

# Évaluation de la faisabilité de remblayer la fosse de la mine du lac Bloom

Rapport préparé par

Michel Aubertin, ing. Ph.D., *FCAE, FEIC, FCSCE*

Professeur émérite, Polytechnique Montréal  
Département des génies civil, géologique et des mines  
Institut de recherche Mines et Environnement  
[michel.aubertin@polymtl.ca](mailto:michel.aubertin@polymtl.ca)

Soumis à la Commission du BAPE

*Évaluation réalisée dans le cadre des audiences publiques du BAPE  
sur le projet d'agrandissement de la capacité d'entreposage  
des résidus miniers et des stériles de la mine du lac Bloom*

*Le 21 janvier 2021*

## Table des matières

Préambule .....	3
Introduction .....	4
Questions soumises par le BAPE .....	7
Réponses aux questions . . . . .	8
- Questions A et B : Évaluation du rapport de Emerman (2020)	
- Question C : Utilisation de la fosse (rapports 2017, 2019)	
- Question D : Analyse de la faisabilité du remblayage (rapport nov. 2020)	
- Question E : Autres modes de gestion des rejets miniers et aspects connexes	
- Questions F et G : Mise à jour NI 43-101	
Remarques complémentaires .....	21
Références .....	22

## Préambule

Le BAPE (Bureau d'audiences publiques sur l'environnement) a retenu les services de Michel Aubertin afin d'obtenir l'évaluation d'un expert sur la faisabilité de remblayer la fosse partiellement ou totalement à la mine du lac Bloom. Cette évaluation est réalisée dans le cadre des travaux de la commission du BAPE qui tient des audiences publiques sur le projet d'agrandissement de la capacité d'entreposage des résidus miniers et des stériles de la mine du lac Bloom (Minerai de Fer Québec, MFQ).

Le mandat de l'auteur de ce rapport (M. Aubertin) comprenait:

- La lecture des éléments pertinents contenus dans les documents transmis par le BAPE.
- La consultation d'autres documents (rapports et articles techniques) portant sur les techniques et l'application de la déposition des rejets miniers (résidus et stériles) en fosse.
- Une analyse des options considérées (et peut-être d'autres alternatives potentielles).
- Une présentation des résultats aux commissaires et analystes, le 11 janvier 2021.
- La rédaction d'un rapport, à soumettre le 21 janvier 2021.

Le présent rapport, issu de travaux menés par l'auteur entre le 14 décembre 2020 et le 21 janvier 2021, débute par une introduction qui décrit sommairement la problématique de la gestion des rejets miniers et de la sélection d'un site d'entreposage; on y présente aussi quelques informations et références sur le remblayage des fosses. Les réponses aux questions du BAPE (reçues le 24 novembre 2020) suivent, avec des commentaires spécifiques sur les points jugés les plus importants. Quelques remarques complémentaires sur des aspects connexes sont ajoutés à la fin de rapport. Une liste des références citées dans le rapport est aussi incluse.

## Introduction

L'exploitation des mines et le traitement du minerai produisent divers types de rejets qui doivent être gérés de façon efficace et sécuritaire afin de protéger l'environnement, les travailleurs, la population et les infrastructures avoisinantes. Depuis plusieurs années déjà, les compagnies minières actives au Québec (et ailleurs) ajustent leur pratique en fonction de l'évolution de la réglementation et des attentes de la société, afin d'établir un équilibre entre l'exploitation des ressources minérales et les contraintes posées par l'acceptabilité sociale, environnementale, technique et économique des projets.

Les principaux types de rejets issus de l'exploitation minière incluent le mort-terrain, les roches stériles et les résidus miniers. Le mort-terrain est composé des sols naturels situés au-dessus du massif rocheux où se trouve le gisement. Ces matériaux sont usuellement déposés en surface sous forme d'empilements (remblais), qu'il est nécessaire de protéger contre l'érosion (et contre la dégradation dans le cas des sols organiques). Les sols peuvent être utilisés comme matériaux d'emprunt dans des travaux de construction et pour aider à restaurer le site à la fermeture des opérations. Les roches stériles, extraites autour des zones minéralisées, sont composées de fragments formant un matériau granulaire à granulométrie grossière. Les stériles peuvent servir au remblayage des ouvertures minières et à la construction d'ouvrages de surface, mais ils sont le plus souvent stockés dans des empilements appelés « haldes à stériles ». Leur entreposage peut poser certains problèmes, surtout si les stériles contiennent des éléments réactifs susceptibles de contaminer les eaux. Les haldes des mines à ciel ouvert peuvent contenir de grandes quantités de stériles; elles peuvent s'élever au-delà de cent mètres et couvrir plus d'une centaine d'hectares (Aubertin et al., 2002a, 2013). Les résidus miniers (rejets du concentrateur) sont produits à l'usine de traitement minéralurgique où se fait l'extraction des éléments ayant une valeur commerciale. Ces rejets, formés de roches finement broyées, sont habituellement transportés hydrauliquement sous forme de pulpe vers des parcs à résidus confinés par la topographie naturelle et retenus par des digues. Les résidus miniers peuvent aussi être acheminés sous forme de remblai dans les ouvertures créées lors de l'exploitation minière souterraine ou en fosse. La conception, la construction et le suivi des parcs à résidus peuvent engendrer de nombreux défis, notamment en raison des risques d'instabilités géotechniques (Vick, 1990; Aubertin et al., 2002b, 2011b; Blight, 2010) et géochimiques (Aubertin et al., 2002a, 2016). A ces rejets solides s'ajoutent les eaux de mines, les eaux de procédés et les eaux ayant circulé à travers les stériles, les résidus, le concentré ou le minerai. Ces eaux, potentiellement contaminées, sont usuellement récupérées et entreposées dans des bassins étanches comprenant des zones de sédimentation et de polissage. Une partie des eaux en circulation sur un site minier est souvent réutilisée dans le procédé de production. Elles peuvent aussi être remises en circulation dans le milieu naturel, après avoir été traitées au besoin (Aubertin et al. 2002a).

Certaines aires d'entreposage des rejets miniers font à peine une centaine de mètres carrés, alors que les plus grandes peuvent couvrir des centaines d'hectares. Au Québec, la superficie moyenne des parcs à résidus, des haldes à stériles et des bassins de sédimentation et de polissage est respectivement de l'ordre de 50, 20 et 35 hectares, alors que les plus grandes installations excèdent 5 km<sup>2</sup> (Aubertin et al., 2002a, 2011a).

Les bonnes pratiques pour la gestion des rejets miniers sont décrites dans plusieurs rapports, articles et documents techniques bien connus et communément utilisés dans l'industrie au Québec, au Canada et ailleurs; mentionnons par exemple les documents suivants (avec les références qui y sont citées) : Vick (1990), Aubertin et al. (2002a, 2002b, 2011b, 2013, 2016a), Blight (2010), MAC (2017), MEND (2017), ICMM (2020), Morril et al. (2020).

