



Ressources naturelles
Canada

Natural Resources
Canada

Canada



Laboratoires des mines et des sciences minérales
de CANMET

Revue annuelle de **2005**



Mines, minéralogie/métallurgie et environnement

© Sa Majesté la Reine du chef du Canada, 2006.

N° de catalogue : M38-2005

ISBN : 0-662-49417-2

Vos commentaires sur la Revue annuelle de 2005 sont les bienvenus. Pour toute information concernant les services qu'offrent les Laboratoires des mines et des sciences minérales de CANMET à l'industrie, ou les partenariats en R-D, communiquez avec le Bureau des affaires :

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
CANADA

Téléphone : 613-992-7392

Télécopieur : 613-947-0983

Courriel : canmet-lmsm@rncan.gc.ca

Site Web : www.rncan.gc.ca/canmet-lmsm

Toute référence à des produits commerciaux, des procédés ou des services par leur nom de commerce, de fabricant ou autre ne constitue pas un appui ou une recommandation de la part de Ressources naturelles Canada.



Message du directeur



QUELQU'UN A DIT :
« L'exploitation minière est semblable à une mission de recherche et de destruction. »
Stewart L. Udall (Secrétaire de l'Intérieur des États-Unis, 1961-1969)

Cela était fort probablement vrai dans le passé, mais ce ne l'est plus. Nous sommes maintenant capables de faire en sorte que l'exploitation d'une mine soit une utilisation temporaire des terres. Grâce à de grands progrès dans les sciences

minières et dans les politiques liées à la gestion des mines, il est maintenant possible d'ouvrir, d'exploiter et de fermer une mine de façon sécuritaire et écologique. Dans de nombreux cas, il sera difficile de déceler qu'une mine a déjà existé, dix à vingt ans après sa fermeture. Une bonne partie du savoir scientifique qui rend ce progrès possible est produit ici, aux Laboratoires des mines et des sciences minérales de CANMET (LMSM-CANMET).

J'ai le plaisir de vous présenter notre revue annuelle de 2005. Nous sommes un groupe de scientifiques, d'ingénieurs, de technologues, d'employés de soutien et de gestionnaires qui travaillent tous à fournir les connaissances scientifiques dont a besoin le secteur minier du Canada. Nous utilisons ce savoir pour conseiller le gouvernement du Canada (et, à l'occasion, les gouvernements provinciaux et territoriaux, et ceux de pays étrangers) sur la formulation des politiques et des règlements visant l'industrie minière, afin que le Canada et sa population retirent les avantages sociaux et économiques des mines, tout en minimisant les coûts environnementaux et autres. De plus, nous effectuons de la recherche scientifique pour l'industrie, moyennant rémunération, afin de l'aider à répondre à ses besoins en matière de protection de l'environnement, de santé et sécurité, et de productivité.

Je suis extrêmement fier de la qualité, de l'envergure et du rayonnement de la recherche que nous réalisons et j'espère que vous comprendrez mon sentiment de fierté en lisant ces pages. J'irais même jusqu'à dire que nous comptons parmi les meilleurs laboratoires de recherche minière au monde, étant donné l'ampleur de nos activités en matière d'environnement, de sécurité et de productivité. Cependant, nous ne sommes pas les seuls dans notre domaine. Il existe en effet plusieurs autres excellentes sources de recherche au Canada, et l'un de nos principaux objectifs pour la prochaine année est d'établir une meilleure communication avec les autres chercheurs et organismes de recherche. Nous avons l'intention d'élargir la diffusion de la recherche qui se fait ici et ailleurs et de promouvoir une meilleure coopération au sein de la collectivité de la recherche.

Concrètement, nous créerons le site Web MineCan afin que tous les intervenants de l'industrie minière canadienne soient au courant des projets de R-D minière en cours au Canada. Les organismes de recherche gouvernementaux, les universités, les compagnies minières, les laboratoires du secteur privé et les manufacturiers seront tous invités à participer. Nous espérons que l'industrie tirera avantage d'une perspective plus informée sur l'état de la recherche, ses lacunes et sur les possibilités de partenariats dans différents projets.

Je crois fermement que vous trouverez dans ces pages des éléments qui retiendront votre attention. Alors, n'hésitez pas à contacter le gestionnaire de programme pertinent ou notre Bureau des affaires.

A handwritten signature in black ink that reads "Thomas P. Hynes".

Thomas P. Hynes
Directeur, LMSM-CANMET

Message des directeurs adjoints

Programmes miniers

EN 2005, la R-D dans les programmes miniers a mis l'accent sur l'amélioration des conditions touchant la santé et la sécurité, et sur la hausse de la productivité. Les LMSM-CANMET ont créé une poignée de foreuse qui diminue les vibrations de 60 %, ce qui aidera à réduire les troubles de santé liés aux vibrations transmises aux travailleurs (p. ex. la maladie de Raynaud). Le Programme d'évaluation des émissions de moteurs diesel a mis à l'essai et fait la promotion de modules qui filtrent 95 % des particules diesel d'équipements de production. Les LMSM-CANMET créent actuellement la première chargeuse-navette hybride au monde, de concert avec Mining Technologies International et d'autres partenaires. Les particules des moteurs diesel causent des pneumopathies chez les travailleurs des mines souterraines, et ces progrès amélioreront grandement la qualité de l'air et l'efficacité énergétique dans les mines souterraines (en réduisant de manière importante la ventilation nécessaire pour éliminer les polluants rejetés par les moteurs diesel). Les essais souterrains de la chargeuse-navette hybride devraient commencer en 2006.

Parce que nous croyons en la valeur des partenariats, nous collaborons fréquemment avec différents consortiums. Dans le cadre du Consortium de recherche sur le minage en profondeur, nous évaluons présentement le comportement des matériaux de remblayage et du roc afin de pouvoir exploiter à de grandes profondeurs de façon sécuritaire et économique au Canada. Parallèlement à cela, nous examinons la réaction des matériaux aux températures, pressions et taux d'humidité élevés. Les résultats de ces analyses serviront à mettre au point des technolo-



gies qui amélioreront la sécurité et la productivité dans les conditions difficiles qui règnent dans les mines de grande profondeur. En partenariat avec une compagnie d'explosifs et une carrière, les LMSM-CANMET procèdent actuellement à l'évaluation de la fragmentation du roc après le sautage. Un meilleur contrôle des dimensions des blocs permettra de réduire les efforts de comminution lors du concassage et du broyage, ce qui diminuera d'autant la consommation d'énergie (coût) et la production de gaz à effet de serre.

Enfin, nous sommes heureux que nos installations de la Mine-laboratoire située à Val-d'Or, au Québec, soient utilisées pour donner de la formation pratique aux travailleurs miniers et ainsi remédier à la pénurie de main-d'œuvre actuelle et prévue.

Louise Laverdure
Directrice adjointe, Programmes miniers

Programmes de procédés métallurgiques et d'environnement

LES PRIORITÉS des programmes de procédés métallurgiques et d'environnement consistent à fournir un appui technique et des conseils à l'égard de la politique et de la réglementation, à mettre au point des technologies pour réduire les impacts sur l'environnement, et à participer à des projets commandités où de nouvelles technologies peuvent être appliquées à des problèmes industriels particuliers.

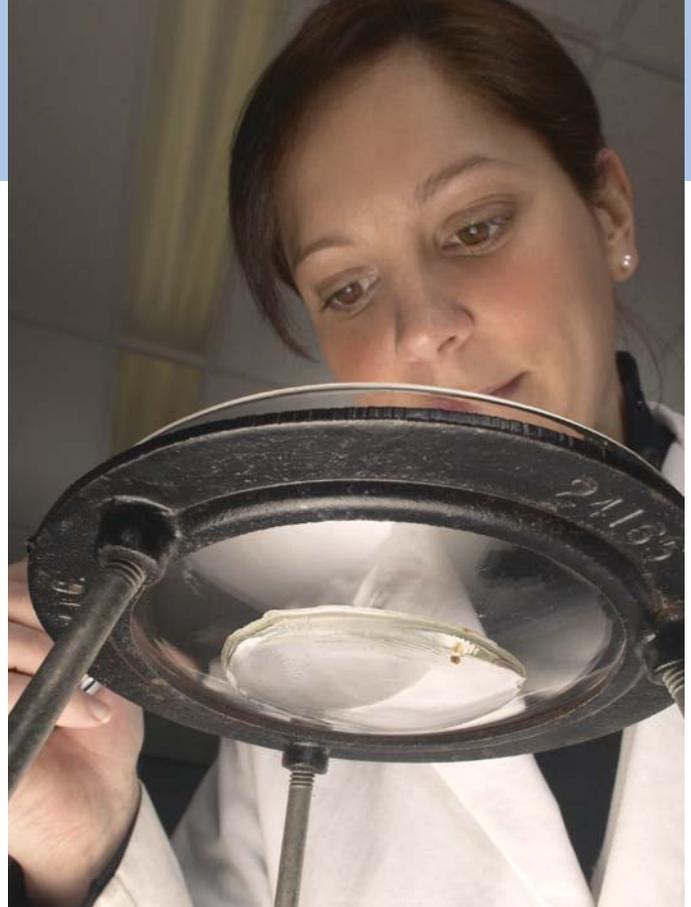


Comme le nombre de projets miniers s'est accru au cours des dernières années, plus de temps a été consacré à l'examen des évaluations environnementales afin

qu'elles soient terminées dans un délai approprié. Nous avons œuvré au sein de groupes de consultation en matière de réglementation dans le dossier des usines de fusion de métaux de base (métaux communs), dans celui des révisions à apporter au *Règlement sur les effluents des mines de métaux*, ainsi que dans des forums internationaux ayant un impact sur la vente des produits minéraux canadiens. Notre atelier international sur les métaux dans les sols a attiré 60 participants provenant de 8 pays miniers, et il débouchera sur la création d'un programme de recherche international qui se concentrera sur les questions liées aux impacts des métaux présents dans les sols. Nous avons fourni des conseils et apporté notre expertise afin d'appuyer les efforts pour une exploitation minière saine et écologique dans le Nord du Canada. Entre autres, nous avons offert des ateliers aux responsables de la réglementation, aux promoteurs et au public dans les collectivités nordiques, et participé à des projets sur la planification environnementale, la surveillance et l'assainissement de l'environnement.

En coopération avec un important producteur minier, nous avons effectué de la recherche en traitement hydrométallurgique pour remplacer la fusion dans le cas d'un gisement de métaux de base au Canada. Cette technologie pourrait s'avérer une option très intéressante en raison de l'augmentation des coûts liés aux objectifs de plus en plus sévères concernant les émissions des

Les LMSM-CANMET demeurent certifiés ISO 9001:2000 pour toutes leurs activités, étant donné leur souci constant en matière d'amélioration continue et d'excellence. De plus, les laboratoires des LMSM-CANMET situés à Bells Corners (Ottawa) et à Sudbury sont accrédités pour certains essais par le Conseil canadien des normes, selon la norme ISO/CEI 17025. Enfin, les LMSM-CANMET sont accrédités par le Conseil canadien des normes aux fins de l'exécution de leur Programme des essais d'aptitude de laboratoires d'analyse minérale.

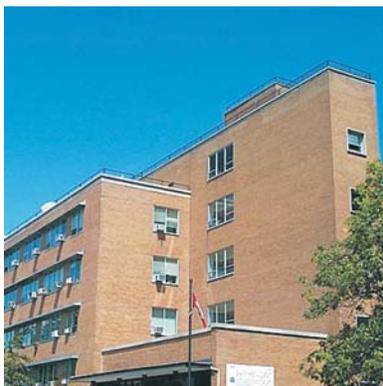


usines de fusion. En outre, un nouveau procédé exclusif aux LMSM-CANMET permet d'accroître la récupération de l'argent dans les gisements d'or-argent tout en réduisant la consommation de cyanure, et par conséquent, les impacts éventuels sur l'environnement.

D'importants progrès ont été réalisés au sein de deux projets spéciaux. Le Programme de neutralisation des eaux de drainage dans l'environnement minier (NEDEM) a terminé un rapport sur les couvertures pour résidus dans le pergélisol et produit un manuel sur les couvertures sèches. L'Initiative nationale pour les mines orphelines ou abandonnées (INMOA) a réalisé un examen de la législation en vigueur dans les provinces et les territoires du Canada relativement aux responsabilités financières et aux mesures de financement.

Jim Vance
Directeur adjoint, Procédés métallurgiques et environnement

Installations des LMSM-CANMET



Ottawa
(Complexe de la rue Booth)

Ottawa
(Complexe de Bells Corners)



Sudbury
(Laboratoire régional)

Val-d'Or
(Mine-laboratoire)

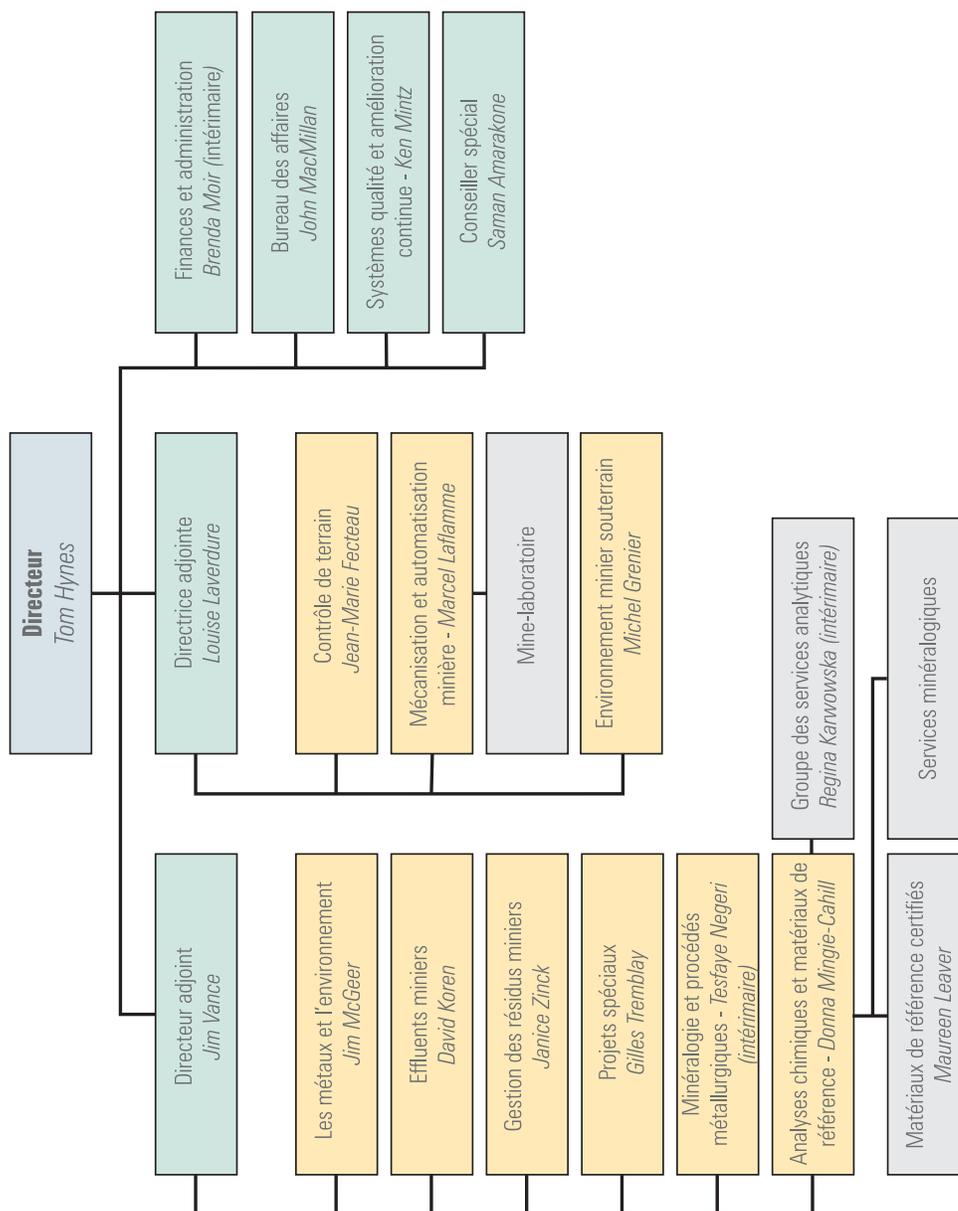


Table des matières

Message du directeur	i
Message des directeurs adjoints	ii
Installations des LMSM-CANMET	iv
Organigramme des LMSM-CANMET	vi
Introduction	1
Position au sein de Ressources naturelles Canada	1
Rôle et structure des LMSM-CANMET	1
Programmes de recherche	2
Installations et équipements spécialisés	5
Affiliations universitaires	6
L'année en chiffres	7
Retombées des activités des LMSM-CANMET	8
Liste des clients	10
Liens entre les sciences et les politiques	11
Faits saillants en sciences	13
Recherche et développement	13
Programmes miniers	13
Programmes de procédés métallurgiques et d'environnement	15
Consultation technique	19
La Société de développement du Cap-Breton (SDCB)	19
Le Nord	19
Assistance auprès des groupes autochtones	19
Projets spéciaux et services de soutien	19
Programme de neutralisation des eaux de drainage dans l'environnement minier (NEDEM)	19
Initiative nationale pour les mines orphelines ou abandonnées (INMOA)	20
Projet canadien des matériaux de référence certifiés (PCMRC)	20
Groupe des services analytiques (GSA)	20
Autres activités	21
Organisation d'ateliers et de symposiums	21
Invitation de conférenciers	21
Présentations orales	21
Participation à des activités communautaires	24
La Semaine minière du Canada	24
La Scientifête	24
Publications	25
Articles revus par un comité de lecture	25
Comptes rendus des conférences et des ateliers	26
Autres publications	30



