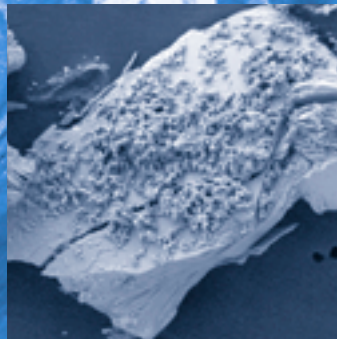


Laboratoires des mines et des sciences minérales de CANMET

Rapport annuel ***2004***



Ressources naturelles Canada
Natural Resources Canada

Canada



Message du directeur

Il me fait plaisir de présenter le rapport annuel 2004 des Laboratoires des mines et des sciences minérales de CANMET (LMSM-CANMET). Les LMSM-CANMET sont une équipe de praticiens versés dans la solution de problèmes, plutôt que dans la recherche fondamentale. Les LMSM-CANMET développent de nouvelles connaissances et adaptent celles existantes, afin de fournir la technologie requise pour relever les défis spécifiques au secteur des mines et des métaux.

Au cours de l'année écoulée, les scientifiques et le personnel des LMSM-CANMET ont travaillé sur 180 projets externes auprès de clients industriels et gouvernementaux, et 90 projets internes afin de développer les connaissances nécessaires pour répondre aux besoins émergents. En 2004, des projets répartis dans 11 provinces et territoires ont été entrepris afin de fournir une assistance en recherche et développement (R-D) auprès de plus de 50 exploitations minières canadiennes. Les LMSM-CANMET ont fourni un support technique aux initiatives stratégiques majeures de Ressources naturelles Canada (RNC) et de six autres ministères fédéraux (pour appuyer la réglementation d'Environnement Canada sur les usines de raffinage par exemple), et ont travaillé avec leurs homologues provinciaux sur des sujets d'intérêt mutuel. Les scientifiques des LMSM-CANMET ont une expertise reconnue internationalement et ils sont souvent appelés à fournir des conseils aux gouvernements d'autres pays, particulièrement aux pays en développement – de telles collaborations ont eu lieu avec 14 pays en 2004.

Depuis 1907, avec la fondation de la Direction des Mines, les LMSM-CANMET font partie du Secteur des minéraux et des métaux de RNC. Les activités des LMSM-CANMET ont évolué au cours des années bien que leur mandat soit demeuré relativement inchangé, lequel consiste à soutenir :

- la population et le gouvernement du Canada, en fournissant les connaissances pertinentes à la prise de décision concernant l'industrie minière canadienne et les enjeux liés aux métaux et aux minéraux ; et
- l'industrie minière canadienne et ses nombreux fournisseurs, par l'apport scientifique et technologique (S-T) à la solution de problèmes pour favoriser la compétitivité de l'industrie, et ainsi contribuer à l'économie canadienne et procurer des bénéfices aux Canadiens.

Les LMSM-CANMET soutiennent également les activités de nombre de gouvernements de pays en développement, en fournissant une expertise et des avis techniques sur des sujets liés aux mines.

L'industrie minière est une composante majeure de l'économie canadienne. Elle procure des bénéfices économiques à des centaines de milliers de Canadiens, directement ou par le biais d'activités dérivées. Ces bénéfices sont présents dans toutes les provinces et territoires, mais ils le sont davantage dans les zones rurales et le Nord canadien, où les opportunités économiques sont souvent limitées. Le rôle

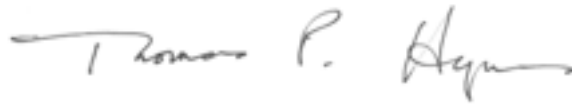


“Depuis 1907, avec la fondation de la Direction des Mines, les LMSM-CANMET font partie du Secteur des minéraux et des métaux de Ressources naturelles Canada.”

des LMSM-CANMET est de faire en sorte que ces bénéfices continuent à profiter aux Canadiens, tout en fournissant les connaissances et la technologie nécessaires pour assurer la protection de l'environnement et la santé et la sécurité des travailleurs et du public. Internationalement, la contribution des LMSM-CANMET apporte des bénéfices autant aux pays receveurs qu'au Canada.

J'espère que vous trouverez à l'intérieur des prochaines pages des sujets qui éveilleront votre intérêt - si tel est le cas, vous pouvez communiquer avec nous via notre Bureau des affaires et des communications à l'adresse indiquée ci-dessous.

Cordialement,



Thomas P. Hynes
Directeur, Laboratoires des mines et des sciences minérales de CANMET

Bureau des affaires et des communications
Laboratoires des mines et des sciences minérales de CANMET
Secteur des minéraux et des métaux
Ressources naturelles Canada
555, rue Booth
Ottawa (Ontario) K1A 0G1
Téléphone : (613) 992-7392
Télécopieur : (613) 947-0983
Courriel : canmet-lmsm@rncan.gc.ca

Le Rapport annuel 2004 est aussi disponible sur le site Internet des LMSM-CANMET à l'adresse suivante : www.rncan.gc.ca/canmet-lmsm

L'organisation des LMSM-CANMET a changé cette année avec la nomination de deux directeurs adjoints. Louise Laverdure a été nommée directrice adjointe des programmes miniers, et Jim Vance, directeur adjoint des programmes de procédés métallurgiques et d'environnement.



*Dr Louise Laverdure,
Directrice adjointe des
programmes miniers.*



*M. Jim Vance, Directeur
adjoint des programmes de
procédés métallurgiques et
d'environnement.*

Introduction

Les Laboratoires des mines et des sciences minérales de CANMET (LMSM-CANMET) sont des laboratoires de recherche du gouvernement fédéral, intégrés à Ressources naturelles Canada (RNCAN). Les LMSM-CANMET effectuent des travaux de R-D pour favoriser la récupération sécuritaire, économique et écologique des ressources minérales au Canada. Ils fournissent un leadership technique pour appuyer les initiatives gouvernementales en matière de politique et de réglementation. Également, les LMSM-CANMET travaillent avec des compagnies privées sur des bases contractuelles et forment des consortia avec plusieurs partenaires pour traiter de sujets d'intérêt commun.

Les activités actuelles définissent trois grandes orientations dans le but de promouvoir le développement durable :

- améliorer la santé et la sécurité dans le domaine minier ;
- trouver des solutions techniquement fiables aux problèmes environnementaux ; et
- favoriser la compétitivité de l'industrie et augmenter sa productivité.

Les LMSM-CANMET possèdent des équipes d'experts actifs dans les domaines suivants :

- Mécanisation et automatisation des mines
- Ventilation et qualité de l'air dans les mines
- Contrôle de terrain
- Minéralogie et traitement métallurgique
- Technologie des effluents miniers
- Gestion des résidus miniers
- Comportement des métaux dans l'environnement
- Matériaux de référence certifiés

Les travaux de R-D en mécanisation et automatisation des mines, réalisés par les LMSM-CANMET, se concentrent sur les méthodes de rupture du roc avec ou sans explosif, les équipements de transport du minerai et du personnel, les énergies alternatives au diesel, les systèmes de communication et les systèmes de hissage dans les mines souterraines. De façon particulière, des efforts importants sont déployés pour améliorer la sécurité des machines d'extraction et l'exploitation des gisements filoniens et accroître l'application des piles à combustible en milieu souterrain.

Les activités de recherche sur la ventilation et la qualité de l'air dans les mines mettent l'accent sur la santé et la sécurité des travailleurs ainsi que sur les enjeux environnementaux. Un aérage efficace des mines et une réduction des poussières en suspension sont au cœur de tous les projets entrepris par cette équipe de recherche et d'ingénierie. L'emphase est mise sur l'exploitation minière à grande profondeur et la réduction des gaz à effet de serre (GES). Le rendement des moteurs diesel, l'efficacité des méthodes d'aérage et la diminution du stress dû à la chaleur sont aussi à l'avant-plan des travaux menés par cette équipe.

Les LMSM-CANMET ont maintenu l'accréditation ISO 9001-2000 pour toutes leurs activités, en raison de leur engagement à des principes d'excellence et d'amélioration continue. De plus, les laboratoires des LMSM-CANMET situés à Bells Corners (Ottawa) et à Sudbury sont accrédités à la norme ISO/CEI 17025 par le Conseil canadien des normes pour certains essais spécifiques.



Les spécialistes oeuvrant en contrôle de terrain exécutent des travaux de recherche appliquée et fournissent des services à l'industrie minière canadienne sur des questions liées à la stabilité du terrain. Ils exécutent des travaux de R-D de pointe en géomécanique, géodynamique, modélisation numérique, support de terrain et instrumentation, le tout en collaboration avec l'industrie. Ils participent à des projets axés sur le transfert technologique et la diffusion d'information, le comportement dynamique du soutènement et les aspects géodynamiques liés à la production de pétrole à partir des sables bitumineux.

Les activités de minéralogie et de traitement métallurgique favorisent l'avancement des sciences minérales et approfondissent les connaissances relatives au traitement métallurgique et au développement des technologies. Les scientifiques oeuvrent principalement dans les domaines de la minéralogie, de la minéralogie appliquée et de l'hydrométallurgie, en étroite collaboration avec l'industrie et le milieu académique.

Les activités dans le domaine des effluents miniers concernent principalement l'élaboration et l'adaptation de stratégies de gestion des effluents de mine, notamment le développement de technologies de prévention et de restauration. Pour aider l'industrie à relever ces défis, les chercheurs mettent au point des technologies fiables et rentables qui peuvent éliminer efficacement les contaminants à l'intérieur des effluents. Ces technologies ont recours à des procédés chimiques traditionnels, ou à des procédés naturels ou biologiques comme les zones humides artificielles. De plus, les chercheurs contribuent grandement aux activités de transfert de technologie dans les domaines de la lixiviation des métaux et le drainage minier acide. L'équipe comprend des spécialistes en chimie, biochimie, génie chimique et biochimique, microbiologie et en science des sols.

