

Le secteur minier au Québec

Enjeux environnementaux et cadre normatif pour les rejets liquides

Mise à jour : Juin 2016

Direction générale des politiques de l'eau – Direction des eaux usées

ENSEMBLE on fait avancer le Québec

Québec

Coordination et rédaction
Cette publication a été réalisée par la Direction des eaux usées du ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC), avec la collaboration de plusieurs autres directions du ministère. Elle a été produite par la Direction des communications du MDDELCC.

Renseignements
Pour tout renseignement, vous pouvez communiquer avec le Centre d'information.

Téléphone : 418 521-3830
1 800 561-1616 (sans frais)

Télécopieur : 418 646-5974
Formulaire :
www.mddelcc.gouv.qc.ca/formulaires/renseignements.asp
Internet : www.mddelcc.gouv.qc.ca

Pour obtenir un exemplaire du document :
Visitez notre site Web :
http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/milieu_ind/bilans/mines.htm

Référence à citer
MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES. Le secteur minier au Québec– *Enjeux environnementaux et cadre normatif pour les rejets liquides*. 20 pages. [En ligne].
http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/milieu_ind/bilans/mines.htm (page consultée le jour/mois/année).

Dépôt légal – 2016
Bibliothèque et Archives nationales du Québec
ISBN 978-2-550-69841-8 (PDF)

Tous droits réservés pour tous les pays.

© Gouvernement du Québec - 2016

TABLE DES MATIÈRES

1 Industrie minière au Québec 1

1.1 CYCLE DE VIE D'UN SITE MINIER 1

1.2 ACTIVITÉS D'EXPLOITATION 3

1.2.1 Substances métalliques 3

1.2.2 Minéraux industriels 5

1.3 SOURCES DE CONTAMINATION DE L'EAU 6

1.3.1 Extraction et traitement des minerais métalliques 7

1.3.2 Extraction et traitement des minerais non métalliques 8

1.4 TRAITEMENT DES EAUX USÉES 8

1.4.1 Élimination des cyanures 8

1.4.2 Élimination de l'acide libre et des métaux 9

1.4.3 Élimination de l'arsenic 9

1.4.4 Élimination des matières en suspension (MES) 10

1.4.5 Traitement du fer colloïdal 10

2 Cadre normatif en matière d'environnement 10

2.1 ÉVALUATION ENVIRONNEMENTALE 10

2.2 CERTIFICAT D'AUTORISATION 11

2.3 ATTESTATION D'ASSAINISSEMENT 12

2.4 EXIGENCES DE REJET ET DE SUIVI DES EFFLUENTS 12

2.5 OBJECTIFS ENVIRONNEMENTAUX DE REJET 14

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I Exigences de rejet des différentes versions de la Directive 019 à l'effluent final, exprimées en concentration maximale acceptable pour les paramètres de base 13

Tableau II Fréquences d'échantillonnage des paramètres de base à l'effluent final telles que décrites dans la Directive 019 14

1 INDUSTRIE MINIÈRE AU QUÉBEC

1.1 Cycle de vie d'un site minier

Entre les premiers travaux de recherche terrain et l'achèvement des travaux de restauration, le cycle de vie d'un site minier est marqué par plusieurs étapes opérationnelles. Les activités qui se déroulent à chacune de ces étapes présentent des enjeux environnementaux distincts. La présente section décrit les différentes étapes (ou statuts opérationnels) pouvant être associées à un site minier ainsi que l'encadrement appliqué au contrôle des effluents à chacune de ces étapes par le ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC).

Exploration préliminaire

Les activités d'exploration préliminaire consistent à déterminer et à délimiter, d'abord à la surface et ensuite sous terre, les zones prometteuses susceptibles de contenir des ressources minérales qui pourraient être techniquement et économiquement exploitables. Sur le terrain, ces activités consistent essentiellement en des levés géophysiques et des prélèvements d'échantillons de roche par des sondages et carottages. Les travaux d'exploration peuvent aussi comporter le décapage de mort-terrain et le creusage de tranchées dans le roc. Des campagnes de caractérisation environnementale de base peuvent également être réalisées à cette étape.

Les activités d'exploration préliminaire ne génèrent généralement pas de rejets liquides dans l'environnement. Les travaux d'exploration de faible envergure ne sont pas sujets à une autorisation environnementale délivrée par le MDDELCC, alors que les travaux plus importants ou affectant un milieu humide requièrent, quant à eux, une autorisation préalable. Par ailleurs, chaque année, des visites de contrôle sont effectuées sur plusieurs sites en phase d'exploration préliminaire par des inspecteurs du MDDELCC afin de s'assurer que les activités s'effectuent dans le respect des lois et règlements environnementaux en vigueur.

Mise en valeur

La phase de mise en valeur d'un gisement consiste à intensifier les travaux et les études entrepris en phase exploratoire pour confirmer que le gisement minier qui a été découvert peut être exploité de façon rentable. C'est aussi lors de cette étape que les impacts sociaux et environnementaux associés au projet d'exploitation du gisement sont évalués et que la faisabilité technique du projet est établie.

Les activités communément associées par le MDDELCC au statut opérationnel de mise en valeur sont le forage en surface et souterrain, la construction des infrastructures, incluant parfois l'aménagement d'aires d'accumulation de stériles et de résidus miniers, et l'échantillonnage en vrac de quantités relativement importantes de roche. Aussi, les essais pilotes pour tester le procédé de concentration du minerai, le traitement des effluents miniers, les différents dispositifs de protection de l'environnement, les méthodes à employer pour restaurer le site ou encore les activités précédant la réouverture d'un site tel que le dénoyage de la fosse, sont tous considérés par le MDDELCC comme faisant partie des activités de mise en valeur.