Organigramme des LMSM-CANMET



Introduction

Position au sein de Ressources naturelles Canada

Le Secteur des minéraux et des métaux (SMM) de Ressources naturelles Canada est la principale source fédérale de conseils stratégiques et de savoir scientifique et technologique sur les ressources minérales et métallifères du Canada ainsi que sur la réglementation et la technologie des explosifs. Le SMM coordonne les efforts du gouvernement dans la promotion de la mise en valeur durable et de l'utilisation responsable des ressources minérales et métallifères du Canada. Il est aussi un chef de file dans la production et la diffusion de savoir portant sur les industries canadiennes des minéraux et des métaux. De plus, le SMM entretient des rapports avec de nombreux intervenants, notamment ses partenaires industriels et universitaires, les groupes de défense de l'environnement, les peuples autochtones, les gouvernements provinciaux et territoriaux, d'autres ministères et organismes fédéraux, et des organisations internationales. Le SMM œuvre aussi en collaboration avec des entités gouvernementales, institutionnelles et industrielles (en commençant par l'étape d'extraction jusqu'à celle de la fabrication) notamment en leur fournissant des services de recherche en matière de développement de technologies novatrices qui apporteront des avantages économiques, environnementaux et sociaux à la population canadienne.

La vision du SMM est de faire progresser les politiques, les sciences, la réglementation et le savoir dans le but d'accroître la contribution des industries des minéraux et des métaux au Canada.

La Direction de la technologie minérale de CANMET (DTM-CANMET) est l'organisme scientifique et technologique du SMM et, à ce titre, elle effectue de la recherche-développement (R-D) pour toutes les étapes du cycle de vie des minéraux et des métaux, en commençant par l'extraction et le traitement des minéraux jusqu'à la gestion des résidus miniers et des technologies de fermeture de mines. La DTM-CANMET est en grande partie un organisme axé sur la clientèle qui s'efforce d'assurer le

développement durable du secteur des minéraux et des métaux, notamment en matière de productivité, de santé, de sécurité, de sûreté et de protection de l'environnement, et qui apporte une contribution technique fiable aux cadres législatifs et à la réglementation.

La vision de la DTM-CANMET est d'être reconnue à l'échelle nationale et internationale pour l'excellence, la pertinence et l'envergure des travaux scientifiques qui soutiennent la mise en valeur durable des minéraux et des métaux.

Afin de concrétiser cette vision, la DTM-CANMET trouve des solutions et fournit des recommandations à des questions que lui soumettent ses clients ou qui relèvent de l'intérêt public. Elle apporte des réponses en temps opportun, tout en maintenant son excellence et son intégrité scientifiques. La portée mondiale de certaines questions offre des possibilités de former des partenariats internationaux avec des pays développés et des pays en développement.

La DTM-CANMET se compose de deux laboratoires : le Laboratoire de la technologie des matériaux (LTM-CANMET) et les **Laboratoires des mines et des sciences minérales** (LMSM-CANMET). La suite de ce document porte sur les LMSM-CANMET.

Rôle et structure des LMSM-CANMET

Les LMSM-CANMET offrent des services de recherche de qualité et des conseils scientifiques judicieux aux industries d'exploitation minière et des minéraux ainsi qu'aux ministères provinciaux, territoriaux et fédéraux chargés de promouvoir ou de réglementer ces industries. Les LMSM-CANMET effectuent de la R-D sur un vaste éventail de procédés et de technologies utilisés à presque toutes les étapes du cycle minier, en commençant par l'extraction et le traitement du minerai jusqu'à la gestion de l'environnement et la fermeture des mines. En outre, les LMSM-CANMET apportent une contribution technique importante à la formulation de la

1



politique gouvernementale et à des initiatives de réglementation. Une autre composante clé des activités des LSM-CANMET est le transfert technologique réalisé par l'organisation de symposiums techniques et la prestation de services de secrétariat liés à des programmes spéciaux.

Les laboratoires sont situés à Ottawa, Sudbury et Val-d'Or, et la recherche vise à réaliser trois grands objectifs afin de promouvoir le développement durable au Canada :

- améliorer les conditions touchant la santé et la sécurité dans les mines;
- trouver des solutions techniques fiables aux problèmes environnementaux;
- améliorer la compétitivité de l'industrie en augmentant sa productivité.

Les LSM-CANMET sont actifs dans les domaines de recherche suivants :

- la minéralogie et les procédés métallurgiques
- le contrôle de terrain
- la mécanisation et l'automatisation minière
- l'environnement minier souterrain
- la gestion des résidus miniers
- les effluents miniers
- les métaux dans l'environnement

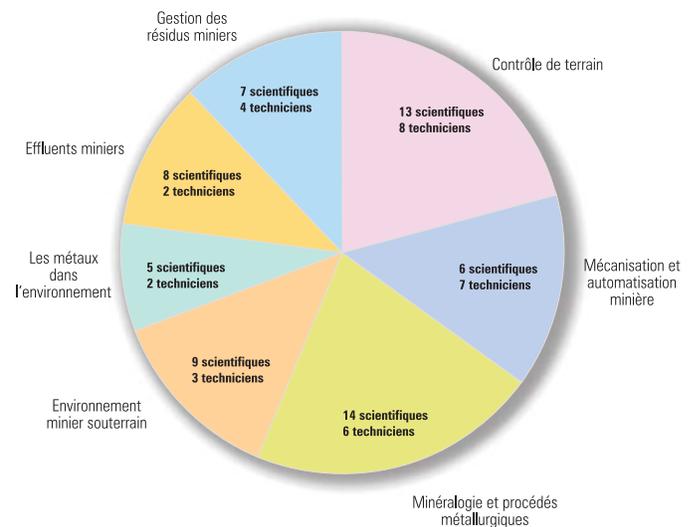


Nand Davé – N. Davé (Ph.D.) est un chercheur scientifique principal qui possède une vaste expérience en évaluation environnementale, en réhabilitation minière et en restauration de site.

Programmes de recherche

Le **Groupe de minéralogie et procédés métallurgiques** effectue de la R-D en traitement métallurgique, en recyclage des minéraux et des métaux, et en minéralogie appliquée. Le principal objectif du Groupe est d'améliorer l'efficacité des procédés en optimisant les techniques existantes de traitement des minéraux et de mettre au point de nouveaux procédés rentables de traitement. Des techniques de pointe sont utilisées pour aider les clients. La capacité d'intégrer des études de caractérisation minéralogique à une connaissance approfondie des procédés métallurgiques est l'une des principales forces qui permettent une meilleure définition des problèmes et l'élaboration de solutions efficaces.

Le **Programme de contrôle de terrain** favorise l'instauration d'un milieu de travail sécuritaire, en élaborant des instruments et des méthodes afin d'évaluer et de surveiller la stabilité des excavations dans les mines et en mettant ces instruments et ces



Répartition du personnel scientifique et technique par programme



méthodes à la disposition de l'industrie minière canadienne. Le Programme contribue à l'amélioration de la viabilité économique à long terme de l'industrie, principalement en réduisant les risques liés à l'exploitation des mines dans les massifs rocheux friables ou dans des conditions de contrainte élevée à grande profondeur. Une meilleure compréhension du comportement de la roche et des dispositifs de soutènement, l'optimisation de la conception minière et le développement d'instruments pratiques et de solutions économiques contribuent à assurer un milieu de travail sécuritaire, efficace et conforme aux principes de développement durable. Desservie par des spécialistes en géomécanique et géodynamique, en soutènement de terrain, en instrumentation, en modélisation numérique et en sismicité induite, notre approche scientifique et interdisciplinaire de pointe assure que le savoir et l'expertise sont utilisés pour résoudre les problèmes complexes que pose le contrôle du terrain à l'industrie.

Le **Programme de mécanisation et automatisation minière** œuvre avec l'industrie minière pour améliorer les conditions touchant la santé et la sécurité dans les mines souterraines, faciliter la mécanisation et l'automatisation minière, améliorer la rentabilité des mines et fournir des données scientifiques adéquates aux organismes canadiens de réglementation. Les effectifs du Programme se composent de spécialistes du génie mécanique, minier, électrique et électronique. Le Programme se concentre surtout sur la mécanisation et l'automatisation des gisements filoniens, l'amélioration des systèmes de communications et de surveillance du personnel, et la technologie des piles à combustible pour les mines souterraines. La Mine-laboratoire des LMSM-CANMET, située à Val-d'Or, au Québec, offre des installations de surface et souterraines de taille industrielle uniques, afin de mettre au point et d'améliorer les équipements et les systèmes utilisés dans les mines souterraines.

Le **Programme d'environnement minier souterrain** se spécialise dans la ventilation des mines (notamment dans l'automatisation de la ventilation), la réduction des émissions des moteurs diesel et l'homologation de ces moteurs, et la surveillance et le contrôle des contaminants dans les mines souterraines. Le Programme a pour buts principaux d'améliorer la qualité de l'air et la sécurité

dans les mines souterraines, et d'évaluer de nouvelles approches qui pourraient éventuellement réduire les dépenses en capital et d'exploitation. Les LMSM-CANMET œuvrent en collaboration avec les exploitants miniers, les travailleurs, les fournisseurs et les responsables en réglementation en vue d'offrir des solutions technologiques rentables pour l'environnement minier souterrain.

Le **Programme de gestion des résidus miniers** élabore et évalue des options à long terme, scientifiquement adéquates et conformes aux principes de développement durable, pour l'élimination, la gestion et la restauration des rejets miniers, notamment les résidus, les stériles et les boues de traitement. Le Programme propose une approche multidisciplinaire à l'égard des projets et il possède une vaste expertise scientifique qui permet d'aider les compagnies minières canadiennes à toutes les étapes des projets. Présentement, les activités du Programme mettent l'accent sur la caractérisation moléculaire des résidus miniers, les options à long terme pour l'élimination des résidus hydrométallurgiques et les nouvelles options pour la remise en état ou la restauration des sites. En plus d'effectuer de la recherche, le Programme fournit des rapports d'étude technique liés à l'exploitation minière et à la restauration des sites miniers, ainsi que des évaluations environnementales. Il participe à des activités de renforcement des compétences environnementales dans les pays en développement.

Le **Programme d'effluents miniers** met au point des technologies de traitement afin d'aider l'industrie minière à respecter le règlement sur les effluents. L'effectif du Programme se compose d'experts en chimie, en microbiologie, en sols et en biotechnologie. L'intégration de l'expertise en chimie et en technologie microbienne permet une meilleure compréhension des processus de dégradation naturels et artificiels, et constitue la grande force de l'équipe. Le personnel travaille directement avec l'industrie au traitement des effluents miniers, des usines de concentration et des procédés métallurgiques, afin d'élaborer et d'adapter des stratégies de gestion des effluents, notamment des techniques de prévention, de remise en état et de restauration. Le Programme est très présent dans les activités de transfert

3

technologique, particulièrement à l'égard de la lixiviation des métaux et du drainage rocheux acide.

Le **Programme des métaux dans l'environnement** se spécialise dans la recherche concernant les effets des métaux sur l'environnement, en commençant par la toxicologie aquatique et la géochimie jusqu'au traitement métallurgique et la caractérisation des substances contenant des métaux. Le Programme conjugue ce savoir avec son expertise en matière d'évaluation du cycle de vie pour intégrer l'information dans le contexte de durabilité environnementale. Cette équipe multidisciplinaire unique permet aux LMSM-CANMET de jouer un rôle de premier plan dans l'établissement et la promotion de bases scientifiques solides pour l'élaboration de protocoles liés aux produits minéraux et métalliques, et pour la prise de décisions nationales et internationales sur la protection de l'environnement.

Les LMSM-CANMET ont aussi un **Programme de projets spéciaux** qui sert de secrétariat au **Programme de neutralisation des eaux de drainage dans l'environnement minier (NEDEM)** et à l'**Initiative nationale pour les mines orphelines ou abandonnées (INMOA)**. Ce programme coordonne aussi l'examen des études d'impact sur l'environnement de projets miniers réalisées par le personnel des LMSM-CANMET.

Le NEDEM est un partenariat canadien composé de membres de l'industrie, des gouvernements fédéral, provinciaux et territoriaux et d'organismes non gouvernementaux. Ces partenaires coopèrent au développement technologique et transfèrent le savoir afin d'améliorer la gestion de l'environnement dans l'industrie minière. Le NEDEM a été lancé en 1989. Il a remporté un énorme succès et a réussi à diminuer d'au moins 400 millions de dollars la responsabilité financière des compagnies minières canadiennes et des ministères fédéraux, provinciaux et territoriaux en ce qui a trait au drainage acide. Ressources naturelles Canada et l'Association minière du Canada partagent le financement du secrétariat du NEDEM.

L'INMOA a été établie en 2002, après que les ministres canadiens des Mines aient reconnu l'importance de mettre sur



Steve Hardcastle - Stephen Hardcastle (Ph.D.) est reconnu internationalement comme un spécialiste de ventilation minière. Ses travaux d'optimisation en ventilation ont apporté des avantages importants en matière de santé et d'économie d'énergie.

un vaste programme de restauration des sites miniers orphelins ou abandonnés au Canada. Un comité de consultation multipartite a été créé pour étudier les divers enjeux et initiatives liés à la formation de partenariats pour la mise en œuvre de programmes de remise en état et de restauration des sites miniers à travers le Canada. Le Comité consultatif est dirigé par les ministres des Mines par l'entremise du Groupe de travail intergouvernemental sur l'industrie minière. Pour plus de renseignements, veuillez visiter le site Web de l'INMOA à www.abandoned-mines.org.

Les LMSM-CANMET comprennent aussi le **Projet canadien des matériaux de référence certifiés (PCMRC)**. Depuis plus de trente ans, le PCMRC a produit et certifié plus de 130 matériaux de référence. Ces matériaux sont des roches, des minerais, des concentrés, des alliages, des résidus, des sols, des sédiments et des matières radioactives de source canadienne réduits en poudre fine dont la concentration en divers éléments a été déterminée avec précision. Ces matériaux sont utilisés par les laboratoires d'analyse œuvrant pour l'industrie minière, afin d'évaluer l'exactitude et la précision de leurs résultats.

Le Groupe des services analytiques et les Services minéralogiques assurent un appui aux activités de recherche. Le Groupe des services analytiques fournit des services d'analyse spécialisés, principalement en appui aux activités de R-D des LMSM-CANMET, et élabore des méthodes internes pour des projets de recherche et des projets commandités. Les Services minéralogiques exécutent surtout des études quantitatives micro-analytiques. Leurs principaux domaines d'expertise sont les suivants : l'identification des minéraux, la détermination des éléments présents dans les minéraux, la détermination des quantités de minéraux, l'analyse de la libération, l'association minéralogique, le comportement des minéraux précieux, l'analyse superficielle et la caractérisation à l'échelle moléculaire.

Comme dans toute organisation de ce genre, une équipe de soutien administratif très compétente facilite grandement la réalisation des projets de R-D.