Les activités de gestion des résidus miniers visent l'élaboration de stratégies à long terme, rentables et scientifiquement fiables pour la déposition et la gestion des résidus et la restauration des sites miniers. Les activités de recherche courantes portent sur la prévision du drainage acide, les techniques de prévention et de traitement, la mise au point et l'évaluation de technologies de recharge pour la déposition et la stabilisation des résidus, les options de reverdissement et de phytoremédiation, et l'application de techniques de pointe pour caractériser les résidus miniers. De plus, les chercheurs procèdent à des examens indépendants et fournissent des conseils techniques sur des études de fermeture et de restauration de site, et participent à des projets de création de ressources en environnement dans les pays en développement.

Les métaux dans l'environnement constituent un domaine de recherche initié par les LMSM-CANMET pour veiller à ce que les politiques, les règlements et les processus décisionnels concernant la présence des métaux et des composés métalliques dans l'environnement soient basés sur une information juste et valable scientifiquement. Le programme fait le lien entre l'information scientifique de base relative à la présence et l'influence des émissions métalliques d'une part, et les politiques nationales et internationales d'évaluation de leur impact sur l'environnement d'autre part.

Les matériaux de référence certifiés sont préparés par une équipe spécialisée, laquelle coordonne aussi la mise en place du programme d'essais d'aptitude des laboratoires d'analyse minérale (PEA-LAM). Depuis plus de trente ans, le Programme canadien des matériaux de référence certifiés (PCMRC) produit et certifie des matériaux. Ces matériaux sont des minerais, des roches, des concentrés, des résidus, des matériaux de faible teneur, des sols, des sédiments et des matières radioactives produits au Canada, réduits en poudre fine et dont la concentration des éléments spécifiques est déterminée avec précision. Les laboratoires d'analyse de l'industrie minière évaluent l'exactitude et la précision de leurs propres résultats en utilisant ces matériaux de référence.

Dans le cadre de ces domaines d'expertise, les LMSM-CANMET fournissent des services de R-D non seulement pour appuyer les initiatives gouvernementales, mais également pour répondre aux demandes des membres de l'industrie minière canadienne. La collaboration avec l'industrie permet de garantir la pertinence des projets en cours, ainsi qu'aider à définir les futures orientations des LMSM-CANMET. En 2004, les études techniques effectuées pour le compte de clients industriels et gouvernementaux se sont traduites par la remise de 81 rapports confidentiels. Nous avons apprécié travailler avec toutes ces organisations et nous envisageons de poursuivre cette collaboration dans le futur. Vous trouverez ci-dessous les faits saillants des activités menées en 2004.



Dr John E. Dutrizac est reconnu aux niveaux national et international pour ses contributions dans le domaine des procédés d'extraction et d'optimisation en métallurgie, et pour son implication continue au sein de la profession au Canada.

Prix

Dr Guy Deschênes et MM. Jean Cloutier et Mike Fulton ont remporté le prix 2004 des Partenaires fédéraux en transfert de technologie (PFTT), pour leurs travaux sur la dissolution de l'or et des minéraux sulfurés pour le traitement des minerais aurifères. En 1994, les LMSM-CANMET ont établi un consortium de recherche avec de nombreuses compagnies aurifères canadiennes, pour améliorer la lixiviation en ayant recours à une stratégie efficace de gestion des réactifs. Il s'en est suivi un accroissement de la récupération d'or aux usines, notamment grâce à l'optimisation des concentrations de cyanure, d'oxygène et de nitrate de plomb.



Dr Guy Deschênes et MM. Jean Cloutier (absent de la photo) et Mike Fulton.

Dr John E. Dutrizac a été retenu comme l'un des six conférenciers émérites de l'Institut canadien des mines, de la métallurgie et du pétrole (ICM) pour l'année 2004-2005. Sa présentation s'intitulait : « Faits récents dans le traitement hydrométallurgique des minerais de métaux de base et des concentrés ». Non seulement ce sujet intéresse l'ensemble de la collectivité métallurgique, mais il appuie également les travaux de RNCAN, lesquels visent à soutenir l'industrie canadienne de raffinage et d'affinage des métaux de base.

Faits saillants

Plan d'action en R-D minière

En 2004, les LMSM-CANMET ont terminé la rédaction d'un plan d'action pour définir les grands axes de recherche et de développement concernant l'exploitation minière au Canada. Ce plan est disponible en français et en anglais. Plusieurs présentations furent effectuées par leurs auteurs à divers intervenants et décideurs du milieu. La proposition d'un mode d'organisation de la recherche a particulièrement retenu l'intérêt de la communauté minière. Un comité fut créé en décembre 2004 afin d'assurer la diffusion du rapport et coordonner les démarches pour garantir le suivi de l'étude.

Rencontre des chefs inspecteurs des mines avec les LMSM-CANMET

En 2004, lors de leur réunion annuelle, les chefs inspecteurs des mines au Canada ont demandé aux LMSM-CANMET de comparer les législations provinciales et territoriales relatives à trois sujets spécifiques, soit : les critères d'entreposage des explosifs sous terre, les critères d'évaluation des moteurs diesel, et le niveau de particules diesel permis dans l'environnement minier souterrain. Ce travail permettra aux provinces et aux territoires d'évaluer leurs réglementations respectives et, si requis, de procéder à des ajustements. Ce mandat a été entrepris en 2004. Le rapport sera présenté lors de la prochaine réunion, laquelle précédera la rencontre annuelle de l'ICM à Toronto en 2005.

Gisements filoniens

L'initiative spéciale de RNCAN sur les techniques d'extraction des gisements filoniens, débutée en 1999, a pris fin en octobre 2004 avec la tenue du deuxième symposium sur le sujet. Ce symposium organisé par les LMSM-CANMET, en collaboration avec l'ICM et Développement économique Canada, a mis l'accent sur les meilleures pratiques de minage appliquées aux gisements filoniens, en plus de présenter deux ateliers de travail. Un total de 192 délégués en provenance de 8 pays se sont réunis à Val-d'Or afin d'échanger sur les défis liés à l'exploitation de ce type de gisement. Les articles présentés sont disponibles sur le site Internet de l'ICM.



Consortium de recherche sur l'exploitation minière à grande profondeur

En 2004, les quatre premiers projets à être financés par le Consortium de recherche sur l'exploitation minière à grande profondeur (DMRC) ont été identifiés. Deux de ces projets seront exécutés par les LMSM-CANMET. Le DMRC s'appuie sur l'hypothèse que l'exploitation sécuritaire des gîtes minéraux à grande profondeur est importante pour l'industrie minière canadienne. L'extraction de minerai à l'intérieur de mines existantes est potentiellement plus rentable et écologique que l'ouverture de nouvelles mines. Cependant, les mines profondes situées en Ontario et au Québec éprouvent déjà des problèmes en raison de leur profondeur. Les principaux thèmes sur lesquels se penche le DMRC sont la santé, la sécurité et la productivité, et incluent des sujets tels la chaleur, le contrôle de terrain, le hissage et le remblayage.

Exploitation minière à grande profondeur et réduction de la chaleur

L'exploitation minière à grande profondeur présente plusieurs défis, notamment la réduction de la chaleur provenant du massif rocheux et de l'équipement. La chaleur peut diminuer la productivité des travailleurs ou les obliger à interrompre leur tâche pour cause de stress. En vertu de leur participation au DMRC, les LMSM-CANMET ont été désignés pour entreprendre un projet de recherche sur les problèmes causés par la chaleur, manifestes dans les mines mécanisées et situées à grande profondeur. Malgré le fait que des études sur la chaleur à l'intérieur de mines profondes aient été complétées ailleurs dans le monde, ces travaux du DMRC mettent l'accent sur les enjeux spécifiques à l'industrie minière canadienne. Ces travaux mèneront éventuellement à une réglementation plus appropriée, protégeant davantage les travailleurs des mines profondes.

Réduction de la contamination par le diesel

La réduction de l'exposition des travailleurs aux contaminants présents dans les émissions diesel est une préoccupation importante dans le domaine de la santé et de la sécurité au travail. En 2004, les LMSM-CANMET ont poursuivi leurs recherches sur la réduction de la dépendance à l'égard des équipements de production fonctionnant au diesel. Des simulations menées en laboratoire ont montré que la consommation de carburant et les émissions peuvent être réduites de 40 % en utilisant une chargeuse-navette hybride fonctionnant au diesel et à l'électricité, par rapport au même équipement fonctionnant uniquement au diesel. Pour évaluer le rendement et les retombées globales sur la qualité de l'air, une nouvelle initiative est en marche pour concevoir et construire un équipement hybride prototype d'une capacité de 1,5 mètre cube.

Application des piles à combustible à l'exploitation minière souterraine

Plusieurs projets sous la direction générale du Fuelcell Propulsion Institute (États-Unis) et des LMSM-CANMET sont en cours, afin d'offrir aux opérations minières souterraines une source d'énergie alternative aux hydrocarbures, notamment le diesel, et ainsi améliorer l'environnement de travail. De façon particulière, les essais de fiabilité en souterrain se sont poursuivis en utilisant une locomotive de quatre tonnes. Des travaux d'optimisation de l'unité énergétique ont permis d'améliorer son rendement et de diminuer les contraintes opérationnelles. D'autre part, le projet de développement d'une chargeuse-navette munie de piles à combustible est au stade de fabrication des diverses composantes. Les premiers essais en milieu industriel sont prévus pour la fin de l'année 2005. Finalement, un accord de principe est intervenu pour le développement d'un véhicule de service léger pouvant fonctionner sous terre, ainsi qu'une unité d'électrolyse de l'eau pour la fabrication d'hydrogène.



Dr Mahe Gangal est spécialiste en émissions diesel et chef du Programme canadien de certification des moteurs diesel. Il organise et co-préside la Conférence annuelle sur les Émissions diesel dans les mines (MDEC).





Dr Shahriar Talebi a développé une technologie sismique rendant l'extraction pétrolière à partir des sables bitumineux plus sécuritaire au niveau environnemental, et pouvant accroître la durée de production des puits individuels.



