

3. SOLUTIONS DE RECHANGE POUR LES MÉTHODES D'AMÉNAGEMENT ET D'EXPLOITATION

3.1. Procédé de traitement du minerai

Le seul procédé utilisé dans le monde pour le traitement du minerai d'apatite d'origine ignée est la flottation. Une séparation magnétique peut être réalisée en présence d'une phase de magnétite, comme c'est le cas dans le gisement de Mine Arnaud.

Les solutions de rechange possibles au niveau du procédé de traitement se situent donc au niveau des réactifs et de l'équipement de flottation utilisés, après un broyage du minerai à une finesse suffisante. La sélection des équipements de broyage a été l'objet de nombreux essais et simulations, mais l'arrangement final retenu, pour des raisons d'efficacité, n'a aucune influence sur les caractéristiques des déchets miniers.

Plusieurs essais en usine pilote ont été réalisés depuis 2009. Diverses combinaisons de réactifs ont été testées, et il s'avère que l'utilisation d'amidon de blé, d'huile de soya et d'hydroxyde de sodium (soude caustique) permet une bonne récupération de l'apatite (COREM, 2011). Cette solution est la seule retenue, puisqu'elle présente de nets avantages sur les autres solutions de rechange considérées, tant aux niveaux environnemental, technique et socio-économique.

Le circuit de flottation peut être réalisé à l'aide de cellules mécaniques ou dans des colonnes de flottation. Les tests effectués dans les laboratoires SGS ont utilisé des cellules mécaniques, tandis que ceux effectués chez COREM ont utilisé des colonnes de flottation. Les résultats indiquent que pour le minerai exploité par Mine Arnaud, l'utilisation des colonnes permet une meilleure concentration de l'apatite; la séparation est plus efficace et les impuretés dans le concentré sont moindres. Considérant que l'utilisation de colonnes de flottation présente des avantages techniques et économiques par rapport aux cellules mécaniques, tout en ayant un impact environnemental et social comparable, seule cette solution de rechange est retenue.

3.2 Entreposage des déchets miniers

3.2.1 Description des méthodes d'entreposage

Les déchets miniers peuvent être entreposés sous l'eau, à la surface du sol, sous le sol ou dans une fosse à ciel ouvert (tableau 3.1).

L'entreposage subaquatique consiste à déposer des déchets miniers dans un plan d'eau naturel ou artificiel, où ils sont maintenus immergés. Cette méthode s'avère avantageuse pour des déchets potentiellement générateurs d'acide où l'objectif est de couper le contact entre les résidus et l'oxygène.

L'entreposage en surface consiste à accumuler les déchets miniers et l'eau pouvant y être associée à la surface du sol. Pour y parvenir, des ouvrages de retenue sont généralement nécessaires.

Les déchets entreposés sous la surface du sol sont généralement envoyés dans des chantiers de mines souterraines, afin de les remplir une fois leur exploitation complétée. Cette méthode est utilisée afin de procurer un plancher de travail ainsi que du support latéral aux excavations souterraines, permettant de maximiser la récupération du minerai et de contribuer à la stabilité des ouvrages.

Les déchets miniers peuvent également être entreposés dans une fosse à ciel ouvert. À moins que la séquence d'extraction ne le permette, les déchets miniers ne peuvent généralement être envoyés que lorsque l'exploitation de la fosse est complétée. La méthode peut s'avérer intéressante lorsque la mine exploite plusieurs gisements à ciel ouvert, mais elle est rarement applicable lorsqu'une seule fosse est exploitée. Le fait d'accumuler des déchets en surface pour ensuite les transporter dans la fosse à la fin de son exploitation implique des coûts élevés reliés à une double manutention de ces derniers. Cette double manipulation est d'ailleurs parfois impossible pour les résidus miniers de par leur nature tel un sable fin consolidé et saturé.