Installations et équipements spécialisés

Les LSM-CANMET possèdent un vaste ensemble d'équipements et d'installations spécialisés permettant de faire de la recherche appliquée, et favorisant la collaboration entre les programmes internes et les organisations externes. Voici une vue d'ensemble de ces installations et de ces équipements :

- la Mine-laboratoire des LSM-CANMET, située à Val-d'Or, au Québec, est une mine de roche dure qui constitue un site idéal pour faire l'essai d'équipements et offrir de la formation professionnelle, technique et universitaire au personnel minier;
- des cadres de chargement pour essai en laboratoire sur les matériaux rocheux : cadre de chargement servohydraulique MTS de 4,5 MN, cadre de chargement hydraulique Gilmore de 17,8 MN (ces deux appareils sont à Bells Corners), cadre de chargement hydraulique Terratek de 10 MN (à Sudbury);
- un banc d'essai complet pour moteurs diesel comprenant, entre autres, un dynamomètre à courant alternatif de 600 HP, un chariot à essence et des instruments de caractérisation des particules diesel à la fine pointe de la technologie. Le banc d'essai sert à la recherche sur la réduction des émissions des moteurs diesel et à l'homologation de ces moteurs selon les normes du CSA et du MSHA;
- un cadre de chargement dynamique par impact pour étudier le comportement des éléments de soutènement, d'une capacité de 3 tonnes métriques et une hauteur de chargement de 2,1 mètres, avec acquisition des données sur plus de 12 canaux;
- un système de surveillance de l'activité sismique minière de 30 canaux, permettant l'acquisition de données complètes et la localisation des phénomènes sismiques;
- un système ultramoderne d'acquisition de données d'émissions acoustiques, muni de 12 canaux et d'un dispositif complet d'enregistrement et d'affichage des phénomènes acoustiques;
- des installations de contrôle de qualité des matériaux de remblayage, de préparation, de cure et d'essais sur les échantillons;
- une usine-pilote de concentration des minerais et laboratoires totalisant plus de 23 000 m², pour études à échelle préindustrielle;
- des installations d'essai à basse température pour recherche en environnement;
- des phytotrons pour cultures aérobies et anaérobies;
- un appareillage de culture et d'essai d'écotoxicité pour les plantes, les invertébrés et les poissons;
- une installation pour essais en zone humide et essais de traitement passif;
- des installations de séparation par membrane à échelle de banc d'essai et préindustrielle;
- deux mini-usines mobiles pour le traitement des eaux de rejet;
- des installations de biologie moléculaire;
- un accès à des équipements de caractérisation microscopique avancée, p. ex. un synchrotron;
- un laboratoire mobile de terrain.



Affiliations universitaires

Plusieurs scientifiques des LMSM-CANMET sont des professeurs auxiliaires d'universités canadiennes et étrangères. De plus, des employés des LMSM-CANMET assurent fréquemment la fonction d'examineur externe de thèses rédigées par des étudiants diplômés.

Suzanne Beauchemin (Ph.D.), Department of Natural Resource Sciences, Faculty of Agricultural and Environmental Sciences, Université McGill, professeure auxiliaire depuis 2003.

Marc Bétournay (Ph.D.), Department of Mining, Metals and Materials Engineering, Université McGill, professeur auxiliaire depuis 1997.

Doug Gould (Ph.D.), Department of Earth Sciences, University of Waterloo, professeur auxiliaire depuis 2005.

Doug Gould (Ph.D.), Department of Biology, Carleton University, professeur auxiliaire de recherche depuis 1991.

Doug Gould (Ph.D.), College of Environmental Science and Forestry, State University of New York, Syracuse, professeur auxiliaire adjoint depuis 1983.

Marcel Laflamme (Ph.D.), Département des sciences appliquées, Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue, professeur auxiliaire depuis 1996.

Ken Mintz (Ph.D.), Department of Chemical Engineering, Dalhousie University, professeur auxiliaire depuis 1992.

Dogan Paktunc (Ph.D.), Département des sciences de la Terre, Université d'Ottawa, professeur auxiliaire depuis 2004.

Allen Pratt (Ph.D.), Department of Earth Science, University of Western Ontario, professeur auxiliaire et membre de la Faculty of Graduate Studies depuis 1998.

John Udd (Ph.D.), Department of Mechanical and Aeronautical Engineering, Carleton University, professeur auxiliaire depuis 2002.

Les LMSM-CANMET ont aussi participé à une réunion d'experts qui portait sur les choix de carrière dans la fonction publique du Canada pour les détenteurs de diplômes d'études supérieures. Cette réunion organisée par l'Université McGill visait à faire connaître et à illustrer la grande diversité des postes et des possibilités en recherche, en politique et en réglementation qui existent au gouvernement fédéral pour les étudiants de sciences et de génie. Cette réunion a eu lieu parallèlement avec le « Graduate Student Career Week », durant une journée dédiée aux étudiants de sciences et de génie. De plus, divers membres responsables de la recherche et de la politique scientifique au sein du gouvernement fédéral ainsi qu'un représentant du CRSNG y ont également participé.

Prix au mérite

John E. Udd, chercheur scientifique principal, a reçu le prix Richard S. Ladd Standards Development de l'ASTM International pour l'élaboration d'une terminologie standard du sol et de la roche gelés (Erwin Long est coauteur de cette terminologie).

L'année en chiffres

LES FAITS MENTIONNÉS CI-APRÈS illustrent la productivité globale des 95 personnes qui ont travaillé en sciences et en transfert technologique au sein des LMSM-CANMET en 2005.

- 20 articles révisés par un comité de lecture
- 8 articles révisés par un comité de lecture ont été publiés dans la presse
- 42 articles publiés dans les comptes rendus de conférences et d'ateliers
- 30 présentations orales à des conférences et des ateliers (pas de version papier)
- 33 rapports internes
- 25 autres publications
- 64 rapports confidentiels présentés à des clients pour des projets générateurs de recettes
- 53 clients pour les projets générateurs de recettes des LMSM-CANMET
- 8 examens techniques d'évaluation environnementale de projets miniers canadiens de grande envergure
- 11 conférences et ateliers organisés
- 250 travailleurs miniers ont reçu une formation en santé et sécurité à la Mine-laboratoire des LMSM-CANMET, située à Val-d'Or, au Québec (formation fournie par la Commission scolaire de l'Or-et-des-Bois)
- 6 projets techniques réalisés dans le cadre du NEDEM
- 14 projets réalisés ou en cours dans le cadre du NEDEM
- 350 rapports du NEDEM vendus
- 10 postes de professeur auxiliaire à des universités
- 8 étudiants et 3 stagiaires embauchés par les LMSM-CANMET
- 38 employés des LMSM-CANMET inscrits au programme de formation linguistique à temps partiel, soit 25 au cours de français et 13 au cours d'anglais
- 20 employés des LMSM-CANMET qui travaillent en sciences et transfert technologique ont participé à un voyage d'études de 4 jours et visité des sites miniers des régions de Sudbury et d'Elliot Lake, en Ontario

7



Retombées des activités des LMSM-CANMET

BON NOMBRE D'ACTIVITÉS DES LMSM-CANMET, notamment en R-D, ont des retombées positives sur diverses organisations externes et sur la population canadienne en général. Voici quelques exemples de ces retombées.

Évaluation environnementale d'une méthode améliorée d'élimination des résidus chez IOC

La Compagnie minière IOC a entamé des discussions avec les LMSM-CANMET en 2004, relativement à une nouvelle méthode d'élimination des résidus qu'elle envisageait d'appliquer à son installation du lac Wabush, à Terre-Neuve-et-Labrador. Cette méthode, qui utilise un polyacrylamide comme flocculant pour retirer les solides en suspension de l'effluent final, peut éventuellement réduire les répercussions sur l'environnement, tout en réduisant de plus de 100 millions de dollars les coûts en capital liés à l'élimination des résidus. IOC a retenu les services de scientifiques des LMSM-CANMET afin qu'ils examinent les résultats de l'expérience-pilote et identifient les questions ou les préoccupations qui devraient être résolues avant que la méthode ne soit soumise pour approbation réglementaire.

Quelques sources de préoccupation ont été identifiées et analysées, notamment la toxicité éventuelle du flocculant, sa stabilité et son potentiel de biodégradation dans l'environnement naturel, ainsi que la nécessité de caractériser la substance qui rougit les eaux du lac en raison de la méthode d'élimination des résidus utilisée par IOC. Une équipe multidisciplinaire composée de membres des programmes de procédés métallurgiques et d'environnement des LMSM-CANMET a été formée pour s'attaquer à ces préoccupations. Les résultats ont montré que la matière flocculée est stable et qu'elle n'est pas toxique. L'information est maintenant examinée par les responsables gouvernementaux de la réglementation suite à la demande de la compagnie pour que cette méthode d'élimination des résidus améliorée soit approuvée et adoptée. Son application aurait pour effet de réduire les répercussions sur l'environnement au lac Wabush, notamment sur la coloration des eaux du lac et l'empreinte sur l'environnement. Un avantage supplémentaire viendrait se greffer à cette méthode. Une partie importante des économies de coûts en capital pourrait

être réinvestie dans d'autres améliorations à l'usine et, de là, une hausse des ventes et une meilleure sécurité d'emploi.

Ce projet s'est avéré un succès grâce à la bonne communication et la coopération de tous les membres de l'équipe interdisciplinaire qui ont accepté de modifier l'ordre des activités prévues et travaillé promptement afin de terminer le projet à temps.



Réduction des vibrations lors du forage

De nombreux opérateurs de foreuse pneumatique portative souffrent de divers troubles de santé causés par les vibrations, notamment la maladie de Raynaud (ou « syndrome du doigt mort ») et le syndrome du canal carpien. Ces problèmes peuvent s'avérer lourds de conséquences pour les travailleurs qui en souffrent et pour la société dans son ensemble. Le coût direct de la réadaptation d'un travailleur minier atteint de la maladie de Raynaud peut totaliser plusieurs centaines de milliers de dollars, sans compter les coûts sociaux considérables. En collaboration avec l'Université de Sherbrooke et un fabricant de foreuses, les LMSM-CANMET ont créé une poignée qui réduit la vibration de 60 %. La poignée a un potentiel de marché énorme, tant au Canada qu'à l'étranger.

Réduction des émissions diesel dans les mines

Le Programme d'évaluation des émissions de moteurs diesel se terminera en 2006. Les LMSM-CANMET, un des membres fondateurs du consortium de recherche, ont été très actifs en tant que secrétaire, président du Comité technique et membre du Conseil de gestion. En 2005, les LMSM-CANMET ont participé activement au dernier projet de démonstration sur le terrain, lequel a évalué le rendement de modules de filtration des particules diesel à efficacité élevée (90 % - 95 %). Suivant ces travaux, Inco Limitée a installé cette technologie sur plusieurs véhicules de production lourds utilisés dans les mines de Sudbury. La mine Brunswick de la compagnie Falconbridge, située à Bathurst au Nouveau-Brunswick, appuie elle aussi l'utilisation de cette technologie, à la suite d'un projet similaire exécuté par le consortium en collaboration avec les LMSM-CANMET.

Surveillance sismique pour l'extraction du pétrole lourd

La récupération économique du pétrole des sables bitumineux du Canada repose sur des procédés thermiques, comme l'injection cyclique de vapeur d'eau. Ces procédés peuvent causer des fuites de pétrole par les fissures des conduites d'injection et de pompage. Une défaillance dans une conduite cause un manque à gagner estimé à quelque 25 000 \$ par jour et, si tout le réseau est touché, des investissements et des réserves de pétrole d'une valeur de 60 millions de dollars peuvent être compromis. Une contamination des eaux de surface et souterraines peut aussi survenir. En collaboration avec une compagnie canadienne, les LMSM-CANMET ont créé un logiciel qui classifie automatiquement les événements microsismiques observés et assure une surveillance en temps réel, permettant de déceler toute défaillance éventuelle des conduites d'injection. La compagnie utilise cette technologie comme système d'avertissement rapide des défaillances des conduites, laquelle réduit grandement le risque sur l'environnement et améliore leur productivité.

Nouvelles méthodes de lixiviation améliorant l'extraction de l'argent et de l'or

Des recherches fondamentales en cyanuration ont porté sur les mécanismes de lixiviation de la calavérite (un tellurure d'or), dont la cinétique de lixiviation est lente. En ayant recours à

l'expertise en minéralogie pour synthétiser la calavérite et en analyse de surface pour quantifier les produits de réaction superficielle, de nouveaux mécanismes de lixiviation liés aux principales composantes identifiées ont été proposés. Il a été démontré que la calavérite peut se dissoudre beaucoup plus rapidement que dans les conditions de lixiviation usuelles. Après un essai rigoureux dans les laboratoires des LMSM-CANMET, un producteur d'or du Mali a apporté des modifications à son usine, lesquelles ont eu pour effet d'augmenter la récupération en or de 4 % et d'accroître la production de 16 000 onces par année.

Transfert technologique

L'approche dynamique utilisée pour transférer l'information technique par l'intermédiaire du NEDEM, l'INMOA et l'Alliance mondiale de recherche minière est extrêmement efficace pour promouvoir la conscience environnementale et la compréhension des principes de développement durable en relation avec l'industrie minière et la société. Ces initiatives multipartites diffusent des informations techniques auprès d'un réseau de plus de 1 500 personnes qui travaillent pour l'industrie minière, les gouvernements, les milieux universitaires et des sociétés d'experts-conseils situées partout dans le monde. Ces initiatives sont aussi très utiles pour déterminer les lacunes dans le domaine de la recherche, minimiser le dédoublement d'activités et de réduire les responsabilités environnementales.



Elizabeth Giziewicz – Elizabeth Giziewicz (Ph.D.) a été rédactrice en chef du bulletin R-Net, qui diffusait les plus récentes informations sur les nouvelles technologies du recyclage. Les LMSM-CANMET ont publié ce bulletin deux fois par an au cours des neuf dernières années. Le numéro de mars 2006 marquait la fin de cette publication.

Liste des clients

En plus d'appuyer des initiatives gouvernementales, les LMSM-CANMET fournissent des services de R-D afin de répondre aux besoins des compagnies minières et d'organisations connexes. Ces travaux illustrent la pertinence des activités des LMSM-CANMET. Les rapports soutenus que les LMSM-CANMET entretiennent avec l'industrie facilitent la prévision et l'établissement des orientations futures de la recherche.

En 2005, 64 rapports confidentiels ont été produits pour des clients de l'industrie, en plus des publications énumérées dans ce document. Nous nous réjouissons de la possibilité de travailler avec ces compagnies et ces organisations, et nous souhaitons maintenir notre collaboration avec elles et l'étendre à de nouvelles en 2006.

10

- Alberta Research Council
- Mines Agnico-Eagle Limitée
- Les Ressources Aur Inc.
- Association minière du Québec
- Barrick Gold Corporation
- Ministère de l'Environnement de la C.-B.
- Ministère de l'Énergie et des Mines de la C.-B.
- Bema Gold Corporation
- Ressources Breakwater Ltée
- Cambior inc.
- Corporation Cameco
- ORIMCA
- ACDI
- Cummins Inc.
- DCL International Inc.
- École Polytechnique de Montréal
- Environnement Canada
- European Powder Metallurgy Association
- Falconbridge – Mine Brunswick
- Commission géologique du Japon, AIST
- GMS Technologies Ltd.
- Golder Associés Ltée
- Gouvernement de Terre-Neuve-et-Labrador
- Grande Cache Coal Corporation
- Hydro-Québec
- Inco Limitée
- Affaires indiennes et du Nord Canada
- Compagnie minière IOC
- Iveco Motors of North America
- Klohn Krippen Consultants Ltd.
- Lafarge Canada Inc.
- Université Laurentienne
- Memorial University of Newfoundland
- Mine Beaufor
- Mine Niobec
- MINTEK
- Mitsubishi Engine North America Inc.
- Nature Works Remediation Corporation
- Nickel Producers Environmental Research Association
- Noranda Inc.
- Collège communautaire du Nord-Ouest
- Placer Dome Ltd. (coentreprise Porcupine)
- Potash Corporation of Saskatchewan
- Travaux publics et Services gouvernementaux Canada
- Monnaie royale canadienne
- SOREDEM
- Surface Science Western Laboratories
- Testmark Laboratories Inc.
- Transports Canada
- University of Waterloo
- University of Windsor
- Voisey's Bay Nickel Company Limited
- Wesdome

Liens entre les sciences et les politiques

BON NOMBRE DES PROJETS ET DES ACTIVITÉS DES LMSM-CANMET ont des liens directs avec les politiques ou contribuent directement à la résolution d'enjeux politiques et réglementaires, comme l'illustrent les exemples ci-après :

Comités consultatifs

Dans le cadre de leur rôle de conseillers auprès des responsables de la réglementation, les LMSM-CANMET ont siégé sur deux comités consultatifs importants au cours de l'année et ont offert leurs commentaires à Environnement Canada. Dans le cadre du Groupe consultatif multilatéral environnemental sur les métaux communs, les LMSM-CANMET ont fait des recommandations relativement à de nouvelles mesures de réduction proposées pour les émissions de dioxyde de soufre et de particules provenant des usines de fusion de métaux communs. Les LMSM-CANMET ont aussi contribué aux travaux du Groupe conseil multilatéraux sur le *Règlement sur les effluents des mines de métaux*, lors de l'examen des révisions qu'il était proposé d'apporter au Règlement.

