

# *Enjeux environnementaux associés aux mines aurifères : le Nord du Québec et du Canada*

*Communication présentée au Congrès de l'ACFAS-2006-*

*Université McGill, Montréal, 18 mai 2006*

*Titre original de la présentation :*

*Le développement aurifère du Nord québécois : Enjeux environnementaux*



*Mine Murdochville, Québec, photo de Réjean Jobin  
<http://bilan.usherbrooke.ca/bilan/pages/photos/4676.html>*

*Ugo Lapointe, [ugolapi@yahoo.com](mailto:ugolapi@yahoo.com)*

*Étudiant à la maîtrise à l'Institut des sciences de l'environnement – UQAM –  
Chercheur, Groupe de recherche sur les activités minières en Afrique (GRAMA)*

**(note : suivre présentation Power Point ci-jointe)**

# I. Mise en contexte et pertinence du sujet

[Présentation Power Point : Diapositives 1 à 5]

À l'heure actuelle, les régions nordiques du Canada connaissent une vague d'activités minières sans précédent : plus d'une demi douzaine de projets d'extraction minière sont en cours et on y dépense plus de 60 % des budgets d'exploration au pays. D'ailleurs, le Canada se classerait au premier rang mondial des pays les plus attrayants en matière d'investissement minier (Canada, 2006a : vii et 5). Selon le Fraser Institute, l'Alberta, le Québec et l'Ontario sont, à l'échelle mondiale, parmi les juridictions les plus attrayantes pour l'investissement minier. En effet, le Québec se classait en 5<sup>ème</sup> position en 2005 (Fraser Institute, 2006)<sup>1</sup>. Un contexte géologique favorable, combiné à des politiques et des structures économiques tout aussi favorables expliquent, en grande partie, l'attrait que représentent le Québec et le Canada dans le secteur du développement minier.

Or, si le développement minier est promu par les uns comme un vecteur positif au plan des retombés socio-économiques, il est critiqué par d'autres pour ses impacts environnementaux négatifs (Aubertin *et al.*, 2002; Bridge, 2004; MMSD, 2002; Ripley *et al.*, 1996), en particulier dans les régions éloignées, peu développées, où vivent des communautés autochtones dont une partie du mode de vie traditionnel dépend de l'intégrité écologique du territoire (Scott, 2002).

Parmi les matériaux et les minéraux les plus prisés par les industriels miniers, l'or figure en tête de liste et accapare environ 47 % des dépenses mondiales d'exploration minière (MEC, 2006 : 4). Cette proportion est similaire au Canada et augmente même à plus de 60 % au Québec (Simard *et al.*, 2006). La joaillerie constitue le principal moteur qui alimente la demande mondiale en or, soit plus de 80 % de l'or extrait chaque année est transformé en bijoux (Canada, 2006b : 29; MMSD, 2002 : 100).

Ainsi, face à la poussée du développement minier aurifère dans les régions nordiques du Québec et du Canada, on est en droit de se demander quels sont les impacts environnementaux découlant des activités de cette exploitation. C'est ce que tentera de déterminer cette présentation en s'intéressant plus précisément aux enjeux environnementaux associés à l'industrie aurifère.

---

<sup>1</sup> 5<sup>ème</sup> position sur 64, selon le « Policy Potential Index » qui tente de mesurer les impacts des politiques locales sur les activités d'exploration. Plus une juridiction obtient une note élevée, plus elle est attrayante pour l'investissement minier, pour l'investissement en exploration. (<http://www.fraserinstitute.ca/admin/books/files/Mining20052006.pdf>).

## II. Qu'est-ce qu'une mine d'or?

Les activités minières des mines aurifères peuvent se diviser en quatre grandes étapes (inspiré de Ripley *et al.* 1996): l'exploration, l'extraction du minerai, le traitement du minerai et la fermeture de la mine [diapositive 6].

### L'exploration [diapositive 7]

À l'étape d'exploration, c'est la recherche de dépôts minéralogiques. Avec de la « chance », il y aura un indice d'or. Cet indice pourrait, éventuellement, devenir un gisement, puis une mine. La probabilité qu'un indice trouvé devienne une mine est d'environ 1 sur 10 000 (Gauthier, 2006).

### L'extraction du minerai [diapositives 8 et 9]

Une fois le gisement délimité et les études de faisabilité économiques et environnementales terminées, c'est la construction des infrastructures, puis de l'extraction même du gisement. Au Québec et au Canada, deux principaux types d'extraction sont utilisés, soit l'extraction dite « à ciel ouvert » et l'extraction « souterraine ». L'extraction à « ciel ouvert » consiste à excaver une fosse dans le roc et à en extraire le gisement. Cette méthode est celle que les dirigeants d'entreprises préfèrent parce qu'elle est moins coûteuse et, affirme-t-on, plus sécuritaire. Les mines « souterraines » sont, quant à elles, plus traditionnelles. Elles impliquent le creusage de puits (verticale) et de galeries (horizontale) pour extraire le gisement directement sous-terre. Enfin, dans un cas comme dans l'autre, des explosifs et des équipements lourds sont utilisés pour extraire le minerai.