La planification d'un projet d'entreposage de rejets miniers en surface requiert l'analyse et la sélection d'un site de déposition en fonction des besoins, tout en respectant diverses restrictions environnementales, législatives, techniques, économiques, et sociales. La sélection judicieuse du site le plus approprié peut grandement contribuer au succès de l'opération minière, à la bonne performance des installations d'entreposage, et à une restauration réussie lors de la fermeture. C'est une étape critique pour optimiser le rendement sur l'investissement à long terme. Il y a plusieurs facteurs à prendre en compte lors de cette sélection du site (ou des sites) d'entreposage des rejets miniers. La sélection du site se fait habituellement en deux étapes. La première permet de dresser la liste des sites potentiels et de les analyser un à un de façon préliminaire en fonction des contraintes du projet, afin de rejeter tous ceux qui ne peuvent pas respecter les objectifs et restrictions (Aubertin et al., 2002a; Blight, 2010). De nombreux facteurs et critères peuvent mener à l'exclusion de sites particuliers. Les plus importants sont la topographie des lieux (p. ex. éviter les pentes trop abruptes), l'accès au site (difficile ou trop éloigné), l'exposition et la vulnérabilité à l'érosion (pluie, vent), la capacité du bassin (au moins suffisante pour les réserves connues), la disponibilité des matériaux d'emprunt (pour la construction des ouvrages), le contexte sismique et le potentiel d'instabilité géotechnique, les risques découlant d'une défaillance des ouvrages, la susceptibilité des sols et de la nappe phréatique à une contamination potentielle, l'hydrographie et l'ampleur du bassin de drainage, l'usage du territoire (vocation récréative, écologique ou autre) et la présence d'écosystèmes fragiles. Il faut aussi tenir compte de l'extension des zones minéralisées avec un potentiel minier, des difficultés d'opération, des conditions à la fermeture pour la restauration, ainsi que de l'ensemble des coûts (capital, opération, entretien). L'acceptabilité sociale du projet doit aussi être prise en compte de façon prioritaire.

Cette première étape mène à la sélection de sites potentiels qui méritent une analyse plus approfondie. On procède alors à une évaluation détaillée des quelques sites retenus à partir d'un

ou de plusieurs concepts d'aménagement. Il faut prendre en compte tous les facteurs d'influence, y compris les facteurs géologiques, géotechniques, hydrogéologiques, hydrologiques, géochimiques, topographiques, climatiques, environnementaux, opérationnels et économiques. Les qualités généralement souhaitées pour un site d'entreposage de rejets miniers incluent un bassin de drainage de faible dimension, un sous-sol de fondation formé de matériaux relativement peu perméables et avec une bonne résistance mécanique, des caractéristiques uniformes, et une topographie permettant de restreindre la dimension des ouvrages afin de maximiser le volume stocké.

La minimisation de l'empreinte environnementale sur le territoire fait partie des principaux objectifs associés à la sélection du site et du mode d'entreposage des rejets miniers. Cet aspect peut être pris en compte de diverses façons, notamment à travers une analyse du cycle de vie (ACV) portant sur les entrants et sortants et sur les impacts environnementaux potentiels durant tout le cycle de vie de la mine (Reid et al., 2009). Les analyses de risque font aussi partie des outils pour aider à évaluer divers scénarios (Read et Stacey, 2009; Aubertin et al., 2011b). L'utilisation des ouvertures minières pour entreposer les rejets (chantiers souterrains ou excavations à ciel ouvert) fait de plus en plus souvent partie des options considérées par l'industrie et par les organismes de contrôle. L'entreposage en fosse constitue l'objet principal de la présente évaluation.

Les opérations minières à ciel ouvert servent à extraire le minerai situé à une profondeur relativement faible. La conception, le développement et l'opération d'une exploitation en fosse se fait selon des règles de l'art bien connues dans le domaine (e.g. Read et Stacey, 2009; Hustrulid et al., 2013). Plusieurs facteurs doivent être pris en compte pour analyser les scénarios menant à l'entreposage d'une partie des rejets miniers dans une (ou plusieurs) fosse(s). Les techniques disponibles, les critères d'évaluation et de conception, et des exemples d'application sont présentés dans plusieurs documents publiés au cours des deux dernières décennies. Mentionnons par exemple: Porter et Bleiwas (2003), Johnson et Carroll (2007), Zuckerberg et al. (2007), Testa et Pompy (2007), Breitenbach (2008), Williams (2009), van Zyl (2009), Puhlovich et Coghill (2011), Charrette et al. (2012), Awoh et al. (2013), Geller et al. (2013), Williams (2014), MEND (2015; et 1995), Villain et al. (2015), Abdelghani et al. (2015), Aubertin et McKenna (2016), Rimelé (2017, 2018), Lévesque (2019) et Dufayard et al. (2020). Certaines de ces publications comportent aussi une description de cas réels ou de situations génériques typiques.

Les sections qui suivent évaluent certaines des principales options pour l'entreposage des rejets à la mine du lac Bloom, en répondant aux questions qui ont été soumises à l'auteur par la Commission du BAPE.

## Questions soumises par le BAPE

Voici les sept questions soumises à l'auteur (Michel Aubertin), le 24 novembre 2020, par la Commission d'enquête sur l'augmentation de la capacité d'entreposage des résidus miniers et stériles.:

- Dans un contexte d'évitement du remblayage des lacs, que pensez-vous de l'analyse de faisabilité d'utilisation de la fosse telle que présentée par l'initiateur du projet (DA26.1)?
- Que pensez-vous de l'analyse de l'utilisation de la fosse comme site de stockage des résidus miniers et stériles faite par monsieur Emerman (DC1)?
- Pourriez-vous décrire d'autres approches ou techniques de gestion des résidus et des stériles miniers de la mine du lac Bloom qui permettraient (1) d'éviter ou (2) encore de minimiser le remblaiement des lacs?
- Monsieur Emerman (DC1) suggère de faire du *stockpiling* pour maintenir la qualité du mélange envoyé au concentrateur. Est-ce une pratique utilisée dans l'industrie et est-ce que le lieu d'entreposage temporaire qui serait utilisé demanderait des conditions particulières?
- Dans le cas où l'initiateur décidait d'utiliser la fosse afin d'éviter le remblaiement des lacs, est-ce que ceci exigerait une mise-à-jour de la NI 43-101?
- Combien de temps faudrait-il pour faire une mise-à-jour du NI 43-101 de 2019?
- L'utilisation de la fosse telle que prévue dans le DA3.1 (2017, figure 16-5) a été abandonné lors de la revue de la faisabilité en 2019 (DA3). Est-ce que cette décision d'abandonner la fosse comme site de stockage des résidus miniers et stériles est bien justifiée?

Les réponses de l'auteur à ces questions sont présentées dans les pages qui suivent. L'ordre des questions a été réaménagé pour les besoins du rapport.

## Réponses aux questions

*Question A) Que pensez-vous de l'analyse de l'utilisation de la fosse comme site de stockage des résidus miniers et stériles faite par monsieur Emerman (DC1)?*

Réponse : Le remblayage des fosses par des rejets miniers peut être très avantageux lorsque certaines conditions sont réunies. L'analyse de Emerman (2020) est jugée utile et pertinente dans le contexte de ce projet. Quelques points particuliers sont présentés plus bas pour étayer cette évaluation positive de ce document.

*Question B) Monsieur Emerman (DC1) suggère de faire du « stockpiling » pour maintenir la qualité du mélange envoyé au concentrateur. Est-ce une pratique utilisée dans l'industrie et est-ce que le lieu d'entreposage temporaire qui serait utilisé demanderait des conditions particulières?*

Réponse : Cette pratique est souvent utilisée dans l'industrie minière, notamment pour les mines de métaux précieux (en Abitibi et ailleurs). Les conditions permettant d'utiliser des sites temporaires pour entreposer le minerai de différente teneur doivent faire l'objet d'une évaluation spécifique, mais cet aspect ne pose pas de difficulté particulière. L'approche pourrait être optimisée pour l'extraction et l'entreposage du minerai de fer de diverse teneur (et composition) à la mine du lac Bloom.

Complément de réponse:

Le rapport de Emerman 2020 (document DC1) présente une analyse pertinente et pleinement justifiée portant sur la disposition des rejets miniers dans la fosse (ou une des fosses) de la mine du lac Bloom. Ce rapport résulte d'un travail systématique et rigoureux qui met en lumière les principaux aspects de la problématique associée à l'entreposage des rejets miniers à la mine du lac Bloom. La situation est décrite clairement, bien que de façon sommaire, et les conditions du site sont bien documentées à partir de diverses sources d'information. Le rapport ne va pas dans les détails sur la plupart des aspects abordés, mais il résume bien les éléments les plus importants. Il évalue aussi une option alternative d'entreposage en fosse à partir de considérations techniques et économiques, selon les informations disponibles (qui comportent plusieurs incertitudes). Bien que certains aspects du rapport sont moins bien documentés et justifiés, il apporte globalement des arguments valables et des éléments d'information utiles pour aider à circonscrire les principaux enjeux.