Études d'impact sur l'environnement de l'exploitation minière

Les études d'impact sur l'environnement de l'exploitation minière fournies par les LMSM-CANMET sont une précieuse composante du processus exécuté en vertu de la *Loi canadienne sur l'évaluation environnementale* (LCEE), particulièrement en cette période de croissance soutenue dans l'industrie minière canadienne. En 2005, les LMSM-CANMET ont fourni des révisions techniques détaillées d'études d'impact sur l'environnement des projets d'exploitation minière canadiens de grande envergure suivants, ou divers projets connexes :

- Kemess North
- Mount Klappan
- Victor Diamond
- Meadowbank Gold
- Red Chris
- Wolverine
- Doris North
- Sea-to-Sky Highway

Transformation/Dissolution (T/D) des métaux

Des données des LMSM-CANMET sur les caractéristiques de la T/D de la poudre de nickel métallique ont été utilisées par l'Union européenne (UE) dans son évaluation des risques environnementaux liés au nickel métallique. De plus, des données des



11

LMSM-CANMET pour un alliage de fer-cuivre sont utilisées dans d'autres mesures de protection de l'environnement prises par l'UE. Enfin, les LMSM-CANMET participent, notamment à titre de l'un des principaux laboratoires, à l'étude de validation de l'ébauche du protocole de l'Organisation de coopération et de développement économiques sur la T/D des métaux et des composés métalliques modérément solubles.

Formation de travailleurs miniers

Conjointement avec la Commission scolaire de l'Or-et-des-Bois, la Mine-laboratoire des LMSM-CANMET, située à Val-d'Or, au Québec, continue d'offrir des modules de formation à des travailleurs miniers, comme l'exigent les règlements miniers du Québec. Plus de 2 000 travailleurs miniers ont reçu de la formation à la Mine-laboratoire au cours des dix dernières années.

Surveillance de l'exposition des mineurs aux particules diesel

Les composants solides d'échappement des moteurs diesel renferment des substances connues comme cancérigènes chez les humains. Il est donc très important de réduire à la source les émissions de particules diesel. Par conséquent, plusieurs provinces ont modifié ou modifient actuellement les lois concernant les limites d'exposition aux particules diesel en milieu minier. En collaboration avec l'Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail, les LMSM-CANMET ont entrepris une étude dans deux mines québécoises et plusieurs garages d'autobus urbains, afin de comparer des méthodes d'analyse des particules diesel et de contribuer à la détermination des niveaux d'exposition dans les mines et ailleurs. Le personnel des LMSM-CANMET a participé à des réunions du Sous-comité du diesel du Comité de révision de la législation minière de



Lucie Morin – Lucie Morin, technologue au sein des LMSM-CANMET, est aussi très active dans l'Équipe d'intervention d'urgence et sur le Comité de santé et de sécurité au travail de l'organisme.

l'Ontario, afin de discuter des résultats de l'étude et de leurs répercussions. La participation des LMSM-CANMET à une révision antérieure de la législation a mené à d'importantes réductions de la limite d'exposition aux particules diesel au Québec (de $1,5 \text{ mg/m}^3$ à $0,6 \text{ mg/m}^3$) et à l'adoption d'une procédure très précise pour l'analyse des particules diesel en Saskatchewan.

Gestion des boues

La recherche sur la gestion des boues effectuée par les LMSM-CANMET a donné lieu à des modifications des lignes directrices sur l'élimination des rejets secondaires en Colombie-Britannique. Conformément à la recherche effectuée par les LMSM-CANMET, les promoteurs doivent maintenant prévoir la qualité des rejets secondaires produits dans le procédé de traitement ainsi que la quantité de ces rejets et déposer un plan d'élimination acceptable afin d'assurer la sécurité physique et la stabilité géochimique. De la recherche sur la stabilité des boues de traitement dans divers environnements, à l'étape de leur élimination, a été utilisée pour appuyer ces lignes directrices.

Contribution à la réglementation minière canadienne

De nombreuses activités de recherche permanentes des LMSM-CANMET (p. ex. celles qui sont décrites dans ce rapport) visent l'amélioration des normes de santé et de sécurité des travailleurs comprises dans la réglementation minière. Ainsi, les essais non destructifs des câbles métalliques des machines d'extraction auront un impact direct sur la réglementation et mèneront à des modifications des pratiques autorisées, particulièrement dans le cas des mines profondes.



Faits saillants en sciences



LES RÉALISATIONS SUIVANTES donnent un aperçu de l'envergure des recherches scientifiques réalisées par les LMSM-CANMET. Les activités sont classées selon qu'elles ont trait à la R-D, à la consultation technique, aux projets spéciaux et aux services de soutien.

Recherche et développement

Programmes miniers

Contraintes thermiques dans les mines

En collaboration avec l'Université d'Ottawa et dans le cadre du Consortium de recherche sur le minage en profondeur, les LMSM-CANMET ont lancé un projet visant à réduire l'incidence des contraintes thermiques chez les travailleurs dans les mines profondes. Ce projet pluriannuel comporte plus d'un volet. Il comprend en effet une analyse documentaire, une évaluation des dispositifs de surveillance de la chaleur couramment utilisés sous terre, les lignes directrices et les règlements mondiaux qui s'appliquent aux mines canadiennes mécanisées de grande profondeur, la caractérisation des tâches minières et l'évaluation, dans des conditions contrôlées, des contraintes liées à ces tâches. Une fois ces travaux terminés, ils permettront de sélectionner des instruments appropriés pour le suivi des contraintes thermiques, l'élaboration de lignes directrices évolutives et davantage protectrices et, finalement, la formulation de règlements. Ces travaux permettront aussi d'identifier les paramètres responsables de la chaleur ainsi que les mécanismes favorisant ou freinant le refroidissement, afin de mieux protéger les travailleurs. Ces mécanismes pourraient inclure des méthodes d'extraction modifiées, des tissus novateurs, des gilets refroidissants et des microclimats climatisés.

Ventilation minière sur demande

La ventilation de grandes mines souterraines mécanisées dont l'équipement est alimenté au diesel est très coûteuse. Un débit d'air constant est fourni dans de nombreux chantiers en production, malgré le fait que les travaux d'extraction ne représentent qu'un faible pourcentage de l'activité réelle des

chantiers. La hausse croissante du coût d'énergie et la concurrence féroce sur le marché international mettent en évidence le besoin d'un contrôle centralisé des infrastructures de ventilation. La ventilation sur demande contribuera à réduire les coûts associés à cette activité. Elle aidera les exploitants miniers à fournir de meilleures conditions de travail en ajustant le débit de ventilation en fonction de l'activité minière réelle. Les LMSM-CANMET collaborent activement avec le secteur privé et les partenaires de l'industrie minière en vue de regrouper toutes les composantes qui permettront d'appliquer ce concept avec succès dans une mine en exploitation.

Remblai et soutènement de terrain

Dans le cadre d'un mandat du Consortium de recherche sur le minage en profondeur et en étroite collaboration avec plusieurs compagnies minières canadiennes, les LMSM-CANMET ont effectué des essais en laboratoire afin d'étudier les propriétés et le comportement d'un nouveau type de remblai appelé gelfill. Les paramètres étudiés comprenaient l'influence des environnements de mûrissement, les séquences de mélange, les floculants et le gel utilisé comme adjuvant. Les résultats de cette étude auront d'importantes retombées sur l'industrie minière car ils permettront de définir les applications spécifiques du gelfill par rapport à d'autres types de remblai. Le Consortium appuie également un autre projet de recherche lié au comportement du soutènement du roc sous chargement statique et dynamique, c.-à-d. le comportement d'éléments de soutènement, tels les boulons coniques et les boulons à friction. Ce projet permet de combler les lacunes sur le plan des connaissances relativement au comportement des éléments de soutènement. Il contribuera à orienter les futures activités de R-D appuyées par l'industrie, en ce qui concerne la performance des systèmes de soutènement dans les environnements miniers situés à grande profondeur et sous contrainte élevée.

Caractérisation des matériaux rocheux et comportement du terrain

Une série d'essais a été réalisée au laboratoire de la mécanique des roches des LMSM-CANMET en vue de vérifier l'efficacité de divers adjuvants utilisés pour réduire la perméabilité et améliorer la performance des produits

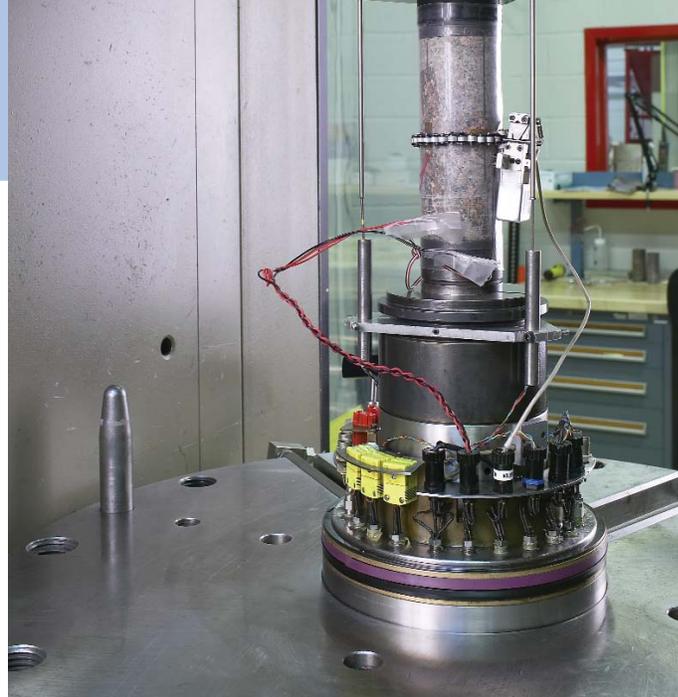
du béton. La stabilité de l'équipement de chargement utilisé et la gamme des pressions disponibles étaient essentielles pour fournir un débit de fluide uniforme minimal à travers les échantillons pendant plusieurs heures, et obtenir des mesures précises. D'autre part, des essais de compression triaxiale ont été effectués sur des échantillons de roche intacte et altérée de volume élevé, afin de déterminer leur résistance maximale et résiduelle. Ces propriétés sont essentielles pour prévoir la stabilité à court et à long terme des excavations à ciel ouvert et souterraines, tels les fosses, les puits et les tunnels de mine. Un système de contrôle du chargement de haute performance et la polyvalence de l'équipement utilisé ont permis un enregistrement continu et complet des courbes de résistance des échantillons, sans modifier les conditions d'essai ou affecter le comportement des échantillons.

Essais de déformabilité à la Mine-laboratoire

Parallèlement aux activités en laboratoire décrites ci-dessus, les LMSM-CANMET ont également effectué des études en chantier relativement à la stabilité des ouvertures souterraines. En 2005, une série de trous ont été forés à la Mine-laboratoire, située à Val-d'Or, pour prélever des échantillons et déterminer la déformabilité de la roche en place. Les trous ont été forés dans différents types de roche, représentatifs de la géologie de la Mine-laboratoire. Ces travaux font partie d'un projet de recherche à long terme exécuté avec les chercheurs de l'École Polytechnique de Montréal et commandité par l'Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail. Le but de ce projet est d'étudier et d'analyser le comportement des matériaux et des massifs rocheux, en fonction de l'échelle des ouvertures et du niveau d'endommagement observé à leur périphérie. Les résultats du projet permettront d'améliorer la qualité des modèles utilisés pour évaluer la stabilité des ouvertures et, ultimement, accroître la sécurité des travailleurs dans les mines souterraines.

Technologies pour l'amélioration de l'efficacité de la fragmentation du roc en vue de réaliser des économies d'énergie et de réduire les GES

En 2005, les LMSM-CANMET ont utilisé leur vaste expertise en contrôle de terrain, en ingénierie des mines à ciel ouvert et souterraines, en traitement des minéraux, en technologie de l'in-



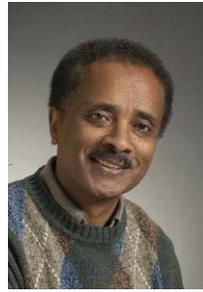
formation et en minéralogie appliquée pour initier un programme de recherche visant une intégration optimale des activités de la mine et du concentrateur. L'objectif consistait à optimiser la distribution de l'énergie requise pour la fragmentation du roc entre les activités de sautage, de concassage et de broyage, permettant ainsi de maximiser l'efficacité énergétique globale de ces procédés. Les essais étaient conçus pour démontrer qu'une telle approche peut réduire la consommation d'énergie, contribuant ainsi à réduire la production de GES dans l'industrie minière canadienne. Ces travaux réalisés en collaboration avec DynoConsult et Dyno Nobel Canada Inc. ont démontré que cette approche peut effectivement se traduire non seulement par une réduction de la consommation d'énergie dans les procédés de fragmentation, mais aussi par une augmentation de la production de l'usine.

Sources d'énergie de remplacement pour les véhicules miniers

Plusieurs initiatives sont en cours aux LMSM-CANMET pour remplacer les combustibles fossiles et, tout particulièrement, le diesel dans les opérations minières souterraines, afin d'améliorer l'environnement de travail. Par exemple, un projet de R-D en cours a pour but de mettre au point une chargeuse-navette de 1,5 m³, en collaboration avec Mining Technologies International et d'autres partenaires de l'industrie. Ce projet pourrait permettre d'améliorer l'efficacité énergétique et la qualité de l'environnement de travail, tout en réduisant la production de gaz à effet de serre. La conception du prototype a été achevée en 2005 et les composantes ont été choisies. Les essais souterrains devraient débiter au milieu de l'année 2006.

Sécurité des machines d'extraction

La sécurité de fonctionnement des machines d'extraction est l'une des priorités des LMSM-CANMET, lesquels possèdent une expertise reconnue dans le domaine. L'utilisation accrue des



Tesfaye Negeri - Tesfaye Negeri (Ph.D.) est ingénieur de recherche principal en traitement des minéraux. Il est spécialiste de la flottation et gestionnaire du Programme de la minéralogie et des procédés métallurgiques.

systèmes électroniques programmables (SEP), pour contrôler le fonctionnement des machines d'extraction, représente un défi de taille, dont celui d'assurer la sécurité des travailleurs en tout temps. Un important projet, consistant à élaborer et publier une fiche technique sur l'utilisation des machines d'extraction contrôlées par SEP, a été achevé en 2005. Les LMSM-CANMET continuent de tester et d'évaluer de nombreuses machines d'extraction partout au Canada et à l'étranger.

Communications souterraines sans fil

Des travaux exécutés en 2005 avec le Laboratoire de recherche en communication souterraine de l'Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue ont permis de faire avancer les connaissances sur la propagation des ondes dans les environnements souterrains. Des essais ont été effectués au moyen d'un système sans fil de 10 GHz et d'une portée maximale de 500 m. Les efforts consacrés permettront ultimement de transférer l'information en temps réel entre la surface et les opérations souterraines, ce qui accroîtra la sécurité et l'efficacité dans les mines. De plus, un système de surveillance du personnel travaillant seul a été essayé et mis au point à la Mine-laboratoire. Ce système permet d'initier une série de mesures pour informer les responsables de l'opération dans l'éventualité où un travailleur seul ne peut se rapporter à son superviseur, tel que prévu.