Modélisation de la ventilation minière sous terre

Il est prévu que l'utilisation efficace de la ventilation sous terre deviendra une priorité, en raison des coûts croissants du combustible et des inquiétudes au sujet des émissions de GES. Les LMSM-CANMET ont étudié divers aspects de cette question en 2004, notamment la modélisation des besoins de ventilation en fonction de la durée de la mine et le taux d'avancement des travaux, afin d'évaluer le coût potentiel, les besoins en énergie et les stratégies de réduction des GES. L'objectif consiste à permettre aux ingénieurs de mine de choisir le niveau de ventilation nécessaire pour supporter les besoins de la production et assurer la dilution des émissions, en fonction des besoins exprimés.

Réponse dynamique du soutènement

Extraire du minerai de façon sécuritaire à l'intérieur des massifs rocheux de faible résistance ou en présence d'importantes contraintes tectoniques nécessite de connaître les caractéristiques du soutènement, et de prévoir la réaction de ce dernier aux variations de contraintes prenant place lors du minage. En 2004, les LMSM-CANMET ont entrepris des recherches pour déterminer les caractéristiques de divers types de soutènement, par exemple, les boulons et les câbles d'ancrage, et leur réaction à un chargement dynamique. Une nouvelle approche est présentement élaborée afin d'améliorer les méthodes d'essai utilisées pour tester le soutènement dans les mines, et pour étudier et analyser la réaction de ce dernier sous des conditions de chargement statique et dynamique.

Formation en contrôle de terrain

En 2004, le personnel des LMSM-CANMET a conseillé et formé des gens de l'industrie oeuvrant en contrôle de terrain. Cette formation a porté sur des techniques spécifiques telles la modélisation numérique et l'analyse des résultats. De même, des conseils pratiques sur les meilleures techniques à utiliser ont été prodigués, en ce qui a trait à l'évaluation de la capacité portante du soutènement par exemple. Parallèlement, il a été permis de transférer au niveau international une partie de l'expertise développée au Canada en contrôle de terrain, et ainsi accroître la sécurité des travailleurs de ces pays.

Communications souterraines sans fil

À l'automne 2004, les travaux de construction d'une annexe à la Mine-laboratoire des LMSM-CANMET à Val-d'Or ont été terminés. Cette annexe permettra la réalisation d'un projet de recherche d'une valeur de 3,2 M\$, portant sur les communications sans fil dans les mines souterraines. Les LMSM-CANMET ont collaboré avec les établissements universitaires, les compagnies de télécommunication canadiennes et divers ministères gouvernementaux pour faire progresser les connaissances dans le domaine des télécommunications souterraines. Les connaissances, les compétences et les capacités ainsi développées permettront aux sociétés minières canadiennes d'améliorer l'efficacité de leurs télécommunications et d'accroître la sécurité des travailleurs dans les mines souterraines.

Sécurité des machines d'extraction

En 2004, la sécurité d'opération des machines d'extraction est demeurée une priorité pour les LMSM-CANMET. Possédant une expertise de pointe dans le domaine, les LMSM-CANMET assurent la vérification de nombreuses machines d'extraction au Canada et à l'étranger. Également en 2004, les LMSM-CANMET participaient activement au sein de comités de travail sur le fonçage et l'opération sécuritaire des puits de mine profonde. L'utilisation accrue de systèmes programmables (PES), pour contrôler le fonctionnement des machines d'extraction, constitue un défi important pour en assurer la sécurité. C'est pourquoi les LMSM-CANMET sont impliqués depuis quelques années dans l'élaboration d'un guide technique visant à encadrer l'utilisation des PES sur les machines d'extraction.

Site de formation pour les travailleurs miniers sous terre

La Mine-laboratoire des LMSM-CANMET est fréquemment citée en exemple comme l'endroit par excellence pour la formation des travailleurs miniers sous-terre, que ce soit au niveau professionnel, technique ou universitaire. En 2004, environ 150 travailleurs de l'industrie ont reçu une formation en santé et sécurité dans les mines souterraines à la Mine-laboratoire des LMSM-CANMET à Val-d'Or.

Collaboration avec le Centre canadien du rayonnement synchrotron (CCRS)

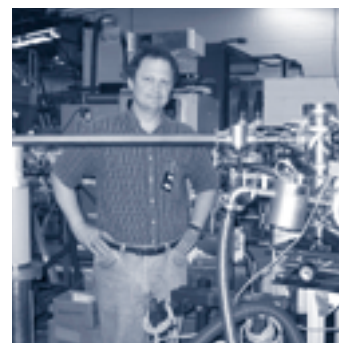
RNCan a effectué des contributions financières importantes au Centre canadien du rayonnement synchrotron (CCRS) situé à Saskatoon, Saskatchewan. Les LMSM-CANMET ont également contribué à la capacité technologique du CCRS. Au début de 2004, l'Institut canadien du rayonnement synchrotron a invité un chercheur des LMSM-CANMET à concevoir et construire un dispositif permettant de préparer des surfaces fraîches de matériaux fragiles, lesquelles seront soumises à des analyses chimiques ultra sensibles à ces mêmes surfaces. Le dispositif utilise deux ciseaux indépendants télécommandés pour fracturer le matériau. À la fin de sa période d'essai en août 2004, le dispositif a été déménagé au CCRS où il est maintenant disponible pour tous les utilisateurs du Centre.

Applications métallurgiques de la technologie synchrotron

Les LMSM-CANMET ont effectué des travaux sur des applications potentielles de la technologie synchrotron en recherche minéralogique, métallurgique et environnementale. L'un des projets a porté sur le traitement de résidus miniers afin d'empêcher des contaminants tels le cuivre, le zinc et l'arsenic de se retrouver dans les eaux souterraines et les plantes, où ils pourraient constituer un risque environnemental. La technologie synchrotron permet aux chercheurs d'élaborer de nouvelles applications minéralogiques, ayant des retombées aux plans économique, environnemental et du développement durable. La création d'images tridimensionnelles de particules polyphasées, caractéristiques des circuits de minéralurgie, et la caractérisation à l'échelle moléculaire de contaminants présents dans les résidus métallurgiques constituent deux exemples d'application visée.



Dr Suzanne Beauchemin est spécialiste en caractérisation des résidus miniers et des sols à l'échelle moléculaire. Elle utilise des instruments d'analyse sophistiqués, tel le synchrotron, pour avancer les connaissances sur l'identification et le comportement des métaux dans l'environnement.





Mme Yvonne Boucher fait partie de l'équipe technique fournissant des services d'analyse chimique de haute qualité pour de nombreux projets de recherche.

Les LMSM-CANMET regroupent des chimistes et un personnel de service d'analyse hautement qualifiés, pour réaliser des projets de recherche sur les procédés métallurgiques et l'environnement. De plus, de nouvelles méthodologies sont développées par les chimistes des LMSM-CANMET pour répondre aux besoins sans cesse variés de l'industrie, en fonction des diverses minéralogies, des teneurs et des impuretés rencontrées.

Caractérisation de l'arsenic à l'échelle moléculaire

Des analyses minéralogiques et des études à l'aide de la technologie synchrotron ont été effectuées pour déterminer la spéciation et la caractérisation à l'échelle moléculaire de l'arsenic présent dans les résidus d'exploitation des mines d'or et les résidus métallurgiques. De plus, une série d'arséniates ferriques et de ferrihydrites arséniés ont été produits par synthèse afin de mieux connaître la stabilité des minéraux et des composés arséniés. Le but de ce projet est de mieux prédire l'influence de l'arsenic présent dans les effluents de mine sur la qualité des eaux réceptrices.

Traitement des minerais d'or

En 2004, des recherches effectuées aux LMSM-CANMET ont aidé à mieux comprendre le rôle joué par certains éléments minéraux et certaines impuretés contenus dans les minerais aurifères lors de la dissolution de l'or. Ce faisant, elles ont contribué à augmenter la quantité d'or extrait par rajustement des stratégies de lixiviation. Une stratégie de contrôle en continu de la concentration de nitrate de plomb a été élaborée et mise en œuvre avec succès auprès d'une mine en exploitation, laquelle a pu réduire de 30 % sa consommation de réactif sans diminuer la quantité d'or extrait ni affecter la capacité de l'usine.

Traitement des effluents provenant des minerais aurifères

L'une des principales causes de toxicité dans les effluents de traitement des minerais aurifères est la présence de cyanure, de thiocyanate et d'ammoniac. En collaboration avec des compagnies minières canadiennes, les LMSM-CANMET ont poursuivi leurs recherches sur l'utilisation de systèmes tels les disques biologiques et les bactéries sulfatoréductrices, afin de diminuer le nombre de composés de cyanure et d'azote présents dans les effluents de mine. Cette technologie appliquée aux effluents de traitement des minerais aurifères a été couronnée de succès.

Traitement des effluents au moyen de zones humides passives

Les LMSM-CANMET ont réalisé plusieurs études dans le domaine du traitement passif d'une variété de contaminants métalliques et métalloïdes, afin de découvrir les principaux processus chimiques et microbiens naturels facilitant le traitement des contaminants présents dans les effluents de mine. La connaissance de ces processus pourrait s'avérer utile pour maximiser le rendement du procédé et optimiser l'utilisation du sol dans un contexte de système de traitement artificiel. Ces travaux donnent lieu maintenant à l'application de cette technologie dans des sites de mine contaminés situés au Canada.

Restauration des sites miniers

Les LMSM-CANMET ont examiné de nouvelles méthodes permettant de restaurer les sites de résidus miniers. Ils ont réalisé des recherches sur l'utilisation de lignine et de dérivés de lignine, pour augmenter la croissance de la végétation et l'absorption des métaux présents dans les sols contaminés (phytoremédiation), lesquels proviennent par exemple des boues de traitement et des résidus de moulin. Ils ont aussi examiné le reverdissement des boues et des bassins de résidus alcalins, afin d'observer l'absorption des métaux par les végétaux des points de vue de phytotoxicité et de phytoextraction, et ainsi améliorer la disponibilité du phosphate et réduire la consommation d'engrais.

