Energy, Mines and Resources Canada
Énergie, Mines et Ressources Canada

CANMET
Canada Centre for Mineral and Energy Technology
Centre canadien de la technologie des minéraux et de l'énergie

L'EXPLOITATION DES PETITES MINES SOUTERRAINES VUES DE L'EXTERIEUR

Jay Pathak and John Udd

MINING RESEARCH LABORATORIES

November 1987

Présenté à la conférence tenue à Val d'Or, Québec, Canada,
le 24 novembre 1987

MINING RESEARCH LABORATORIES
DIVISIONAL REPORT MRL 87-135 (OP) F

MRL 87-135 (OP) Fc.2

L'exploitation des petites mines souterraines; vues de l'extérieur

Après la seconde guerre mondiale, un soudain essor dans la construction et l'industrie manufacturière créa une demande sans précédant pour les minéraux. L'industrie minière des pays développés, spécialement ceux qui n'étaient pas très dévastés par la guerre, était dans une position pour répondre promptement à la demande croissante de minéraux. Malheureusement, cette période a maintenu dans l'industrie minière une conception erronnée de croissance soutenue de la demande minérale; également, lors de sa planification de production, l'industrie n'a pas tenue compte de l'entrée des pays sous-développés dans le marché, alors lucratif, des minéraux. Conséquemment, la capacité de production a excédé la demande des marchés mondiaux pour la majorité des minéraux. Au début des années 80, les mines et l'industrie minière des pays développés, à cause de leur niveau de vie élevé, des salaires élevés et de la compétition des pays sous-développés, se sont soudainement trouvés en position de lutte pour survivre.

L'industrie minière canadienne, traditionnellement conservatrice, a répondu au défi en prenant des pas énergiques en terme de contrôle des coûts et planification de l'introduction de technologie innovative. Le contrôle drastique de coûts a eu l'effet immédiat de prolonger la vie de certaines mines mais les gains marginaux acquis par ces mesures ne furent pas assez bons pour la survie à long terme de l'industrie. Il fut rapidement réalisé que l'industrie devait développer et accepter les nouveaux systèmes miniers innovatifs si on voulait poursuivre avec succès la compétition sur les marchés mondiaux. Tandis que la simple phrase "innovation technologique" ou "haute technologie" effrayait les mineurs, aujourd'hui on s'accorde généralement à dire que l'introduction de la haute technologie dans l'industrie minière canadienne est essentielle à sa survie.

À ce stade ci, j'aimerais citer littéralement Hickson *et al* d'Australie (figure 1) qui, je crois, décrit la pensée des mineurs et de l'industrie minière des pays industrialisés de l'ouest.

> *"L'exploitation des mines est un art qui généralement, quand il ne le génère pas, répond au développement technologique dans la quête des métaux au meilleur coût. Toutefois, une obsession des 'choses qui marchent', mue par le besoin de minimiser l'inconnu dans une industrie déjà très risquée, tend à une approche étapiste ou évolutive."*

Il est également important de se souvenir que ce n'est pas seulement la compétition des pays producteurs du tiers monde qui réduit le potentiel de marché des minéraux du Canada. La compétition provient également des avancements faits dans l'invention,

le développement et l'application de nouveaux matériaux qui ne sont pas constitués de matière première provenant traditionnellement de l'industrie minière. La réduction de consommation de métaux dans l'industrie de l'automobile est en partie attribuable à l'utilisation de matériaux de remplacement et à la réduction de la grosseur moyenne des véhicules. Sur une période de 5 ans (1977 à 1982), le contenu d'acier d'une voiture américaine moyenne a été réduit de 41%, le zinc de 71% et le cuivre et bronze de 10% (D.S. Robertson, figure 2). Il est estimé que le poids total des automobiles aura été réduit de 41% de 1977 à 1992, presqu'entièrement par la réduction du contenu en métal (figure 2). Les industries du cuivre et de l'acier souffrent présentement d'un manque d'aggressivité manifesté il y a 10 ans envers le développement de nouveaux produits pour l'industrie automobile. Les métaux sont présentement rapidement remplacés par les plastiques, matériaux composites et céramiques dont les marchés seront de l'ordre de $20 à 50 milliards dans un avenir rapproché. Même certaines lames de ressort dans les autos sport Corvette sont maintenant faites de matériaux composites en fibre de graphite. Également, dans l'industrie des communications, les câbles de fibre optique remplacent rapidement les câbles de cuivre pour certaines applications. Ces changements dans la consommation de métaux affectent directement la santé de l'industrie minière. La récupération de vieux câbles de cuivre sous-marin par un consortium mené par AT&T équivaudra à la production de cuivre raffiné de plusieurs mines.

