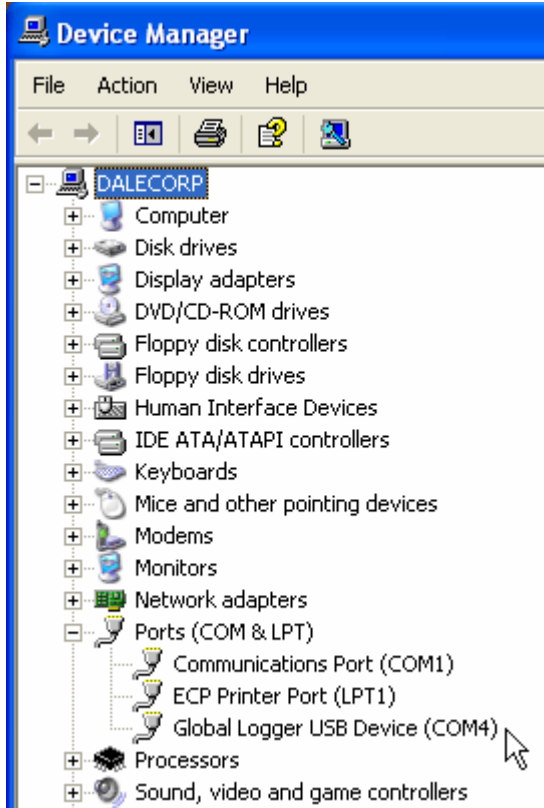
Click Finish.





Global Water

800-876-1172 • globalw.com

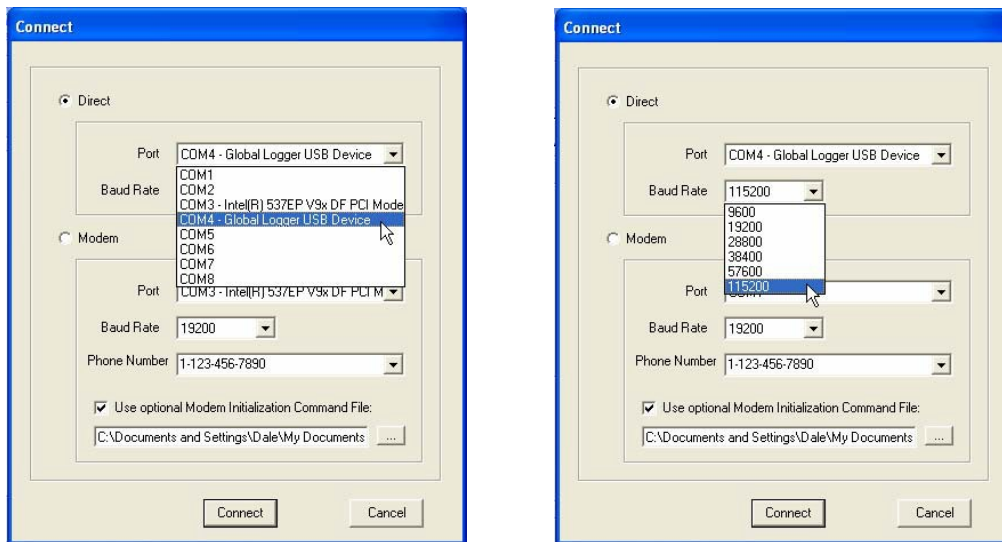


8) To confirm the installation, look in the Device Manager and find the USB Serial Port. The COM setting following that will show the virtual COM port that has been automatically assigned to the driver. As you will see in the following sections, this COM port will be automatically detected by the Global Logger software so it is not necessary to note which port is being used by the driver.

VII. Direct Connection:

Important: This data logger supports an *Auto Baud Rate Mode* which automatically detects the communication speed. However; this communication software also supports loggers which may be programmed in a *Fixed Baud Rate Mode*. This is useful in telemetry applications, particularly when using Global Water data loggers with our Global Access radio modem software. The upcoming discussion assumes that the logger is programmed in auto detect mode. If you cannot connect to the logger and suspect that the logger may be using a fixed rate mode; try each connection speed separately, especially 38400 which is required when using the Global Access software.

There are 3 ways to connect to the WL16 data Loggers, direct connection through the RS-232 serial port (WL16S only) or USB port (WL16U only), as well as dial out through an installed modem (requires WL16S only with external serial modem).



To make a direct connection to the logger, click the “Direct” option and from the “Port” menu, select the port you wish to use.

For USB access (WL16U) select the USB serial port at the COM port the driver was assigned, which is automatically shown in the list as “Global Logger USB Device”.

Serial connection (WL16S) is generally done using the serial cable provided with the logger through the 9-pin COM1 connector at the back of the computer although COM2 can also be used.

Next, select the desired baud rate from the “Baud Rate” menu. Generally, the fastest rate of 115,200 is used although; long cables or other factors may require a slower setting. Click “Connect” to make the connection. If a connection is not made, an error message will appear. Check the battery, communication cable, driver installation and COM port settings.

VIII. Modem Connection (WL16S Only):

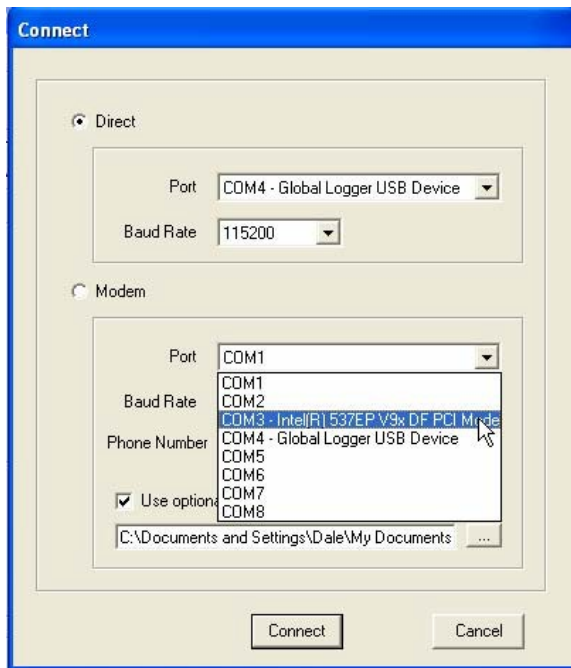
Access to the WL16S can be made through dial-out to a remote modem by clicking the “Modem” option. The connection from modem to logger requires an RS-232 serial modem, USB modems are not supported as an interface to the logger; therefore, the WL16U logger cannot be accessed by modem. Also, some switch settings must be made to the remote modem and an initialization file may be required to properly configure the host modem.



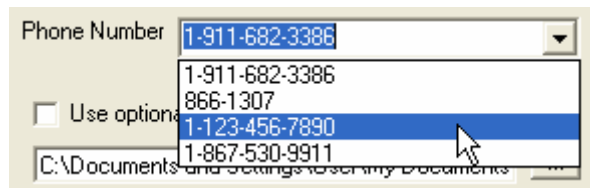
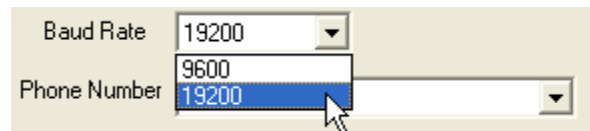
WL16S Only

Two baud rates are supported 9600 and 19200. Should you experience difficulty establishing a reliable connection at 19200, try the slower connection speed. Note that due to the slower baud rates and the additional handshaking performed during modem communication, The Global Logger software will operate significantly slower than during a direct connection.

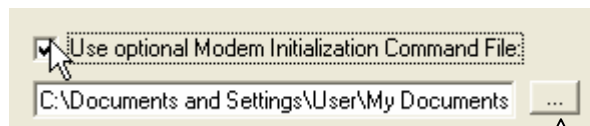
The Global Logger software will remember the last 4 numbers dialed and has a provision for using a stored text file (.txt extension) for initialization of the host modem using standard AT commands. Some experience may be required to configure your modem but a sample command file and some useful tips follow.



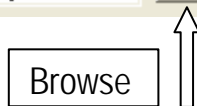
Select the modem's COM port



Type in or find the phone number



Use initialization file



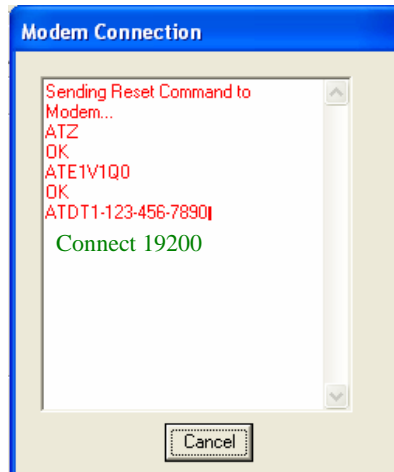


WL16S Only

Sample initialization text file:

This is for reference and applies to an external US Robotics modem only.

ATM1 ; speaker off when connects
AT&B1 ; fixed serial port rate
AT&D2 ; normal DTR
AT&H1&R2 ; h/w flow control
AT&I0 ; disable s/w flow control
AT&K0 ; disable compression
AT&M4 ; normal error control



Select the COM port for your modem and the baud rate. Type in the phone number or select it from the list of pre-stored numbers. If necessary, click the "Use Initialization File" box and use the browse button to search for the initialization text file for your modem. Click "Connect" and the software will dial out, showing the status screen shown above.

Once a connection is established, "Connect" will appear for a few seconds along with the baud rate of the connection. After connecting, the normal Global Logger screen will appear and operate exactly as if a direct connection was made. All options and features work the same but at a reduced communication speed.

When connecting the WL16S Data Logger to an external modem, a special cable is required. Wiring diagrams are provided at the end of this manual and pre-wired cables are available from Global Water.

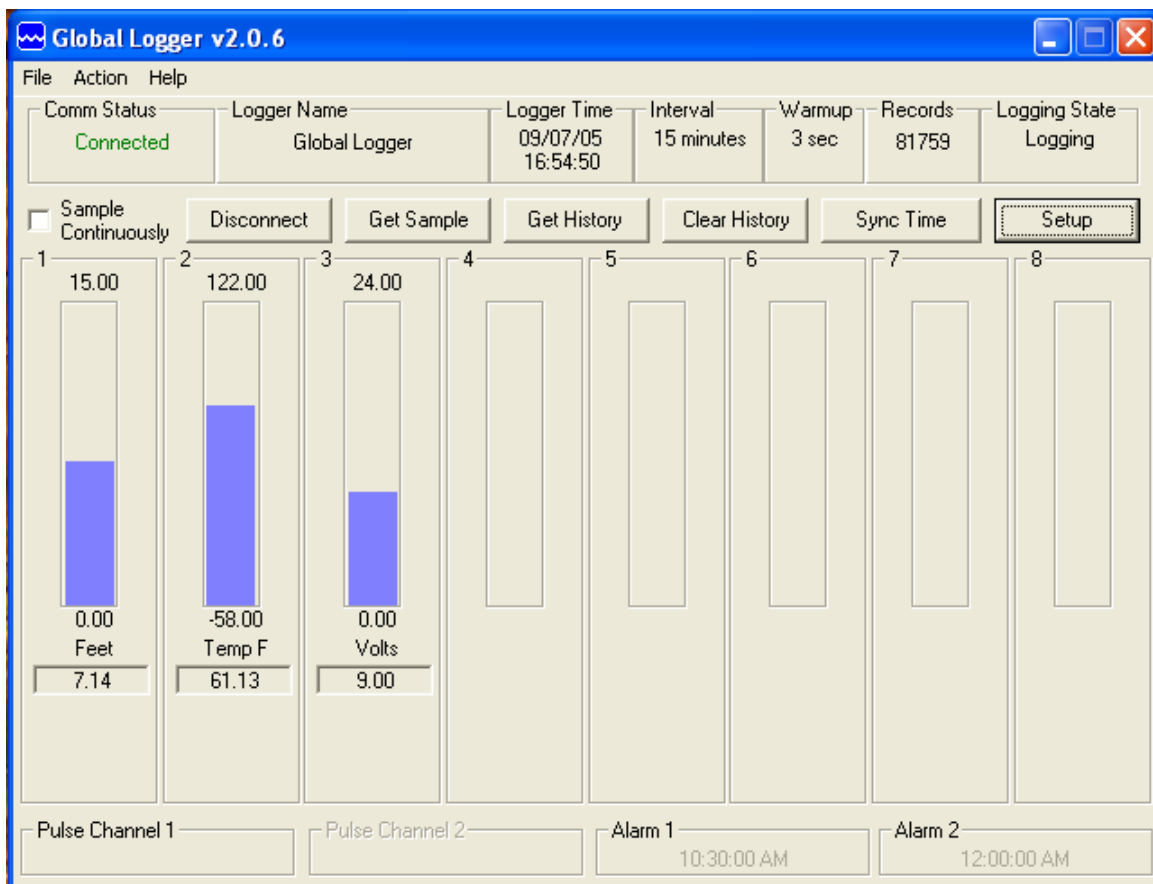
The remote modem is configured by setting DIP switches. They should be set to auto-answer on, DTR Normal, carrier detect normal and smart mode. Global Water can provide external modems and interface cables at an additional cost if requested. Contact our sales department for more information.

It may not be necessary to use an initialization string to configure the host modem but if problems arise the modem should be set with software handshaking off (Xoff), DTR normal, fixed baud rate, compression off and error correction on. This configuration is done by building an initialization file using the standard AT commands and loading it into the connection screen.



IX. Main Screen:

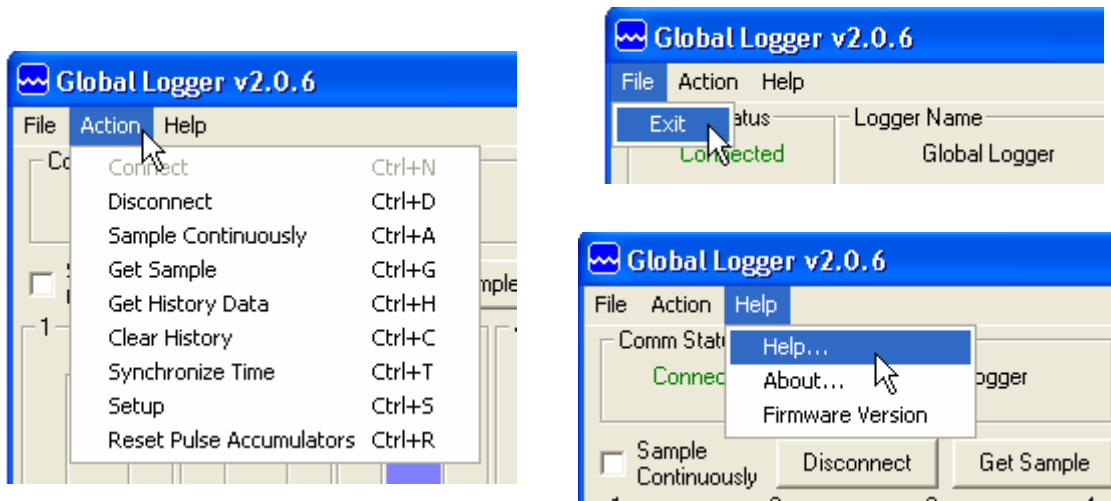
The main screen is where the status and option menus are accessed. The WL16 data logger will continue to log at normal intervals while connected to the Global Logger software. While connected, the logger will draw an additional current from the power supply of 5-10mA so it is advised that, if you plan to not access the logger for extended periods of time, you disconnect to increase battery life. Interface cables may remain connected. To disconnect, click on the "Disconnect" button. This label on this button will change to "Connect" and clicking on it will return you to the connection screen as previously discussed.



The functions and information in this screen are discussed in the following sections. Note that the second channel is optional and generally used for the water temperature option of the WL400 water level sensor. The screen image above shows water level and temperature although any type of sensor can be connected to the WL16 logger. Battery voltage is always monitored on channel 3.



Tool Bar: The tool bar at the top of the screen has 3 options; File, Action and Help. In this screen, the File option is used to exit the program only. Action allows a menu driven interface to the various functions and displays the hot-keys, which can be used for fast access. In the Help menu; Help allows you to view the on-line help files (see section X, Page 16), About shows contact information and revision information for the Global Logger software and Firmware Version displays the WL16 Data Logger revision number.



COM Status: This reads “Connected” in green or “Not Connected” in red, depending on the current connection status.

Logger Name: The logger name is a user defined name associated with a particular logger to identify one from another. It is programmed in the Setup menu as described later and is limited to 32 characters.

Logger Time: The time and date displayed is that of the real-time clock in the logger. It is only updated upon initial connection and certain functions that cause data to be read from the logger. These include Sample Continuously, Get Sample, Sync Time and Setup whose functions are to be described later.

Interval: This field displays the logging mode. “Fast” indicates high-speed mode and “Logarithmic” is shown in logarithmic mode. If the logger is in the normal fixed interval sampling mode, the time between samples will be displayed. These modes are to be described later.

Warmup: This displays the sensor warm-up time.



Global Water

800-876-1172 • globalw.com

Records: This field indicates the number of data recordings in memory.

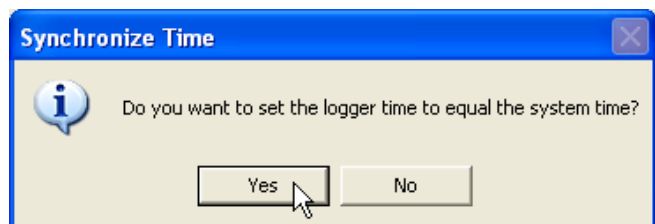
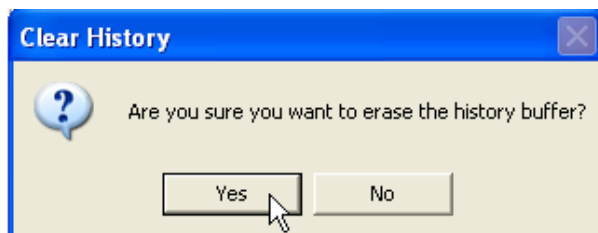
Logging State: This shows whether the WL16 is currently logging or waiting to be started or stopped by the alarm timers. These features are described in detail later.

Sample Continuously: Clicking this check box causes the Global Logger software to take and display a real-time reading once per second until stopped by clicking it again, as well as update the rest of the fields on the screen. These data readings are not stored in the historical record and do not affect the normal recording of the logger. The initial reading has a sensor warm-up time of 50mS and the sensor is left powered up until this feature is turned off.

Get Sample: Clicking this button causes the Global Logger software to take and display a single reading as well as update the rest of the fields on the screen. This data reading is not stored in the historical record and does not affect the normal recording of the logger. The sensor warm-up time is fixed at 50mS.

Get History: This button starts the download of all the historical data stored in the logger memory. Oldest data is collected first and Clicking "Stop" halts the process. This function is described in detail later.

Clear History: This resets the number of recordings in memory to zero. The user is warned first and must confirm the action before the memory is cleared.



Sync Time: This button causes the data logger's internal clock to be set to the system time of the computer it is connected to. The user is warned first and must confirm the action before the time is set.

Setup: Clicking this button enters the setup screen where the user can change and program all parameters into the data logger. This function is described in detail later.



Global Water

800-876-1172 • globalw.com

Bar Graphs: The bar graphs show a visual representation of the most recent data reading taken by using the Sample Continuously or Get Sample functions. The upper and lower limits of the display are defined by the user as discussed in detail later.

Numerical Reading: The numerical reading at the bottom of the bar graph shows the actual data reading and is updated at the same time as the bar graph. Successive numerical readings taken by using Sample Continuously or Get Sample are shown in a list below the bar, up to 5.

Alarm 1: This field shows the time that the logger is set to start logging. The start alarm is a 24-hour timer which will initiate logging, when enabled, at the next occurrence of that time.

Alarm 2: This field shows the time that the logger is set to stop logging. The stop alarm is a 24-hour timer which will halt logging, when enabled, at the next occurrence of that time after the logger has started recording. If the Alarm 1 timer is set to initiate logging, the Alarm 2 timer will halt logging at the next occurrence of the Alarm 2 time after the logger has been started by Alarm 1. If the Alarm 1 timer is not enabled, the Alarm 2 timer will halt the logger on the next occurrence of that time.

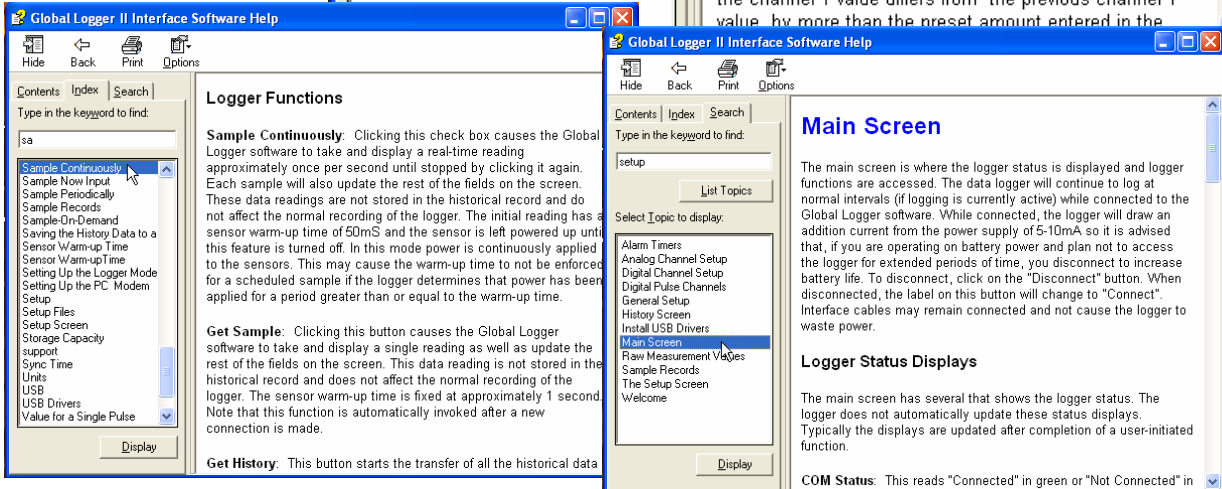
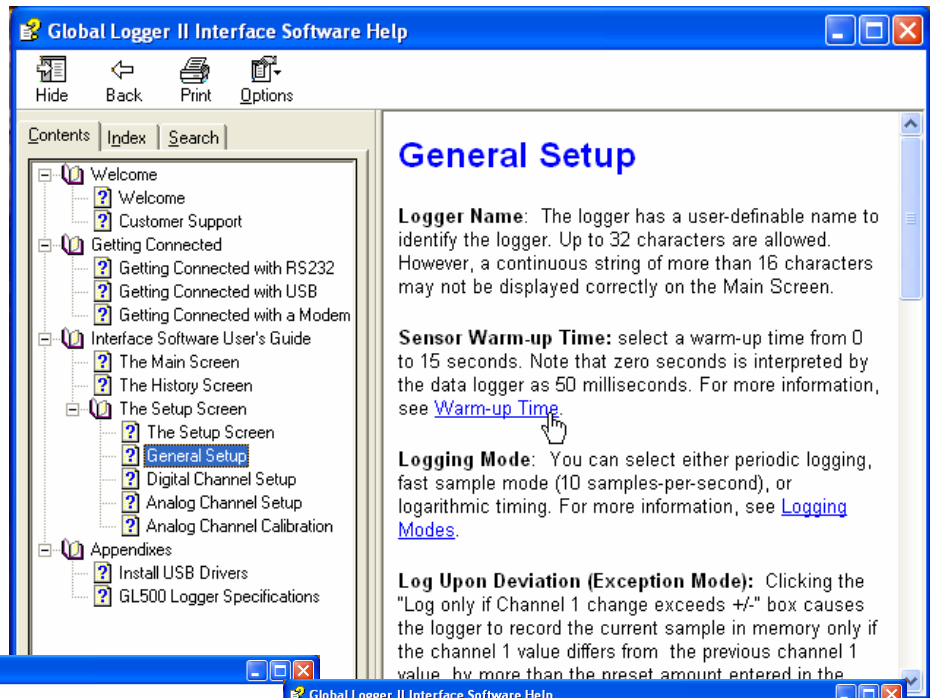
Note: The alarm start and stop cycle is a one time occurrence. Once stopped by the Alarm 2 timer, the logger will not resume logging again until the logger is reprogrammed. Reprogramming the logger with the timers enabled will restart the alarm cycle. Reprogramming the logger with the timers disabled will return the logger to a normal logging state

Use care when programming the alarm times. If left enabled, changing and reprogramming any of the setup parameters will restart the alarm timers and could cause the logger to stop recording.



X. On-Line Help Files:

Clicking on Help displays the on-line help files which contain all of the information contained in this manual. There are 3 ways to access the information. The first tab is **Contents** which accesses the table of contents for the manual. Clicking on any of the topics opens up the body of text on that subject. Within each body of text is a discussion of that subject and links to related topics underlined in blue. Clicking on the link will bring up a new window with specific information on that topic. In this case, Sensor Warm-up time in the General Setup menu.



Click the **Index** tab to find a listing of topics. Type letters into the keyword field and the program automatically sorts the topics alphabetically. To find relevant topics based on a keyword, click the **Search** tab. Type in a keyword and click List Topics. When the desired topic is found, double-click on it or click Display at the bottom of the screen to show information on that subject.



XI. Get History:

Clicking the Get History button begins the downloading of the historical data into an information screen. This screen allows the viewing of the recorded data and also provides a path to export the data to an Excel compatible file (.CSV file). Note that the logger continues to log as data is downloaded. Thus, more data points may be downloaded than originally indicated.

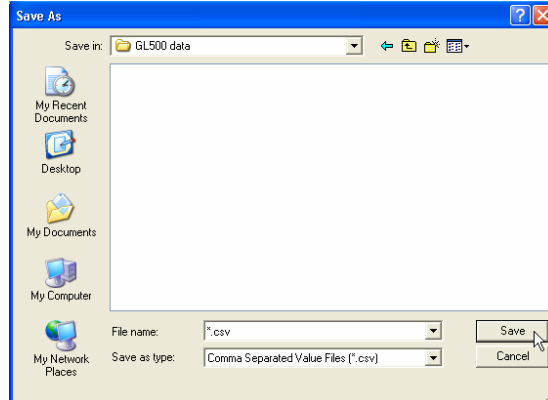
Date / Time	Feet	Temp F	Volts	Pulses
10/4/05 07:50:03	0.715	66.3	18.89	0
10/4/05 08:00:03	0.714	66.3	18.87	0
10/4/05 08:10:03	0.713	66.2	18.85	0
10/4/05 08:20:03	0.713	66.2	18.84	0
10/4/05 08:30:03	0.712	66.2	18.83	0
10/4/05 08:40:03	0.712	66.2	18.81	0
10/4/05 08:50:03	0.711	66.1	18.80	0
10/4/05 09:00:03	0.710	66.1	18.79	0
10/4/05 09:10:03	0.710	66.1	18.78	0
10/4/05 09:20:03	0.710	66.1	18.77	0
10/4/05 09:30:03	0.710	66.1	18.77	0
10/4/05 09:40:03	0.710	66.1	18.77	0
10/4/05 09:50:03	0.710	66.1	18.77	0
10/4/05 10:00:03	0.710	66.1	18.76	0
10/4/05 10:10:03	0.710	66.0	18.76	0
10/4/05 10:20:03	0.710	66.0	18.76	0
10/4/05 10:30:03	0.709	66.0	18.76	0
10/4/05 10:40:03	0.709	66.0	18.75	0
10/4/05 10:50:03	0.709	66.0	18.74	0
10/4/05 11:00:03	0.708	66.0	18.73	0
10/4/05 11:10:03	0.708	66.0	18.72	0
10/4/05 11:20:03	0.708	66.0	18.71	0

At the top of the screen is shown the name assigned to the logger and the number of recordings that have been retrieved. At the bottom of the screen are three buttons, Pack, Save to File and OK.

Pack: The Pack function removes recordings that are identical to the previous ones. All the channels must be the same as the row above for it to be removed. If even a single channel has data that differs from the previous sample, the row will not be removed. This function works best when a single channel is being recorded and allows only the data showing changing conditions to be viewed.

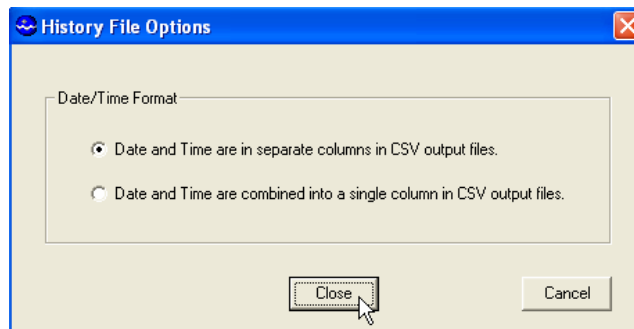


Save to File: Clicking this button allows the data to be exported to an Excel compatible .CSV file. Specify the path and the file name and click the Save button



Options: This opens a menu which Allows you to select if you want the Time and date in the time stamp to Be in one column or two in the saved .CSV file. Click Close to return.

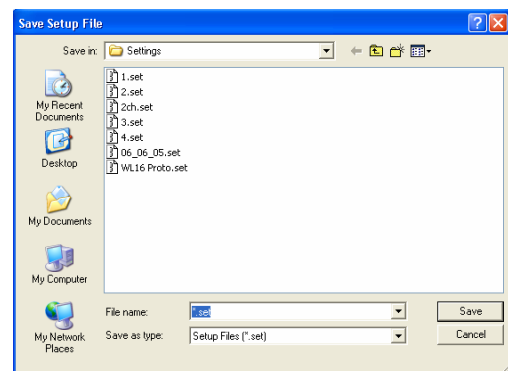
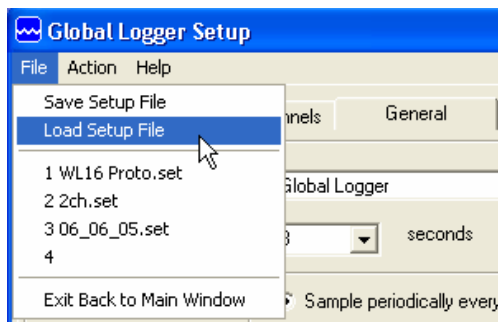
OK: Clicking the OK button returns you to the main screen.



XII. Setup Menus:

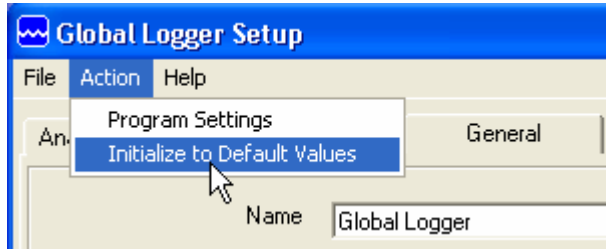
Clicking the Setup button enters the setup menu which is composed of three sections, Analog, Digital and General. The first screen to appear is General Setup. At the top of the setup screen is a toolbar with three options, File, Action and Help.

File: The File option allows you to exit the setup screen but most importantly, it allows all of the configuration information for the logger to be saved to a file or restored from a file. Select "Load Setup File" to restore a configuration from a file that has been previously saved or "Save Setup File" to save the current setup and calibration information. The last 4 files are shown for convenience. Setup files have a .SET extension. *It is advised that after you calibrate and configure the logger, you save the configuration to a file as a backup precaution before exiting the setup menu.*





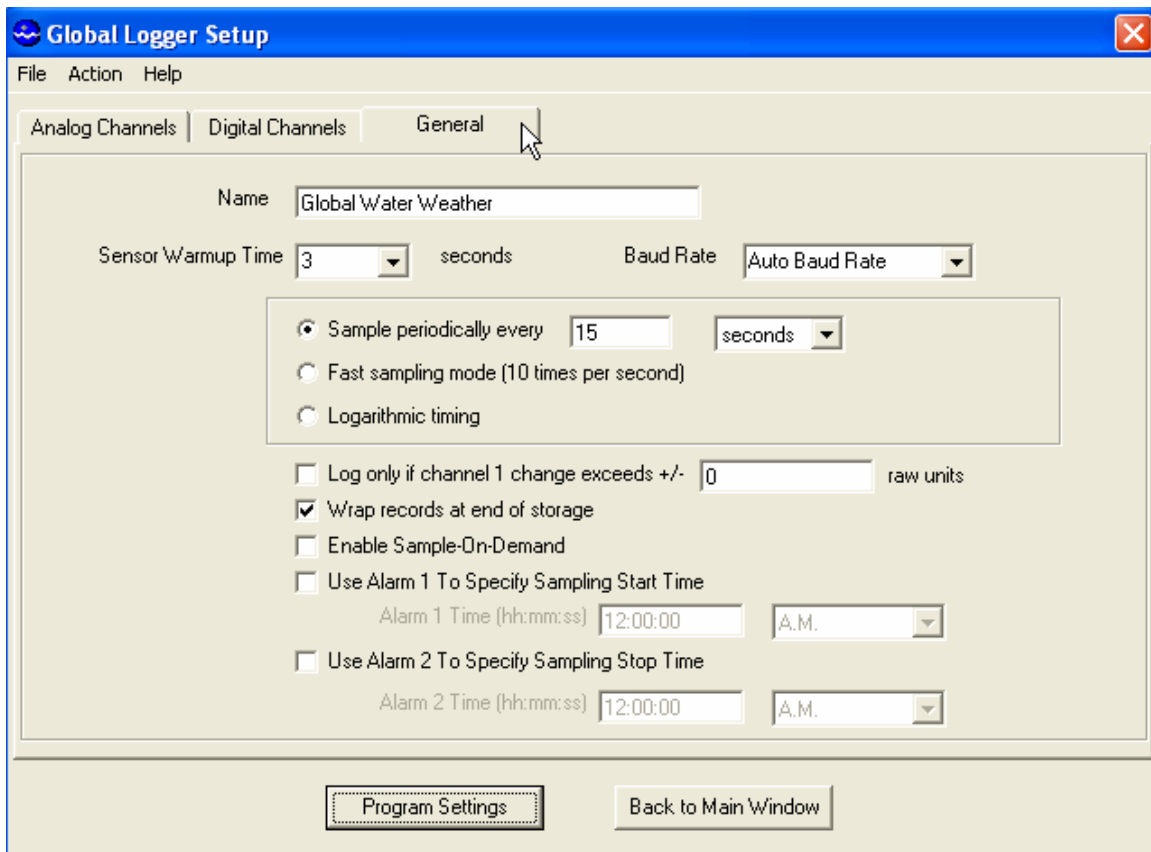
Action: The Action menu has two options, “Program Settings” and “Initialize to Default Values”. Program settings will reprogram the data logger with all the setup and calibration information and works the same as the Program Settings Button at the bottom of the screen. Initialize will restore all of the analog, digital and general setup information fields to default values. Only the setup menus are changed, the data logger must still be programmed with the new default values. A warning message will appear before this action is taken.



Help: The Help menu provides access to the on-line help files and Global Water contact information as described previously.

XIII. General Setup:

In the General Setup menu, the logger name, sensor warm-up time, logging mode, logging interval and alarm times are entered.



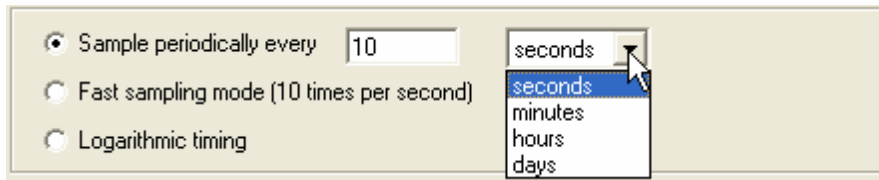
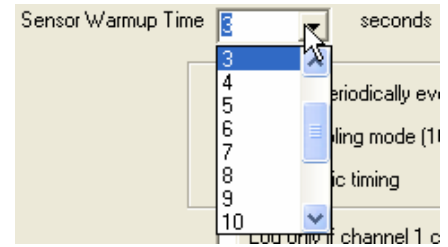


Global Water

800-876-1172 • globalw.com

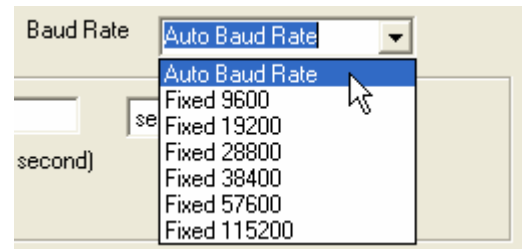
Name: The logger is a user definable name to identify the logger. Up to 32 characters are allowed however, a continuous string of characters of more than 16 with no spaces may not be displayed correctly. Click on the field to enter information.

Sensor Warm-up Time: To conserve battery life, the sensors do not normally have power applied to them. Before taking a reading, the logger powers up the sensors for the sensor warm-up time, and then removes power from them again. The allowable times are zero (50mS) to 60 seconds. Click on the field to enter or select the time in seconds from the pull-down menu.



Baud Rate: Leave this set to Auto Baud Rate.

Only change this to a fixed baud rate if planning to use this logger in a telemetry application, such as using Global Water’s Global Access radio modem software. Once programmed in a fixed rate mode, you must set the baud rate in the opening connection menu of the Global Logger II software to this speed, or the logger will not communicate.



Sample Periodically: Sampling at regular intervals is the most common recording mode. Click the Sample Periodically option, select the units from the pull-down menu and click the numerical field to enter the number of those units up to 65,535.

Fast Sampling Mode: In Fast mode, the sample rate is fixed at 10 times per second. The time stamp will not read fractions of a second so there will be 10 samples per time stamp. Click the Fast mode option to select this feature.



Global Water

800-876-1172 • globalw.com

Logarithmic Timing: Typically used in groundwater pump studies, this mode speeds up the sample rate over time. Click the “Logarithmic” option to select this mode. This a logarithmic approximation that steps up the sample rate:

- a. 10 times per second for 20 seconds, 200 samples
- b. 1 second interval for 100 seconds, 100 samples
- c. 10 second interval for 10 minutes, 60 samples
- d. 1 minute interval for 60 minutes, 60 samples
- e. 10 minute interval for 10 hours, 60 samples
- f. 1 hour interval for 48 hours, 48 samples
- g. 1 day interval until memory s full

Log only if channel 1 change exceeds +/- raw units
 Wrap records at end of storage

Log Upon Deviation: Clicking the “Log only if Channel 1 change exceeds +/-” box causes the logger to record the current reading in memory only if it exceeds the previously reading by the preset amount entered in the numeric field. This logging exception applies to channel 1 only and the deviation is measured in Raw Data units where the approximate raw data range is from 0-65535, corresponding to 0-20mA.

To find the actual number of raw data units per engineering unit, use the calibration numbers in the Analog Setup screen for channel 1 as follows: Raw Data Units per Engineering Unit = (High Raw – Low Raw) / (High EU – Low EU). For example: Assume a 15 foot water level sensor has a High EU of 15, a Low EU of zero, a High Raw of 62256 and a Low Raw of 13104. $(62256-13104) / (15-0) = 3277$ units/foot. Thus, if you want to log only when a reading exceeds the previous on by 0.5 feet, set the deviation to about 1638. Click the numeric field to enter the desired range.

Enable Sample-On-Demand
 Use Alarm 1 To Specify Sampling Start Time

Wrap records: If the “Wrap records at End of Storage” box is checked, once the memory is full, the oldest data points will be replaced with the newest. Thus, the memory block represents only the newest. If this feature is not checked, the logger will halt recording once the memory is full.

Sample-On-Demand: This feature is not supported by the WL16 data loggers.



Global Water

800-876-1172 • globalw.com

Alarm Times: Check the box associated with each alarm to enable that feature and enter the desired start or stop time. The logger will start at the next occurrence of the Alarm 1 time and stop at the next occurrence of the Alarm 2 time after the Alarm 1 timer has expired. Either or both alarms can be enabled

<input checked="" type="checkbox"/>	Use Alarm 1 To Specify Sampling Start Time
	Alarm 1 Time (hh:mm:ss) <input type="text" value="11:00:00"/> <input type="text" value="A.M."/>
<input checked="" type="checkbox"/>	Use Alarm 2 To Specify Sampling Stop Time
	Alarm 2 Time (hh:mm:ss) <input type="text" value="10:00:00"/> <input type="text" value="A.M."/>

Note: Use care when programming the alarm times. If left enabled, changing and reprogramming any of the setup parameters will restart the alarm timers and could cause the logger to stop recording and the loss of important data.

