

Références en lien avec le concept de co-disposition de Nouveau Monde Graphite

Par : Martine Paradis, ing. M.Sc., VP Ingénierie et environnement, Nouveau Monde Graphite

Date : 30-01-2020

Objet : Références en lien avec la co-disposition dans le cadre des audiences publiques du projet Matawinie

Le document suivant présente des références en lien avec les concepts suivants de la gestion et restauration des résidus miniers de Nouveau Monde Graphite, soit :

- 1) Gestion des résidus miniers ou stériles miniers par un retour dans la fosse;
- 2) Principe d'effet de barrière capillaire pour qu'une plus grande saturation soit maintenue dans les résidus miniers dans la cellule de co-disposition et dans la barrière à oxygène dans le recouvrement final de la halde (couverture à effet de barrière capillaire);
- 3) Principe de recouvrement qui limite l'accès à l'oxygène à des sols sous-jacents;
- 4) Principes généraux de la co-disposition.

1) RETOUR DANS LA FOSSE

Le programme de neutralisation des eaux de drainage dans l'environnement minier (NEDEM) a fait une revue de douze cas utilisant le retour dans la fosse sous différentes formes et différentes conditions.

Référence: In-Pit Disposal of Reactive Mine Wastes: Approaches, Update and Case Study Results, Mine Environment Neutral Drainage (MEND), Arcadis, Juin 2015

Sommaire : Les options de disposition de rejets miniers qui représentent de faibles responsabilités à long terme se limitent à une grande proportion de sites miniers. Bien qu'il ne s'agisse pas d'un nouveau processus, l'élimination des rejets miniers dans les fosses des mines à ciel ouvert a fait l'objet, au cours des dernières années, d'une acceptation accrue, particulièrement pour les résidus, les roches stériles et les boues d'usines de traitement, favorisant la lixiviation des métaux, radioactifs et visiblement dangereux.

Les résultats publiés pour diverses options d'élimination dans une fosse ont été, de manière générale, très positifs pour démontrer l'isolation à long terme demandée par les entreprises, les organismes de réglementation et le public. Ce document constitue une nouvelle version du Rapport NEDEM 2.36.1 de 1995 et fournit un résumé des 12 études de cas sur l'élimination de rejets miniers dans une fosse à divers endroits dans le monde. Les études de cas ont été choisies pour des exemples d'élimination de rejets miniers dans les fosses des mines à ciel ouvert montrant une variété de risques environnementaux et situés dans différents contextes hydrogéologiques et climatiques

Cas étudiés et présentés dans la revue du NEDEM (tableau extrait du rapport) :

#	Case	Country	MEND 1995 ¹	Principle Metal(s) Mined	Disposed in Pit	Issues -ARD, ML, other	Pit Disposal Type	Pit Status	Information Available to Assess Performance	Comments
1	Whistle	Canada	No	Ni, Cu	WR	ML, ARD	Dry cover, small saturated zone	Closed	Good	
2	Owl Creek	Canada	Yes	Au	WR	ARD, ML	Water cover	Closed	Fair	Site Visit 2010
3	Solbec	Canada	Yes	Cu, Zn	WR	ARD, ML	Water cover	Closed	Good	
4	Equity Silver	Canada	No	Ag, Au, Cu	Sludge, WR	ML, ARD	Water cover	Pit receives sludge	Good	
5	Los Frailes	Spain	No	Zn, Cu	Tailings, WR contaminated soils	ML, ARD	Mostly water cover, some exposed, pit lake	Active care	Good	Used to clean up spilled tailings (1998)
6	Stratmat	Canada	No	Cu, Pb, Zn	WR (planned)	ML, ARD	Dry cover	Closed	Fair	No pit disposal
7	Jundee	Australia	No	Au	Tailings, WR	Cyanide N Asbestos		In closure	Fair	Complex site
8	Marymia	Australia	No	Au	Tailings	Cyanide Asbestos	Spigot from pit edge	Closed	Good	Good geotechnical
9	Rabbit Lake	Canada	Yes	U	Tailings, sludges	ML, Rad ²	Engineered pervious surround	Operational	Good	Detailed experience
10	McClean Lake	Canada	No	U	Tailings, sludges, WR ³	As, Rad ML, ARD,	Engineered tailings, porous surround	Operational	Very Good	
11	Lichtenburg	Germany	No	U	Highly Oxidised WR	ARD, ML, Rad	Engineered waste, dry cover	Closed	Good	Site converted to a park
12	Omai	Guyana	No	Au	Tailings	Cyanide	Simple discharge of tailings	Closed, now pit lake	Good	Excellent results

2) PRINCIPE D'EFFET DE BARRIÈRE CAPILLAIRE

Le principe d'effet de barrière capillaire consiste à superposer des matériaux avec des propriétés hydrogéologiques et géotechniques spécifiques qui permettent de maintenir une plus grande saturation dans les matériaux, dans notre cas (NMG) dans les résidus miniers générateurs acides (PAG) des cellules de co-disposition et dans la barrière à oxygène dans le recouvrement final de la halde, soit la couverture à effet de barrière capillaire (CEBC).