Les problèmes économiques qu'a connu l'industrie minière canadienne au début des années 80 peuvent maintenant être vus comme une bénédiction. Ceux-ci ont alerté l'industrie aux problèmes de survie qu'elle devait faire face et ont donné le temps nécessaire à l'organisation des ressources nationales pour assurer sa survie. Comme résultat, les gouvernements, l'industrie minière par ses organisations nationales et provinciales, les universités, les fabriquants d'équipement minier et les compagnies de haute technologie ont initié des exercices de planification pour s'assurer des technologies innovatrices requises pour soutenir une industrie minière en santé au cours du 21e siècle. Le Centre canadien de la technologie des minéraux et de l'énergie (CANMET), qui est le centre de recherche d'Énergie, Mines et Ressources Canada, est le principal participant dans ces exercices. Dans le domaine de la taxation, le gouvernement a introduit les actions accréditives pour aider financièrement l'exploration de nouveaux gisements qui mènent au développement de nouvelles mines. Comme exemple des bénifices à l'industrie des actions accréditives, depuis 1983 Canamax a financé 60 millions de ses 85 millions de dollars par actions accréditives.

Depuis mars 1986, CANMET a organisé deux ateliers dans le but d'atteindre un consensus dans l'industrie minière sur les priorité en recherche minière. De ces ateliers, le Comité aviseur national sur l'automatisation des mines (NACMA) fut créé. Depuis,

NACMA a organisé deux symposiums, l'un en 1986 et l'autre en octobre 1987, tous deux couronnés de succès. Ces activités ont résulté en une plus grande sensibilisation de l'industrie minière à l'importance de l'innovation technologique dans le développement d'une stratégie de survie.

Suivant un entente de principe entre CANMET et l'USBM, l'équivalent américain de CANMET, de l'information est échangée sur la recherche sur les coups de toit, les essais de câbles de treuils et le hissage, et la conception de mines métalliques et non-métalliques. Les trois comités techniques établis se rencontrent au moins deux fois l'an pour discuter de la recherche présente et future.

L'Association minière du Canada (AMC), a établi le 'Conseil canadien de l'industrie minière sur la technologie' (MITEC) pour identifier les besoins et établir les priorités de l'industrie en regard des innovations technologiques. L'Association minière de l'Ontario a créé en 1987 le Mining Research Directorate (MRD) et le Comité sur la recherche minière de l'Association des mines de métaux du Québec définit et coordonne les besoins en recherche de leur industrie. L'Institut canadien de la technologie avancée des minéraux et des métaux (CIAMMT) a été formé pour établir une stratégie nationale sur la technologie innovative. CIAMMT fut la force motrice derrière l'établissement des Centres d'excellence de recherche en géomécanique, en études sur les ressources et en automatisation et robotique minière. Les comités aviseurs de ces centres sont composés de personnes provenant de l'industrie pour s'assurer que ces centres soient stimulés par l'industrie plutôt que par le gouvernement ou les universités et que les projets soient d'intérêt pour l'industrie et complétés dans des délais raisonnables.

Les industries minières de Suède, Australie, Afrique du Sud et Etats-Unis ont également souffert de la compétition des pays du Tiers-monde sur les marchés mondiaux de minéraux. Pour répondre au défi, l'industrie minière Suédoise, plutôt que de prendre immédiatement les mesures de compression nécessaires, a initié un ambitieux projet nommé "Swedish Mining 2000". Ce projet assurera la survie de leur industrie minière au cours du 21^{e}siècle par l'application d'une technologie innovatrice Approximativement $100 millions seront dépensés au cours des 5 prochaines années pour réaliser les objectifs du programme. Le gouvernement Suédois déboursera seulement 10% du cout du programme; le reste sera financé par l'industrie minière et les manufacturiers d'équipement minier. Des initiatives semblables ont été organisées par AMIRA, (Australian Mineral Industries Research Association), pour l'industrie minière australienne. Leur philosophie de développement pour rencontrer les besoins de leur industrie diffère considérablement de la philosophie de certains consortiums canadiens ayant les mêmes objectifs. Tel qu'indiqué dans la citation de Hickson *et al*, leur philosophie est de promouvoir la recherche menant aux changements évolutifs en terme d'utilisation

de nouvelles technologies. L'Afrique du Sud, quoique développée, est dans une situation unique due aux salaires comparables à ceux du tiers-monde. Plusieurs personnes considèrent l'industrie minière aux États-Unis comme étant en déclin.