### Le traitement du minerai

Le minerai extrait est acheminé vers les installations de traitement. Normalement, le minerai est d'abord concassé et broyé en fines particules. La plupart du temps, les gisements d'or contiennent des minéraux sulfurés (aussi appelés « sulfures ») auxquels l'or est associé. Lors des procédés de traitement, on cherchera à concentrer ces minéraux pour, éventuellement, en extraire le métal précieux. L'une des techniques privilégiées pour extraire l'or du concentré est l'amalgamation au cyanure, une méthode hydrométallurgique consistant à dissoudre l'or (Aubertin *et al.*, 2002; Ritcey, 1989; Soto *et al.*, 1996).

### La fermeture de la mine [diapositive 10]

Bien qu'il soit difficile de déterminer avec précision la durée de vie moyenne des mines d'or au Québec, entre autres parce que leur exploitation est parfois intermittente et qu'elles suivent les aléas du prix de l'or, celle-ci varie entre 10 et 15 ans (Racicot, 1990). Aussi, depuis 1995, au Québec, les entreprises minières doivent se soumettre à des travaux de restauration du site minier à la suite des opérations d'extraction dans le but de minimiser les risques environnementaux et de santé publique. Ainsi, ce n'est qu'une fois les travaux complétés et approuvés par le Ministère des Ressources naturelles (et non le Ministère de l'Environnement<sup>2</sup>) que l'entreprise est libérée de ses responsabilités (Loi sur les mines du Québec, article 232.10).

Chacune de ces étapes comportent son lot d'enjeux et de risques environnementaux, en particulier pour les étapes d'extraction et de traitement du minerai, ainsi que celle de la fermeture de la mine. Quant à l'étape d'exploration, les enjeux environnementaux sont généralement reconnus comme

---

<sup>2</sup> Quoique la Loi sur les mines du Québec est assujettie à la Loi sur la qualité de l'environnement du Québec

moins importants<sup>3</sup> (Banque Mondiale, 1999; Ripley *et al.*, 1996) que ceux liés aux étapes subséquentes.

### III. Enjeux environnementaux

Les enjeux environnementaux associés à la production aurifère sont nombreux et il serait impossible de tous les énumérer. Toutefois, à partir d'ouvrages scientifiques<sup>4</sup> et autres, certains enjeux, particulièrement dans le contexte québécois, méritent d'être soulevés. Parmi les enjeux les plus importants pour les écosystèmes locaux et régionaux, on retrouve (1) l'immense quantité de rejets miniers<sup>5</sup> produits et (2) le haut potentiel de ces rejets à générer du drainage minier acide (DMA). [diapositive 11]

#### 1. Grandes quantités de rejets miniers produits [diapositives 12 et 13]

Le premier enjeu d'importance est la très grande quantité de rejets miniers produits lors des étapes d'extraction et de traitement du minerai. Presque tous les projets miniers de métaux, et en particulier d'or, génèrent et déplacent d'immenses volumes de terre, de roches et de résidus miniers (Bridge, 2004 : 209). En gros, une fois que l'infime partie des minéraux économiques du gisement est enlevée, les rejets miniers constituent le reste. Il faut alors stocker ces rejets. Le stockage de ces rejets a un effet direct sur les écosystèmes locaux « en raison de la perte de communautés végétales [et animales] établies à l'endroit en question » (Aubertin *et al.*, 2002). Ceci constitue à la fois un impact esthétique et écologique.

Au Québec, l'ensemble des quelque 50 mines qui produisent des métaux et des matériaux industriels, tels que l'or, le cuivre, le fer et l'amiante, génèrent près de 100 millions de tonnes de rejets miniers chaque année (Aubertin *et al.*, 2002). Pour visualiser cette quantité à l'aide d'un exemple typique au Québec, imaginez l'Autoroute 20, entre Montréal et Québec (250km de longueur par environ 50m de largeur), sur laquelle on épandrait annuellement des rejets miniers d'une hauteur d'environ 3 mètres... « Si l'on tient compte des activités passées, c'est plus de six milliards de tonnes de rejets miniers qui sont entreposées en surface sur le territoire québécois » (Aubertin *et al.*, 2002). Toujours avec le même exemple, imaginez l'Autoroute 20, entre Montréal et Québec, ensevelie sous 180m de rejets miniers! La part des rejets provenant des mines aurifères s'élèverait jusqu'à 15%, soit environ 15 millions de tonnes par année (MRNF, 2004). Ces quantités sont d'autant plus grandes que seulement 5 % des rejets seraient réutilisés, soit pour remblayer les chantiers souterrains, soit pour effectuer l'entretien des routes, ou, encore, comme matériau de construction (Aubertin *et al.*, 2002).