Références sur la couche de rétention d'eau dans des matériaux superposés

[LTA, Malartic, Québec](#)

La plus vieille CEBC installée au Québec est celle du site LTA (Lorraine les terrains aurifères), installée en 1995-1996. Le site est à Malartic, au Québec. Elle a 25 ans d'installation et de suivi et les résultats sont résumés dans l'article suivant :

Référence : B. Bussière, A. Maqoud, M. Aubertin, J. Martschuk, J. McMullen, M.R. Julien, Performance of the oxygen limiting cover at the LTA site, CIM Bulletin, Vol. 1, No. 6, 2006, Malartic, Quebec

Résumé (traduit de l'anglais): Le drainage minier acide (DMA) des rejets miniers est l'un des problèmes environnementaux les plus complexes auxquels l'industrie minière est actuellement confrontée. Lorsque les rejets miniers ont le potentiel de produire de la DMA, les effluents produits doivent être gérés pour répondre aux réglementations existantes sur la qualité de l'eau. Le site minier LTA (propriété de Barrick Gold Corp.) située près de Malartic, au Québec, contient des résidus sulfurés avec un potentiel de générer du DMA. L'option de fermeture choisie par Barrick était de construire un couvercle à effets de barrière capillaire (CCBE), dans lequel la couche de rétention d'humidité est constituée de résidus non générateurs d'acide. Depuis sa construction en 1996, la couverture a été surveillée pour évaluer ses performances. À cette fin, divers paramètres ont été mesurés, notamment la teneur en eau volumétrique et l'effet de succion dans les différentes couches du couvercle. Ce document présente certains des principaux résultats du programme de surveillance qui a débuté il y a huit ans. Les résultats montrent que le couvercle est capable de maintenir un haut degré de saturation dans sa couche de rétention d'humidité, agissant comme une barrière à l'oxygène. Les performances réelles du CCBE sur la surface plane du site de 60 ha sont meilleures que prévu au stade de la conception. La seule préoccupation avec la couverture LTA est l'effet des pentes qui peuvent réduire les performances du CCBE pendant les périodes sèches. Cependant, ces effets n'apparaissent que sur de courtes périodes et sont limités à des zones très localisées, de sorte qu'ils n'affectent pas de manière significative les performances globales du CCBE et sa capacité à limiter la production de DMA.

[Site mine Manitou, Val d'Or, Québec](#)

Référence : Molson, J., Aubertin, M., Bussière, B., Benzaazoua, M. (2008). Geochemical transport modelling of drainage from experimental mine tailings cells covered by capillary barriers. Applied Geochemistry, 23, 1-24.

Résumé : L'utilisation de couvertures à effets de barrière capillaire (CEBC) pour réduire le drainage minier acide (DMA) des résidus miniers sulfurés est simulée à l'aide du modèle de volume fini MIN3P pour l'écoulement souterrain couplé à la diffusion de l'oxygène et le transport réactif. Le modèle est appliqué pour simuler cinq cellules d'essai in situ à l'échelle pilote contenant des résidus réactifs provenant du site de la mine Manitou, Val d'Or, Québec, Canada. Quatre des cellules ont été construites avec des CEBC sur les résidus, tandis que la cinquième cellule de résidus a été laissée non recouverte. La décharge observée et simulée de la base de chaque cellule a montré que la barrière capillaire recouvre une oxydation des sulfures et un DMA considérablement réduits. Par rapport à la décharge acide de la cellule non recouverte, la décharge des quatre cellules recouvertes de CEBC avait des niveaux de pH neutres et des concentrations de 1 à 7 ordres de grandeur inférieures en SO_4 , Fe, Zn, Cu et Al. Les simulations ont montré que la couche de rétention d'humidité des CEBC réduisait le DMA en inhibant la diffusion d'oxygène dans les résidus réactifs sous-jacents. Pourvu que la couche de rétention d'humidité de la CEBC reste proche de la saturation, son épaisseur a un effet relativement mineur. Dans de telles conditions quasi saturées, la disponibilité de l'oxygène est limitée par son taux de diffusion à travers le milieu poreux et non par le taux de diffusion à travers les grains oxydés. Le modèle fournit de nouvelles informations importantes pour comparer les alternatives de conception pour réduire ou contrôler le DMA.