Au Canada, un consortium du secteur privé nommé HDRK (HarD RocK) Ltd. fut formé en 1983 pour s'occuper des besoins communs de développement technologique de quatre des plus grandes compagnies minières canadiennes: Inco, Falconbridge, Noranda et Kidd Creek (Kidd Creek fait maintenant partie de Falconbridge). Leur philosophie de développement, contrairement à la philosophie de développement de AMIRA, est de promouvoir les changements révolutionnaires dans la technologie minière pour combler les besoins de leurs compagnies; ils ont un programme ambitieux de développement d'un système de minage en continu pour accroître significativement la productivité minière.

En 1985, CANMET a entrepris la collecte d'informations sur la recherche et le développement reliés au secteur minier canadien et la diffusion de cette information sous forme de rapport annuel intitulé: "Répertoire de projets en technologie minière". Comme mentionné, ce répertoire est mis à jour annuellement. En avril 1984, le gouvernement fédéral a signé avec le Manitoba la première d'une série d'ententes fédérale-provinciales qui permettent le financement conjoint de programmes de recherche en technologie minière. Le tableau 1 indique le niveau de financement ainsi que le nombre de projets par province dont CANMET est responsable. Les projets courants concernent le développement de nouvelles technologies dans le domaine du contrôle du terrain, technologie du remblai, sautage, modélisation numérique, infrastructure des systèmes miniers, etc.

Il est important de mentionner que de nombreuses technologies dans les mines ne sont pas universellement applicables à cause des conditions particulières rencontrées dans chaque mine. Selon la grosseur, la teneur et le type de gisement ainsi que la vie et la localisation, seulement certaines technologies peuvent être applicables. Récemment, une nouvelle phrase a été forgée pour décrire la situation où des technologies doivent êtres sélectionnées pour rencontrer des conditions particulières; il s'agit de "technologie appropriée". Par exemple, les petites mines avec des réserves limitées, une faible production et une espérance de vie limitée ne sont pas dans une position pour utiliser des méthodes de minage hautement mécanisées ou pour attirer la main d'oeuvre hautement qualifiée qu'elles requierrent. Pour de telles mines, une "technologie appropriée" impliquerait probablement un niveau de mécanisation moyen. Plusieurs personnes dans l'industrie minière ont de la difficulté avec ce concept de "technologie appropriée", mais je crois qu'il est valide dans la situation présente de l'industrie minière.

La mine Con dans les Territoires du Nord-Ouest et Sigma à Val d'Or au Québec, toutes deux en exploitation depuis au-delà de 4 décades, représentent des exemples où

la définition de nouvelles "technologies appropriées" serait difficile. Elles ont des milles d'ouvertures et ont été conçues pour des exploitations utilisant des technologies intensives en main d'oeuvre. Si une mine d'or de dimension similaire (petite mine) devait ouvrir au Québec aujourd'hui, elle serait conçue selon des concepts technologiques totalement nouveaux. Les technologies ne seraient pas compatibles ou comparables. Le transfert de la plupart des nouvelles technologies aux anciennes mines serait économiquement difficile sinon impossible.

CANMET est très au courant des besoins de recherche souvent non comblés des petites mines et planifie d'accroître ses efforts afin de combler ces besoins. Les petites mines sont de plus en plus importantes dans la production minière canadienne et ceci est particulièrement vrai au Québec. CANMET a déjà produit un manuel pour l'"Évaluation des investissements et des coûts opérationnels d'exploitation souterraine de petits gisements miniers" pour aider les petits exploitants. Ce manuel a été très bien reçu par l'industrie minière et est maintenant utilisé à grande échelle. Plusieurs d'entre vous ont sûrement vu ou utilisé ce manuel.

L'introduction de nouvelles technologies dans les petites mines implique un plus grand besoin de réaliser des études d'ingénierie. De telles études impliquent l'établissement de productivité désirable et méthodes possibles de réalisation, et le développement de plans et buts opérationnels. L'introduction de nouvelles technologies, par contre, requiert un niveau d'expertise que plusieurs petites mines n'ont pas; des ingénieurs miniers d'expérience connaissant les nouvelles technologies minières et leurs applications technologiques sont requis pour fournir des solutions à des problèmes extrêmement complexes.

Une solution possible pour les petites mines qui doivent recourir à de nouvelles technologies est la mise sur pied de projets conjoints impliquant plusieurs petites mines ayant des opérations et problèmes similaires et un organisme de recherche tel CANMET. La recherche conjointe impliquant CANMET a certainement été efficace dans le passé en s'attaquant aux problèmes de l'industrie dans le domaine du contrôle du terrain, soutènement, communications, essais non-destructif de câbles de treuil, méthodes de minage, etc. Toutefois, les mines participant à ces projets de recherche étaient de grosses opérations. Le but de ces projets conjoints était d'adapter les technologies disponibles aux besoins particuliers, de façon à permettre les changements dans les méthodes d'exploitation utilisées.