XIV. Analog Setup:

The Analog Setup screen sets the engineering units and calibration numbers for each of the analog channels, the endpoints of the bar graphs in the main screen and which of the analog channels are enabled. These channels are calibrated in the same way so a single channel will be discussed. *It is important to note here that the information stored in the data logger's memory is just the sensors output level before it is adjusted by the following calibration parameters. These parameters are used to adjust the stored data for display and storage purposes only, at the time the data is downloaded. If they are changed, the same stored data can be downloaded again and the data will be scaled differently according to the new settings.*

	1	2	3	4	5	6	7	8
Enable	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>					
Units	Feet	Temp F	Volts					
High EU	8	95	24					
Low EU	0	32	0					
High Raw	33216	54880	62384					
Low Raw	13104	37680	0					
Disp High	15	122	24					
Disp Low	0	-58	0					
Decimal Places	2	2	2					
	Calibrate	Calibrate	Calibrate					

Buttons: Program Settings, Back to Main Window



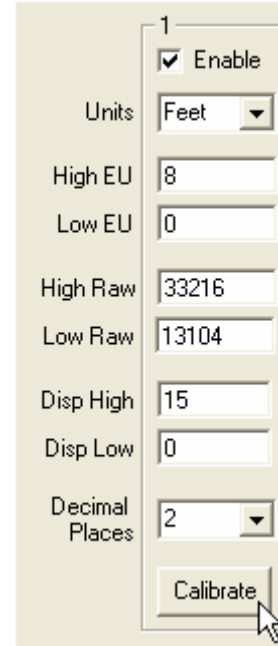
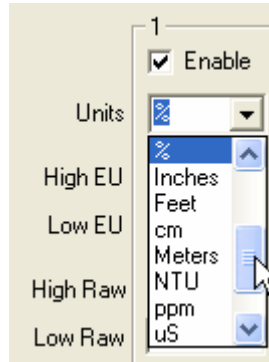
Global Water

800-876-1172 • globalw.com

The calibration of channel one to a water level sensor is discussed in the following example where it is not possible to calibrate the sensor over its full range. The water level sensor shown is designed to measure over the range of 0-15 feet but a water column of 15 feet may not be available. The sensors can be calibrated over any range such as 0 to 8 feet, even when it is desirable to measure beyond these limits.

Enable: If the "Enable" box at the top of a column is checked, data for that channel will be shown in the historical record and be available for export to Excel. The data for all the analog channels is always being recorded whether the channel is enabled or not.

Units: This field shows the units that will appear at the top of the data column for that channel in the historical record as well as the display of data in the main screen. Click on the field to enter the unit or select from a predefined list.



High EU: The High EU field is the engineering unit where the highest output from the sensor is achieved during the calibration process, in this case a water level of 8 feet.

Low EU: The Low EU field is the engineering unit where the lowest output from the sensor is achieved during the calibration process, in this case a water level of zero.

High Raw: This is the raw data value as measured by the WL16 Data Logger that corresponds to the High EU value and is automatically set by the calibration process. In this case, the raw data value returned by the logger at a water level of 8 feet.

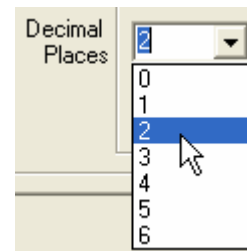
Low Raw: This is the raw data value as measured by the logger that corresponds to the Low EU value and is automatically set by the calibration process. In this case, the raw data value returned by a water level of zero.



Disp High: This field sets the upper limit of the bar graph displayed in the main screen and provides a way of scaling the graph beyond the upper limit used to calibrate the logger. In this example, the upper calibration point was a water level of 8 feet but the maximum range of the sensor is 16 feet.

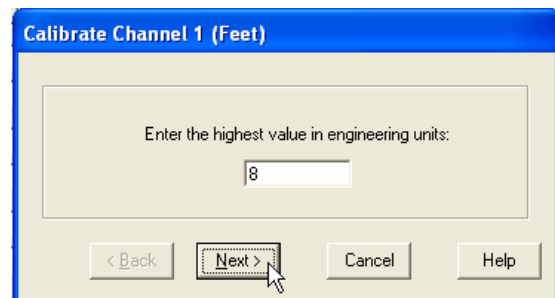
Disp Low: This field sets the lower limit of the bar graph displayed in the main screen and provides a way of scaling the graph beyond the lower limit used to calibrate the logger. In this example, the lower calibration point was a water level of zero.

Decimal Places: From the pull-down menu, select the number of decimal places to the right of the decimal point that should appear in the historical data and in the numerical data field at the bottom of the bar graph.



Calibrate: The "Calibrate" button provides a simple 4-step process for calibrating the WL16 Data Logger to a particular sensor. Click the Calibrate button and follow the menu instructions.

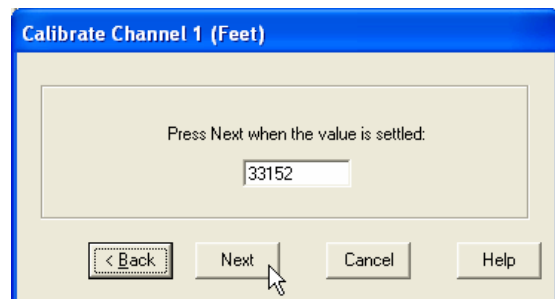
Click on the High EU field and enter the high engineering unit that will be used to calibrate the logger, *not the highest reading the sensor can output*. In this example of water level, a depth of 8 feet used to calibrate the logger, even though the sensor can measure up to 15 feet.



Click Next.

Place the sensor in the condition that will cause it to output the level corresponding to the high EU entered in the previous menu. Wait for the data reading to stabilize.

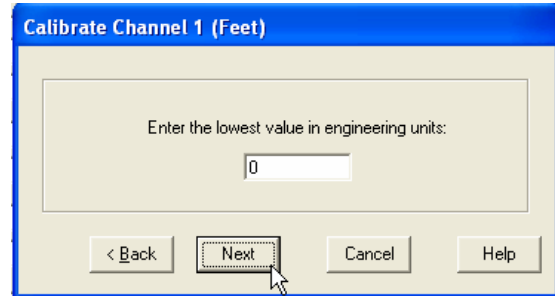
Click Next.





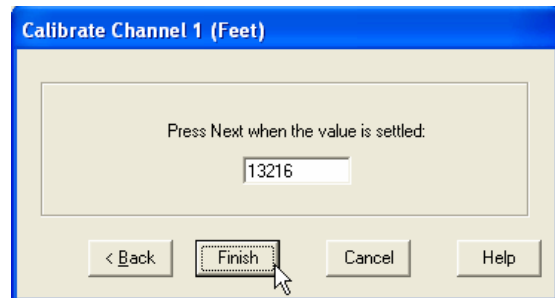
Click on the Low EU field and enter the low engineering unit that will be used to calibrate the logger, *not necessarily the lowest reading the sensor can output*. In this example, the value is zero feet, which is the lowest calibration point and water level.

Click Next.



Place the sensor in the condition that will cause it to output the level corresponding to the low EU entered in the previous menu. Wait for the data reading to stabilize.

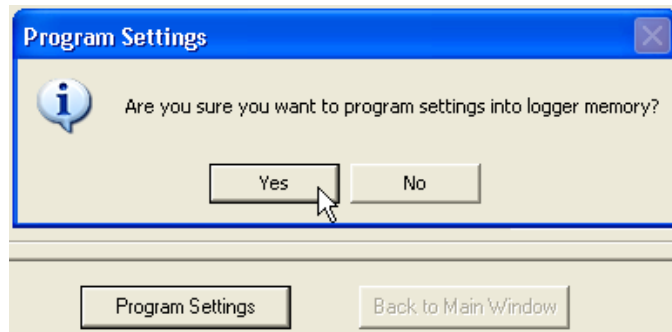
Click Next to complete the calibration.



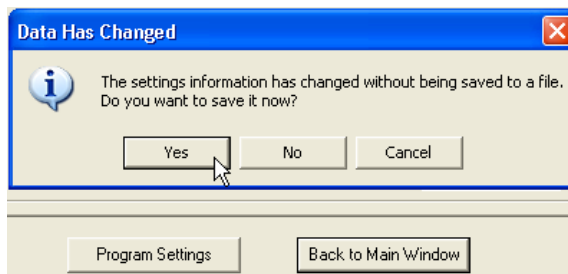


XV. Programming

Program Settings: The Program Settings button at the bottom of the setup menus will cause all the setup and calibration information to be programmed into the data logger. A warning will appear requiring the use to confirm the action. Click Yes to program the logger and No to cancel the operation.

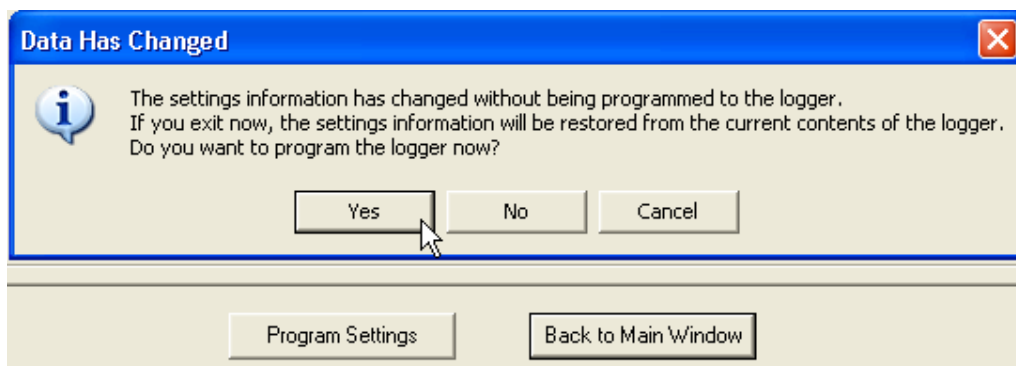


Back to Main Window: The Back to Main Menu button exits back to the main screen. If no settings have changed, Exit will occur immediately. If settings have changed but not saved yet, a message will appear that asks the user if they would like to save them now. If the



settings have changed but not yet programmed into the logger, another message will be shown asking if the logger should be reprogrammed.

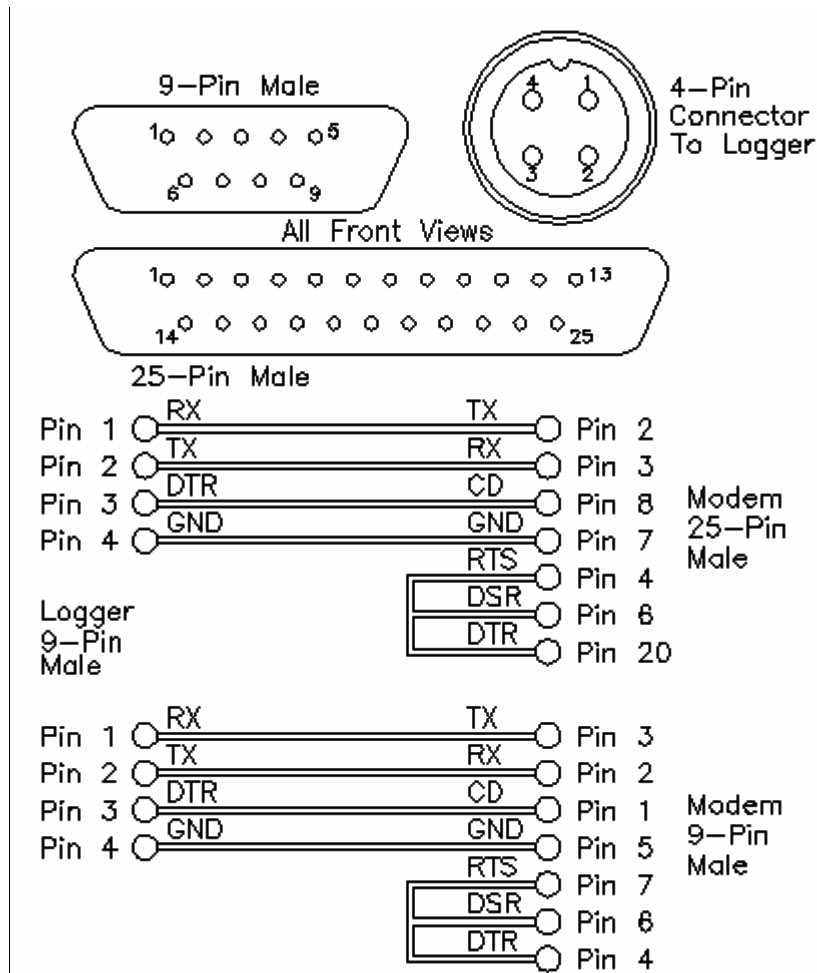
These layers of protection are designed to prevent the user from unintentionally changing settings or forgetting to save the configuration file. Should the settings accidentally be changed, a saved configuration file can be loaded and used to restore the original settings.





XVI. Modem Cable Diagram (WL16S Only):

The following wiring diagram is used to make a cable to connect the WL16S Data Logger to an external modem. A pre-wired cable is available from Global Water.





XVII. Adjusting the Zero Reference Level:

The sensor on the WL16 level logger measures the depth of water from the end of the sensor to the surface. However, it is sometimes desirable to know the water depth from a reference level other than the surface. For example: In a ground water well, you may want to know the distance from the surface of the water to ground level, not to the sensor.

The WL16 comes factory calibrated to measure depth from sensor to surface. Setting the reference level to something other than the water surface is easily accomplished by manually changing the Low EU and High EU numbers in the Analog Setup menu. If done correctly, this does not change the calibration of the sensor but rather, just changes the scale of the data to read in any desired range. ***Just one rule must be followed: The difference between the High EU and Low EU numbers must be equal to the depth at which the sensor was calibrated.***

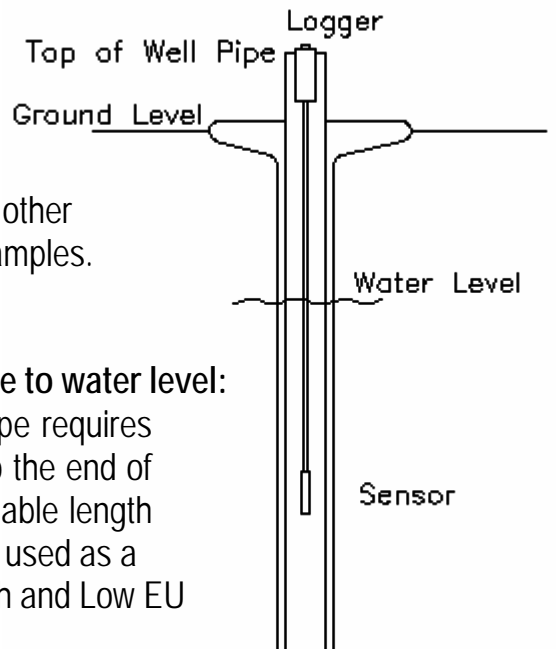
For example: If you have a sensor with a range of 0-30 feet, the logger has been factory calibrated at a range of 30 feet. The High and Low EU numbers can be changed to read any range without changing the accuracy, as long as the difference between them remains 30 feet. If you need to recalibrate the WL16 but do not have a 30 foot depth of water available, you can recalibrate at 20 feet (or whatever is available to you) as long as the difference between the High and Low EU numbers is equal to the calibration depth (in this case, 20 feet).

If you wish to record the depth from sensor to water surface, the Low EU number is always zero and the High EU number is always equal to the depth at which the sensor was calibrated. Selecting a reference level other than the water surface is illustrated in the following examples.

Example 1:

Recording the distance from the top of the well pipe to water level:

Changing the zero reference to the top of the well pipe requires that you know the distance from the top of the pipe to the end of the sensor at the time of installation. Note that the cable length provided with the WL16 is not exact and should not be used as a standard without first measuring it. To change the High and Low EU fields, and thus the recorded level, follow these steps:





Global Water

800-876-1172 • globalw.com

- Install the WL16 as it will be in the final installation.
- Place a mark on the cable or logger housing at the point where it meets the top of the well pipe (or other desired reference level).
- Remove the WL16 and measure the distance from the tip of the sensor to the mark made in the previous step.
- Enter this length in the Low EU field in the Setup menu.
- Using the depth used to calibrate the sensor and the Low EU number from the previous step, subtract the larger number from the smaller one.
- Enter this new number in the High EU field.
- Re-program the data logger according to the programming procedure.
- Re-install the WL16 the same as before.

Assume that a sensor with a 30 foot maximum range is installed at a depth of 40 feet from the top of the well pipe and that the Low and High Raw data numbers were set at a 25 foot depth. The sensor is installed, a mark is made on the cable where it meets the top of the well pipe, and then removed. The cable is measured at 40 feet from the mark to the tip of the sensor and 40 is entered in the Low EU field. Since the High Raw data number was set at the calibration depth of 25 feet, 25 is subtracted from 40 and the result of 15 is entered in the High EU field.

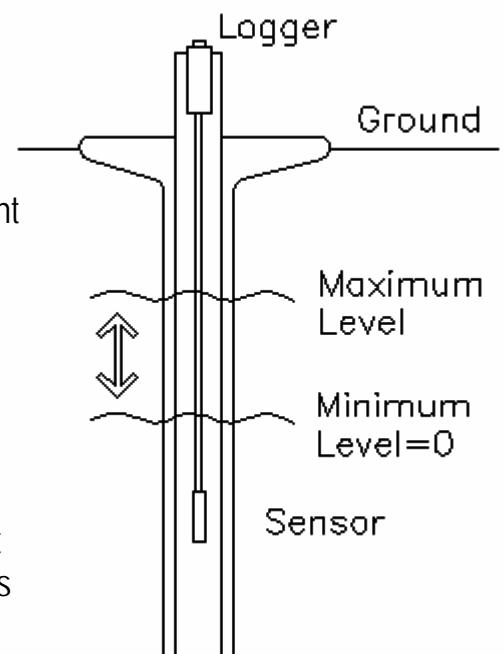
Example 2:

Recording the relative change in water level:

If it is not important to know the exact distance from the water surface to the sensor or ground level, but only how much the level rises and falls over time, you may want to set a zero reference point equal to the minimum water level (or some other reference point).

Note: *The data stored in the logger's memory is not affected by changing the High and Low EU numbers.*

The data can be downloaded and analyzed, then the EU fields can be changed to re-scale the data during the next download process to set any desired reference level. This process can be repeated over and over without changing the logger's memory. This allows you to restore the data to its original calibration.





Assume that you wish to set the zero reference point to the lowest water level in the data record. This will show this low level as zero and all others as a positive level above it.

- Download the historical data and find the lowest water level in the record.
- Enter the setup menu and note the difference between the Low and High EU numbers; this is always the depth at which, the sensor was calibrated.
- Type the lowest water level from the data record into the Low EU field.
- Add this number to the calibration depth and enter it into the High EU field.
- Re-program the data logger according to the programming procedure.

Suppose you want to set the zero reference level to that of a specific event (date/time or a specific event such as a significant rainfall or a well pump turning on). Note that this will set a zero reference. Other levels are relative to this and can include negative numbers.

- Download the historical data and find the water level in the record for the reference date/time (or special event) you are interested in.
- Enter the setup menu and note the difference between the Low and High EU numbers; this is always the depth at which, the sensor was calibrated.
- Type the water level from the data record which corresponds to the specific date/time or event into the Low EU field.
- Add this number to the calibration depth and enter it into the High EU field.
- Re-program the data logger according to the programming procedure.

Suppose you want to set the current water level as the zero reference.

If you want the current level to read zero you must only take a single reading and offset the Low and High EU numbers by that amount. Note that this will set a zero reference and that other levels are relative to this and can include negative numbers.

- Install the WL16 and take a reading.
- Enter this reading into the Low EU field as a negative number. If you measure 8.35 feet, enter -8.35 as the new Low EU.
- Add the calibration depth to this number and enter it in the High EU field.
- Re-program the data logger according to the programming procedure.



XVIII. Maintenance:

- a. Except for battery and desiccant, there are no user-serviceable parts inside the WL16 Data Logger.
- b. Global Water recommends checking the batteries every 6 months.
- c. Clean the sensor screen using clean water and a toothbrush to remove any algae, mud or sludge.

XIX. Troubleshooting:

Issue: Logger is reading incorrectly.

- a. Verify the battery supply has enough voltage. To operate properly, the logger and sensor must have a minimum of 8 volts. If the battery voltage monitor is reading less than 15 volts or seems incorrect, check the batteries with a voltmeter or replace them. Battery voltages of less than 15 volts indicate that the batteries need replacing.
- b. Check the logger and sensor calibration numbers in the Setup Menu. Recalibrate the logger if necessary. As a precaution, save the setup file first as described in section XI. Clean the sensor screen.

Issue: Cannot communicate with the logger.

- a. Verify that good batteries are installed.
- b. Check the communication cable.
- c. If the connection is to the WL16S using the serial cable provided by Global Water, verify that the correct COM port is selected in the connection menu of the Global Logger software.
- d. If the connection is to the WL16U through the USB port, use the Device Manager to confirm that the driver is loaded and the correct virtual COM port is selected in the connection menu of the Global Logger software. Check the Device Manager in your operating system and confirm that the USB COM port is not being used by another device.
- e. Try reducing the baud rate in the connection screen of the Global Logger software.



Global Water
800-876-1172 • globalw.com

XX. Customer Support:

Call Global Water for tech support: 800-876-1172 or 979-690-5560 (many problems can be solved over the phone). Fax: 979-690-0440 or Email: globalw@globalw.com.

When calling for tech support, have the following information ready:

1. Model #.
2. Unit serial number.
3. P.O.# the equipment was purchased on.
4. Our sales number or the invoice number.
5. Repair instructions and/or specific problems relating to the product.

Be prepared to describe the problem you are experiencing including specific details of the application, installation, and any additional pertinent information.

In the event that the equipment needs to be returned to the factory for any reason, please call to obtain an RMA# (Return Material Authorization). Do not return items without an RMA# displayed on the outside of the package. Include a written statement describing the problems.

Send the package with shipping prepaid to our factory address. Insure your shipment; Global Water's warranty does not cover damage incurred during transit.

Annexe 3Q
Buissière, 2007

Colloquium 2004: Hydrogeotechnical properties of hard rock tailings from metal mines and emerging geoenvironmental disposal approaches

Bruno Bussière

Abstract: Tailings are ground rock particles from which the valuable minerals or metals have been extracted. An historical overview on hard rock mines shows that since the 1930s, it has become current practice to pump the tailings into storage areas circumscribed by dykes made of the tailings themselves. However, numerous physical and chemical stability problems were observed mainly owing to the particular hydrogeotechnical and mineralogical properties of the tailings. Therefore, modifications to the conventional methods were proposed, but these were relatively costly, not always efficient, and sometimes difficult to implement. New management methods that improve the physical and (or) chemical stability have hence been developed to reduce environmental risks associated with tailings storage, namely, densified tailings, environmental desulphurization, covers built with tailings, and co-disposal of tailings and waste rock. Even if many aspects need to be optimized, these approaches can be considered today as interesting alternatives to conventional tailings management approaches.

Key words: tailings, acid mine drainage, mining dams, geotechnical stability, geochemical stability.

Résumé : Les rejets de concentrateur sont des particules de roche broyée finement dont les valeurs commerciales ont été extraites. La revue historique sur les mines en roches dures montre qu'il est devenu pratique courante, depuis les années 30, de pomper les rejets à l'intérieur d'aires d'entreposage circonscrites par des digues constituées des rejets miniers eux-mêmes. Cependant, de nombreux problèmes de stabilité physique et chimique ont été observés, principalement en raison des propriétés hydro-géotechniques et minéralogiques particulières des rejets de concentrateur. C'est pourquoi des modifications aux méthodes conventionnelles ont par la suite été proposées, mais celles-ci sont relativement coûteuses, pas toujours efficaces et parfois difficiles à mettre en place. De nouvelles méthodes de gestion qui améliorent la stabilité physique et (ou) chimique des rejets de concentrateur ont donc été développées pour réduire les risques environnementaux associés à l'entreposage des rejets de concentrateur, notamment la densification des rejets, la désulfuration environnementales, l'utilisation des rejets de concentrateur dans les recouvrements et la co-disposition avec les stériles miniers. Même si plusieurs aspects restent à être optimisés, elles peuvent être considérées dès maintenant comme des alternatives intéressantes aux méthodes de gestion conventionnelles des rejets de concentrateur.

Mots-clés : rejets de concentrateur, drainage minier acide, digues minières, stabilité géotechnique, stabilité géochimique.

Introduction

A mine is by definition an excavation in the earth from which ores and minerals are extracted. To be profitable, the ore must contain a sufficient amount (a combination of volume and grade) of valuable commodities (e.g., precious metals and (or) base metals as in the case here). Once an orebody has been identified, evaluated, and is considered profitable, engineers and geoscientists must identify the best approach to extract the ore from the earth. This can be done from an open pit mine, an underground mine, heap leaching, or in situ extraction. Separating the valuable component from the gangue is the next step. For hard rock mines, which the present paper focuses on, this is usually done by crushing and grinding the ore to liberate the selected minerals or metals and then by separating them gravimetrically or chemically (e.g., flotation process, or hydrometallurgical process;

Wills 1997). Usually, the ore is ground to a grain size typical of a silty material, with most of the particles between 2 and 80 μm . At the end of the mineral separation process, two products are generated: the valuable component (i.e., precious metals or a concentrate of base metal(s)) and the mineral separation process residue (tailings) that does not contain economical values of the targeted elements.

The present paper aims to summarize some of the main results of research efforts on hard rock mine tailings (lead-zinc, copper, gold-silver, molybdenum, nickel from sulphide deposits, and uranium from Ontario), which can be considered to be one of the most difficult mine wastes to manage (Vick 1990), and to present emerging geoenvironmental approaches proposed to improve tailings disposal. To introduce the subject, a historical view and background on current hard rock mine tailings management practices, with their

Received 6 February 2006. Accepted 23 March 2007. Published on the NRC Research Press Web site at cgj.nrc.ca on 17 October 2007.

B. Bussière. Department of Applied Sciences, Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue, 445 University Blvd., Rouyn-Noranda, QC J9X 5E4, Canada (e-mail: bruno.bussiere@uqat.ca).

main environmental challenges, are first presented. A description of the main hydrogeotechnical properties of hard rock mine tailings then follows; these properties are responsible, at least in part, for the main environmental problems associated with tailings disposal facilities. Finally, new and modified tailings management approaches that were recently proposed to reduce environmental impacts of tailings from hard rock metal mines are described with their main advantages and disadvantages.

A brief historical perspective

Tailings disposal development

An important volume of tailings must be managed by most mines since the metal volume is low compared to the extracted volume of ore, particularly for large lower grade deposits. In the early days of mining, tailings were typically transported hydraulically and deposited into the closest topographical depression such as natural valleys, swamps, rivers, or lakes, usually near the ore mill (sometimes called the concentrator). However, as early as the 1920s and 1930s, some mining operators started to build dams to contain the tailings inside a defined area (Dobry and Alvarez 1967; Volpe 1979). This change of practice was mainly driven by local concerns about sediments in downstream watercourses, death of fish near mining sites, water use, and other related issues. Also, for some mines, the tailings impoundment served a dual purpose of containing the tailings and allowing the reuse of water at the ore concentrator (e.g., Vincent 1973). For these pioneering operations, the dykes used to create the tailings impoundment were made of the tailings themselves and were built by experienced people who were taught empirically how to construct dykes without necessarily taking into account state-of-the-art geotechnical considerations, which at the time were relatively poorly developed. Stage construction was usually adopted, with the height of the structure maintained at a minimum clearance above the required storage level, which minimized initial capital costs and spread the construction costs over many years. There was essentially no quality control on material properties or placement method. Mine operators usually assumed that natural segregation of tailings particles by hydraulic deposition was sufficient to produce an adequate construction material, with the coarse fraction located near the discharge point for the next upward dyke section. At the time, physical stability of the tailings dykes was not a critical aspect of the mine operation, as mentioned by Smith (1973):

According to mining folklore, no tailings dam has ever been completely without at least one failure occurring during deposition of the particles. Although the term failure is rarely defined in these stories, it can be assumed to include everything from a slight nonconformity with the design to complete collapse.

However, it is difficult to define the nature and locations of most tailings dyke failures because it was not a common practice to keep information about tailings disposal or to record repairs and maintenance.

Few public technical documents on tailings geotechnical characteristics and failures of tailings deposits were produced prior the 1960s. With the emergence of big mines and larger tailings impoundments, which implied larger dykes, and also

because of a few significant failures such as the El Cobre tailings dyke failure in Chile (Dobry and Alvarez 1967), the mining and geotechnical community started to look closer at these infrastructures. Technical reports on how to design tailings dams were produced in USA (Kealy and Soderberg 1969) and in Canada (Department of Energy, Mines, and Resources 1972). Specialized conferences on the topic of tailings disposal were held (e.g., Symposium on Stability for Open Pit Mining held in Vancouver in 1970 and 1971; Congress on Large Dams since 1970; the Tailings Disposal Today Conferences in 1973 and 1978). These conferences focussed mainly on tailings dyke construction approaches (e.g., Blinde and Brauns 1970; Casagrande and MacIver 1970; Klohn 1971; Brawner and Campbell 1973; Dopson and McGregor 1973; Girucky 1973; Klohn and Maartman 1973) and on tailings hydrogeological and geotechnical properties (Girucky 1973; Guerra 1973; Swaisgood and Toland 1973; Abadjiev 1976). Papers in refereed journals on these subjects also became more frequent during this period (e.g., Blight 1969; Smith 1969; Kealy and Williams 1971; Pettibone and Kealy 1971; Webb and Smith 1971; Klohn 1972; Mittal and Morgenstern 1975, 1976), which have formed the basis for the "modern" geotechnical analysis and design of tailings impoundments (Vick 1990).

Water pollution from tailings

It is also well known that a mine can significantly affect the quality of surrounding groundwater and surface water. In the first written text on mine water quality, Georgius Agricola (1556; translated by Hoover and Hoover in 1912) mentioned:

Further, when the ores are washed, the water which has been used poisons the brooks and streams, and either destroys the fish or drives them away.

This is probably the first recorded reference to mine environmental impacts and to the acid mine drainage (AMD) phenomenon, which is a common problem for many metal, uranium, and coal mines.

Specific research on AMD began in the 1920s and consisted mainly of documenting the effect and extent of the problem in the coal mining areas of Appalachia (see Paine 1987 for an overview of early AMD research). As coal surface mining in Appalachia flourished from World War II into the 1950s and 1960s, AMD impacts on surface water and groundwater increased, and US agencies and universities in the Appalachian states became the most active participants in acid mine drainage research.

Research on pyrite oxidation associated with AMD was first undertaken as early as the late 1920s, which paved the way for many later investigations (e.g., Colmer and Hinckle 1947; Garrels and Thompson 1960; Singer and Stumm 1970). At the same time, researchers developed tests to predict the acid generation potential of tailings. One of the earliest studies in the field of coal mine drainage quality prediction was conducted by Braley (1949, 1960). Following this, a long line of research reports involving kinetic test developments and refinements was produced. From these, the work of Caruccio and Parizek (1968) is particularly important since it leads to what is known today as the humidity cell test (see ASTM standard D5744-96). In the 1970s, other

researchers developed a more qualitative test, which today is called the static test, which allows a rapid estimation of tailings acid generating potential (e.g., West Virginia University 1971; Sobek et al. 1978). The test basically evaluates the total acid generating potential (AP) based on the sulphur content and the total neutralizing potential (NP), which is evaluated by chemical titration. The acid generating potential is then subtracted from the total neutralizing potential. If the result NNP (= NP – AP) is positive, the site is likely to produce alkaline water; if it is negative, the site is expected to produce acidic water. Different modified versions of this qualitative test have been proposed and are now frequently used by the mining industry as a preliminary characterization tool.

The treatment of AMD from coal mines to reduce environmental impact was also studied by different authors in the 1960s and 1970s. Key documents were produced by Kostenbader and Haines (1970) and Lovell (1973). These authors proposed treating AMD using High Density Sludge (HDS), which is produced by adding lime to a recycled fraction of the sludge; this method is now the most common approach used by the mining industry (e.g., Aubertin et al. 2002a).

In Canada, as in many other countries, the problem of AMD was mainly, and still currently, linked to hard rock mines. Initially, this environmental problem in hard rock mines was not considered as important as in US coal mines, which may explain the relatively small volume of research on the subject before the 1970s. Water contamination by cyanide compounds was considered the main water quality problem at the time (Vincent 1973). However, in the early 1970s, a few publications rang the alarm by identifying serious environmental problems related to AMD for many Canadian mines (e.g., Hawley and Shikaze 1971; Rivett and Oko 1971; Hawley 1972). At that time, reclamation of tailings impoundments for coal mine land (e.g., Bramble and Ashley 1955) was done mainly by stabilizing the surface with vegetation (e.g., Leroy 1973; Ludeke 1973). It was thought that the placement of a vegetative cover would alleviate environmental problems even for acid generating tailings (Leroy 1973). To insure the growth of the vegetation, an amendment with alkaline tailings material was a common practice prior to seeding (e.g., Down and Stocks 1977). However, research studies on acid generating tailings impoundments conducted in Canada and elsewhere showed that the vegetation and neutralizing effects of the amendment were temporary and that AMD was only slightly reduced and only for a short period of time (e.g., Moffet et al. 1977; Veldhuizen et al. 1987). Thus, despite the advantages of having a vegetation cover on a tailings impoundment (reduces wind and water erosion, is aesthetically natural, maximizes evapotranspiration, and improves biomass productivity), this technique does not control the acid generation problem. To avoid further environmental impacts of AMD and to comply with the emerging environmental legislation (regulations requiring the treatment of water were already being developed in the 1970s in many US states and Canadian provinces), most Canadian mines began in the mid-70s and in the early 80s to collect and chemically treat their effluents (Bell 1987). Since then, much research has also been devoted to finding solutions to avoid AMD formation at the source (see Robertson 1987, and SRK 1989, for an overview of the different methods available).

Since the 1980s, with new public awareness and concerns about environmental aspects related to industrial activities, much research financed by governments and the mining industry has been devoted to gaining a better understanding of the geotechnical and hydrogeological properties of tailings, developing new tailings management methods that are more environmentally friendly, and improving our comprehension and control of the environmental impact of tailings impoundments. Results of this research are published in technical conferences, scientific reports such as Mine Effluent Neutral Drainage (MEND) reports, and in refereed journals.

Current hard rock tailings management

The previous historical overview of tailings management has shown that the main geoenvironmental problems related to tailings disposal are the physical stability of the impoundments and the geochemical stability of the solid and liquid wastes produced at the mill that can lead to water contamination. In this section, more details on conventional tailings management approaches are presented with the geoenvironmental challenges associated with these methods.

Conventional methods for tailings disposal

Tailings are usually transported as a slurry from the ore concentrator (see Fig. 1) to a dedicated area called a tailings impoundment, which is partly or fully surrounded by dykes that retain both the solid tailings and mill effluent. The location of the impoundment depends on different geological, topographic, geotechnical, hydrogeological, environmental, and operational considerations (e.g., Vick 1990; Aubertin and Chapuis 1991a; Norman and Raforth 1998; Aubertin et al. 2002a). Dykes used to create the storage reservoir can be built from the tailings themselves or from natural materials located near the site; these dykes are called water-retention type dykes.

Although tailings dykes may have common features with water-retention structures, they have some unique characteristics (e.g., Vick 1990). In a tailings impoundment, the material to retain is a pulp, usually at an initial solid content of between 25% and 45% that consolidates with time. Even after consolidation under its own weight, tailings have low shear strength and are still prone to liquefaction. Also, tailings dykes return no profit to the mining company, whereas water-retention dams are constructed for economical purposes. Water-retention type dykes (made of various soils) used to create tailings impoundments are often constructed to their full design height (or to a high percentage of it) prior to the beginning of discharge, but they can also be constructed more progressively to reduce the initial investment (Aubertin and Chapuis 1991a; Aubertin et al. 2002a). Water-retention type dykes differ little in their basic design from conventional water storage structures. They can contain different zones including an impervious zone (impermeable upstream face or core), drainage zone(s), transition-filtering zone(s), and erosion protection zone(s). This type of dam is particularly well suited for tailings impoundments with high water storage requirements, such as those using a water cover to limit the production of acid mine drainage (e.g., Amyot and Vézina 1997; Adu-Wusu et al. 2001; Julien et al. 2004).

Fig. 1. Slurry of tailings discharged in a tailings impoundment.



Tailings can be used to construct dykes when natural materials are not available in sufficient quantity near the site, underwater disposal is not essential to control AMD, and the mine tailings have the necessary physical and chemical properties. Retaining dykes made of tailings differ from water-retention type structures in that, because of material availability, construction of the embankment is generally staged over the life of the impoundment. Three main methods are recognized for raised embankments made of tailings according to the geometry of the staged dykes: upstream, downstream, and centerline. For all methods, tailings are discharged at a solid content usually between 25% to 45% peripherally from the crest or from a single point located upstream in the tailings impoundment. The natural particle segregation creates two broad zones: a beach made of coarser particles near the point of discharge and a decanting zone of finer particles that are transported by water. It is also possible to separate the tailings fraction by the use of a hydrocyclone producing a coarse underflow and a fine overflow fraction. When the beach zone contains enough coarse particles, i.e., sand size and is sufficiently wide, it is possible to use this material for the construction of subsequent dams. For the upstream method, the dykes are built sequentially towards the inside of the tailings impoundment, while the dykes are built towards the outside of the tailings with the downstream method. With the centerline method, it is also possible to maintain an approximately vertical central axis. In some cases, the dyke can include structures such as drains and filter zones, especially for downstream and centerline construction methods. The main construction methods, and their variants, have been described in detail in the literature, with their main advantages and disadvantages, and will not be discussed further in this paper. For more information, the interested reader is referred to the

abundant literature on this topic (e.g., Coates and Yu 1977; Ritcey 1989; Aubertin and Chapuis 1991a; Vick 1990; Norman and Raforth 1998; Aubertin et al. 2002a).

Main geotechnical and geoenvironmental concerns

The safe disposal of tailings is certainly one of the most important environmental challenges for the mining industry. The traditional tailings management approaches were designed to store tailings and did little to reduce environmental impacts. Physical and geochemical stability problems can occur throughout the life of the tailings impoundment.

Physical stability problems

The transportation and disposal method via a slurry condition induces tailings with an initially low in situ density that have a high water content and porosity, and low mechanical strength. The retaining structures need to be designed in such a way that they can withstand solids and pore-water pressures from loose and consolidating materials to insure stability. The analysis is complicated further when extreme events such as floods and earthquakes are considered and when the dykes themselves are built with non-compacted and heterogeneous tailings.

Some recent events have highlighted the importance of dealing properly with the analysis, design, and construction of retaining and confining structures for controlling the disposal of solid and liquid mine wastes on a short- and long-term basis. The data made available by the World Information Service on Energy (WISE) Uranium Project indicates that more than 77 major geotechnical instabilities of tailings dams have occurred since 1960, 24 of them in the USA, 8 in Chile, 6 in the Philippines and Great Britain, with others in Bulgaria, Peru, China, Spain, South Africa, Romania, Canada, Italy, Brazil, and Japan (see www.wise-uranium.org/mdaf.html).

Many of these failure events have resulted in significant damage to the environment, severe economical impacts and, in some cases, loss of human life (e.g., Dobry and Alvarez 1967; Nelson and Kane 1980; Bertie et al. 1988; Shakesby and Whitlow 1991; Vick 1996; Achterberg et al. 1999; Fourie and Papageorgiou 2001; Fourie et al. 2001). The rate of failure of tailings dams is estimated to be ten times that of traditional water retention dams (Davies 2002). From the documented cases, six main causes can be identified (ICOLD 1996a, 1996b): slope and foundation instability, internal erosion (piping), surface erosion, flood water overtopping, seismic damage, and damage to decantation structures. Recent data from the International Commission on Large Dams (ICOLD) (2001) also show that most failure events (56%) and other instability events (26%) occur during the active life of the tailings dykes where slope and foundation instability, seismic damage, and flood water overtopping are the main causes of instability or failures for these sites. The most frequent reasons behind tailings dyke instability of inactive sites were seismic events and inflow of excess flood water causing overtopping. Recent surveys showed that nearly 90% of documented instabilities (failures or accidents) were observed for dams and dykes made of tailings using the upstream construction method (e.g., Strachan 2002).

The mechanisms associated with the physical instabilities mentioned above are well known in the retaining-water infrastructure field. However, particularities of mining dyke construction and the complex tailings hydrogeotechnical behaviour imply that these structures have to be analysed in a unique manner when used for mining purposes. As these differences have not always been properly accounted for, they may explain, at least in part, the higher rate of physical instability of mining dykes.

Geochemical stability problems

Contamination of surface and underground mine waters is also a source of concern, particularly when sulphide minerals such as pyrite, pyrrhotite, and arsenopyrite are present in the mine tailings. Although other sources of contaminants may be found in untreated mining effluents (i.e., cyanides, suspended solids, radioactive elements), sulphide minerals still represent the main source of potential pollution from hard rock mines. Exposure of sulphides to atmospheric oxygen can acidify the water and produce AMD, hence increasing the solubility of various elements contained in the host rock. The rate of oxidation is a function of different factors (e.g., Perkins et al. 1995) including oxygen supply, temperature, pH, bacterial activity, mineral surface area, and crystallography. The chemical composition of mine drainage also depends on the presence of other minerals, such as carbonates and silicate minerals in the rock that can react and neutralize the acid generated (e.g., Kwong 1993; Sherlock et al. 1995; Aubertin et al. 2002a). The sulphide mineral oxidation rate is typically slow at near neutral pH, but it increases rapidly as the pH drops due to the presence of bacteria and soluble ferric iron. The oxidation of the reactive sulphide minerals contained in hard rock mine tailings reduces the pH of the leachate, often to values around 2 (sometimes lower), producing sulphate concentrations up to 100 000 ppm and metal concentrations typically greater than 1 000 ppm (e.g., Ritcey 1989; Aubertin et al. 2002a). The combined effect of acidity

and solubilized elements increases the effluent toxicity, which can affect the stability of adjacent ecosystems. More details on acid generation reactions can be found in the literature (e.g., Kleinmann et al. 1981; SRK 1989; Ritcey 1989; Evangelou 1995; Perkins et al. 1995; Aubertin et al. 2002a).