La faible teneur<sup>6</sup> des gisements de métaux explique, en grande partie, les quantités importantes de rejets miniers produits (Craig *et al.*, 1996). L'or est champion à ce chapitre avec des teneurs parmi les plus faibles de toute l'industrie extractive. Au Québec, les teneurs moyennes des gisements d'or se situent entre 3 et 4 grammes d'or par tonnes de minerai extraits (MRNF, 2004). En d'autres mots, au moins 99,9996% du minerai aurifère exploité au Québec est, en fait, constitué de rejets miniers. À cette

---

<sup>3</sup> Quoique très peu d'études approfondies, sinon aucune, n'a été effectuée à ce sujet.

<sup>4</sup> Cette section s'inspire en grande partie du travail de recherche de Michel Aubertin (École Polytechnique de Montréal), Bruno Bussière (Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue) et de Louis Bernier (Géobérex Recherche Inc.).

<sup>5</sup> Les rejets miniers incluent : le mort-terrain, soit le sol et les roches qui doivent être enlevés pour accéder au gisement; l'enveloppe rocheuse entourant le minerai, qui ne contient pas (ou pas assez) de minéraux de valeur pour que son exploitation soit rentable; et les résidus miniers (*tailings*), issus du traitement du minerai, mi-solides, mi-liquides, et fréquemment entreposés dans des bassins de rétention.

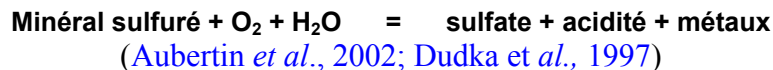
<sup>6</sup> Le concept de « teneur » équivaut à celui de la « concentration ». En d'autres mots, la teneur d'un métal dans un gisement équivaut à la quantité de ce métal par rapport à la quantité totale de matière qui constitue ce gisement; ce rapport est le plus souvent exprimé en pourcentage, en *gramme par tonne* (gpt) ou en *partie par million* (ppm).

quantité s'ajoute les roches qui entourent le gisement et qui doivent être excavées pour se rendre au minéral. À cet égard, la méthode d'extraction choisie (ex. mine à ciel ouvert versus mine souterraine) a une influence directe sur la quantité des rejets produits. Les mines à ciel ouvert peuvent générer de 2 à 10 fois plus de rejets que les mines souterraines.

## 2. Le drainage minier acide (DMA) [diapositives 14, 15 et 16]

Un deuxième enjeu environnemental d'importance lié aux mines d'or est le drainage minier acide (DMA), duquel découlent plusieurs risques de contamination des écosystèmes locaux et régionaux. Selon plusieurs auteurs, le DMA constitue le problème environnemental le plus important de l'industrie extractive (Aubertin *et al.*, 2002; Dudka *et al.*, 1997; Humphries, 2003).

Le DMA résulte d'une réaction chimique entre l'oxygène, l'eau et les minéraux sulfureux qui sont pratiquement toujours présents dans les gisements d'or au Québec et au Canada.



Une fois exposés à l'air et à l'eau, les minéraux sulfureux s'oxydent et produisent un lixiviat acide qui, à son tour, favorise la dissolution de métaux lourds; des lixiviats acides et chargés de métaux lourds peuvent être toxiques pour les écosystèmes dans lesquels ils se déversent. Ainsi, s'ils ne sont pas bien confinés ou traités, les résidus miniers, qui contiennent des minéraux sulfurés, peuvent générer des lixiviats de pH aussi bas que 1 ou 2<sup>7</sup> (Aubertin *et al.*, 2002; Bridge, 2004). Très peu de formes de vie survivent à de tel degré d'acidité<sup>8</sup>. Non seulement la diminution du pH peut entraîner la dissolution des métaux présents dans les rejets miniers (Cu, Fe, Zn, etc.), mais elle peut aussi entraîner la dissolution des métaux présents dans les sédiments des ruisseaux, des rivières et des lacs, augmentant ainsi la toxicité du milieu où le phénomène se produit<sup>9</sup>.

Une fois enclenché, le DMA est très difficile à arrêter (Allan, 1995). Contrairement à ce que l'on croyait à une époque pas si lointaine, « le drainage minier acide n'est pas un phénomène qui a tendance à s'arrêter de lui-même... [et] peut se poursuivre pendant des centaines (voire des milliers) d'années après la fermeture d'un site, comme on l'observe sur certains sites en Europe » (Feasby et Jones, 1994 dans Aubertin *et al.*, 2002).

Que fait-on, alors, pour éliminer, ou du moins diminuer, les risques de DMA au Québec et ailleurs? Quelles sont les pratiques de l'industrie? Essentiellement, les pratiques actuelles se divisent en deux champs d'actions et visent à prévenir l'oxydation des minéraux sulfurés en les isolant soit de l'oxygène, soit de l'eau (ou une combinaison des deux). Pour y arriver, on emploie deux principales méthodes:

1. soit de procéder à l'ennoiement des résidus miniers sous l'eau (ex. dans un bassin que l'on érige, ou dans un lac déjà existant); on élimine ainsi l'oxygène de la réaction;
2. soit de recourir à un recouvrement multicouche (parfois appelé barrière sèche), où l'on

---

<sup>7</sup> Dans le cadre d'un cours de caractérisation environnementale en 1998, l'auteur a déjà testé les effluents du parc à résidus miniers de l'ancienne mine Aldermac, près de Rouyn-Noranda (QC), dont le pH était de 2.