Avant la mise en œuvre de ces travaux, les éventuels exploitants de sites miniers doivent demander une autorisation environnementale au MDDELCC dans laquelle les exigences de rejet et de suivi des effluents, pour la période de mise en valeur, sont bien définies (voir la section 2). D'autres permis et autorisations doivent également être obtenus, notamment en vertu de la Loi sur les mines, de la Loi sur les forêts (ministère des Ressources naturelles), du Règlement sur les effluents des mines de métaux (Environnement Canada), de la Loi sur la santé et la sécurité du travail ainsi que de la réglementation municipale. Ce n'est qu'après toutes ces étapes que la décision de la mise en production de la mine est prise.

Exploitation

La phase d'exploitation comprend essentiellement les activités de mise en production de la mine. Le site minier peut être équipé ou non d'une usine de traitement servant à concentrer les minéraux ou métaux extraits. En absence d'une usine de traitement, le minerai est expédié vers un autre site minier où il sera traité. Ainsi, un site minier est considéré en exploitation si l'extraction ou le traitement de minerai y sont pratiqués sur une base commerciale :

- Extraction : Action de retirer du minerai et des stériles (à ciel ouvert ou par voie souterraine), y compris pour foncer un puits, aménager une rampe d'accès ou effectuer toute autre excavation.

- Traitement du minerai : Transformations physiques, chimiques et/ou biologiques pour extraire ou concentrer les substances du minerai ayant une valeur économique.

Afin d'améliorer le rendement et la longévité d'une mine, des activités d'exploration et de mise en valeur sont aussi réalisées en parallèle sur de nouvelles zones minéralisées du site minier en exploitation.

Les activités d'exploitation d'un site minier sont certainement celles qui sont susceptibles de générer les impacts les plus importants sur l'environnement. Les conditions liées à la construction et à l'exploitation sont déterminées par le MDDELCC et stipulées dans un certificat d'autorisation (CA), une attestation d'assainissement (AA) et un décret gouvernemental (DG) combiné à un certificat d'autorisation global, le cas échéant (voir la section 2). Parmi ces conditions, le traitement et le suivi environnemental des effluents avant leur rejet dans l'environnement de même que la gestion des résidus miniers sont des éléments critiques qui doivent être bien définis et dûment encadrés.

Postexploitation

La phase postexploitation est une période au cours de laquelle l'exploitant d'un site minier a cessé temporairement ou définitivement ses activités. Selon la conjoncture économique, il peut ainsi être en attente d'une réouverture officielle ou alors, lorsque le gisement est épuisé, s'affairer à préparer et à réaliser les travaux de restauration nécessaires à la fermeture définitive du site. Les travaux de restauration comprennent le démantèlement des infrastructures, l'enlèvement et la gestion des sols contaminés de même que la réhabilitation des sols en place, le traitement, le recouvrement et la revégétation des aires d'accumulation de résidus miniers, etc.

Au cours de cette période, l'exploitant doit également effectuer un suivi environnemental de l'effluent ou des effluents qui sont encore générés. Il exerce aussi un suivi de la qualité des eaux souterraines. Ainsi, les deux types d'activités observés sur les sites miniers en

phase postexploitation sont la réalisation des travaux de restauration minière et le suivi environnemental. Il importe de mentionner que le plan de restauration est analysé et approuvé par le ministère des Ressources naturelles (MRN), sur avis du MDDELCC, avant même le début des activités minières sur un site (article 232.2 de la Loi sur les mines). Ce plan est révisé périodiquement durant toute la période d'exploitation du site minier. Tous les travaux de restauration sont encadrés par des CA délivrés par le MDDELCC.

Postrestauration

Le site minier passe à un statut opérationnel de postrestauration lorsque l'exploitant a terminé les travaux de restauration du site minier, mais qu'il subsiste toujours des exigences de suivi et de rejet applicables aux effluents. Un programme de suivi des eaux souterraines, des aires d'accumulation de résidus, des digues et autres infrastructures restées en place ainsi que de la revégétation est aussi exigé au cours de la période de postrestauration. Après plusieurs années de suivi, l'abandon du programme de suivi environnemental des effluents encore présents est accordé lorsque le MDDELCC considère que le site a atteint un état satisfaisant et qu'il ne représente plus de risques importants pour le milieu récepteur. La Loi sur les mines prévoit également que le MRN peut délivrer à l'entreprise responsable, à la suite d'un avis du MDDELCC, un certificat de libération. Le seul type d'activité observé sur un site en postrestauration est donc le suivi environnemental incluant la surveillance et l'entretien des infrastructures encore en place.

Sites miniers abandonnés (orphelins)

Un site minier est qualifié de site « abandonné » ou « orphelin » lorsqu'aucun responsable n'est en mesure d'en entreprendre la restauration, soit parce que les exploitants n'existent plus légalement ou qu'ils sont insolvables. C'est le MRN qui agit au nom du gouvernement afin d'assurer la gestion de ces sites miniers et de procéder à la réalisation des travaux de restauration à la suite de la saisie des garanties financières dont il dispose. Les types d'activités observés sur les sites orphelins sont donc la réalisation des travaux de restauration minière et le suivi environnemental. Le MRN assure dans ce cas la sécurisation du site, la surveillance et l'entretien des infrastructures encore en place de même que la réalisation du suivi environnemental du site et des rejets liquides, s'il y a lieu.