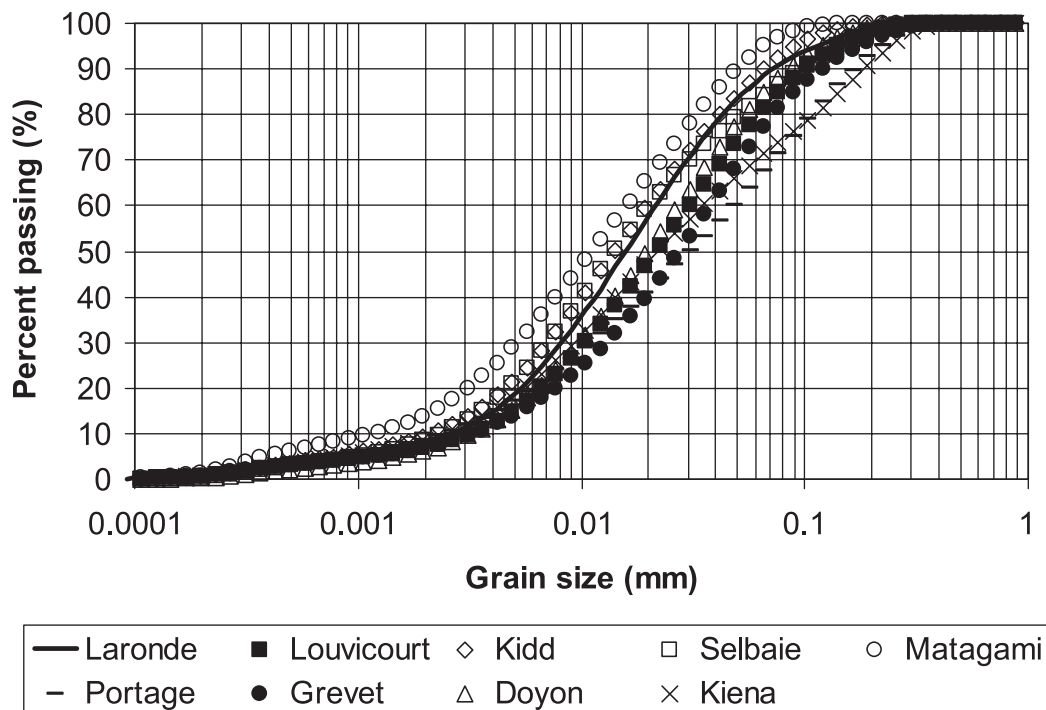
The contamination of surface and underground waters from tailings impoundments can also occur at near-neutral pH. This Contaminated Neutral Drainage (CND) (e.g., Scharer et al. 2000; Martin et al. 2003; Nicholson et al. 2003; Bussière et al. 2005) typically occurs because some sulphide minerals may oxidize without producing acidic conditions while generating metals and other contaminants that can be mobile even in near-neutral conditions. These highly soluble elements include: antimony, arsenic, cadmium, chromium, cobalt, manganese, mercury, molybdenum, nickel, selenium, sulphur, and zinc (Stantec Consulting Ltd. 2004). These elements are of concern because they can be found at concentrations above existing environmental criteria. They can also affect the toxicity of mine effluents depending on their speciation in the water, even when their concentrations are relatively low. Furthermore, they are often difficult to remove from the solute.

To ensure that contamination from mine effluent does not adversely affect the environment, mining operations must use on-site measures to prevent, control or mitigate the problem. Most control methods aim at limiting the availability of one or more of the three main constituents of the sulphide oxidation reactions: oxygen, water, and sulphide minerals. Construction of a low saturated hydraulic conductivity cover made of geomaterials and (or) natural soils to limit water infiltration is one option. The configuration of these covers is similar to designs developed for the isolation of domestic and hazardous wastes (e.g., Aubertin and Chapuis 1991b; Daniel and Koerner 1993; Rowe et al. 2004). In arid climates, covers with capillary barrier effects can also efficiently limit the infiltration of water (e.g., Williams et al. 1997; Zhan et al. 2001; Albright et al. 2004). Another option to limit sulphide oxidation is to create an oxygen barrier. For instance, a water cover is sometimes used to limit the availability of oxygen to reactive materials that are submerged at all time (e.g., Amyot and Vézina 1997; Adu-Wusu et al. 2001; Julien et al. 2004). Covers made of oxygen-consuming materials such as wood waste, straw mulch, or other organic residues (e.g., Tass  et al. 1997; Cabral et al. 2000) are also an option. Another effective way to limit oxygen migration is by the use of a cover with capillary barrier effects to create a low oxygen diffusion layer (e.g., Nicholson et al. 1989; Aubertin et al. 1995; Bussière et al. 2003a). Sometimes, the low flux barrier may also be oxygen-consuming, thus increasing its efficiency (Mbonimpa et al. 2003; Bussière et al. 2004). More details on prevention and control methods for AMD sites can be found in MEND (2001). The cost associated with such methods is usually estimated at 100 to 300 k\$Can/ha (Aubertin et al. 2002a).

Geotechnical properties of hard rock mine tailings

The above mentioned environmental problems of hard rock mine tailings can be related in part to their hydrogeotechnical properties. In the following section, an overview of the main properties reported in the literature is presented.

Fig. 2. Grain-size distribution of nine tailings sampled at the mill from Canadian hard rock mines before deposition in the tailings impoundment.



This overview of typical hydrogeotechnical properties for hard rock mine tailings also allows situating this relatively unknown mining material in the general field of soil geotechnical properties.

Basic characteristics

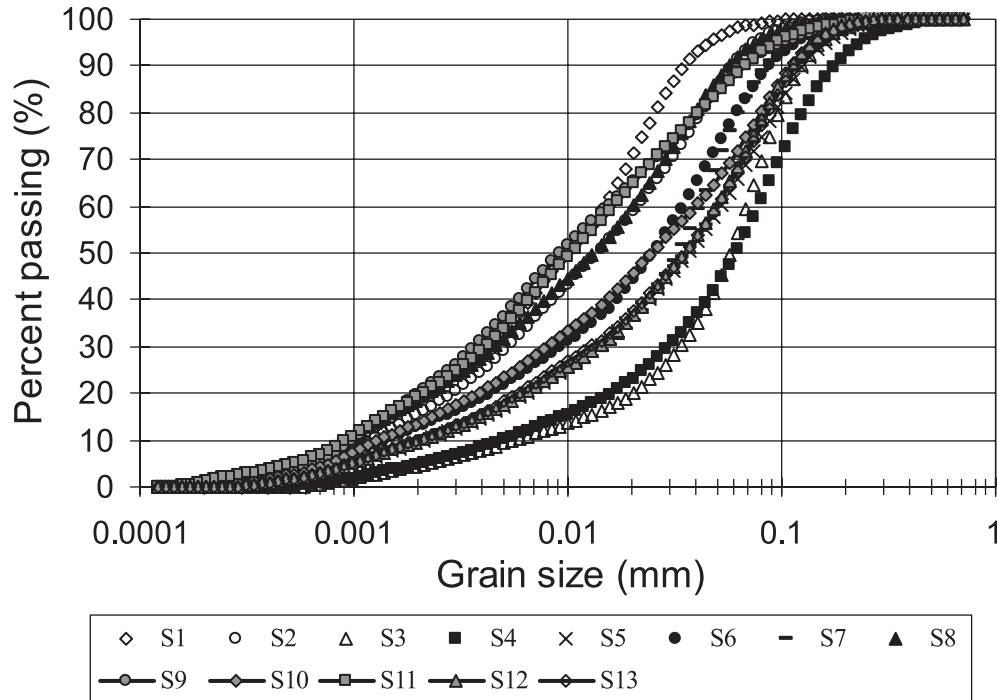
Tailings from hard rock metal mines are generally composed of fine sand- or silt-sized particles. Figure 2 shows the grain size distributions of nine samples of hard rock Canadian tailings. The samples were taken at the ore concentration plant before deposition in the tailings impoundment. For these tailings, the D_{10} varies between 0.001 and 0.004 mm, while the D_{60} varies between 0.01 and 0.05 mm. The corresponding coefficient of uniformity C_U (D_{60}/D_{10}) varies between 8 and 18. The percentages passing through the 0.002 mm (2 μ m) and 0.08 mm (80 μ m) meshes are between 5% and 14%, and 70% and 97%, respectively. The curves shown in Fig. 2 are fairly similar to those found in the literature for hard rock mines before deposition in tailings impoundments (e.g., Vick 1990; Wills 1997; Aubertin et al. 2002a; Benzaazoua et al. 2003). Using the Unified Soil Classification System (USCS; e.g., McCarthy 1998), these tailings are classified before deposition as being sandy silts of low plasticity (ML).

Due to their hydraulic deposition along or near the dyke crest, tailings are usually graded in the impoundment so that coarser and (or) denser materials are concentrated near the point of discharge in the beach zone, while the finer particles, sometimes called slimes, are carried by water towards or into a downgradient pond. This signifies that the tailings properties in an impoundment can vary both vertically (due to displacement of the discharge point) and horizontally (due to segregation). Grain-size distribution curves of thir-

teen tailings samples taken on a hard rock tailings impoundment in Quebec are presented in Fig. 3. These show the spread that can be encountered in a typical hard rock mine tailings impoundment. In this sample case, D_{10} and D_{60} vary between 0.0009 and 0.006 mm, and 0.01 and 0.08 mm, respectively. The coefficient of uniformity C_U varies between 10 and 30. The percentage passing through the 0.002 mm (2 μ m) mesh is between 4% and 20% while the percentage passing through the 0.08 mm (80 μ m) sieve is between 60% and 100%. After deposition in the tailings impoundment, the tailings can be categorized using the USCS classification system as a non-plastic silt (ML), or as a silty sand (SM) for the coarser fraction, depending on the distance from the discharge point. Such grain-size distribution differences between samples taken on the same site are not unusual for hydraulically deposited tailings (e.g., Mittal and Morgenstern 1975, 1976; Vick 1990; Bussière 1993; Aubertin et al. 1996, 2002a). Some researchers have tried to link the distance from the discharge point to the particle size (e.g., Blight and Steffen 1979; Volpe 1979; Matyas et al. 1984; Abadjiev 1985). Their work gave interesting relationships between these two parameters; however, these are very site specific (Vick 1990). The grain-size distribution heterogeneity has an impact on the in situ hydrogeotechnical behaviour of the tailings, which can be strongly dependent on the particle size distribution.

Atterberg limits performed on hard rock mine tailings show only a slight plasticity, with a liquid limit w_L usually below 40 and a plastic limit w_P (when measurable) between 0% and 15% (Mittal and Morgenstern 1976; Mabas et al. 1977; Matyas et al. 1984; L' cuyer et al. 1992; Barbour et al. 1993; Bussière 1993; Ricard 1994; Aubertin et al. 1996, 1999; Qiu and Sego 2001; Wijewickreme et al. 2005).

Fig. 3. Tailings grain-size distribution heterogeneity of in situ samples taken on a Quebec tailings impoundment of a hard rock mine.



Another parameter of interest is the relative density (D_r) of the solid grains, which varies depending on the ore mineralogy. For gold mines where the ore is mostly in quartz veins, D_r is usually between 2.6 and 2.9 (e.g., Vick 1990; Bussière 1993; Aubertin et al. 1996). On the other hand, the D_r value for sulphide tailings can vary from 2.9 to values greater than 4.5 (Mabes et al. 1977; L'Écuyer et al. 1992; Barbour et al. 1993; Bussière 1993; Wijewickreme et al. 2005). The value of D_r is important as it plays a role in the stress state (total and effective), which affects the consolidation behaviour, pore pressure, material porosity, and response to external loadings (static and dynamic).

Few compaction test results can be found in the literature on hard rock mine tailings (Mittal and Morgenstern 1975; Volpe 1979; Chen et al. 1988; Bussière 1993; Golder Associates 1996; Aubertin et al. 1996, 1999) owing mainly to the fact that tailings are rarely compacted when used as construction materials. The optimal water content (w_{opt}) for both types of Proctor tests (i.e., Standard Proctor Compaction Test, ASTM D698 and Modified Proctor Compaction Test, ASTM D1557) is between 10% and 20% with a corresponding dry unit weight γ_d between 14.6 and 20.1 kN/m³ (these values are valid for a D_r between 2.65 and 3.03). Higher γ_d and lower w_{opt} are observed for coarse (SM or SP) tailings compared to fine (ML) tailings.

Consolidation properties

The consolidation behaviour of tailings is important to consider at the design stage of development to evaluate their possible settlement in the impoundment and to better estimate the storage capacity. Consolidation tests have been performed on remolded or undisturbed samples. Table 1 presents typical consolidation parameters for hard rock mine tailings for both remolded and undisturbed samples. These

are represented by the compression index C_c , the recompression index C_{cr} , and the coefficient of consolidation c_v . The table also presents the initial void ratio and the tailings USCS classification. Results show that the C_c values usually vary between 0.05 and 0.3, depending on the type of tailings (USCS classification SM, SP, SW or ML) and the type of sample (undisturbed or remolded). The higher C_c values are usually observed for samples with a higher initial void ratio e_0 . The C_{cr} parameter typically varies between 0.003 and 0.03. Also, the results in Table 1 indicate that the primary consolidation of coarser tailings occurs more rapidly than for fine tailings due to their higher hydraulic conductivity; c_v values usually vary between 10² and 10⁻¹ cm²/s for coarse tailings (classified as SP by the USCS classification) and between 10⁻¹ and 10⁻³ cm²/s for fine (SM and ML) tailings. These consolidation parameters compare fairly well with those obtained on natural soils with similar grain-size distributions (e.g., Holtz and Kovacs 1981).

As a final remark on the consolidation of tailings, it is important to mention that in some tailings impoundment, due to the deposition method, the consolidation cannot be represented by the Terzaghi theory owing to the large displacements that occur in the mass of tailings. For example, soil stiffness and k_{sat} cannot be considered as a constant but as a function of e . In these situations, large strain consolidation theory and even a combination of sedimentation and large strain consolidation theory would be more representative of the real consolidation behaviour of the tailings in the impoundment.

Saturated hydraulic conductivity

One of the most important properties to establish a design basis for tailings impoundments is their saturated hydraulic conductivity k_{sat} , which influences the consolidation behav-

Table 1. Typical consolidation test results for remolded and undisturbed hard rock mine tailings samples.

Initial void ratio, e_0	C_c	C_{cr}	c_v (cm ² /s)	Classification (USCS)	Reference
Remolded samples					
1.06–1.08	0.06–0.13	—	—	SP–SW	Mittal and Morgenstern 1975
0.95	0.13	—	1×10^{-1} – 5×10^{-2}	SM	Mittal and Morgenstern 1976
1.1–1.5	0.1–0.25	—	1×10^{-1} – 1×10^{-3}	ML	
1.22	0.3	0.032	—	ML	Mabes et al. 1977
0.70–0.85	0.06–0.13	—	1×10^2	SP	Nelson et al. 1977
0.75	0.05	—	—	ML	Matyas et al. 1984
1.38–1.5	0.2–0.22	—	—	SP	
—	0.54	0.056	6.2×10^{-3}	ML	Chen et al. 1988
—	0.12	0.011	1.1×10^{-2}	SM	
0.56–0.80	0.05–0.13	0.003–0.01	2.8 – 5×10^{-3}	ML	Aubertin et al. 1996
0.5–1.6	0.056–0.094	—	7.1×10^{-3} – 3.3×10^{-2}	SM	Qiu and Segó 2001
0.5–1.6	0.083–0.156	—	4.3×10^{-3} – 2.6×10^{-2}	ML	
Undisturbed samples					
0.62	0.13	0.02	—	SM	Mabes et al. 1977
0.69	0.08	0.01	—	ML	
0.6–1.6	0.06–0.15	—	1.3×10^{-2} – 6.3×10^{-3}	ML	Blight and Steffen 1979
—	0.28	—	1.5×10^{-1}	ML	Volpe 1979
—	0.09	—	3.7×10^{-1}	SP	
1.25–2.0	0.17–0.47	—	—	ML	Matyas et al. 1984
0.95–1.68	0.08–0.28	0.005–0.07	—	ML	L'Écuyer et al. 1992

four, seepage conditions in the wastes and through the dykes, and migration of water and contaminants in the groundwater. A proper knowledge of k_{sat} is particularly important in the case of acid-generating tailings that contain sulphide minerals. The application of control measures for AMD often requires a relatively precise evaluation of the flow regime in and around the impoundment, which necessitates a good estimate of the k_{sat} value.

Laboratory measurements

Laboratory hydraulic conductivity tests on hard rock tailings have been performed by several researchers on homogenized (remolded) and on undisturbed samples. As shown in Table 2, k_{sat} values for homogenized hard rock tailings are usually between 1×10^{-4} and 1×10^{-6} cm/s for fine-grained tailings (classified as ML) and between 1×10^{-2} and 1×10^{-4} cm/s for coarse-grained tailings (classified as SM, SP, or SW). The range of k_{sat} values for undisturbed fine-grained samples given in the literature is typically between 1×10^{-4} and 1×10^{-7} cm/s; remolded samples are then more permeable than undisturbed ones. The difference between k_{sat} of remolded and undisturbed samples may largely be due to thin layers of fine-grained materials in the undisturbed samples that limit the vertical flow of water. However, these fine particles have less impact when they are mixed through the entire sample by remolding. Some of these studies also showed the influence of void ratio e on k_{sat} (Mittal and Morgenstern 1975, 1976; Nelson et al. 1977; Mabes et al. 1977; Volpe 1979; Matyas et al. 1984; Barbour et al. 1993; Aubertin et al. 1996, 1999; Qiu and Segó 2001); as e decreases, the pore size decreases, which reduces the k_{sat} value. However, the relationship between e and k_{sat} varies depending on the materials and testing procedure.

Predictive equation

Bussière (1993), Aubertin et al. (1996), and Chapuis and Aubertin (2003) showed that standard relationships like Hazen and Kozeny-Carman are not well suited to predict k_{sat} of hard rock mine tailings. Based on more than 40 permeability tests on remolded hard rock tailings samples placed in a rigid wall permeameter (a method similar to the ASTM D5856-95 standard) at a void ratio e between 0.5 and 1, Aubertin et al. (1996) proposed a predictive equation, inspired by the Hazen and Kozeny-Carman equations, which can be written as follows (see Chapuis 2004 for details):

$$[1] \quad k_{sat} = C_H D_{10}^2$$

In this equation, parameter C_H replaces the coefficient with a preset value in the Hazen eq. [15] at 20 °C (Chapuis 2004). This parameter integrates fluid properties, void space, and grain surface characteristics. Its expression can be reduced for hard rock tailings to the following equation:

$$[2] \quad C_H = 1962 \frac{e^{5.16}}{1+e} C_U^{1/3}$$

where the constant 1962 (1/cm·s) corresponds to the ratio between the unit weight of the fluid ($\gamma_w = 9.81$ kN/m³ at 20 °C) and the dynamic viscosity ($\mu_w = 10^{-3}$ Pa·s at 20 °C), multiplied by a material parameter estimated at 0.02 for hard rock tailings (see Aubertin et al. 1996 for details). Equations [1] and [2] can also be viewed as a modified form of the Kozeny-Carman equation, where fluid properties are taken as constant, the pore space influence is expressed through a void ratio function where the exponent 5.16, instead of 3, is introduced to better reflect the influence of path tortuosity, for hard rock tailings, and the speci-

Table 2. Saturated hydraulic conductivity laboratory test results on remolded and undisturbed hard rock mine tailings samples.

k_{sat} (cm/s)	e	Apparatus used	Classification (USCS)	Reference
Remolded samples				
1.3×10^{-4}	0.55	Rigid wall permeameter	ML	Guerra 1973
$1 \times 10^{-2} - 1 \times 10^{-3}$	0.65–1.10	Rigid wall permeameter	SM–ML	Mittal and Morgenstern 1975
$1 \times 10^{-4} - 5 \times 10^{-7}$	0.60–1.25	Odometer	SM–ML	Mittal and Morgenstern 1976
$1 \times 10^{-5} - 1 \times 10^{-6}$	0.45–1.20	Odometer	ML	Mabes et al. 1977
$6 \times 10^{-3} - 2 \times 10^{-4}$	0.50–1.10	Rigid wall permeameter	SP	Nelson et al. 1977
$1 \times 10^{-5} - 7 \times 10^{-7}$	1.20–1.70	Flexible wall permeameter	ML	Matyas et al. 1984
$8 \times 10^{-2} - 5 \times 10^{-3}$	0.70–0.80	—	SP	—
$6 \times 10^{-4} - 4 \times 10^{-6}$	—	—	SM–ML	Chen et al. 1988
$1.5 \times 10^{-5} - 7 \times 10^{-6}$	0.68–1.14	Odometer	ML	Barbour et al. 1993
$1 \times 10^{-4} - 3 \times 10^{-6}$	0.48–0.85	Odometer	ML	Bussière 1993
$5 \times 10^{-4} - 1 \times 10^{-5}$	0.50–1.00	Rigid wall permeameter	ML	Aubertin et al. 1996
5×10^{-4}	0.87	Rigid wall permeameter	SM	Bussière et al. 1998
3×10^{-5}	0.80	—	ML	—
$4.5 \times 10^{-5} - 9.8 \times 10^{-5}$	0.50–1.60	Odometer	SM	Qiu and Segó 2001
$2.7 \times 10^{-5} - 6.7 \times 10^{-5}$	0.50–1.60	—	ML	—
1.2×10^{-5}	0.72	Flexible wall permeameter	ML	Martin et al. 2005
Undisturbed samples				
$3 \times 10^{-4} - 4 \times 10^{-4}$	0.48–0.62	Odometer	SM	Mabes et al. 1977
$3 \times 10^{-5} - 3 \times 10^{-7}$	0.55–1.05	—	ML	—
$1.6 \times 10^{-5} - 9.5 \times 10^{-7}$	—	Flexible wall permeameter	ML	Blight and Steffen 1979
$3 \times 10^{-5} - 1 \times 10^{-6}$	1.00–1.40	Flexible wall permeameter	ML	Matyas et al. 1984
$1 \times 10^{-3} - 7 \times 10^{-7}$	0.70–1.65	Odometer	ML	L'Écuyer et al. 1992
$6 \times 10^{-5} - 6 \times 10^{-6}$	—	Flexible wall permeameter	ML	Al and Blowes 2000
4×10^{-4}	0.61	Flexible wall permeameter	SM	—
$4 \times 10^{-5} - 3 \times 10^{-6}$	0.59–0.89	—	ML	Brisson et al. 2002

fic surface effect is expressed using grain-size parameters (D_{10} and C_U).

A comparison between laboratory measured and calculated k_{sat} values are presented in Fig. 4, which shows that the 61 measurements of k_{sat} on hard rock mine tailings are in relatively good agreement, considering the numerous factors that affect k_{sat} measurements, with the predicted values given by eq. [1]. In this case, about 80% of the measurements for coarse and fine tailings were predicted within half an order of magnitude of precision. This equation has been extended by Mbonimpa et al. (2002) to generalize its application to a wide variety of soils. Such types of predictive equations can be very useful to obtain estimates of k_{sat} during preliminarily stages of a project, to ascertain the validity of experimental results and identify questionable data, and also to establish the possible variations that can be expected within a deposit when basic properties such as grain size and void ratio are not uniform. However, predictive equations are not meant to replace testing on representative samples. This is particularly the case for tailings that show an in situ anisotropy owing to the factors mentioned previously. This anisotropy is not taken into account with predictive equations such as eq. [1].

Unsaturated flow properties

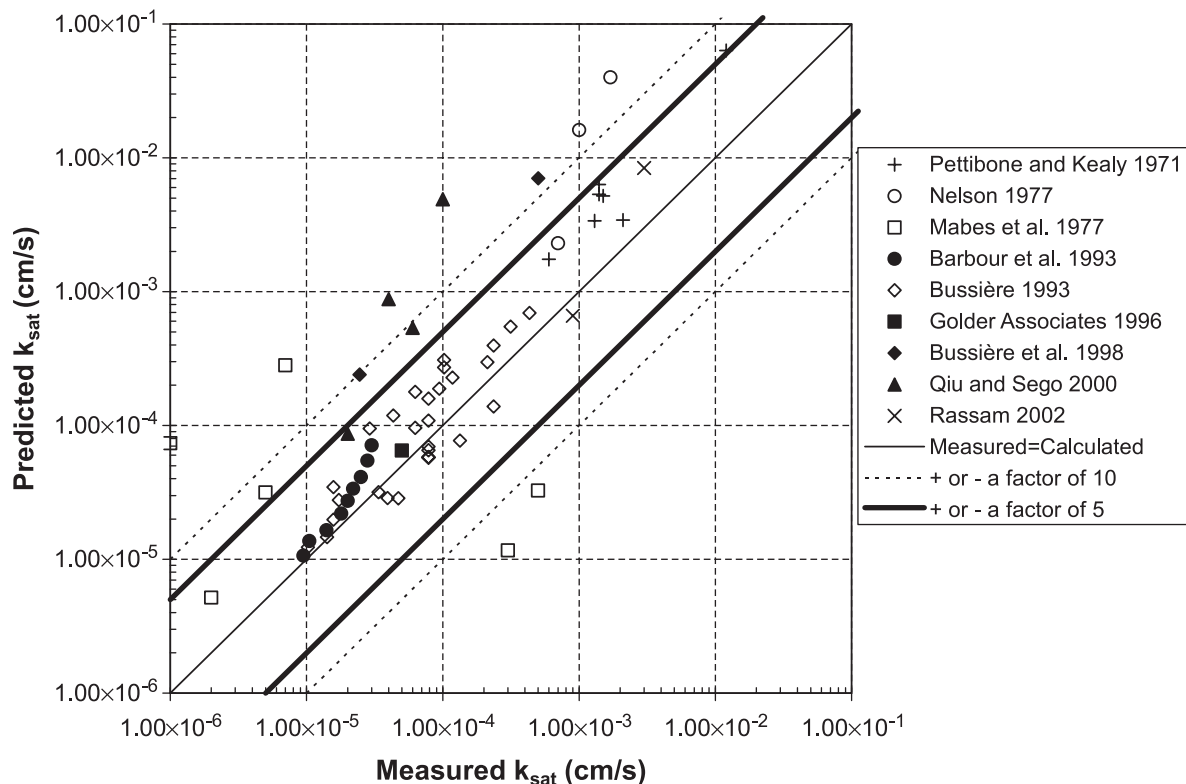
Surface deposition methods used to store hard rock mine tailings typically involve a combination of saturated and unsaturated flow conditions. The prediction of unsaturated

water flow through tailings facilities requires specific information on unsaturated properties of the medium, such as the water-retention curve (WRC) and permeability function (k_u). The WRC represents the relationship between volumetric water content θ and negative pore pressure ψ (or suction) while the permeability function is typically given by the relationship between hydraulic conductivity k and ψ . Unsaturated properties have an important impact on physical stability, since suction can contribute to the shear strength (e.g., Fredlund and Rahardjo 1993), and also on geochemical stability. The proportion and distribution of empty pores in tailings controls the movement of water and contaminant, and the migration of oxygen into the tailings, which determines the amount of AMD produced when there are sulphide minerals involved.

Laboratory data

The main parameters that characterize the WRC of low plasticity materials are the air entry value ψ_a and the residual suction ψ_r . Representative values of ψ_a and ψ_r for different hard rock tailings evaluated using the tangent method (see Fredlund and Xing 1994 for details) can be found in the literature (Barbour et al. 1993; Ricard 1994; Aubertin et al. 1995, 1998, 1999; McMullen et al. 1997; Bussière et al. 1998; Rassam and Williams 1999; Qiu and Segó 2001; Rassam 2002; Martin et al. 2005). The air entry value ψ_a may vary between 100 and 700 cm of water for fine-grained hard rock mine tailings, categorized as non-plastic silt (ML),

Fig. 4. Comparison between measured and predicted (with eqs. [1] and [2]) k_{sat} values for hard rock mine tailings (see Table 2 for more details on material properties and tests performed).



for values of e between 0.67 and 0.93. For coarser tailings, categorized as sand (SM or SP), the measured ψ_a are between 50 and 125 cm of water, for void ratios between 0.54 and 0.67. The estimated residual suction ψ_r for fine-grained tailings (ML) usually varies between 5500 and 8000 cm of water while the values estimated from the WRC of coarse tailings (SM and SP) are usually less than 3000 cm of water. These values are typical for non-plastic silt (e.g., Aubertin et al. 2003).

The permeability function (k_u) required to apply flow models to the movement of water in and around the tailings impoundment to assess seepage and fluxes (e.g., Chapuis and Aubertin 2001; Bussière et al. 2003a, 2003c) is usually determined by WRC-based theoretical models such as those proposed by Childs and Collis-George (1950) and Mualem (1976). Only a few unsaturated permeability measurements on hard rock mine tailings can be found in the literature. Rassam and Williams (1999) developed a flow cell in which transient water content and suction were monitored while the soil underwent drying and wetting cycles. The unsaturated hydraulic conductivity of sandy hard rock tailings (classified as SM with a ψ_a less than 80 cm of water, or about 8 kPa) for different suctions between 0 and 20 kPa was measured by these authors using the steady-state flux method (e.g., Klute and Dirksen 1986). The method consists of an iterative process where the permeability function parameters were changed in 1D numerical models until the best solution was reached (θ and ψ measured close to θ and ψ simulated). It was also used to evaluate the permeability function for drying and wetting cycles. A relatively good agreement between predicted and measured unsaturated hy-

draulic conductivity was noted for both wetting and drying cycles when the k_{sat} value is not fixed and is used to best fit the experimental data. However, significant discrepancies were observed, especially for drying cycles, when the measured k_{sat} values were fixed as a constant.

Predictive equations for water retention properties

Ricard (1994) and Aubertin et al. (1998, 1999) presented WRCs of remolded hard rock tailings ($0.67 < e < 0.93$) determined using Tempe cells and a pressure plate extractor. These results were successfully fitted with classical descriptive models (e.g., van Genuchten 1980; Fredlund and Xing 1994) to evaluate the main water-retention properties.

Despite being quite useful, descriptive (best-fit) models cannot take into account the effect of a variation in the basic material properties, since they are representative of a given material state. In this regard, Aubertin et al. (1998) have developed a predictive model, called modified Kov acs (MK), to estimate the WRC of hard rock mine tailings based on some easy to obtain basic geotechnical properties; the model has since been extended for most types of soils (Aubertin et al. 2003). The MK model can be expressed by the following equation (Aubertin et al. 1998, 2003):

$$[3] \quad S_r = \frac{\theta}{n} = 1 - \langle 1 - S_a \rangle (1 - S_c)$$

where S_r is the degree of saturation, n is the total porosity, S_c and S_a correspond to adhesive and capillary components of S_r , respectively, and $\langle \rangle$ represents the Macaulay brackets ($\langle y \rangle = 0.5(y + |y|)$).

The contributions of S_c and S_a to the total degree of saturation can be written as follows:

$$[4] \quad S_c = 1 - [(h_{co}/\psi)^2 + 1]^m \exp[-m(h_{co}/\psi)^2]$$

$$[5] \quad S_a = 0.01 \left\{ 1 - \frac{\ln[1 + \psi/(0.86h_{\infty}^{1.2})]}{\ln[1 + \psi_0/(0.86h_{\infty}^{1.2})]} \right\} \frac{\ln(h_{co}/\psi_n)^{2/3}}{e^{1/3}(\psi/\psi_n)^{1/6}}$$

$$[6] \quad h_{co} = \frac{0.75}{eD_0 \times 1.17 \times \log C_u + 1}$$

In eqs. [3]–[5], m is a material parameter that can be approximated by the inverse of the uniformity coefficient (i.e., $m = 1/C_u$), h_{co} is the average capillary rise, and ψ_n is a normalization parameter introduced for unit consistencies ($\psi_n = 1$ cm when ψ is given in cm, corresponding to $\psi_n = 10^{-3}$ atmosphere). The MK model equation forces the volumetric water content to zero when ψ reaches a limit imposed by thermodynamic equilibrium (i.e., $\theta = 0$ at $\psi = \psi_0 = 10^7$ cm of water; see Fredlund and Xing 1994). Equations [5] and [6] are simplified versions of the original equations proposed by Aubertin et al. (1998, 2003). Some parameters and constants have been multiplied or divided in eqs. [5] and [6] to simplify the formulas. The reader is referred to the original papers for a more detailed description of the different equations and the different basic parameters of the model with their respective units.

Figure 5 shows a typical example of predicted and measured water-retention curves with the MK model for a hard rock tailing. As can be seen in this figure, there is good agreement between the two. Equations [2] to [5] can be used as a tool for predicting the WRC during the preliminary phases of a project and for estimating how the WRC may vary with changing material properties. However, it is recommended to use laboratory tests to evaluate WRC for the final design stage of a project.

Shear strength

The shear strength of hard rock tailings must be determined when evaluating the stability of a tailings impoundment. Different tests can be performed to evaluate shear strength properties, which are usually represented by the Coulomb effective stress parameters: cohesion c' and friction angle ϕ' . In the laboratory, these parameters are commonly measured using either consolidated–drained (CD) triaxial or direct shear tests, or consolidated–undrained (CU) triaxial tests with pore pressure measurements. CU tests are also performed to evaluate the behaviour of tailings submitted to rapidly applied stresses and to evaluate the flowlike behaviour exhibited by tailings deposit failures. Different factors affect the results obtained from CU and CD tests, such as the initial density of the material (void ratio or porosity), the stress (or strain) path and range over which tests are performed, and the degree of saturation. Most of the test results found in the literature were performed on “saturated” samples. Published results (e.g., Pettibone and Kealy 1971; Mittal and Morgenstern 1975; Blight and Steffen 1979; Volpe 1979; Matyas et al. 1984; Qiu and Sego 2001; Rassam 2002) show that the drained friction angle ϕ' for initially saturated hard rock tailings is

usually between 30° and 42° and the cohesion c' is close to zero. By comparison to natural sand or silt, ϕ' of tailings is up to 6° higher due mainly to the more pronounced particle angularity (Mittal and Morgenstern 1975; Vick 1990). Results also show that there is little effect of the grain size distribution (sand or silty tailings) on ϕ' and c' . Other authors have performed undrained shear tests on saturated hard rock tailings. Results of CU tests performed mainly on undisturbed and normally consolidated samples (see Vick 1990 for details) show that the undrained friction angle ϕ usually varies between 14° and 25° , and the undrained cohesion c is usually between 0 and 100 kPa. Again, there is little apparent variation between sandy (SM or SP) or silty tailings (ML).

Emerging approaches for tailings management

Conventional impoundments require the construction of retaining structures for both solids and water. The physical stability of these structures is still a challenge for the mining industry. Moreover, hydraulic deposition produces a non-homogenous tailings mass, with unsaturated portions and low strength characteristics that induce difficulties with respect to final closure of the impoundment, especially when the tailings have the potential to generate AMD. Over the last few years, new and modified approaches have been proposed to increase the geotechnical and (or) geochemical stability of mine tailings to better insure environmental protection. The following sections present some of these approaches with their main environmental advantages and disadvantages.

Densified tailings

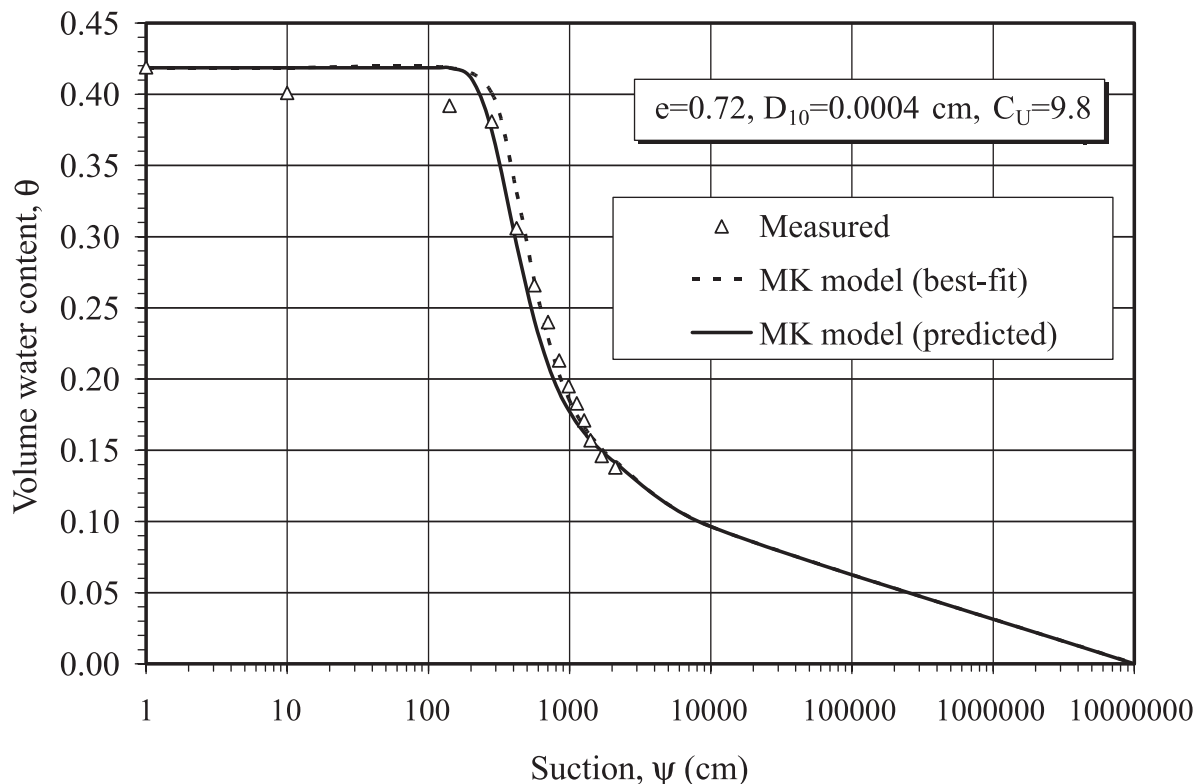
The term densified tailings includes thickened tailings (TT), paste tailings (PT), and filtered tailings (FT). The main properties of the different densified tailings are presented and discussed in the following.

Thickened tailings

To reduce environmental risks associated with traditional tailings dykes and to facilitate mine closure, Robinsky (1975) proposed the thickened tailings (TT) approach (sometimes called Thickened Tailings Disposal). The aim of TT technology is to create a self-supporting homogenous mass of tailings to minimize the requirement for retaining dams and at the same time to eliminate the need for a settling pond (Robinsky 1999).

The TT method essentially relies on thickening the tailings to a higher solid content (P), usually between 50% and 70%, at which the mixture behaves more like a viscous fluid than a suspended particle slurry. Conventional or high density thickeners are usually used to increase the solid content from 30% to 45%, (typical solid content of slurried tailings at the ore concentrator) to 50% to 70%. In these thickeners, tailings particles settle to the bottom and are pumped into the disposal area, which may be located in a valley or a flat terrain. To form a sloping deposit in a valley, the TT are discharged downhill. On flat terrain, TT are normally discharged from a tower (central discharge point), resulting in a low conical stack of tailings (see Robinsky 1999 for more details).

Fig. 5. Comparison between predictions with the modified MK model and measured WRC for two typical Canadian hard rock mine tailings (data from Ricard 1994).



Most thickened tailings slurries exhibit non-Newtonian flow behaviour, which can be reasonably approximated using the Bingham model (Sofra and Boger 2002). The yield stress τ_y (the limiting stress below which irreversible deformation and flow does not occur) reported in the literature is usually between 10 and 300 Pa, for a solid content between 50% and 70% (Robinsky 1999; Sofra and Boger 2002; Williams et al. 2006). These consistencies usually correspond to in situ angles of deposition between 1% and 3% (Barbour et al. 1993; Robinsky 1999; Williams and Seddon 1999; Oxenford and Lord 2006).

The basic properties of TT from hard rock mines are fairly similar to those of traditional (slurried) end-pipe tailings presented previously in the paper (see Geotechnical properties of hard rock mine section). The main difference between TT and conventionally deposited tailings is the higher in situ density (higher strength of the impoundment) and the relative homogeneity of TT stack. Barbour et al. (1993) showed that even at a distance of more than 1 km from discharge, the D_{10} and the D_{60} are still similar to those near the discharge point. This homogeneity of the stack, the small hydraulic gradient controlled by the gentle slopes, the relatively low hydraulic conductivity, and the relatively high air entry value of the TT imply that for a typical humid climate (like in most parts of Canada) and for relatively impervious foundations, the phreatic surface is perched near the tailings surface. Considering that oxygen contained in air is one of the main components of sulphide oxidation reactions, it is usually considered that such an elevated water table is beneficial to reduce the potential for acid generation (Orava

et al. 1997; Tibble and Nicholson 1997; Dagenais 2005). Nevertheless, at the Kidd Creek site, Timmins, Ont., even when oxygen fluxes measured on the site were relatively low at values between 30 and 275 moles of $O_2/m^2/year$ (Tibble 1997), the effect of having a high water table is not sufficient to eliminate the production of AMD.