<sup>8</sup> Mentionnons, de façon anecdotique, un cas extrême de DMA au site minier d'Iron Mountain (mine Richmond), en Californie (É.-U.); « ce site minier génère l'effluent le plus acide de la planète, enregistrant des valeurs de pH parfois négatives » (Alpers et Nordstrom, 1991 dans Aubertin *et al.*, 2002).

<sup>9</sup> Nous pourrions également mentionner le cas des thioceles qui, une fois dans le milieu récepteur ont tendance à consommer une telle quantité de l'oxygène qu'ils rendent le milieu toxique pour les autres espèces. « Le terme thioceles désigne un groupe d'espèces sulfureuses à l'état aqueux [...]. Les thioceles sont des espèces intermédiaires formées lors de l'oxydation du soufre présent dans les minéraux, de la forme sulfure (S<sup>2-</sup>) vers la forme sulfate (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>) » (Aubertin *et al.*, 2002).



dépose des couches de matériaux sur les résidus miniers; ces couches sont généralement constituées de divers matériaux (ex. gravier, sable, argile, matériaux géosynthétiques) et peuvent atteindre de 2 à 4 mètres d'épaisseur (Aubertin *et al.*, 2002).

Quoique ces méthodes aient prouvé une certaine efficacité à stopper l'oxydation des minéraux sulfureux, leur utilisation n'éliminent pas, pour autant, tous les impacts sur les écosystèmes locaux. Ainsi, l'envoi des résidus miniers dans un lac mènera, dans la plupart des cas, à la perte totale de l'écosystème lacustre affecté. C'est le cas, par exemple, du Lac Duncan en Colombie-Britannique où la corporation Northgate Minerals propose de d'envoyer les résidus de sa nouvelle mine de cuivre et or Kemess<sup>10</sup>. D'un autre côté, l'emploi d'une barrière multicouche n'élimine pas tous les risques d'oxydation des résidus miniers, ni ceux d'infiltration de lixiviats contaminés dans les eaux de surfaces et souterraines, en particulier lorsque les risques sont évalués à long terme.

Ainsi, malgré les meilleures pratiques, et malgré les nombreux investissements en recherche pour la mise en œuvre de solutions visant à limiter les problèmes environnementaux reliés au DMA, les spécialistes constatent eux-mêmes que « peu de méthodes éprouvées permettent de prédire l'efficacité à long terme des mesures de réduction des niveaux de contamination » (Aubertin *et al.*, 2002 : Ch.5.5). Ils ajoutent, concernant la barrière multicouche : « s'il semble relativement facile de concevoir des systèmes d'étanchéité ayant une durée de vie de l'ordre de 30 à 50 ans, il est plus problématique de le faire lorsque les spécifications exigent une durée de vie de 200 à 1000 ans et plus », comme c'est le cas pour la gestion des résidus miniers aurifères au Québec et au Canada.

Enfin, notons qu'environ 30% (~ 4300ha sur 14 900ha en 2002) des aires d'accumulation de rejets miniers au Québec se classent dans la catégorie des sites potentiellement générateurs d'acide (Aubertin *et al.*, 2002).

### 3. Autres enjeux d'importance [diapositives 17]

Sans entrer dans le détail de chacun d'eux, d'autres enjeux environnementaux d'importance liés aux mines d'or incluent :

- **les risques de contamination au cyanure** : parmi les agents chimiques utilisés pour extraire l'or du minerai, le cyanure est sans doute celui qui pose le plus grand risque de toxicité (Aubertin, 2002 : Ch.7.3). Des dommages environnementaux considérables peuvent être occasionnés si, par exemple, le cyanure se retrouve dans les écosystèmes environnants suite à un déversement accidentel (ex. transport) ou, encore, suite à une fuite ou à un bris des bassins de rétention (voir Annexe 1).
- **la grande quantité d'eau** nécessaire au traitement de l'or : celle-ci peut varier de 4 000 litres à 22 000 litres (4 à 22 tonnes) par tonne d'or produite (Aubertin *et al.*, 2002).
- **les risques de bris des bassins de rétention** des rejets miniers : ces risques sont bien réels puisqu'on note le bris de plus d'une trentaine de ces bassins au cours des 12 dernières années à travers le monde (voir Annexe 2) [Amegbey et Adimado, 2003; Bridge, 2004; Moody, 2005].
- **le risque que pose les sites miniers abandonnés au Québec**, c'est-à-dire les sites dont les entreprises qui en étaient responsables n'existent plus ou ne sont plus solvables : on en compte présentement entre 100 et 140 au Québec. Des investissements de 75 M à 250 M \$ seraient nécessaires pour les restaurer (Aubertin *et al.*, 2002; MRNF, 2005).
- **l'addition de nouveaux réseaux routiers** construits pour les opérations minières ont sans aucun

---

<sup>10</sup> C'est ce que Mines Aurizon propose également pour l'exploitation du gisement d'or Duck Pond à Terre-Neuve.

doute des effets non négligeables sur les écosystèmes locaux et régionaux.