Évaluation du cycle de vie

Des scientifiques des LMSM-CANMET ont poursuivi l'élaboration d'approches pour évaluer le cycle de vie des métaux. Dans le cadre de cette activité, ils ont entre autres représenté le Canada au Programme des Nations Unies pour l'environnement, en ce qui concerne l'initiative sur le cycle de vie présentée par la Society of Environmental Toxicology and Chemistry. Ils ont organisé un des plus importants symposiums tenus à ce jour en Amérique du Nord sur le sujet, et ont participé à la formulation de la Déclaration d'Apeldoorn, laquelle représente une étape fondamentale dans les mesures mises en œuvre pour assurer la prise en considération des métaux dans l'évaluation du cycle de vie.

Chimie et toxicologie aquatiques

Les recherches en chimie et toxicologie aquatiques se sont poursuivies en 2004. Elles ont porté principalement sur l'élaboration de modèles de prévision sur la toxicité des métaux et leur application aux effluents complexes, aux eaux naturelles et aux impacts chroniques. Ces travaux ont donné lieu à une importante collaboration avec des membres de l'industrie, des établissements d'enseignement et divers ministères gouvernementaux. On a fait appel aux compétences des LMSM-CANMET pour assurer l'intégration des données scientifiques fiables à l'intérieur de politiques environnementales aux niveaux provincial, national et international, notamment en ce qui concerne le plan d'action sur les métaux proposé par l'Environmental Protection Agency (EPA) des États-Unis et le forum de l'EPA sur l'évaluation des risques associés aux métaux.

Neutralisation des eaux de drainage dans l'environnement minier (NEDEM)

De nombreuses questions clés liées au domaine du drainage minier acide ont été examinées en 2004, par exemple, l'utilisation du pergélisol pour réduire le drainage acide, la gestion des boues de résidus, le drainage à pH neutre et l'évaluation de stratégies relatives à la lixiviation des métaux et au drainage rocheux acide. De plus, des études ont été effectuées pour examiner le rendement des couvertures sèches, les problèmes liés à l'accroissement du volume des stériles et les effets du sélénium et du molybdène dans les sols. Des activités de transfert de technologie, un volet important du programme NEDEM, ont été réalisées par le biais de bulletins de nouvelles, de rapports et de présentations techniques, ainsi que par la tenue de deux ateliers fructueux, soit l'atelier ontarien sur le programme NEDEM, tenu à Sudbury,



Dr Jim Skeaff est spécialiste des enjeux nationaux et internationaux liés aux impacts des métaux dans l'environnement et aux liens existant entre les données scientifiques et les mesures de protection environnementale.

Les LMSM-CANMET sont bien connus pour leurs qualités de leader dans la conduite d'initiatives de partenariat, pour examiner des enjeux d'envergure nationale tels le drainage minier acide et sur les mines abandonnées. Le modèle de partenariat proposé, impliquant l'industrie, les divers niveaux de gouvernement, les organisations non gouvernementales et les Premières Nations, est appliqué autant aux niveaux national qu'international.



et le 11e atelier annuel de la Colombie-Britannique sur la lixiviation des métaux et le drainage rocheux acide, tenu à Vancouver.

Initiative nationale pour les mines orphelines ou abandonnées (INMOA)

Les mines orphelines ou abandonnées ainsi que leur passif environnemental, les défis pour la santé et la sécurité, et les coûts qu'elles représentent constituent un enjeu majeur pour le Canada. L'INMOA a été créée pour examiner cet enjeu. Les LMSM-CANMET agissent comme secrétaire auprès de l'INMOA. Un plan d'action pluriannuel approuvé par les ministres des Mines au Canada souligne deux activités majeures élaborées en 2004 sur le sujet. La première activité consiste dans la production d'un document sur le renforcement des capacités, laquelle ouvre la voie à une banque de données nationale sur les sites miniers inactifs ou abandonnés. La deuxième activité a trait à la rédaction de *Lignes directrices pour l'examen des législations et des compétences*, fournies aux diverses administrations afin de les aider à élaborer un cadre législatif pour la gestion des sites miniers orphelins ou abandonnés.

Gestion de l'environnement dans le secteur des mines en Zambie

Les LMSM-CANMET ont mis la touche finale à leur projet de gestion de l'environnement dans le secteur des mines en Zambie. Ce projet financé par l'Agence canadienne de développement international (ACDI) a permis de réaliser des progrès importants dans l'amélioration de la capacité opérationnelle du ministère de la Sécurité dans les mines (MSM) de Zambie. Il en a résulté une réduction du doublement des inspections de mine, ainsi que des recommandations en vue de la restructuration du MSM. L'établissement d'une fiducie pour l'avancement de l'éducation, consacrée à la formation dans le secteur des mines en Zambie, figure parmi les autres réalisations importantes du projet.

Offre de 7 nouveaux matériaux par le PCMRC

Le PCMRC a produit environ 130 matériaux de référence au fil des ans. En général, deux nouveaux matériaux sont produits chaque année. En 2004, sept nouveaux matériaux ont été offerts, soit : un minerai d'or, un minerai de cuivre-molybdène, un concentré de sulfure de fer, des résidus à base de métaux et trois matériaux géochimiques présentant des concentrations-trace d'or et d'éléments du groupe de platine, et offrant des valeurs certifiées ou provisoires pour d'autres éléments.

Essais d'aptitude des laboratoires d'analyse minérale

Chaque année, les LMSM-CANMET produisent des échantillons de minéraux de faible teneur et les distribuent un peu partout dans le monde, à des laboratoires qui en feront l'analyse. Les laboratoires qui réussissent les analyses reçoivent un certificat confirmant leur aptitude. En cette septième année du programme, 45 laboratoires ont participé à l'exercice. Nombre d'entre eux ont utilisé leurs résultats aux essais pour obtenir l'accréditation du Conseil canadien des normes et satisfaire les exigences des normes ISO/CEI 17025 et CAN-P-1579. De façon générale, les laboratoires utilisent leur certificat d'aptitude et leur accréditation pour appuyer la commercialisation de leurs services.

Orientations futures

En 2005, les LMSM-CANMET continueront à mettre l'accent sur la santé, la sécurité et la productivité dans l'industrie minière canadienne, et à mettre en œuvre des projets de recherche et de développement liés à la réduction des GES et au développement durable.

L'exploitation minière à grande profondeur, la ventilation, le développement de méthodes d'abattage et d'extraction du minerai efficaces et sécuritaires, et la stabilité des excavations demeureront des enjeux importants pour les LMSM-CANMET et leurs partenaires de l'industrie minière. De concert avec les exploitants de mine, les législateurs et les syndicats, les LMSM-CANMET maintiendront leur engagement vis-à-vis la réalisation de travaux de qualité, pour augmenter la productivité et la sécurité des opérations minières et le bien-être du personnel oeuvrant dans les mines souterraines.

Les travaux des LMSM-CANMET en matière de méthodes de traitement propres porteront notamment sur l'élaboration d'outils pour déceler rapidement les problèmes environnementaux, par une intégration accrue de l'expertise en chimie et en activité microbienne, et pour améliorer la gestion des résidus producteurs d'acide. L'amélioration des techniques minéralogiques et de caractérisation des surfaces, pour permettre la récupération des métaux de manière écologique, demeurera une autre activité importante pour les LMSM-CANMET et leurs partenaires de l'industrie en 2005.

Ateliers et Conférences

Le transfert technologique auprès de l'industrie et la diffusion d'information constituent des aspects importants du mandat des LMSM-CANMET. Pour appuyer cet engagement, les LMSM-CANMET ont offert ou co-organisé plusieurs ateliers et conférences au cours de l'année, dont les suivants :

- Cours intensif LMSM-CANMET en Minéralogie des procédés, offert conjointement à la 36e Réunion annuelle des Opérateurs en traitement de minerai au Canada, Ottawa, Ontario, 19 janvier 2004.
- 36e Réunion annuelle des Opérateurs en traitement de minerai au Canada, Ottawa, Ontario, 20-22 janvier 2004.
- Atelier NEDEM sur la Gestion des boues de moulin et le traitement des drainages faiblement acides ou à pH neutre, Sudbury, Ontario, 26-27 mai 2004.
- 28e Symposium annuel de la Colombie-Britannique en Réhabilitation de mine, Cranbrook, Colombie-Britannique, 21-24 juin 2004.
- Cours intensif LMSM-CANMET sur la Lixiviation des métaux et le drainage rocheux acide, Smithers, Colombie-Britannique, 13-17 septembre 2004.
- 10e Conférence annuelle sur les Émissions diesel dans les mines, Toronto, Ontario, 13-15 octobre 2004.
- Deuxième Symposium international sur les Techniques d'extraction des gisements filoniens, Val-d'Or, Québec, 18-21 octobre 2004.
- Ateliers LMSM-CANMET sur les Ouvertures primaires pour méthodes de minage par long-trous et le Fonçage des moneries par la méthode Alimak, offerts lors du Deuxième

Symposium international sur les Techniques d'extraction des gisements filoniens, Val-d'Or, Québec, 19 octobre 2004.

- 11e Atelier annuel NEDEM-CB sur la Lixiviation des métaux et le drainage rocheux acide (LM/DRA), Vancouver, Colombie-Britannique, 1-2 décembre 2004.