Référence : Bussière, B., Aubertin, M., Mbonimpa, M., Molson, J.W., Chapuis, R.P. (2007). Field experimental cells to evaluate the hydrogeological behaviour of oxygen barriers made of silty materials. Can. Geotech. J. 44: 245-265.

Résumé : Une étude in situ a été menée afin d'évaluer l'efficacité de matériaux silteux comme couche de rétention d'eau dans les couvertures avec effets de barrière capillaire (CEBC) utilisées pour limiter la formation de drainage minier acide (DMA). La présente étude comprenait la construction de quatre cellules expérimentales recouvertes par une CEBC. Chaque CEBC a été instrumentée pour ausculter le comportement hydrogéologique des différences couches du recouvrement. Dans la couche de rétention d'eau (matériaux silteux), le degré de saturation (S_r) s'est maintenu à des valeurs habituellement supérieures à 85 % alors que dans les deux couches de sable placés au-dessus et en-dessous des matériaux silteux, il s'est situé généralement à des valeurs entre 30 % et 50 % (ce comportement hydrogéologique est typique de CEBC efficaces). Les succions mesurées dans les différentes couches des CEBC correspondaient aux degrés de saturation observés et ce pour les quatre années d'auscultation. Dans les couches de rétention d'eau, les succions mesurées ont été habituellement inférieures aux pressions d'entrée d'air « AEV » des matériaux silteux utilisés alors que dans les deux couches de bris capillaire elles ont été largement supérieures au AEV du sable. Les flux d'oxygène calculés à travers les CEBC confirment que ces derniers sont faibles pour toute la durée de l'expérimentation permettant ainsi de contrôler de façon efficace la génération de DMA. Cette étude confirme également la capacité des matériaux silteux d'agir comme couche de rétention d'eau dans les CEBC.

[Site Equity Silver, Colombie-Britannique, Canada](#)

Références : O'Kane, M., Wilson, G.W., Barbour, S.L. (1998). Instrumentation and monitoring of an engineered soil cover for mine waste rock. Can. Geotech. J. 35: 828-846.

Résumé: La capacité de la couverture en terre mise en place à mine Silver Equity à limiter les flux d'oxygène et d'eau vers les déchets rocheux sous-jacents a été évaluée grâce à un programme d'instrumentation détaillé. Un appareillage de chantier a été installé pour surveiller la température, l'oxygène gazeux et le dioxyde de carbone gazeux dans les déchets rocheux. Des lysimètres ont été construits à la base du système de couverture en terre pour enregistrer l'infiltration à travers celle-ci. On a aussi installé des capteurs pour mesurer la succion matricielle, la température du sol et la teneur en eau. Une station météorologique automatisée a permis le suivi des conditions climatiques sur le site de la mine. Les résultats en place indiquent qu'un haut degré de saturation (soit 90% ou plus) a été maintenu dans la couche compactée inférieure pendant les trois années de mesure (août 1992 à août 1995). Ceci est positif puisque cette couche était conçue pour être une barrière freinant l'oxygène. L'infiltration moyenne mesurée à partir des lysimètres placés à la base du système de couverture représentait 5% des précipitations (d'octobre 1992 à août 1993). Les résultats de mesure de la succion matricielle indiquent que le gradient hydraulique à l'intérieur du système de couverture est essentiellement dirigé vers le haut, sauf pour des périodes relativement courtes de pluies abondantes et de fonte des neiges tard dans l'automne ou tôt au printemps.

Référence: Weeks, B., Wilson, G.W. (2005). Variations in moisture content for a soil cover over a 10 years period. Can. Geotech. J. 42: 1615-1630.