- **les émissions de gaz à effet de serre issues de l'industrie des métaux sont aussi non négligeables** : au Canada, cette industrie émet plus de 42 millions de tonnes de CO<sub>2</sub>-équivalent par année<sup>11</sup> et s'inscrit dans la liste des « grands émetteurs finaux »<sup>12</sup> ([Environnement Canada, 2004, 2005](#)). À elle seule, BHP Billiton, l'une des plus grandes compagnies minières au monde, rapportait avoir émis plus de 50 Mt de CO<sub>2</sub>-équivalent en 2004-2005, et ce, sans comptabiliser la part des émissions associée à la consommation d'électricité produite à l'extérieur de ses sites miniers<sup>13</sup> ([BHP Billiton, 2005](#)).
- **les risques posés à la santé humaine** : malgré une amélioration considérable des conditions de travail depuis quelques décennies, les risques associés au travail minier demeurent élevés, notamment en ce qui a trait aux accidents de travail, aux cancers et aux maladies pulmonaires ([Carnevale et Baldasseroni, 2005](#); [Cowie, 1998](#); [Eisler, 2004a](#); [Mining Watch Canada, 2006](#)).

## IV. Synthèse et conclusion

De façon générale, les activités minières peuvent être divisées en quatre étapes : l'exploration, l'extraction du minerai, le traitement du minerai et la fermeture du site minier. Chacune de ces étapes comporte son lot d'enjeux environnementaux. Parmi les enjeux les plus importants, notons (1) l'immense quantité de rejets miniers produits et (2) le haut potentiel de ces rejets à générer du drainage minier acide (DMA). Au Québec, plus de 99,9996% du minerai extrait est, en fait, constitué de rejets miniers. À cette quantité s'ajoute celle des roches que l'on doit excaver pour se rendre au minerai. Ainsi, des quelques 10 ou 15 millions de tonnes excavées chaque année dans les mines d'or au Québec, environ 24 tonnes d'or sont produites ([MRNF, 2004](#)). L'entreposage des rejets miniers en surface a un effet direct sur les écosystèmes locaux et régionaux.

Le deuxième enjeu d'importance est le drainage minier acide (DMA). Le DMA se produit lorsque les minéraux sulfurés, contenus dans les rejets miniers, s'oxydent sous l'action combinée de l'oxygène et de l'eau, et produisent un lixiviat acide. Ainsi, s'ils ne sont pas bien gérés, les rejets miniers peuvent générer des lixiviats acides, chargés de métaux lourds, qui peuvent être toxiques pour les écosystèmes dans lesquels ils se déversent. Au Québec, environ 30% (~ 4300ha sur 14 900ha) des aires d'accumulation de rejets miniers génèrent ou peuvent potentiellement générer du DMA ([Aubertin \*et al.\*, 2002](#)). Les spécialistes constatent eux-mêmes que peu de méthodes sont éprouvées pour prévenir le DMA à long terme, en particulier lorsque les spécifications de construction des bassins et des barrages de rétention « exigent une durée de vie de 200 à 1000 ans et plus » ([Aubertin \*et al.\*, 2002 : Ch.5.5](#)). D'autres enjeux environnementaux d'importance liés aux mines aurifères incluent : les risques de contamination au cyanure, la grande quantité d'eau nécessaire au traitement du minerai, le risque de bris des bassins de rétention, les émissions de gaz à effet de serre, etc.

Enfin, les régions nordiques du Québec et du Canada sont parmi les perles toutes convoitées

---

<sup>11</sup> soit près de 6% des 740 Mt émises en 2003.

<sup>12</sup> Les grands émetteurs finaux incluent les établissements qui émettent en moyenne 8 kt ou plus de CO<sub>2</sub>-équivalent chaque année, ou 20 kg ou plus de CO<sub>2</sub>e par 1000 \$ de production brute.

<sup>13</sup> L'intensité énergétique et les émissions de GES varient en fonction du métal produit. À titre d'exemple, on estime que la production d'une tonne de cuivre requiert 19 MWh d'électricité et entraîne l'émission de plus de 7 tonnes de CO<sub>2</sub>, et ces chiffres s'élèvent à 40 MWh et à 16 tonnes de CO<sub>2</sub> dans le cas de l'aluminium ([Craig \*et al.\*, 1996](#); [BHP Billiton, 2005](#)). Même si le recyclage des métaux est une pratique de plus en plus répandue qui permet, dans certains cas (ex. cuivre et aluminium), de réduire de 75 à 95 % l'énergie nécessaire à la production, la consommation actuelle des métaux est telle que les quantités de métaux recyclés ne suffisent pas et de nouvelles mines sont constamment mise en opération.

aux activités de recherche et de développement de nouvelles mines aurifères. Cette situation, combinée aux enjeux environnementaux énumérés précédemment soulèvent plusieurs interrogations : quels seront les impacts environnementaux à long terme associés à ce type de développement ? Quels seront les impacts sur les écosystèmes locaux, régionaux et mondiaux ? Quels seront les impacts sur les collectivités autochtones par la mise en opérations de nouvelles mines en périphérie de leur collectivité et sur leurs territoires ancestraux? Ces interrogations prennent sans doute davantage d'importance lorsqu'on garde à l'esprit que plus de 80% de l'or extrait chaque année est destiné à la joaillerie...