Séminaires organisés par les LMSM-CANMET

Tout au cours de l'année, les LMSM-CANMET ont organisé plusieurs séminaires, dont les suivants:

- *Responsabilité sociale des corporations : Défis posés aux compagnies minières actives dans les pays en développement*, James A. Cooney, gestionnaire principal, Enjeux stratégiques, Placer Dome Inc., Ottawa, 24 mars 2004.
- *Pré-traitement par micro-ondes des minerais de sulfure*, Augustine Orumwense, chercheur scientifique, LMSM-CANMET, Ottawa, 31 mars 2004.
- *Stratégie de développement des minéraux et des métaux d'Environnement Canada*, Patrick Finlay, directeur, Direction des minéraux et des métaux, Environnement Canada, Ottawa, 16 avril 2004.
- *Évaluation environnementale du gisement de Voisey's Bay : Défis et succès*, Les Hulett, directeur, Affaires environnementales, Inco, Ottawa, 21 avril 2004.
- *Lixiviation sous pression des scories de four pour la récupération des métaux précieux résiduels*, Walter Curlook, professeur, Département des Sciences des matériaux et ingénierie, Université de Toronto, Ottawa, 17 mai 2004.
- *Métaux lourds provenant des sables bitumineux : Mise à jour des activités de Titanium Corporation*, John Oxenford, vice-président principal, Titanium Corporation Inc., Ottawa, 26 juillet 2004.
- *Documentation de la propriété intellectuelle de la Couronne : Règles pratiques pour la tenue des carnets de note de laboratoire*, Bruce Faiers, agent de transfert en technologie, Ressources naturelles Canada, Ottawa, 22 septembre 2004.
- *L'exploitation minière durable : Prendre racine à l'intérieur de l'industrie minière canadienne*, Pierre Gratton, vice-président, Développement durable, et Elizabeth Gardiner, vice-présidente, Affaires techniques, Association minière du Canada, Ottawa, 28 septembre 2004.
- *Sommaire de la première Conférence en sciences de la chimie et commercialisation, Moscou, Russie*, Saviz Mortazavi, chercheur scientifique, LMSM-CANMET, Ottawa, 29 octobre 2004.
- *Plan d'action en recherche et développement pour l'industrie minière canadienne*, Louise Laverdure, directrice adjointe, Programmes miniers, LMSM-CANMET, Ottawa, 24 novembre 2004.
- *L'exploitation minière en Éthiopie*, Son Excellence Berhanu Dibaba, Ambassadeur d'Éthiopie au Canada, Ottawa, 6 décembre 2004.
- *Du satellite à la bactérie : Exemples de projets de recherche et de développement liés à l'environnement minier*, Yann Itard, ingénieur-géologue/géochimiste, Service des Ressources minérales, Bureau de recherches géologiques et minières (BRGM-France), Ottawa, 9 décembre 2004.

Publications

La liste des publications 2004 est présentée au centre du Rapport annuel.

Localisation des LMSM-CANMET

Ottawa
(Complexe de la rue Booth)



Ottawa
(Complexe de Bells Corners)



Val-d'Or
(Mine-laboratoire)



Sudbury
(Laboratoire régional)

PUBLICATIONS 2004

REFEREED JOURNAL PUBLICATIONS / PUBLICATIONS DE REVUE AVEC COMITÉ DE LECTURE

- Beauchemin, S., Hesterberg, D., Nadeau, J. and McGeer, J.C. (2004): *Speciation of hepatic Zn in trout exposed to elevated waterborne Zn using X-ray absorption spectroscopy*. Environmental Science & Technology, 38 (5): 1288-1295.
- Bétournay, M.C., Bonnell, G., Edwardson, E., Paktunc, D., Kaufman, A. and Lomma, A.T. (2004): *The effects of mine conditions on the performance of a PEM fuel cell*. Journal of Power Sources, 134 (1): 80-87.
- Bétournay, M.C., Desrivières, G., Laliberté, P., Chan, J., Replogle, B., Miller, A.R., Barnes, D.L., Spratt, D. and MacKinnon, T. (2004): *Design, testing and performance of the world's first fuel cell mine vehicle, a production locomotive*. The Canadian Institute of Mining, Metallurgy and Petroleum (CIM) Bulletin, 97 (1083): 72 and on CIM Web site.
- Bonnell, G. and the participants of Underground Coal Mining Safety Research Collaboration (UCMSRC) (2004): *Striving for a safer future - An update on the state of the Canadian underground coal mining industry*. World Coal, 13 (5): 43-46.
- Boullemant, A., Vigneault, B., Fortin, C. and Campbell, P.G.C. (2004): *Uptake of neutral metal complexes by a green alga - Influence of pH and humic substances*. Australian Journal of Chemistry, 57 (10): 931-936.
- Chen, T.T. and Dutrizac, J.E. (2004): *Gold in the electrorefining of copper and the decopperizing of copper anode slimes*. Journal of Minerals, Metals and Materials, 56 (8): 48-52.
- Chen, T.T. and Dutrizac, J.E. (2004): *Mineralogical changes occurring during the fluid-bed roasting of zinc sulphide concentrates*. Journal of Minerals, Metals and Materials, 56 (12): 46-51.
- Chen, X.G., Geng, A.L., Yan, R., Gould, W.D., Liang, D.T. and Ng, Y.L. (2004): *Isolation and characterization of sulfur-oxidizing Thiomonas species and its potential application in biological deodorization*. Letters in Applied Microbiology, 39 (6): 495-503.

- Deschênes, G., Hall, D. and Fulton, M. (2003): *Cyanidation of a pyrrhotite-bearing gold ore*. The European Journal of Mineral Processing and Environmental Protection, 3 (3): 353-361.
- Dutrizac, J.E. (2004): *The behaviour of the rare earths during the precipitation of sodium, potassium and lead jarosites*. Hydrometallurgy, 73 (1-2): 11-30.
- Dutrizac, J.E. and Chen, T.T. (2004): *Factors affecting the incorporation of cobalt and nickel in jarosite-type compounds*. Canadian Metallurgical Quarterly, 43 (3): 305-320.
- Falmagne, V., Gagnon, G., Ouellet, D. and Simser, B.P. (2004): *Mining strategy for the retreat zone at Noranda's Bell-Allard Mine*. The Canadian Institute of Mining, Metallurgy and Petroleum (CIM) Bulletin, 97 (1079): 42-46.
- Geng, A.L., Chen, X.G., Gould, W.D., Ng, Y.L., Yan, R., Lee, C.C. and Liang, D.T. (2004): *Removal of odorous sulphur-containing gases by a new isolate from activated sludge*. Water Science & Technology, 50 (4): 291-297.
- Gervilla, F., Cabri, L.J., Kojonen, K., Oberthür, T., Weiser, T.W., Johanson, B., Sie, S.H., Campbell, J.L., Teesdale, W.J. and Laflamme, J.H.G. (2004): *Platinum-group element distribution in some ore deposits - Results of EPMA and Micro-PIXE analyses*. Microchimica Acta, 147 (3): 167-173.
- Hardcastle, S. and Kocsis, C. (2004): *The ventilation challenge*. The Canadian Institute of Mining, Metallurgy and Petroleum (CIM) Bulletin, 97 (1080): 51-57.
- Harmer, S.L., Pratt, A.R., Nesbitt, H.W. and Fleet, M.E. (2004): *Sulphur species at chalcopyrite (CuFeS₂) fracture surfaces*. American Mineralogist, 89 (7): 1026-1032.
- Kapoor, A., Gould, W.D., Bédard, P. and Morin, K. (2004): *Application of biotechnology for the treatment of nitrogen compounds in gold mill effluents*. The Canadian Institute of Mining, Metallurgy and Petroleum (CIM) Bulletin, 97 (1081): 84-90.
- Kapoor, A., Dinardo, O. and Kuiper, A. (2004): *Biological oxidation of ferrous ions under acidic conditions using rotating biological contactor*. Journal of Environmental Engineering and Science, 3 (4): 311-318.

- Khare, N., Hesterberg, D., Beauchemin, S. and Wang, S.L. (2004): *XANES analysis of adsorbed phosphate distribution between ferrihydrite and boehmite in mixed-mineral systems*. Soil Science Society of America Journal, 68 (2): 460-469.
- Kwong, Y.T.J. (2003): *Comprehensive environmental ore deposit models as an aid for sustainable development*. Journal of Exploration and Mining Geology, 12 (1): 31-36.
- Negeri, T. (2004): *Application of "process-factors-in-mixture-amount experiment" to define flotation conditions*. Minerals and Metallurgical Processing, 21 (3): 133-143.
- Nesbitt, H.W., Bancroft, G.M., Davidson, R., McIntyre, N.S. and Pratt, A.R. (2004): *Minimum XPS core level line widths of insulators, including silicate minerals*. American Mineralogist, 89 (5-6): 878-882.
- Ng, Y.L., Yan, R., Chen, X.G., Geng, A.L., Gould, W.D., Liang, D.T. and Koe, L.C.C. (2004): *Use of activated carbon as a support medium for H₂S biofiltration and effect of bacterial immobilization on available pore surface*. Applied Microbiology and Biotechnology, 66 (3): 259-265.
- Orumwense, O.A. and Negeri, T. (2004): *Impact of microwave irradiation on the processing of a sulfide ore*. Minerals and Metallurgical Processing, 21 (1): 44-51.
- Orumwense, O.A., Negeri, T. and Lastra, R. (2004): *Effect of microwave pretreatment on the liberation characteristics of a massive sulfide ore*. Minerals and Metallurgical Processing, 21 (2): 77-85.
- Paktunc, D. (2004): *A computer program for analyzing complex bulk XAFS spectra and for performing significance tests*. Journal of Synchrotron Radiation, 11 (3): 295-298.
- Paktunc, D., Foster, A., Heald, S. and Laflamme, G. (2004): *Speciation and characterization of arsenic in gold ores and cyanidation tailings using X-ray absorption spectroscopy*. Geochimica and Cosmochimica Acta, 68 (5): 969-983.
- Pane, E.F., McGeer, J.C. and Wood, C.M. (2004): *Effects of chronic waterborne nickel exposure on two successive generations of Daphnia magna*. Environmental Toxicology and Chemistry, 23 (4): 1051-1056.
- Pratt, A.R. (2004): *Photoelectron core levels for enargite, Cu₃AsS₄*. Surface and Interface Analysis, 36 (7): 654-657.
- Riveros, P.A. (2004): *The extraction of Fe(III) using cation-exchange carboxylic resins*. Hydrometallurgy, 72 (3-4): 279-290.
- Schwartz, M.L., Curtis, P.J. and Playle, R.C. (2004): *Influence of natural organic matter source on acute copper, lead, and cadmium toxicity to rainbow trout (Oncorhynchus mykiss)*. Environmental Toxicology and Chemistry, 23 (12): 2889-2899.
- Simser, B.P. and Falmagne, V. (2004): *Seismic source parameters used to monitor rockmass response at Brunswick mine*. The Canadian Institute of Mining, Metallurgy and Petroleum (CIM) Bulletin, 97 (1080): 58-63.
- Skinner, W.M., Nesbitt, H.W. and Pratt, A.R. (2004): *XPS identification of bulk hole defects and itinerant Fe 3d electrons in natural troilite (FeS)*. Geochimica and Cosmochimica Acta, 68 (10): 2259-2263.
- Udd, J.E. (2004): *An international review of the use and testing of the wire ropes used in mine hoisting*. The Canadian Institute of Mining, Metallurgy and Petroleum (CIM) Bulletin, 97 (1083): 70 and on CIM Web site.
- Yan, R., Ng, Y.L., Chen, X.G., Geng, A.L., Gould, W.D., Duan, H.Q., Liang, D.T. and Koe, L.C.C. (2004): *Batch experiments on H₂S degradation by bacteria immobilized on activated carbons*. Water Science & Technology, 50 (4): 299-308.