1.2 Activités d'exploitation

Au Québec, l'exploitation des ressources minières peut être classée en deux types distincts : l'exploitation des substances métalliques et l'exploitation des minéraux industriels. Il convient également de souligner que l'exploitation des carrières et des sablières, qui concerne plus spécifiquement l'exploitation de substances minérales de surface, est considérée, par le MDDELCC, comme un secteur industriel distinct de l'industrie minière et qui est régi par une réglementation qui lui est propre. Ce dernier sujet n'est donc pas traité dans le présent document.

1.2.1 Substances métalliques

Pour récupérer les métaux présents dans la roche-mère, différents traitements doivent être appliqués au minerai extrait. Dans un premier temps, la roche est broyée pour obtenir de fines particules et séparer la gangue (la partie du minerai brut sans valeur exploitable) des minéraux contenant les métaux recherchés. Pour certains types de gisement, il est

également nécessaire de traiter le minerai pour concentrer les métaux ayant une valeur économique avant de passer aux procédés métallurgiques. Les procédés minéralurgiques de concentration se déroulent dans une usine de traitement souvent située sur le site même d'extraction ou à proximité de celui-ci. Le traitement nécessite l'utilisation de réactifs chimiques qui modifient la nature des rejets solides et liquides.

Afin de tenir compte des différents modes de traitement et d'extraction du minerai et des enjeux environnementaux associés, les substances métalliques extraites au Québec ont été regroupées en cinq sous-secteurs : les métaux précieux (l'or et l'argent), les métaux usuels (le cuivre, le zinc et le nickel), le fer et l'ilménite, le niobium et, finalement, l'uranium.

Sous-secteur des métaux précieux

Au Québec, plus de 86 % de la production d'or et d'argent provient de gisements de quartz aurifère, le reste étant un sous-produit des mines de cuivre et de zinc. De nature très variée, le minerai est généralement constitué de roches porphyriques et de sulfures. Une tonne de minerai renferme habituellement de 2 à 8 grammes d'or et de 20 à 80 grammes d'argent. Certains gisements à basse teneur peuvent même contenir moins de deux grammes d'or par tonne de minerai et doivent faire l'objet d'une exploitation à fort volume pour être rentables. Le traitement du minerai de métaux précieux peut se faire par concentration gravimétrique[1], par flottation[2], par cyanuration[3] ou par une combinaison de deux ou trois de ces procédés. De plus, une affinerie est généralement intégrée à l'usine de minerai. Le minerai peut également être utilisé comme fondant, c'est-à-dire comme substance facilitant la fusion dans une fonderie.

Sous-secteur des métaux usuels

Les métaux usuels sont le cuivre, le zinc et le nickel et sont souvent associés à des gisements de minerai sulfuré. La concentration de ces types de minerai est effectuée par flottation ou par méthodes gravimétriques qui comprennent l'introduction de divers réactifs chimiques et régulateurs de pH. Les concentrés atteignent généralement des teneurs allant de 20 à 60 % et sont ensuite expédiés à des fonderies ou des affineries, où leur pureté est élevée à 99,9 %.

Sous-secteur du fer et de l'ilménite

Le minerai de fer est de loin la plus abondante des substances métalliques produites et utilisées dans le monde. La concentration du minerai de fer s'opère par séparation gravimétrique et magnétique[4], des procédés purement physiques qui ne nécessitent aucun ajout de réactifs chimiques et qui permettent l'obtention d'un concentré ayant une teneur d'environ 65 %. Le concentré peut être vendu tel quel ou être acheminé à une usine de bouletage, où il est aggloméré au moyen d'un agent liant comme la bentonite ou la dolomie, puis expédié aux aciéries.

L'ilménite, un oxyde de fer et de titane ($FeTiO_3$), est également exploitée au Québec. Le traitement appliqué au minerai, sur le lieu d'extraction, se limite au concassage. La

[1] Méthode de préparation mécanique du minerai utilisant les différences de densité des matières à séparer.

[2] Procédé basé sur la différence de densité des matières à séparer dans un liquide déterminé et faisant intervenir des phénomènes de tension superficielle.

[3] Méthode de traitement du minerai d'or et d'argent par leur mise en solution avec des cyanures alcalins et en présence d'oxygène.

[4] Procédé de concentration faisant appel à la différence de susceptibilité magnétique qui existe entre certains minéraux.

production de bioxyde de titane (TiO_2), d'acier et de fer de refonte est ensuite réalisée par un complexe métallurgique situé au Québec.

Sous-secteur du niobium

Le minerai de niobium est concentré par flottation différentielle à laquelle s'ajoute un procédé métallurgique permettant de convertir l'oxyde de niobium (Nb_2O_5) en ferroniobium (FeNb). Ce dernier est utilisé comme élément d'alliage ajouté à l'acier pour lui conférer des propriétés particulières. Plusieurs intrants chimiques sont utilisés dans le procédé de concentration, dont un acide fort. Aussi, des quantités importantes de sel ainsi qu'une faible radioactivité sont associées au gisement exploité.

Sous-secteur de l'uranium

Aucune activité d'exploitation de l'uranium n'est en cours au Québec, quoique des gisements potentiellement exploitables soient localisés dans la région des monts Otish situés dans la municipalité de Baie-James. L'exploitation de gisements d'uranium et la gestion des résidus miniers qui en résultent nécessitent des mesures particulières de radioprotection.

1.2.2 Minéraux industriels

Pour le MDDELCC, le secteur des minéraux industriels regroupe les sous-secteurs de l'amiante, du sel, du mica, du graphite et du diamant. Mis à part le graphite, l'extraction et le traitement des minéraux industriels nécessitent généralement des procédés physiques à sec qui ne font appel à aucun réactif chimique. En effet, une bonne partie des sites d'exploitation de minéraux industriels ne génèrent pas ou peu de rejets liquides dans l'environnement. Ainsi, le secteur des minéraux industriels au Québec ne présente que quelques sites qui font l'objet d'un suivi environnemental de leurs effluents.