# ANNEXES

## 1. Amalgamation au cyanure

Un autre enjeu environnemental d'importance lié au traitement des minerais aurifères est l'utilisation d'agents chimiques, notamment le cyanure, pour extraire l'or des minéraux dans lesquels il se trouve. Parmi les agents chimiques utilisés, le cyanure est sans doute celui qui pose le plus grand risque de toxicité (Aubertin, 2002 : Ch.7.3). Des dommages environnementaux considérables peuvent être occasionnés si, par exemple, le cyanure se retrouve dans les écosystèmes environnants suite à un déversement accidentel (ex. transport) ou, encore, suite à une fuite ou à un bris des bassins de rétention. La haute toxicité du cyanure est dû au fait qu'il entrave l'action des enzymes qui aident les cellules à capter l'oxygène chez les organismes vivants. On a observé, par exemple, que des concentrations aussi faibles que 0,05 ppm dans une solution neutre ont causé la mort de poissons exposés en moins de 5 minutes (Aubertin et al., 2002 : Ch.3.2).

Le cyanure est un produit largement utilisé dans les mines du Québec et du Canada. Des études démontrent que les concentrations de cyanure dans les effluents d'usines de traitement aurifères sont supérieures à 0.10ppm et atteignent fréquemment de 5 à 15ppm. Ces effluents sont normalement confinés dans des bassins de rétention afin de permettre la décomposition des cyanures par l'action des rayons UV et un contrôle du pH. Par ailleurs, il est important de noter que la toxicité des différents agents chimiques utilisés dans le traitement de l'or pourrait augmenter, ou diminuer, avec les phénomènes d'additivité et de synergie.

## 2. Bris des bassins de rétention

Parmi les bris les plus importants, notons celui de la mine d'or Omai en Guyane (1995), alors opérée par la compagnie canadienne Cambior (de Montréal), où plus de 4 millions de mètres cubes<sup>14</sup> de pulpe riche en cyanure et autres polluants se sont déversés dans la rivière Essiquibo (Moody, 2005). Des centaines de milliers de poissons sont morts instantanément. Quelques jours plus tard, des mammifères ont été aperçus flottant dans la rivière. Deux mois après l'incident, des populations locales se plaignaient de démangeaisons cutanées et de lésions buccales suite à la consommation de l'eau en aval de l'incident (Catholic Herald, 1996). Notons également l'incident de la mine El Porco, en Bolivie (1996), où 400 000 tonnes de pulpe ont contaminé la rivière Pilocomayo jusqu'à plus de 300 km en aval.

S'il est vrai que très peu de bris surviennent au Québec et au Canada, le risque demeure toujours puisque les installations que l'on érige pour contenir les résidus miniers doivent être conçues pour résister des centaines, voire des milliers d'années; un défi d'ingénierie qui demeure incertain et qui n'a jamais été éprouvé.

---

<sup>14</sup> Ce qui correspond minimalement à la même quantité en poids, soit plus de 4 000 000 de tonnes de pulpe.

### 3. Résumé soumis à l'ACFAS en janvier 2006

La grande majorité des quelque 140 000 tonnes d'or produites depuis plus de 6000 ans se retrouve toujours en circulation aujourd'hui. On estime que 70 000 de ces tonnes sont sous forme de bijoux; 30 000 autres tonnes seraient stockées dans des institutions financières. Depuis quelques années, la demande est forte, les prix élevés. La joaillerie constitue le principal moteur de cette demande. De celle-ci découle une production accrue et des investissements majeurs en exploration aurifère. Le Québec ne fait pas exception. Les régions de la Baie James et du Grand Nord du Québec, toujours vierges de mines aurifères, connaissent une vague d'exploration sans précédent. Le potentiel minéral de ces régions nordiques est élevé et de nouvelles mines pourraient y voir le jour d'ici quelques années. Certains avancent la possibilité d'un 'boum minier' et la naissance de nouveaux camps miniers. La présence d'infrastructures clefs (routes, réseaux d'électricité) ainsi que de politiques fiscales et environnementales favorables attirent de nombreux investissements qui stimuleront le développement minier du Nord québécois. Or, le développement des ressources aurifères comporte des enjeux environnementaux importants : résidus miniers, drainage acide, consommation énergétique, etc. Cette communication consiste en une revue des risques et enjeux environnementaux associés à la production aurifère, en particulier en ce qui a trait aux émissions de gaz à effet de serre. Les enjeux identifiés seront mis en relief par rapport au Protocole de Kyoto et au contexte québécois. Une revue de la littérature et une analyse de contenu constituent les principales méthodologies de recherche employées.