CONFERENCE AND WORKSHOP PROCEEDINGS / COMPTES-RENDUS DE CONFÉRENCE ET D'ATELIER

Andrieux, P.P., Zhu, H., Labrie, D., Doucet, C., Lampron, S. and Fleury, D. (2004): *Determination and validation of the rock mass post-peak mechanical properties for a 3DEC strain-softening model of the 680 sill pillar at Lowicourt Mine*. Proceedings of the 1st International UDEC/3DEC Symposium, Bochum (Germany), A.A. Balkema (Taylor & Francis Group), H. Konietzky, editor: 121-127.

Beauchemin, S., Fiset, J.-F., MacKinnon, T. and Hesterberg, D. (2004): *Impact of a water cover on the stability of arsenic in a neutralization sludge*. Proceedings of the 1st International Conference on Advances in Mineral Resources Management and Environmental Geotechnology (AMIREG),

Chania (Greece), Heliotos Conferences, Z. Agioutantis and K. Komnitsas, editors: 519-524.

Bétournay, M.C. (2004): *A failure model for stratified rock masses of hard rock mines*. Proceedings of the 6th North American Rock Mechanics Symposium (NARMS), Houston (Texas), American Rock Mechanics Association (ARMA), D.P. Yale, S.M. Wilson and A.S. Abou-Sayed, editors, Paper 04-633: 8 pp., on CD.

Bétournay, M.C. (2004): *Rock mass displacements and surface disruptions anticipated from weak rock masses of metal mines*. Proceedings of the 5th Biennial Workshop on Abandoned Underground Mines, Tucson (Arizona), Arizona & U.S. Department of Transportation, N. Priznar and R. Blackstone, editors: 133-144.

Bétournay, M.C. (2004): *Stability effects and failures from extensive hard rock mining*. Proceedings of the 6th North American Rock mechanics Symposium (NARMS), Houston (Texas), American Rock Mechanics Association (ARMA), D.P. Yale, S.M. Wilson and A.S. Abou-Sayed, editors, Paper 06-632: 8 pp., on CD.

Bétournay, M.C. (2004): *Stability evaluation and remediation of a critical northern Canadian highway over an abandoned gold mine*. Proceedings of the 5th Biennial Workshop on Abandoned Underground Mines, Tucson (Arizona), Arizona & U.S. Department of Transportation, N. Priznar and R. Blackstone, editors: 71-80.

Bétournay, M.C., Miller, A.R. and Barnes, D.L. (2004): *Current development and future opportunities of the fuel cell mining program*. Proceedings of the 10th Mining Diesel Emissions Conference (MDEC), Toronto (Ontario), MDEC, M. Gangal, editor, Paper S5P1: 12 pp.

Cabri, L.J., Rudashevsky, N.S., Rudashevsky, V.N. and Lastra, R. (2004): *New developments in process mineralogy of platinum-bearing ores*. Proceedings of the 36th Annual Meeting of the Canadian Mineral Processors (CMP), Ottawa (Ontario), The Canadian Institute of Mining and Metallurgy (CIM), J. Abols, editor: 189-197.

Chen, T.T., Dutrizac, J.E. and Poirier, G. (2004): *A mineralogical study of lead and zinc in cement-stabilized jarosite residues*. Proceedings of the Global Symposium on Recycling, Waste Treatment and Clean Technology (REWAS '04), Madrid (Spain), The Minerals, Metals and Materials Society, I. Gaballah, B. Mishra, R. Solozabal and M. Tanaka, editors, Volume 3: 2309-2324.

Chen, T.T., Dutrizac, J.E. and Poirier, G. (2004): *Mineralogical characterization of Waelz kiln products*. Proceedings of the 5th International Symposium Waste Processing and Recycling in Mineral and Metallurgical Industries, Hamilton (Ontario), The Canadian Institute of Mining, Metallurgy and Petroleum (CIM), S.R. Rao, F.W. Harrison, J.A. Kozinski, L.M. Amaratunga, T.C. Cheng and G.G. Richards, editors: 681-696.

Chen, T.T., Dutrizac, J.E., Krause, E. and Osborne, R. (2004): *Mineralogical characterization of nickel laterites from New Caledonia and Indonesia*. Proceedings of the International Laterite Nickel Symposium 2004, Charlotte (North Carolina), The Minerals, Metals and Materials Society, W.P. Imrie and D.M. Lane, editors: 79-99.

Chen, T.T., Poirier, G. and Dutrizac, J.E. (2004): *Mineralogical characterization of Waelz kiln products from the recycling of EAF dust*. Proceedings of the EU Commission-CANMET Workshop 2004 on Clean Production Technologies, Madrid (Spain), European Commission, Directorate General Research, A. Adjemian, J.E. Dutrizac, P. Negré and L. Yurramendi, editors: 437-451.

Clapham, M. and Giziewicz, E. (2004): *The impact of bio-plastics on the recovery of end-of-life materials*. Proceedings of the EU Commission-CANMET Workshop 2004 on Clean Production Technologies, Madrid (Spain), European Commission, Directorate General Research, A. Adjemian, J.E. Dutrizac, P. Negré and L. Yurramendi, editors: 101-114.

Delabbio, F.C., Eastick, D., Graves, C. and Bétournay, M.C. (2004): *Risk, regulatory and implementation associated with underground mining applications of hydrogen fuel cells*. Proceedings of the 10th Mining Diesel Emissions Conference (MDEC), Toronto (Ontario), MDEC, M. Gangal, editor, Paper S5P2: 8 pp.

Duncan, W.F.A., Mattes, A.G., Gould, W.D. and Goodazi, F. (2004): *Multi-stage biological treatment system for removal of heavy metal contaminants*. Proceedings of the 5th International Symposium on Waste Processing and Recycling in Mineral and Metallurgical Industries, Hamilton (Ontario), The Canadian Institute of Mining, Metallurgy and Petroleum (CIM), S.R. Rao, F.W. Harrison, J.A. Kozinski, L.M. Amaratunga, T.C. Cheng and G.C. Richards, editors: 469-483.

Durrheim, R.J. and Labrie, D. (2004): *Data-driven simulation of the rock mass response to mining - Laboratory experiments using Nepean sandstone models*. Proceedings of the 2nd International Seminar on Deep and High Stress

Mining, Johannesburg (South Africa), The South African Institute of Mining and Metallurgy, Symposium Series Volume S37: 365-392.

Dutrizac, J.E., Reuter, M.A., Lans, S.C. and Booster, J.L. (2004): *Hydrometallurgical production of zinc from primary and secondary raw materials*. Course notes of Zinc College 2004, Wesel (Germany), International Zinc Association, M.A. Reuter, J.E. Dutrizac and S.C. Lans, editors, Chapter 4: 87-132.

Dutrizac, J.E. (2004): *The behaviour of chromium (III) during potassium jarosite precipitation*. Proceedings of the Global Symposium on Recycling, Waste Treatment and Clean Technology (REWAS '04), Madrid (Spain), The Minerals, Metals and Materials Society, I. Gaballah, B. Mishra, R. Solozabal and M. Tanaka, editors, Volume 2: 1049-1060.

Dutrizac, J.E. and Chen, T.T. (2004): *Characterization of Waelz products - Why the recycling of EAF dusts is difficult*. Proceedings of the ASEM Workshop on EU/Asia S&T Cooperation on Clean Technologies, Hanoi (Vietnam), European Commission Directorate General Research / Vietnamese Academy of Science and Technology: 177-190.

Falmagne, V. and Simser, B.P. (2004): *Performance of rockburst support systems in Canadian mines*. Proceedings of the 5th International Symposium on Ground Support, Perth (Australia), A.A. Balkema (Taylor & Francis Group), E. Villaescusa and Y. Potvin, editors: 313-318.

Gagnon, C., Turcotte, P. and Vigneault, B. (2004): *Changes in metal bioavailability and speciation along a municipal waste water effluent dispersion plume*. Proceedings of the 31st Annual Aquatic Toxicity Workshop, Charlottetown (Prince Edward Island), Fisheries and Oceans Canada, Canadian Technical Report of Fisheries and Aquatic Sciences 2562, L.E. Burridge, K. Haya and A.J. Niimi, editors: 74-75.

Gangal, M., Rubeli, B., Young, D., Tumati, P. and Birkby, N. (2004): *DPM reduction by thermal regeneration systems*. Proceedings of the 10th U.S. Mine Ventilation Symposium, Anchorage (Alaska), A.A. Balkema (Taylor & Francis Group), R. Ganguli and S. Bandopadhyay, editors: 109-116.

Giziewicz, E. (2004): *Information overload in recycling and clean production technologies*. Proceedings of the EU Commission-CANMET Workshop 2004 on Clean Production Technologies, Madrid (Spain), European Commission, Directorate General Research, A. Adjemian, J.E. Dutrizac, P. Negré and L. Yurramendi, editors: 163-173.

Gunter, W.D., Pratt, A.R., Buschkuehle, B.E. and Perkins, E.H. (2004): *Acid gas injection in the Brazeau Nisku Q carbonate reservoir - Geochemical reactions as a result of the injection of an H₂S-CO₂ waste stream*. Proceedings of the 7th International Conference on Greenhouse Gas Control Technologies, Vancouver (British Columbia), University of Regina, Canadian Plains Research Centre, N. Wilson, K. Thambimuthu and J. Gale, editors, Paper 532: 9 pp., on University of Regina Web site.