Sous-secteur de l'amiante

L'extraction et le traitement de l'amiante s'effectuaient majoritairement dans la région de Thetford Mines, où il n'y a plus aucun site minier en exploitation aujourd'hui. Le traitement du minerai d'amiante se faisait de façon mécanique et généralement sans eau. Le minerai extrait était d'abord concassé avant d'être transporté à l'usine où il était broyé par impact, puis séché. Par la suite, les fibres étaient classées selon leur longueur à l'aide d'un système d'aspirateurs et de tamis.

Sous-secteur du sel

La seule mine de sel du Québec est située dans la municipalité de Grosse-Île, aux Îles-de-la-Madeleine. Le minerai, qui est concassé sur place, est entreposé dans des silos avant d'être chargé sur des bateaux. Puisque le minerai est traité à sec, l'exploitation de ce gisement ne produit aucun effluent liquide.

Autres sous-secteurs

L'extraction et le traitement du graphite, du mica et du diamant sont effectués ou en voie de l'être dans seulement quelques sites au Québec. Actuellement, seule l'exploitation de graphite génère un effluent sur une base régulière.

1.3 Sources de contamination de l'eau

Les rejets liquides dans l'environnement (effluents finaux) générés sur un site minier proviennent de différentes sources qui ont des problématiques distinctes et qui présentent des défis de gestion différents.

Globalement, l'effluent final ou les effluents finaux d'un site minier peuvent être composés de l'eau utilisée dans le procédé de traitement du minerai (eau de procédé), de l'eau qui s'accumule dans les chantiers souterrains ou la fosse à ciel ouvert (eau d'exhaure ou eau de mine), de l'eau qui s'écoule à l'exutoire d'une aire d'accumulation de résidus miniers ou encore de l'eau de ruissellement du site ou provenant d'une aire d'accumulation de stériles. Cette eau se contamine par les activités minières ou par les éléments qui entrent en contact avec celle-ci. Le degré de contamination dépend de plusieurs facteurs, tels que le type d'activités minières se déroulant sur le site, le potentiel de génération d'acide de la roche exposée, les substances solubles présentes dans le gisement et les résidus miniers, etc. Il est important de mentionner qu'avant d'être rejetées dans l'environnement, les eaux d'exhaure, de procédé, de ruissellement sur le site minier ou celles provenant de l'aire d'accumulation de résidus miniers doivent subir un traitement adéquat pour retirer les contaminants qu'elles contiennent jusqu'à un niveau acceptable. En somme, l'efficacité de ce traitement doit permettre aux exploitants de respecter les exigences de rejet fixées dans leur autorisation.

Lorsque les installations minières comprennent une usine de traitement du minerai, l'aménagement d'une aire d'accumulation de résidus miniers est nécessaire afin d'éliminer et de confiner les résidus de procédé. Ces résidus miniers sont constitués de roche finement broyée et d'une quantité importante d'eau utilisée lors du traitement. Généralement, l'eau de procédé et les résidus miniers sont pompés sous forme de pulpe dans l'aire d'accumulation de résidus miniers qui permettra la séparation solides/liquides. Dans certains cas, les procédés utilisés prévoient la déshydratation des résidus miniers avant de les acheminer sous forme solide ou parfois en pâte dans les aires d'accumulation de résidus miniers. Une fois traitées, les eaux usées sont soit réutilisées dans le procédé de traitement du minerai, soit rejetées à l'environnement. Dans bien des cas, les résidus solides du procédé sont utilisés comme remblai dans les chantiers souterrains ou fosses à ciel ouvert dont l'exploitation est terminée.

L'eau d'exhaure comprend l'eau qui s'accumule dans la fosse à ciel ouvert ou la mine souterraine et qui doit être pompée vers la surface afin de maintenir les chantiers à sec et d'en permettre l'exploitation. Cette eau est en contact direct avec la roche et, en fonction de la nature du gisement, notamment lorsque le potentiel de génération d'acide est confirmé, différentes substances métalliques peuvent s'y solubiliser. Elle peut aussi contenir des contaminants émis par l'utilisation d'explosifs et de la machinerie ainsi que par des réactions biologiques ou physicochimiques qui se produisent à la surface de l'assise rocheuse.

Pour ce qui est des eaux de ruissellement, elles peuvent contenir des hydrocarbures provenant de la machinerie et des opérations journalières ainsi que des matières en suspension (MES) provenant des solides lessivés par les pluies. Enfin, différents contaminants peuvent être associés au lixiviat généré par les aires d'accumulation de stériles en fonction de la nature de ces derniers.

1.3.1 Extraction et traitement des minerais métalliques

Il existe quatre sources potentielles de contamination du milieu aquatique en lien avec les activités d'extraction et de traitement des minerais métalliques. La première, et la plus problématique, concerne l'oxydation des minéraux sulfurés qui sont contenus dans la roche exposée à l'air et à l'eau. En effet, en présence de minéraux sulfurés, les murs exposés des galeries souterraines, les parois des sites d'extraction à ciel ouvert, les aires d'accumulation de résidus miniers et les aires d'accumulation de stériles subissent une oxydation chimique qui produit de l'acide sulfurique (H_2SO_4). Il en résulte une production d'eau acide qui a la propriété de dissoudre les métaux contenus dans la roche exposée ou dans les résidus miniers, phénomène appelé drainage minier acide (DMA). Cette oxydation est catalysée par la présence de bactéries, provoquant par le fait même une augmentation considérable du taux d'acidification de l'eau. Si elles ne sont pas traitées efficacement, les eaux acides fortement concentrées en métaux sont très dommageables pour le milieu récepteur puisqu'elles présentent des propriétés toxiques pour la faune et la flore aquatiques. Bien que le secteur des métaux usuels, particulièrement les sites miniers dont les gisements exploités sont associés à des minerais ferreux tels que la pyrite (FeS_2) ou la pyrrhotite ($Fe_{1-x}S$), soit la plus grande cause du phénomène d'acidification, celui-ci se produit également dans certains sites du sous-secteur des métaux précieux lorsque de tels gisements sont associés à des sulfures.

