



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

**Mining
Research
Laboratories**

**Laboratoires
de recherche
minière**

GISEMENTS FILONIENS:

Technologies, innovations et perspectives.

N.R. Billette, S. Dufresne, R. Gaétan

MRL 89-123 (OPJ)

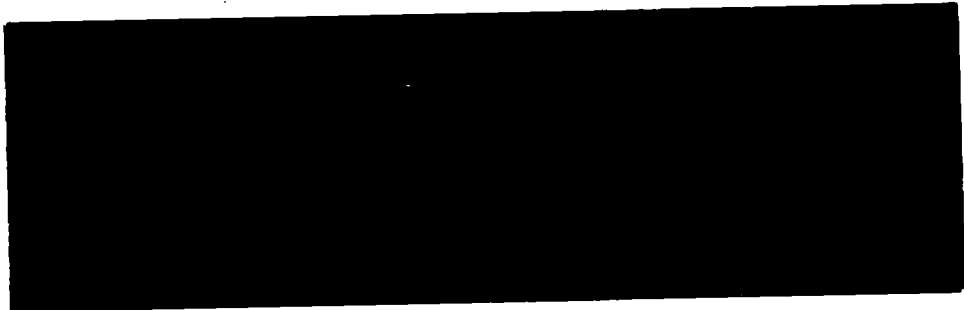
Novembre 1989

Canada 



MRL 89-123 (OPJ) c.2

MRL 89-123 (OPJ) c.2



Canmet Information
Centre
D'Information de Canmet

JAN 31 1997

555, rue Booth ST.
Ottawa, Ontario K1A 0G1

**GISEMENTS FILONIENS:
Technologies, innovations et perspectives.**

N.R. Billette, S. Dufresne, R. Gaétan

MRL 89-123 (OPJ)

Novembre 1989

Présenté lors du "Colloque sur les gisements filoniens
et les équipements miniers", tenu à Rouyn-Noranda le
9 novembre 1989.

**LES GISEMENTS FILONIENS:
TECHNOLOGIES, INNOVATIONS ET PERSPECTIVES**

N.R. Billette S. Dufresne R. Gaétan
Laboratoire canadien de technologie minière
CANMET, Énergie, mines et ressources Canada
Ottawa, Ont.

INTRODUCTION

Cet article présente un survol des travaux réalisés à CANMET dans le cadre d'une entente de recherche faisant intervenir comme participants l'Association minière du Québec, l'Université Laval et le Centre de recherches minérales.

Dans un premier temps, les résultats des questionnaires envoyés à des entreprises exploitant des gisements filoniens au Canada sont présentés.

Dans un second temps, une revue de la littérature internationale fut réalisée, afin d'évaluer les problèmes rencontrés, les solutions apportées et le niveau d'expertise technique dont disposent ces mines.

Finalement, des avenues de recherche sont présentées afin de réduire les coûts d'opération et de mieux gérer les ressources disponibles dans ce type d'exploitation.

Cet article est une synthèse de l'information recueillie dans le rapport technique décrit dans la bibliographie.

1. QUESTIONNAIRE ENVOYÉ AUX MINES CANADIENNES

Le Canadian Mines Handbook a servi à identifier les mines canadiennes possédant les caractéristiques des gisements filoniens. Cette technique a permis d'identifier 45 mines canadiennes hors Québec (cette province ayant été étudiée par le CRM). Un questionnaire fut envoyé à chacune d'entre elles.

Le questionnaire comprenait deux parties, la première référant à l'opération en tant que telle (tonnage, méthode de minage, équipements, coûts, ...) et la deuxième avait pour but de recueillir des commentaires sur les problèmes d'opération et les correctifs apportés. Également, on demandait des commentaires sur les recherches à entreprendre.

Le taux de réponse fut de 30%. Néanmoins, la compilation des réponses présente des éléments intéressants à l'analyse des problèmes relatifs à l'exploitation des gisements filoniens. Les tableaux I à III présentent les problèmes, les solutions et les préoccupations principales des exploitants miniers, alors que le tableau IV propose des domaines de recherche proposés par ces derniers.