Also, the risk associated with the geotechnical instability of dykes can be greatly reduced by the TT approach since no retaining dykes have to be built and no pond is created. The geotechnical properties of TT are also improved when the tailings are deposited in thin layers above the water table. Consolidation by self-weight increases the strength of the TT. Further consolidation and strength gain comes from dessication when the tailings are exposed to natural climatic conditions. Other frequently mentioned advantages compared to conventional deposition methods, such as smaller disturbed areas, less susceptibility to water and wind erosion, higher percentage of water recycling, and easier progressive rehabilitation of the TT sites, are still to be proven (Blight 2003).

Since a large portion of TT deposition areas is saturated (Barbour et al. 1993), at least in humid climatic conditions, one of the main uncertainties of TT technology is related to the liquefaction potential (McMahon et al. 1996; Fourie 2006) and to the prediction of the deposition angle. Other aspects of TT such as the strength gain due to dessication and the impact of cracks on the hydrogeological and geochemical behaviour of the stack still need to be investigated further. The main advantages and uncertainties related to TT are presented in Table 3.

Table 3. Main advantages, benefits, disadvantages, and uncertainties related to the densified tailings.

	Thickened tailings (TT)	Paste tailings (PT)	Filtered tailings (FT)
Objective	Improve physical and chemical stability	Improve physical and chemical stability	Improve physical stability
Principle	Increase solid content of tailings ($50\% < P < 70\%$)	Increase solid content of tailings ($70\% < P < 85\%$)	Increase solid content of tailings ($P > 85\%$)
Advantages and benefits	<p>Elimination of the surface pond minimizes water-handling issues and reduces pore pressures in the impoundment</p> <p>Densified tailings eliminate the need for large retaining dykes</p> <p>No significant segregation occurs during deposition, which creates an homogenous disposal area</p> <p>Greater shear strength of the tailings is achieved due to the lower initial n and w</p> <p>TT are relatively easy to pump ($10 < \tau_y < 300$ Pa with no measurable slump value)</p> <p>Fairly high ψ_a and low k_{sat}, which reduce seepage and contaminant migration</p> <p>High S_r reduces oxidation reactions in the stack (particularly in humid climate)</p> <p>Dessication can increase the strength of the TT</p>	<p>Elimination of the surface pond minimizes water-handling issues and reduces pore pressures in the impoundment</p> <p>Densified tailings eliminate the need for large retaining dykes</p> <p>No significant segregation occurs during deposition, which creates an homogenous disposal area</p> <p>Greater shear strength of the tailings is achieved due to the lower initial n and w</p> <p>Fairly high ψ_a and low k_{sat}, which reduce seepage and contaminant migration</p> <p>High S_r reduces oxidation reactions in the stack (particularly in humid climate)</p> <p>Hydrogeological and environmental properties can be improved by adding a binder</p>	<p>Elimination of the surface pond minimizes water-handling issues and reduces pore pressures in the impoundment</p> <p>Densified tailings eliminate the need for large retaining dykes</p> <p>No significant segregation occurs during deposition, which creates an homogenous disposal area</p> <p>Greater shear strength of the tailings is achieved due to the lower initial n and w</p> <p>Higher strength and lower n than TT and PT</p> <p>Water management simplified (only run-off to manage)</p> <p>Smaller footprint for a similar tonnage of tailings</p> <p>Less prone to liquefaction and settlement</p>
Disadvantages and uncertainties	<p>Does not completely eliminate the AMD problem</p> <p>Evolution of properties with time (e.g., due to oxidation and cracking phenomena) can be complex</p> <p>TT are still prone to liquefaction in most climatic conditions</p> <p>Difficult to predict the angle of repose (usually between 2% and 6%)</p> <p>Cracking may affect physical and chemical stability of the stack</p>	<p>Does not completely eliminate the AMD problem</p> <p>Evolution of properties with time (e.g., due to oxidation and cracking phenomena) can be complex</p> <p>More viscous than TT ($100 < \tau_y < 1000$ Pa with slump value between 200 and 275 mm)</p> <p>Rheological behaviour of paste is complex</p> <p>Paste deposition optimization has to be developed</p> <p>Cracking may affect physical and chemical stability</p>	<p>Does not completely eliminate the AMD problem</p> <p>Evolution of properties with time (e.g., due to oxidation and cracking phenomena) can be complex</p> <p>Higher operational costs</p> <p>FT have a relatively low S_r, which increase oxygen availability for oxidation reactions (compared to TT and PT)</p>

Paste tailings

Paste tailings (PT) are usually defined as a dense, viscous mixture of tailings and water (and optionally binder), which, unlike tailings slurries, do not segregate when allowed to rest (Cincilla et al. 1997). This technology was first developed in the 1970s for backfilling open stopes of underground mines (Hassani and Archibald 1998). With the development and improvement of dewatering technologies that allow increasing tailings solid content to values between 70% and 85%, underground paste backfill is now widely used by the mining industry. Paste technology was recently proposed to replace conventional surface slurry deposition mainly for environmental considerations.

As for TT technology, the main objectives of PT consist of creating a self-supporting homogenous tailings stack without the construction of costly water-retaining structures.

To produce PT, the tailings slurry (typically 25% to 45% solids by weight) is first sent to a thickener to increase the solids content to about 60% to 65% and later pumped to filter discs that produce a filter cake. This filter cake is transported to the paste plant where water, fresh or processed water, is added to the paste conditioner to produce a paste of the desired consistency (typically a paste with a solid content between 70% and 85%). The paste consistency is fairly similar to a wet concrete. PT exhibit non-Newtonian flow behaviour, with a yield stress τ_y ranging between 100 and 1000 Pa (Li et al. 2002; Crowder et al. 2002). The behaviour of PT tailings is also considered thixotropic, as the paste that flows through the pipeline system shows rheological properties that change with the flow distance (Li et al. 2002; Sofra and Boger 2002). Laboratory tests (Crowder et al. 2002) and field measurements (Ther-

Theriault et al. 2003; Shuttleworth et al. 2005) showed that slopes of PT disposal areas can vary between 3° and 10° , depending on the paste rheology at the end of the pipe. Shear strength of paste tailings in the field is higher than tailings placed in conventional impoundments and depends on different factors such as solid content, grain size distribution, in situ porosity, presence or absence of binder, suction and degree of saturation, and climatic conditions. Shear strength measurements on an existing site varied between 5 and 60 kPa; the higher values were observed after several months of exposure to semi-arid climatic conditions where desiccation was evident (Theriault et al. 2003). Similar shear strength values were measured by Verburg et al. (2006) in field experimental cells. Because of its consistency during deposition, surface PT does not segregate, hence it produces a relatively homogenous mass with a relatively low hydraulic conductivity and high water-retention properties similar to TT and to conventional end-pipe tailings. These characteristics help to create hydrogeological conditions that tend to reduce AMD generation. Sampling of the near-surface (upper 3 m) deposited paste indicated that the degree of saturation remains close to 100%, with an in situ void ratio (e) of 0.84 (Theriault et al. 2003). Figure 6 presents two photographs that show the typical deposition method of discharge from a tower and the in situ characteristics of the material.

It is also possible with PT technology to add a binder to increase the strength of the paste (e.g., Cincilla et al. 1997; Benzaazoua et al. 2004a). In this case, the amount of binder to be added can be less than that for underground paste backfill, where the material must have a minimal strength to serve as ground support. The addition of a small amount of binder helps to increase the shear strength and water-retention properties and to reduce the hydraulic conductivity of the paste. Figure 7 shows the evolution of the saturated hydraulic conductivity k_{sat} with curing time (1 to 28 days) for two cemented paste tailings with different binder percentages (2 wt.% and 4.5 wt.% of a blast furnace slag (80%) and Portland cement type 10 mixes). The saturated hydraulic conductivity was evaluated using rigid wall permeameters for the first 7 days and flexible wall permeameters for curing times of 14 and 28 days. For 2 wt.% binder content, k_{sat} values decreased from 7×10^{-5} cm/s after 1 day of curing to 3.5×10^{-6} cm/s after 28 days of curing, while the decrease for the 4.5% binder was even more pronounced from 4.7×10^{-5} to 1.2×10^{-6} cm/s (see Fig. 7). Also, the short-term air entry values $\psi_{\text{a-st}}$ (evaluated over a 24 h period) were estimated by modified pressure cell tests developed specifically for cemented paste tailings (see Godbout 2005 for details). Results, not shown here, clearly indicate that the hydraulic properties of the paste are significantly affected by the presence of a binder and the curing time. For example, the $\psi_{\text{a-st}}$ was estimated to be about 10 kPa (100 cm of water) for uncemented PT, while it was approximately 350 and 620 kPa (3500 and 6200 cm of water) for mixtures with 2% and 4.5% binder, respectively, after 28 days of curing.

Another interesting advantage of using a binding agent in PT is the possibility of stabilizing contaminants in the cemented matrix. Work by Benzaazoua et al. (2004b) showed that the use of binder in paste backfill reduces the mobility of arsenic (As). Depending on the type and the percentage

of binder, the reduction in As concentration in leachates from Soxhlet extractor tests was between one to two orders of magnitude compared with uncemented tailings samples. Work on this aspect is still underway, as it may have major implications for the geoenvironmental management of reactive tailings.

Despite the geotechnical and environmental advantages (actual, potential or perceived) mentioned previously, the PT disposal concept is relatively new. More research and development are still needed to better understand different aspects related to paste tailings for an optimized design, such as their rheological behaviour for a better delivery system design, the optimization of depositional sequences to reduce the environmental impact and to improve geotechnical properties, interaction between paste and the atmosphere, the desiccation effect on fluid (gas and water) flow, the influence of foundation permeability on water and contaminant movement, the reactivity of sulphide minerals in paste tailings, the stabilization of contaminants with cemented PT, and the evolution of paste properties over time. Concerning the AMD generation potential of sulphidic PT, the impact of cracking due to desiccation, which increases the physical stability of the deposit, is probably one of the most important aspects to study. In this case, the positive impact of desiccation on physical stability could be counterbalanced by the negative impact on the overall geochemical stability of the stack due to greater oxygen availability for sulphide oxidation. The main advantages and disadvantages of PT are summarized in Table 3.

Filtered tailings

These dewatered tailings produced by high pressure filters have sometimes been termed dry stack tailings (e.g., Davies and Rice 2001), but since the tailings are still humid, the term filtered tailings (FT) is preferred in this paper. FTs are sufficiently dewatered such that they can be handled by conventional earth moving equipment without liquefying. The tailings have a water content w that is several percent below full saturation (usually between 10% and 20%), with a « cake » like consistency (Davies and Rice 2001). The strength characteristics of the tailings stack are better than for conventional tailings impoundments due to the higher in situ density and lower w . The coal industry was the first to use FT for mining wastes (e.g., Green 1981). The washing of the finer fraction of coal, integrated in the metallurgical process, creates fine tailings that are difficult to manage due to their stickiness and low saturated hydraulic conductivity. Filtration of these coal tailings was then proposed to reduce the management problem and to increase water recovery at the mine site.

Filtering of tailings can be performed by thickeners, followed by the use of pressure or vacuum force, usually with drums, stacked plates, or horizontal belt press filter. Once tailings are filtered to a percent solid greater than about 85%, the material is transported to the disposal area. There are two main methods to transport the FT: conveyor or truck. The choice of the transportation method is a function of different parameters such as haul distance, transportability of tailings, and climatic conditions. The stack produced by the FT method (using both transportation methods) is relatively homogenous due to the consistency of the FT, and

Fig. 6. Pictures of paste tailings: (a) end-pipe discharge from one of the towers, (b) new layer of paste flowing over a desiccated sheet of paste.

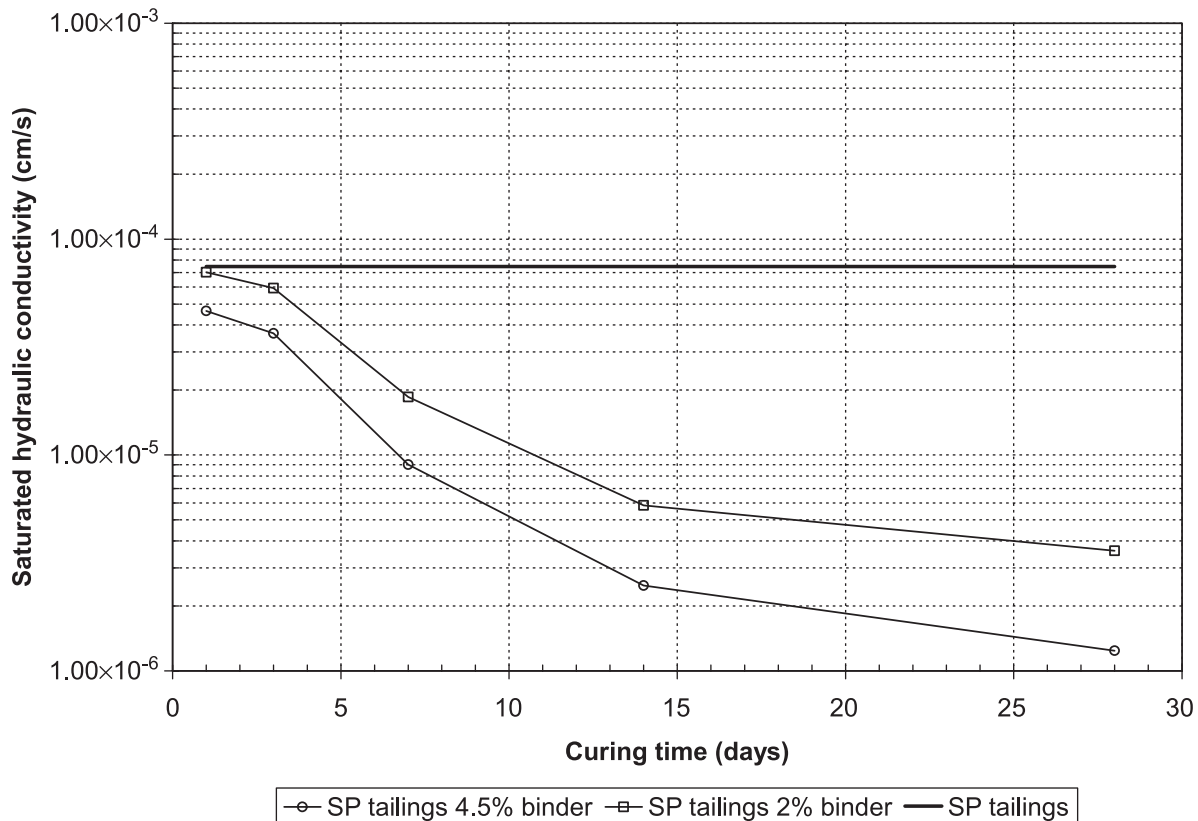


the slope of the sides can be increased to values near the natural angle of deposition of the material.

Costs associated with filtration and transportation of FT are considerably higher than those related to conventional tailings disposal methods. However, in some specific conditions, such as in arid regions where water conservation is a critical issue or in cold regions where water handling during winter is difficult, the FT approach can have significant advantages (Davies and Rice 2001). La Coipa mine in the dry Atacama region of Chile has a daily FT production of 18 000 t that is filtered by belt filters and transported via a radial, mobile conveyor system. In this case, the FT ap-

proach was selected to recover dissolved gold from solution, for water conservation, and to reduce risks associated with physical instability of tailings due to seismic events. The Raglan mine located in the northern Quebec, Canada, also uses FTs that are transported by truck to the waste disposal area (Kemp 2005). The tailings are then leveled and left exposed to the cold climatic conditions to become permanently frozen. The FT approach allows the Raglan mine to recycle a very large proportion of its water. The Green Creeks mine in Alaska also uses FT technology. In this case, about 60% of the tailings (at a water content w of about 15%) is transported underground for backfilling open stopes, while the

Fig. 7. Saturated hydraulic conductivity (k_{sat}) evolution of surface paste tailings with three different binder contents: 0%, 2%, and 4.5% (modified from Godbout 2005).



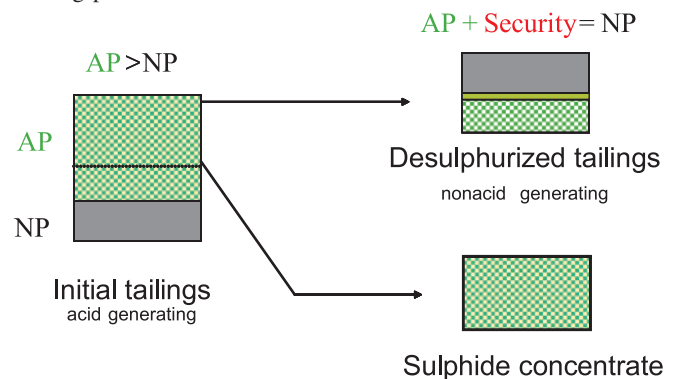
other 40% is transported by trucks into the surface disposal area (Condon 1999).

FT is not a panacea for tailings management but can offer some significant hydrogeotechnical advantages for specific conditions. However, in addition to the higher cost associated with this method, the relatively low degree of saturation of the tailings that could favor sulphide oxidation (and AMD generation) is probably the main concern of this technology. It could then be important to integrate the reclamation design with the placement of FT (see Table 3 for a summary of the main advantages, benefits, disadvantages, and uncertainties of FT).

Environmental desulphurization

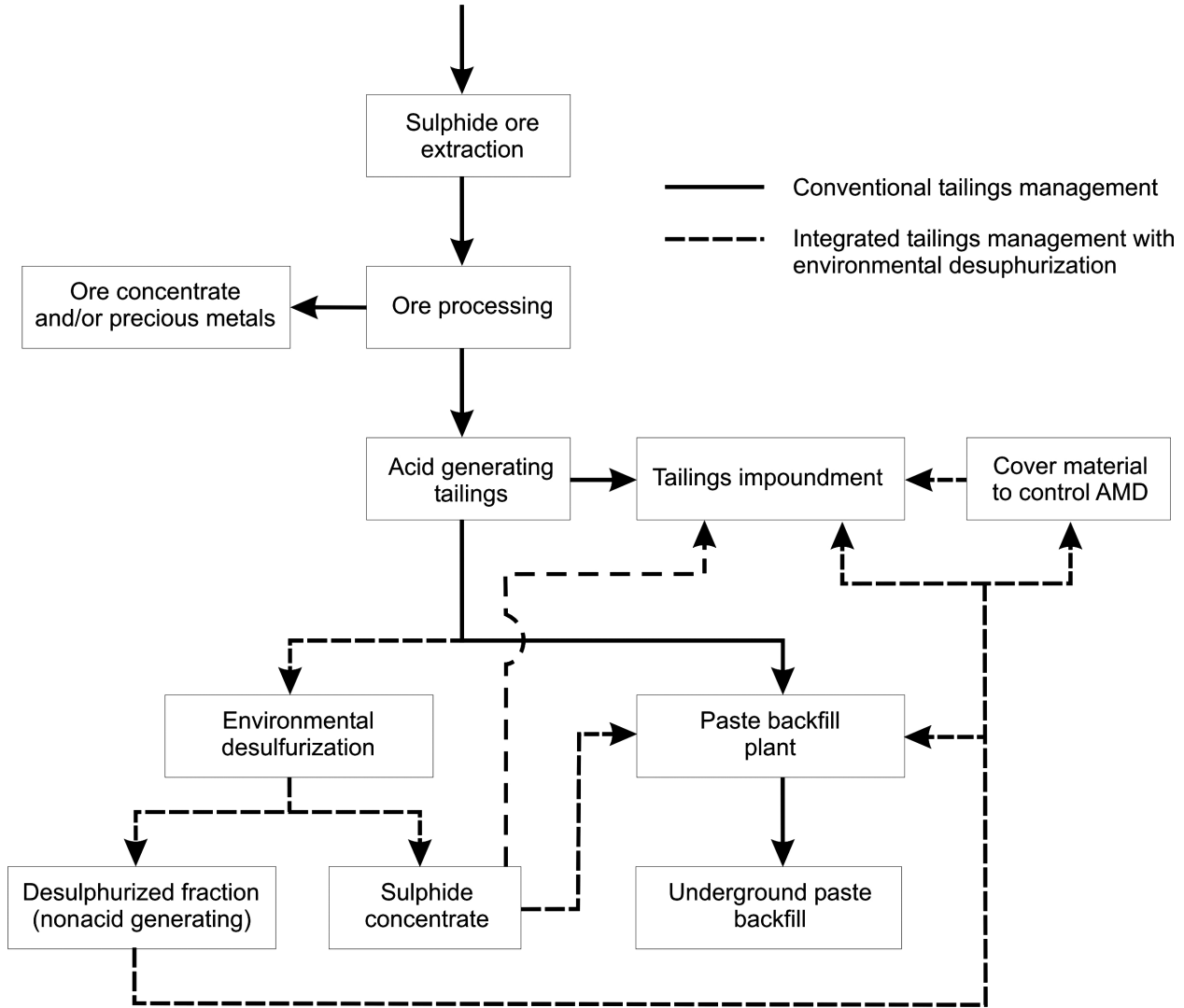
As mentioned previously, AMD is produced when sulphide minerals are exposed to water and oxygen. The geochemical stability of acid generating tailings is usually controlled by limiting water infiltration and (or) oxygen migration. An alternative approach consists of separating the sulphide (acid generating) and non-sulphide minerals and to manage the two fractions accordingly (Down and Stocks 1977; SRK 1989; McLaughlin and Stuparyk 1994; Leppinen et al. 1997). This is done by conventional mineral separation techniques (usually froth flotation). The use of environmental desulphurization and the separate management of the two generated fractions (the desulphurized fraction and the sulphide concentrate) reduce the volume of problematic wastes to store at the surface. Figure 8 illustrates the use of desulphurization.

Fig. 8. Scheme illustrating the environmental desulphurization principle where AP is the acidification potential and NP is the neutralizing potential.



The technical and economical feasibility of environmental desulphurization has been demonstrated from laboratory studies over the last decade or so, using different sulphide tailings (e.g., Bussière et al. 1998; McLaughlin and Stuparyk 1994; Benzaazoua and Bussière 1999; Benzaazoua et al. 2000; Benzaazoua and Kongolo 2003; Yalcin et al. 2004). A recent study (Bois et al. 2005) performed directly on a mine site with a small scale flotation plant confirmed the feasibility of desulphurizing tailings. One of the advantages of desulphurization is that it can increase the net neutralization potential ($NP - AP$) of the treated (low sulphide) tailings (Bois et al. 2005), as the removal of sulphide minerals

Fig. 9. Integrated management of tailings with environmental desulphurization.



essentially increases the relative proportion of neutralizing elements.

The integration of a desulphurization step at the ore concentrator could also allow for an improved (integrated) management of the tailings as illustrated in Fig. 9. First, the sulphide tailings concentrate (with a high acid generating potential) could be used as input material for the underground cemented paste backfill. However, one must then consider that the presence of sulphide minerals in the tailings may affect the mechanical behaviour of cemented paste backfill (e.g., Benzaazoua et al. 2002, 2003). Nonetheless, these studies also showed that with a good selection of binders, it is possible to obtain good long-term mechanical strength. The use of the sulphide concentrate in underground cemented paste backfill reduces the amount of reactive tailings that has to be sent to surface disposal facilities, which helps to decrease both the environmental impact and capital expenditures of the surface tailings facility (e.g., Hassani and Archibald 1998). Even when sulphide concentrate is sent to the surface, its reduced volume is advantageous as it can be more easily managed. In some cases, the low sulphide fraction has a neutralizing potential (NP) that is close

to or greater than the acidification potential (AP), and it can be considered globally as nonacid generating. The low sulphide tailings generated by environmental desulphurization can be stored at the surface using traditional, or emerging tailings disposal approaches, and (or) sent underground to fill open stopes. Since the material is nonacid generating, it can be stored without the construction of elaborate infrastructures needed for acid generating tailings (such as impervious dams and water treatment plants). The low sulphide tailings can also be used to rehabilitate acid generating tailings impoundments. Because of their advantageous hydrogeotechnical properties (relatively low saturated hydraulic conductivity and high water-retention), they can be produced at the end of the mine life and used as cover material (mono-layered or multi-layered). This aspect will be discussed in more detail in the next section.

The main challenge with environmental desulphurization is its application for tailings with initially low neutralizing potential (Benzaazoua and Bussière 1999). Indeed, when NP is initially low, it can be difficult to desulphurize sufficiently and to generate a nonacid generating desulphurized fraction. For these cases, it could be necessary to add materials with a

Table 4. Main advantages, benefits, disadvantages, and uncertainties related to the environmental desulphurization and covers built with tailings.

	Environmental desulphurization	Covers built with tailings (mono- or multi-layered)
Objective	Improve chemical stability	Improve chemical stability of underlying reactive tailings
Principle	Remove sulphide minerals from tailings to produce two fractions (low and high sulphide content)	Reuse nonacid generating tailings to reduce surface fluxes (water or oxygen)
Advantages and benefits	Can eliminate the surface storage of acid generating tailings when combined with underground PT May help to obtain permits for new mine projects in regions with restrictive environmental regulations The desulphurized tailings can be reused as cover materials, or for other purposes	Give a value to material considered as waste Low sulphide tailings have the appropriate properties for use as cover material Tailings are less susceptible to freeze-thaw effects than clayey materials Mono-layer cover with a controlled elevated water table is advantageous compared to traditional water cover (smaller pore pressures) Residual sulphide can consume a fraction of the diffusive O ₂ increasing the efficiency of the cover
Disadvantages and uncertainties	Can be difficult to produce a nonacid generating desulphurized fraction for tailings with low initial NP May face a negative effect of ore treatment process on the desulphurization process The sulphide recovery needed to generate a nonacid generating desulphurized fraction	The cover materials must not generate AMD Construction of the cover could be difficult due to the low bearing capacity of tailings

higher NP, such as mining wastes or natural calcareous materials after the desulphurization stage. Other technical challenges also have to be tackled with this approach, such as the reactivation of sulphide surfaces after the different mineral processing steps, the identification of the sulphide recovery needed to render the desulphurized tailings nonacid generating, and the mineralogical identification and quantification of the different fractions. A summary of the main advantages and disadvantages of environmental desulphurization is presented in Table 4.

Covers built with tailings

Another management option for low sulphide (nonacid generating) tailings is to use them as material for the rehabilitation of tailings impoundments (Aubertin and Chapuis 1991*b*). For example, the low sulphide tailings can be integrated as moisture-retaining material in a multi-layered cover with capillary barrier effects (CCBE). They can also be used for a mono-layer cover when the position of the water table can be controlled (e.g., Dagenais 2005; Dagenais et al. 2006).

Multi-layered CCBEs use unsaturated soil properties to create capillary barrier effects that maintain one of the layers at a high degree of saturation at all times. The high degree of saturation makes the moisture-retaining layer an efficient barrier against oxygen flow by impeding gas advection and diffusion. By limiting oxygen flux, the cover limits AMD generation, since oxygen is one of the constitutive elements of the sulphide mineral oxidation reactions. More details on CCBEs can be found in Nicholson et al. (1989), Aubertin et al. (1995, 1999), and Bussière et al. (2003*a*).

To evaluate the possibility of using low sulphide tailings (desulphurized or naturally low sulphide tailings located near the site) in a CCBE as a moisture-retaining layer, different investigations have been performed over the last 15 years. Aubertin et al. (1995) reports on a series of instrumented column tests (10 plexiglas columns with time

domain reflectometry (TDR) probes) to evaluate the performance of such CCBEs made of low sulphide tailings, sometimes called “clean” tailings by these authors. The cover layers, which are placed over a layer of acid generating tailings, include a layer of sand (30 cm in thickness), a low sulphide tailings layer (50 cm in thickness), and a final layer of sand (20 cm in thickness). The work also involved extensive material characterization and numerical modelling (see Aachib et al. 1994; Aubertin et al. 1995, 1997). Results from column tests showed that the two layers of sand in the CCBE drained rapidly. The hydraulic conductivity of the sand layers therefore drops and the water is retained in the moisture-retaining layer made of low sulphide tailings. The degree of saturation in the latter remained above 90% at all time, even after a drainage period of 28 days. These laboratory results showed the high efficiency (above 99% reduction) of the CCBE for limiting the diffusion of oxygen and AMD generation.

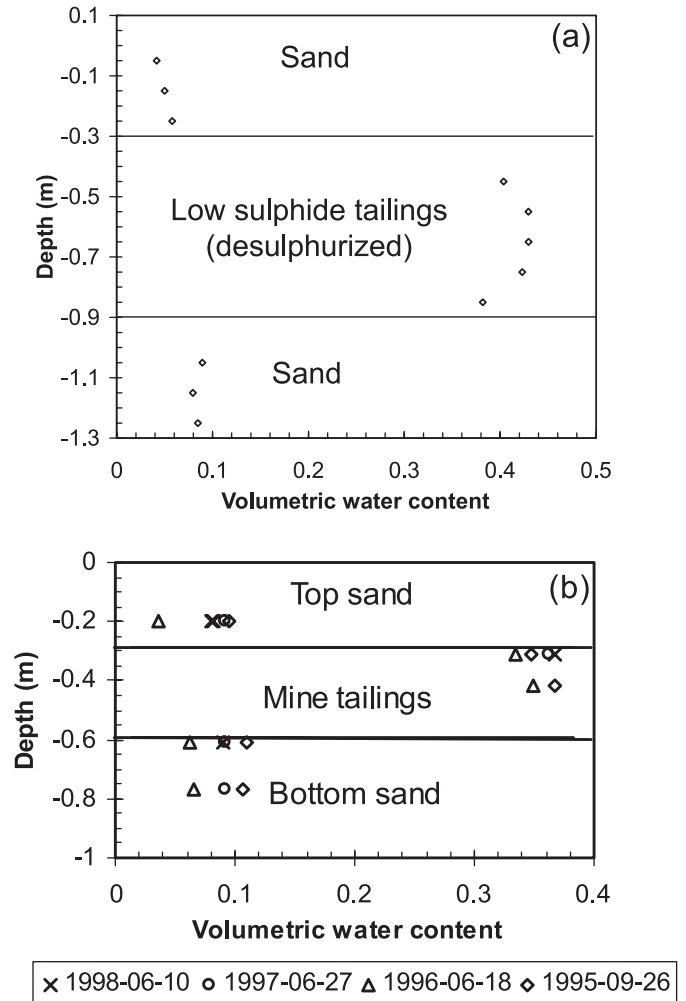
Bussière et al. (1997, 1998, 2004) also performed a series of column leaching experiments (three columns with CCBEs and one control column) using desulphurized (low sulphide) tailings as the moisture-retaining layer. The difference between the three layered covers is the amount of residual pyrite ($C_p = \text{wt.}\%$ of pyrite) in the low sulphide tailings used as the moisture-retaining layer: C3A, $C_p \approx 0.22\%$; C3B, $C_p \approx 0.65\%$; C3C, $C_p \approx 1.17\%$ pyrite. Each column was flushed with deionized water (5 to 7 L) every 3 weeks for a total period of approximately 1 year. Water quality results show that columns with CCBEs maintained a pH over 7 during the testing period while the pH of the control column decreased gradually to values near 3. The CCBEs also significantly reduced the amount of Cu and Zn in the leachate of the covered columns. The efficiency of the CCBE to reduce soluble contaminants (Cu and Zn) in the leachates (E_{sc}) was estimated at more than 99.9% for both Zn and Cu for the three columns. Volumetric water content measurements at

the dismantling stage (in this study, the columns were not equipped with volumetric water content sensors) show that the volumetric water content (θ) was low in the two sand layers (usually between 0.02 to 0.10, which corresponds to a degree of saturation S_r between 7% and 36%) and high in the moisture-retaining layer (θ usually between 0.37 and 0.4 or S_r between 80% and 87%), confirming the existence of capillary barrier effects (see Fig. 10a). This explains in part why there is no significant concentration of contaminants in the percolated water of the layered columns. The water-retention layer, which is nearly saturated at all times, impedes oxygen flux to the reactive tailings.

Experimental in situ intermediate scale cells that were made with materials similar to the laboratory studies presented above (Aubertin et al. 1999) were built near the Manitou abandoned mine site at Val-d'Or, Quebec to validate the laboratory data. Results of this 4 year field investigation confirmed that low sulphide tailings could be successfully used in a CCBE to limit the migration of oxygen and the consequent production of AMD. Again, the water distribution in the different layers for the 4 years of monitoring was typical of an efficient CCBE (see Fig. 10b); the two sand layers are well drained, while the volumetric water content in the moisture-retaining layer remained high (near the saturation value). The hydraulic behaviour during the 4 years of monitoring remained unchanged. The efficiency of the CCBE to limit AMD production was also confirmed by water quality measurements. Indeed, the four CCBEs maintained a pH in the leachate between 6 and 7 compared to pH values less than 3 for an uncovered control cell. Loadings of metals in the collected leachate of the covered cells were also reduced by 2 to 4 orders of magnitude, in comparison with the control cell. The efficiency of these covers was also confirmed recently from relatively elaborate calculations using a reactive transport model (Molson et al. 2004). More details on this in situ study can be found in Aubertin et al. (1997, 1999), Bussière and Aubertin (1999), MEND (2001), and Bussière et al. (2007).

Along the same line of using tailings, it is also possible to rehabilitate an acid generating tailings pond by combining an elevated water table in the pond with a mono-layer cover made of low sulphide tailings (e.g., Sjoberg Dobchuk et al. 2003; Dagenais 2005; Ouangrawa et al. 2005; Dagenais et al. 2006). The concept of an elevated water table and mono-layer cover is advantageous from a geotechnical stability point of view compared to traditional water covers because of the lower position of the phreatic surface and lower pore pressures. This approach is based on the principle that tailings in the capillary fringe just above the phreatic surface can be maintained in a state close to full saturation, if protected from evaporation, which inhibits oxygen diffusion and thus limits acid generation (e.g., Elberling et al. 1993; Elberling and Nicholson 1996; Tibble 1997; Tibble and Nicholson 1997). As a general rule, the water table should be positioned so that the height of the tailings above it is less than its air entry value ψ_a (Orava et al. 1997; MEND 2001); this concept is represented schematically in Fig. 11. A recent study (Dagenais 2005; Dagenais et al. 2006) showed that different factors affect the performance of this method: the thickness and properties of the protection layer (i.e., the evaporation barrier, which can be made of low sulphide tailings), the

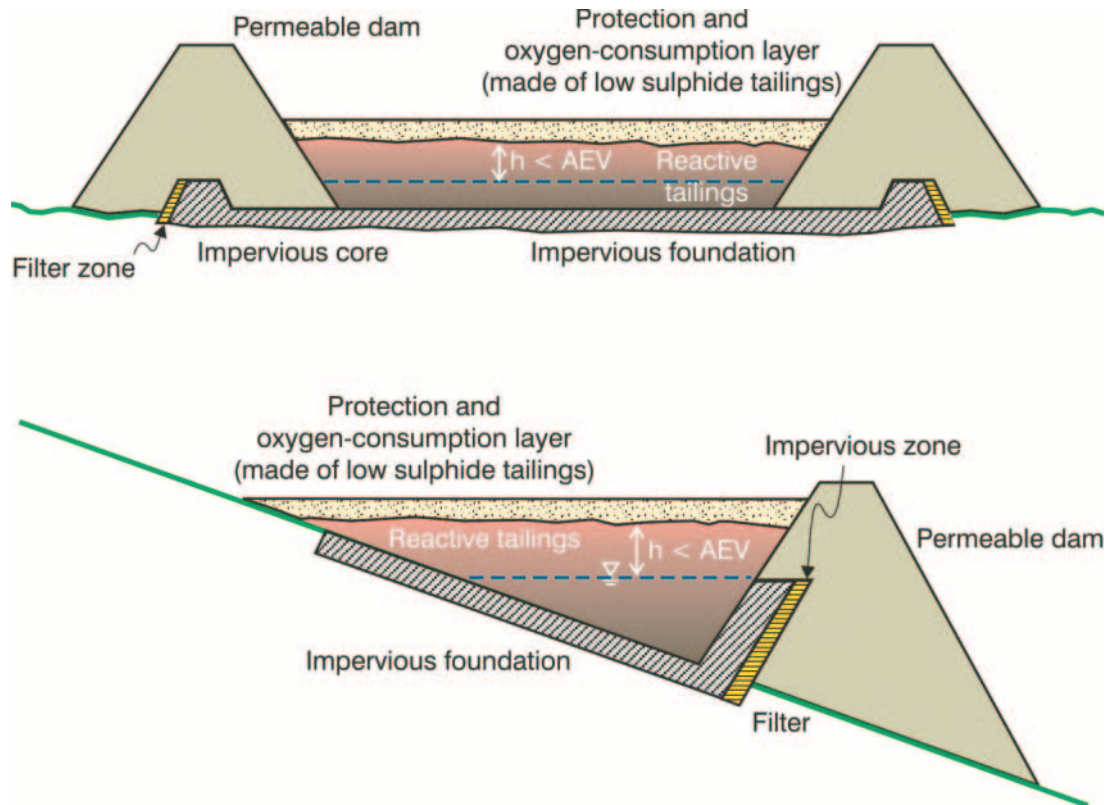
Fig. 10. Volumetric water content profile in a CCBE with a moisture-retaining layer made of low sulphide tailings: (a) volumetric water content profile measured at the end of the column test after 16 days of drainage (Bussière et al. (1998)), (b) in situ measurements in one of the five cells (Cell 2) during the 4 years of monitoring (Aubertin et al. 1999).



depth of the water table, and the hydraulic properties and reactivity of the acid generating tailings. These factors must be taken into account at the design stage. The concept of an elevated water table and mono-layer cover is also advantageous from a geotechnical stability point of view compared to traditional water covers because of the absence of free water close to the dams.

As a final remark, it is worth mentioning that the residual sulphide content in tailings used as cover material can improve its performance, at least in the short term. Indeed, the presence of sulphides in the cover helps to reduce oxygen migration by consuming a fraction of the diffusing oxygen. In this case, two processes, diffusion and consumption, act simultaneously to limit oxygen diffusion (see Mbonimpa et al. 2003 for details). The Les Terrains Aurifères (LTA) cover (Malartic, Quebec, Canada, property of Barrick Gold Corp.) was built in 1995–1996 with low sulphide tailings, and since its construction the cover has been shown to be quite efficient for limiting AMD generation (McMullen et

Fig. 11. Conceptual view of a tailings impoundment covered by a mono-layer cover made of low sulphide tailings with the phreatic surface positioned to maintain an “elevated water table” (adapted from Aubertin et al. 1999).



al. 1997; Ricard et al. 1997; Bussière et al. 2003b). However, a critical aspect with a cover made of low-sulphide tailings is to insure that over time, the cover will not generate AMD (see Table 4 for a summary of the main advantages and disadvantages of this tailings management approach).

Co-disposal of tailings and waste rock

Mine waste co-disposal can be defined as the simultaneous or alternate deposition of tailings and waste rock in the same surface facility. Different strategies of co-disposal have been proposed over the last 20 years. Three main categories are identified here: co-mixing, layering, and co-disposal in impoundments. By co-disposing the two main types of mine wastes, the properties of the mixtures may be modified to induce better characteristics than those of each of the separate materials.