Programmes de procédés métallurgiques et d'environnement

Utilisation d'ettringite pour la stabilisation de rejets miniers

Le ciment Portland est utilisé en tant que liant dans les matériaux de remblayage destinés aux mines et comme instrument de stabilisation de rejets miniers. Toutefois, cette approche entraîne des coûts élevés. En étroite collaboration avec une compagnie canadienne, les LMSM-CANMET ont tenté de développer un liant économique servant à la stabilisation des matériaux de remblayage, des résidus de lixiviation et des résidus miniers sulfurés, en utilisant des sous-produits peu dispendieux, tel que des scories, des cendres volantes de centrales électriques, de la chaux et du gypse. Le mélange de quantités adéquates de

ces substances, dans les conditions appropriées (broyage, brassage, température et teneur en eau), s'est traduit par la solubilisation des ions qui, sous des conditions alcalines spécifiques peuvent se combiner pour produire un liant cimenté. Le principal liant d'intérêt potentiel utilisé dans ces travaux était le minéral appelé ettringite qui a pu être synthétisé et utilisé pour solidifier et stabiliser des scories granulées non ferreuses et un résidu de lixiviation d'une latérite.

Amélioration de la teneur et de la récupération grâce à un conditionnement à haute efficacité de la pulpe de flottation

Une alliance de recherche stratégique entre COREM et les LMSM-CANMET au cours des cinq dernières années a permis de mettre au point plusieurs technologies de traitement ayant un important potentiel. L'efficacité du procédé de flottation dépend en grande partie des conditions du traitement préalable de la pulpe avant la flottation. Le conditionnement à haute efficacité est une des technologies qui a fait l'objet d'un projet pilote et qui a permis d'améliorer considérablement l'efficacité de la flottation. Il est prévu que cette technologie sera mise à l'essai en usine en 2006.

Autres retombées importantes de la recherche en hydrométallurgie des métaux communs

La productivité de l'industrie métallurgique canadienne a été accrue par une meilleure compréhension du comportement de divers éléments dans les procédés d'électroaffinage du cuivre et de la clarification de la lixiviation des minéraux de sulfure de zinc à une pression atmosphérique. Plus particulièrement, le comportement de l'or durant l'électroaffinage du cuivre a été étudié et une comparaison des techniques Mossbauer et XANES a été réalisée en vue de définir l'état de valence de l'or. La technique XANES a été utilisée pour la première fois en ce qui a trait à l'or dans des produits affinés du cuivre. Les travaux ont montré une dissolution imprévue d'une quantité d'or dans l'électrolyte d'affinage à base de sulfate. D'autres études sont actuellement en cours en vue d'appliquer la technique XANES à l'antimoine dans les procédés d'affinage du cuivre. De nombreuses autres pistes de recherche prometteuses ont été exploitées, incluant la lixiviation de la sphalérite dans des milieux de sulfate de fer pour des concentrés de zinc; les causes de la faible

récupération de l'argent durant la lixiviation par cyanuration; la séquestration d'éléments toxiques par des composés du type jarosite; et de nouvelles techniques pour le traitement des poussières de fours électriques à arc.

Option pour l'élimination des résidus hydrométallurgiques des procédés d'oxydation et de lixiviation sous pression

De nombreux procédés hydrométallurgiques produisent des résidus qui, comme les autres rejets miniers, doivent être éliminés d'une façon particulière. En coopération avec une compagnie canadienne, les LMSM-CANMET poursuivent des études à long terme en laboratoire afin d'évaluer l'élimination, en milieu terrestre et subaquatique, des résidus de lixiviation. Deux types de résidus de lixiviation sont mis à l'essai : un résidu d'oxyde de fer contenant du soufre élémentaire et un composé de gypse/ferrihydrate contenant un résidu de neutralisation. L'élaboration de stratégies de gestion à long terme et d'élimination des résidus de lixiviation appuiera le remplacement de la fusion par des procédés hydrométallurgiques et, indirectement, minimisera la problématique de la qualité de l'air liée au traitement métallurgique.

Guyana : Projet de développement de la capacité de gestion environnementale (GENCAPD)

Le projet GENCAPD a été conçu pour développer l'expertise environnementale de plusieurs institutions clés du secteur minier de la Guyana et pour élaborer un cadre réglementaire qui favorisera la mise en valeur durable des ressources minérales de ce pays. La phase I s'est échelonnée sur six ans et a pris fin en 2005. Elle a coûté 3,75 millions de dollars et a été financée par l'Agence canadienne de développement international (ACDI). Elle a mis l'accent sur le développement des capacités techniques et des compétences en matière de gestion au sein des institutions clés, y compris la Commission géologique et minière de la Guyana, l'Environmental Protection Agency et la Guyana Gold and Diamond Miners Association. Les LMSM-CANMET ont proposé une phase II, laquelle a pour but de combler les lacunes observées au cours de la phase I. La phase II, d'une durée de trois ans, devrait être approuvée en 2006 et portera sur la formation pratique soutenue par des notions théoriques. Le but est de permettre progressivement aux intervenants guyanais d'assurer la

prestation de formation en environnement et ainsi favoriser la durabilité.

Mobilisation de l'arsenic

Après plus de huit décennies d'extraction de l'argent au camp minier de Cobalt, dans le Nord de l'Ontario, des volumes élevés de résidus miniers contenant de l'arsenic se retrouvent sur de grandes superficies dans des cours d'eau adjacents et le long de ceux-ci. Le réseau de drainage de la région est donc contaminé par de l'arsenic dissous dans des concentrations qui sont au moins supérieures au critère canadien actuel de qualité de l'eau potable, qui est de 0,025 mg/L. Pour clarifier les processus actuels de transformation et de mobilisation de l'arsenic, des études détaillées ont été effectuées en utilisant des sédiments résiduels prélevés dans une zone humide située à North Cobalt. L'utilisation sur le terrain de membranes échangeuses d'ions, parallèlement à des essais de sorption/désorption en laboratoire, a démontré que les résidus submergés sont probablement une source d'arsenic plutôt qu'un puits d'arsenic pour les cours d'eau environnants. En outre, la rareté des phases ferrugineuses a fait des minéraux d'aluminium les principaux sorbants de l'arsenic, même si le phosphore leur livrait une forte concurrence pour s'accaparer les sites de sorption disponibles. Des essais de réduction-oxydation complétés au moyen d'analyses par synchrotron ont démontré que les changements dans les produits arsénifères se produisaient facilement lors de changements dans les conditions de réduction-oxydation, engendrant une remobilisation rapide de l'arsenic. Les analyses de micro-organismes permettent de croire qu'une sulfatoréduction se produit localement dans la zone humide et qu'elle peut entraîner une coprécipitation de l'arsenic en contact avec la pyrite framboïdale. Ces observations sont utiles pour élaborer des plans de restauration efficaces afin d'atténuer le transport aqueux de l'arsenic dans l'ancien camp minier.

Examen critique de la submersion hauturière des résidus

En vue de fournir un examen détaillé de la science et de la technologie actuelles reliées à la submersion hauturière des résidus (SHR), les LMSM-CANMET, en collaboration avec l'Australian Commonwealth Scientific and Industrial Research





Organization, ont procédé à un examen critique afin d'identifier les lacunes sur le plan des connaissances sans se prévaloir de jugements de valeur. Même si les domaines de recherche additionnelle requise pour faire progresser la SHR ont été décrits en détail, aucune priorité n'a été établie. Les enjeux clés qui touchent actuellement la SHR ont été identifiés grâce à une nouvelle analyse de l'information examinée du point de vue d'une évaluation qualitative des risques et des avantages de la SHR, et grâce à l'incorporation d'informations supplémentaires à la suite d'une recherche bibliographique ciblée. D'ailleurs, des travaux prioritaires visant à accroître l'acceptabilité de la SHR ont été proposés. De plus, les risques réels et perçus de la SHR en ce qui concerne les impacts biologiques, chimiques et physiques ont été déterminés.

Options pour l'élimination, la réutilisation et le retraitement des boues de traitement

La gestion des boues est un enjeu de plus en plus grand étant donné que les stocks de boues ne cessent de s'accroître en raison du traitement permanent du drainage acide et des effluents des usines de concentration. En général, les pratiques actuelles de gestion des boues ne sont pas bien planifiées et fréquemment ne tiennent pas compte du stockage à long terme et, dans certains cas, de la stabilité à long terme. Les LSM-CANMET ont procédé à un examen des options et des pratiques de gestion des boues, pour le NEDEM. Cet examen a porté sur les technologies d'entreposage des boues de traitement et a évalué les technologies disponibles de gestion des boues à long terme, incluant des technologies d'élimination traditionnelle, des options de retraitement pour la récupération des métaux, de nouvelles technologies de réutilisation des boues et la restauration des sites d'élimination des boues.

Critères de qualité de l'eau et toxicologie aquatique

En 2005, les LSM-CANMET ont continué d'utiliser leurs installations de toxicologie aquatique afin d'effectuer de la recherche liée à la toxicité et d'établir des critères de qualité de l'eau. Ces critères propres à des sites, de même que la dérivation de critères du cuivre pour deux sites miniers, ont été élaborés. Les travaux ont aussi compris l'achèvement et la validation d'un

modèle du ligand biotique chronique (MLBC) du cuivre pour le *Ceriodaphnia dubia*, la validation de modèles de spéciation chimique et de modèles de toxicité aiguë existants, et l'élaboration d'un MLBC aigu du nickel pour le *Daphnia pulex* en eau douce. Des travaux additionnels sur la caractérisation de la toxicité aquatique aiguë de diverses substances inorganiques figurant sur la Liste intérieure des substances du Canada ont aussi été réalisés. Les données toxicologiques ont été produites en utilisant l'invertébré aquatique sensible *Daphnia pulex* acclimaté aux eaux appauvries d'ions. De l'information a été transmise à Environnement Canada afin de participer aux décisions sur la catégorisation, conformément à la *Loi canadienne sur la protection de l'environnement* (1999).

Identification des dangers liés aux métaux

Les LSM-CANMET ont continué de participer à titre de principal laboratoire dans un programme international d'essais comparatifs interlaboratoires, afin de valider l'ébauche du protocole sur la transformation/dissolution (PT/D) des métaux et des composés métalliques modérément solubles dans le cadre de l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE). L'étude a comporté 128 essais qui ont donné lieu à 3 012 analyses de métaux pour chacun des laboratoires. En 2005,



des analyses statistiques préliminaires des résultats interlaboratoires et l'ébauche d'un rapport ont été produites. Il est proposé dans ce rapport que les données produites par le PT/D sont reproductibles et que, par conséquent, le PT/D est une méthode fiable pour mesurer le taux et la proportion dans lesquels les métaux et les composés métalliques libèrent des ions métalliques dans les milieux aqueux et qu'il satisfait aux besoins d'identification des dangers.

Les métaux dans les sols

Les LMSM-CANMET procèdent à l'avancement d'un programme de recherche sur les métaux dans les sols. Le programme a été initié par suite d'un atelier international, tenu à Ottawa, pour discuter des principales orientations de la recherche en vue d'aborder l'incertitude liée aux impacts potentiels des métaux dans les sols et de l'élaboration d'un document visant à définir les besoins actuels en matière de recherche et les lacunes perçues dans les politiques qui serviront de base à la création d'un programme de recherche solide.

Évaluation du cycle de vie

Les LMSM-CANMET sont l'un des coprésidents de la réunion annuelle pour l'Amérique du Nord de la Society of Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC). Cette réunion comportant plus de 100 séances plénières aura lieu à Montréal en novembre 2006 et devrait attirer quelques milliers de délégués. De plus, les LMSM-CANMET représentent le Canada au sein du comité d'orientation de l'initiative du PNUE/de la SETAC sur le cycle de vie et président le groupe de travail chargé du volet de l'épuisement des ressources dans le contexte de l'évaluation du cycle de vie. En collaboration avec des représentants des industries d'aluminium, du fer et d'acier et du Conseil international des mines et métaux, les LMSM-CANMET élaborent actuellement des méthodes pour évaluer le recyclage dans le contexte de l'évaluation du cycle de vie. Il ne fait aucun doute que les enjeux liés à l'évaluation du cycle de vie des métaux doivent être précisés et, à cette fin, les LMSM-CANMET ont fait une présentation sur la gestion durable des matériaux lors d'un atelier technique de l'OCDE. Ils ont été



Chantale Doucet - Chantale Doucet est ingénieure en contrôle de terrain et se spécialise dans l'évaluation des paramètres géomécaniques de la conception minière et la caractérisation du remblai.

invités à donner un exposé sur les impacts environnementaux liés aux échanges commerciaux lors d'un atelier tenu au Japon.

Systèmes biologiques pour le traitement de la toxicité des effluents

Les LMSM-CANMET ont remporté beaucoup de succès pour une étude des systèmes biologiques, laquelle visait à atténuer la toxicité due à la présence de produits azotés et cyanurés dans les effluents des mines aurifères. Ils ont joué un rôle de premier plan dans sa promotion au Canada, par la recherche, les présentations, les publications et les discussions tenues avec l'industrie. Grâce à l'assistance des LMSM-CANMET, une compagnie canadienne a mis sur pied et exploite présentement une usine de traitement biologique. Cette usine compte parmi les premières applications d'envergure de cette technologie au Canada. Il ne fait aucun doute que cette réalisation incitera d'autres sites miniers à adopter cette technologie, permettant ainsi au secteur de satisfaire les exigences de production d'effluents non toxiques en vertu du nouveau *Règlement sur les effluents des mines de métaux*. La poursuite des travaux dans ce domaine est présentement examinée avec les fournisseurs d'équipements.

Lixiviation des métaux et drainage rocheux acide

Des études de cas ont été effectuées sur trois sites miniers en Colombie-Britannique. L'objectif était de fournir des renseignements sur les exigences générales et les limites concrètes des différentes approches de traitement proposées, sur l'efficacité des stratégies mises en place à l'égard de la lixiviation des métaux (LM) et du drainage rocheux acide (DRA), et les répercussions sur la gestion permanente. L'évaluation et l'atténuation de la LM/DRA retiennent l'attention depuis relativement peu de temps (les deux dernières décennies) et il existe peu d'expérience pratique à long terme pour la plupart des stratégies de caractérisation des matériaux et d'atténuation des effets sur l'environnement. Il y a donc lieu de montrer les limites et les avantages concrets de ces pratiques, en se basant sur des données réelles provenant de sites où ces pratiques ont été appliquées. L'information fournie comprend notamment les conditions spécifiques des sites étudiés, les paramètres de conception et de performance des méthodes utilisées, les résultats de suivi et les



défis qui restent à relever. Cette information fournira des principes directeurs aux responsables de l'industrie et de la réglementation et à la population en général, chargés d'évaluer les stratégies proposées pour la fermeture des sites miniers. Les données permettront aussi à mieux évaluer les responsabilités financières liées aux sites miniers et les impacts environnementaux futurs. Une liste des besoins éventuels en information et des facteurs à considérer pour l'évaluation et l'atténuation de la LM/DRA a été produite dans le cadre de ces travaux. Cette liste est disponible sur le site Web du NEDEM.

Consultation technique

En plus de réviser les études d'impact sur l'environnement des projets miniers en vertu du processus prévu par la LCEE, les LMSM-CANMET sont fréquemment invités à fournir des conseils techniques et proposer des principes directeurs, officiels et officieux, sur divers sujets auprès de différentes organisations, incluant les gouvernements provinciaux et territoriaux.

La Société de développement du Cap-Breton (SDCB)

La SDCB procède actuellement à la fermeture de ses opérations et à la liquidation de ses actifs. Elle a mis en œuvre un programme de fermeture de tous les sites inclus dans son portefeuille de propriétés. Des groupes de travail ont été mis sur pied afin de traiter divers aspects de ce programme. Les LMSM-CANMET sont membres du Groupe de travail sur la remise en état et la restauration des sites, et à ce titre, fournissent des conseils d'expert à l'égard des projets étudiés. Parmi les activités menées en 2005, notons l'examen par des pairs des technologies proposées pour la fermeture de sites, et l'organisation et la participation à un atelier sur le « Passive Treatment and Mine Pool Evolution », lequel a eu lieu aux bureaux de la SDCB à Sydney, en Nouvelle-Écosse.

Le Nord

Un des objectifs généraux des LMSM-CANMET est d'agir à titre de ressource technique auprès des gouvernements du Nord (territoriaux), tout particulièrement en ce qui concerne l'évaluation de technologies environnementales actuelles pour l'aménagement sécuritaire de nouvelles mines et la fermeture de mines existantes. À la demande du ministère des Affaires indiennes et du Nord canadien (AINC), les LMSM-CANMET ont organisé à Yellowknife un atelier d'une journée sur les aspects techniques de la gestion des résidus miniers dans le Nord. L'atelier a remporté un franc succès. Il a donné un aperçu des meilleures pratiques présentement utilisées, des technologies émergentes et de l'étendue des ressources des LMSM-CANMET actuellement à la disposition du personnel d'AINC.