Les divers réactifs organiques et inorganiques utilisés dans les procédés de traitement du minerai constituent une autre source potentielle de contamination du milieu aquatique. Ainsi, les cyanures, les agents collecteurs, les agents moussants et les produits de leur dégradation présentent tous divers degrés de toxicité pour la vie aquatique en plus d'être plus ou moins persistants dans l'environnement. De plus, la toxicité individuelle de chaque contaminant est influencée par différents facteurs tels que la présence d'autres contaminants, le pH, la dureté de l'eau, etc. Il convient également de souligner que le cyanure représente sans doute l'intrant chimique le plus toxique pour le milieu aquatique.

Les effluents miniers contiennent des MES qui proviennent de tous les types d'eaux usées sur un site et qui peuvent être traitées par décantation. Les MES entraînent des effets néfastes pour le milieu récepteur en augmentant la turbidité de l'eau et l'ensablement dans le milieu récepteur, mais également en affectant directement les poissons en colmatant les branchies. Toutefois, lorsqu'elles sont extrêmement fines, les MES sont particulièrement difficiles à traiter par décantation et nécessitent l'ajout de floculant. Les eaux rouges (fer colloïdal) produites par certains sites d'extraction et de traitement du fer en sont un exemple.

Les effluents miniers peuvent contenir d'autres types de polluants, comme l'ammoniac qui est très toxique pour la faune aquatique et qui est parfois retrouvé à de fortes concentrations dans les eaux d'exhaure à la suite d'une mauvaise gestion des explosifs. Par ailleurs, l'entretien de la machinerie de même que les fuites accidentelles d'huile ou d'essence occasionnent parfois la présence d'hydrocarbures pétroliers dans les effluents.

Enfin, depuis un certain nombre d'années, une autre source de contamination appelée drainage neutre contaminé (DNC), provoqué par la sorption de métaux à partir de résidus miniers ne présentant aucune problématique de drainage minier acide, a été déterminée. Le DNC est caractérisé par le relâchement graduel de métaux dans l'environnement associé au dépassement de la capacité de rétention des métaux dans les résidus.

1.3.2 Extraction et traitement des minerais non métalliques

L'extraction et le traitement des minerais non métalliques peuvent générer de grandes quantités d'eau. À titre d'exemple, l'envergure des fosses à ciel ouvert des sites d'extraction de l'amiante, qui ont été exploités pendant plusieurs décennies, fait en sorte qu'une quantité importante d'eau d'exhaure potentiellement contaminée par le contact avec les parois exposées du gisement est produite lors de l'exploitation. En fait, il a été démontré que ces eaux d'exhaure sont généralement alcalines et que leur pH peut parfois dépasser la limite supérieure autorisée de 9,5. Aussi, les MES, composées entre autres de fibres d'amiante, peuvent constituer une source de contamination. Quant aux eaux de ruissellement ceinturant les aires d'accumulation de stériles ou les aires d'accumulation de résidus miniers, elles ne causent pas de problèmes environnementaux particuliers. Les usines de traitement de l'amiante n'utilisaient que des procédés purement physiques et ne produisaient pas d'effluents liquides.

Compte tenu des caractéristiques physicochimiques des minerais de graphite, de mica et de diamant, les risques environnementaux pour le milieu aquatique proviennent surtout des MES, de la mauvaise régulation du pH et de la présence d'hydrocarbures associés au fonctionnement et à l'entretien de la machinerie.

Dans le cas de l'unique mine de sel, son incidence sur le milieu aquatique est négligeable puisque ses activités ne produisent aucun effluent.

1.4 Traitement des eaux usées

1.4.1 Élimination des cyanures

Le cyanure est utilisé dans les procédés de concentration, généralement pour les métaux précieux, et constitue un contaminant particulièrement toxique pour le milieu aquatique. L'eau de procédé contenant du cyanure doit donc être traitée avant son rejet dans l'environnement. Les méthodes de traitement les plus couramment utilisées pour diminuer la concentration en cyanures dans les effluents finaux sont la dégradation naturelle, le procédé SO_2-air d'INCO et le procédé au peroxyde d'hydrogène (H_2O_2).

Dégradation naturelle des cyanures

Dans ce mode de traitement, l'absorption du dioxyde de carbone (CO_2) atmosphérique, en combinaison avec les précipitations naturelles, contribue à acidifier les eaux alcalines de l'aire d'accumulation de résidus miniers, provoquant la transformation du cyanure libre en acide cyanhydrique (HCN), un composé très volatil. Le cyanure libre se transforme également en acide cyanhydrique lors de la dissociation des complexes métallocyanurés causée par les rayons ultraviolets (UV). Les rayons UV ayant une faible capacité de pénétration en milieu aqueux, les bassins de rétention sont conçus de façon à avoir une faible profondeur et une grande superficie. Le principal avantage de cette technique est qu'elle ne nécessite aucun ajout de réactif. Elle a toutefois le désavantage de favoriser la formation d'ammoniac lors de la dégradation des cyanures et elle demeure peu efficace pour les complexes métallocyanurés. De plus, l'efficacité de la dégradation des cyanures dépend des conditions météorologiques telles que l'ensoleillement. Ainsi, les effluents cyanurés sont habituellement déversés à la fin de l'été et à l'automne pour profiter de la saison estivale qui permet une dégradation plus efficace par les rayons UV. Or, les débits des cours d'eau récepteurs et leur capacité de dilution sont souvent faibles durant cette

période. Les bassins peuvent aussi constituer un risque pour les oiseaux migrateurs qui sont susceptibles de les utiliser, plus particulièrement lors des migrations saisonnières.