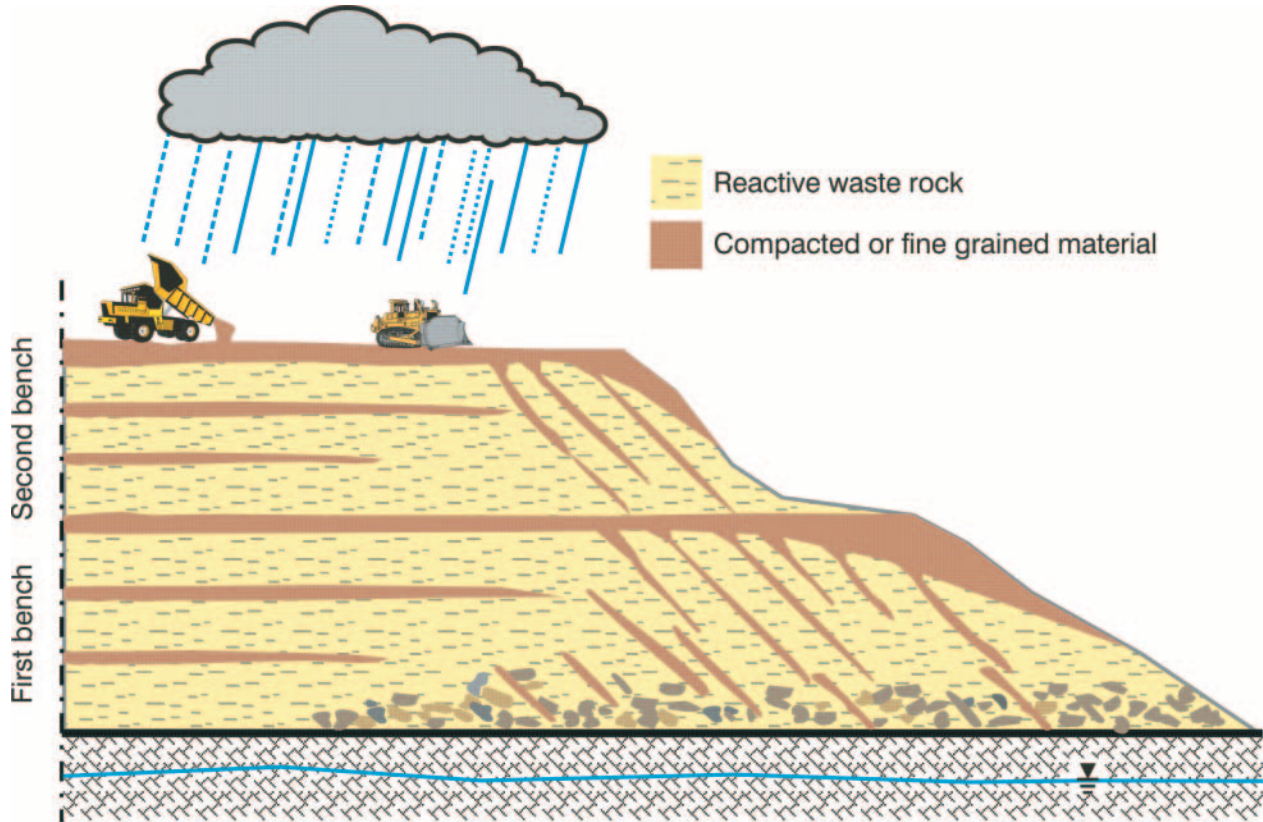
It is useful to recall the main features of traditional waste rock disposal areas. Waste rock piles, or dumps, are surface deposits of rock waste from mine operations. The piles can be enormous, extending more than 300 m in height and containing more than 500 million cubic meters of waste. Waste rock piles are characterized by relatively coarse-grained material covering large areas and are exposed to variable climatic conditions. Figure 12 illustrates a schematic cross-section through a waste rock pile constructed over a relatively flat surface, showing the internal bedding and stratigraphy that can develop from the usual construction methods. In the conceptual model, horizontal layers of variable density develop from the operation of heavy equipment. The layering may also be enhanced in some cases by material degradation when coarse

particles near the surface are broken down mechanically or by atmospheric weathering. The thickness and spacing between such denser and (or) finer grained material layers depends on the construction sequence, nature of the rock waste, and type of equipment used. Close to the external boundaries of the dump, the effect of particle segregation along the slope is visible as these areas are less affected by heavy equipment traffic. In these sectors, there is a marked heterogeneous distribution of waste rock, with inclined but somewhat discontinuous layers of fine-grained and coarse-grained materials (Wilson et al. 2000; Aubertin et al. 2005). At the bottom, there is often a significant accumulation of cobbles and large size particles, making this an almost open zone for air and water flow (at least close to the edge of the pile). The high porosity and air permeability induced by the heterogeneous structure of the waste rock pile allow the abundant flow of oxygen to drive sulphide oxidation reactions. During and after construction, a rock pile can become a type of natural acid generating reactor (e.g., Ritchie 1994; Lefebvre et al. 2001a).

Co-mixing

The concept of co-mixing (initially proposed by Brawner 1978) consists of the combination of tailings and waste rock prior to disposal. The coarse waste rock particles are then arranged in loose contact, and tailings fill the voids between them. Co-mixing has been considered for application in sub-aqueous environments, such as natural depressions or open pits (Wilson et al. 2002). It has also been proposed to construct waste management facilities above the surrounding topography in a fashion somewhat similar to waste rock dumps and tailings impoundments (e.g., Morris and Williams

Fig. 12. Conceptual cross-section of a waste rock pile showing internal structure (translated from Aubertin et al. 2005).



1999; Wilson et al. 2002). The objective of such co-mixing is to improve the physical stability of tailings impoundments by integrating a high shear strength material (relatively dry waste rock) with the tailings. On the other hand, the addition of tailings in waste rock reduces the air and water permeability of the mass and increases the water-retention properties of the blended material. As a result, oxygen transport by advection/convection, which are the primary oxygen transport processes in waste rock piles (e.g., Ritchie 1994; Lefebvre et al. 2001a, 2001b) would be practically eliminated, and the oxygen supply would be limited to oxygen diffusion, hence increasing the geochemical stability and reducing the production of AMD.

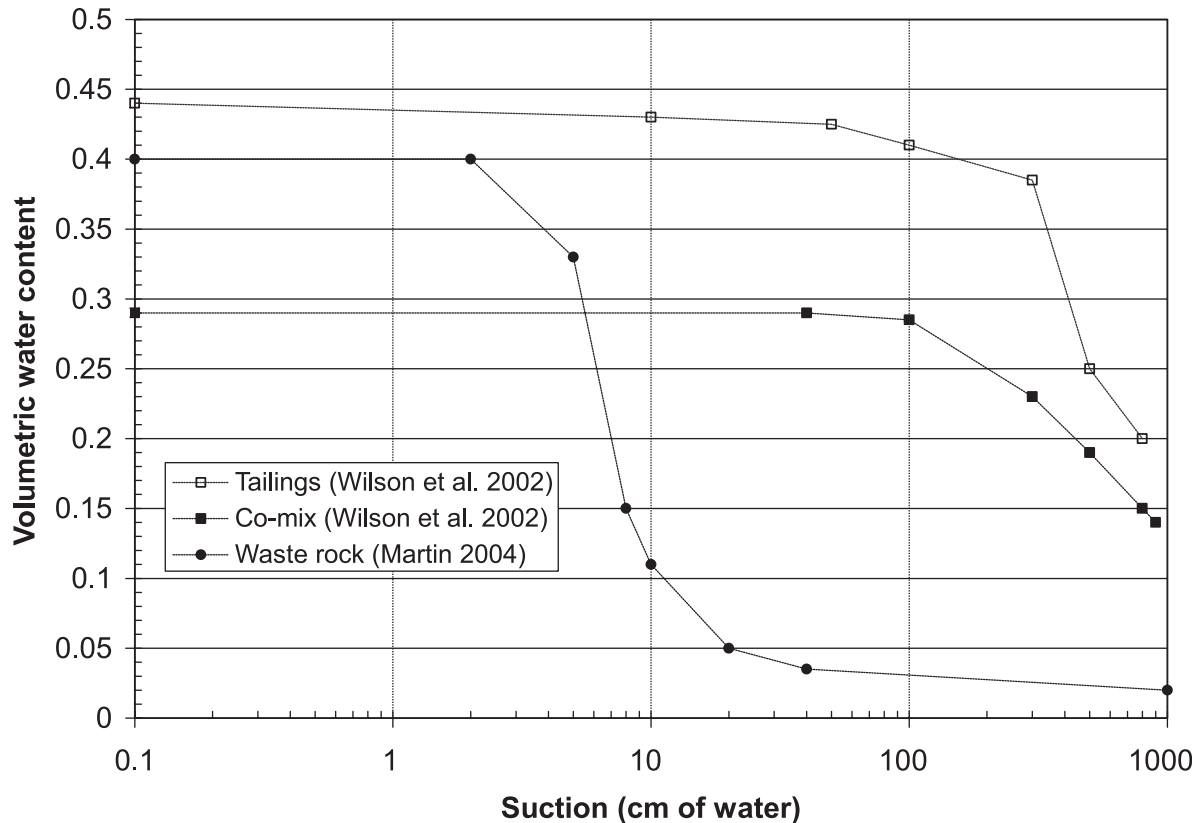
Wilson et al. (2000, 2002, 2003) showed the impact of co-mixing tailings and waste rock on water-retention properties and saturated hydraulic conductivity (k_{sat}) for different mixing ratios varying from 20:1 to 1:1 (waste rock to tailings). Typically, reported values of k_{sat} were between 1×10^{-5} and 2×10^{-5} cm/s for non-compacted co-mix and 5×10^{-6} cm/s for compacted mixtures. These values are in the range of those presented in Table 2 for fine tailings (classified as ML), confirming that co-mixed materials have lower saturated hydraulic conductivity than waste rock (typically between 10^{-3} and 10^{-4} cm/s) (Herasymuik 1996; Martin 2004, Gamache-Rochette 2004). An example of a water-retention curve for a co-mixed material is shown in Fig. 13; it presents the WRC of the tailing used in the mix and of the co-mix: blend ratio of waste rock : tailings of 2:1 (Wilson et al. 2002, 2003). Although the WRC of the waste rock in Fig. 13 is not from the same study, it is typical of waste rock (Martin 2004). By comparing the three WRCs, one can see that tail-

ings fill the voids between the coarse waste rock particles, hence reducing the total porosity n , or the volumetric water content at saturation θ_{sat} , to a value near 0.3. The ψ_a value of the co-mix becomes similar to that of tailings (between 100 and 200 cm of water), which is much higher than that of the waste rock (between 20 and 50 cm of water). These results also show that it is possible to reduce the saturated hydraulic conductivity of waste rock by mixing them with tailings. Numerical modelling performed by Wilson et al. (2000, 2002) confirms that the hydraulic behaviour of a co-mix deposit would be similar to that of a tailings impoundment for humid climatic conditions, with the position of the water table very close to the ground surface. Hence, saturated conditions would prevail through nearly the entire dump and oxygen entry is limited to the diffusion rate of oxygen through nearly saturated porous media. Furthermore, the co-mixing of waste rock and tailings produces a dense, high strength material with low compressibility that would be less prone to physical stability problems than conventional tailings impoundments (Wickland and Wilson 2005). The main advantages of co-mixing are presented in Table 5.

The concept of co-mixing tailings and waste rock is now being evaluated in the field, and it could become a possible solution to reduce environmental impacts related to waste rock and tailings storage facilities. However, the implementation of this approach for hard rock mine sites has not been done on a large scale, even if a successful experience has been reported by the Australian coal industry (e.g., Williams 1996; Morris and Williams 1999).

An important factor with co-mixing is the methods used to blend tailings and waste rock. For laboratory experiments

Fig. 13. Water-retention properties of a typical waste rock (Martin 2004), tailings, and tailings mixed with waste rock at a waste rock: tailings blend ratio of 2:1 (Wilson et al. 2002).



at a small to intermediate scale, a concrete transit mixer has been used successfully (Wickland et al. 2003). At the scale of the mine, combined pumping of tailings and crushed waste rock at a ratio that limits segregation of fine particles and minimizes the risk of pipe blockages seems to be the most promising way to transport and mix the two materials. Alternatives such as blending in a haul truck on a conveyor belt, or mixing at the dump crest, or injection of tailings in waste rock are also being considered.

Many other aspects of co-mixing technology still need to be investigated further for an optimal use, such as the impact of co-mix ratio on hydrogeotechnical material properties, the infrastructure needed for an efficient mixing and storage of co-mix material (dyke, dams, drainage structures in dams, etc.), the acid generation rate of sulphide co-mix material, the rheology of co-mix material when combined pumping is planned, and the impact of adding other material (bentonite, slag, cement) in the co-mix.

Layering co-disposal

Layering co-disposal (the terms “co-mingling” and “layered co-mingling” are also found in the literature) is another option to store tailings and waste rock in the same storage facility. This approach, which basically consists of the addition of layers of tailings in the waste rock pile, aims at controlling AMD production. The addition of fine-grained tailings layers into the waste rock pile may help to reduce oxygen flux and water infiltration (e.g., Lamontagne et al. 1999, 2000; Fala 2002; Fala et al. 2003).

A series of column tests were undertaken to evaluate, in a preliminary manner, simplified scenarios of layering co-disposal. Results showed that the layering reduces the generation of AMD because of the capillary barrier effects at the interfaces between the fine-grained tailings and waste rock layers. However, some oxidation occurred in the columns, confirming that this approach reduces the rate of AMD generation but is not completely eliminated. To further investigate the impact of adding tailings layers in waste rock piles on the acid generation rate, numerical analyses were performed by Lamontagne et al. (1999) using the TOUGH AMD program (Lefebvre 1994). The waste rock pile model was based on Mine Doyon located in the Abitibi-Témiscamingue region, Quebec, Canada (see Lefebvre 1994 for details). Two cases were considered in the numerical study: the actual case of Mine Doyon and the case where fine layers of tailings were integrated into the pile. Numerical results after 5 years showed a significant effect of the fine layers on the pile reactivity. The base case showed thermal oxygen convection driven by the large temperature gradient between the gas within the dump and the outside air; the maximum temperature predicted in the waste rock pile was 65 °C (average temperature of 38 °C after 5 years), while the outside air temperature is set at 5 °C in the model. Results for the layering co-disposal case showed that convection is very limited due to the tailings layers that are nearly saturated. Consequently, the temperature in the waste rock pile remained at relatively low values; the maximum temperature reached in this case was 24 °C (average temperature of 14 °C). These

Table 5. Main advantages, benefits, disadvantages, and uncertainties of co-disposal of tailings and waste rock.

	Co-mixing	Layering co-disposal	Waste rock in impoundments
Objective	Improve physical and chemical stability of tailings and waste rock	Improve chemical stability of waste rock	Improve physical and chemical stability of tailings and waste rock
Principle	Mix tailings with crushed waste rock to produce a new material with better hydrogeological and geotechnical properties	Insert tailings layers in waste rock pile to reduce water infiltration and gas migration	Place waste rock into tailings impoundments to add reinforcement elements and to favour drainage of the tailings
Advantages and benefits	<p>Increases the mechanical strength of the tailings</p> <p>Facilitates rehabilitation of the site</p> <p>Reduces AMD production rate of the waste rock (no advection/convection oxygen movement)</p> <p>Hydraulic properties of co-mixed materials are similar to tailings</p> <p>Strength properties are more similar to waste rock</p> <p>Volume occupied is less than one of the two waste products disposed separately</p> <p>Reduce (and even eliminate for underground mines) the volume of waste rock to store in dumps</p>	<p>Increases the mechanical strength of the tailings</p> <p>Facilitates rehabilitation of the site</p> <p>Reduces AMD production rate of the waste rock (no advection/convection oxygen movement)</p> <p>Water infiltration into the pile can be limited by inclining the tailings layers</p>	<p>Increases the mechanical strength of the tailings</p> <p>Facilitates rehabilitation of the site</p> <p>Reduces AMD production rate of the waste rock (no advection/convection oxygen movement)</p> <p>Reduce (and even eliminate for underground mines) the volume of waste rock stored in separate dumps</p>
Disadvantages and uncertainties	<p>Co-disposal is still a conceptual approach</p> <p>Reduction of the oxidation rate of sulphide minerals</p> <p>Method to identify the optimal co-mix ratio is still to be developed</p> <p>Rheology of co-mix (if pumping is used) is not well known</p> <p>Impact of co-mixing on physical and chemical properties of the mixture is not well understood</p>	<p>Co-disposal is still a conceptual approach</p> <p>Reduction of the oxidation rate of sulphide minerals</p> <p>Works to identify the optimal geometry and properties of the tailings layers is still needed</p> <p>Impact of climatic conditions on the efficiency has to be evaluated</p>	<p>Co-disposal is still a conceptual approach</p> <p>Reduction of the oxidation rate of sulphide minerals</p> <p>All waste rock cannot be stored in impoundments for open pit mines</p> <p>Optimal design criteria must be developed</p>

Fig. 14. (a) Numerical analysis results for horizontal layering co-disposal, conceptual model ($H_t = 20$ m; $H_p = 10$ m; $L_{b1} = 50$ m; $L_{b2} = 25$ m; $L_s = 5$ m; $E_p = 0.5$ m) and corresponding water content after 3 years (modified from Fala 2002). (b) Numerical analysis results for inclined layering co-disposal, conceptual model ($H_t = 20$ m; $H_p = 10$ m; $L_{b1} = 50$ m; $L_{b2} = 25$ m; $L_s = 5$ m; $E_p = 0.5$ m) and corresponding water content after 3 years (modified from Fala 2002).

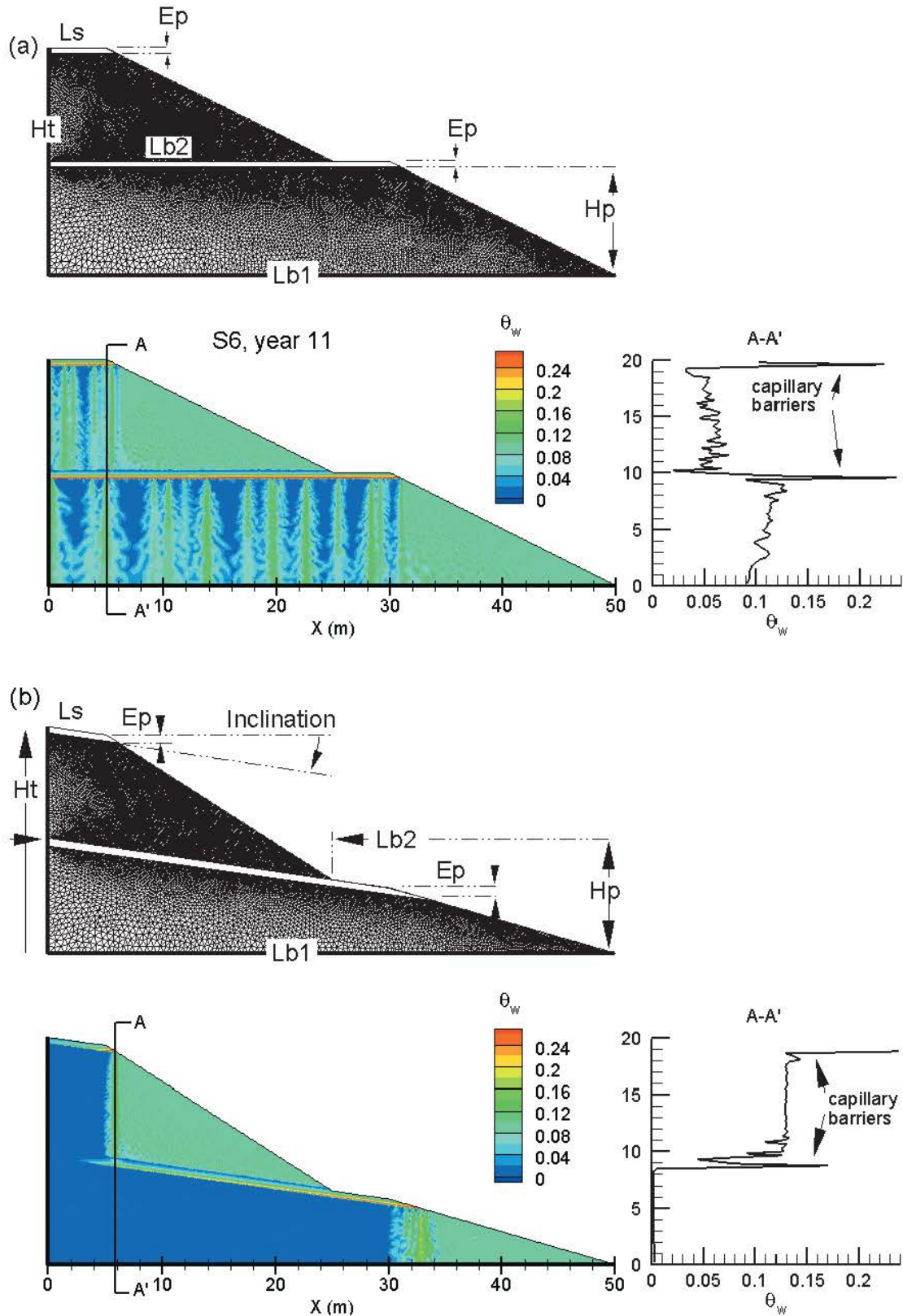
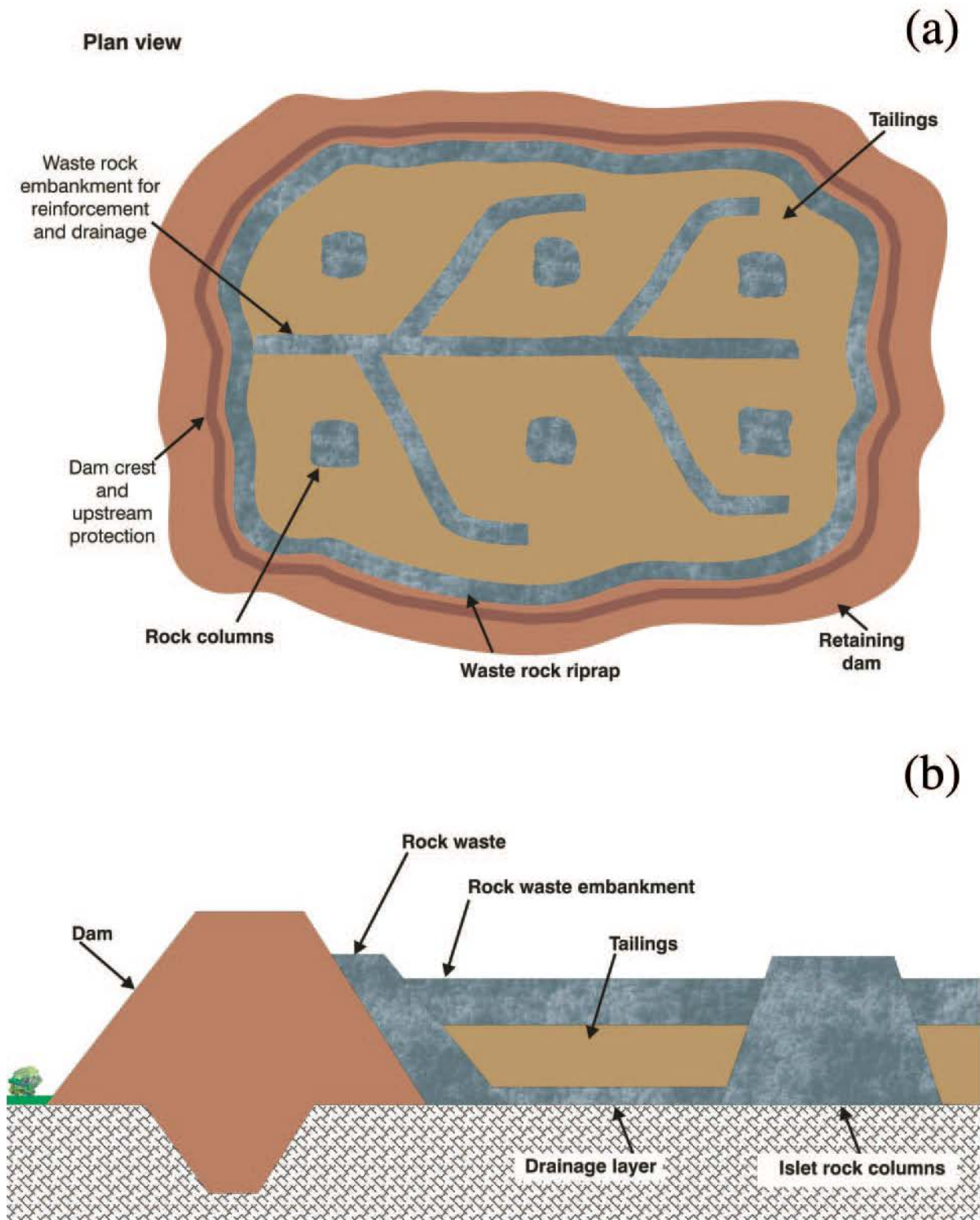


Fig. 15. Schematic representation of co-disposal of waste rock in impoundments: (a) plan view, (b) section through the first rock column line (translated from Aubertin et al. 2002b).



and other results showed that such layering co-disposal would not eliminate AMD generation, but it can help to delay the onset of AMD production and minimize its magnitude, thus reducing AMD problems.

Other numerical analyses were performed to investigate the effect of layering co-disposal on water infiltration and

AMD generation (Fala 2002; Fala et al. 2003, 2005, 2006; Molson et al. 2005). One of the scenarios studied was a 20 m waste rock pile in which two horizontal fine layers (coarse tailings similar to a sand) of approximately 1 m thick are placed, one at the top and one in the middle, within the waste rock material (Fig. 14a). For climatic conditions simi-

lar to those in the Abitibi-Témiscamingue region in the province of Quebec, infiltration through the pile is still significant and is concentrated into preferential flow channels (see Fig. 14). Numerical simulation using a multi-component pyrite oxidation and reactive transport model showed that the impact of fine-grained tailings layers on water quality is not significant when the tailings layers are horizontal (Molson et al. 2005). After 20 years, the pH at the base of the pile drops to values below 3 and the sulphate and ferrous iron concentrations increased to 100 000 mg/L and 1 000 mg/L, respectively. However, when the fine layers are inclined at 5%, water is diverted by the capillary barrier effects created at the interface between the coarse waste rock and the tailings (e.g., Bussière et al. 2003a, Fala et al. 2005, 2006). The discharge zone is therefore reduced to a peripheral ring near the pile toe; for a given pile height, the radius of this ring will decrease as the pile slope is increased (see Fig. 14b). Long-term control of AMD could be achieved if this outer zone is constructed using low or non-reactive waste rock material and if the tailings used for the co-layering is not acid generating (Molson et al. 2005). The higher moisture content towards the pile surface may also tend to reduce oxygen movement into the dump due to the higher degree of saturation at the external boundaries.

To the knowledge of the author, no application of controlled layering has been reported, even if “natural” layering appears in most waste rock dumps due to segregation during placement. Different parameters of layering co-disposal are presently being investigated to optimize this application: the distance between layers, the thickness and properties of the tailings layers, the angle of the layers, the grain size compatibility of both materials (internal stability of the fine particles), and the impact of climatic conditions on the performance. The development of efficient hydrogeochemical numerical models to predict the behaviour of layered waste rock piles is also a critical issue for a broader use of this approach.

Waste rock in impoundments

Physical stability issues of impoundments are mainly related to tailings hydrogeotechnical properties and to the deposition method used. Over time, tailings from hard rock mines may consolidate, which increases the in situ density and strength. Unfortunately, the time required to reach the required mechanical state to ensure their stability may exceed the operating period. To improve mechanical characteristics of tailings impoundments, the placement of waste rock structures into the tailings impoundment can be considered. In that regard, Aubertin et al. (2002b) proposed to place waste rock on the upstream faces of dams, at the base of the impoundment to act as drainage layer, and inside the impoundment to create coarse-grained structures that could separate the impoundment into several cells and waste rock islets that act as drainage columns (see Fig. 15). The main objectives of placing waste rock into tailings impoundments are to add reinforcement elements and to favour drainage of the tailings. The drainage carpets increase the consolidation rate and the in situ density of the tailings and consequently improve their geotechnical properties. The geometry of these structural elements (size, distance between elements, shape, etc.) depends on both tailings and waste rock hydrogeotech-

nical properties. Other parameters to consider for the design of such co-disposal strategies are tailings thickness, critical conditions induced by the liquefaction (static or dynamic) of the tailings, and grain size compatibility of both materials (filter criteria and internal stability of particles).

The placement of waste rock into tailings impoundments is also attractive to reduce AMD production from sulphide waste rock. As mentioned previously, properties of traditional waste rock piles favour the production of AMD because of the high air and water permeability of the pile. By placing waste rock into the tailings, the availability of atmospheric oxygen is reduced by the fine-grained tailings. The application of rehabilitation strategies on tailings impoundments that contain waste rock is also simpler than strategies applicable to waste rock piles.

For underground mines, the co-disposal of waste rock into tailings impoundment can practically eliminate the need for building waste rock piles (typical ratio of waste rock : tailings is between 1:10 to 3:10). The co-disposal of waste rock in impoundments may also be interesting for open pit mines where the relative proportion of waste rock is much greater. Even if all the waste rock cannot be stored in the impoundment, the volume co-disposed will be less reactive and the physical stability of the tailings storage area will be improved. An investigation is underway to define design criteria that are related to material properties and site parameters to apply this co-disposal approach. Table 5 presents a summary of the main advantages, benefits, disadvantages and uncertainties of the three co-disposal approaches presented in this section.

Summary

Every year, hard rock mining operations produce a large amount of tailings, which must be managed properly to protect the environment. The main geoenvironmental concerns related to the disposal of hard rock tailings include the geotechnical instability of tailings impoundments and the contamination of surface water and groundwater by the mine effluents that could adversely affect the nearby ecosystems. The main objectives of this paper were to present an historical overview of tailings management and the current approaches used by the mining industry, to give typical hydrogeotechnical properties of tailings from hard rock mines, and to describe new approaches proposed recently, mainly since the 1980s, to reduce environmental risks associated with tailings management.

Tailings from hard rock mines are mainly composed of silty size particles and have properties similar to natural silt, or silty sands, with low plasticity. The properties of tailings deposited into traditional impoundments are also a function of the distance from the point of discharge. Hard rock tailings can be classified as sand, usually near the point of discharge, or as non-plastic silt depending on their location in the impoundment. Typically, their saturated hydraulic conductivity varies between 10^{-4} and 10^{-6} cm/s, while the air entry value is usually between 10 and 50 kPa. Because of the high angularity of particles, the drained angle of friction of tailings from hard rock mines is usually greater than 30° , and the drained cohesion is usually close to zero.

The historical overview showed that tailings impoundments created by constructing dykes made of the tailings

themselves and (or) from natural soils were constructed as early as the 1920s. Because tailings are traditionally transported and disposed as a slurry into the impoundment, their in situ properties can be detrimental to the chemical and physical stability of the disposal area. Tailings are in a rather loose state initially, with high water content and low mechanical strength. Over time, tailings may consolidate, which increases the in situ density and strength. However, because of the fineness of tailings that implies a relatively low saturated hydraulic conductivity and unfavourable consolidation properties, the time required to reach acceptable properties to ensure their stability may exceed the operating period. Also, mine tailings located in surface impoundment are exposed to the atmosphere. The water table, depending on climatic conditions, is located a few centimetres to few metres from the surface. This means that unsaturated conditions may prevail near the surface and that the atmospheric oxygen is available for the oxidation of sulphide minerals contained in the tailings. To limit the environmental impacts of surface tailings disposal, some modifications have been developed and implemented, and new remediation methods have been adopted. However, these methods can be costly, difficult to implement and control, and their long term response is not yet well understood.

The present paper focused on four emerging approaches aimed at improving the physical and chemical stability of tailings storage area, namely, densified tailings, environmental desulphurization, covers built with low sulphide tailings, and co-disposal of tailings and waste rock. The detailed descriptions given in the paper are summarized in three tables (see Tables 3–5), which express the main advantages and benefits, together with the disadvantages and uncertainties associated with each method. The four emerging approaches can be used alone or in conjunction. For example, environmental desulphurization of tailings can be used to separate the sulphide from the gangue minerals. The sulphide concentrate can then be stored underground as cemented paste backfill while the desulphurized (nonacid generating) fraction can be pumped in a specific area at the surface as densified tailings (TT, PT or FT).

Since these techniques are still under development, more work is required to optimize their application and facilitate their implementation on actual mine sites. These emerging approaches would allow reducing environmental risks by improving hydrogeotechnical and geochemical properties of the tailings. Capital and operating costs associated with these new approaches can be higher than those associated with traditional tailings management methods, but the differences may be offset by taking into account environmental considerations such as site rehabilitation costs and long term environmental risks. When these are integrated into the analysis, these emerging approaches can become economically competitive.

Acknowledgements

I would like to acknowledge Dr. Michel Aubertin for his support and assistance during the preparation this Colloquium. My acknowledgments also go to my colleagues at Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue (UQAT) and the Ecole Polytechnique Montreal, who have helped me during the preparation of the presentation and the manuscript. I would like to specifically thank Nil Gaudet and Lucette De-

gagné for help with the figures, and Mamert Mbonimpa, John Molson, Isabelle Demers, and Jill Baldwin for helping improve the quality of the manuscript. Finally, we acknowledge the Natural Sciences and Engineering Research Council of Canada, the Canada Research Chair program, and our various partners for their support of our Industrial Research Chair on the environment and mine waste management.

References

- Aachib, M., Aubertin, M., and Chapuis, R.P. 1994. A laboratory investigation of milling wastes properties used to build cover systems in column tests. *In Proceedings of the International Land Reclamation and Mine Drainage Conference and 3rd International Conference on the Abatement of Acidic Drainage*, Pittsburgh, 24–29 April 1994. United States Department Interior, Bureau of Mines, Special Publication SP 06A–94. Vol. 2, pp. 128–137.
- Abadjiev, C.B. 1976. Seepage through mill tailings. *In Proceedings of the 12th International Congress on Large Dams*, Mexico City, Q.44, R.18, pp. 381–392.
- Abadjiev, C.B. 1985. Estimation of the physical characteristics of deposited tailings dams of nonferrous metallurgy. *In Proceedings of the 11th International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering*, San Francisco, Calif. A.A. Balkema, Rotterdam, the Netherlands. Vol. 3, pp. 1231–1234.
- Achterberg, E.P., Braungardt, C., Morley, N.H., Elbaz-Poulichet, F., and Leblanc, M. 1999. Impact of Los Frailes mine spill on riverine, estuarine and coastal waters in southern Spain. *Water Research*, **33**: 3387–3394. doi:10.1016/S0043-1354(99)00282-1.
- Adu-Wusu, C., Yanful, E.K., and Mian, M.H. 2001. Field evidence of resuspension in a mine tailings pond. *Canadian Geotechnical Journal*, **38**: 796–808. doi:10.1139/cgj-38-4-796.
- Agricola, G. 1556. *De Re Metallica*. Translated by H.C. Hoover, and L.H. Hoover in 1912. Reprinted 1950, Dover Publications, New York.
- Al, T.A., and Blowes, D.W. 2000. Identification of preferential flow effects on hydraulic conductivity measurements using a fluorescent tracer. *Canadian Geotechnical Journal*, **37**: 479–484. doi:10.1139/cgj-37-2-479.
- Albright, W.H., Benson, C.H., Gee, G.W., Roesler, A.C., Abichou, T., Apiwantragoon, P., Lyles, B.F., and Rock, S.A. 2004. Field water balance of landfill final covers. *Journal of Environmental Quality*, **33**: 2317–2332. PMID:15537955.
- Amyot, D., and Vézina, S. 1997. Flooding as a reclamation solution to an acidic tailings pond—the Solbec case. *In Proceedings of the 4th International Conference on Acid Rock Drainage (ICARD)*, Vancouver, B.C., 31 May – 6 June 1997. Vol. 2, pp. 451–464.
- Aubertin, M., and Chapuis, R.P. 1991a. Critères de conception pour les ouvrages de retenue des résidus miniers dans la région de l’Abitibi. *In Proceedings of the 1st Canadian Conference on Environmental Geotechnics*, Montreal, Que. Edited by M. Aubertin and R.P. Chapuis. The Canadian Geotechnical Society and the St-Lawrence Centre. pp. 113–127.
- Aubertin, M., and Chapuis, R.P. 1991b. Considérations hydrogéotechniques pour l’entreposage des résidus miniers dans le nord-ouest du Québec. *In Proceedings of the 2nd International Conference on the Abatement of Acidic Drainage*, Montréal, Que. Vol. 3, pp. 1–22.
- Aubertin, M., Chapuis, R.P., Aachib, M., Bussière, B., Ricard, J.-F., and Tremblay, L. 1995. Évaluation en laboratoire de barrières sèches construites à partir de résidus miniers. *Mine Environment Neutral Drainage (MEND) Report 2.22.2a*. Secrétariat CANMET, Ottawa, Ont.