Tableau 3.1 Sommaire des méthodes d'entreposage des déchets miniers

Entreposage subaquatique	Entreposage des déchets miniers dans un plan d'eau naturel ou artificiel
	Résidus immergés en tout temps
	Méthode généralement considérée en présence de déchets miniers acidogènes
Entreposage en surface	Entreposage des déchets miniers à la surface du sol
	Des ouvrages de confinement sont souvent nécessaires à la mise en place de cette méthode pour les déchets miniers
	Entreposage des stériles en halde
Entreposage souterrain	Entreposage des déchets miniers dans les chantiers souterrains
Entreposage dans la fosse	Entreposage des déchets miniers dans une fosse à ciel ouvert

3.2.2 Présélection des méthodes et sites d'entreposage

Quatre critères de présélection ont été retenus afin de déterminer les méthodes d'entreposage possibles pour les résidus miniers:

- *la méthode ne s'applique pas au projet minier Arnaud?* Une méthode non applicable est exclue automatiquement;
- *la méthode n'est pas avantageuse dans le contexte d'implantation du projet?* Chaque méthode possède des avantages majeurs dans un certain contexte. La méthode doit présenter un avantage tangible pour le projet minier Arnaud, soit aux niveaux technique, économique, social ou environnemental;
- *la méthode ne respecte pas la philosophie du Guide?* Le Guide indique, à la section 1.1, que « *il est entendu qu'on devrait éviter le plus possible d'utiliser des plans d'eau naturels où vivent des poissons pour l'entreposage à long terme des déchets miniers* ». Une méthode d'entreposage allant à l'encontre de ce principe devrait être exclue, à moins qu'il soit impossible de le respecter par absence de solution ne touchant pas un plan d'eau;
- *la méthode empêche l'exploration ou l'exploitation d'une ressource potentielle?* La tendance régionale permet de supposer la présence d'une zone où se trouvent des indices de minéralisation au sud de la fosse. Les ressources potentielles ne doivent pas être neutralisées par l'entreposage de résidus.

L'entreposage subaquatique n'a pas été retenu pour les raisons suivantes :

- le principal avantage de la déposition subaquatique est de maintenir les résidus immergés et d'ainsi prévenir le drainage minier acide. Les résidus du projet minier Arnaud n'étant pas potentiellement générateurs d'acide, la mise en place de la méthode ne présente aucun avantage dans le contexte d'implantation du projet;
- l'entreposage subaquatique dans un plan d'eau naturel va à l'encontre de la philosophie du Guide, qui cherche des solutions de rechange à l'utilisation de plan d'eau comme DRM.

L'entreposage souterrain n'est pas possible dans ce projet, puisque la mine sera entièrement exploitée par méthode à ciel ouvert et qu'aucun aménagement souterrain ne sera effectué.

L'entreposage de stériles dans la fosse serait réalisable sous certaines conditions.

Dans un premier temps, selon l'orientation du gisement, la lentille d'apatite se prolongerait en profondeur, soit en direction de la baie des Sept Îles. Quoiqu'aucun forage n'ait été réalisé à ce jour dans ce secteur, il peut être supposé que des ressources viables sur le plan économique se poursuivent vers le sud en profondeur (vers le mur sud de la fosse).

D'autre part, le plan minier prévoit que la fosse sera constituée de deux paliers principaux : un à l'ouest, situé à une élévation de -130 m et un à l'est situé à une élévation de -150 m, soit à la profondeur maximale de la fosse. Considérant que pendant les dernières années de la phase d'exploitation minière, les opérations de forage, sautage, chargement et halage, s'effectuent dans les parties les plus profondes de la fosse (jusqu'à -150 m), soit dans le secteur est, il serait techniquement possible d'entreposer des stériles miniers dans la partie ouest pendant que l'exploitation se poursuivrait dans le secteur est.

Considérant le caractère stable des stériles (empilement stable de roche anguleuse sans contenu en eau significatif) ceux-ci pourraient être entreposés sans nuire aux opérations ni nécessiter de double manutention. En contrepartie, dû au fait qu'ils soient entreposés sous forme de pulpe (voir section 3.3), il sera difficile, sinon impossible, d'entreposer des rejets du concentrateur sur le plateau ouest de manière sécuritaire et sans empêcher la réalisation des activités d'exploitation.

Ainsi, seul l'entreposage de stériles miniers sur le plateau ouest de la fosse peut être considéré comme une solution à retenir vers la fin des opérations minières.

Le sommaire de la présélection des méthodes d'entreposage est présenté au tableau 3.2.