Résumé : La mine Equity Silver est localisée dans la partie centrale nord de la Colombie Britannique, et est le site d'un grand couvert de sol bien instrumenté. Le site du couvert de sol a été conçu pour prévenir la génération de drainage acide de la roche (ADR) provenant des stériles de roche générant de l'acide et déposés sur ce site. Le couvert a été conçu pour agir comme une barrière d'oxygène en maintenant une couche de sol saturé au-dessus des stériles. Le couvert consiste en un till compacté placé sur les stériles, et recouvert avec une couche non compactée du même matériau. Des sondes à neutrons et des capteurs de conductivité thermique (TC) ont été utilisés pour mesurer la teneur en eau du couvert de sol pour les dernières dix années. Les données climatiques du site sont également colligées. Une revue des données colligées a montré que la saturation a été maintenue dans la couche inférieure compactée de 0,5 m d'épaisseur du couvert, comme le prévoyait la conception originale du couvert. La couche supérieure du couvert (0,3 m de till non compacté) était soumise à des variations saisonnières de teneur en eau, avec un séchage dans les mois d'été et une humidification à l'automne et au printemps. Les variations d'humidité dans la couche supérieure était en bonne concordance avec les données climatiques colligées sur le site. Des variations spatiales ont été notées dans les teneurs en eau mesurées sur le couvert, mais une couche inférieure quasi saturée semble avoir été maintenue dans toute la zone instrumentée.

Cellules expérimentales avec CEBC à La Ronde, Pressaic, Abitibi, Québec

Référence : Kalonji Kabambi, A., Bussière, B., Demers, I. (2017). Hydrogeological behaviour of covers with capillary barrier effects made of mining materials. *Geotech Geol Eng*, 35: 1199-1220.

Résumé : Une étude de laboratoire et numérique a été menée afin d'évaluer l'efficacité d'une couverture avec effets de barrière capillaire (CEBC) faite de matériaux miniers pour limiter la génération du drainage minier acide (DMA). La présente étude comprend le montage au laboratoire de trois colonnes expérimentales utilisées comme modèles physiques de CEBCs. Chaque colonne a été instrumentée pour suivre le comportement hydrogéologique des différentes couches du recouvrement. Dans la couche de rétention d'eau constituée de résidus miniers désulfurés, le degré de saturation (S_r) s'est maintenu à des valeurs habituellement supérieures à 85% alors que dans les deux couches des stériles placées au-dessus et en-dessous de la couche de rétention d'eau, il s'est situé généralement à des valeurs entre 5% et 15%. Les succions mesurées dans les différentes couches ont été habituellement inférieures à la pression d'entrée d'air (AEV) des résidus miniers désulfurés pour les couches de rétention d'eau et largement supérieures à la pression d'entrée d'eau (WEV) des stériles miniers dans les deux couches de bris capillaires. Les flux d'oxygène calculés numériquement à la base de la couche de rétention d'eau confirment que ces derniers sont faibles (variant entre 0,34 à 3 g/m² /an). Cette étude confirme également le potentiel des stériles miniers d'agir comme couches de bris capillaires en substitution aux sols granulaires naturels dans les CEBCs.

Revue des techniques de recouvrement de sites miniers

Référence : Aubertin, M., Bussière, B., Pabst, T., James, M., Mbonimpa, M. (2016). Review of the reclamation techniques for acid-generating mine wastes upon closure of disposal sites. *Geo-Chicago 2016 GSP 270*, 343-358.

Résumé : Le drainage minier acide (DMA) demeure un défi environnemental majeur pour l'industrie minière. Les options privilégiées pour limiter efficacement l'impact environnemental du DMA consistent à contrôler les réactions par l'utilisation de techniques préventives. Leur objectif principal est d'exclure au moins un des éléments constitutifs des réactions chimiques, à savoir l'eau, l'oxygène ou les minéraux sulfurés. L'article rappelle les principes de base et passe en revue différentes approches pour la prévention et le contrôle du DMA à la fermeture d'une mine. Les principales méthodes comprennent des couvertures multicouches, des couvertures aqueuses et une nappe phréatique surélevée (avec une couverture monocouche). Leurs principaux avantages, limitations et incertitudes sont traités. Des approches alternatives, telles que la désulfuration environnementale et la co-disposition des stériles et des résidus, sont également discutées.

3) PRINCIPE DE RECOUVREMENT LIMITANT L'ACCÈS À OXYGÈNE À DES SOLS SOUS-JAÇENTS;

Plusieurs études ont été réalisées ayant pour objectif de limiter les mouvements d'air et d'eau vers des rejets miniers sulfurés. En effet, des couvertures de matériaux naturels tels l'argile, le sable, le gravier mais aussi des résidus miniers neutres, alcalins et même acidogènes ont été caractérisés dans le but de connaître l'impact de leur présence et de leur condition de mise en place (compaction, saturation) sur les mouvements d'air et d'eau. Plusieurs informations sont disponibles dans de nombreux articles scientifiques tels :

Aubertin, M., Chapuis, R.P., 1991, Considérations hydro-géotechniques pour l'entreposage des résidus miniers dans le nord-ouest du Québec, Deuxième conférence internationale sur la réduction des eaux de drainage acides, Montréal, vol. 3, p.1-22.