Assistance auprès des groupes autochtones

Les LMSM-CANMET ont fourni des principes directeurs d'ordre technique destinés aux « Gitxsan Hereditary Chiefs », relativement à l'étude d'impact sur l'environnement d'un projet minier situé en territoire autochtone auprès du bureau des évaluations environnementales de la Colombie-Britannique. Les LMSM-CANMET ont aussi offert un atelier sur le drainage acide et sa prévision lors du « North American Indigenous Mining Summit ». Enfin, ils ont fourni des lignes directrices aux « Wet'suwet'en Hereditary Chiefs ».

Projets spéciaux et services de soutien

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

Parmi les questions prioritaires examinées dans le cadre du NEDEM au Canada en 2005, notons les études sur les températures froides, la gestion des boues, et la proposition de lignes directrices pour l'évaluation, la prévision et l'atténuation du drainage acide et la lixiviation des métaux



(DA/LM). Des activités de transfert technologique ont été réalisées par le biais d'ateliers, de bulletins, de rapports techniques et de présentations. Une des principales activités a consisté en l'organisation et la tenue à Vancouver du 12^e Atelier annuel Colombie-Britannique/ NEDEM portant sur les défis à relever dans la prévision de la chimie des drainages. Enfin, le secrétariat du NEDEM est un partenaire régional de l'Alliance mondiale et participe à la production d'un guide international sur le drainage rocheux acide (DRA).

20

Initiative nationale pour les mines orphelines ou abandonnées (INMOA)

Les répercussions des mines orphelines ou abandonnées demeurent un enjeu sérieux pour le Canada. L'INMOA a coordonné la rédaction d'un rapport intitulé *Capacity Building for a National Inventory of Orphaned/Abandoned Mines in Canada*. Ce rapport recommande la création sur le Web d'un inventaire à interface géographique des mines orphelines ou abandonnées. Ressources naturelles Canada a été choisi à titre d'hôte du portail Web et un modèle de mise au point de la base de données techniques a été élaboré. L'INMOA a également procédé à un examen des lois, des règlements et des politiques en vigueur dans les différentes administrations provinciales et territoriales, concernant les mines orphelines ou abandonnées et les mines en exploitation au Canada. De plus, l'atelier « Assessment of Liabilities and Funding Options for Orphaned/Abandoned Mines » a eu lieu à Ottawa. Cet atelier a attiré 70 délégués de différents milieux et groupes d'intérêt.

Projet canadien des matériaux de référence certifiés (PCMRC)

Le PCMRC a entrepris l'élaboration de cinq nouveaux matériaux de référence, soit un matériau aurifère de source environnementale, un sulfure massif contenant un élément du groupe du platine, un concentré de plomb, un minerai de zinc-étain-cuivre-plomb et un minerai de nickel-cuivre-cobalt. Les quatre derniers matériaux remplacent des versions antérieures de matériaux courants.

Le Programme d'essais d'aptitude des laboratoires d'analyse minérale (PEA-LAM) a terminé sa huitième année d'existence avec environ 50 laboratoires participants situés au Canada, aux États-Unis, au Brésil, en Argentine, en Australie, au Chili, en Guinée, en Indonésie, en Irlande, au Maroc, au Pérou, en Afrique du Sud et en Tanzanie. Le PEA-LAM fournit aux laboratoires des échantillons exploratoires pour leur permettre d'évaluer leur capacité d'analyse. Les participants qui réussissent l'analyse reçoivent un certificat indiquant leur performance par rapport aux autres laboratoires. Un rapport final résume tous les résultats tout en préservant l'anonymat des participants. Le PEA-LAM est exécuté conformément au Guide 43-1 de l'ISO/CEI et au Guide 13:2000 de l'ILAC, afin de satisfaire les critères des laboratoires d'analyse canadiens. La participation des laboratoires au PEA-LAM n'est pas obligatoire, mais est cependant requise afin d'obtenir ou de conserver l'accréditation à la norme ISO/CEI 17025.

D'ailleurs, un employé du PCMRC représente le Canada à un comité de l'ISO pour les producteurs de matériaux de référence. Les LMSM-CANMET s'assurent de la protection des intérêts des compagnies canadiennes lorsque des révisions aux guides de référence sont apportées par le comité.

Groupe des services analytiques (GSA)

Le GSA a mis au point plusieurs nouvelles méthodes d'analyse, notamment la spéciation par la technique FIA du cyanure présent dans les lixiviats de traitement des minerais d'or, la détection d'acide acrylique et d'acrylamide par chromatographie ionique pour l'élimination des résidus miniers, et la spéciation d'anions majeurs et mineurs, de cyanates, de soufre, etc. par chromatographie ionique pour les effluents et les rejets miniers. Des méthodes spécialisées ont été élaborées pour améliorer les limites de détection aux fins d'analyse des traces de métaux dans l'environnement, au moyen de la spectroscopie induite par couplage des émissions optiques et du plasma. Des analyses spécialisées ont aussi été effectuées sur les éléments majeurs afin d'évaluer la stabilité et l'homogénéité des matériaux de référence.

Autres activités

Organisation d'ateliers et de symposiums

Outre les articles techniques présentés lors des conférences, les LMSM-CANMET ont participé activement à l'organisation de plusieurs symposiums et ateliers, comme le montre la liste partielle énumérée ci-dessous :

- 37th Canadian Mineral Processors Annual Operators Conference, Ottawa (Ontario), janvier 2005.
- Atelier international sur les métaux dans les sols : Lacunes scientifiques et problématiques réglementaires, Ottawa (Ontario), février 2005.
- Northern Latitudes/Canadian Land Reclamation Association Mining Conference, Dawson City (Yukon), mai 2005.
- Introduction to Metal Leaching and Acid Rock Drainage, Cours intensif au Northwest Community College, Smithers (Colombie-Britannique), juin 2005.
- Best Practices for Managing Acidic Drainage Workshop et Prediction Workshop au North American Indigenous Mining Summit, Edmonton (Alberta), juillet 2005.
- B.C. Mine Reclamation Symposium, Abbotsford (Colombie-Britannique), septembre 2005.
- Passive Treatment and Mine Water Workshop (SDCB), Sydney (Nouvelle-Écosse), octobre 2005.
- 11th Mining Diesel Emissions Conference (MDEC), Toronto (Ontario), octobre 2005.
- Workshop on Assessing Liabilities and Funding Options (dans le cadre de l'INMOA), Ottawa (Ontario), novembre 2005.
- Mine Waste Management in the North - Best Practices and Emerging Technologies, Yellowknife (Territoires du Nord-Ouest), novembre 2005.
- MEND Metal Leaching and ARD Workshop, Vancouver (Colombie-Britannique), novembre 2005.
- CIM - *Partner for the Future*, Jean Vavrek, Directeur exécutif, Institut canadien des mines, de la métallurgie et du pétrole, avril 2005.
- *Production and Characterization of Poly-b-Hydroxyalkanoate Copolymers from Burkholderia cepacia Utilizing Xylose and Levulinic Acid*, Jim Nakas (Ph.D), State University of New York, Syracuse, mai 2005.
- *The Diamond Industry*, Louis Perron, Direction des programmes, Secteur des minéraux et des métaux, RNCAN, juin 2005.
- *Reference Materials Production at CETEM*, Maria Alice Cabral de Goes, CETEM, Brésil, octobre 2005.
- *The Canadian Copyright Law and You the Federal Public Servant*, Elizabeth Blackburn, gestionnaire, Bureau de la gestion de la propriété intellectuelle, RNCAN, 1^{er} novembre 2005.

Présentations orales

Outre les articles publiés dans les comptes rendus de conférences, le personnel des LMSM-CANMET a procédé à des présentations orales dans les conférences, les ateliers et les universités. En voici quelques exemples :

Beauchemin, S. (2005). *Environmental application of synchrotron radiation: Molecular-scale characterization of metal contaminants in mining wastes*. Centre de recherche GÉOTOP de l'UQAM et de l'Université McGill, Département des sciences de la Terre et des sciences planétaires, Université McGill, 21 janvier, Montréal (Québec).

Bonnell, G. et Grenier, M. (2005). *Exposure to diesel particulate matter (DPM) and regulations in Canadian mining provinces*. Mining Diesel Emissions Conference (MDEC), 13 octobre, Markham (Ontario) : 19 p.

Invitation de conférenciers

Durant toute l'année, les LMSM-CANMET ont accueilli dans leurs locaux des conférenciers invités qui ont prononcé les exposés suivants :

- Chen, T.T., Dutrizac, J.E. et Poirier, G. (2005). *Characterization of waelz kiln products from the recycling of EAF dust*. Minerals, Metals and Materials Society (TMS) Annual Meeting, 13-17 février, San Francisco (Californie) : 27 p.
- Dixon, B.M. (2005). *Zambia: Environmental management in mining (2001-2003)*. Department of Mining Engineering, University of British Columbia (UBC), 15 novembre, Vancouver (Colombie-Britannique) : 30 p.
- Labrie, D., Conlon, B. et Poirier, G. (2005). *Capabilities and experiments in permeability testing at CANMET Mining and Mineral Sciences Laboratories*. 4th Decovalex THM-C Workshop, Commission canadienne de sûreté nucléaire (CCSN), 4-6 octobre, Ottawa (Ontario) : 14 p.
- Laflamme, M. (2005). *CANMET-MMSL Mine Mechanization and Automation Program (MMAP)*. 9^e réunion annuelle de l'Association canadienne des inspecteurs en chef des mines et des LMSM-CANMET, 22 avril, Toronto (Ontario), parallèlement à la 105^e Assemblée générale annuelle de l'Institut canadien des mines, de la métallurgie et du pétrole (ICM), ICM : 10 p.
- Laflamme, M. et Bétournay, M.C. (2005). *Current development and future opportunities of the fuel cell mining initiative*. 105^e Assemblée générale annuelle de l'Institut canadien des mines, de la métallurgie et du pétrole (ICM), 24-27 avril, Toronto (Ontario) : 20 p.
- Lastra, R. (2005). *Image analysis applied to mineral processing and metallurgy*. Professional Development Seminar on Mineral Processing Systems, McGill University, 20 mai, Montréal (Québec) : 54 p.
- Laverdure, L. et Fecteau, J.-M. (2005). *Axes of research for Canadian mines*. 105^e Assemblée générale annuelle de l'Institut canadien des mines, de la métallurgie et du pétrole (ICM), 24-27 avril, Toronto (Ontario) : 25 p.
- Lortie, L. et Gould, W.D. (2005). *Bref cours : Introduction to biological systems for the treatment of acid rock drainage and mine effluents*. 3rd Northern Latitudes Mining Reclamation Workshop, Association canadienne de réhabilitation des sites dégradés (ACRSD), 24-26 mai, Dawson City (Yukon) : 223 p.
- McGeer, J., Nadella, S. et Wood, C. (2005). *The influence of acclimation to Cu or Cd on the toxicity and bioaccumulation of Cu and Cd*. 26th Annual Meeting of the Society of Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC), 13-17 novembre, Baltimore (Maryland) : 15 p.
- Mortazavi, S. (2005). *Mining and Mineral Sciences Laboratories Overview - Membrane Research*. Canada-Russia Membrane Science and Technology Symposium, 22-25 septembre, Gus-Khrustalny (Russie) : 30 p.
- Ouellette, S. (2005). *Chargeuse navette hybride - Aspects techniques*. Conférence de l'Association minière du Québec (AMQ), 12 avril, Val-d'Or (Québec) : 32 p.
- Poirier, S. (2005). *Compilation of explosives storage and ventilation requirement regulations in Canadian provinces and territories*. 9^e Réunion annuelle de l'Association canadienne des inspecteurs en chef des mines et des LMSM-CANMET, 22 avril, Toronto (Ontario), parallèlement à la 105^e Assemblée générale annuelle de l'Institut canadien des mines, de la métallurgie et du pétrole (ICM), ICM : 22 p.
- Price, B. (2005). *Criteria used in material characterization and the prediction of drainage chemistry: Screaming criteria*. 2005 BC MEND ML/ARD Workshop, 30 novembre, Vancouver (Colombie-Britannique) : 40 p.
- Price, B. (2005). *Development and use of British Columbia ML/ARD guidelines*. Réunion du Réseau international de prévention des pluies acides (RIPPA), 2 décembre, Vancouver (Colombie-Britannique) : 16 p.



Vincent Bouheret - Vincent Bouheret, qui fait partie du groupe de l'informatique au sein des LMSM-CANMET et apporte aussi une précieuse contribution à l'automatisation des équipements de traitement de données.

Price, B. (2005). *Addressing the environmental challenges with mining: Lessons learnt in British Columbia*. Wet'suwet'en Mining Workshop, 7-8 septembre, Smithers (Colombie-Britannique) : 51 p.

Schwartz, M., Vigneault, B., Gosselin, I., King, M., Beyak, J. et McGeer, J.C. (2005). *Understanding mine effluent toxicity: Beyond the usual suspects*. 26th Annual Meeting of the Society of Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC), 13-17 novembre, Baltimore (Maryland) : 16 p.

Skeaff, J.M. et McGeer, J.C. (2005). *Update on round robin testing of the OECD transformation/dissolution protocol for classifying the hazard of metals*. Symposium scientifique du Comité de consultation sur le programme environnemental de l'Association internationale pour le cuivre (AIC), 13 juin, Toronto (Ontario) : 36 p.

Skeaff, J.M. et McGeer, J.C. (2005). *Preliminary results of the round robin testing of the OECD transformation/dissolution protocol (T/DP) for classifying the hazard of metals and sparingly soluble metal compounds*. Réunion du Groupe de travail sur les minéraux et les métaux du Conseil international des mines et métaux (CIMM), 25 août, Prague (République tchèque) : 43 p.

Skeaff, J.M., Adams, W.J. et McGeer, J.C. (2005). *Update on the round robin testing of the OECD transformation/dissolution protocol for metals and sparingly soluble metal compounds*. Réunion sur l'écoclassification et l'écoétiquetage des métaux et des composés métalliques du Bureau européen des produits chimiques (BEPC) de l'Union européenne, 27 septembre, Ispra (Italie) : 41 p.

Skeaff, J.M., McGeer, J.C. et Hardy, D.J. (2005). *Study of the draft OECD transformation/dissolution protocol for metals and sparingly soluble metal compounds*. 26th Annual Meeting of the Society of Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC), 13-17 novembre, Baltimore (Maryland) : 32 p.

Tremblay, G. (2005). *Canadian partnership programs - MEND and NOAMI*. Meeting of the Chilean National Centre for Mining and Metallurgical Research (CIMM), 5 mai, Santiago (Chili) : 37 p.

Tremblay, G. (2005). *Canadian initiative on acid mine drainage (MEND) and abandoned mines (NOAMI)*. 2nd Workshop of the Mining Association of Canada (MAC) on Tailings Management and Lessons Learned, 7-8 juin, Toronto (Ontario) : 39 p.

Tremblay, G. (2005). *Canadian collaboration on environmental issues in the mining sector*. Sommet minier des peuples autochtones de l'Amérique du Nord, 27-30 juillet, Edmonton (Alberta) : 83 p.

Udd, J.E. (2005). *A pilot study of mining accidents in Ontario*. 9^e Réunion annuelle de l'Association canadienne des inspecteurs en chef des mines et des LMSM-CANMET, 22 avril, Toronto (Ontario), parallèlement à la 105^e Assemblée générale annuelle de l'Institut canadien des mines, de la métallurgie et du pétrole (ICM) : 20 p.

Vance, J. (2005). *Metallurgical processing alternatives*. Conférence des ministres des Mines, durant un atelier de RNCan portant sur les solutions à mettre en œuvre pour maintenir la viabilité des collectivités dépendantes des mines de métaux de base, 18 septembre, Saint Andrews (Nouveau-Brunswick) : 13 p.

Vance, J. (2005). *Environmental sustainability of mining communities*. Conférence des ministres des Mines, durant un atelier de RNCan portant sur les solutions à mettre en œuvre pour maintenir la viabilité des collectivités dépendantes des mines de métaux de base, 18 septembre, Saint Andrews (Nouveau-Brunswick) : 14 p.

Vigneault, B. (2005). *Shortcourse on Acute and sublethal toxicity testing for mining effluents*. 29th Annual British Columbia Mine Reclamation Symposium, 19 septembre, Abbotsford (Colombie-Britannique) : 128 p.