De façon plus spécifique, les figures 2a et 2b du rapport (et le texte associé) décrivent clairement la situation actuelle et l'évolution proposée pour la mine, avec les diverses aires d'entreposage

prévues pour les 20 prochaines années. La figure 2b (reproduite plus bas) fait ressortir les changements qui seraient apportées au site minier et aux aires avoisinantes dans l'éventualité où l'option retenue est celle proposée dans le rapport de BBA-MFQ (2019, DA3) et dans d'autres rapports plus récents (WSP-MFQ 2020). Cette figure aide à identifier les zones affectées pour les nouvelles aires d'entreposage des rejets miniers.

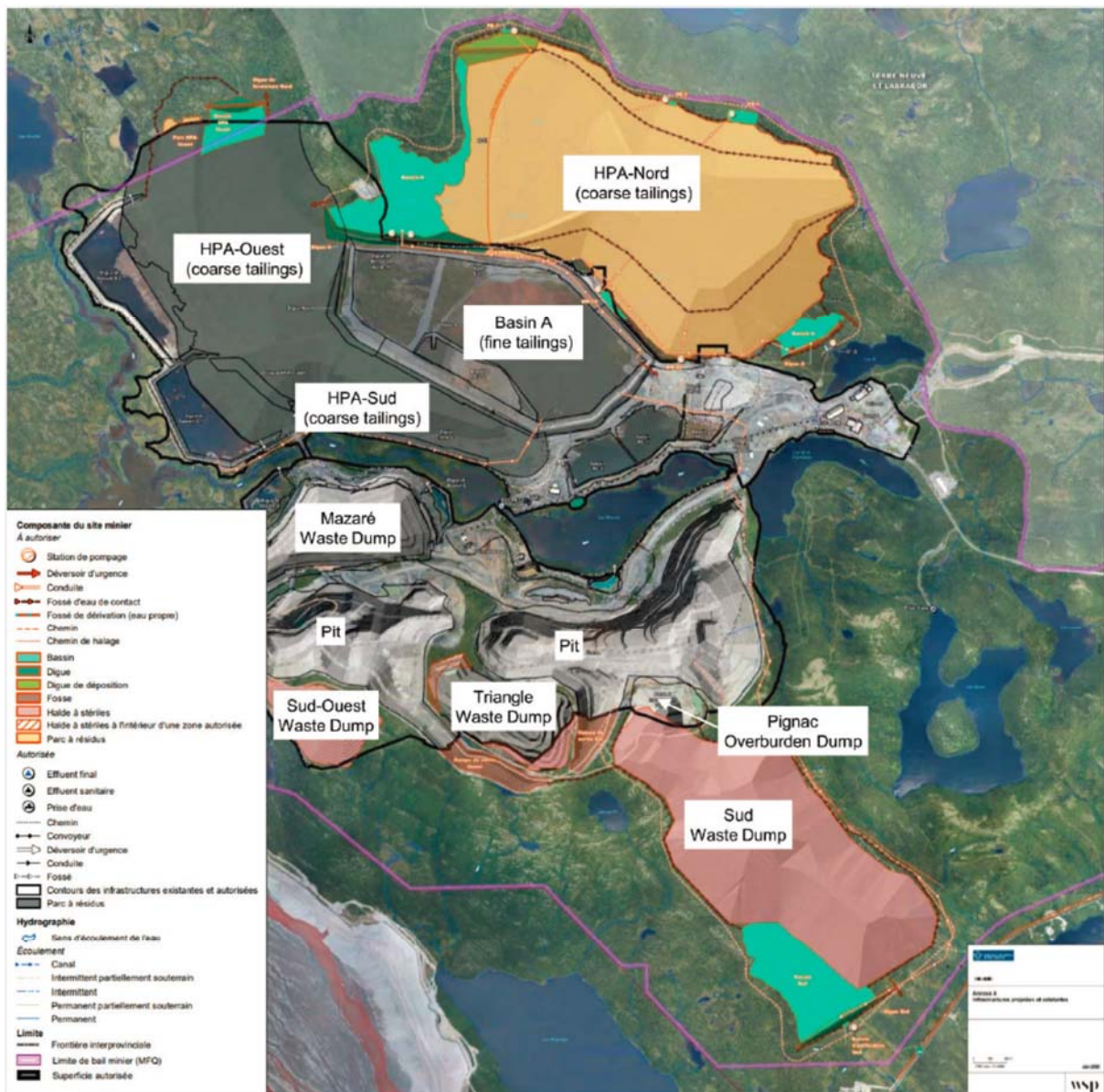
Le rapport de Emerman (2020, DC1) fournit un résumé des informations relatives aux volumes et quantités (masses) de minerai (ressources et réserves), stériles et résidus miniers prévus selon les informations comprises dans les rapports produits depuis 2013.

Emerman (2020) mentionne aussi plusieurs autres points d'intérêt. Il souligne par exemple le fait que le remblayage des fosses est de plus en plus souvent utilisé dans quelques pays comme le Canada et l'Australie, et dans certains états américains. Cette option est d'ailleurs mentionnée explicitement dans les lignes directrices du gouvernement du Québec et elle a été prise en compte dans le rapport de Ausenco-MFQ (2017, DA3.1), mais elle a été laissée de côté dans les rapports subséquents (voir Question C, plus bas).

Emerman (2020) met en lumière les bénéfices découlant de la déposition d'une forte proportion des rejets dans la fosse. Le remblayage avec les résidus miniers (et les stériles) pourrait permettre de préserver une grande partie des zones humides et les lacs avoisinants. Il note aussi que le fait de ne pas avoir à construire le parc à résidus HPA-Nord réduirait les risques associés à de tels types d'ouvrage (p.ex. défaillance avec les conséquences que ceci pourrait avoir). Il reconnaît toutefois qu'il est difficile de comparer et chiffrer financièrement les gains environnementaux découlant du remblayage de la fosse.

L'auteur du présent rapport est d'avis qu'une analyse du cycle de vie (ACV) pourrait aider à mieux évaluer, de façon comparative, les divers scénarios d'entreposage (e.g. Reid et al 2009); ceci n'est toutefois pas une pratique courante dans l'industrie.

Emerman (2020) remet en question les principales objections présentées à l'encontre du remblayage, notamment en ce qui a trait au besoin d'avoir accès à l'ensemble de la fosse et à tout le minerai simultanément pour produire un mélange ayant la teneur désirée pour le traitement minéralurgique. Il questionne aussi les informations fournies sur les ressources et réserves qui pourraient être exploitées plus tard (après 2040). Plusieurs points sont soulevés en lien avec la validité des estimations des ressources et réserves, qui apparaissent nettement plus grandes dans le rapport de SRK (2013, non conforme aux normes en vigueur), par rapport aux valeurs incluses dans les rapports produits en 2017 et 2019 (notamment en raison de la variation du prix du fer sur le marché). Ce point revient souvent dans le rapport de Emerman (2020), et il devrait être pris en considération pour la suite.



**Figure 2b.** The proposed expansion of the Bloom Lake mine would involve an additional dump for waste rock (Sud) and an additional facility for storage of coarse tailings (HPA-Nord). The construction of the HPA-Nord tailings storage facility would require the filling of wetlands and seven lakes (compare with Fig. 2a).