Aubertin, M., Aachid, M., Bussièrès, B., Chapuis, R.P., 1996, Recouvrement multicouches avec effet de barrière capillaire pour contrôler le drainage minier acide : études en laboratoire et in situ, Colloque NEDEM 1996, 29-30 octobre, p.2-20.

Cabral, A., Lefebvre, G., Proulx, M.F., Robarts, G., Audet, C., Labbé, M., 1996, Utilisation des résidus de désencrage comme matériau de recouvrement aux sites miniers produisant du DMA, Colloque NEDEM, Rouyn Noranda, 29-30 octobre, Vol. I, p. 131-153.

Bennett, J.W., Harries, J.R., Pantelis, G., Ritchie, A.I.M., (1989), Limitations on pyrite oxidation rates in dumps set by air transport mechanisms, International Symposium on Biohydrometallurgy, Jackson Hole, Wyoming, August 13-18.

Collin, M., (1987), Mathematical Modelling of Water and Oxygen Transportation in Layered Soil Covers for Deposits of Pyritic Mine Tailings, Thèse de doctorat, 16 avril, Royal Institute of Technology, Suède.

Crank, J., (1975), The mathematics of diffusion, 2nd. Ed. Clarendon Press, Oxford, United Kingdom.

Kleinmann, L.P., Crerar, D.A., Pacelli, R.R., (1981) Biochemistry of Acid Mine Drainage and a Method to Control Acid Formation, Mining Engineering, vol.33, no.3, p.300-305.

Lambe, T.W., 1958a, The structure of compacted clay, Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division ASCE, paper 1654, vol. 84, No. SM 2, p. 1-24.

Lambe, T.W., 1958b, The engineering behavior of compacted clay, Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division ASCE, paper 1655, vol. 84, No. SM 2, p. 1-35.

Leroueil, S., Bouchard, R., Bourret, M., 1990, Influence des conditions de mise en place sur la performance d'une membrane d'argile, Conférence canadienne de géotechnique, p.369-375.

Nicholson, R.V., Gillham, R.W. Cherry, J.A., Reardon, E.J., (1989) Reduction of acid generation in mine tailings through the use of moisture-retaining cover layers as oxygen barriers, Canadian Geotechnical Journal, Vol. 26 No 1, p.1-8.

Rowe, R.K., Caers, C.J., Baronne, F., (1988), Laboratory determination of diffusion and distribution coefficient of contaminants using undisturbed clayey soil, Canadian Geotechnical Journal, Vol. 15, p. 108-118.

Shackelford, C.D., (1991), Laboratory diffusion testing for waste disposal, A review, J. Contam. Hydrol., 7, p.177-217.

Shackelford, C.D., Daniel, D.E., (1991), Diffusion in saturated soil, I, Background, Am. Soc. Civ. Eng., Geotech. Eng., 117 (3).

Yanful, E.K., Bell, A.V., Woyshner, M.R., 1993a, Design of a composite soil cover for an experimental waste rock pile near Newcastle, New Brunswick, Canada, Can. Geotech. J., 30, p. 578-587.

Yanful, E.K., Riley, M.D., Woyshner, M.R., Duncan, J., 1993b, Construction and monitoring of a composite soil cover on an experimental waste-rock pile near Newcastle, New Brunswick, Canada, Can. Geotech. J., 30, p. 588-599.

4) CO-DISPOSITION : PRINCIPES GÉNÉRAUX

Il est connu que les mécanismes de transport d'oxygène dans les haldes de stériles générateurs d'acide sont la diffusion et la convection (Lefebvre et al., 2001, Wels et al. 2003). En effet, la réaction d'oxydation des sulfures nécessite la présence d'oxygène et est une réaction exothermique qui provoque une augmentation de la température dans l'empilement. Cette consommation de l'oxygène crée une différence de concentration de l'oxygène entre l'atmosphère et les matériaux générateurs ce qui provoque des mouvements d'air par diffusion. De plus, les réactions d'oxydation étant exothermique, elles engendrent une augmentation de la température dans la pile ce qui favorise par la suite des mouvements d'air à cause des gradients thermiques qui sont engendrés. La convection est le mécanisme le plus efficace de transport de l'oxygène dans les matériaux poreux grossiers et non saturés.