3.3 Mode de déposition rejets de concentrateur

3.3.1 Description des méthodes de déposition

Les rejets de concentrateur déposés en surface se distinguent principalement par leur densité de pulpe massique (masse de solide * 100 / masse totale de la pulpe) ainsi que leurs propriétés mécaniques. Ils peuvent prendre la forme de résidus en suspension (*slurried tailings*), résidus épaissis, résidus en pâte ou résidus filtrés (Aubertin et al, 2011). Les diverses méthodes de déposition sont présentées aux paragraphes qui suivent et résumées au tableau 3.3.

Tableau 3.2 Présélection des méthodes d'entreposage de déchets miniers

Critère	Justification	Entreposage subaquatique	Entreposage en surface	Entreposage souterrain	Entreposage dans la fosse
La méthode n'est pas applicable au projet minier Arnaud	Une méthode non applicable est automatiquement exclue	Non	Non	Oui	Non
La méthode n'est pas avantageuse dans le contexte d'implantation du projet	Les avantages de la méthode doivent pouvoir s'appliquer au projet minier Arnaud.	Oui	Non	Oui	Non
La méthode ne respecte pas la philosophie du Guide	La mise en contexte du guide (section 1.1) indique que " <i>Il est entendu qu'on devrait éviter le plus possible d'utiliser des plans d'eau naturels où vivent des poissons pour l'entreposage à long terme des déchets miniers.</i> "	Oui	Non	Non	Non
La méthode neutralise une ressource potentiellement économique	Les ressources potentielles ne doivent pas être neutralisées par l'entreposage de résidus	Non	Non	Non	Non, pour les stériles. Oui pour les résidus miniers
Exclusion de la méthode ?		Oui	Non	Oui	Non

Tableau 3.3 Sommaire des méthodes de déposition

Méthode de déposition	Description
Résidus en suspension	Densité de pulpe de 30 % à 45 %
	Vitesse d'écoulement critique (ségrégation et sédimentation des résidus)
	Pente de déposition de 1 % à 2 %, parfois moins lorsque la proportion de fines est élevée
	Formation d'un étang à la surface : l'eau y étant accumulée peut être recyclée vers l'usine de traitement
	Besoin de digues de retenue
Résidus épaissis	Densité de pulpe de 45 % à 70 %
	Vitesse d'écoulement critique (ségrégation et sédimentation des résidus)
	Pente de déposition de 1 à 3 %
	Formation d'un étang à la surface : l'eau y étant accumulée peut être recyclée vers l'usine de traitement
	Besoin de digues de retenue
Résidus en pâte	Densité de pulpe de 70 % à 85 %
	Pas de vitesse d'écoulement critique : matériel de distribution granulométrique homogène après déposition (aucune ségrégation granulométrique après décharge dans le parc à résidus)
	Pente de déposition supérieure aux résidus épaissis
	Besoin de particules fines afin d'atteindre les propriétés désirées ; peut requérir du rebroyage des résidus
	Peu ou pas de ressuage : pas d'étang en surface ou peu d'eau accumulée dans l'étang
	Peu ou pas d'eau disponible pour recyclage vers l'usine de traitement ; l'eau récupérée lors de la densification de la pâte est la seule disponible
	Besoin de digues de retenue
Résidus filtrés	Densité de pulpe de plus de 85 %
	Pas d'écoulement : le matériel est transporté par camions ou convoyeurs
	Pas besoin de digues de retenue

Résidus en suspension et épaissis

Les résidus en suspension et les résidus épaissis possèdent habituellement des densités respectives de 30 % à 45 % et de 45 % à 70 % solides. Ils possèdent une vitesse d'écoulement critique en dessous de laquelle les particules solides sédimentent dans les conduites de transport.

Ces types de résidus sont habituellement déposés à partir d'un ou plusieurs points de décharge situés sur la crête de leurs digues de retenue. Les particules grossières ont tendance à se déposer près du point de décharge, formant une plage du côté interne des digues, tandis que les particules fines sont transportées plus loin, vers le centre de l'aire d'accumulation. Il y a donc ségrégation des matériaux dans le parc à résidus, et un étang a tendance à se former aux points bas, habituellement vers le centre du DRM, à l'endroit où les résidus les plus fins sont accumulés (Martin et al, 2005).