Procédé SO_2-air d'INCO

Le procédé SO_2-air d'INCO provoque l'oxydation des cyanures, qui se transforment en cyanates (CNO) à la suite d'une réaction chimique nécessitant l'apport de catalyseurs tels que du dioxyde de soufre (SO_2), de l'oxygène et des ions de cuivre. Le principal avantage de ce procédé est la courte durée du traitement, qui varie de 20 à 90 minutes. Par contre, le dioxyde de soufre présente un risque potentiel pour la santé des travailleurs et de minutieuses précautions s'avèrent nécessaires lors de sa manutention et de son entreposage.

Procédé H_2O_2 (Degussa)

Tout comme le procédé SO_2-air d'INCO, le procédé H_2O_2 (peroxyde d'oxygène) transforme les cyanures en cyanates par oxydation. Cette méthode de traitement est cependant moins efficace que la précédente pour les complexes cuprocyanurés et, surtout, les complexes ferrocyanurés. Le fait qu'un des seuls réactifs nécessaires se transforme en eau durant la réaction d'oxydation représente toutefois un avantage indéniable.

1.4.2 Élimination de l'acide libre et des métaux

La méthode la plus répandue de traitement de l'eau acide est le chaulage (ajout de chaux). La chaux hydratée [$Ca(OH)_2$] est le réactif généralement utilisé pour élever le pH de l'eau et ainsi provoquer la précipitation des métaux en solution sous forme d'hydroxydes métalliques. Le chaulage peut être effectué avant le déversement de l'eau dans un bassin de décantation ou directement dans l'aire d'accumulation de résidus miniers. La décantation des précipités se produit alors dans l'aire d'accumulation elle-même ou dans un ou plusieurs bassins de polissage du traitement d'eaux usées aménagés en aval. Lorsque la capacité de rétention des installations est insuffisante pour permettre une bonne décantation ou lorsque les métaux décantent difficilement, des floculants peuvent être ajoutés pour accélérer le processus.

Il est également possible d'améliorer le taux de décantation des métaux en recirculant une certaine partie des boues de chaulage qui sont produites. Dans ce procédé, les boues de forte densité que l'on fait recirculer constituent des noyaux ou flocs qui favorisent l'agglomération des métaux et leur décantation. Il est à noter que l'ajout d'une base forte, telle que du NaOH (hydroxyde de sodium), est aussi utilisé pour neutraliser le pH acide de l'eau.

1.4.3 Élimination de l'arsenic

La présence d'arsenic dans les effluents miniers est attribuable à l'oxydation de l'arsénopyrite qui se trouve parfois dans la roche exposée ou dans les résidus miniers. L'arsenic est un contaminant très toxique sous ses différentes formes solubles telles que l'arsénite et l'arséniate. En général, la méthode de traitement utilisée consiste à ajouter du sulfate ferrique [$Fe_2(SO_4)_3$] en amont d'un bassin de décantation. Cette méthode permet la précipitation d'arséniate ferrique qui s'accumule alors, sous forme de boues, dans l'aire d'accumulation de résidus miniers ou dans un bassin de décantation.

1.4.4 Élimination des matières en suspension (MES)

La plupart des MES dans les effluents miniers sont décantées dans les aires d'accumulation de résidus miniers. Au besoin, des bassins de décantation peuvent être aménagés en aval des aires d'accumulation pour augmenter le temps de résidence. Le cas échéant, des floculants peuvent être ajoutés pour améliorer le processus de décantation.

1.4.5 Traitement du fer colloïdal

La présence de fer colloïdal (particules de fer extrêmement fines) est à l'origine des eaux rouges produites par certains sites d'extraction ou de traitement du minerai de fer. Le traitement de ce contaminant se fait par l'ajout de polymères dans une série de cuves permettant la formation de flocs qui précipitent rapidement. Les boues résultantes sont ensuite pompées dans une aire d'accumulation de résidus miniers.

2 CADRE NORMATIF EN MATIÈRE D'ENVIRONNEMENT

Le MDDELCC a pour mission d'assurer la protection de l'environnement et des écosystèmes naturels afin de contribuer au bien-être des générations actuelles et futures. Pour ce faire, la Loi sur la qualité de l'environnement (LQE) et les règlements qui en découlent sont parmi les principaux outils dont dispose le MDDELCC pour réaliser sa mission. Ainsi, les projets susceptibles d'avoir un impact sur la qualité de l'environnement sont encadrés en vertu de cette loi. Il existe plusieurs types d'outils d'encadrement environnemental en vertu de la LQE qui s'appliquent, en complémentarité, aux projets miniers. Il s'agit du DG délivré à la suite d'une évaluation environnementale, du CA et de l'AA.

2.1 Évaluation environnementale

La majorité des projets miniers sont analysés et autorisés dans le cadre d'un processus d'évaluation environnementale.

Au Québec, les procédures d'évaluation environnementale sont différentes selon qu'elles sont appliquées en milieu nordique ou méridional. Les procédures s'appliquant dans la partie méridionale du territoire québécois sont définies au chapitre I de la LQE, alors que le chapitre II traite des dispositions particulières pour le milieu nordique, comme prévu dans la Convention de la Baie-James et du Nord québécois et dans la Convention du Nord-Est québécois.