Figure tirée directement de Emerman (2020, DC1); elle montre les nouvelles aires d'entreposage des rejets prévues à la fin de la vie de la mine (en 2040). On y voit bien les divers secteurs (en couleur) associés aux aires qui seraient ajoutées au cours des prochaines années (incluant les lacs et zones humides)

Emerman (2020) a aussi évalué l'option d'entreposer une partie des résidus et des stériles dans la fosse, à partir d'hypothèses simplifiées (au niveau des densités et des quantités par exemple). Bien que certaines de ces hypothèses soient jugées moins réalistes (comme par exemple le remplissage du volume des pores à 75% des stériles par des résidus miniers; voir Essayad et al. 2018), les résultats de l'analyse comparative mettent néanmoins en lumière la possibilité d'entreposer un grand volume de résidus dans la fosse et de minimiser le volume entreposé en surface, tout en tenant compte des coûts (approximatifs) associés aux diverses approches.

A partir de paramètres choisis pour l'analyse du remblayage de la fosse, l'analyse de Emerman (2020, DC1, tableau 4) suggère que le coût des deux principales options (i.e. remblayage des résidus dans la fosse ou construction d'un nouveau parc à résidus) serait comparable. Il reconnaît toutefois qu'il y a une grande incertitude sur plusieurs composantes de l'analyse, notamment en ce qui a trait au coût unitaire de remblayage de 1.20\$US/t (avec une plage de variation allant de 0.50 à 2.50 \$US/t selon les études citées). Il insiste aussi, avec raison, sur le fait que ne pas construire le parc HPA-Nord pour entreposer les résidus grossiers aurait un impact positif majeur sur la protection des écosystèmes associés aux lacs et aux zones humides. Cette analyse ne permet toutefois pas d'évaluer l'impact financier découlant des gains environnementaux.

Dans son évaluation, Emerman (2020, DC1, tableau 2) remet en question les différentes évaluations des ressources et des réserves présentées dans les rapports produits en 2013, 2017, 2019. Il souligne les écarts importants entre les quantités estimées pour les ressources (variant de 893.5 Mt à 1365.8 Mt) et les réserves (de 411.7 Mt à 1051.3 Mt), pour des teneurs de coupure assez comparables (allant de 15% à 20% Fe), mais pour différents prix sur le marché (variation par un facteur proche de deux).

Emerman (2020) émet aussi des réserves à propos du besoin d'avoir un accès continu à l'ensemble du minerai dans la fosse, tel que ceci est mentionné dans les rapports de MFQ produits en 2019 et 2020. Il remet en question la validité des objections reliées à la manipulation additionnelle des rejets pour le remblayage de la fosse, notamment parce qu'il s'agit d'étapes assez courantes et que l'impact de cet aspect peut être revu et minimisé par une optimisation des opérations. La séquence de minage pourrait par exemple être ajustée afin que certaines zones puissent être libérées plus tôt, en créant des haldes à minerai de diverses teneurs (une pratique usuelle dans les mines de métaux précieux). Ceci permettrait de produire un mélange adapté au traitement minéralurgique afin de respecter la plage des conditions jugées optimales pour produire le concentré de fer. Le procédé de traitement lui-même pourrait être revu et ajusté (au besoin) afin d'offrir une meilleure flexibilité face à la variabilité des teneurs.

L'auteur de ce rapport croit aussi qu'une meilleure définition de la distribution des teneurs dans le massif rocheux, à l'intérieur et sous la fosse (projetée), pourrait permettre de mieux

circonscrire les ressources et évaluer les réserves. Ceci pourrait aider à planifier l'opération minière et la séquence de minage en tenant compte explicitement de la gestion des rejets (selon les principes du « Designing for Closure »; Aubertin et al., 2016). Des travaux menés récemment par Rimelé et al. (2017, 2018) sur le gisement planifié d'une mine de fer (New Millennium, anciennement Tata Steel, maintenant Abaxx Mines) ont porté sur optimisation de l'opération en fosse avec remblayage de rejets miniers; ils pourraient servir de canevas pour ce genre d'analyse à la mine du lac Bloom.

Emerman (2020, DC1) souligne aussi que malgré une étude récente (voir plus bas), il n'y a pas eu d'étude sérieuse sur le remblayage de la fosse par MFQ. L'auteur de ce rapport croit aussi que l'entreposage des résidus (surtout la fraction grossière) dans la fosse mérite d'être étudié plus en détails, afin de compléter l'étude sommaire menée en octobre-novembre 2020 (voir autres commentaires plus loin).

Emerman (2020) mentionne un certain nombre de cas de remblayage des fosses, dont certains sont tirés de la littérature (incluant les études publiées au Canada de MEND 1995, 2015). Ces exemples servent à illustrer les possibilités qui pourraient exister pour le remblayage avec des rejets pendant que la mine est encore en opération, bien que la situation diffère d'une mine à l'autre.

L'auteur de ce rapport est aussi d'avis que le remblayage des fosses à la mine du lac Bloom pourrait s'avérer une technique avantageuse à plusieurs égards. La manipulation additionnelle du minerai (de diverses teneurs) et d'une portion des rejets ne devrait pas être un obstacle formel à l'utilisation de cette technique. Il faut toutefois rappeler ici que cette approche est parfois contre indiquée, particulièrement lorsqu'elle peut engendrer la contamination des eaux souterraines (Abdelghani et al., 2015), ou qu'elle compromet la stabilité géomécanique des installations minières (Read et Steacy, 2009). De plus, il faut aussi prendre en compte les caractéristiques détaillées du gisement afin d'éviter de condamner des réserves importantes, clairement identifiées.

Le rapport de Emerman 2020 (DC1) comporte sept principales conclusions (formulées en anglais et en français), qui sont reproduites ici presque intégralement (*en italique*), avec quelques brefs commentaires de l'auteur :

- 1) *Il serait techniquement et économiquement possible de retourner une partie des résidus miniers dans les fosses excavées (remblaiement partiel) pour prévenir la destruction permanente et irréversible de sept lacs et écosystèmes aquatiques;*

Les informations disponibles semblent indiquer que ce pourrait effectivement être le cas, mais il faudrait mener des évaluations plus poussées sur les aspects mentionnés plus haut (et ailleurs dans ce rapport).

- 2) *L'option permettrait d'éviter la destruction des lacs, et de réduire les risques de déversements occasionnés par des bris de digues de rétention des résidus, tout en réduisant l'empreinte globale du projet;*

La protection des écosystèmes aquatiques devrait être un objectif prioritaire car les effets environnementaux découlant de la construction d'un nouveau site d'entreposage sont généralement irréversibles (pour un lac ou une zone humide). Les risques d'instabilité peuvent cependant être contrôlés par une conception appropriée des ouvrages (cet aspect n'a pas été évalué en détail par Emerman 2020, et par l'auteur de ce rapport)

- 3) *Les coûts totaux (capitaux et opérationnels) de cette solution de recharge correspondraient sensiblement aux mêmes coûts (possiblement moindres) que le projet proposé actuellement;*

Ceci semble bien le cas, mais l'évaluation est empreinte de grandes incertitudes.

- 4) *La perte anticipée d'environ 10% des revenus et des profits serait tout à fait absorbable selon les projections financières; des études additionnelles pourraient permettre d'optimiser les opérations pour réduire ces pertes*

Cette affirmation est raisonnable si l'on tient compte des réserves mentionnées dans les rapports produits en 2017 et 2019. L'incertitude sur les ressources et les réserves ne pourra être réduite que par des évaluations plus poussées, menées selon les règles de l'art et les normes en vigueur.

- 5) *La double affirmation selon laquelle (a) il y aurait des ressources additionnelles possiblement exploitables et que (b) l'on doit laisser 100% de la fosse ouverte à cet effet aucunement démontrée (par une étude qui rencontre les normes réglementaires) et contredite par les études actuelles;*

L'auteur partage cet avis.