Participation à des activités communautaires

Le personnel des LMSM-CANMET est souvent invité à participer à des activités communautaires. Par exemple, il offre des présentations à des enfants des écoles locales sur les divers aspects de l'exploitation minière ou participe à des événements plus officiels tels la Semaine minière du Canada et la Scientifête.

24

La Semaine minière du Canada

La Semaine minière du Canada a eu lieu du 9 au 15 mai 2005. Son thème, Industrie minière et communautés autochtones : travailler en partenariat, s'imposait par son importance. Les LMSM-CANMET ont participé à des activités pour célébrer le lien solide qui existe entre l'industrie minière et le bien-être des communautés autochtones dans les régions éloignées et rurales du Canada. Pour les LMSM-CANMET, la Semaine minière du Canada de 2005 a commencé sur une note positive avec la réouverture de leur usine-pilote à Ottawa, après sa remise à neuf. Dans le cadre de la réouverture, des représentants de communautés autochtones et d'associations de l'industrie ont visité les installations des LMSM-CANMET. De plus, Hans Matthews, président de la « Canadian Aboriginal Minerals Association », et Charlie Okeese, chef de la « Eabametoong First Nation » de la réserve indienne de Fort Hope au lac Eabamet, en Ontario, ont été invités à exprimer leur vision sur la participation des Autochtones à l'industrie minière au Canada.

Enfin, des employés des LMSM-CANMET se sont rendus dans des salles de classe d'écoles locales pour s'entretenir avec les élèves des sciences minières et minérales. Ils ont notamment traité des thèmes suivants dans leurs présentations : l'importance des métaux dans la vie de tous les jours; l'engagement de l'industrie minière à protéger l'environnement; et les carrières en exploitation minière, en sciences et en ingénierie.



La Scientifête

La Scientifête est une façon amusante et pédagogique de lancer la Semaine nationale des sciences et de la technologie. En 2005, la Scientifête a eu lieu du 14 au 23 octobre. Durant cette semaine, le gouvernement du Canada a participé à des activités qui ont contribué à démontrer son leadership en sciences et technologie, et ont incité les enfants à faire des études en sciences, technologie, ingénierie et mathématiques. De nombreux employés des LMSM-CANMET ont volontiers donné de leur temps pour s'occuper des diverses expositions et activités interactives, par exemple, le lavage de l'or à la batée, la démonstration de procédés d'extraction avec brisures de chocolat, le traitement des eaux d'effluents miniers, la restauration des sites miniers et les équipements de surveillance de l'environnement. L'événement a attiré plus de 3 000 personnes et s'est avéré un franc succès. Il a constitué une excellente occasion de communiquer avec le public, d'améliorer l'image de l'industrie minière et de distribuer des affiches et d'autres documents destinés aux professeurs et au grand public.

Publications

Articles revus par un comité de lecture

- Beauchemin, S. et Kwong, J. (2005). *Transformation of As species in wetlands historically used for mine tailings disposal, Ontario, Canada*. Goldschmidt Conference Abstracts 2005, Geochimica et Cosmochimica Acta, 69 (10), Supplement 1 : A618.
- Bétournay, M.C., Bonnell, G., Edwardson, E. et Lidkea, W. (2005). *Suitability of PEM fuel cells for underground mining vehicles*. Bulletin de l'Institut canadien des mines, de la métallurgie et du pétrole (ICM), 98 (1085) : 81 (résumé exhaustif). L'article intégral est sur le site Web de l'ICM.
- Bétournay, M.C., Laliberté, P., Lacroix, R., Kocsis, C., Hardcastle, S., Desrivières, G., Mousset-Jones, R et Righettini, G. (2005). *Fuel cell versus diesel loader operation: Cost-benefit analysis study*. Bulletin de l'Institut canadien des mines, de la métallurgie et du pétrole (ICM), 98 (1087) : 75 (résumé exhaustif). L'article intégral est sur le site Web de l'ICM.
- Bilodeau, M., Negeri, T., Orumwense, A. et Cotnoir, D. (2005). *Improved material balance methodology for fine particles*. Minerals and Metallurgical Processing, 22 (3) : 153-160.
- Cabri, L.J., McDonald, A.M., Stanley, C.J., Rudashevsky, N.S., Poirier, G., Durham, B.R., Mungall, J.E. et Rudashevsky, V.N. (2005). *Naldrettite, Pd₂Sb, a new intermetallic mineral from the Mesamax Northwest deposit, Ungava region, Quebec, Canada*. Mineralogical Magazine, 69 (1) : 89-98.
- Chen, T.T. et Dutrizac, J.E. (2005). *Mineralogical characterization of a copper anode and the anode slimes from the La Caridad copper refinery of Mexicana de Cobre*. Metallurgical and Materials Transactions B, 36B (2) : 229-240.
- Delabbio, F.C., Eastick, D., Graves, C., Sprott, D., MacKinnon, T. et Bétournay, M.C. (2005). *Fuel cell risk assessment, regulatory compliance and implementation of the world's first fuel cell powered mining equipment at the Campbell mine*. Bulletin de l'Institut canadien des mines, de la métallurgie et du pétrole (ICM), 98 (1087) : 76 (résumé exhaustif). L'article intégral est sur le site Web de l'ICM.
- Deschênes, G. (2005). *Advances in the cyanidation of gold*. Advances in Gold Ore Processing, Developments in Mineral Processing Series, volume 15, M. Adams, dir., Elsevier, Amsterdam (Pays-Bas) : 479-499.
- Deschênes, G., McMullen, J., Ellis, S., Fulton, M. et Atkin, A. (2005). *Investigation on the cyanide leaching optimization for the treatment of KCGM flotation concentrate, Phase 1*. Minerals Engineering, 18 (8) : 832-838.
- Dutrizac, J.E. et Chen, T.T. (2005). *Factors affecting the precipitation of chromium(III) in jarosite-type compounds*. Metallurgical and Materials Transactions B, 36B (1) : 33-42.
- Dutrizac, J.E., Chen, T.T. et Beauchemin, S. (2005). *The behaviour of thallium(III) during jarosite precipitation*. Hydrometallurgy, 79 (3-4) : 138-153.
- Gagnon, R., Lévasseur, M., Weise, A.M., Fauchot, J., Campbell, P.G.C., Weissenboeck, B., Merzouk, A., Gosselin, M. et Vigneault, B. (2005). *Growth stimulation of Alexandrium tamarense (Dinophyceae) by humic substances from the Manicouagan river, eastern Canada*. Journal of Phycology, 41 (3) : 489-497.
- Guo, H., Deschênes, G., Pratt, A.R. et Lastra, R. (2005). *Leaching kinetics and mechanisms of surface reactions during cyanidation of gold in the presence of pyrite or stibnite*. Minerals and Metallurgical Processing, 22 (2) : 89-95.

Harmer, S.L., Pratt, A.R., Nesbitt, H.W. et Fleet, M.E. (2005). *Reconstruction of fracture surfaces on bornite*. The Canadian Mineralogist, 43 (5) : 1619-1630.

Jolliet, O., Dubreuil, A., Gloria, T. et Hauschild, M. (2005). *Progresses in life cycle impact assessment within the UNEP/ SETAC life cycle initiative*. International Journal of Life Cycle Assessment, 10 (6) : 447-448.

May, O., Jin, S., Ghali, E. et Deschênes, G. (2005). *Effects of sulfide and lead nitrate addition to a gold cyanidation circuit using potentiodynamic measurement*. Journal of Applied Electrochemistry, 35 (2) : 131-137.

Paktunc, D. et Martin, R.F. (2005). *Metals in the environment and mine wastes*. The Canadian Mineralogist, 43 (4) : 1129-1130.

Udd, J.E. (2005). *Arctic mining technology*. McGraw-Hill 2005 Yearbook of Science and Technology, McGraw-Hill, New York (New York) : 17-19.

Udd, J.E. et Long, E. (2005). *Standard terminology relating to frozen soil and rock*. Annual Book of ASTM Standards, Section 4: Construction, Volume 04.09, Designation D 7099-04, ASTM International, West Conshohocken (Pennsylvanie) : 1506-1518.

Vigneault, B. et Campbell, P.G.C. (2005). *Uptake of cadmium by freshwater green algae: Effects of pH and adsorbed aquatic humic substances*. Journal of Phycology, 41 (1) : 55-61.

Comptes rendus des conférences et des ateliers

Aubé, B., Clyburn, B. et Zinck, J. (2005). *Sludge disposal in mine workings at Cape Breton Development Corporation*. Compte rendu de la International Conference on Mining and the Environment and Metals and Energy Recovery, 27 juin-1^{er} juillet, Skellefteå (Suède), Swedish Mineral Industry Research Organization (MITU), T. From, dir. : 37-46.

Baiden, G., Bissiri, Y., Hardcastle, S.G. et Kocsis, C. (2005). *Justification of "on-demand" ventilation systems by means of simulation techniques*. Compte rendu du 32nd International Symposium on the Application of Computers and Operations Research in the Mineral Industry (APCOM), 30 mars-1^{er} avril, Tucson (Arizona), A.A. Balkema Publishers, S.D. Dessureault, R. Ganguli, V.J. Kecojevic et J.G. Dwyer, dir. : 457-462.

Bétournay, M.C. (2005). *Failure mechanisms, stability aspects and analysis techniques for abandoned Canadian metal mines*. Compte rendu du Post-Mining 2005 Symposium, 16-18 novembre, Nancy (France), Groupe de recherche sur l'impact et la sécurité des ouvrages souterrains (GISOS) : 14 p.

Bétournay, M.C. (2005). *Risk evaluation and related stability considerations for abandoned Canadian metal mines*. Compte rendu du Post-Mining 2005 Symposium, 16-18 novembre, Nancy (France), Groupe de recherche sur l'impact et la sécurité des ouvrages souterrains (GISOS) : 12 p.

Campbell, P.G.C., Fortin, C., Boulemant, A. et Vigneault, B. (2005). *Advances in our understanding of the role of speciation in trace elements uptake and toxicity*. Compte rendu de la 8th International Conference on the Biogeochemistry of Trace Elements (ICOBTE), 3-7 avril, Adelaïde (Australie), CSIRO Land and Water, E. Lombi, S. Tyrrell, A. Nolan, M. McLaughlin, G. Pierzynski, M. Gerzabek, N. Lepp, C. Leyval, M. Selim, F. Zhao, C. Grant et D. Parker, dir. : 24-25.

Chen, T.T., Dutrizac, J. E. et Beauchemin, S. (2005). *Characterization of gold in the anodes and anode slimes from a European copper refinery*. Compte rendu de la European Metallurgical Conference (EMC), 18-21 septembre, Dresde (Allemagne), GDMB Medienverlag, U. Waschki, dir. : 165-182.

- Chen, T.T., Dutrizac, J.E. et Poirier, G. (2005). *Water and sodium carbonate leaching of EAF dust and Waelz oxide*. Compte rendu du International Symposium on Lead and Zinc Processing, 17-19 octobre, Tokyo (Japon), The Mining and Materials Processing Institute of Japan (MMIJ), T. Fujisawa, J.E. Dutrizac, A. Fuwa, N.L. Piret et A.H.J. Siegmund, dir. : 961-975.
- Côté, M. et Priscu, D.M. (2005). *Application of seismic hazard assessment to narrow-vein deposits*. Compte rendu du 6th International Symposium on Rockburst and Seismicity in Mines, 9-11 mars, Perth (Australie-Occidentale), Australian Centre for Geomechanics (ACG), Y. Potvin et M. Hudyma, dir. : 205-209.
- Davé, N.K. et Lanteigne, L. (2005). *Surface reactivity of low sulphur Ni-Cu mine tailings under shallow water cover conditions*. Compte rendu de la International Conference on Mining and the Environment and Metals and Energy Recovery, 27 juin-1^{er} juillet, Skellefteå (Suède), Swedish Mineral Industry Research Organization (MITU), T. From, dir. : 201-212.
- Davé, N.K. (2005). *Decommissioning of low-grade uranium mines in Canada: Current status and long-term radium mobility*. Compte rendu de la 4th National Conference on Waste Management, Decommissioning and Environmental Restoration for Canada's Nuclear Activities, 8-11 mai, Ottawa (Ontario), Société nucléaire canadienne (SNC), M. Garamszeghy et F. King, dir. : 21 p.
- Deschênes, G. (2005). *Technological developments in the cyanidation of gold*. Compte rendu de la 37^e Conférence annuelle des minéralurgistes du Canada (CMC), 18-20 janvier, Ottawa (Canada), CMC, J. Starkey, dir., document 5 : 57-74.
- Deschênes, G. et Guo, H. (2005). *Cyanidation of gold*. Bref cours sur l'extraction de l'or, dans le cadre du International Symposium on the Treatment of Gold Ores, 21-24 août, Calgary (Alberta), Institut canadien des mines, de la métallurgie et du pétrole, G. Deschênes, dir. : 51 p.
- Deschênes, G., Ellis, S., McMullen, J. et Habner, M. (2005). *Implementation of a new leaching approach for the treatment of KCGM gold flotation concentrate*. Compte rendu de la First Extractive Metallurgy Operator's Conference, 7-8 novembre, Brisbane (Australie), Australasian Institute of Mining and Metallurgy Publication Series n° 9/2005, 35-39.
- Deschênes, G., Mulpeter, T., Guo, H. et Fulton, M. (2005). *Study of the kinetics of leaching gold from a soft sulphide ore from the Sadiola Mine*. Compte rendu du International Symposium on the Treatment of Gold Ores, 21-24 août, Calgary (Alberta), Institut canadien des mines, de la métallurgie et du pétrole (ICM), G. Deschênes, D. Hodouin et L. Lorenzen, dir. : 339-352.
- Deschênes, G., Pratt, A.R., Fulton, M. et Guo, H. (2005). *Kinetics and mechanisms of leaching synthetic calaverite in cyanide solutions*. Publication préliminaire de la 2005 Society for Mining, Metallurgy and Exploration (SME) Annual Meeting, 28 février-2 mars, Salt Lake City (Utah), SME, T. Arnold, T. Rohrbacher, E. Bingham, G. Tomaino, R. Gertsch et R Taylor, dir., document 05-047 : 6 p.
- Desrivières, G., Bétournay, M.C., Velev, O. et Barnes, D. (2005). *The development of hydrogen mine vehicle power plant functions controllers*. Compte rendu du 32nd International Symposium on the Application of Computers and Operations Research in the Mineral Industry (APCOM), 30 mars-1^{er} avril, Tucson (Arizona), A.A. Balkema Publishers, S.D. Dessureault, R. Ganguli, V.J. Kecojevic et J.G. Dwyer, dir. : 595-601.
- Durrheim, R.J. et Labrie, D. (2005). *Data-driven simulation of the rock mass response to mining, Part 2: Numerical modelling of the room-and-pillar experiment*. Compte rendu du 6th International Symposium on Rockburst and Seismicity in Mines, 9-11 mars, Perth (Australie-Occidentale), Australian Centre for Geomechanics (ACG), Y. Potvin et M. Hudyma, dir. : 301-310.