Pour le territoire du Québec méridional, le Règlement sur l'évaluation et l'examen des impacts sur l'environnement (RÉEIE) établit les seuils d'assujettissement des projets miniers à la procédure d'évaluation et d'examen des impacts sur l'environnement. Cette procédure prévoit la participation du public au processus d'évaluation des impacts des projets par l'entremise du Bureau d'audiences publiques sur l'environnement (BAPE). De plus, les spécialistes du MDDELCC, en collaboration avec les autres ministères et organismes concernés, analysent le projet afin de conseiller le ministre sur son acceptabilité environnementale et sur ses conditions d'autorisation. À la suite du dépôt du rapport de la commission du BAPE et des recommandations des spécialistes du

MDDELCC, le gouvernement accepte ou non le projet aux conditions qu'il fixe dans un décret gouvernemental.

Pour le secteur minier, sont assujettis à la procédure d'évaluation et d'examen des impacts sur l'environnement les projets de **construction d'une usine de traitement** :

- de minerai métallifère ou d'amiante dont la capacité de traitement est de 2 000 tonnes métriques ou plus par jour à l'exception des terres rares;
- de minerai de terres rares ou d'uranium;
- de tout autre minerai dont la capacité de traitement est de 500 tonnes métriques ou plus par jour;

de même que tous les projets **d'ouverture et d'exploitation** :

- d'une mine métallifère ou d'amiante dont la capacité de production est de 2 000 tonnes métriques ou plus par jour à l'exception des terres rares;

- d'une mine de terres rares ou d'uranium;

- de toute autre mine dont la capacité de production est de 500 tonnes métriques ou plus par jour.

Quant aux procédures propres au milieu nordique (chapitre II de la LQE), elles se démarquent, entre autres, par la participation privilégiée des Cris, des Inuits et des Naskapis de même que par l'absence de tout seuil d'assujettissement pour les projets miniers[5]. Pour le territoire conventionné, tous les projets miniers sont donc assujettis au processus d'évaluation environnementale.

2.2 Certificat d'autorisation

Les projets miniers au Québec méridional qui ne sont pas assujettis à la procédure d'évaluation des impacts sur l'environnement doivent obtenir un CA, notamment en vertu de l'article 22 de la LQE.

Pour encadrer la délivrance des CA et assurer une uniformité dans l'analyse des projets du secteur minier, le MDDELCC a publié, en 1982, la Directive 019 sur l'industrie minière, qui est entrée en vigueur en mai 1989. Cette directive a fait l'objet d'une importante mise à jour en 2005 et plus récemment en 2012. Ce document de référence est couramment utilisé pour établir les exigences de base à respecter par les exploitants de sites miniers et les informations à fournir lors de la présentation des demandes de CA. Les exigences de la Directive 019 sont incluses dans le CA et l'exploitant est tenu de s'y conformer. Les différentes versions de la Directive 019, disponibles sur le site Internet du MDDELCC[6], contiennent des exigences rigoureuses, particulièrement en matière de gestion des résidus miniers et des rejets liquides.

[5] Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, *L'évaluation environnementale :* http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/evaluations/inter.htm.

[6] Ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs, *Directive 019 sur l'industrie minière :* http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/milieu_ind/directive019/index.htm.

De plus, les projets qui ont reçu un DG en vertu du chapitre I et un CA global en vertu du chapitre II de la LQE doivent également obtenir un CA pour chacune de leurs activités sur le site minier. À cette étape, le MDDELCC vérifie que les plans et devis, les méthodes de construction et les modes d'opération respectent les conditions prévues dans l'autorisation globale.

2.3 Attestation d'assainissement

L'attestation d'assainissement (AA) est un outil d'encadrement environnemental introduit par le gouvernement du Québec en 1988 dans le cadre du Programme de réduction des rejets industriels (PRRI). L'objectif poursuivi par ce programme est de réduire graduellement les rejets dans les milieux récepteurs par l'entremise de la délivrance des AA. En raison de son caractère renouvelable (tous les cinq ans dans le cas d'une exploitation existante ou dans le cas du renouvellement d'une attestation existante ou après dix ans à la suite d'une première attestation d'un nouveau projet d'exploitation) et spécifique à chaque site industriel, l'AA permet un resserrement progressif des exigences environnementales en fonction des connaissances acquises, des disponibilités technologiques et économiques ainsi que des besoins particuliers de protection des milieux récepteurs. De plus, les exploitants de sites industriels doivent assumer des frais annuels basés sur la quantité de contaminants rejetée dans l'environnement, les incitant ainsi à réduire leur rejet.

Pour le secteur minier, sont assujettis à l'obligation d'obtenir une AA les sites miniers présents sur tout le territoire québécois qui :

- traitent annuellement plus 50 000 tonnes métriques de minerai et de résidus miniers (depuis mai 2002);
- ont une capacité annuelle d'extraction de minerai de plus de 2 millions de tonnes métriques (depuis juillet 2013).

L'attestation d'assainissement regroupe toutes les exigences réglementaires et les exigences relatives à l'exploitation d'un site minier déjà en vigueur et contenues dans les autorisations délivrées en vertu de la LQE, notamment dans les CA. Elle peut inclure des exigences de rejet et prévoir des suivis supplémentaires, des études spécifiques ou toute autre condition d'exploitation pour tous les types de rejet, qu'il s'agisse des rejets d'eaux usées, des émissions atmosphériques, des niveaux d'émission de bruit, des odeurs ou des matières résiduelles incluant les résidus miniers. L'AA peut aussi prévoir l'obligation d'implanter des mesures ou des équipements de prévention contre la présence accidentelle d'un contaminant dans l'environnement. Enfin, elle peut contenir des exigences relatives à la réalisation d'études particulières sur la provenance des contaminants et sur l'évaluation et le suivi des impacts des rejets sur différents milieux.