- 6) *L'entreprise devrait déposer des nouvelles études techniques, financières et environnementales qui rencontrent les normes réglementaires en incluant des analyses coûts/bénéfices de divers scénarios de remblaiement des fosses pour éviter la destruction des lacs;*

Ceci semblerait en effet une approche appropriée afin d'aider à clarifier les nombreuses incertitudes et évaluer d'autres options.

*7) La capacité du parc à résidus miniers existant (que l'entreprise prévoit agrandir) est suffisante au moins jusqu'en 2025-2026, ce qui laisse suffisamment de temps pour faire toutes les études nécessaires et évaluer les solutions de rechange adéquates*

L'échéancier des travaux indique qu'il y aurait en effet possibilité de mener des études additionnelles, de façon prioritaire.

Le document Emerman (2020, DC1) comporte aussi une annexe où il commente une étude de faisabilité plus récente portant sur deux scénarios de remblayage de fosse (voir Question D)

Il y souligne à nouveau que les estimations de ressources et de réserves présentées dans l'étude de SRK 2013 ne peuvent être prises en compte formellement car elles n'ont pas été menées selon les normes en vigueur (NI 43-101, Disclosure of Financial Statements, CIM 2014). L'utilisation des valeurs incluses dans le rapport de 2013 ne serait pas conforme aux bonnes pratiques. Il rappelle aussi certaines de ses questions sur l'analyse présentée par MFQ et il recommande de poursuivre les évaluations afin de mieux définir la quantité de minerai perdue (condamnée) suite au remblayage (séquentiel) de la fosse. Il reprend aussi ses interrogations portant sur la variabilité des teneurs et sur le besoin d'accéder à l'ensemble du minerai, ainsi que sur l'ampleur présumée des réserves qui seraient condamnées par le remblayage.

L'auteur de ce rapport croit aussi que des études plus poussées et une meilleure planification pourraient permettre de minimiser ces pertes.

**Question C)** *L'utilisation de la fosse telle que prévue dans le rapport DA3.1 (2017, figure 16-5) a été abandonnée lors de la revue de la faisabilité en 2019 (DA3). Est-ce que cette décision d'abandonner la fosse comme site de stockage des résidus miniers et stériles est bien justifiée?*

Réponse : La justification paraît incomplète et insuffisante. Le rapport de Ausenco-MFQ (2017, DA3.1) décrit sommairement une approche permettant de placer une partie des rejets miniers dans la fosse. Cette étude préliminaire indique qu'il serait possible d'intégrer le remblayage de la fosse dans l'opération minière en planifiant la séquence de minage et de déposition (dans deux fosses).

Le rapport subséquent produit par BBA-MFQ (2019, DA3) ne prend pas en compte le remblayage de la fosse (voir p. ex. Fig. 18-4, 18-5, 18-12, 18-9). Cette approche est aussi laissée de côté dans les rapports de WSP-MFQ (2020, DA26.1 et PR6(1)).

L'étude d'impact complémentaire PR6 (1) présente d'ailleurs un plan de minage sans aucun remblayage de fosse, mais comportant la construction de nouvelles installations pour l'entreposage des résidus miniers et des stériles, qui pourraient engendrer un impact majeur sur les écosystèmes avoisinants. Le rapport PR6(1) présente une description relativement détaillée des ouvrages existants et de ceux qui devront être construits pour l'entreposage des stériles (tableau 1). Ceci comprend l'extension de la halde Triangle, la nouvelle halde Sud et l'ajout de la halde Sud-Ouest (voir aussi la figure 2b de Emerman 2020, présentée plus haut). Pour les résidus miniers, on ajoute le nouveau parc HPA-Nord pour les résidus grossiers (dont les caractéristiques ne sont pas clairement définies) et le rehaussement du Bassin A pour résidus fins (et d'autres rejets). L'usine de traitement (UTE) verrait aussi sa capacité augmentée afin de traiter les eaux de mines et de procédés, présumément pour l'enlèvement du fer et des matières en suspension (peu de détails sont fournis à ce sujet). Ce rapport présente aussi des informations générales sur la séquence de déposition des stériles (tableau 2), ainsi que sur les bassins d'entreposage des résidus miniers (incluant les digues G et H construites avec des matériaux granulaires).

Le rapport PR6(1) (WSP-MFQ 2020) rappelle les principaux enjeux techniques pour l'exploitation du gisement, en insistant sur le besoin de combiner le minerai de diverses teneurs afin de maximiser le volume exploité. Ceci permettrait aussi de contrôler les concentrations en éléments indésirables à travers le mélange acheminé au moulin (usine de traitement minéralurgique) afin de traiter efficacement un maximum de minerai de fer de composition variable.

Il existe toutefois des approches alternatives pour respecter les impératifs du traitement minéralurgique, tel que mentionné par Emerman (2020).

Le rapport PR6(1) (WSP-MFQ 2020) évalue aussi des variantes pour l'entreposage terrestre. Pour ce faire, certaines restrictions et contraintes ont été adoptées pour baliser l'évaluation. Parmi ces contraintes, certaines apparaissent trop restrictives, comme par exemple le fait de limiter à 15 km la distance de transport des résidus au sortir de l'usine (et à 10 km la distance de transport des stériles sortis de la fosse).

L'auteur note ici qu'il existe au moins un cas au Québec où les résidus miniers sont transportés sur une plus grande distance (et plusieurs cas ailleurs dans le monde). La mine Godex (Agnico Eagle), située près de Val-d'or, transporte hydrauliquement (par pipeline) une partie de ses rejets

de concentrateur sur plus de 25 km pour les déposer sur l'ancien site Manitou (Éthier et al. 2018).

L'utilisation de résidus filtrés apparaît aussi peu justifiée (et peut-être mal avisée) car elle engendre des besoins additionnels pour le transport par camions. Un transport hydraulique par pipeline semblerait plus avantageux pour les résidus grossiers, qui pourraient être épaissis afin de minimiser la ségrégation et la quantité d'eau (e.g. Martin et al. 2006). L'utilisation des roches stériles pour contruire les digues (préféablement par la méthode de l'axe central plutôt que par la méthode amont; Aubertin et al. 2011b) et l'ajout d'inclusions de roches stériles pourrait permettre de mieux gérer les résidus et l'eau en favorisant un drainage et une consolidation accélérée (Aubertin et al. 2002b, 2011b; James et al. 2013; Saleh-Memba et al, 2019). Cette technique de co-disposition, utilisée depuis plusieurs années à la mine Canadian Malartic (James et al. 2017), aide aussi à améliorer la stabilité géotechnique du parc à résidus (James et al. 2013; Aubertin et al. 2019).

Si cela n'a pas déjà été fait, l'auteur suggère aussi d'évaluer l'option de déposer les rejets sur d'autres sites miniers inactifs situés à proximité (dans un rayon pouvant aller jusqu'à 25-30 km), comme cela se fait pour les résidus des mines Goldex et Canadian Malartic en Abitibi.

D'autres restrictions adoptées pour l'évaluation de variantes alternatives pourraient aussi être revues et assouplies afin d'ajouter une certaine flexibilité aux options de sélection de site et du mode d'entreposage, de façon à éviter l'utilisation de zones humides et de lacs.

Le rapport de WRP-MFQ (2020 PR 6(1), tableau 4) indique que l'opérateur disposerait de quelques années pour pousser plus loin l'évaluation de certaines variantes terrestres et/ou de l'entreposage en fosse, avant que les stériles et résidus ne soient déposés dans des aires nouvellement aménagées (mais il ne faudrait pas tarder). A cela s'ajoute le besoin d'évaluer plus précisément les réserves et ressources sous la fosse, selon les normes en vigueur (NI 43-101), tel que déjà mentionné plus haut.