- Aubertin, M., Bussière, B., and Chapuis, R.P. 1996. Hydraulic conductivity of homogenized tailings from hard rock mines. *Canadian Geotechnical Journal*, **33**: 470–482.
- Aubertin, M., Aachib, M., Monzon, M., Joanes, A.-M., Bussière, B., and Chapuis, R.P. 1997. Étude de laboratoire sur l'efficacité des barrières de recouvrement construites à partir de résidus miniers. Mine Environment Neutral Drainage (MEND) Report 2.22.2b. Secretariat CANMET, Ottawa, Ont.
- Aubertin, M., Ricard, J.-F., and Chapuis, R.P. 1998. A predictive model for the water retention curve: application to tailings from hard-rock mines. *Canadian Geotechnical Journal*, **35**: 55–69. doi:10.1139/cgj-35-1-55.
- Aubertin, M., Bussière, B., Joanes, A.-M., and Monzon, M., Gagnon, D., Barbera, J.M., Bédard, C., Chapuis, R.P., and Bernier, L. 1999. Projet sur les barrières sèches construites à partir de résidus miniers, Phase II: essais en place. Mine Environment Neutral Drainage (MEND) 2.22.2c, Secretariat CANMET, Ottawa, Ont.
- Aubertin, M., Bussière, B., and Bernier, L. 2002a. Environnement et gestion des résidus miniers [manual on CD-ROM]. Les Presses Internationales Polytechnique, École Polytechnique de Montréal, Que.
- Aubertin, M., Mbonimpa, M., Jollette, D., Bussière, B., Chapuis, R.P., James, M., and Riffon, O. 2002b. Stabilité géotechnique des ouvrages de retenue pour les résidus miniers: problèmes persistants et méthodes de contrôle [CD-ROM]. In *Symposium 2002 on Mining and the Environment: Challenges and Prospects*, Rouyn-Noranda, Que., 3–5 November 2002. Canadian Institute of Mining, Metallurgy, and Petroleum, Paper s32a1019p526.
- Aubertin, M., Mbonimpa, M., Bussière, B., and Chapuis, R.P. 2003. A model to predict the water retention curve from basic geotechnical properties. *Canadian Geotechnical Journal*, **40**: 1104–1122. doi:10.1139/t03-054.
- Aubertin, M., Fala, O., Molson, J., Gamache-Rochette, A., Lahmira, B., Martin, V., Lefebvre, R., Bussière, B., Chapuis, R.P., Chouteau, M., and Wilson, G.W. 2005. Evaluation 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.
- Barbour, S.L., Wilson, G.W., and St-Arnaud, L.C. 1993. Evaluation of the saturated-unsaturated groundwater conditions of a thickened tailings deposit. *Canadian Geotechnical Journal*, **30**: 935–946.
- Bell, A.V. 1987. Prevention of acid generation in base metal tailings and waste rock. In *Proceedings of the Acid Mine Drainage Seminar/Workshop*, Halifax, N.S., 23–26 March 1987. Minister of Supply and Services Canada, Catalogue No. En 40–11–7/1987, pp. 391–410.
- Benzaazoua, M., and Bussière, B. 1999. Desulphurization of tailings with low neutralizing potential: kinetic study and flotation modeling. In *Proceedings of the Sudbury '99 Conference, Mining and the Environment II*, Sudbury, Ont., 13–17 September 1999. Edited by D. Goldstack, N. Belzile, P. Yearwood, and G. Hall. Vol. 1, pp. 29–38.
- Benzaazoua, M., and Kongolo, M. 2003. Physico-chemical properties of tailing slurries during environmental desulphurization by froth flotation. *International Journal of Mineral Processing*, **66**: 221–234.
- Benzaazoua, M., Bussière, B., Kongolo, M., Mclaughlin, J., and Marion, P. 2000. Environmental desulphurization of four Canadian mine tailings using froth flotation. *International Journal of Mineral Processing*, **6**: 57–74.
- Benzaazoua, M., Belem, T., and Bussière, B. 2002. Chemical factors that influence the performance of mine sulphidic paste backfill. *Cement and Concrete Research*, **32**: 1133–1144. doi:10.1016/S0008-8846(02)00752-4.
- Benzaazoua, M., Fall, M., and Ouellet, S. 2003. Étude pluridisciplinaire visant à mettre au point un outil expert pour la prédiction du comportement des remblais en pâte. Final IRSST Report, Contract IRSST No. 099–085.
- Benzaazoua, M., Pérez, P., Belem, T., and Fall, M. 2004a. A laboratory study of the behaviour of surface paste disposal. In *Proceedings of the 8th International Symposium on Mining with Backfill*, The Nonferrous Metals Society of China, Beijing, September 2004. pp. 180–192.
- Benzaazoua, M., Marion, P., Picquet, I., and Bussière, B. 2004b. The use of pastefill as a solidification and stabilization process for the control of acid mine drainage. *Minerals Engineering*, **17**: 233–243. doi:10.1016/j.mineng.2003.10.027.
- Bertie, G., Villa, F., Dovera, D., Genevois, R., and Brauns, J. 1988. The disaster of Stava. In *Proceedings Special Conference on Hydraulic Fill Structures*. Edited by D.A. Van Zyl and S.G. Vick. ASCE, Special Geotechnical Publication, No. 21, pp. 492–509.
- Blight, G.E. 1969. Shear stability of dumps and dams of gold mining waste. *The Civil Engineer in South Africa*, **11**: 49–54.
- Blight, G.E. 2003. Quantified comparisons of disposal of thickened and unthickened tailings. In *Proceedings of the 10th International Conference on Tailings and Mine Waste '03*, Fort Collins, Colo., 12–15 October 2003. A.A. Balkema, Rotterdam, the Netherlands. pp. 63–71.
- Blight, G.E., and Steffen, O.K.H. 1979. Geotechnics of gold mining waste disposal. In *Proceedings of Current Geotechnical Practice in Mine Waste Disposal*. Edited by The Committee on Embankment Dams and Slopes of the Geotechnical Engineering Division. American Society of Civil Engineering, New York. pp. 1–52.
- Blinde, A., and Brauns, J. 1970. The use of tailings in the construction of dams settling ponds. In *Proceeding of the 10th Congress on Large Dams*, Montreal, Que. International Commission on Large Dams, Paris. Vol. 1, pp. 405–421.
- Bois, D., Poirier, P., Benzaazoua, M., Bussière, B., and Kongolo, M. 2005. A feasibility study on the use of desulphurized tailings to control acid drainage. *CIM (Canadian Mining and Metallurgical) Bulletin*, **98**(1087): 74 [Complete version on the web site www.cim.org].
- Brale, S.A. 1949. Annual Summary Report of Commonwealth of Pennsylvania, Department of Health Industrial Fellowship No. B-3. Pittsburgh: Mellon Institute of Industrial Research.
- Brale, S.A. 1960. Special Report on the Oxidation of Pyritic Conglomerate. Coal Advisory Committee of the Ohio River Valley Water Sanitation Commission, Research Project No. 370–376.
- Bramble, W.C., and Ashley, R.H. 1955. Natural revegetation of spoil banks in central Pennsylvania. *Ecology*, **36**: 417–423. doi:10.2307/1929577.
- Brawner, C.O. 1978. Concepts and experience for subsurface storage of tailings. In *Proceedings of the 2nd International Tailings Symposium, Tailings Disposal Today*, Denver, Colo., May 1978. Edited by G.O. Argall, Jr. Miller Freeman Publications Inc., San Francisco, Calif. pp. 153–177.
- Brawner, C.O., and Campbell, D.B. 1973. The tailings structure and its characteristics—a soils engineer's viewpoint. In *Proceeding of Tailings Disposal Today*, Tucson, Ariz., 31 October – 3 November 1973. Edited by C.L. Aplin and G.O. Argall, Jr. Miller Freeman Publications Inc., San Francisco, Calif. pp. 59–101.
- Brisson, P., Garga, V.K., and Vanapalli, S.K. 2002. Determination of unsaturated flow characteristics in mine tailings. In *Proceedings of the 55th Canadian Geotechnical Conference and 3rd*

- Joint International Association of Hydrogeologists – Canadian National Chapter and Canadian Geotechnical Society (IAH-CNC/CGS): Ground and Water: Theory to practice, Niagara Falls, Ont., 20–23 October 2002. pp. 419–426.
- Bussière, B. 1993.  valuation des propriétés hydrogéologiques de rejets miniers utilisés comme barrières de recouvrement. M.Sc. thesis, Department of Mineral Engineering,  cole Polytechnique de Montréal, Montréal, Que.
- Bussière, B., and Aubertin, M. 1999. Clean tailings as cover material for preventing acid mine drainage: an *in situ* experiment. In Proceedings of the Sudbury '99 Conference, Mining and the Environment II, Sudbury, Ont., 13–17 September 1999. *Edited by* D. Goldstack, N. Belzile, P. Yearwood, and G. Hall. Vol. 1, pp. 19–28.
- Bussière, B., Nicholson, R.V., Aubertin, M., and Servant, S. 1997. Effectiveness of covers built with desulphurized tailings: column tests investigation. In Proceedings of the 4th International Conference on Acid Rock Drainage (ICARD), Vancouver, B.C., 31 May – 6 June 1997. Vol. 2, pp. 763–778.
- Bussière, B., Benzaazoua, M., Aubertin, M., Leli vre, J., Bois, D., and Servant, S. 1998. Valorisation des r sids miniers: une approche int gr e – Phase II. Final Report submitted to the Ministère des Ressources Naturelles du Québec, MEND Program.
- Bussière, B., Aubertin, M., and Chapuis, R.P. 2003a. The behaviour of inclined covers used as oxygen barriers. *Canadian Geotechnical Journal*, **40**: 512–535. doi:10.1139/t03-001.
- Bussière, B., Maq oud, A., Aubertin, M., Martschuk, J., Mcmulen, J., and Julien, M. 2003b. Results from the monitoring program at the LTA site: hydraulic behaviour of the cover [CD-ROM]. In Proceedings of the 105th Annual General Meeting of CIM — CIM/ICM Montreal 2003, 4–7 May 2003. Canadian Institute of Mining, Metallurgy, and Petroleum, Paper s33a1263p892.pdf.
- Bussière, B., Chapuis, R.P., and Aubertin, M. 2003c. Unsaturated flow modeling for exposed and covered tailings dams. In Proceedings of the International Symposium on Major Challenges in Tailings Dams, CIGB-ICOLD Montréal 2003, 15 June 2003. *Organized by* the Mining Association of Canada (MAC), the Canadian Institute of Mining, Metallurgy and Petroleum (CIM), and the Canadian Geotechnical Society (CGS). pp. 57–70.
- Bussière, B., Benzaazoua, M., Aubertin, M., and Mbonimpa, M. 2004. A laboratory study of covers made of low sulphide tailings to prevent acid mine drainage. *Environmental Geology*, **45**: 609–622. doi:10.1007/s00254-003-0919-6.
- Bussière, B., Aubertin, M., Zagury, G.Z., Potvin, R., and Benzaazoua, M. 2005. Principaux défis et pistes de solution pour la restauration des aires d'entreposage de rejets miniers abandonn es [CD-ROM]. In Symposium 2005 on Mining and the Environment, Rouyn-Noranda, Que., 15–18 May 2005. Canadian Institute of Mining, Metallurgy, and Petroleum.
- Bussière, B., Aubertin, M., Mbonimpa, M., Molson, J.W., and Chapuis, R.P. 2007. Field experimental cells to evaluate the hydrogeological behaviour of oxygen barriers made of silty materials. *Canadian Geotechnical Journal*, **44**: 245–265. doi:10.1139/T06-120.
- Cabral, A., Racine, I., Burnotte, F., and Lefebvre, G. 2000. Diffusion of oxygen through a pulp and paper residue barrier. *Canadian Geotechnical Journal*, **37**: 201–217. doi:10.1139/cgj-37-1-201.
- Caruccio, F.T., and Parizek, R.R. 1968. An evaluation of factors affecting acid mine drainage production and ground water interactions in selected areas of Western Pennsylvania. In Proceedings of the 2nd Symposium on Coal Mine Drainage Research, Carnegie-Mellon University, Coal Industry Advisory Committee, Pittsburgh, Penn., 14–15 May 1968. pp. 107–151.
- Casagrande, L., and MacIver, B.N. 1970. Design and construction of tailings dams. In 1st Symposium on Stability of Open Pit Mines, November 1970, Vancouver, B.C., 23–25 November 1970. pp. 181–203.
- Chapuis, R.P. 2004. Predicting the saturated hydraulic conductivity of sand and gravel using effective diameter and void ratio. *Canadian Geotechnical Journal*, **41**: 787–795. doi:10.1139/t04-022.
- Chapuis, R.P., and Aubertin, M. 2001. A simplified method to estimate saturated and unsaturated seepage through dikes under steady-state conditions. *Canadian Geotechnical Journal*, **38**: 1321–1328. doi:10.1139/cgj-38-6-1321.
- Chapuis, R.P., and Aubertin, M. 2003. On the use of the Kozeny-Carman equation to predict the hydraulic conductivity of soils. *Canadian Geotechnical Journal*, **40**: 616–628. doi:10.1139/t03-013.
- Chen, P.K., Keshian, B., Jr., and Guros, F.B. 1988. Settlement of uranium mine tailings. In Proceedings of Hydraulic Fill Structures, American Society of Civil Engineers (ASCE). *Edited by* D.A. Van Zyl and S.G. Vick. pp. 227–253.
- Childs, E.C., and Collis-George, G.N. 1950. The permeability of porous materials. Proceedings of the Royal Society of London. Series A, **201**: 392–405.
- Cincilla, W.A., Landriault, D.A., and Verburg, R. 1997. Application of paste technology to surface disposal of mineral wastes. In Proceeding of Proceedings of the 4th International Conference on Tailings and Mine Waste '97, Fort Collins, Colo., 13–17 January 1997. A.A. Balkema, Rotterdam, the Netherlands. pp. 343–356.
- Coates, D.F., and Yu, Y.S. (Editors). 1977. Pit Slope Manual, Chap. 9. Waste Embankments, CANMET, Report 77–1. p. 137.
- Colmer, A.R., and Hinckle, M.E. 1947. The role of microorganisms in acid mine drainage: a preliminary report. *Science*, **106**: 253–256. doi:10.1126/science.106.2751.253.
- Condon, P. 1999. Improved waste rock pile design at Kennecott Greens Creek mine. In Proceeding of the 6th International Conference on Tailings and Mine Waste '99, Fort Collins, Colo., 24–27 January 1999. A.A. Balkema, Rotterdam, the Netherlands. pp. 115–123.
- Crowder, J.J., Grabinsky, M.W.F., and Klein, K.A. 2002. Laboratory Characterization of tailings paste for surface disposal. In Proceedings of the 55th Canadian Geotechnical Conference and 3rd Joint International Association of Hydrogeologists – Canadian National Chapter and Canadian Geotechnical Society (IAH-CNC/CGS): Ground and Water: Theory to practice, Niagara Falls, Ont., 20–23 October 2002. pp. 401–409.
- Dagenais, A.-M. 2005. Techniques de contrôle du DMA basées sur les effets capillaires, Ph.D. thesis, Department of Civil, Geological, and Mining Engineering,  cole Polytechnique de Montréal, Montreal, Que.
- Dagenais, A.-M., Aubertin, M., and Bussière, B. 2006. Parametric study on the water content profiles and oxidation rates in nearly saturated tailings above the water table [CD-ROM]. In Proceedings of the 7th International Conference on Acid Rock Drainage (ICARD) and the 23rd Annual Meetings of the American Society of Mining and Reclamation, St. Louis, Mo., 26–30 March 2006. *Edited by* R.I. Barnhisel. American Society of Mining and Reclamation, Lexington, Ky. pp. 405–420.
- Daniel, D.E., and Koerner, R.M. 1993. Cover systems. In Proceedings of Geotechnical Practice for Waste Disposal, London, UK. *Edited by* D.E. Daniel. Chapman & Hall. pp. 455–497.
- Davies, M.P. 2002. Tailings impoundment failures: are geotechnical engineers listening? *Geotechnical News*, September 2002, pp. 31–36.

- Davies, M.P., and Rice, S. 2001. An alternative to conventional tailings management – “dry stack” filtered tailings. *In Proceedings of the 8th International Conference on Tailings and Mine Waste '01*, Fort Collins, Colo., 15–18 January 2001. A.A. Balkema, Rotterdam, the Netherlands. pp. 411–420.
- Department of Energy, Mines, and Resources. 1972. Tentative design guide for mine waste embankments in Canada. Mines Branch, Technical Bulletin No. 145. Information Canada, Ottawa, Ont.
- Dobry, R., and Alvarez, L. 1967. Seismic failures of Chilean tailings dams. *Journal of Soil Mechanics and Foundations Division, ASCE*, **93**(6): 237–260.
- Dopson, G.W., and McGregor, D. 1973. Magma Copper Company's San Manuel No. 10 tailings dam: design, construction and operation. *In Proceeding of Tailings Disposal Today*, Tucson, Ariz., 31 October – 3 November 1973. *Edited by* C.L. Aplin and G.O. Argall, Jr. Miller Freeman Publications Inc., San Francisco, Calif. pp. 283–295.
- Down, C.G., and Stocks, J. 1977. *Environmental impact of mining*. John Wiley & Sons Inc., New York.
- Elberling, B., and Nicholson, R.V. 1996. Field determination of sulphide oxidation rates in mine tailings. *Water Resources Research*, **32**: 1773–1784. doi:10.1029/96WR00487.
- Elberling, B., Nicholson, R.V., and David, D.J. 1993. Field evaluation of sulphide oxidation rates. *Nordic Hydrology*, **24**: 323–338.
- Evangelou, V.P. 1995. *Pyrite oxidation and its control*. CRC Press, Boca Raton, Fla.
- Fala, O. 2002. Étude des écoulements non saturés dans les haldes à stériles à l'aide de simulations numériques. M.Sc. thesis, Department of Civil, Geological, and Mining Engineering, École Polytechnique de Montréal, Montreal, Que.
- Fala, O., Aubertin, M., Molson, J., Bussière, B., Wilson, G.W., and Martin, V. 2003. Numerical modelling of unsaturated flow in uniform and heterogeneous waste rock piles. *In Proceedings of 6th International Conference on Acid Rock Drainage (ICARD): Application and Sustainability of Technologies*, Cairns, Australia, 14–17 July 2003. *Edited by* T. Farrell and G. Taylor. Australian Institute of Mining and Metallurgy (AusIMM), Carlton South, Australia. pp. 895–902.
- Fala, O., Molson, J., Aubertin, M., Bussière, B., and Chapuis, R.P. 2005. Numerical modelling of flow and capillary barrier effects in unsaturated waste rock piles. *Mine Water and the Environment*, **24**: 172–185. doi:10.1007/s10230-005-0093-z.
- Fala, O., Molson, J., Aubertin, M., Bussière, B., and Chapuis, R.P. 2006. Numerical simulations of long term unsaturated flow and acid mine drainage at waste rock piles [CD-ROM]. *In Proceedings of the 7th International Conference on Acid Rock Drainage (ICARD) and the 23rd Annual Meetings of the American Society of Mining and Reclamation*, St. Louis, Mo., 26–30 March 2006. *Edited by* R.I. Barnhisel. American Society of Mining and Reclamation, Lexington, Ky. pp. 582–597.
- Fourie, A.B. 2006. Liquefaction potential of surface deposits of high-density thickened tailings. *In Proceedings of the 9th International Seminar on Paste and Thickened Tailings*, Paste 2006, Limerick, Ireland, 3–7 April 2006. *Edited by* R. Jewell, S. Lawson, and P. Newman. Australian Centre for Geomechanics, Perth, Australia. pp. 107–116.
- Fourie, A.B., and Papageorgiou, G. 2001. Defining an appropriate steady state line for Merriespruit gold tailings. *Canadian Geotechnical Journal*, **38**: 695–706. doi:10.1139/cgj-38-4-695.
- Fourie, A.B., Blight, G.E., and Papageorgiou, G. 2001. Static liquefaction as a possible explanation for the Merriespruit tailings dam failure. *Canadian Geotechnical Journal*, **38**: 707–719. doi:10.1139/cgj-38-4-707.
- Fredlund, D.G., and Rahardjo, H. 1993. *Soil mechanics for unsaturated soils*. John Wiley & Sons Inc., New York.
- Fredlund, D.G., and Xing, A. 1994. Equations for the soil–water characteristic curve. *Canadian Geotechnical Journal*, **31**: 521–532.
- Gamache-Rochette, A. 2004. Water flow characterization in unsaturated rock waste piles using *in situ* hydrogeological tests. M.Sc. thesis, Department of Civil, Geological, and Mining Engineering, École Polytechnique de Montréal, Montréal, Que.
- Garrels, R.M., and Thompson, M.E. 1960. Oxidation of pyrite in ferric sulfate solution. *American Journal of Science*, **258**: 57–67.
- Girucky, F.E. 1973. New tailing dam construction at White Pine. *In Proceeding of Tailings Disposal Today*, Tucson, Ariz., 31 October – 3 November 1973. *Edited by* C.L. Aplin and G.O. Argall, Jr. Miller Freeman Publications Inc., San Francisco, Calif. pp. 734–761.
- Godbout, J. 2005. Évolution des propriétés hydriques des remblais miniers cimentés en pâte durant le curage. M.Sc. thesis, Department of Civil, Geological, and Mining Engineering, École Polytechnique de Montréal, Montréal, Que.
- Golder Associates. 1996. Construction and instrumentation of a multi-layer cover at Les Terrains Aurifères, Québec, Canada. Mine Environment Neutral Drainage (MEND) February 1999, Secretariat CANMET, Ottawa, Ont. Report 2.22.4ae.
- Green, P. 1981. De-watering coal refuse. *Coal Age*, **86**: 145–157.
- Guerra, F. 1973. Characteristics of tailings from a soils engineer's view point. *In Proceeding of Tailings Disposal Today*, Tucson, Ariz., 31 October – 3 November 1973. *Edited by* C.L. Aplin and G.O. Argall, Jr. Miller Freeman Publications Inc., San Francisco, Calif. pp. 102–137.
- Hassani, F.P., and Archibald, J. 1998. Mine backfill. Canadian Institute of Mining, Metallurgy, and Petroleum [CD-ROM], Montréal, Que.
- Hawley, J.R. 1972. The problem of acid mine drainage in the province of Ontario. Ministry of the Environment, Special Projects Section (Mining), Industrial Wastes Branch.
- Hawley, J.R., and Shikaze, K.H. 1971. The problem of acid mine drainage in Ontario. *Canadian Mining Journal*, **92**: 82–93.
- Herasymuik, G.M. 1996. Hydrogeology of sulfide waste rock dump. M.Sc. thesis, Department of Civil Engineering, University of Saskatchewan, Saskatoon, Sask.
- Holtz, R.D., and Kovacs, W.D. 1981. *An introduction to geotechnical engineering*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N.J.
- ICOLD. 1996a. Monitoring of tailings dams. Bulletin 104, International commission on large dams (ICOLD), Paris.
- ICOLD. 1996b. A guide tailings dams and impoundments. Bulletin 106, International commission on large dams (ICOLD), Paris.
- ICOLD. 2001. Tailings dams. Risk of dangerous occurrences. Lessons learnt from practical experiences. Bulletin 121, International commission on large dams (ICOLD), Paris.
- Julien, M.R., Lemieux, M., Cayouette, J., and Talbot, D. 2004. Performance and monitoring of the Louvicourt mine tailings disposal area. *In Proceedings of the 36th Annual Meeting of the Canadian Mineral Processors*, Ottawa, Ont., 20–22 January 2004. Canadian Institute of Mining, Metallurgy, and Petroleum. pp. 57–77.
- Kealy, C.D., and Soderberg, R.L. 1969. Design of dams for mill tailings. Bureau of Mines Information Circular, **IC**: 8410. 49 pp.
- Kealy, C.D., and Williams, R.E. 1971. Flow through a tailings pond embankment. *Water Resources Research*, **7**: 143–154.
- Kemp, D. 2005. Designing a sustainable tailings impoundment for permafrost – the Raglan experience [CD-ROM]. *In Symposium 2005 on Mining and the Environment*, Rouyn-Noranda, Que., 15–18 May 2005. Canadian Institute of Mining, Metallurgy, and Petroleum.

- Kleinmann, R.L.P., Crerar, D.A., and Pacelli, R.R. 1981. Biogeochemistry of acid mine drainage and a method to control acid formation. *Mining Engineering*, **81**: 300–304.
- Klohn, E.J. 1971. Tailings dams in B.C. 2nd Symposium on Stability of Open Pit Mines, November, Vancouver, B.C.
- Klohn, E.J. 1972. Design and construction of tailings dams. *Canadian Mining and Metallurgical Bulletin*, **75**: 28–44.
- Klohn, E.J., and Maartman, C.H. 1973. Construction of sound tailings dams by spigotting. *In* *Proceeding of Tailings Disposal Today*, Tucson, Ariz., 31 October – 3 November 1973. *Edited by* C.L. Aplin and G.O. Argall, Jr. Miller Freeman Publications Inc., San Francisco, Calif. pp. 232–267.
- Klute, A., and Dirksen, C. 1986. Hydraulic conductivity and diffusivity: laboratory methods. *Methods of Soil Analysis*. Part I. 2nd ed. *Edited by* A. Klute. Agronomy Monograph No. 9, American Society of Agronomy – Crop Science Society of America – Soil Science Society of America, Madison, Wis. pp. 687–734.
- Kostenbader, P.D., and Haines, G.F. 1970. High density sludge process for treating acid mine drainage. *In* *Proceedings of the 3rd Symposium on Coal Mine Drainage Research*, Carnegie-Mellon University, Coal Industry Advisory Committee, Pittsburgh, Penn, May 1970. pp. 12–26.
- Kwong, Y.T.J. 1993. Prediction and prevention of acid rock drainage from a geological and mineralogical perspective, Mine Environment Neutral Drainage (MEND) Report 1.32.1. Secretariat CANMET, Ottawa, Ont.
- Lamontagne, A., Fortin, S., Poulin, R., Tasse, N., and Lefebvre, R. 2000. Layered co-mingling for the construction of waste rock piles as a method to mitigate acid mine drainage – laboratory investigations. *In* *Proceedings of the 5th International Conference on Acid Rock Drainage (ICARD 2000)*, Denver, Colo., Soc Mining Metallurgy and Exploration Inc, Littleton, Colo. Vol. 1, pp. 779–788.
- Lamontagne, A., Lefebvre, R., Poulin, R., and Leroueil, S. 1999. Modelling of acid mine drainage physical processes in a waste rock pile with layered co-mingling. *In* *Proceedings of the 52nd Canadian Geotechnical Conference*, Regina, Sask., 25–27 October 1999. pp. 479–485.
- L'Écuyer, M., Chapuis, R.P., and Aubertin, M. 1992. Propriétés hydro-géotechniques des résidus miniers de Solbec et Cupra, Québec. *In* *Proceedings of the 45th Canadian Geotechnical Conference*, Toronto, Ont., 26–28 October 1992. pp. 79-1–79-11.
- Lefebvre, R. 1994. Caractérisation et modélisation numérique du drainage minier acide dans les haldes de stériles. Ph.D. thesis, Department of Geological and Engineering Geology, Université Laval, Quebec City, Que.
- Lefebvre, R., Hockley, D., Smolensky, J., and Gélinas, P. 2001a. Multiphase transfer process in waste rock piles producing acid mine drainage. 1. Conceptual model and system characterization. *Journal of Contaminant Hydrology*, **52**: 137–164. doi:10.1016/S0169-7722(01)00156-5. PMID:11695739.
- Lefebvre, R., Hockley, D., Smolensky, J., and Lamontagne, A. 2001b. Multiphase transfer process in waste rock piles producing acid mine drainage. 2. Applications of numerical simulation. *Journal of Contaminant Hydrology*, **52**: 165–186. doi:10.1016/S0169-7722(01)00157-7. PMID:11695740.
- Leppinen, J.O., Salonsaari, P., and Palosaari, V. 1997. Flotation in acid mine derainage control: beneficiation of concentrate. *Canadian Metallurgical Quarterly*, **36**: 225–230. doi:10.1016/S0008-4433(96)00038-9.
- Leroy, J.-C. 1973. How to establish and maintain growth on tailings in Canada – Cold winters and short growing seasons. *In* *Proceeding of Tailings Disposal Today*, Tucson, Ariz., 31 October – 3 November 1973. *Edited by* C.L. Aplin and G.O. Argall, Jr. Miller Freeman Publications Inc., San Francisco, Calif. pp. 411–449.
- Li, M., Bernier, L., and Boucher, J.-F. 2002. Rheology of mineral pastes and its implications on underground pipeline delivery [CD-ROM]. *In* *Symposium 2002 on Mining and the Environment: Challenges and Prospects*, Rouyn-Noranda, Que, 3–5 November 2002. Canadian Institute of Mining, Metallurgy, and Petroleum.
- Lovell, H.L. 1973. An appraisal of neutralization processes to treat coal mine drainage. U.S. Environmental Protection Agency, Office of Research and Development, Washington D.C. EPA-670/2–73–093.
- Ludeke, K.L. 1973. Vegetative stabilization of copper mine tailings disposal berms of Pima Mining Company. *In* *Proceeding of Tailings Disposal Today*, Tucson, Ariz., 31 October – 3 November 1973. *Edited by* C.L. Aplin and G.O. Argall, Jr. Miller Freeman Publications Inc., San Francisco, Calif. pp. 377–410.
- Mabes, D.L., James, H.H., and Williams, R.E. 1977. Physical properties of Pb-Zn mine-process wastes. *In* *Proceedings of the Conference on Geotechnical Practice for Disposal of Solid Waste Materials*, Specialty Conference of the Geotechnical Engineering Division, Ann Arbor, Mich., 13–15 June 1977. New York. pp. 103–117.
- Martin, V. 2004. Étude des propriétés non saturées des stériles miniers. M.Sc. thesis, Department of Civil, Geological, and Mining Engineering, École Polytechnique de Montréal, Montréal, Que.
- Martin, V., McMullen, J., and Aubertin, M. 2005. Les résidus en pâte et la déposition en surface des rejets de concentrateur [CD-ROM]. *In* *Symposium 2005 on Mining and the Environment*, Rouyn-Noranda, Que., 15–18 May 2005. Canadian Institute of Mining, Metallurgy, and Petroleum.
- Martin, A.J., Pedersen, T.F., Crusius, J., McNee, J.J., and Yanful, E.K. 2003. Mechanisms of metal release from subaqueous mine waste at circum-neutral pH-Examples from four case studies. *In* *Proceedings of 6th International Conference on Acid Rock Drainage (ICARD): Application and Sustainability of Technologies*, Cairns, Australia, 14–17 July 2003. *Edited by* T. Farrell and G. Taylor. Australian Institute of Mining and Metallurgy (AusIMM), Carlton South, Australia. pp. 297–306.
- Matyas, E.L., Welch, D.E., and Reades, D.W. 1984. Geotechnical parameters and behaviour of uranium tailings. *Canadian Geotechnical Journal*, **21**: 489–504.
- Mbonimpa, M., Aubertin, M., Chapuis, R.P., and Bussière, B. 2002. Practical pedotransfer functions for estimating the saturated hydraulic conductivity. *Geotechnical and Geological Engineering*, **20**: 235–259. doi:10.1023/A:1016046214724.
- Mbonimpa, M., Aubertin, M., Aachib, M., and Bussière, B. 2003. Diffusion and consumption of oxygen in unsaturated cover materials. *Canadian Geotechnical Journal*, **40**: 916–932. doi:10.1139/t03-040.
- McCarthy, D.F. 1998. *Essentials of soil mechanics and foundations*. 5th ed. Prentice Hall, Eaglewood Cliffs, N.J.
- McLaughlin, J., and Stuparyk, R. 1994. Evaluation of low sulphur rock tailings production at INCO's Clarabelle mill, *In* *Proceedings of the Innovations in Mineral Processing Conference*, Sudbury, Ont., 6–8 June 1994. *Edited by* T. Yalcin. pp. 129–146.
- McMahon, B., Philips, J.T., and Hutton, W.A. 1996. The evaluation of thickened tailings in a seismic area. *In* *Proceedings of the 3rd International Conference on Tailings and Mine Waste '96*, Fort Collins, Colo., 16–19 January 1996. A.A. Balkema, Rotterdam, the Netherlands. pp. 133–143.
- McMullen, J., Firlotte, R., Knapp, R., and Aubertin, M. 1997. Les Terrains Aurifères property site closure and rehabilitation – con-

- ceptual to construction. *In* Proceedings of the 29th Annual Meeting of the Canadian Mineral Processors, Ottawa, Ont., 21–23 January 1997. Canadian Institute of Mining, Metallurgy, and Petroleum. pp. 274–292.
- MEND. 2001. MEND manual, Report 5.4.2, Vol. 4. Prevention and Control, Secretariat CANMET, Ottawa, Ont.
- Mittal, H.K., and Morgenstern, N.R. 1975. Parameters for the design of tailings dams. *Canadian Geotechnical Journal*, **12**: 235–261.
- Mittal, H.K., and Morgenstern, N.R. 1976. Seepage control in tailings dams. *Canadian Geotechnical Journal*, **13**: 277–293.
- Moffet, D., Zahary, G., Campbell, M.C., and Ingles, J.C. 1977. CANMET's environmental and process research on Uranium. CANMET Report, 77–53, p. 29.
- Molson, J.W., Aubertin, M., Bussière, B., and Joanes, A.-M. 2004. Simulating acid mine drainage through mine wastes constructed with capillary barrier covers. *In* Proceedings of the 57th Canadian Geotechnical Conference, 5th Joint International Association of Hydrogeologists – Canadian National Chapter and Canadian Geotechnical Society. Groundwater Specialty Conference: Geo-Engineering for Society and its environment, Quebec City, Que., 24–27 October 2004. Session 8D, pp. 29–36.
- Molson, J.W., Fala, O., Aubertin, M., and Bussiere, B. 2005. Numerical simulations of pyrite oxidation and acid mine drainage in unsaturated waste rock piles. *Journal of Contaminant Hydrology*, **78**: 343–371. doi:10.1016/j.jconhyd.2005.06.005. PMID:16039751.
- Morris, P.H., and Williams, D.J. 1999. Segregation of co-disposed coal mine washery wastes. *Canadian Mining and Metallurgical Bulletin*, **92**: 72–76.
- Mualem, Y. 1976. A new model for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated porous media. *Water Resources Research*, **12**: 513–522.
- Nelson, J.D., and Kane, J.D. 1980. Failure of the Church Rock tailings dam. *In* Proceedings of the 3rd Symposium on Uranium Mill Tailings Management, Geotechnical Engineering Program, Civil Engineering Department, Colorado State University, Fort Collins, Colo., 24–25 November 1980. pp. 505–511.
- Nelson, J.D., Shepherd, T.A., and Charlie, W.A. 1977. Parameters affecting stability of tailings dams. *In* Proceedings of the Conference on Geotechnical Practice for Disposal of Solid Waste Materials, Specialty Conference of the Geotechnical Engineering Division, Ann Arbor, Mich., 13–15 June 1977. New York. pp. 444–459.
- Nicholson, R.V., Gillham, R.W., Cherry, J.A., and Reardon, E.J. 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.
- Nicholson, R.V., Rinker, M., Venhuis, M.A., Williams, G., and Swabrick, B. 2003. Implications of nonacidic metal leaching on mine rock management at a nickel mine in Permafrost Terrain: environmental baseline investigation [CD-ROM]. *In* Proceedings of Sudbury 2003, Mining and the Environment III, Session 5B U/Radionuclides, Sudbury, Ont., 25–28 May 2003. Edited by G. Spiers, P. Beckett, and H. Conroy.
- Norman, D.K., and Raforth, R.L. 1998. Innovations and trends in reclamation of metal-mine tailings in Washington. *Washington Geology*, **26**(2/3): 29–42.
- Orava, D.A., Tremblay, G.A., Tibble, P.A., and Nicholson, R.V. 1997. Prevention of acid rock drainage through the application of in-pit disposal and elevated water table concepts. *In* Proceedings of the 4th International Conference on Acid Rock Drainage (ICARD), Vancouver, B.C., 31 May – 6 June 1997. Vol. 3. pp. 973–983.
- Ouangrawa, M., Aubertin, M., Molson, J., Zagury, G., and Bussière, B. 2005. An evaluation of the elevated water table concept using laboratory columns with sulphidic tailings [CD-ROM]. *In* Proceedings of the 58th Canadian Geotechnical Conference and the 6th Joint International Association of Hydrogeologists – Canadian National Chapter and Canadian Geotechnical Society Conference, Saskatoon, Sask., 19–21 September 2005. Session 10D, Paper 512.
- Oxenford, J., and Lord, E.R. 2006. Canadian experience in the application of paste and thickened tailings for surface disposal. *In* Proceedings of the 9th International Seminar on Paste and Thickened Tailings, Paste 2006, Limerick, Ireland, 3–7 April 2006. Edited by R. Jewell, S. Lawson, and P. Newman. Australian Centre for Geomechanics, Perth, Australia. pp. 93–105.
- Paine, P.J. 1987. An historic and geographic overview of acid mine drainage. *In* Proceedings of the Acid Mine Drainage Seminar/Workshop, Halifax, N.S., 23–26 March 1987. Minister of Supply and Services Canada, Catalogue No. En 40–11–7/1987. pp. 1–45.
- Perkins, E.H., Nesbitt, H.W., Gunter, W.D., St-Arnaud, L.C., and Mycroft, J.R. 1995. Critical review of geochemical processes and geochemical models adaptable for prediction of acidic drainage from waste rock. Mine Environment Neutral Drainage (MEND) Report 1.42.1. Secretariat CANMET, Ottawa, Ont.
- Pettibone, H.C., and Kealy, C.D. 1971. Engineering properties of mine tailings. *Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division*, **97** (SM9): 1207–1225.
- Qiu, Y.J., and Sego, D.C. 2001. Laboratory properties of mine tailings. *Canadian Geotechnical Journal*, **38**: 183–190. doi:10.1139/cgj-38-1-183.
- Rassam, D.W. 2002. Variation of evaporative and shear strength parameters along a tailings delta. *Canadian Geotechnical Journal*, **39**: 32–45. doi:10.1139/t01-084.
- Rassam, D.W., and Williams, D.W. 1999. A numerical study of steady state evaporative conditions applied to mine tailings. *Canadian Geotechnical Journal*, **36**: 640–650. doi:10.1139/cgj-36-4-640.
- Ricard, J.-F. 1994. Étude en laboratoire de la relation capillaire et de la conductivité hydraulique de résidus miniers. M.Sc. Thesis, Department of Mineral Engineering, École Polytechnique de Montréal, Montréal, Que.
- Ricard, J.F., Aubertin, M., Firlotte, F.W., Knapp, R., and McMullen, J. 1997. Design and construction of a dry cover made of tailings for the closure of Les Terrains Aurifères site, Malartic, Qué. *In* Proceedings of the 4th International Conference on Acid Rock Drainage, Vancouver, B.C., 31 May – 6 June 1997. Vol. 4, pp. 1515–1530.
- Ritcey, G.M. 1989. Tailings Management, Problems and Solutions in the Mining Industries. Elsevier.
- Ritchie, A.I.M. 1994. Sulphide oxidation mechanisms: Controls and rates of oxygen transport. Chap. 8: short course handbook on environmental geochemistry of sulfide mine-waste. Edited by J.L. Jambor, and D.W. Blowes. Mineralogical Association of Canada. pp. 201–245.
- Rivett, L.S., and Oko, U.M. 1971. Tailings disposal, generation of acidity from pyrrhotite and limestone neutralization of wastewater at Falconbridge's Onaping mines. *Canadian Mining and Metallurgical Bulletin*, **74**: 186–191.
- Robertson, R. Mac.G. 1987. Alternative acid mine drainage abatement measure. *In* Proceedings of the 11th British Columbia Mine Reclamation Symposium, Campbell River, B.C., 8–10 April 1987. The technical and Research Committee on Reclamation. pp. 71–101.
- Robinsky, E.I. 1975. Thickened discharge—A new approach to tailings disposal. *Canadian Mining and Metallurgical Bulletin*, **68**: 47–53.

- Robinsky, E.I. 1999. Thickened tailings disposal in the mining industry. E.I. Robinsky Associates, Toronto, Ont.
- Rowe, R.K., Quigley, R.M., Brachman, R.W.I., and Booker, J.R. 2004. Barrier systems for waste disposal facilities. 2nd ed. Taylor & Francis Group Spon Press, New York. 587 pp.
- Scharer, J.M., Pettit, C.M., Kirkaldy, J.L., Bolduc, L., Halbert, B.E., and Chambers, D.B. 2000. Leaching of metals from sulphide mine wastes at neutral pH. *In* Proceedings of the 5th International Conference on Acid Rock Drainage (ICARD 2000). Denver, Colo., 21–24 May 2000. Soc Mining Metallurgy and Exploration Inc, Littleton, Colo. Vol. 1, pp. 191–201.
- Shakesby, R.A., and Whitlow, R.J. 1991. Failure of a mine waste dump in Zimbabwe: Causes and consequences. *Environmental Geology and Water Sciences*, **18**: 143–153. doi:10.1007/BF01704668.
- Sherlock, E.J., Lawrence, R.W., and Poulin, R. 1995. On the neutralization of acid rock drainage by carbonate and silicate minerals. *Environmental Geology*, **25**: 43–54. doi:10.1007/BF01061829.
- Shuttleworth, J.A., Thompson, B.J., and Wates, J.A. 2005. Surface paste disposal at Bulyanhulu – practical lessons learned. *In* Proceedings of the 8th International Seminar on Paste and Thickened Tailings, Paste 2005, Santiago, Chile, 20–22 April 2005. *Edited by* R. Jewell and S. Barrera. Australian Centre for Geomechanics, Perth, Australia. Vol. 1, pp. 207–218.
- Singer, P.C., and Stumm, W. 1970. Acidic mine drainage—the rate-determining step. *Science*, **167**: 1121–1123. doi:10.1126/science.167.3921.1121.
- Sjoberg Dobchuk, B., Wilson, G.W., and Aubertin, M. 2003. Evaluation of a single-layer desulphurized tailings cover. *In* Proceedings of 6th International Conference on Acid Rock Drainage (ICARD): Application and Sustainability of Technologies, Cairns, Australia, 14–17 July 2003. *Edited by* T. Farrell and G. Taylor. Australian Institute of Mining and Metallurgy (AusIMM), Carlton South, Australia. pp. 373–381.
- Smith, E.S. 1969. Tailings disposal and liquefaction. *Transactions Society of Mining Engineers (AIME)*, **244**: 179–187.
- Smith, E.S. 1973. Tailings disposal – failures and lessons. *In* Proceeding of Tailings Disposal Today, Tucson, Ariz., 31 October – 3 November 1973. *Edited by* C.L. Aplin and G.O. Argall, Jr. Miller Freeman Publications Inc., San Francisco, Calif. pp. 356–376.
- Sobek, A.A., Schuller, W.A., Freeman, J.R., and Smith, R.M. 1978. Field and laboratory methods applicable to overburden and mine soils. Environmental Protection Agency. Report EPA 600/2–78–054.
- Sofra, F., and Boger, D.V. 2002. Environmental rheology for waste minimisation in the mineral industry. *Chemical Engineering Journal*, **86**: 319–330. doi:10.1016/S1385-8947(01)00225-X.
- Stantec Consulting Ltd. 2004. Review of water quality issues in neutral pH drainage: Examples and emerging priorities for the mining industry in Canada (November 2004). Mine Environment Neutral Drainage (MEND) Report 10.1, Secretariat CANMET, Ottawa, Ont.
- Steffen, Robertson, and Kirsten (B.C.) Inc. (SRK). 1989. Draft acid rock drainage technical guide. Vol. 1. Bi-Tech Publishers Ltd., Vancouver, B.C.
- Strachan, C. 2002. Review of tailings dam incident data. *Mining Environmental Management. Tailings Management Guide*, January, pp. 7–9.
- Swaisgood, J.R., and Toland, G.C. 1973. The control of water in tailings structures. *In* Proceeding of Tailings Disposal Today, Tucson, Ariz., 31 October – 3 November 1973. *Edited by* C.L. Aplin and G.O. Argall, Jr. Miller Freeman Publications Inc., San Francisco, Calif. pp. 138–163.
- Tass , N., Germain, D., Dufour, C., and Tremblay, R. 1997. Organic-waste cover over the East Sullivan mine tailings: Beyond the oxygen barrier. *In* Proceedings of the 4th International Conference on Acid Rock Drainage (ICARD), Vancouver, B.C., 31 May – 6 June 1997. Vol. 4, pp. 1627–1642.
- Therhault, J.A., Frostiak, J., and Welch, D. 2003. Surface disposal of paste tailings at the Bulyanhulu gold mine, Tanzania [CD-ROM]. *In* Proceedings of Sudbury 2003, Mining and the Environment III, Session 2D Tailings Disposal, Sudbury, Ont., 25–28 May 2003. *Edited by* G. Spiers, P. Beckett, and H. Conroy. pp. 1–8.
- Tibble, P.A. 1997. A survey of *in situ* oxygen consumption rates for sulphide tailings: investigations on exposed tailings and selected remediation efforts. M.Sc. thesis, University of Waterloo, Waterloo, Ont.
- Tibble, P.A., and Nicholson, R.V. 1997. Oxygen consumption on sulphide tailings and tailings covers: measured rates and applications. *In* Proceedings of the 4th International Conference on Acid Rock Drainage (ICARD), Vancouver, B.C., 31 May – 6 June 1997. Vol. 2, pp. 647–661.
- van Genuchten, M.Th. 1980. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. *Soil Science Society of America Journal*, **44**: 892–898.
- Veldhuizen, H., Blowes, D.W., and Siwik, R.S. 1987. The effectiveness of vegetation in controlling acid generation in base metal tailings. *In* Proceedings of the Acid Mine Drainage Seminar/Workshop, Halifax, N.S., 23–26 March 1987. Minister of Supply and Services Canada, Catalogue No. En 40–11–7/1987, pp. 507–536.
- Verburg, R., Ross, C., Dillon, M., Newman, P., and Fordham, M. 2006. Surface paste disposal of high-sulfide tailings – geochemical and geotechnical testing. *In* Proceedings of the 9th International Seminar on Paste and Thickened Tailings, Paste 2006, Limerick, Ireland, 3–7 April 2006. *Edited by* R. Jewell, S. Lawson, and P. Newman. Australian Centre for Geomechanics, Perth, Australia. pp. 131–145.
- Vick, S.G. 1990. Planning, Design and Analysis of Tailings Dams. BiTech Publishers Ltd. Vancouver, B.C.
- Vick, S.G. 1996. Failure of the Omai tailings dams. *Geotechnical News*, **14**: 34–40.
- Vincent, J.D. 1973. The tailings structure and its characteristics from the metallurgist’s viewpoint. *In* Proceeding of Tailings Disposal Today, Tucson, Ariz., 31 October – 3 November 1973. *Edited by* C.L. Aplin and G.O. Argall, Jr. Miller Freeman Publications Inc., San Francisco, Calif. pp. 54–58.
- Volpe, R.L. 1979. Physical and engineering properties of copper tailings. *In* Proceedings of Current Geotechnical Practice in Mine Waste Disposal. *Edited by* The Committee on Embankment Dams and Slopes of the Geotechnical Engineering Division. American Society of Civil Engineering, New York. pp. 242–260.
- Webb, S.L., and Smith, E.S. 1971. Tailings dam sealed by slimes slurry. *Mining Engineering*, **23**: 59–60.
- West Virginia University. 1971. Mine spoil potentials for water quality and controlled erosion. U.S. Environmental Protection Agency, OWP. Project No. 1410, EJE.
- Wickland, B.E., and Wilson, G.W. 2005. Self-weight consolidation of mixtures of mine waste rock and tailings. *Canadian Geotechnical Journal*, **42**: 327–339. doi:10.1139/t04-108.
- Wickland, B.E., Wilson, G.W., and Johnson, G. 2003. A meso-scale column test for co-mixed tailings and waste rock. *In* Proceedings of 6th International Conference on Acid Rock Drainage (ICARD): Application and Sustainability of Technologies,

- Cairns, Australia, 14–17 July 2003. *Edited by* T. Farrell and G. Taylor. Australian Institute of Mining and Metallurgy (AusIMM), Carlton South, Australia. pp. 1171–1173.
- Wijewickreme, D., Sanin, M.V., and Greenaway, G.R. 2005. Cyclic shear response of fine-grained mine tailings. *Canadian Geotechnical Journal*, **42**: 1408–1421. doi:10.1139/t05-058.
- Williams, D.J. 1996. Pumped co-disposal of coal washery wastes economic and environmental benefits. *The Australian Coal Review*, 1996(1): 54–57.
- Williams, D.J., Wilson, G.W., and Currey, N.A. 1997. A cover system for a potentially acid forming waste rock dump in a dry climate. *In* Proceeding of Proceedings of the 4th International Conference on Tailings and Mine Waste '97, Fort Collins, Colo., 13–17 January 1997. A.A. Balkema, Rotterdam, the Netherlands. pp. 231–235.
- Williams, M.P.A., and Seddon, K.D. 1999. Thickened tailings discharge: a review of Australian experience. *In* Proceedings of the 6th International Conference on Tailings and Mine Waste '99, Fort Collins, Colo., 24–27 January 1999. A.A. Balkema, Rotterdam, the Netherlands. pp. 125–135.
- Williams, M.P.A., Murphy, S.D., MacNamara, L., and Khoshniaz, L. 2006. The Miduk Copper project: down-valley discharge of paste thickened tailings, design, and early operating experience. *In* Proceedings of the 9th International Seminar on Paste and Thickened Tailings, Paste 2006, Limerick, Ireland, 3–7 April 2006. *Edited by* R. Jewell, S. Lawson, and P. Newman. Australian Centre for Geomechanics, Perth, Australia. pp. 117–130.
- Wills, B.A. 1997. *Mineral Processing Technology—An Introduction to the Practical Aspects of Ore Treatment and Mineral Recovery*. 6th ed. Butterworth-Heinemann, Burlington, Mass.
- Wilson, G.W., Wickland, B., and Fines, P. 2002. Concepts for co-mixing waste rock and tailings. *In* Symposium 2002 on Mining and the Environment: Challenges and Prospects, Rouyn-Noranda, Que., 3–5 November 2002. Canadian Institute of Mining, Metallurgy, and Petroleum.
- Wilson, J.A., Wilson, G.W., and Fredlund, D.G. 2000. Numerical modeling of vertical and inclined waste rock layers. *In* Proceedings of the 5th International Conference on Acid Rock Drainage (ICARD 2000), Denver, Colo., 21–24 May 2000. Society of Mining Metallurgy and Exploration Inc, Littleton, Colo. Vol. 1. pp. 257–266.
- Wilson, W., Plewes, H.D., Williams, D., and Robertson, J. 2003. Concepts for co-mixing of tailings and waste rock. *In* Proceedings of 6th International Conference on Acid Rock Drainage (ICARD): Application and Sustainability of Technologies, Cairns, Australia, 14–17 July 2003. *Edited by* T. Farrell and G. Taylor. Australian Institute of Mining and Metallurgy (AusIMM), Carlton South, Australia. pp. 437–443.
- World Information Service on Energy (WISE). 2005. Chronology of major tailings dam failures [online]. Available from www.wise-uranium.org/mdaf.html [updated 4 August 2005].
- Yalcin, T., Papadakis, M., Hmidi, N., and Hilsher, B. 2004. Desulphurization of Placer Dome's Musselwhite mine gold cyanidation tailings. *CIM Bulletin, Technical Paper*, November/December 2004: 1–7.
- Zhan, G., Aubertin, M., Mayer, A., Burke, K., and McMullen, J. 2001. Capillary cover design for leach pad closure. *In* SME Transaction 2001, Presented at the SME Annual Meeting, Denver, Colo., 26–28 February 2001. Society for Mining, Metallurgy and Exploration, Inc. Vol. 310, pp. 104–110.