La circulation de l'oxygène est fonction des propriétés des matériaux granulaires dont notamment :

- la granulométrie;
- le degré de saturation;
- la distribution porosimétrique;
- les propriétés capillaires;
- les coefficients de diffusion et les perméabilités.

Plus les mouvements d'air sont lents dans les matériaux et plus le taux de réaction diminue. Les stériles miniers sont des matériaux généralement grossiers dont les propriétés capillaires font en sorte de faciliter les mouvements d'air par diffusion mais aussi par convection. Par conséquent, la mise en place de matériaux plus fins en co-disposition vient contraindre les mouvements d'oxygène pendant l'opération en attendant la mise en place d'un recouvrement final.

Les références présentées sont en lien avec les différents principes et paramètres qui s'apparentent à la couche de résidus non générateurs (NAG) mis en place pour limiter l'oxygène et ainsi la réaction d'oxydation aux matériaux générateurs acides (PAG) dans la cellule de co-disposition de NMG.

Le cas de la mine Doyon simule principalement les phénomènes s'apparentant aux haldes stériles.

Mine Doyon, Québec, Canada – Cambior,

Le concept de mise en place de matériaux plus fins dans une halde de stériles a fait l'objet d'étude au Québec dans les années '90. Dans le cadre du programme canadien de neutralisation des eaux de drainage dans l'environnement minier (NEDEM), une étude de caractérisation exhaustive d'une des haldes de stériles la mine Doyon a été réalisée (Isabel et al., 1994, Choquette et al., 1993, Gélinas et al., 1994). À partir de cette caractérisation, un modèle numérique a été développé par Lefebvre (1995) dans le cadre de ces études de doctorat. Plus tard, vers la fin des années '90, le modèle de Lefebvre a été utilisé afin de simuler quels seraient les effets de la mise en place de couches de matériaux fins composés par exemple de résidus miniers filtrés dans une halde de stériles en utilisant le cas de la mine Doyon (Lamontagne et al., 1999). Les résultats des travaux de Lamontagne et al (1999) ont montré l'effet important de la mise en place de matériaux moins perméable pour limiter la circulation de l'oxygène notamment par les

phénomènes de convection et de diffusion. Les matériaux fins empêchent donc les températures dans les stériles d'atteindre des températures élevées.

Les références ci-dessous décrivent les phénomènes d'oxydation ayant eu lieu dans la halde Doyon (qui n'avait pas de co-disposition) et de simulations numériques pour un cas hypothétique de la même halde mais avec de la co-disposition :

Choquette, M., Gélinas, P., Isabel, D., 1993, Monitoring of acid mine drainage : chemical data from La Mine Doyon – South waste rock dump, rapport MEND 1.14.2b

Gélinas, P., Lefebvre, R., Choquette, M., Isabel, D., Locat, J., Guay, R., 1994, Monitoring and Modeling of Acid Mine Drainage from Waste Rocks Dumps, La Mine Doyon Case Study, rapport MEND 1.14.2g.

Isabel, D., Gélinas, P.J., Bourque, E., Nastev, M., Précourt, S., 1994, Water Budget for the Waste Rock Dump at La Mine Doyon, Québec, rapport MEND 1.14.2d

Lamontagne, A., Lefebvre, R., Poulin, R., Leroueil, S., 1999, Modelling of acid mine drainage physical processes in a waste rock pile with layered co-mingling. Proceedings, 52nd Canadian Geotechnical Conference Regina, Saskatchewan, Canada, October 24-27, p. 479-485.

Lefebvre, R., 1995, Modeling acid mine drainage in waste rock dump. In : Pruess, K. 9ed), Proceedings TOUGH Workshop '95, Berkeley, CA, 20-22 mars, Lawrence Berkeley Lab., LBL-37200, p. 239-244.

Lefebvre, R., Hockley, D., Smolensky, J., Gélinas, P., 2001, Multiphase transfer processes in waste rock piles producing acid mine drainage 1 : Conceptual model and system caractérisation, Journal of Contaminant Hydrology, 52 (2001) 137-164.

Wels, C., Lefebvre, R., Robertson, A.M., 2003, An Overview of Prediction and Control of Air Flow in Acid-Generating Waste Rock Dumps, 6th ICARDm 12-18 juillet 2003, 639-650.