- Dutrizac, J.E. (2005). *The kinetics of sphalerite dissolution in ferric sulphate-sulphuric acid media*. Compte rendu du International Symposium on Lead and Zinc Processing, 17-19 octobre, Tokyo (Japon), The Mining and Materials Processing Institute of Japan (MMIJ), T. Fujisawa, J.E. Dutrizac, A. Fuwa, N.L. Piret et A.H.J. Siegmund, dir. : 833-851.
- Hardcastle, S.G., Kocsis, C., Bissiri, Y. et Baiden, G. (2005). *Optimizing mine ventilation through the use of life-cycle production models*. Compte rendu du 8th International Mine Ventilation Congress, 6-8 juillet, Brisbane (Australie), The Australasian Institute of Mining and Metallurgy (AUSIMM), A.D.S. Gillies, dir. : 373-381.
- Huminicki, M.A.E., Sylvester, P.J., Evans-Lamswood, D., Lastra, R., Cabri, L.J. et Wilsoton, D.H.C. (2005). *First report of platinum-group minerals and in situ platinum group element analyses in sulphide phases from an amphibolite dyke in the vicinity of the SE extension of the Voisey's Bay Ni-Cu-Co deposit, Labrador*. Compte rendu du International Platinum Symposium, 7-11 août, Oulu (Finlande), Université d'Oulu, A. Kärki et T. Törmänen, dir. : 4 p.
- Judge, K. et Bétournay, M.C. (2005). *Remote geomechanical instrumentation system development and experience*. Compte rendu du 32nd International Symposium on the Application of Computers and Operations Research in the Mineral Industry (APCOM), 30 mars-1^{er} avril, Tucson (Arizona), A.A. Balkema Publishers, S.D. Dessureault, R. Ganguli, V.J. Kecojevic et J.G. Dwyer, dir. : 603-609.
- Kapoor, A., Bédard, P., Morin, L., Kuiper, A., Mortazavi, S. et Gould, W.D. (2005). *Use of a rotating biological contactor for the removal of nitrogenous compounds from gold mill effluents*. Compte rendu du International Symposium on the Treatment of Gold Ores, 21-24 août, Calgary (Alberta), Institut canadien des mines, de la métallurgie et du pétrole (ICM), G. Deschênes, D. Hodouin et L. Lorenzen, dir. : 485-496.
- Kawaja, J.D.E., Morin, K. et Gould, W.D. (2005). *A duplicate column study of arsenic, cadmium and zinc treatment in an anaerobic bioreactor on a system operated at Teck-Cominco in Trail, British Columbia*. Compte rendu du 29th Annual British Columbia Mine Reclamation Symposium, 19-22 septembre, Abbotsford (Colombie-Britannique), BiTech Publishers, W.A. Price, B. Hart, B. Dixon, R. Jarman, B. Riordan, M. Freberg et C. Howell, dir. : 11 p.
- Kwong, Y.T.J. et Zinck, J. (2005). *Proven technology: A bliss or curse for mine reclamation in the North?* Compte rendu du 3rd Northern Latitudes Mining Reclamation Workshop, 24-26 mai, Dawson City (Yukon), Canadian Land Reclamation Association (CLRA), S. Marken, dir. : 10 p.
- Lastra, R. (2005). *Mineralogy of gold ores*. Bref cours sur l'extraction de l'or, dans le cadre du International Symposium on the Treatment of Gold Ores, 21-24 août, Calgary (Alberta), Institut canadien des mines, de la métallurgie et du pétrole (ICM), G. Deschênes, dir. : 32 p.
- Lastra, R., Price, J., Cabri, L.J., Rudashevsky, N.S., Rudashevsky, V.N. et McMahon, G. (2005). *Gold characterization of a sample from Malartic East (Quebec) using a concentration by hydroseparation*. Compte rendu du International Symposium on the Treatment of Gold Ores, 21-24 août, Calgary (Alberta), Institut canadien des mines, de la métallurgie et du pétrole (ICM), G. Deschênes, D. Hodouin et L. Lorenzen, dir. : 17-29.
- Li, G. (2005). *Calibration of the three-dimensional block-spring model (BSM) for analyzing large displacements in jointed rocks*. Compte rendu du 40th U.S. Rock Mechanics Symposium, 25-29 juin, Anchorage (Alaska), American Rock Mechanics Association (ARMA), G. Chen, S. Huang, W. Zhou et J. Tinucci, dir., document 05-808 : 7 p.

- Li, G., Vongpaisal, S., Pakalnis, R. et Brady, T. (2005). *Influence of the intermediate principal stress on rock mass stability*. Compte rendu du 14th International Symposium on Mine Planning and Equipment Selection (MPES) et de la 5th International Conference on Computer Applications in the Mineral Industries (CAMI), 31 octobre-3 novembre, Banff (Alberta), The Reading Matrix (Publisher), R. Singhal, K. Fytas et C. Chiwetelu, dir. : 700-720.
- Mitri, H.S., Rispoli, A. et Bétournay, M.C. (2005). *Strength and behaviour of biaxially loaded Indiana limestone rock*. Compte rendu du 40th U.S. Rock Mechanics Symposium, 25-29 juin, Anchorage (Alaska), American Rock Mechanics Association (ARMA), G. Chen, S. Huang, W. Zhou et J. Tinucci, dir., document 05-796 : 7 p.
- Mitri, H.S. et Bétournay, M.C. (2005). *Progressive failure of norite rock under biaxial loading conditions*. Compte rendu de la 105^e Réunion générale annuelle de l'Institut canadien des mines, de la métallurgie et du pétrole, (ICM), 24-27 avril, Toronto (Ontario), ICM : 7 p.
- Orumwense, A.O. (2005). *The effect of media type on regrinding with stirred ball mills*. Publication préliminaire de la 2005 Society for Mining, Metallurgy and Exploration (SME) Annual Meeting, 28 février-2 mars, Salt Lake City (Utah), SME, T. Arnold, T. Rohrbacher, E. Bingham, G. Tomaino, R. Gertsch et R Taylor, dir., document 05-006 : 6 p.
- Paques, J.J., Bourbonnière, R., Germain, L., Laflamme, M. et Bétournay, M.C. (2005). *Guide on the safety of computer-controlled mining hoists*. Compte rendu du 32nd International Symposium on the Application of Computers and Operations Research in the Mineral Industry (APCOM), 30 mars-1^{er} avril, Tucson (Arizona), A.A. Balkema Publishers, S.D. Dessureault, R. Ganguli, V.J. Kecojevic et J.G. Dwyer, dir. : 435-438.
- Rubeli, B., Young, D. et Gangal, M. (2005). *Measuring the effects of simulated engine faults on the emissions of mechanically and electronically controlled diesel engines*. Compte rendu de la Fall Technical Conference of the American Society of Mechanical Engineers (ASME) Internal Combustion Engine Division, 11-14 septembre, Ottawa (Ontario), ASME, K.S. Chapman, dir., document ICEF2005-1234 : 7p.
- Talebi, S. (2005). *Ground motion and scaling laws of mine-induced seismicity*. Compte rendu du 6th International Symposium on Rockburst and Seismicity in Mines, 9-11 mars, Perth (Australie Occidentale), Australian Centre for Geomechanics (ACG), Y. Potvin et M. Hudyma, dir. : 541-546.
- Talebi, S. et Côté, M. (2005). *Implosional focal mechanisms in a hard-rock mine*. Compte rendu du 6th International Symposium on Rockburst and Seismicity in Mines, 9-11 mars, Perth (Australie-Occidentale), Australian Centre for Geomechanics (ACG), Y. Potvin et M. Hudyma, dir. : 113-121.
- Tremblay, G. (2005). *Abandoned mines in Canada — Response to the problem*. Compte rendu de la 2nd International Conference for Post-Mining Legacies, 3-4 mai, Santiago (Chili), Comisión Económica de las Naciones Unidas para América Latina y el Caribe (CEPAL) : 13 p.
- Tremblay, G. et Hogan, C.M. (2005). *Canadian initiatives on acid mine drainage (MEND/NEDEM) and abandoned mines (NOAMI/INMOA)*. Compte rendu du Symposium sur l'environnement et les mines, 15-18 mai, Rouyn-Noranda (Québec), Institut canadien des mines, de la métallurgie et du pétrole (ICM).
- Udd, J.E. (2005). *A Canadian and ISMA bibliography on arctic mining technology*. Compte rendu du 8th International Symposium on Mining in the Arctic, 20-23 juin, Apatity (Russie), The Mining Institute of the Kola Centre of the Russian Academy of Sciences, N.N. Melnikov et S.P. Reshetnyak, dir. : xvii-xli.

- Udd, J.E. et Plouffe, M. (2005). *Le contrôle de terrain à Ressources naturelles Canada*. Compte rendu du 20^e Colloque en contrôle de terrain de l'Association minière du Québec (AMQ), 22-24 mars, Val-d'Or (Québec), AMQ, P. Thibault, dir. : 25 p.
- Vigneault, B., Gagnon, C. et Turcotte, R. (2005). *Modeling the fate and the geochemistry of Cd, Cu and Zn from effluent discharges in receiving waters*. Compte rendu de la 8th International Conference on the Biogeochemistry of Trace Elements (ICOBTE), 3-7 avril, Adelaïde (Australie), CSIRO Land and Water, E. Lombi, S. Tyrrell, A. Nolan, M. McLaughlin, G. Pierzynski, M. Gerzabek, N. Lepp, C. Leyval, M. Selim, F. Zhao, C. Grant et D. Parker, dir. : 594-595.
- Vigneault, B., McGeer, J.C. et Schwartz, M. (2005). *Utilisation et développement du modèle du ligand biotique pour des initiatives réglementaires reliées aux impacts potentiels des métaux dans l'environnement aquatique*. Compte rendu du Symposium sur l'environnement et les mines, 15-18 mai, Rouyn-Noranda (Québec), Institut canadien des mines, de la métallurgie et du pétrole (ICM).
- Zinck, J. et Griffith, W. (2005). *Cost effective lime neutralization and other options for mine water treatment*. Compte rendu du 3rd Northern Latitudes Mining Reclamation Workshop, 24-26 mai, Dawson City (Yukon), Canadian Land Reclamation Association (CLRA), S. Marken, dir. : 13 p.
- Bonnell, G. (2005). *Exposure to diesel particulate matter (DPM) and regulations in Canadian mining provinces*. Compte rendu de la 11th Mining Diesel Emissions Conference (MDEC), 12-14 octobre, Toronto (Ontario), MDEC, M. Gangal et D. Young, dir. : 19 p.
- Davé, N. (2005). *Tailings and waste rock management in northern Canada*. Compte rendu du Workshop on Mine Waste Management in the North — Best Practices and Emerging Technologies, Yellowknife (T. N.-O.), novembre 2005, LMSM-CANMET : 73 p.
- Deschênes, G., Hodouin, D. et Lorenzen, L., dir. (2005). *Treatment of gold ores*. Compte rendu du International Symposium on the Treatment of Gold Ores, 21-24 août, Calgary (Alberta), Institut canadien des mines, de la métallurgie et du pétrole (ICM), Montréal (Québec) : 516 p.
- Dubreuil, A., dir. (2005). *Life-cycle assessment of metals: Issues and research directions*. Compte rendu du International Workshop on Life Cycle Assessment and Metals, 15-17 avril 2002, Montréal (Québec), Society of Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC), Pensacola (Floride) : 307 p.
- Fujisawa, T., Dutrizac, J.E., Fuwa, A., Piret, N.L. et Siegmund, A.H.J., dir. (2005). *Lead and Zinc 2005*. Compte rendu du International Symposium on Lead and Zinc Processing, 17-19 octobre, Tokyo (Japon), The Mining and Materials Processing Institute of Japan (MMIJ), Tokyo (Japon) : 1489 p.
- Gangal, M. et Young, D., dir. (2005). *Compte rendu de la 11th Mining Diesel Emissions Conference (MDEC)*. 12-14 octobre, Toronto (Ontario), MDEC, Ottawa (Ontario) : non paginé.
- Gangal, M., Rubeli, B., Young, D. et Stachulak, J. (2005). *Laboratory evaluation of diesel particulate filters — INCO/DEEP filter project*. Compte rendu de la 11th Mining Diesel Emissions Conference (MDEC), 12-14 octobre, Toronto (Ontario), MDEC, M. Gangal et D. Young, dir. : 24 p.

Autres publications

Beaudoin, R.J. et Bilodeau, M. (2005). *Évaluation de l'impact du dynamitage avec initiation électronique sur les opérations d'une carrière*. Compte rendu de la 28^e Session d'étude sur les techniques de sautage, 3-4 novembre, Québec (Québec), Société d'énergie explosive du Québec (SEEQ), P. Dorval, dir. : 45 p.

- Giziewicz, E., rédactrice en chef (2005). *R-NET — Bulletin sur la technologie du recyclage*, 8 (2), Ressources naturelles Canada, Ottawa (Ontario), 12 p.
- Giziewicz, E., rédactrice en chef (2005). *R-NET — Bulletin sur la technologie du recyclage*, 9 (1), Ressources naturelles Canada, Ottawa (Ontario), 12 p.
- Gould, W.D. (2005). *Biological approaches to mine waste management in the North*. Compte rendu du Workshop on Mine Waste Management in the North — Best Practices and Emerging Technologies, Yellowknife (T. N.-O.), novembre 2005, LMSM-CANMET : 72 p.
- Jambor, J.L., Dutrizac, J.E. et Raudsepp, M. (2005). *Neutralization potentials of some common and uncommon rocks, and some pitfalls in NP measurements*. Compte rendu du 12th British Columbia MEND Metal Leaching and Acid Rock Drainage (ML/ARD) Workshop, 30 novembre-1^{er} décembre, Vancouver (Colombie-Britannique), BC Ministry of Energy, Mines and Petroleum Resources, W.A. Price et K. Bellefontaine, dir. : 26 p.
- Kwong, J. (2005). *Managing mine wastes in the North - An overview*. Compte rendu du Workshop on Mine Waste Management in the North — Best Practices and Emerging Technologies, Yellowknife (T. N.-O.), novembre 2005, LMSM-CANMET : 39 p.
- McGeer, J.C., Skeaff, J.M., Wood, C.M., McDonald, D.G. et Dubreuil, A.A. (2005). *Environmental toxicity and impact assessment models for metals*. Compte rendu du International Workshop on Life Cycle Assessment and Metals, 15-17 avril 2002, Montréal (Québec), Society of Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC), A. Dubreuil, dir. : 241-247.
- Price, W.A. (2005). *Addressing the challenges of major mine reclamation in British Columbia*. Compte rendu du Mine Reclamation and Closure Workshop, 1^{er}-3 février, Yellowknife (T. N.-O.), Independent Environmental Monitoring Agency (IEMA) : 74 p.
- Price, W.A. (2005). *Criteria used in material characterization and the prediction of drainage chemistry: Screaming criteria*. Compte rendu du 12th British Columbia MEND Metal Leaching and Acid Rock Drainage (ML/ARD) Workshop, 30 novembre-1^{er} décembre, Vancouver (Colombie-Britannique), BC Ministry of Energy, Mines and Petroleum Resources, W.A. Price et K. Bellefontaine, dir. : 40 p.
- Price, W.A. (2005). *Neighbouring mine sites: Environmental lessons learnt in British Columbia*. Compte rendu du Wet'suwet'en Mining Workshop, 7-8 septembre, Smithers (Colombie-Britannique), BC Ministry of Environment : 10 p.
- Price, W.A. et Bellefontaine, K., dir. (2005). *Challenges in the prediction of drainage chemistry*. Compte rendu du 12th British Columbia MEND Metal Leaching and Acid Rock Drainage (ML/ARD) Workshop, 30 novembre-1^{er} décembre, Vancouver (Colombie-Britannique), BC Ministry of Energy, Mines and Petroleum Resources, Victoria (Colombie-Britannique) : non paginé.
- Price, W.A., Hart, B., Dixon, B., Jarman, P., Riordan, B., Freberg, M., et Howell, C., dir. (2005). *The many facets of mine reclamation*. Compte rendu du 29th British Columbia Mine Reclamation Symposium, 19-22 septembre, Abbotsford (Colombie-Britannique), BiTech Publishers, Richmond (Colombie-Britannique) : non paginé.
- Skeaff, J.M., McGeer, J.C., King, P., King, M. et Nadeau, J.C. (2005). *On the aquatic hazard classification of metals and alloys*. Compte rendu du International Workshop on Life Cycle Assessment and Metals, 15-17 avril 2002, Montréal (Québec), Society of Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC), A. Dubreuil, dir. : 230-239.

Thompson, A., Price, W.A., Dunne, K. et Jambor, J.L. (2005). *Guidelines for the determination of mineralogy and mineralogical properties*. Compte rendu du 12th British Columbia MEND Metal Leaching and Acid Rock Drainage Workshop, 30 novembre-1^{er} décembre, Vancouver (Colombie-Britannique), BC Ministry of Energy, Mines and Petroleum Resources, W.A. Price et K. Bellefontaine, dir. : 39 p.

Tisch, B. (2005). *Mine Reclamation: An Overview of Principles and Practices and Implications for the North*. Compte rendu du Workshop on Mine Waste Management in the North — Best Practices and Emerging Technologies, Yellowknife (T. N.-O.), novembre 2005, LMSM-CANMET : 54 p.

Tremblay, G. (2005). *An update of the MEND and NOAMI programs*. Compte rendu du 12th British Columbia MEND Metal Leaching and Acid Rock Drainage (ML/ARD) Workshop, 30 novembre-1^{er} décembre, Vancouver (Colombie-Britannique), BC Ministry of Energy, Mines and Petroleum Resources, W.A. Price et K. Bellefontaine, dir. : 25 p.

Zinck, J. (2005). *Mine Water Treatment Options for the North*. Compte rendu du Workshop on Mine Waste Management in the North — Best Practices and Emerging Technologies, Yellowknife (T. N.-O.), novembre 2005, LMSM-CANMET : 75 p.