Annexe 3R
Golder, 2015

DATE July 24, 2015**PROJECT No.** 15-26332 Rev 0**TO** Jean L'Heureux, ing.
Mason Graphite Inc.**FROM** Martin Van Den Berghe
Caroline-Emmanuelle Morisset
Valérie Bertrand**EMAIL** cemorisset@golder.com**GEOCHEMICAL CHARACTERIZATION OF THE LAC GUÉRET PILOT PLANT TAILINGS****Introduction**

Mason Graphite Inc. is planning to develop the Lac Guéret Graphite Mine Project (the Project), which is a graphite ore deposit located approximately 300 km north of Baie-Comeau, Québec. Mason Graphite has contacted Golder Associates Ltd (Golder) to characterize one sample of tailings provided by Mason Graphite, generated from a metallurgical pilot test. The objectives of the geochemical characterization carried out by Golder are to: 1) classify the tailing sample according to the guidance provided in *Directive 019 sur l'Industrie Minière* (Directive 019; Québec, 2012) as required for tailings management planning; and, 2) identify chemicals of potential environmental interest in the framework of estimating potential future tailings contact water quality.

Methods

Soutex Inc. provided an ore sample to COREM to perform metallurgical assays. The residue of these assays was sent to SGS analytical laboratory as a representative tailings sample of Lac Guéret mine tailings.

Static tests were performed on these tailings according to the methods prescribed by the *Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec* (CEAEQ), as recommended by the Directive 019. They were performed at the SGS laboratory in Lakefield, ON, accredited by the CEAEQ.

Geochemical analyses include these following methods:

- X-Ray Diffraction for quantitative mineralogy identification;
- Acid Base Accounting (ABA) and acid generating potential determination tests as per MA. 110 ACISOL 1.0 protocol (CEAEQ, 2010a);
- Four-step sequential Net Acid Generation (NAG) test as per AMIRA (2002);
- Solid phase extractable metals as per MA. 200 – Mét. 1.2 (dilute aqua regia) (CEAEQ, 2010b): F, Br, Hg, Ag, Al, As, B, Ba, Be, Bi, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, K, Li, Mg, Mn, Mo, Ma, Ni, P, Pb, Sb, Se, Si, Sn, Sr, Ti, Tl, U, V, Zn;



- The following metal leaching tests described in MA. 100 – Lix.1.1 (CEAEQ, 2010c):
 - TCLP: Toxicity Characteristic Leaching Procedure simulating underground acidic environments;
 - SPLP: Synthetic Precipitation Leaching Procedure simulating acid rain environment; and,
 - CTEU-9: neutral-water leaching tests simulating neutral fresh water precipitation.
- The following parameters were analysed in leachates from each leach test: pH, conductivity, alkalinity, carbonate and bicarbonate, nitrate and nitrite, sulphate, phosphate, Cl, Br, F, Hg, Al, As, Ag, Ba, B, Be, Bi, Ca, Cd, Cr, Co, Cu, Fe, K, Li, Mg, Mn, Mo, Ni, P, Pb, U, Sb, Se, Si, Sn, Sr, Ti, Tl, V, Zn.

Classification of Mine Wastes under Directive 019

Directive 019 provides a framework to classify mine wastes based on their potential environmental risks, and provides guidance for the management of these wastes.

Acid Rock Drainage (ARD) Classification

Under the Directive 019, tailings are classified as Potentially Acid Generating (PAG) if the total sulphur content in wastes is above 0.3 wt.%, and either one of these conditions are met:

- The Net Neutralizing Potential (NNP) is below 20 kg CaCO₃/ton; and/or,
- The ratio of neutralising potential to acid potential (neutralisation potential ratio, NPR) is less than 3.

If a mine waste product is classified as PAG, Directive 019 recommends it to be disposed of in a containment facility that meets Level A aquifer protection measures.

Chemical Composition and Risk Level

The chemical composition of the sample is compared to the soil criteria presented in *Politique de protection des sols et de réhabilitation des sites contaminés* (PPSRTC) established by the *Ministère du Développement Durable, Environnement et Lutte contre les Changements Climatiques* (MDDELCC). Criteria A represent, in this context, background levels for the Grenville Province.

Mine wastes will classify as “Low Risk” if concentrations of extractable metal (MA. 200) are lower than PPSRTC-A criteria. Mine wastes can also be classified as “Low Risk,” even if some parameters exceed PPSRTC-A criteria, if the TCLP (MA. 100– Lix.1.1) leachate concentrations for the said parameters do not exceed water quality criteria applicable for the mine site (PPRSTC, Annex 2).

Furthermore, in order to be “Low Risk,” mine wastes need to not be potentially acid generating (PAG), not be inflammable, not have undergone cyanide treatment, not be contaminated by deleterious organic materials, nor be radioactive.

If the TCLP leachate test generates values exceeding the criteria defined in Table 1, Annex II of *Directive 019* for the parameters that exceed soil criteria A, then the sample is classified as “High Risk”, where level B aquifer protection measures are recommended.

Leaching Risk

Mine wastes are considered leachable if both of the following conditions are met:

- MA. 200 solid phase extractable metals test generate value(s) exceeding PPSRTC-A soil criteria; and,
- TCLP (MA. 100– Lix.1.1) leachate tests generate concentrations for the same metal(s) that exceed applicable water quality criteria.

If TCLP leachate tests exceed criteria in certain parameters, while the same parameters are not exceeding PPSRTC-A criteria in MA. 200 extractable metals test, the sample is not considered leachable.

Although they are not described in the Directive 019 characterization protocol, SPLP and CTEU-9 leachate test results are performed to evaluate the propensity of the mine waste to release chemicals to the environment when weathered. These tests reproduce geochemical environments more similar to those for which mine wastes can be subjected to. Indeed, the TCLP test is meant to simulate typical landfill environments, while SPLP and CTEU-9 are meant to simulate typical acid and neutral rains, respectively.

Applicable water quality criteria

In this context, water quality criteria are “Résurgence dans les eaux de surface ou l’infiltration dans les égouts” (RESIE: PPSRTC, Annex 2). Some leachate criteria vary depending on water hardness. A hardness of 30 mg/L was used in this report so to be representative of local conditions. This value was provided by Mason Graphite in a personal communication on May 13th, 2015.

Directive 019 effluents criteria are used for comparative purposes only as these criteria will need to be met at final discharge locations of the future mine. Also for comparative purposes, data were compared to groundwater criteria for human consumption (fins de consommation or FC: PPSRTC, Annex 2).

Results

Laboratory certificates of analyses are provided in attachment to this document.

The results of all the tests performed on the Lac Guéret tailings are displayed in Tables 1 to 6. Table 1 shows the results of the X-Ray diffraction (XRD) analysis for the tailings sample.

Table 1: X-Ray Diffraction results of Lac Guéret Tailings sample

Lac Guéret-Pilot Plant Tailings - XRD		
Mineral	wt.%	Formulae
Quartz	41.6	SiO ₂
Pyrrhotite (monoclinic)	25.3	Fe _(1-x) S
Anorthite	7.4	CaAl ₂ Si ₂ O ₈
Orthoclase	5.5	KAlSi ₃ O ₈
Muscovite	5.3	KAl ₂ (AlSi ₃ O ₁₀)(OH) ₂
Pyrite	4.2	FeS ₂
Goethite	3.2	αFeO·OH
Lepidocrocite	2.6	FeOOH
Albite	1.7	NaAlSi ₃ O ₈
Biotite	1.6	K(Mg,Fe) ₃ (AlSi ₃ O ₁₀)(OH) ₂
Pyrrhotite (hexagonal)	1.4	Fe _(1-x) S
Ilmenite	0.2	FeTiO ₃
Total	100	

The most abundant phases are quartz and sulphides (predominantly pyrrhotite, subject to rapid oxidative dissolution). All other phases are silicates, oxides and hydroxides which offer little to no acid buffering capacity (MEND, 2009).

Table 2 shows the relative abundance of major elements, and loss on ignition of tailings via X-Ray fluorescence.

Table 2: Major Elements Analysis of Lac Guéret Tailing sample

Parameters	Units	Lac Guéret-Pilot Plant Tailings
		XRF
SiO ₂	wt. %	41.7
Al ₂ O ₃	wt. %	6.23
Fe ₂ O ₃	wt. %	28.4
MnO	wt. %	0.22
CaO	wt. %	2.78
MgO	wt. %	2.1
K ₂ O	wt. %	2.06
Na ₂ O	wt. %	0.54
TiO ₂	wt. %	0.54
P ₂ O ₅	wt. %	0.54
V ₂ O ₅	wt. %	0.35
Cr ₂ O ₃	wt. %	0.03
LOI	wt. %	13.6
Sum	wt. %	99.1

XRF results are in agreement with XRD mineralogy results, with silica being the main chemical component representing quartz and other silicates, iron coming from the iron sulphide phases and loss on ignition (LOI) probably representing the sulphur volatilisation from sulphides along with potential hydroxides from hydrous phases. Additional chemical components represent other aluminosilicates, oxides and hydroxides.

Table 3 shows concentrations in extractable metals for the tailing sample compared to the soil criteria A, B and C from the PPSRTC.

Table 3: MA200 Leachable Metals, Compared to PPSRTC Guidelines

Parameters	Units	Criteria			Lac Guéret-Pilot Plant Tailings
		PPSRTC-A ¹	PPSRTC-B ²	PPSRTC-C ³	MA. 200
F	µg/g	-	-	-	5.75
Br	µg/g	-	-	-	< 1.5
Hg	µg/g	0.4	<u>2</u>	10	<u>7.3</u>
Ag	µg/g	2	<u>20</u>	40	<u>2.9</u>
Al	µg/g	-	-	-	7900
As	µg/g	10	<u>30</u>	50	<u>170</u>
B	µg/g	-	-	-	2
Ba	µg/g	200	<u>500</u>	2000	15
Be	µg/g	-	-	-	1
Bi	µg/g	-	-	-	0.38
Ca	µg/g	-	-	-	11000
Cd	µg/g	0.9	<u>5</u>	20	<u>32</u>
Co	µg/g	15	<u>50</u>	300	<u>33</u>
Cr	µg/g	45	<u>250</u>	800	<u>78</u>
Cu	µg/g	50	<u>100</u>	500	<u>480</u>
Fe	µg/g	-	-	-	130000
K	µg/g	-	-	-	1500
Li	µg/g	-	-	-	9
Mg	µg/g	-	-	-	5900
Mn	µg/g	1000	<u>1000</u>	2200	<u>1200</u>
Mo	µg/g	6	<u>10</u>	40	<u>130</u>
Na	µg/g	-	-	-	150
Ni	µg/g	30	<u>100</u>	500	<u>210</u>
P	µg/g	-	-	-	2300
Pb	µg/g	50	<u>500</u>	1000	<u>64</u>
Sb	µg/g	-	-	-	12
Se	µg/g	3	<u>3</u>	10	<u>12</u>
Si	µg/g	-	-	-	2500
Sn	µg/g	5	<u>50</u>	300	1.1
Sr	µg/g	-	-	-	14
Ti	µg/g	-	-	-	1300
Tl	µg/g	-	-	-	1.8
U	µg/g	-	-	-	81
V	µg/g	-	-	-	940
Zn	µg/g	100	<u>500</u>	1500	<u>3500</u>

Notes : ¹ Soil criteria A (background levels; MDDELCC, 2001) for the Grenville province, *Politique de protection des sols et de réhabilitation des sites contaminés* Annex 2 Table 2.

² Soil criteria B (limits for residential areas; MDDELCC, 1998), *Politique de protection des sols et de réhabilitation des sites contaminés* Annex 2 Table 1.

³ Soil criteria C (limits for commercial and industrial areas; MDDELCC, 1998), *Politique de protection des sols et de réhabilitation des sites contaminés* Annex 2 Table 1.

⁴ Concentrations that are bolded, underlined and/or highlighted exceed matching criteria.

Eleven elements exceed PPSRTC criteria A (arsenic, cadmium, cobalt, chromium, copper, manganese, molybdenum, nickel, lead, selenium and zinc). Consequently, the TCLP leaching test results must be considered for risk classification.

Table 4 shows leachate concentrations resulting from TCLP, SPLP and CTEU-9 tests on tailings sample.

Table 4: TCLP, SPLP and CTEU-9 leachable elements, compared to Directive 019 criteria

Parameters	Units	Criteria				Lac Gueret-Pilot Plant Tailings ⁶		
		Table 1, Annex II (D-019) ¹	RESIE ^{2,3}	Fins de Consommation ⁴	Effluents (D-019) ⁵	TCLP	SPLP	CTEU-9
Initial pH		-	-	-	-	4.93	5.41	4.58
pH		-	-	-	<6 >9.5	4.94	5.51	5.39
Initial Conductivity	µS/cm	-	-	-	-	4940	81.8	1053
Conductivity	µS/cm	-	-	-	-	4510	170	1650
Alkalinity	mg/L as CaCO ₃	-	-	-	-	1190	< 2	< 2
HCO ₃	mg/L as CaCO ₃	-	-	-	-	1190	< 2	< 2
CO ₃	mg/L as CaCO ₃	-	-	-	-	< 2	< 2	< 2
SO ₄	mg/L	-	-	-	-	63	52	620
Cl	mg/L	-	<u>860</u>	-	-	< 20	< 2	13
NO ₂	as N mg/L	100	<u>0.06</u>	-	-	< 0.3	< 0.3	< 0.3
NO ₃	as N mg/L	-	<u>200</u>	-	-	< 0.6	< 0.6	< 0.6
NO ₂ + NO ₃	as N mg/L	1000	-	-	-	< 0.6	< 0.6	< 0.6
Br	mg/L	-	-	-	-	< 3	< 3	< 3
F	mg/L	150	<u>4000</u>	-	-	0.06	0.07	0.57
PO ₄	mg/L	-	<u>3</u>	-	-	< 0.03	< 0.03	0.03
Hg	mg/L	0.1		0.001	-	< 0.00001	< 0.00001	< 0.00001
Al	mg/L	-	<u>0.75</u>	-	-	0.06	< 0.01	0.02
As	mg/L	5.0	<u>0.34</u>	0.025	0.2	0.0041	0.0002	0.0009
Ag	mg/L	-	<u>0.00026</u>	0.1	-	0.000011	0.000012	0.000234
Ba	mg/L	100	<u>0.35</u>	1	-	0.0872	0.0111	0.0289
B	mg/L	500	-	-	-	0.0034	0.0035	0.0312
Be	mg/L	-	-	-	-	0.000323	0.000014	0.000097
Bi	mg/L	-	-	-	-	0.00001	< 0.000007	0.000008
Ca	mg/L	-	-	-	-	3.18	3.5	57.6
Cd	mg/L	0.5	<u>0.0006</u>	0.005	-	0.0262	0.000274	<u>0.00125</u>
Cr	mg/L	5.0	<u>Cr(VI): 0.016</u>	0.05	-	0.00063	< 0.00003	0.00004
Co	mg/L	-	<u>0.5</u>	-	-	0.01	0.00114	0.000503
Cu	mg/L	-	<u>0.0045</u>	1	0.3	<u>0.0141</u>	<u>0.0052</u>	<u>0.0106</u>
Fe	mg/L	-	-	-	3	1.73	31.5	309
K	mg/L	-	-	-	-	2.04	0.945	38.7
Li	mg/L	-	-	-	-	< 0.1	< 0.1	< 0.1

Parameters	Units	Criteria				Lac Gueret-Pilot Plant Tailings ⁶		
		Table 1, Annex II (D-019) ¹	RESIE ^{2,3}	Fins de Consommation ⁴	Effluents (D-019) ⁵	TCLP	SPLP	CTEU-9
Mg	mg/L	-	-	-	-	2.13	1.96	54.4
Mn	mg/L	-	-	0.05	-	3.32	2.7	33.4
Mo	mg/L	-	<u>0.00013</u>	0.07	-	0.00005	0.00002	0.00001
Ni	mg/L	-	<u>0.17</u>	0.02	0.5	1.14	0.769	0.0895
P	mg/L	-	-	-	-	0.038	0.025	< 0.009
Pb	mg/L	5.0	<u>0.018</u>	0.01	0.2	0.0572	0.00037	0.038
U	mg/L	2.0	-	-	-	0.0752	0.000147	0.000681
Sb	mg/L	-	<u>Sb(III): 0.088</u>	0.006	-	0.0006	< 0.0002	< 0.0002
Se	mg/L	1.0	<u>0.02</u>	0.01	-	0.004	< 0.001	0.006
Si	mg/L	-	-	-	-	1.24	0.57	17.4
Sn	mg/L	-	-	-	-	0.00033	0.00013	0.00075
Sr	mg/L	-	-	-	-	0.0205	0.0136	0.191
Ti	mg/L	-	-	-	-	0.00006	< 0.00005	0.00011
Tl	mg/L	-	-	-	-	0.00111	< 0.000005	< 0.000005
V	mg/L	-	-	-	-	0.00006	0.00002	0.00004
Zn	mg/L	-	<u>0.043</u>	5	0.5	2.04	<u>0.126</u>	<u>1.02</u>

Notes :

¹ Table 1, Annex II, *Directive 019*.

² Groundwater criteria "Résurgence dans les Eaux de Surface ou Infiltration dans les Égouts" (RESIE), *Politique de protection des sols et de réhabilitation des sites contaminés*, Annex 2.

³ Criteria for Ag, Ba, Cd, Cu, Ni, Pb and Zn are calculated as required for a hardness of 30 mg/L.

⁴ Groundwater criteria "Aux Fins de Consommation" (FC), *Politique de protection des sols et de réhabilitation des sites contaminés*, Annex 2.

⁵ Final effluents, monthly acceptable concentrations, *Directive 019*.

⁶ Concentrations that are bolded, underlined, highlighted and/or coloured exceed matching criteria.

No leachate parameters exceed the Table 1 Annex II criteria of the *Directive 019*, thus excluding the tailings from a "High Risk" classification. However, five metals (cadmium, copper, lead, zinc and nickel) exceed both the RESIE criteria for the TCLP test and the PPSRTC-A soil criteria in the MA. 200 test (Table 3). Three metals (manganese, nickel and lead) also exceed the FC criteria and the PPSRTC-A soil criteria in the MA. 200 test (Table 3). Thence, the tailings are classified as "leachable" for cadmium, copper, lead, zinc and nickel and potentially for manganese and lead if the FC criteria applies (see section Application water quality criteria).

CTEU-9 and SPLP leachate tests also show parameters exceeding RESIE and/or Effluents criteria and/or FC, namely, pH, cadmium, copper, iron, manganese, nickel, lead and zinc. Such results suggest that should the tailings contact water be released to the receiving environment, there could be a need to capture and treat this water prior to discharge to meet the effluent and receiving water quality criteria.

Table 5 shows results of acid-base accounting and the potential for acid generation.

Table 5: Acid-base accounting (ABA) results and acid generation potential

Sample	Total sulphur	Sulphides	AP	NP	NPR	NNP	Classification
	wt.%	wt.% S ²⁻	kg CaCO ₃ /ton				
Directive 019 criteria¹	> 0.3				< 3	< 20	
Lac Guéret-Pilot Plant Tailings ²	13.5	11.9	422	42	0.1	-379.9	PAG

Notes :

¹ Table 1, Annex II, *Directive 019*.

² Concentrations that are bolded exceed the respective criteria.

PAG: potentially acid generating according to Directive 019 criteria

ABA results are in line with mineralogy (Table 1) and leachate tests (Table 4), showing acid-generating potential and very low neutralizing potential. Total sulphur, NPR and NNP all exceed the Directive 019 criteria, thus classifying the tailing sample as potentially acid generating (PAG).

Table 6 shows the results of the four step sequential NAG test, including pH, water parameters, % sulphur consumed and metals release into solution.

Table 6: Results from a Sequential Net Acid Generation Test (4 Steps) with Metal Analyses.

Sample	Material	Total Sulphur		NAG-Step	pH	Conductivity	Alkalinity	Acidity	Sulphates (SO ₄)	Sulphates (SO ₄)	S Fraction in SO ₄	Total S Consumed
		wt. %	g									
Lac Guéret-Pilot Plant Tailings	Tailings	13.5	0.3	1	2.2	4110	< 2	1570	1600	0.40	0.13	72
				2	2.1	3870	< 2	824	860	0.22	0.072	
				3	2.4	2040	< 2	323	340	0.085	0.028	
				4	3.0	431	< 2	97	89	0.022	0.0074	
NAG sum									2889	0.72	0.24	

Sample	Material	Total Sulphur		NAG-Step	Al	Ag	As	Ba	Be	Bi	B	Ca	Cd	Co	Cr
		wt. %	g												
Lac Guéret-Pilot Plant Tailings	Tailings	13.5	0.3	1	11	0.000022	0.020	0.030	0.0016	0.0000080	0.15	25	0.24	0.094	0.10
				2	6.2	0.0021	0.0064	0.025	0.0011	< 0.000007	0.058	25	0.059	0.14	0.075
				3	4.2	0.0014	0.0037	0.021	0.0011	< 0.000007	0.070	13	0.0066	0.088	0.083
				4	1.5	0.00029	0.00050	0.020	0.00061	< 0.000007	0.047	8.9	0.00064	0.0023	0.057
NAG sum				22	0.0038	0.031	0.095	0.0043	0.0000080	0.32	71	0.31	0.32	0.32	

Table 7 (cont'd): Results from a Sequential Net Acid Generation Tests (4 Steps) with Metal Analyses.

Sample	Material	Total Sulphur		NAG-Step	Cu	Fe	K	Li	Mg	Mn	Mo	Na	Ni	P	Pb
		wt. %	g		mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
Lac Guéret-Pilot Plant Tailings	Tailings	13.5	0.3	1	3.7	470	2.9	0.0067	4.2	7.8	0.00094	0.80	2.2	0.13	0.096
				2	1.1	91	1.9	0.0049	3.2	1.1	0.0016	0.49	0.71	0.35	0.026
				3	0.16	4.9	1.2	0.0040	2.6	0.35	0.33	0.31	0.19	0.028	0.010
				4	0.014	0.12	1.6	0.0030	2.7	0.27	0.092	0.26	0.017	0.022	0.023
NAG sum				5.0	566	7.6	0.019	13	9.5	0.42	1.9	3.1	0.53	0.16	

Sample	Material	Total Sulphur		NAG-Step	Sb	Se	Si	Sn	Sr	Ti	Tl	U	V	Zn
		wt. %	g		mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
Lac Guéret-Pilot Plant Tailings	Tailings	13.5	0.3	1	0.0010	0.085	23	0.00023	0.045	0.13	0.0062	0.65	0.58	31
				2	0.00040	0.044	12	0.000080	0.034	0.066	0.0035	0.069	0.34	6.7
				3	0.0012	0.023	12	0.00045	0.028	0.90	0.0025	0.058	2.5	0.55
				4	0.00050	0.010	8.6	0.00016	0.010	0.071	0.0013	0.00048	0.95	0.035
NAG sum				0.0031	0.16	56	0.00092	0.12	1.2	0.014	0.77	4.4	39	

Throughout the four steps, pH levels remain very low (between 2 and 3). Acidity is over 1,500 mg/L CaCO₃ in the first step. Furthermore, in four steps only 72% of the total sulphur (or 81% of all sulphides) was consumed, indicating that this NAG test did not liberate all the acid potential of the sample, affirming the acid generating potential of the tailings.

Table 7 summarizes all the parameters that exceed its respective criterion

Table 8: Parameters exceeding respective criteria

Tests & criteria	MA200	PPSRTC-A ¹	Hg, Ag, As, Cd, Co, Cr, Cu, Mn, Mo, Ni, Pb, Se, Zn
	TCLP	D-019 Annex II ²	---
		RESIE ^{3,4}	Cd, Cu, Pb, Ni, Zn
		D-019 Effluents ⁵	pH, Ni, Zn
	SPLP	RESIE ^{3,4}	Cu, Zn, Ni
		D-019 Effluents ⁵	pH, Fe, Ni
	CTEU-9	RESIE ^{3,4}	Cd, Cu, Pb, Ni
		D-019 Effluents ⁵	pH, Fe, Zn
	Static ABA	Total S (%)	13.5
		NNP	-379.9
		NPR	0.1
		PAG/non-PAG	PAG

Notes :

¹ Soil criteria A (background levels; MDELCC, 1998) for the Grenville province, *Politique de protection des sols et de réhabilitation des sites contaminés* Annex 2 Table 2.

² Criteria defined in *Directive 019*, Annex II Table 1.

³ Groundwater criteria "Résurgence dans les eaux de surface ou infiltration dans les égouts" (RESIE), *Politique de protection des sols et de réhabilitation des sites contaminés*, Annex 2.

⁴ Criteria for Ag, Ba, Cd, Cu, Ni, Pb and Zn are calculated for a hardness of 30 mg/L.

⁵ Final effluents, monthly mean concentrations, *Directive 019*.

ABA results and NAG test results indicate the PAG tailing sample has a large potential for sulphide oxidation with very little neutralizing capacity. The tailing sample is classified as leachable on 5 metals (cadmium, copper, lead, zinc and nickel). The other leaching tests SPLP and CTEU-9 show criteria exceedances that suggest that attenuation of nickel, zinc and/or iron may be needed prior to discharge of tailings contact waters into the receiving environment.

Conclusions and Recommendations

The Lac Guéret pilot plant tailings have significant acid generation potential with effectively no neutralizing potential. They are classified as "Potentially Acid Generating" under *Directive 019*. They are also classified as "Leachable" on 5 metals but not "High Risk." Hence they will need to be contained in a storage facility that will meet Level A aquifer protection measures and be managed in a way to minimize the potential for ARD generation in the long term.

It is recommended a kinetic weathering test be initiated on the tailings to determine the lag time to the onset of acidic drainage and evaluate the chemical loading that may be generated from the tailings prior to and as a result of ARD. This would help to define the timing for implementation of ARD and leaching control measures.

Limitations

This report was prepared for the exclusive use of Mason Graphite Inc. The report, including all tables is based solely on information from samples provided to Golder Associés Ltd. by Mason Graphite Inc. at the time of the report preparation.

Except where specifically stated to the contrary, any contextual and/or relevant information provided to Golder Associés Ltd. about the project studied in this report has not been independently verified or otherwise examined by Golder Associés Ltd. to determine its accuracy or completeness. Golder Associés Ltd. has relied in good faith on this information and does not accept responsibility for any deficiency, misstatements, or inaccuracies contained in the reports as a result of omissions, misinterpretation, fraudulent acts or the persons interviewed or contacted or errors or omissions in the reviewed documentation.

The work plan designed for this project has been developed in a manner consistent with that level of care and skill normally exercised by other members of the geoscience profession currently practising under similar conditions, subject to the time limits and financial and physical constraints applicable to the services. Any use which a third party could make of this report, or any reliance upon, or decisions made from it, are the sole responsibilities of such third parties. Golder Associés Ltd. accepts no responsibility for damages, if any, suffered by any third party as a result of decisions made or actions based on this report.

The content of this report is based on information collected during our investigation, our present understanding of the site conditions, and our professional judgement in light of such information at the time of this report. This report provides a professional opinion and therefore no warranty is either expressed, implied, or made as to the work plan, advice and recommendations offered in this report. This report does not provide a legal opinion regarding compliance with applicable laws. With respect to regulatory compliance issues, it should be noted that regulatory statutes and the interpretation of regulatory statutes are subject to change.

This work plan is valid only as of the date of this report. If new information is discovered in future work, including excavations, borings, or other studies, Golder Associés Ltd. should be requested to re-evaluate the work plan, and to provide amendments as required.

Closure

If you have any questions regarding this memo, please contact the undersigned.

GOLDER ASSOCIATES LTD.



Martin Van Den Berghe, B.Sc.
Stagiaire



Valérie Bertrand, M.Sc., géo
Géochimiste, Associé



Caroline-Emmanuelle Morisset, Ph.D., géo.
Géochimiste

MVB/CEM/VJB/sg

\\golder.gds\gal\montreal\actif\2015\3 proj\1526332 mason tailings testwork lac gueret\5 preparation of deliverables\001-memo technique\rev0\001-1526332 rev0_tma_geoch-tail_24jul2015.docx

References

- AMIRA 2002. ARD Test Handbook. Project P387A Prediction & Kinetic Control of Acid Mine Drainage. 11p.
- Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec (CEAEQ) (2010a). *Détermination du pouvoir neutralisant, du potentiel de génération d'acide et du potentiel acidogène d'un solide*. Method MA. 110 - ACISOL 1.0, Rév. 2. Government of Québec. 17 p.
- Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec (CEAEQ) (2010b). *Détermination des métaux : méthode par spectrométrie de masses à source ionisante au plasma d'argon*. Method MA. 200 – Mét. 1.2. Government of Québec. 34 p.
- Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec (CEAEQ) (2010c). *Protocole de lixiviation pour les espèces inorganiques*. Method MA. 100 – Lix.com. 1.1. Government of Québec. 17 p.
- MEND (2009). *Prediction Manual for Drainage Chemistry from Sulphidic Geologic Materials*. MEND Report 1.20.1. *Mining Environment Neutral Drainage Program*, Natural Resources Canada. December 2009.
- Ministère du Développement Durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les Changements Climatiques (MDDELCC), 1998. *Politique de Protection des Sols et Réhabilitation des Terrains Contaminés*. Ministère de l'Environnement, Direction des politiques du secteur industriel, Service des lieux contaminés. 124 pp.
- Québec, 2012. Directive 019 sur l'Industrie minière. Gouvernement du Québec, Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte Contre les Changements Climatiques. Envirodoq: ENV/2005/0120. April 2005. Preliminary version modified in March 2012.

LABORATORY COMPACTION TEST

ASTM D422 / D698 Method A

FIGURE

Test Results Summary

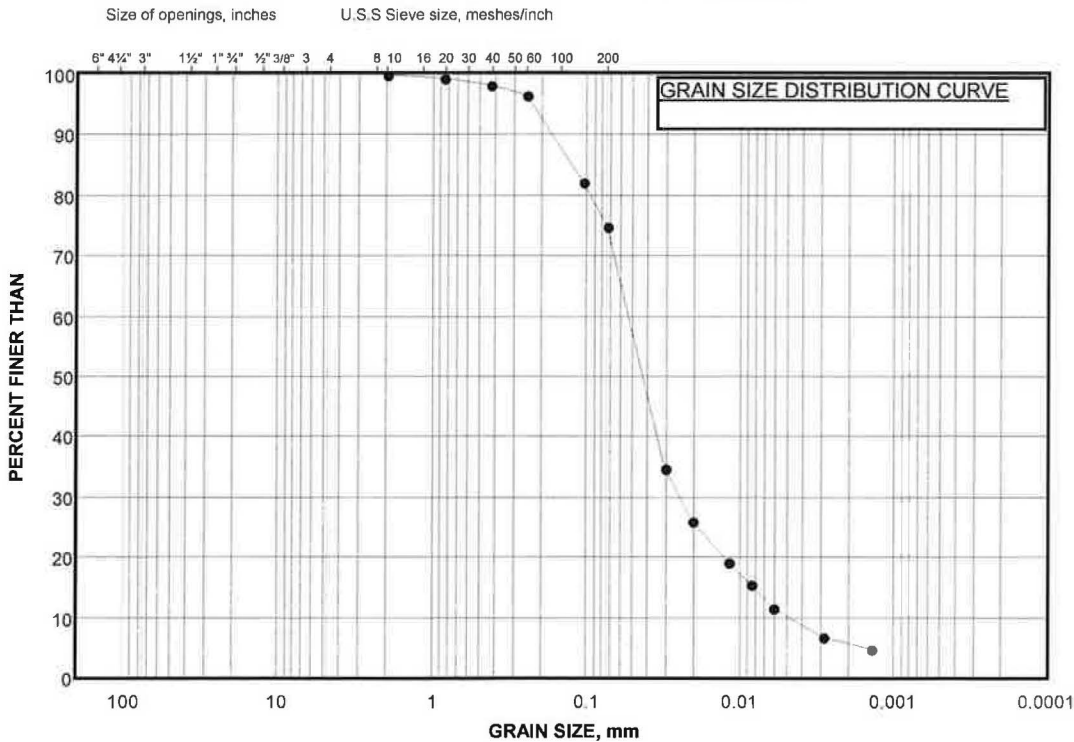
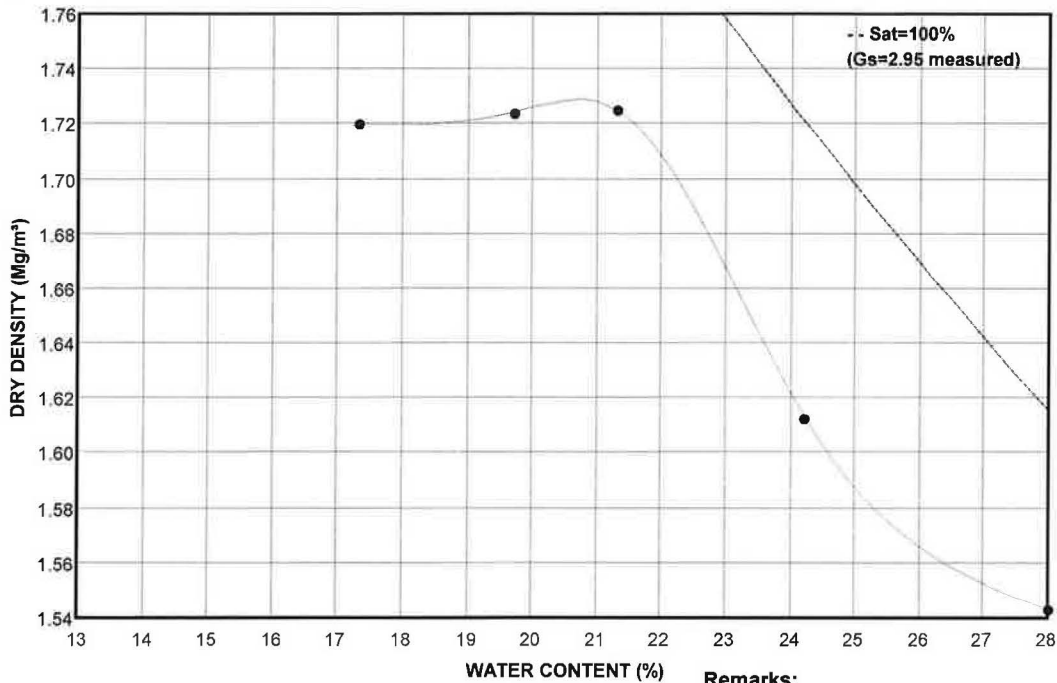
TEST: Standard

NATURAL WATER CONTENT(%): 40.8

SAMPLE: Graphite Flotation Rejects

MAX. DRY DENSITY(Mg/m³): 1.729

OPTIMUM WATER CONTENT(%): 20.6



COBBLE	COARSE	FINE	COARSE	MEDIUM	FINE	SILT AND CLAY SIZES
SIZE	GRAVEL SIZE		SAND SIZE			FINE GRAINED

Project Number: 1526332
Checked By: _____

Ro

Golder Associates

LABID: '15-465'
Date: 07-Apr-15

CONSOLIDATION SUMMARY - ROWE CELL

SAMPLE IDENTIFICATION

Project Number	1526332	Sample Number	Mason Graphite
----------------	---------	---------------	----------------

TEST CONDITIONS

Test Type	Rowe Cell
Cell	UWO
Date Started	5/22/2015
Date Completed	6/11/2015

SAMPLE DIMENSIONS AND PROPERTIES - INITIAL (AFTER DRAINAGE)

Sample Height, cm	3.95	Unit Weight, kN/m ³	17.13
Sample Diameter, cm	15.24	Dry Unit Weight, kN/m ³	12.14
Area, cm ²	182.41	Specific Gravity, measured	2.95
Volume, cm ³	720.08	Solids Height, cm	1.656
Water Content, %	41.14	Volume of Solids, cm ³	302.12
Wet Mass, g	1257.90	Volume of Voids, cm ³	417.96
Dry Mass, g	891.25		