## Références

- Amegbey, N. A., et A. A. Adimado. 2003. «Incidents of cyanide spillage in Ghana». *Transactions of the Institution of Mining and Metallurgy Section C-Mineral Processing and Extractive Metallurgy*, vol. 112, no 2, p. C126-C130.
- Akcil, A. 2002. «First application of cyanidation process in Turkish gold mining and its environmental impacts». *Minerals Engineering*, vol. 15, no 9, p. 695-699.
- Akcil, A. 2003. «Destruction of cyanide in gold mill effluents: biological versus chemical treatments». *Biotechnology Advances*, vol. 21, no 6, p. 501-511. Aubertin *et al.*, 2002;
- Allan, R. 1995. "Impact of mining activities on the terrestrial and aquatic environment with emphasis on mitigation and remedial measures". In *Heavy Metals: Problems and Solutions*. Berlin : Springer-Verlag. pp.119-40.
- Alpers, C.N. et Nordstrom, D.K., 1991. "Geochemical evolution of extremely acid mine waters at Iron Mountain, California: Are there any limits to pH?" 2<sup>ème</sup> *Conférence Internationale sur la Réduction des Eaux de Drainage Acides*, Montréal. Tome I, p.321-342.
- Amegbey, N. A., et A. A. Adimado. 2003. «Incidents of cyanide spillage in Ghana». *Transactions of the Institution of Mining and Metallurgy Section C-Mineral Processing and Extractive Metallurgy*, vol. 112, no 2, p. C126-C130.
- Aubertin, M., B. Bussière et Louis Bernier, 2002. *Environnement et gestion des rejets miniers : Manuel sur cédérom*. Montréal : Presses internationales polytechniques.
- Banque mondiale, Département de l'environnement, 1999. « Exploitation minière et traitement des minéraux ». In *Manuel d'évaluation environnementale. Volume III : Lignes directrices pour l'évaluation environnementale de projets énergétiques et industriels*. Traduction de *Environmental Assessment Sourcebook*, Washington : Banque mondiale, pp.196-211.
- BHP Billiton, (2005). A Sustainable Perspective. BHP Billiton Sustainable Report 2005. <http://sustainability.bhpbilliton.com/2005/repository/environment/ourPerformance/emissions.asp> , consulté le 17 janvier 2006.
- Bridge, G. 2004. "Contested Terrain: Mining and the Environment". *Annual Review of Environment and Resources*, vol. 29, p. 205-259.

- Dudka, S. et D.C. Adriano, 1997. *Environmental impacts of Metal Ore Mining and Processing : a Review*, Journal of Environmental Quality, vol.26 : 590-602.
- Canada, Ressources naturelles Canada, 2006a. *Important Facts on Canada's Natural Resources*. 20p.
- Canada, Ressources naturelles Canada, 2006b. *Perspectives concernant les métaux non ferreux : décembre 2005*. Secteur des minéraux et des métaux, Ottawa : Ministre des travaux publics et Services gouvernementaux Canada. p.41.
- Carnevale, F. et A. Baldasseroni, 2005. "A long-lasting pandemic: diseases caused by dust containing silica: Italy within the international context." *Med Lav*, vol. **96**, no.2: 169-76.
- Catholic Herald, Georgetown, Guyane, 15 octobre 1996, dans Moody, 2005, *The Risk We Run. Mining, Communities and Political Risk Insurance*. London: International Books. p.142.
- Cowie, R. L., 1998. "The influence of silicosis on deteriorating lung function in gold miners". *Chest*, vol.**113**, no.2: 340-3.
- Craig, J.R., Vaughan, D.J. et B.J. Skinner. 1996. *Resources of the Earth. Origin, Use, and environmental impacts*. Second edition, New Jersey : Prentice-Hall, inc. 472pp.
- CRU International, 2001. *Precious Metals Market Outlook*. CRU International, London.
- Eisler, R., 2004a. "Arsenic hazards to humans, plants, and animals from gold mining." *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology*, Vol 180: 133-165.
- Eisler, R., 2004b. "Mercury hazards from gold mining to humans, plants, and animals." *Rev Environ Contam Toxicol*, vol.**181**: 139-198.
- Elinson, L. et K. S. Yeung, 1995. "Policy development for compensating workers exposed to crystalline silica in Ontario, Canada." *Scand J Work Environ Health*, vol. **21**, suppl. 2: 111-4.
- Environnement Canada, 2004. *Sommaire des émissions des principaux polluants atmosphériques au Canada pour 2000 (tonnes métriques), Décembre 2004*. [http://www.ec.gc.ca/pdb/cac/ape\\_tables/canada2000\\_f.cfm](http://www.ec.gc.ca/pdb/cac/ape_tables/canada2000_f.cfm), 17 janvier 2006.
- Environnement Canada, 2005. *Inventaire canadien des gaz à effet de serre*. Division des gaz à effet de serre, Environnement Canada. [http://www.ec.gc.ca/pdb/ghg/inventory\\_report/2003\\_report/toc\\_f.cfm](http://www.ec.gc.ca/pdb/ghg/inventory_report/2003_report/toc_f.cfm), consulté le 17 janvier 2006.
- Fraser Institute (The), 2006. *Fraser Institute Annual Survey of Mining Companies 2005-2006*. Vancouver (BC) : The Fraser Institute, 83p.
- Gauthier, M., 2006. Entrevue téléphonique à l'émission Fréquence libre de la radio de Radio-Canada, vendredi 12 mai 2006.
- Humphries, M. (2003). *Mining on Federal Land*. Congr.Res.Serv. Issue Brief Congr. Washington, D.C: Congr.Res.Serv. dans Bridge, G. (2004), *Contested Terrain : Mining and the Environnement*, Annual Review of Environment and Resources, Vol.29 : 213.
- Klohn Krippen, 2005. *Northgate Minerals Corporation; Kemess Expansion Environmental Impact Assessment*. Vancouver (B.C.).
- Metals Economics Group (MEC), 2006. *World Exploration Trends : A special report from Metals Economics Group : for the PDAC International Convention*. Halifax : Metals Economics Group.
- Mining Watch Canada, 2006. "Urgent Need to Investigate Respiratory Impairment of Hemlo Miners". In *Mining Watch Canada Newsletter*, No. 21: Winter 2005-2006. [http://www.miningwatch.ca/index.php?Newsletter\\_21](http://www.miningwatch.ca/index.php?Newsletter_21), consulté le 12 avril 2006.
- MMSD, 2002. *Breaking New Ground: Mining, Minerals, and Sustainable Development. The Report of the MMSD Project*. Du International Institute for Environment and Development and World Business Council for Sustainable Development. London (R.U.) : Earthscan.
- Moody, R. (2005). *The Risk We Run. Mining, Communities and Political Risk Insurance*. London: International Books. 322pp.
- More, J. et S. Luoma. 1990. « Hazardous wastes from large scale metals extraction: a case study ». In *Environmental Science Technology*, 24: 1278-85.
- MRNF, Ministère des ressources naturelles et de la Faune du Québec, 2004. *Information sur l'industrie minière du Québec*. [http://www.mrn.gouv.qc.ca/publications/mines/publications/publications-trimestre4\\_2004.pdf](http://www.mrn.gouv.qc.ca/publications/mines/publications/publications-trimestre4_2004.pdf), consulté en mai 2006.