L'auteur de ce rapport souhaite aussi soulever un autre point distinct relativement aux évaluations géochimiques (section 3.3, PR6(1)), qui auraient montré un potentiel de libération de certains métaux (Ba, Ni) lors d'essais TCLP. Bien que jugés plus sévères que d'autres types d'essais communément utilisés, les essais TCLP permettent néanmoins d'identifier les éléments les plus mobiles dans les rejets miniers. La lixiviation du baryum et du nickel n'a pas été prise en compte dans la planification de la gestion des rejets sur le site, principalement en raison d'essais cinétiques en colonne (d'une durée de 15 mois) qui n'auraient pas permis de détecter ces éléments. Les détails de ces essais cinétiques n'étaient pas disponibles au moment d'écrire ce rapport. Mais il faut s'assurer que ces essais permettent d'évaluer la possibilité que des

métaux libérés soient adsorbés sur les surfaces durant ces essais, comme cela a été observé pour d'autres types de rejets miniers. Un tel phénomène a été observé pour les stériles de la mine Tio (RTFT), située au nord de Havre Saint-Pierre; ceux-ci libèrent du nickel qui se retrouve maintenant dans les eaux de lixiviation de la halde (Plante et al. 2011; Bussière et al. 2015). Ce problème n'aurait été détecté qu'après plusieurs années d'exposition car le Ni était initialement adsorbé sur d'autres surfaces après avoir été mobilisé. Les limites des capacités d'adsorption et la lixiviation subséquente du nickel ont engendré des modifications majeures dans la planification de la gestion de ces stériles (dont une partie sera déposée dans une fosse).

L'auteur note aussi que les informations fournies sur la restauration du site sont très sommaires, ce qui est une pratique assez courante dans l'industrie. Il est toutefois souhaitable d'intégrer le plus tôt possible, de façon explicite, les conditions anticipées à la fermeture du site pour bien planifier la déposition des rejets et les travaux de restauration, en appliquant les principes directeurs découlant d'une conception en fonction de la fermeture (« *Designing for closure* » ; Aubertin et al. 2002a, 2016)

**Question D)** *Dans un contexte d'évitement du remblayage des lacs, que pensez-vous de l'analyse de faisabilité d'utilisation de la fosse telle que présentée par l'initiateur du projet (DA26.1)?*

Réponse : Cette analyse simplifiée, qui semble avoir été réalisée assez rapidement, ne considère que deux options. Plusieurs aspects et alternatives ne sont pas pris en compte, incluant par exemple une co-déposition résidus-stériles dans la fosse, comme cela se fait aux installations de mine Doyon-Westwood (et planifiée pour la mine Canadian Malartic) en Abitibi.

La variante FR (avec des résidus dans la fosse) semble la plus intéressante des deux options, car elle permettrait d'entreposer environ 164 Mm<sup>3</sup> dans la fosse ; 112 Mm<sup>3</sup> de résidus additionnels seraient entreposés dans le secteur NO du parc à résidus actuel. Ceci permettrait de réduire grandement l'empreinte des bassins en surface (de 710 à 305 ha), tout en préservant des milieux humides, des plans d'eau et les espaces terrestres avoisinants. La préservation de 6 lacs (E, F, E2, E3, F2, G) et de quelques étangs (habitats de poisson) serait un gain majeur. Selon WSP-MFQ (2020, DA26.1), cette option pourrait aussi engendrer quelques impacts négatifs sur l'environnement, comme des résurgences additionnelles et une plus grande longueur de cours d'eau impactée (voir tableau 2 et figure 17); mais il s'agirait d'impacts moins critiques.

La variante FS (stériles dans la fosse, secteur Bloom ouest) semble également avantageuse, avec une déposition de 133 Mm<sup>3</sup> dans la fosse (et 142 Mm<sup>3</sup> à l'extérieur). Ceci contribuerait à réduire l'empreinte en surface (voir figures 18 et 19, PR6(1)). L'option pourrait aussi permettre de

libérer des aires non utilisées pour y entreposer des résidus (plutôt que de déposer une partie de ces résidus dans les zones humides et /ou les lacs).

Aucune autre option n'a été évaluée dans cette étude récente (peut-être par manque de temps). Compte tenu des enjeux et de ce qui précède, il semblerait pertinent d'évaluer d'autres scénarios, impliquant par exemple une co-disposition partielle des résidus et des stériles dans la fosse (sans les mélanger).

Le rapport de WRP-MFQ (2020, DA26.1) insiste sur les pertes de réserves et de revenus découlant d'un remblayage de la fosse. Sur la base des données du rapport 2019, la perte correspondrait à 97.8 Mt, soit environ 2.4 années de production (avec des impacts économiques et sociaux corollaires). Ceci équivaldrait à une réduction d'environ 10% des réserves, selon ce qui est présentement planifié. Les réserves et ressources condamnées seraient nettement plus importantes (environ 12 années d'exploitation) sur la base des informations contenues dans le rapport de SRK (2013), qui est toutefois non conforme aux normes en vigueur (tel que déjà mentionné)

Les arguments à l'encontre du remblayage présentés par WSP-MFQ (2020, DA26.1 et PR6(1)) ne sont pas tous de même valeur. La condamnation des réserves est une justification pertinente, qui mérite d'être évaluée plus en détail, mais les gains présumés associés au développement durable sont nettement moins convaincants.

Dans un autre rapport, WRP-MFQ (2020, D27) a répondu aux principaux arguments présentés dans celui de Emerman (2020, DC1). Plusieurs cas de remblayage de fosse mentionnés par ce dernier correspondraient à des circonstances ou à un contexte très différents de ceux de la mine du lac Bloom; la plupart de ces exemples ne s'appliqueraient qu'à des mines en fin d'opération (sans condamner de réserves significatives).

Le rapport WRP-MFQ (2020 D27, tableau 4) revient à nouveau sur les raisons qui font en sorte que la mine du lac Bloom ne pourrait pas être exploitée de manière séquentielle. L'opérateur estime que la fosse n'est pas assez grande pour déposer les rejets durant l'opération et que la mine doit avoir accès à tous les fronts de taille simultanément pour ajuster les teneurs selon les besoins du traitement minéralurgique. Le contrôle des teneurs en éléments secondaires ( $Al_2O_3$ , CaO, MgO) est une autre contrainte mentionnée en lien avec le traitement minéralurgique. Ces points ont déjà été discutés plus haut (et dans le rapport de Emerman, 2020).

WRP-MFQ (2020 D27) semble néanmoins ouvrir la porte à la possibilité que la fosse puisse être utilisée, en partie, pour un remblayage dans les zones inactives, plus tard, à la fin de vie de

la mine. Selon l'auteur, il serait pertinent de pousser plus loin l'analyse de l'option remblayage afin que cette option puisse être appliquée plus tôt.

***Question E)** Pourriez-vous décrire d'autres approches ou techniques de gestion des résidus et des stériles miniers de la mine du lac Bloom qui permettraient (1) d'éviter ou (2) encore de minimiser le remblaiement des lacs?*

Réponse :

De nombreuses techniques sont disponibles pour l'entreposage des rejets miniers, tel qu'indiqué dans les références citées en introduction. Quelques-unes de ces approches pourraient être adaptées à la mine du lac Bloom pour réduire l'ampleur du territoire occupé par les futures installations. Pour une disposition terrestre, il serait par exemple possible d'évaluer les options suivantes :

- Étendre le territoire pris en compte pour la sélection du site sur une grande superficie, afin d'identifier des espaces disponibles à une plus grande distance (p. ex. de 25-30 km), de façon à éviter les lacs et les zones humides.
- Utiliser des aires déjà occupées par d'autres rejets miniers (autres opérations), comme c'est le cas aux mines Goldex-Manitou (Ethier et al. 2018) et Canadian-Malartic (James et al. 2017).
- Revoir la variante terrestre déjà évaluée, mais avec une co-déposition terrestre des résidus (densifiés ou non) transportés hydrauliquement et des stériles (sous forme d'inclusions et de digues), comme cela se fait aux mines Canadian Malartic et Eléonore (Newmont).