TEST COMPUTATIONS

Pressure kPa	Corr. Height cm	Void Ratio	Average Height cm	t ₉₀ sec	cv. cm ² /s	mv m ² /kN	k cm/s
0.00	3.948	1.383	3.948				
5.00	3.922	1.368	3.935	28	1.17E-01	1.29E-03	1.48E-05
10.00	3.780	1.282	3.851	97	3.24E-02	7.19E-03	2.29E-05
20.00	3.639	1.197	3.710	128	2.28E-02	3.57E-03	7.98E-06
40.00	3.497	1.111	3.568	228	1.18E-02	1.80E-03	2.09E-06
80.00	3.386	1.044	3.442	797	3.15E-03	7.03E-04	2.17E-07
160.00	3.274	0.977	3.330	2932	8.02E-04	3.55E-04	2.79E-08
200.00	3.240	0.956	3.257	3458	6.50E-04	2.15E-04	1.37E-08
160.00	3.239	0.955	3.239				
40.00	3.257	0.966	3.248				
10.00	3.291	0.987	3.274				

Notes:

- Sample placed in cell and allowed to drain until consistency was sufficient for test to be performed
- All calculations based on height after drainage
- Initial sample height = 5.87 cm; initial weight = 1609.9 g; volume of water drained = 352 cc
- k calculated using cv based on t₉₀ values

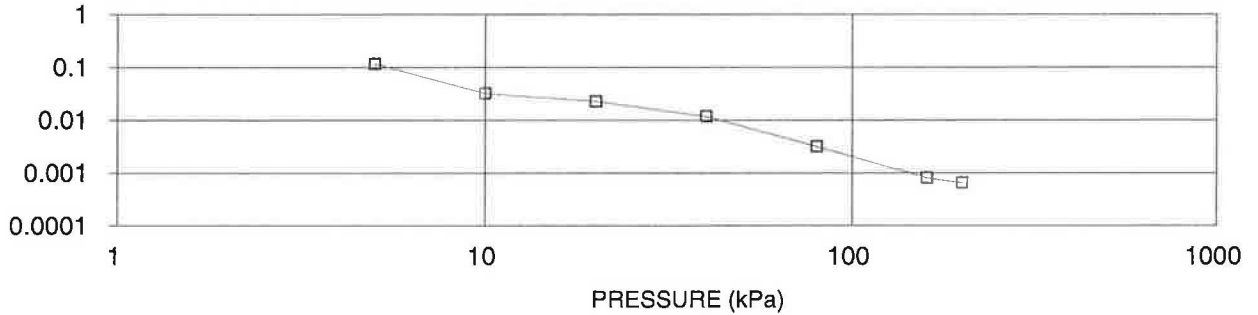
SAMPLE DIMENSIONS AND PROPERTIES - FINAL

Sample Height, cm	3.29	Unit Weight, kN/m ³	19.06
Sample Diameter, cm	15.24	Dry Unit Weight, kN/m ³	14.56
Area, cm ²	182.41	Specific Gravity, measured	2.95
Volume, cm ³	600.24	Solids Height, cm	1.656
Water Content, %	30.88	Volume of Solids, cm ³	302.12
Wet Mass, g	1166.47	Volume of Voids, cm ³	298.12
Dry Mass, g	891.25		

ROWE CELL TEST SUMMARY

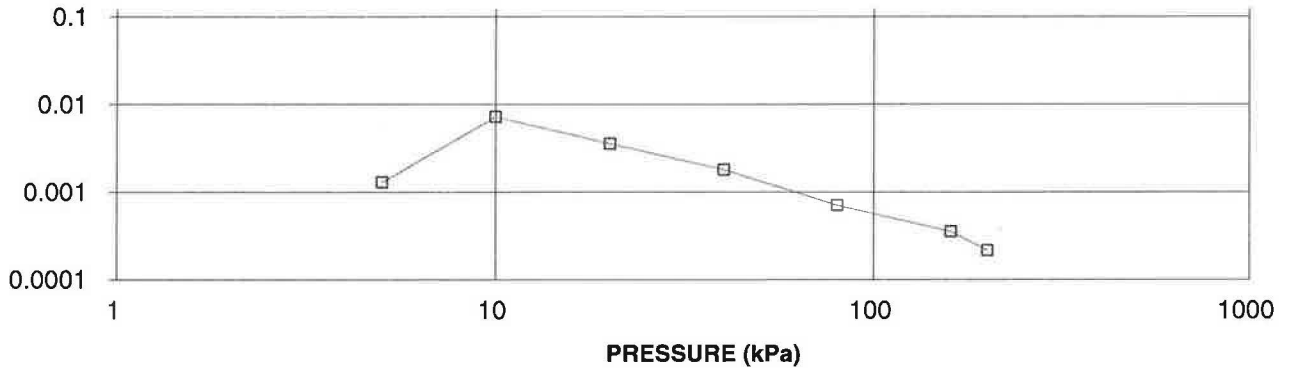
ROWE CELL TEST
cv cm²/s vs PRESSURE (kPa)
SA MASON GRAPHITE

COEFFICIENT OF
CONSOLIDATION, cm²/s



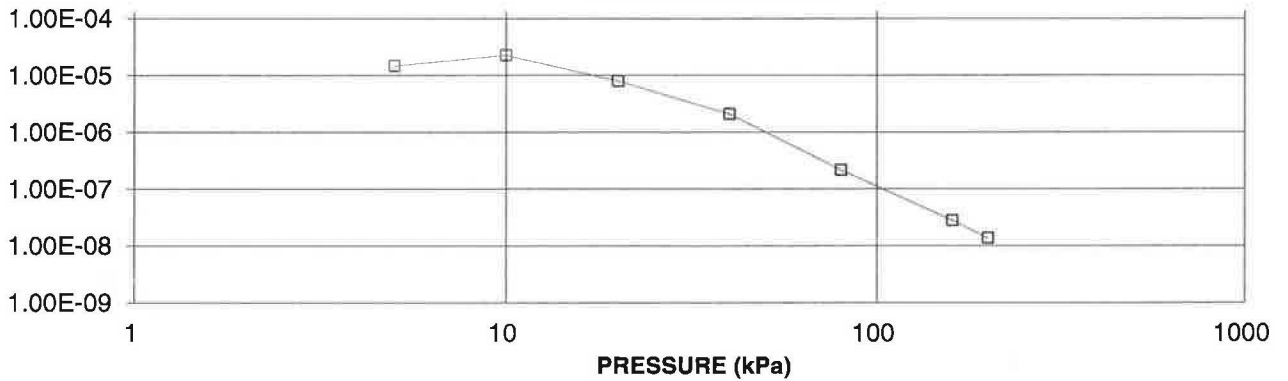
ROWE CELL TEST
mv, m²/kN vs PRESSURE (kPa)
SA MASON GRAPHITE

VOLUME COMPRESSIBILITY,
m²/kN



ROWE CELL TEST
HYDRAULIC CONDUCTIVITY vs PRESSURE
SA MASON GRAPHITE

HYDRAULIC CONDUCTIVITY,
cm/s



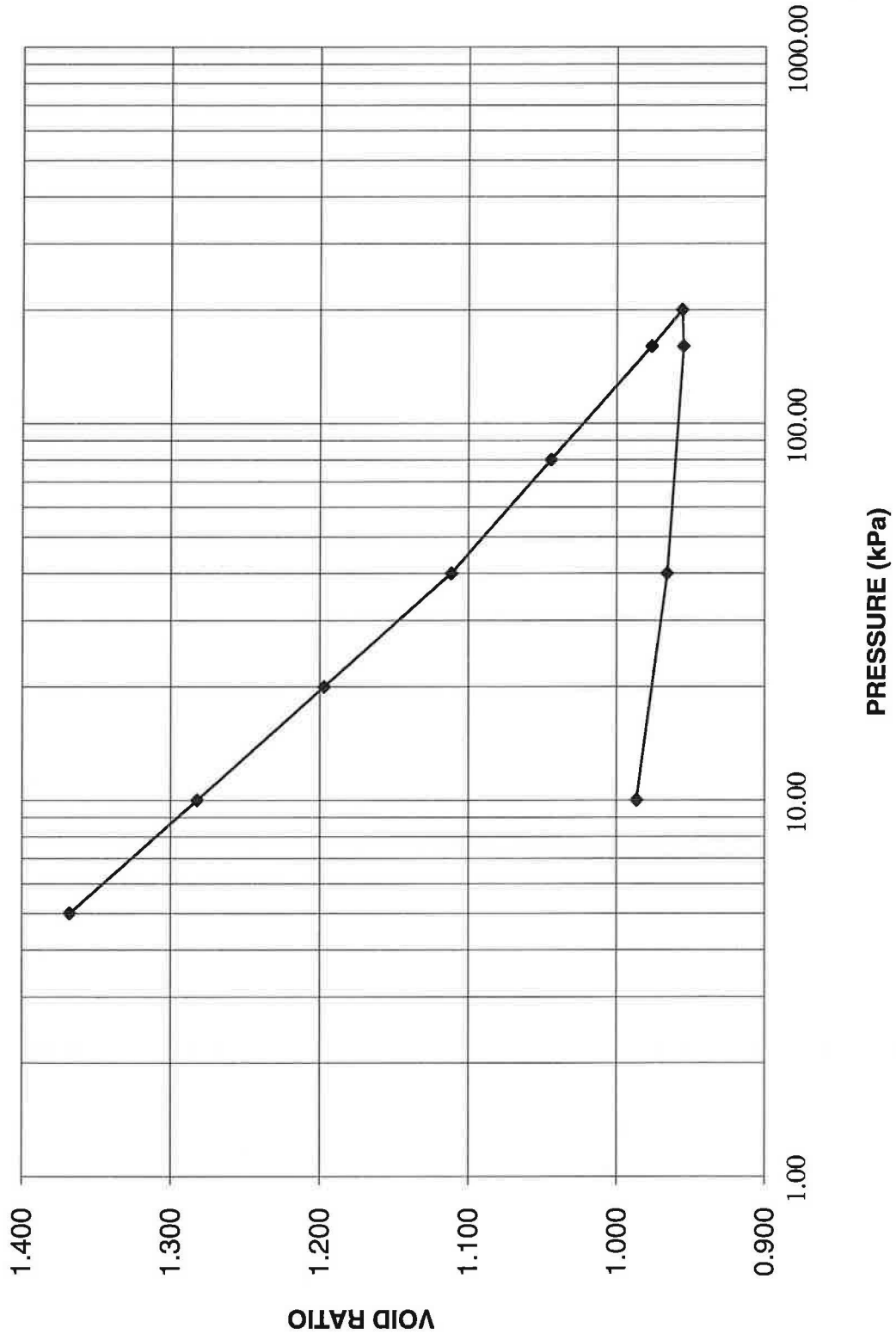
Project No. 1526332

Checked By: *hb*

VOID RATIO VS. LOG PRESSURE

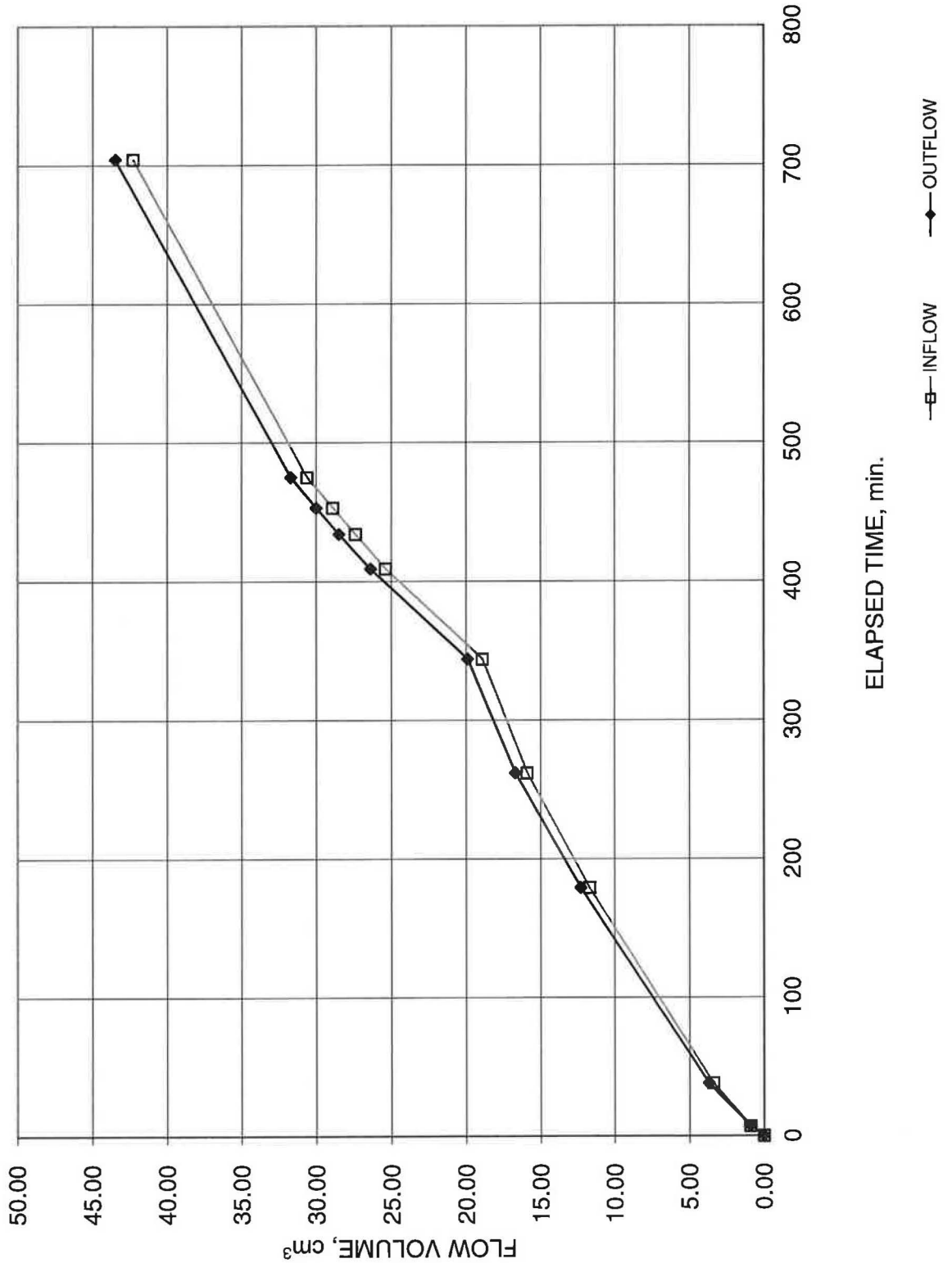
FIGURE

VOID RATIO VS. LOG PRESSURE
SA MASON GRAPHITE



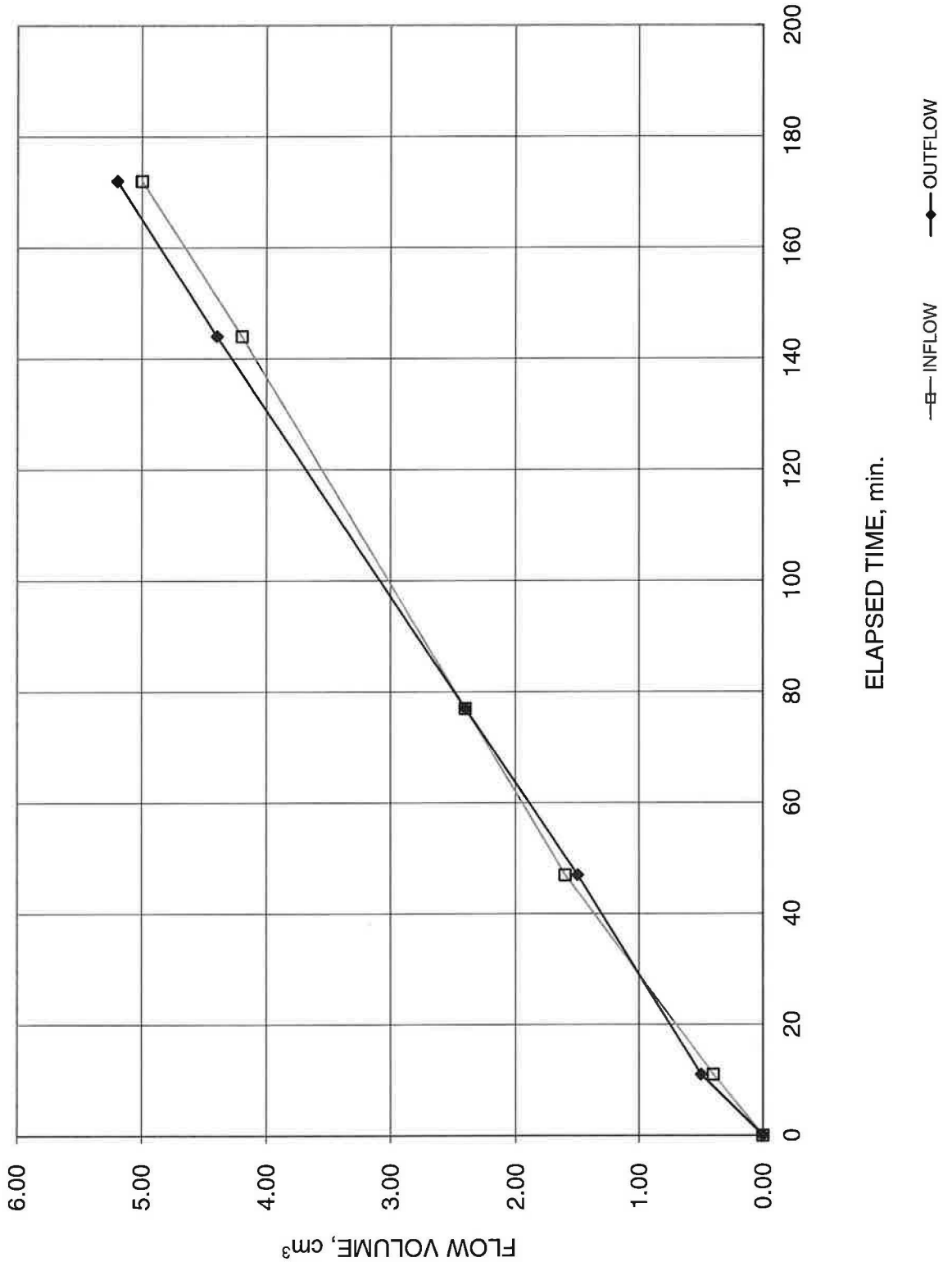
HYDRAULIC CONDUCTIVITY TEST

Sample Mason Graphite 40 kPa



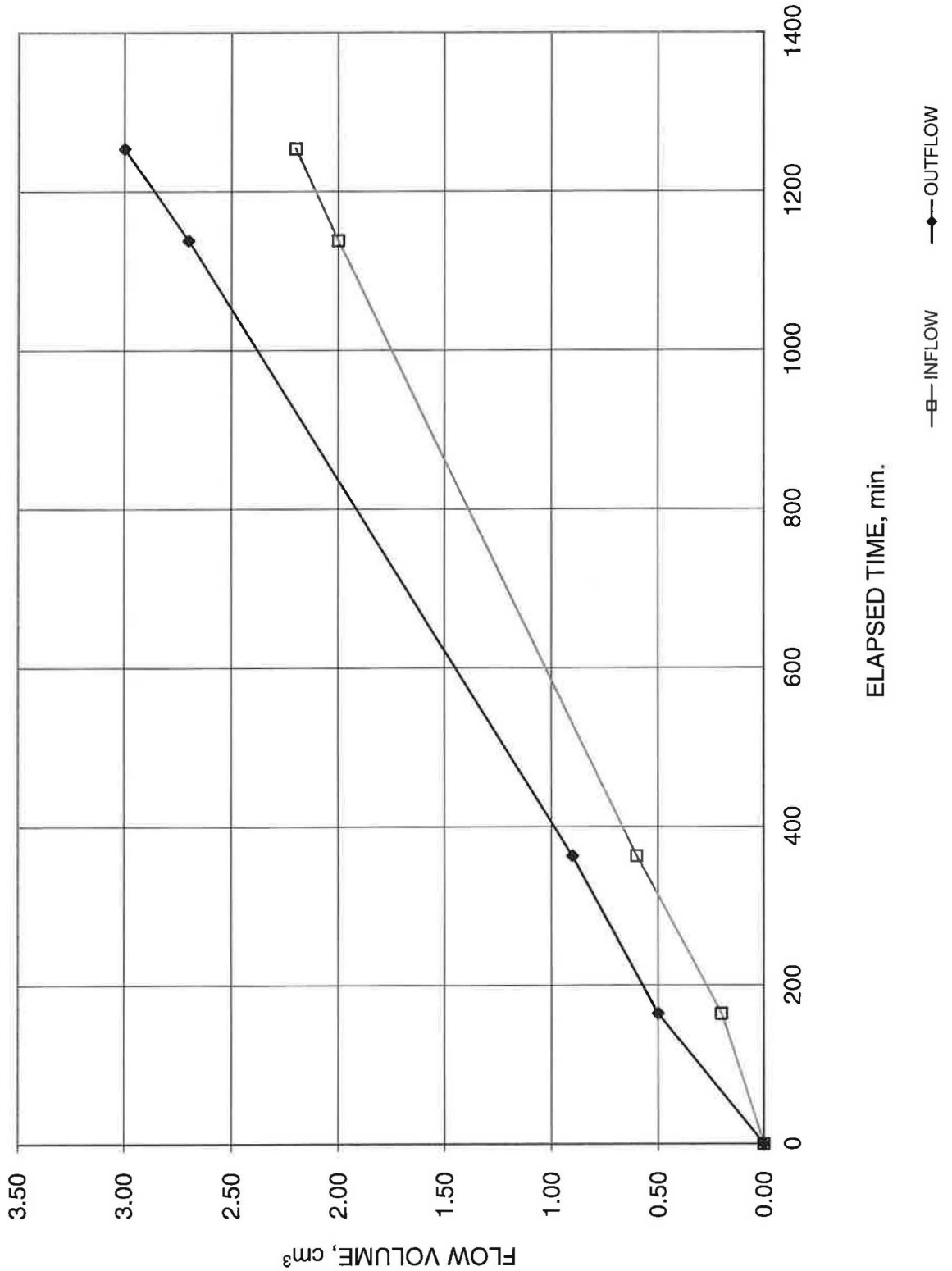
HYDRAULIC CONDUCTIVITY TEST

Sample Mason Graphite 80 kPa



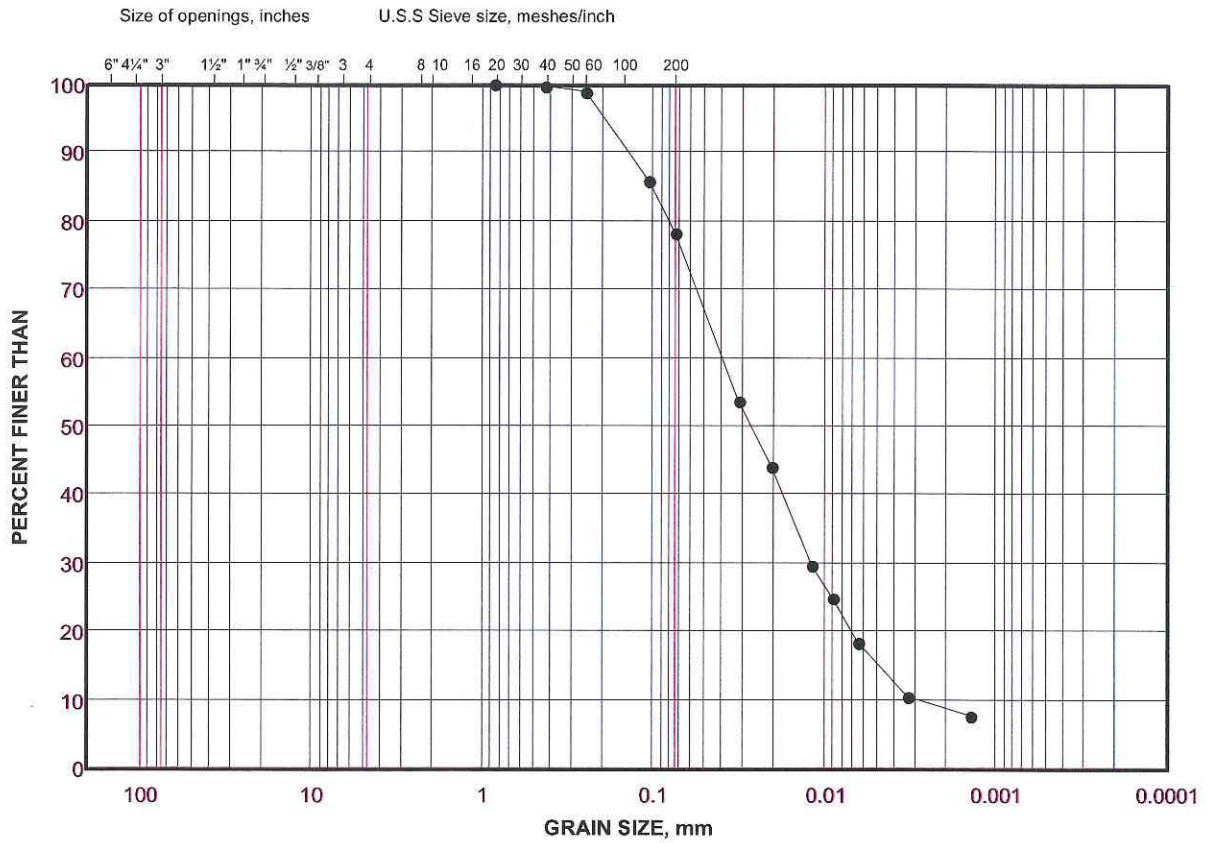
HYDRAULIC CONDUCTIVITY TEST


Sample Mason Graphite 200 kPa



GRAIN SIZE DISTRIBUTION

FIGURE

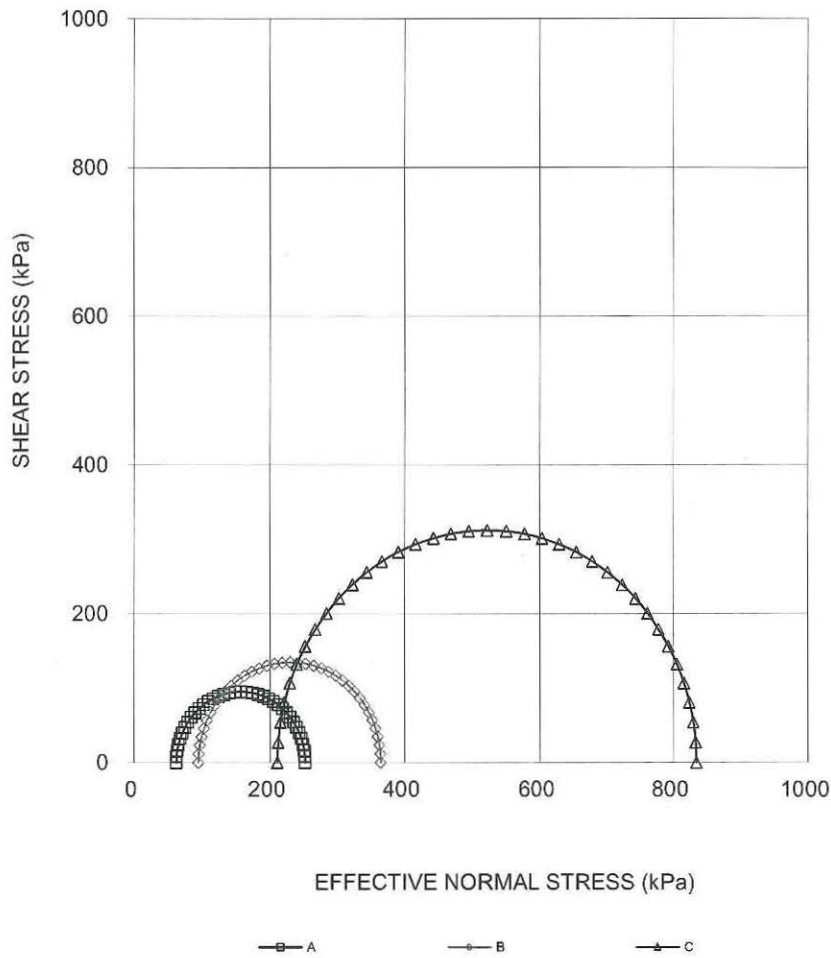


CONSOLIDATED UNDRAINED TRIAXIAL WITH PORE PRESSURE MEASUREMENTS SHEET 1 OF 4		FIGURE		
TEST STAGE	A	B	C	
BOREHOLE NUMBER	-			
SAMPLE	Mason Graphite			
DEPTH, m	-			
SPECIMEN DIAMETER, cm	5.06	5.05	5.06	
SPECIMEN HEIGHT, cm	10.17	10.13	10.17	
NATURAL WATER CONTENT, %	21.0	21.0	22.0	
DRY DENSITY, Mg/m ³	1.70	1.66	1.67	
WATER CONTENT AFTER SATURATION, %	26.7	27.1	30.0	
CELL PRESSURE, σ_3 , kPa	495.0	615.0	775.0	
BACK PRESSURE, kPa	415.0	415.0	275.0	
PORE PRESSURE PARAMETER "B"	0.96	0.96	0.96	
EFFECTIVE CONSOLIDATION STRESS, σ_c , kPa	80.0	200.0	500.0	
VOLUMETRIC STRAIN DURING CONSOLIDATION, %	2.7	6.1	11.2	
WATER CONTENT AFTER CONSOLIDATION, %	25.1	23.4	22.9	
AVERAGE RATE OF STRAIN, %/hr	0.5	0.5	0.5	
TIME TO FAILURE, HOURS	29.8	28.7	29.6	
WATER CONTENT AFTER TEST, %	23.9	23.3	22.9	
MAX. DEVIATOR STRESS, $(\sigma_1 - \sigma_3)$, kPa	190.0	269.5	623.7	
AXIAL STRAIN AT $(\sigma_1 - \sigma_3)$ maximum, %	14.9	14.3	14.8	
MAX EFFECTIVE PRINCIPAL STRESS RATIO, (σ'_1 / σ'_3) maximum	4.1	3.9	4.0	
DEVIATOR STRESS AT (σ'_1 / σ'_3) maximum, kPa	149.7	260.5	623.7	
AXIAL STRAIN AT (σ'_1 / σ'_3) maximum, %	7.1	11.1	14.8	
PORE PRESSURE PARAMETER, Af, AT $(\sigma_1 - \sigma_3)$ maximum	0.09	0.39	0.46	
PORE PRESSURE PARAMETER, Af, AT (σ'_1 / σ'_3) maximum	0.21	3.93	0.46	
FILTER DRAINS USED, y/n	y	y	y	
TEST NOTES:	<p style="text-align: center;">Effective consolidation stresses are assigned by the client.</p> <p style="text-align: center;">Specimens prepared at about 1.7 Mg/m³ target dry density and about 21% moisture content.</p>			
FAILURE PLANE NUMBER	-			
ANGLE OF FAILURE PLANE, DEGREES	Bulged	Bulged	Bulged	
Date:	5/7/2016			Prepared By LH
Project No.	1530092(3000)			Checked By: 
Golder Associates				

CONSOLIDATED UNDRAINED TRIAXIAL
WITH PORE PRESSURE MEASUREMENTS
SHEET 2 OF 4

FIGURE

SA Mason Graphite



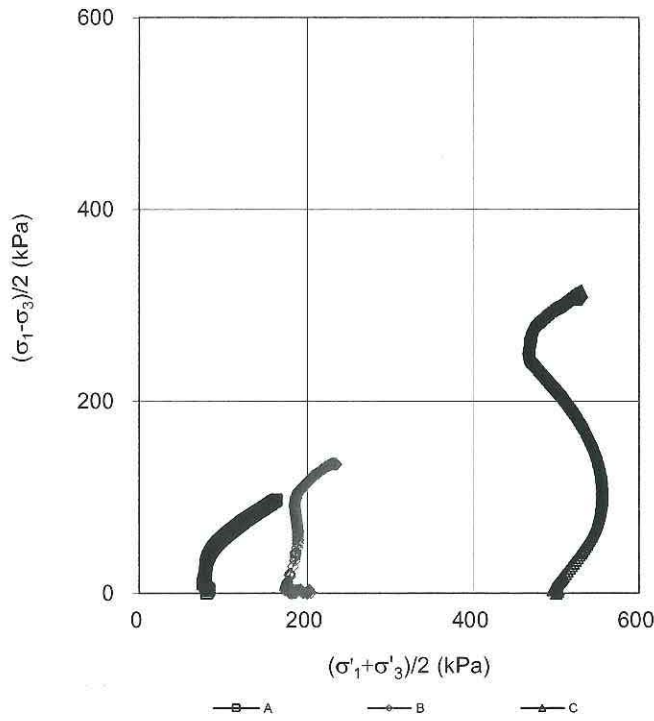
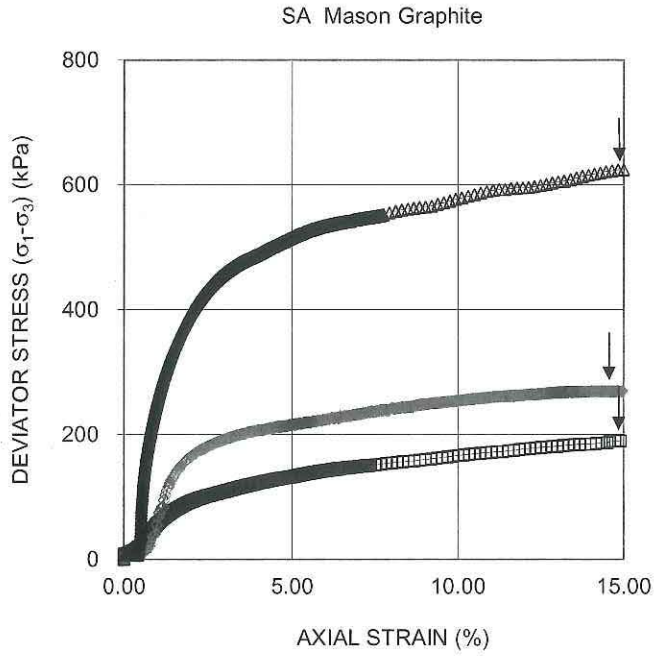
Date: 5/7/2016
Project No. 1530092(3000)

Golder Associates

Prepared By LH
Checked By: *[Signature]*

**CONSOLIDATED UNDRAINED TRIAXIAL
WITH PORE PRESSURE MEASUREMENTS
SHEET 3 OF 4**

FIGURE



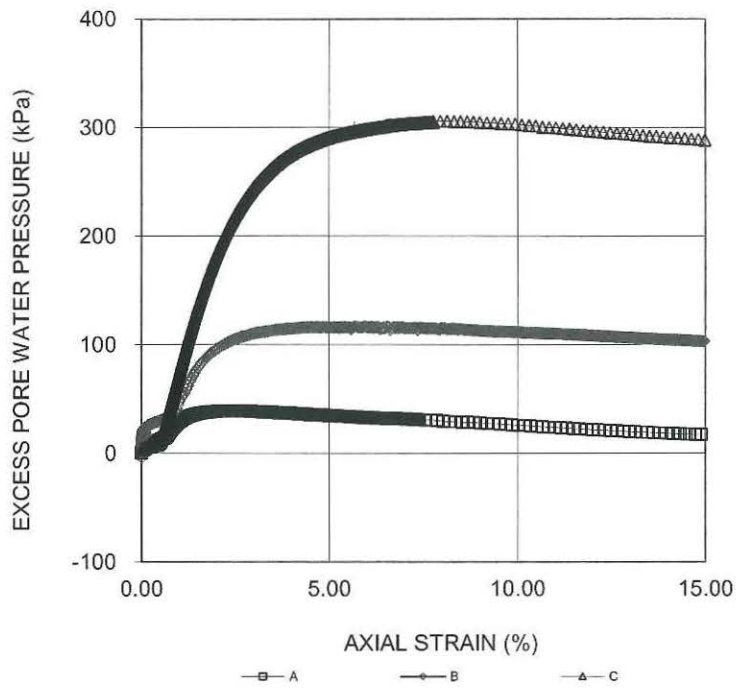
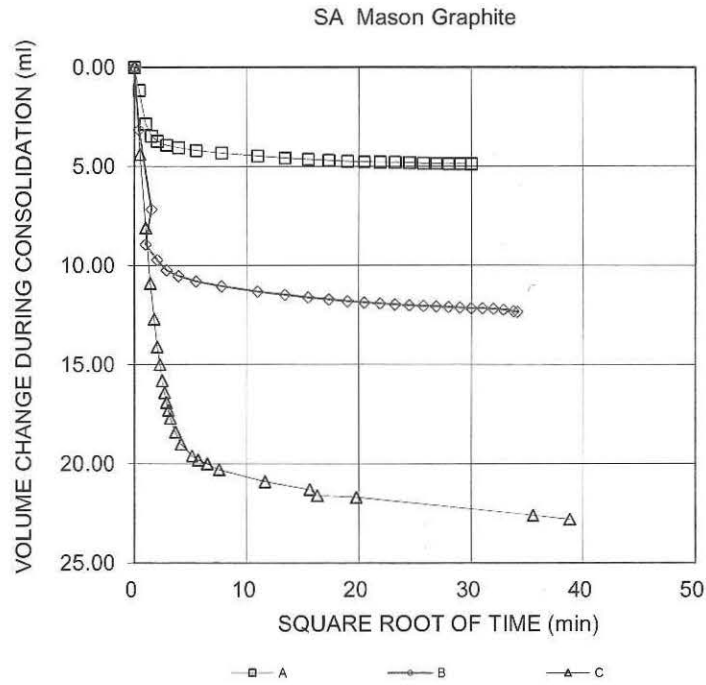
Date: 5/7/2016
Project No. 1530092(3000)

Golder Associates

Prepared By LH
Checked By: *[Signature]*

**CONSOLIDATED UNDRAINED TRIAXIAL
WITH PORE PRESSURE MEASUREMENTS
SHEET 4 OF 4**

FIGURE



Date: 5/7/2016
Project No. 1530092(3000)

Golder Associates

Prepared By LH
Checked By: *[Signature]*

CONSOLIDATION TEST SUMMARY

FIGURE

ASTM D2435/D2435M

SAMPLE IDENTIFICATION

Project Number	1530092(3000)	Sample Number	Mason Graphite
Borehole Number	-	Sample Depth, m	-

TEST CONDITIONS

Test Type	Standard Consolidation	Load Duration, hr	24
Oedometer Number	5		
Date Started	04/21/2016		
Date Completed	05/03/2016		

SAMPLE DIMENSIONS AND PROPERTIES - INITIAL

Sample Height, cm	1.90	Unit Weight, kN/m ³	19.83
Sample Diameter, cm	6.34	Dry Unit Weight, kN/m ³	16.04
Area, cm ²	31.55	Specific Gravity, measured	3.16
Volume, cm ³	60.01	Solids Height, cm	0.985
Water Content, %	23.60	Volume of Solids, cm ³	31.07
Wet Mass, g	121.34	Volume of Voids, cm ³	28.94
Dry Mass, g	98.17	Degree of Saturation, %	80.1

TEST COMPUTATIONS

Stress kPa	Corr.	Average			t ₉₀ sec	cv. cm ² /s	mv m ² /kN	k cm/s
	Height cm	Void Ratio	Height cm					
0.00	1.902	0.932	1.902					
5.86	1.905	0.935	1.904					
10.64	1.901	0.930	1.903	581	1.32E-03	4.62E-04	5.98E-08	
20.71	1.892	0.921	1.896	317	2.41E-03	4.59E-04	1.08E-07	
39.98	1.876	0.905	1.884	437	1.72E-03	4.45E-04	7.50E-08	
78.83	1.850	0.879	1.863	332	2.22E-03	3.45E-04	7.49E-08	
175.87	1.820	0.848	1.835	359	1.99E-03	1.64E-04	3.19E-08	
351.17	1.785	0.812	1.802	205	3.36E-03	1.06E-04	3.50E-08	
701.15	1.737	0.764	1.761	173	3.80E-03	7.16E-05	2.67E-08	
351.17	1.735	0.762	1.736					
78.83	1.750	0.777	1.743					
20.50	1.764	0.791	1.757					
6.02	1.773	0.801	1.769					

Note:

Specimens prepared at about 1.7 Mg/m³ target dry density and about 21% moisture content.

Consolidation loading and unloading schedule assigned by the client.

k calculated using cv based on t₉₀ values.

SAMPLE DIMENSIONS AND PROPERTIES - FINAL

Sample Height, cm	1.77	Unit Weight, kN/m ³	21.23
Sample Diameter, cm	6.34	Dry Unit Weight, kN/m ³	17.21
Area, cm ²	31.55	Specific Gravity, measured	3.16
Volume, cm ³	55.94	Solids Height, cm	0.985
Water Content, %	23.39	Volume of Solids, cm ³	31.07
Wet Mass, g	121.13	Volume of Voids, cm ³	24.88
Dry Mass, g	98.17		