2.4 Exigences de rejet et de suivi des effluents

Les exigences de rejet et de suivi des effluents sont stipulées dans les DG, les CA et les AA. La Directive 019 définit les exigences de base pour le secteur minier en matière de suivi et de rejet des effluents. Les paramètres suivants, comparables à ce qu'exigent d'autres États nord-américains, et d'autres pays ailleurs dans le monde pour le secteur minier, doivent être évalués de façon régulière : arsenic, cuivre, fer, nickel, plomb, zinc, cyanures totaux,

hydrocarbures pétroliers C_{10}-C_{50}, MES et pH. En vertu des conditions fixées au DG, au CA et dans les AA, les exploitants miniers doivent procéder régulièrement à l'échantillonnage de leurs effluents pour faire analyser ces paramètres par un laboratoire accrédité. Ils doivent ensuite présenter leurs résultats au MDDELCC. Les exigences relatives aux concentrations maximales acceptables (exigences de rejet) et à la fréquence d'échantillonnage (exigences de suivi) sont présentées dans les tableaux I et II.

De plus, des exigences spécifiques à chaque site minier peuvent être stipulées en fonction du calcul des objectifs environnementaux de rejet (voir la section 2.5) ou de la nature de l'exploitation minière. Ces exigences peuvent être fixées pour des paramètres additionnels, selon les caractéristiques spécifiques du minerai exploité, ou encore pour les paramètres de la Directive 019 (paramètres de base), mais à des concentrations maximales plus sévères.

Tableau I Exigences de rejet des différentes versions de la Directive 019 à l'effluent final, exprimées en concentration maximale acceptable pour les paramètres de base

Paramètres de base	Version de la Directive 019			
	1989		2005 et 2012	
	Instantané (mg/l)	Moyenne mensuelle (mg/l)	Instantané (mg/l)	Moyenne mensuelle (mg/l)
Arsenic	1[a]	0,5	0,4	0,2
Cuivre	0,6[a]	0,3	0,6	0,3
Fer	6[a]	3	6	3
Nickel	0,4[a]	0,5	1	0,5
Plomb	0,4[a]	0,2	0,4	0,2
Zinc	1[a]	0,5	1	0,5
Cyanures totaux	---	1,5	2	1
Hydrocarbures (C_{10}-C_{50})	30[a]	15	2	---
Matières en suspension	50[a]	25	30	15
pH	6,5 à 9,5	s.o.	6,0 à 9,5	s.o.
Absence de toxicité aiguë pour la truite arc-en-ciel et la daphnie				

a : Applicable aux eaux d'exhaure rejetées dans l'environnement lors d'un dénoyage
s.o. : Sans objet
--- : Pas d'exigence

Tableau II Fréquences d'échantillonnage des paramètres de base à l'effluent final telles que décrites dans la Directive 019

	FRÉQUENCE			
	En continu[1]	**3/semaine**	**1/semaine**	**1/mois**
Paramètres	pH Débit	pH Débit MES[4]	Arsenic[2] Cuivre[2] Fer[2] Nickel[2] Plomb[2] Zinc[2] Cyanures totaux[3]	Toxicité aiguë[4]

1. Dans les versions de 2005 et 2012, s'applique à une usine de traitement du minerai qui rejette un effluent ou à une mine dont l'effluent atteint plus de 1 000 m^3/jour.
2. Dans les versions de 1989 et 2005, ces paramètres peuvent être contrôlés moins souvent s'ils remplissent certaines conditions.
3. Ne s'applique qu'à l'effluent final des usines de traitement de minerai de métaux précieux ou encore des usines ou des sites miniers utilisant ou ayant utilisé des cyanures dans leur procédé.
4. Une fois par année pour la toxicité aiguë et une fois par semaine pour les MES dans la version de 1989.

Les hydrocarbures sont demandés au minimum une fois par année.

2.5 Objectifs environnementaux de rejet

Au cours du processus d'analyse des demandes d'autorisation environnementale des projets industriels, le MDDELCC utilise une approche préventive basée sur l'utilisation d'objectifs environnementaux de rejet (OER) qui prennent en compte la sensibilité des écosystèmes aquatiques. Lorsqu'un projet minier comporte un rejet dans le milieu aquatique, une demande d'OER doit être acheminée au MDDELCC par l'exploitant d'une industrie, avec sa demande d'autorisation environnementale. Les OER retenus représentent des objectifs à atteindre qui, s'ils sont respectés, permettent de préserver la vie et les usages du milieu aquatique. Le dépassement d'un OER ne signifie pas automatiquement un effet sur l'environnement, mais il indique un risque d'effet qui est d'autant plus grand que l'amplitude, la durée et la fréquence de dépassement sont grandes. Les OER servent notamment à mettre en évidence les contaminants qui sont susceptibles d'être une source de détérioration du milieu et ils peuvent mener à la modification ou à l'optimisation des technologies de traitement, au contrôle à la source des contaminants ou à la relocalisation du point de rejet vers un milieu moins sensible. Une évaluation de la faisabilité technico-économique de la mise en place de telles mesures est également effectuée avec les entreprises. Ultimement, les OER peuvent mener à des exigences de rejet et de suivi plus sévères.



Développement durable, Environnement et Lutte contre les changements climatiques

Québec