Guo, H., Deschênes, G., Pratt, A.R., Fulton, M. and Lastra, R. (2004): *Leaching kinetics and mechanisms of surface reactions during cyanidation of gold in the presence of pyrite and stibnite*. Preprints of The Society for Mining, Metallurgy and Exploration (SME) Annual Meeting and Exhibit, Denver (Colorado), SME, Paper 04-75: 8 pp., on CD.

Hardcastle, S., Kocsis, C., Bétournay, M.C. and Barnes, D.L. (2004): *The benefits of replacing the diesel engine with a fuel cell in underground mining production equipment*. Proceedings of the 10th U.S. Mine Ventilation Symposium, Anchorage (Alaska), A.A. Balkema (Taylor & Francis Group), R. Ganguli and S. Bandopadhyay, editors: 397-407.

Hollow, J., Deschênes, G., Guo, H., Fulton, M. and Hill, E. (2004): *Improvement of gold extraction at the Fort Knox Mine*. Proceedings of the 36th Annual Meeting of the Canadian Mineral Processors, Ottawa (Ontario), The Canadian Institute of Mining, Metallurgy and Petroleum (CIM), J. Abols, editor: 435-450.

Jambor, J.L. and Dutrizac, J.E. (2004): *Mineral sequestration of greenhouse gas*. Proceedings of the EU Commission-CANMET Workshop 2004 on Clean Production Technologies, Madrid (Spain), European Commission, Directorate General Research, A. Adjemian, J.E. Dutrizac, P. Negré and L. Yurramendi, editors: 253-266.

Jambor, J.L., Dutrizac, J.E. and Riveros, P.A. (2004): *Prediction of acid mine drainage - Effect of the time gap between sample crushing and the static test*. Proceedings of the Global Symposium on Recycling, Waste Treatment and Clean Technology (REWAS '04), Madrid (Spain), The Minerals, Metals and Materials Society, I. Gaballah, B. Mishra, R. Solozabal and M. Tanaka, editors, Volume 3: 2441-2454.

Kapoor, A. and Gould, W.D. (2004): *Bioreactor systems for treating acid mine drainage*. Proceedings of the 5th International Symposium on Waste Processing and Recycling in Mineral and Metallurgical Industries, Hamilton (Ontario), The Canadian Institute of Mining, Metallurgy and Petroleum (CIM), S.R. Rao, F.W. Harrison, J.A. Kozinski, L.M. Amaratunga, T.C. Cheng and G.C. Richards, editors: 485-499.

Kocsis, C., Hardcastle S. and Hall, R. (2004): *The benefits of using mine process simulators to design a "life-cycle" mine ventilation system*. Transactions of The Society for Mining, Metallurgy and Exploration (SME), SME, W.R. Yernberg, editor, Volume 316: 215-220.

Kwong, Y.T.J. (2004): *Chemical stability of two tailings backfill materials with two types of binders*. Proceedings of the 8th International Symposium on Mining with Backfill, Beijing (China), The Nonferrous Metals Society of China: 219-223.

Kwong, Y.T.J. (2004): *Dual Roles of Mineral Assemblage as a Pathfinder for Ore and an Early Indicator of Environmental Challenges*. Mineralogy and Geochemistry - Resources, Environment and Life, Geological Publishing House, Beijing (China), S. Li, J. Shen and H. Xu, editors, Part IV - Environmental Mineralogy: 100-111.

Kwong, Y.T.J. (2004): *Facts and myths on the effectiveness of water covers to suppress sulfide oxidation and metal leaching - Field and laboratory evidence*. Proceedings of the 21st National Conference of the American Society of Mining and Reclamation (ASMR) and 25th West Virginia Surface Mine Drainage Task Force Symposium, Morgantown (West Virginia), ASMR, R.I. Barnhisel, editor: 1157-1174.

Labrie, D., Conlon, B., Anderson, T. and Boyle, R.F. (2004): *Measurement of in situ deformability in hard rock*. Proceedings of the 2nd International Conference on Site Characterization, Porto (Portugal), Millpress Science Publishers, A. Viana da Fonseca and P.W. Mayne, editors: 963-970.

Li, G.G., Vongpaisal, S. and Ong, O. (2004): *Analysis of time-dependent deformations in soft rocks by using an elasto-viscoplastic model*. Proceedings of the 6th North American Rock Mechanics Symposium (NARMS), Houston (Texas), American Rock Mechanics Association (ARMA), D.P. Yale, S.M. Wilson and A.S. Abou-Sayed, editors, Paper 04-433: 8 pp., on CD.

MacLeod, F.A. (2004): *An assessment of green house gas sink and sequestration options for application in mine site reclamation*. Abstracts of the 16th Annual Conference of the Society for Ecological Restoration (SER), Victoria (British Columbia), SER, R. Seaton and F. Anderson, editors: 13 pp., on CD.

MacLeod, F.A. and Tisch, B. (2004): *The microbiology and mineralogy of papermill sludge that was applied as a dry cover on tailings*. Abstracts of the 16th Annual Conference of the Society for Ecological Restoration (SER), Victoria (British Columbia), SER, R. Seaton and F. Anderson, editors: 7 pp., on CD.

Paktunc, D. (2004): *Molecular-scale characterization and assessment of the stability of arsenical compounds*. Proceedings of the EU Commission-CANMET Workshop 2004 on Clean Production Technologies, Madrid (Spain), European Commission, Directorate General Research, A. Adjemian, J.E. Dutrizac, P. Negré and L. Yurramendi, editors: 329-338.

Paktunc, D. (2004): *Molecular-scale characterization of arsenic in metallurgical wastes*. Proceedings of the 8th International Congress on Applied Mineralogy, Aguas De Lindoia (Brasil), International Council for Applied Mineralogy do Brasil (ICAM-BR), M. Pecchio, F.R.D. Andrade, L.Z. D'Agostino, H. Kahn, L.M. Sant'Agostino and M.M.M.L. Tassinari, editors: 447-450.

Paktunc, D., Smith, D. and Couture, R. (2004): *Mineralogical and geochemical characterization of sediments and suspended particulate matter in water from the Potaro River area, Guyana - Implications for mercury sources*. Proceedings of the 8th International Congress on Applied Mineralogy, Aguas De Lindoia (Brasil), International Council for Applied Mineralogy do Brasil (ICAM-BR), M. Pecchio, F.R.D. Andrade, L.Z. D'Agostino, H. Kahn, L.M. Sant'Agostino and M.M.M.L. Tassinari, editors: 379-382.

Paktunc, D., Smith, D., Lastra, R. and Pratt, A.R. (2004): *Assessment of uncertainties in modal analysis and liberation measurements by synchrotron-based X-ray microtomography*. Proceedings of the 8th International Congress on Applied Mineralogy, Aguas De Lindoia (Brasil), International Council for Applied Mineralogy do Brasil (ICAM-BR), M. Pecchio, F.R.D. Andrade, L.Z. D'Agostino, H. Kahn, L.M. Sant'Agostino and M.M.M.L. Tassinari, editors: 1021-1024.

Poirier, S., Fecteau, J.M., Laflamme, M. and Champoux, G. (2004): *Application of plasma arc torch technology for selective underground narrow-vein mining*. Proceedings of the 2nd International Symposium on Mining Techniques of Narrow-vein Deposits, Val-d'Or (Québec), The Canadian Institute of Mining, Metallurgy and Petroleum (CIM): 15 pp., on CIM Web site.

Pratt, A.R., Negeri, T. and Kotzer, T. (2004): *Using XANES to monitor collector chemistry at a sulphide flotation plant*. Proceedings of the 36th Annual Meeting of the Canadian Mineral Processors, Ottawa (Ontario), The Canadian Institute of Mining, Metallurgy and Petroleum (CIM), J. Abols: 599-605.

Ptacek, C.J., Price, W.A., Smith, J.L., Logsdon, M. and McCandless, R. (2004): *Land-use practices and changes - Mining and petroleum production*.

Treats to Water Availability in Canada, Minister of Public Works and Government Services Canada, National Water Research Institute (NWRI) Scientific Assessment Report Series No. 3, L. Brannan and A.T. Bielak, editors, Chapter 9: 67-75, on NWRI Web site.

Riveros, P.A. (2004): *Iron removal from effluents to reduce sludge formation and CO₂ emissions*. Proceedings of the EU Commission-CANMET Workshop 2004 on Clean Production Technologies, Madrid (Spain), European Commission, Directorate General Research, A. Adjemian, J.E. Dutrizac, P. Negré and L. Yurramendi, editors: 253-266.

Riveros, P.A. and Dutrizac, J.E. (2004): *The oxidative leaching of enargite*. Proceedings of the Global Symposium on Recycling, Waste Treatment and Clean Technology (REWAS '04), Madrid (Spain), The Minerals, Metals and Materials Society, I. Gaballah, B. Mishra, R. Solozabal and M. Tanaka, editors, Volume 3: 2055-2067.

Rubeli, B., Gangal, M., Butler, K. and Aldred, W. (2004): *Evaluation of the contribution of light-duty vehicles to the underground atmosphere diesel emission burden*. Proceedings of the 10th U.S. Mine Ventilation Symposium, Anchorage (Alaska), A.A. Balkema (Taylor & Francis Group), R. Ganguli and S. Bandopadhyay, editors: 99-108.

Tisch, B., Black, C. and Zinck, J. (2004): *Considerations in the reclamation of alkaline AMD treatment sludge*. Abstracts of the 16th Annual Conference of the Society for Ecological Restoration (SER), Victoria (British Columbia), SER, R. Seaton and F. Anderson, editors: 4 pp., on CD.

Tremblay, G., Hogan, C. and Gardiner, E. (2004): *Experience of Canadian partnership programs - MEND and NOAMI*. Proceedings of the International Mine Water Association Symposium on Mine Water 2004 - Process, Policy and Progress, Newcastle upon Tyne (UK), University of Newcastle upon Tyne, A.P. Jarvis, B.A. Dudgeon and P.L. Younger, editors: 53-60.