Le contexte local et régional pourrait néanmoins limiter les options pour une déposition terrestre uniquement. Il serait donc pertinent de revoir plus en détail les options impliquant une déposition (partielle) des rejets miniers en fosse.

Plusieurs mines ont utilisé (ou prévoient utiliser) la déposition en fosse au Québec au cours des deux dernières décennies (mais ils ne sont pas tous documentés dans la littérature). Les mines Doyon-Westwood (Lévesque, 2019) et Canadian Malartic (James et al. 2017) ont déjà été mentionnées. A cela s'ajoute les fosses des anciennes mines Don Rouyn en Abitibi (Awoh et al. 2013), Solbec (-Cupra) en Estrie et Troilus dans la région de Chibougamau-Chapais (sites connus de l'auteur). On peut aussi mentionner que la mine Tio (RTFT) planifie une déposition des stériles en fosse au cours des prochaines années (communication personnelle), notamment afin d'aider à contrôler le problème de contamination au nickel (décrit par Plante et al. 2011, et Bussière et al. 2015)

Les travaux menés en Saskatchewan (par SRK et d'autres entreprises) sur le remblayage des fosses des mines d'uranium pourraient aussi être revus plus afin d'évaluer si certaines de ces approches peuvent être d'intérêt pour le lac Bloom.

Il y a aussi déposition des rejets miniers dans la fosse de la mine Oberon de Weber, Pinos Altos Mining Complex (Agnico Eagle Mines Ltd), au Mexique (communication personnelle de collègues de AEM et Golder). Selon l'entreprise et ses partenaires, il s'agit d'un exemple de l'application des meilleures technologies (*Best Available Technology, BAT*) et des meilleures pratiques (*Best Applicable Practice BAP*), basées sur l'utilisation des zones excavées pour la déposition des résidus miniers. Ceci se fait pendant que la mine est en opération (maintenant en souterrain), et cela permet de minimiser l'impact de l'empreinte, tout en favorisant la stabilité géotechnique et géochimique des rejets et du site dans son ensemble.

Il serait aussi pertinent de mener une étude similaire à celle de Rimelé et al. (2017, 2018), qui a été réalisée en lien avec le gisement de la mine de fer New Millenium (Projet FRQNT mené à Polytechnique et McGill), sur la planification d'une exploitation en fosse avec remblayage par des rejets miniers durant l'opération.

L'auteur croit aussi que d'autres options pourraient peut-être être identifiées suite à une étude plus poussée des conditions du site et de l'opération minière (avec plus de temps et plus d'information). Certains collègues de Polytechnique Montréal travaillent d'ailleurs sur la problématique du remblayage des fosses depuis quelques années, et une expertise de développe actuellement dans l'industrie.

**Question F)** *Dans le cas où l'initiateur décidait d'utiliser la fosse afin d'éviter le remblaiement des lacs, est-ce que ceci exigerait une mise-à-jour de la NI 43-101?*

Réponse : N'étant pas géologue, l'auteur ne peut pas répondre formellement à cette question. Mais il semblerait *a priori* peu pertinent de mener une telle étude après que la décision a été prise de procéder au remblayage et que l'option rendait les ressources/réserves inaccessibles. Ceci doit cependant être évalué et confirmé par des spécialistes du domaine

**Question G)** *Combien de temps faudrait-il pour faire une mise-à-jour du NI 43-101 de 2019?*

Réponse : L'auteur ne peut pas répondre à cette question (qui pourrait s'avérer caduque selon la réponse à la question F).

## Remarques complémentaires

Le rapport d'évaluation préparé par l'auteur, dans un délai relativement court, porte presque exclusivement sur les questions qui lui ont été soumises le 24 novembre 2020. Le peu de temps disponible pour mener à bien ce mandat n'a pas permis de pousser l'évaluation plus loin, ni de regarder des aspects complémentaires qui pourraient néanmoins s'avérer importants.

A cet égard, il faut mentionner ici que l'auteur n'avait pas accès aux informations relatives à la qualité et au traitement de l'eau et aux études géotechniques détaillées (et qu'il aurait eu peu de temps pour revoir ces aspects). Les documents consultés contenaient peu d'information sur les propriétés et caractéristiques hydro-géotechniques des résidus et des stériles et sur les études menées sur la stabilité géotechnique, ce qui a engendré quelques questionnements à la lecture des documents. Par exemple, qu'est-ce qui justifie l'affirmation que les résidus grossiers seraient « non liquéfiables » (sous quelles conditions?).

La question de la stabilité géochimique des rejets et la possible libération de certains éléments présents dans les rejets (Ba, Ni, autres?) a été brièvement mentionnée plus haut, sans être évaluée en détail; ce volet mériterait d'être analysé plus spécifiquement. Les caractéristiques du procédé de traitement de l'eau (UTE) n'a pas non plus été évalué.

Comme c'est souvent le cas dans l'industrie minière (e.g. Aubertin et al. 2016), le plan de fermeture et de restauration semble très vague. Il y aurait avantage à le définir plus spécifiquement afin d'éviter les surprises au niveau de la complexité et de l'ampleur des travaux à réaliser et des coûts. Une approche de conception basée sur les conditions de fermeture et de restauration serait de mise ici, comme pour tous les projets miniers actuels et futurs.

Enfin, l'espace d'entreposage très restreint autour de la mine soulève un questionnement à propos de l'approche qui serait utilisée pour les rejets produits dans une éventuelle extension de l'opération minière, après 2040.

## Références

- Abdelghani, F. B., Aubertin, M., Simon, R., Therrien, R. (2015). Numerical simulations of water flow and contaminants transport near mining wastes disposed in a fractured rock mass. *International Journal of Mining Science and Technology*, 25: 37–45.
- Aubertin, M., Bussière, B., Bernier, B. (2002a). *Environnement et gestion des rejets miniers*, Manuel sur cédérom, Montréal, Presses internationales Polytechnique.
- Aubertin, M., Mbonimpa, M., Jollette, D., Bussière, B., Chapuis, R.P., James, M., Riffon, O. (2002b). Stabilité géotechnique des ouvrages de retenue pour les résidus miniers: problèmes persistants et méthodes de contrôle. C.R. Symposium sur l'environnement et les mines, CIM. CD-ROM. 26 pages.
- Aubertin, M., Bussière, B., Zagury, G. (2011a). La gestion des rejets miniers au Québec. Dans *L'État du Québec 2011*. Institut du nouveau monde. Boréal. pp. 225-232
- Aubertin, M., Bussière, B., James, M., Jaouhar, E.M., Martin, V., Pépin, N., Mbonimpa, M., Chapuis, R.P. (2011b). Vers une mise à jour des critères de stabilité géotechnique pour la conception des ouvrages de retenue de résidus miniers. C.R. Symposium sur les Mines et l'Environnement, CIM, CD Rom, 38 pages.
- Aubertin, M., James, M., Maknoon, M., Bussière, B. (2013). Recommandations pour améliorer le comportement hydrogéotechnique des haldes à stériles. *GeoMontreal 2013: Geosciences for Sustainability*, Proc. 66<sup>th</sup> CGS Conference, Montreal, QC, 8 pages.
- Aubertin, M., Bussière, B., Pabst, T., James, M., Mbonimpa, M. (2016). Review of reclamation techniques for acid generating mine wastes upon closure of disposal sites. *Geo-Chicago 2016: Sustainability, Energy and the Geoenvironment*, ASCE-GI, GSP 270, pp. 343-358.
- Aubertin, M., McKenna, G. (2016) Tailings disposal challenges and prospects for oil sands mining operations. *Geo-Chicago 2016: Sustainability, Energy and the Geoenvironment*, ASCE-GI, GSP 270, pp. 359-371.
- Aubertin, M., Jahanbakhshzadeh, A., Yniesta, S. (2019). The effect of waste rock inclusions on the seismic stability of a tailings. Proc. 7<sup>th</sup> Int. Conference on Earthquake Geotechnical Engineering (ICEGE), Roma, Italy, 8 pages.
- Awoh, A.S., Mbonimpa, M., Bussière, B. (2013). Field study of the chemical and physical stability of highly sulphide-rich tailings stored under a shallow water cover. *Mine Water and the Environment*, 32(1) : 42-55.
- Blight, G. (2010). *Geotechnical Engineering for Mine Waste Storage Facilities*. CRC Press.