Les changements technologiques dans les petites mines doivent être plus évolutifs que révolutionnaires. Les changements sont introduits afin d'améliorer les méthodes utilisées pour effectuer une certaine tâche, plutôt qu'éliminer les besoins pour une telle

tâche. Les petites mines, par conception, tendent à être intensives en main d'oeuvre. Ceci n'est pas une indication de l'âge de pierre ou de mentalité conservatrice de la part des concepteurs de mine, mais d'une réalité économique. Les petits gisements ne peuvent pas être exploités économiquement à l'aide de gros équipement, de grandes ouvertures et des mois de développement de préproduction non-rentables.

Le support de CANMET est disponible pour supporter la recherche initiée par l'industrie. Dans le cas de petites mines, le support sera probablement différent de celui accordé aux grandes mines mais demeure négociable. Le message que je voudrais passer aux petites mines c'est que CANMET existe et est réceptif aux initiatives de recherche conjointe avec l'idée de rendre les petites mines plus sécuritaires, plus productives et plus efficaces.

Bien que ce ne soit pas dans le mandat de CANMET de s'impliquer directement dans le développement d'équipement minier, il a subventionné plusieurs projets de développement d'équipement minier. Le développement d'une mini-écailleuse, dont le prototype a été testé dans une mine québecoise, a été subventionné par CANMET. Le dernier modèle est une unité très commercialisable; pour atteindre une autonomie maximale, la mini-écailleuse est mue par un système hydraulique diesel/électrique. La figure 3 illustre la dernière version de la mini-écailleuse. Une opération minière est essentielle aus essais de terrain de toute nouvelle pièce d'équipement, telle la mini-écailleuse. CANMET a également supporté financièrement le développement d'équipement accessoire pour les foreuse fond de trou permettant leur automatisation. Ces accessoires permettent une mise en station rapide et précise des foreuses fond de trou et indiquent la trajectoire du foret à tous les 5 pieds. Avec l'utilisation de ces accessoires, la déviation projetée du trou peut être établie lorsque le trou atteint 10 pieds. Si la déviation est à l'intérieur de la limite permise, le forage se poursuit mais s'arrête dans le cas contraire. Le prototype de ces accessoires est présentement en voie de développement pour sa commercialisation ultérieure. Les accessoires de forage sont montrées sur la figure 4.

La foreuse Roger montrée sur les figures 5 et 6 est unique. Elle fut développée par Machines Roger International Inc. de Val d'Or. La machine a été utilisée avec succès aux Mines Bousquet pour développer une montée. Des agences fédérales et provinciales ont contribué en partie au financement de son développement.

Une autre pièce d'équipement, une mini chargeuse-navette, qui peut être très importante aux yeux des petites mines à veines étroites du Québec est maintenant fabriquée et mise en marché par Teledyne au Canada. Cet équipement est manufacturé au Canada sous licence de l'Équipement minier, Paris, France. Présentement la plus petite chargeuse-navette disponible sur les marchés mondiaux, elle mesure 85 à

160 cm de largeur avec une capacité de godet de 600 kg ou 1 vg^3. La figure 7 illustre l'utilisation de la mini chargeuse dans une veine étroite, tandis que la figure 8 démontre les dimensions de la chargeuse en comparaison avec les dimensions d'un homme. La mini chargeuse-navette peut être convertie en la plus petite foreuse jumbo électrique/hydraulique présentement disponible (figures 9 et 10). La mini chargeuse-navette, dans ses deux configurations, procure tout l'équipement nécessaire pour un cycle complet de forage, abattage, chargement et transport dans une ouverture de 1.2 m de largeur. Sa dimension réduite et sa largeur de 85 cm en font un outil essentiel pour le forage et le boulonnage. La mini chargeuse-navette a été conçue avec l'idée d'interchangeabilité en tête: le chassis demeure le même tandis que la foreuse ou le godet et les commandes peuvent être rapidement changés pour modifier sa fonction. Elle peut forer des trous de 26 à 45 mm de diamètre. La mini chargeuse-navette est plus efficace que les râcloirs qu'elle remplace; les râcloirs sont reconnus très inefficaces lorsque de longues distances sont en jeu.

En conclusion, j'aimerais mentionner que l'industrie minière canadienne a vécu une période difficile et en ressort confiante en son futur. Cette confiance provient de la définition claire des actions nécessaires à la survie et à la prospérité au cours du 21e siècle et des moyens à prendre pour y arriver. L'industrie minière du Québec joue un role important en ce sens, particulièrement en ce qui a trait aux petites mines qui sont très importantes pour la province. Comme dans le passé, l'industrie minière trouvera dans CANMET un partenaire de recherche conjointe orientée vers l'amélioration de la position compétitive de l'industrie.