Zinck, J.M. (2004): *Emerging technologies in mine waste management*. Proceedings of the 5th International Conference of Waste Processing and Recycling in Mineral and Metallurgical Industries, Hamilton (Ontario), The Canadian Institute of Mining, Metallurgy and Petroleum (CIM), S.R. Rao, F.W. Harrison, J.A. Kozinski, L.M. Amaratunga, T.C. Cheng and G.C. Richards, editors: 49-66.

ELECTRONIC AND OTHER PUBLICATIONS / PUBLICATIONS ÉLECTRONIQUES ET AUTRES

Aboussouan, L., Van de Meent, D., Schönnenbeck, M., Hauschild, M., Delbeke, K., Struijs, J., Russell, A., Udo de Haes, H., Atherton, J., Van Tilborg, W., Karman, C., Korenromp, R., Sap, G., Baukloh, A., Dubreuil, A., Adams, W., Heijungs, R., Jolliet, O., De Koning, A., Chapman, P., Ligthart, T., Verdonck, F., Van der Loos, R., Eikelboom, R. and Kuyper, J. (2004): *Declaration of Apeldoorn on LCIA of non-ferrous metals*. United Nations Environment Programme (UNEP), Division of Technology, Industry and Economics: 2 pp., on UNEP Web site.

Apte, S.C. and Kwong, Y.T.J. (2004): *Deep sea tailings placement - Critical review of environmental issues*. Australian Centre for Minerals Extension and Research (ACMER), Kenmore (Australia), December 2004: 93 pp.

Davé, N.K. (2004): *Water covered tailings management systems - What have we learned?* Public Forum on Closed Uranium Mines, Elliot Lake (Ontario), Denison Environmental Services (DES), I. Ludgate, editor: 29 pp., on DES Web site.

Deschênes, G., McMullen, J., Ellis, S., Fulton, M. and Atkin, A. (2004): *Investigation on the cyanide leaching optimization for the treatment of KCGM gold flotation concentrate - Phase 1*. Preprints of the 2004 Precious Metals Conference, Cape Town (South Africa), Minerals Engineering International (MEI): 16 pp., on CD.

Goulet, R.R., Doyle, P.J., Vigneault, B., McGeer, J.C. and Hare, L. (2004): *Cd dietary and waterborne exposure to Daphnia magna - Implications for bioaccumulation and chronic toxicity*. Book of Abstracts of the 4th World Congress of the Society of Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC), Portland (Oregon), SETAC, Abstract 235: 52-53, on CD.

Harmer, S.L., Pratt, A.R., Wallace, B., Heigl, F., Hu, Y.F., Nesbitt, H.W. and Sham, T.K. (2004): *UHV fracturing chamber for synchrotron radiation XPS studies of minerals*. Book of Abstracts of the 7th Annual Users Meeting of the Canadian Light Source (CLS), Saskatoon (Saskatchewan), CLS Users Advisory Committee, Abstract 29: 52.

Karwowska, R., Sawchyn, M., Richardson, G. and Leaver, M.E. (2004): *Classical versus state-of-the-art methods - An evaluation of accuracy and precision*. Proceedings of the 36th Annual Conference of the Canadian Mineral Analysts (CMA), Sudbury (Ontario), CMA: 23 pp., on CD.

- Kwong, Y.T.J. (2004): *Book review - Mine water hydrogeology and geochemistry*. Geoscience Canada, P.L. Younger and N.S. Robins, editors, 31: 94-95.
- Labrie, D., Conlon, B., Anderson, T. and Boyle, R.F. (2004): *Measurement of in situ deformability in hard rock*. Proceedings of the 57th Canadian Geotechnical Conference, Québec (Québec), The Canadian Geotechnical Society, D. Demers, D. Leahy, R. Lefebvre, S. Leroueil and R. Martel, editors, Session 8F: 9-16, on CD.
- Langmuir, D., Chrostowski, P., Vigneault, B. and Chaney, R. (2004): *Issue paper on the environmental chemistry of metals*. US Environmental Protection Agency (EPA) Risk Assessment Forum: 113 pp., on US-EPA Web site.
- Laverdure, L. and Fecteau, J.M. (2004): *Definition of an action plan in research and development, trial and experimentation, to promote competitiveness and safety for underground mining operations*. CANMET Mining and Mineral Sciences Laboratories, Natural Resources Canada, Ottawa, Report CANMET-MMSL 04-037 (CR): 97 pp.
- Laverdure, L. et Fecteau, J.M. (2004): *Définition d'un plan d'action en recherche et développement, essai et expérimentation, favorisant la compétitivité et la sécurité des opérations minières souterraines*. Laboratoires des mines et des sciences minérales de CANMET, Ressources naturelles Canada, Ottawa, Rapport LMSM-CANMET 04-037 (CR): 97 pp.
- McGeer, J.C., Henningsen, G., Lanno, R., Fisher, N., Sappington, K. and Drexler, J. (2004): *Issue paper on the bioavailability and bioaccumulation of metals*. US Environmental Protection Agency (EPA) Risk Assessment Forum: 126 pp., on US-EPA Web site.
- McGeer, J.C., Vigneault, B., Schwartz, M.L., King, M. and Beyak, J. (2004): *Applying BLMs to predict acute and chronic toxicity in laboratory and natural waters*. Book of Abstracts of the 4th World Congress of the Society of Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC), Portland (Oregon), SETAC, Abstract PH101: 438, on CD.
- Percival, J.B., Kwong, Y.T.J., Dumaresq, C.G. and Michel, F.A. (2004): *Transport and attenuation of arsenic, cobalt and nickel in an alkaline environment, Cobalt, Ontario*. Geological Survey of Canada, Natural Resources Canada, Ottawa, Open File 1680: 30 pp., on CD.
- Price, W.A. (2004): *Information and design requirements for drainage treatment*. Proceedings of the 2004 Ontario Mine Effluent Neutral Drainage (MEND) Workshop on Sludge Management and New Treatment Technologies, Sudbury (Ontario), MEND Report W.017, G. Tremblay, C. Hogan and W.A. Price, editors: 35 pp., on CD.
- Price, W.A. and Bellefontaine, K., editors (2004): *Performance of ARD Generating Wastes, Material Characterization and MEND Projects*. Proceedings of the 10th Annual British Columbia ML/ARD Workshop, Vancouver (British Columbia), BC Ministry of Energy and Mines: unpagged, on CD.
- Price, W.A., Hart, B., Dixon, B., Stewart, G., Berdusco, R., Hamaguchi, B. and Howell, C., editors (2004): *The Four "Rs" - Reclamation, Revegetation, Research and Risk*. Proceedings of the 28th British Columbia Mine Reclamation Symposium, Cranbrook (British Columbia), The BC Technical and Research Committee on Reclamation (TRCR): unpagged.
- Schwartz, M.L., McGeer, J.C., Vigneault, B. and Beyak, J. (2004): *Internalized metal in relation to Zn and Cu acute and sublethal toxicity to freshwater organisms*. Book of Abstracts of the 4th World Congress of the Society of Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC), Portland (Oregon), SETAC, Abstract PT159: 319-320, on CD.
- Skeaff, J.M., McGeer, J.C. and Hardy, D.J. (2004): *Transformation/Dissolution in the hazard classification of metals, metal compounds and alloys*. Book of Abstracts of the 4th World Congress of the Society of Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC), Portland (Oregon), SETAC, Abstract 781: 172, on CD.
- Tremblay, G. and Hogan, C. (2004): *Mine Environment Neutral Drainage (MEND) Program*. Proceedings of the 2004 Ontario Mine Effluent Neutral Drainage (MEND) Workshop on Sludge Management and New Treatment Technologies, Sudbury (Ontario), MEND Report W.017, G. Tremblay, C. Hogan and W.A. Price, editors: 26-27, on CD.
- Vigneault, B., Schwartz, M.L., Beyak, J., King, M. and McGeer, J.C. (2004): *Acute and sublethal copper and zinc toxicity in a mine effluent receiving water - Revisiting water-effect ratio protocols assumptions*. Book of Abstracts of the 4th World Congress of the Society of Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC), Portland (Oregon), SETAC, Abstract 786: 173, on CD.
- Zakaznova-Iakovleva, V.P., Nesbitt, H.W., Bancroft, G.M., Harmer, S.L., Pratt, A.R., Heigl, F. and Hu, Y.F. (2004): *Study of a large band gap semiconductor - Stibnite*. Book of Abstracts of the 7th Annual Users Meeting of the Canadian Light Source (CLS), Saskatoon (Saskatchewan), CLS Users Advisory Committee, Abstract 48: 64.

Zinck, J.M. (2004): *AMD treatment sludge - Properties and Stability*. Proceedings of the 2004 Ontario Mine Effluent Neutral Drainage (MEND) Workshop on Sludge Management and New Treatment Technologies, Sudbury (Ontario), MEND Report W.017, G. Tremblay, C. Hogan and W.A. Price, editors: 23 pp., on CD.

Zinck, J.M. (2004): *Comparison of AMD treatment processes and their impact on sludge characteristics*. Proceedings of the 2004 Ontario Mine Effluent Neutral Drainage (MEND) Workshop on Sludge Management and New Treatment Technologies, Sudbury (Ontario), MEND Report W.017, G. Tremblay, C. Hogan and W.A. Price, editors: 12 pp., on CD.

Zinck, J.M. (2004): *Sludge management - An update on technologies*. Proceedings of the 2004 Ontario Mine Effluent Neutral Drainage (MEND) Workshop on Sludge Management and New Treatment Technologies, Sudbury (Ontario), MEND Report W.017, G. Tremblay, C. Hogan and W.A. Price, editors: 28 pp., on CD.

PATENTS / BREVETS

Aota, J. and Morin, L. (2004): *Cold Bonded Iron Particulate Pellets*. US Patent 6,676,725 B2.

Deschênes, G. and Fulton, M. (2004): *Control of Lead Nitrate Addition in Gold Recovery*. South African Patent 2002/1970.