Breitenbach, A.J. (2008). Backfilling depleted open pit mines with lined landfills, tailings impoundments, and ore heap leach pads for reduced closure costs. Proc. GeoAmerica 2008. Conference in Cancun, Mexico, Geosynthetics in Mining Applications, 7 pages.

Bussière, B., Plante, B., Broda, S., Aubertin, M., Chen, D., Medina, F. (2015). Contrôle des infiltrations d'eau dans les haldes à stériles à l'aide des effets de barrière capillaire : design, construction et instrumentation de la halde expérimentale de la mine Tio. C.R. Symposium 2015 sur l'environnement et les mines, Rouyn-Noranda, CIM, Proc. CD-rom. 20 pages.

Charette, T., Castendyk, D., Hrynyshyn, J., Kupper, A., McKenna, G., Mooder, B. (2012). End pit lake guidance document. Cumulative Environmental Management Association, 436 pages.

Dufayard J., Vivas, R.E., Goldsmith, C. (2020). Dump planning optimization with environmental constraints. Mining Engineering, 72 (10): 28-31

Essayad, K. Pabst, T., Chapuis, R., Aubertin, M. (2018). An experimental study of tailings migration through waste rock inclusions. Proc. GeoEdmonton 2018, CGS, 8 pages.

Ethier, M.-P., Bussière, B., Aubertin, M., Maqsood, A., Demers, I., Broda, S. (2018). In situ evaluation of performance of reclamation measures implemented on abandoned reactive tailings disposal site. Canadian Geotechnical Journal, **55**(12): 1742-1755.

Geller, W., Schultze, M., Kleinmann, R., Wolkersdorfer, C. (Ed.) (2013). Acid Pit Lakes. Chap. 2 Terrestrial Environment of Pit Lakes; Chap. 5 Case Studies and Regional Surveys, Environmental Science, Springer.

Hustrulid, W., Kuchta, M., Martin, R. (2013), Open Pit Mine Planning and Design, 3<sup>rd</sup> Ed. CRC Press.

ICMM (2020) Global Industry Standard on Tailings Management. Report, Co-convened by the International Council on Mining and Metals (ICMM), United Nations Environment Programme (UNEP) and Principles for Responsible Investment (PRI), 40 pages.

James, M., Aubertin, M., Bussière, B. (2013). On the use of waste rock inclusions to improve the performance of tailings impoundments. Proc. 18<sup>th</sup> ISSMGE Conference, Paris, France, pp. 735-738.

James, M., Aubertin, M., Bussière, B., Pedneault, C., Pépin, N., Limoges, M. (2017). A research project on the use of waste rock inclusions to improve the performance of tailings impoundments. Proc. GeoOttawa 2017, CGS, 8 pages.

Johnson, B., Carroll, K. C. (2007). Waste rock backfill of open pits—Design, optimization, and modelling considerations. Proc. Mine Closure 2007, 12 pages.

Lévesque, R. T. (2019) Consolidation des résidus miniers dans les fosses en présence d'inclusions de roches stériles, Mémoire de maîtrise, Génie minéral, Polytechnique Montréal.

MAC (2017). A Guide to the Management of Tailings Facilities, 3<sup>rd</sup> Ed. Mining Association of Canada. 75 pages.

Martin, V., Aubertin, M., McMullen, J. (2006). Surface disposal of paste tailings. Proc. 5<sup>th</sup> Int. Congress on Environmental Geotechnics. Cardiff, UK, ISSMGE, 6 pages.

MEND (1995). In-pit disposal of reactive mine wastes: approaches, update and case study results. Report 2.36.1.

MEND (2015). In-Pit Disposal of Reactive Mine Wastes: Approaches, Update and Case Study Results, Report 2.36.1b.

MEND (2017). Study of Tailings Management Technologies. Report 2.50.1.

Morril, J., Sampat, P., Lapointe, U., Kneen, J. et al. (2020). Safety First Guidelines for Responsible Mine Tailings Management. Report available at [earthworks.org/safety-first](http://earthworks.org/safety-first).

Plante, B., Benzaazoua, M., Bussière, B. (2011) Predicting geochemical behaviour of waste rock with low acid generating potential using laboratory kinetic tests. *Mine Water and the Environment* 30(1): 2-21

Porter, K. E., Bleiwas, D. I. (2003). Physical Aspects of Waste Storage from a Hypothetical Open Pit Porphyry Copper Operation. U.S. Geological Survey Open-File Report 03-143, Online Version 1.0, 67 pages.

Puhlovich, A.A., Coghil, M. (2011). Management of mine wastes using pit void backfilling methods – Current issues and approaches, In McCullough C.,D. (Ed), *Mine Pit Lakes: Closure and Management*. Australian Centre for Geomechanics. pp. 3-14.

Reid, C., Becaert, V., Aubertin, M., Rosenbaum, R.K. Deschenes, L. (2009). Life cycle assessment of mine tailings management in Canada. *Journal of Cleaner Production*, 17(4): 471-479.

Reid, J, Stacey, P. (Eds) (2009). *Guidelines for Open Pit Slope Design*. CRC Press.

Rimélé, A., Gamache, M., Dimitrakopoulos, R., (2017). Open pit stochastic optimization with in-pit tailings storage, Proc. APCOM 2017, 7 pages.

Rimélé, M.A., Dimitrakopoulos, R., Gamache, M. (2018). A stochastic optimization method with in-pit waste and tailings disposal for open pit life-of-mine production planning. *Resources Policy*, 57: 112-121.

Saleh-Mbemba, F., Aubertin, M., Boudrias, G. (2019). Drainage and consolidation of mine tailings near waste rock inclusions. *Sustainable and Safe Dams Around the World*, Tournier, Bennett & Bibeau (Eds). Canadian Dam Association, pp. 3306-3315.

Testa, S.M., Pompy, J.S. (2007) Report on Backfilling of Open-Pit Metallic Mines in California. SMGB Information Report 2007-02, State Mining and Geology Board, 29 pages.

van Zyl, D. (2009). Open Pit Closure, Chap. 14 in *Guidelines for Open Pit Slope Design*. Read J. et Stacey, P (Eds). CRC Press. pp. 401-413.

Vick, S. G. (1990). *Planning, Design, and Analysis of Tailings Dams*, BiTech Pub.

Villain, L., Sundström, N., Perttu, N., Alakangas, L., Öhlander, B. (2015). Evaluation of the effectiveness of backfilling and sealing at an open-pit mine using ground penetrating radar and geoelectrical surveys, Kimheden, northern Sweden. *Environmental Earth Sciences*, 73(8): 4495-4509.

Williams, R. D. (2009), Backfilling. Chap. 20, In *Mine Pit Lakes, Characteristics, Predictive Modeling, and Sustainability*, Castendyk, D. N. Eary E. (Eds.), Vol. 3. *Management Technologies for Metal Mining Influenced Water*. SME, pp. 225-237.

Williams, D. J. (2014). Mine site rehabilitation - laying geotechnical foundations. *Proc. Mine Closure 2014*. Perth. Australian Centre for Geomechanics, pp. 1-14.

Zuckerberg, M. Stone, P. Pasyar, R. Mader, E. (2007). Joint Ore Extraction and In-Pit Dumping Optimization, *Proc. SME Annual Meeting.*, pp. 1-3.