- MRNF, Ministère des Ressources naturelles et de la faune du Québec, 2005. *Restauration minière*.  
<http://www.mrn.gouv.qc.ca/mines/restauration/index.jsp> , consulté en mai 2006.
- Nriagu, JO. 1994. "Mercury pollution from the past mining of gold and silver in the Americas". In *Science Total Environment*, 149(3) : 167, dans G. Bridge, 2004, "Contested Terrain: Mining and the Environment", In *Annual Review of Environment and Resources*, vol. 29, p. 215.
- Nriagu, JO. 1996. "History of global metal pollution". In *Science* 272 (5259): 223-224. Dans dans G. Bridge, 2004, "Contested Terrain: Mining and the Environment", In *Annual Review of Environment and Resources*, vol. 29, p. 215.
- Racicot, 1990. \_\_ ? \_\_. Dans Aubertin, Bussière et Bernier, 2002. *Environnement et gestion des rejets miniers : Manuel sur cédérom*. Montréal : Presses internationales polytechniques.
- Reader, S., 1993. « Identification des principaux facteurs à considérer lors de l'évaluation du risque environnemental posé par l'ouverture d'une mine d'or ». Examen de synthèse, Université du Québec à Montréal. 67p.
- Ripley, E.A., R.E. Redman et A.A. Crowder, 1996. *Environmental effects of mining*. Delray Beach (Floride) : St. Lucie Press. 356p.
- Ritcey, G.M., 1989. *Tailings Management, Problems and Solutions in the Mining Industries*. Elsevier. Dans Aubertin, Bussière et Bernier, 2002. *Environnement et gestion des rejets miniers : Manuel sur cédérom*. Montréal : Presses internationales polytechniques.
- Scott, C. H. (dir.), 2002. *Aboriginal autonomy and development in Northern Quebec and Labrador*. Vancouver et Toronto. University of British Columbia Press. 448p.
- Simard, A., C. Dussault, P. Verpaelst, A. Moukhsil, J. Choinière (éd.) et C. Grenier, 2006. *Rapport sur les activités minières au Québec : 2005*. Gouvernement du Québec, Québec : Géologie du Québec. 8 p.
- Soto, H., Rousseau, A. et F. Nova, 1996. *Procédés de traitement des rejets de cyanuration*. Recherche bibliographique, présentée au Ministère des Ressources Naturelles du Québec. 64p. Dans Aubertin, Bussière et Bernier, 2002. *Environnement et gestion des rejets miniers : Manuel sur cédérom*. Montréal : Presses internationales polytechniques.
- Warhurst, A. et L. Noronha, 2000. *Environmental policy in mining: corporate strategy and planning for closure*. Boca Raton (Floride) et London : Lewis Publishers. 513p.