TABLEAU I: Principaux problèmes reliés aux veines étroites

PROBLÈMES	ORDRE
Mineurs expérimentés (manque)	1
Dilution résultant de la main-d'oeuvre et des équipements	2
Irrégularité de la minéralisation	3
Dilution due à la pratique de longs trous	4
Équipements adaptés (manque)	5
Mauvaise définition de la minéralisation	6

TABLEAU II: Solutions à certains problèmes

PROBLÈMES	SOLUTIONS
Chargement	Mini-chargeuses
Équipement	Chantiers fait en fonction des équipements
Forage de définition	Foreuse portative hydraulique, activée à l'air (Gopher)
Forage et sautage	Modification des patrons
Minage	Méthode Alimak
Productivité	Boni basé sur le tonnage, l'étroitesse
	Méthode Alimak
	Plancher régulier : facilite le chargement, le forage et la récupération de l'or
	Minage : mini-chargeuses
	Formation du personnel
Remblai	Remblai dense
	Flocculant pour réduire les fuites
Travailleurs expérimentés	Mineurs expérimentés payés à des taux incitatifs associés à un \$/pied minimum

TABLEAU III: Principales préoccupations des opérateurs miniers

PRÉOCCUPATION	ORDRE
Minimiser la dilution	1
Maximiser la récupération de métal	2
Minimiser le coût par tonne	3

TABLEAU IV: Domaines de recherche favorisés par les entreprises minières

DOMAINE	SUJETS
Ancrage	Problèmes avec les boulons. Swellex et split sets trop dispendieux
Equipements	Mieux appropriés
Forage	Patrons
Minage	Mieux adaptées
Remblayage	Perte excessive de temps pour la préparation du remblai, impliquant beaucoup de travaux manuels
	Beaucoup de temps consacré aux travaux de remblayage suite aux irrégularités de la minéralisation
Sautage	Quantité d'explosifs et séquence
Sécurité	Chambres magasins

2. REVUE DE LA LITTÉRATURE

Les banques informatisées de données MINTEC, Engineering Index et NTIS furent consultées afin d'identifier les mines filoniennes canadiennes et étrangères ayant publiés dans des revues techniques. 21 mines furent identifiées et sont présentées au tableau V. Le tableau VI présente la fréquence avec laquelle certains problèmes se rencontrent dans l'industrie.

TABLEAU V: Mines répertoriées lors de la revue de la littérature

CANADIENNES	ÉTRANGÈRES
Cluff Lake, Sask	Kellguani, Bolivie
Con, TNO	Leucamp, France
Dome, Ont	Fraisse, France
Forest Hill, NE	Fontane, Italie
Golden Patricia, Ont	San Francisco, Mexique
Ketza, T.Yukon	Huaron, Pérou
Lupin, TNO	Renison, Tasmanie
Pamour #1, Ont	Apex, EU
Pamour #3, Ont	Black Pine, EU
	Bullgog Mountain, EU
	Republic Unit, EU
	Stillwater, EU

TABLEAU VI: Fréquence des problèmes énumérés dans les mines

PROBLÈMES	%
Productivité	100
Exploitation / méthode	65
Sélectivité/dilution	55
Condition de terrain	40
Définition géologique	30
Halage / coûts	25
Forage	20
Remblai (résistance)	20
Entretien	15
Recrutement du personnel	5
Sécurité	5

Les paragraphes qui suivent présentent, par secteur d'activité, les problèmes, les solutions et les innovations relevés dans les mines repertoriées lors de la revue de la littérature.

2.1 DÉFINITION GÉOLOGIQUE DES GISEMENTS.

Les techniques communément utilisées, afin de caractériser la minéralisation durant les travaux de développement et en cours d'opération, consistent à pratiquer des sondages aux diamants ou des cannelures, ou encore à récupérer les copeaux des forages de production. Cependant, les résultats provenant du laboratoire d'analyse ne sont généralement disponibles qu'après des délais variant de 8 h à 24 h, ce qui implique alors une prise de décision directement dans le chantier, sans le support des résultats de l'échantillonnage.

La gestion des données géologiques peut être effectuée à l'aide d'un d'ordinateur. Un tel traitement de données permet ainsi d'examiner des modèles d'interprétation qui auraient été autrement écartés. La bonne connaissance de la géologie d'un site aide à évaluer sous quelle forme se présente la minéralisation et, par la suite, sélectionner de meilleures méthodes d'abattage. Cependant, les techniques utilisées afin de définir la minéralisation sont souvent inadéquates et ne permettent donc pas de rencontrer les objectifs énoncés ci-dessus.

2.2 FORAGE ET SAUTAGE

La majorité des mines à filons étroits pratiquent un forage de type conventionnel, utilisant des équipements à percussion, hydrauliques ou électriques. Les perforatrices pneumatiques manuelles, à patte fixe ou flexible (stoper, jackleg), sont de loin les équipements les plus utilisés. La force motrice demeure l'air comprimé dans la presque totalité des cas, quoique l'électricité effectue présentement une percée.

-Plateformes de forage:

La principale innovation concerne le développement de plateformes sur lesquelles deux perforatrices conventionnelles sont habituellement montées, ce qui accroît la productivité des mineurs. Une productivité de 180 m par homme-poste peut être atteinte.

Récemment, le développement de mini-jumbos hydrauliques à une flèche a permis d'accroître les performances de forage. Toutefois, la largeur minimale de 1,8m et la longueur des unités disponibles sur le marché demeurent un handicap lorsque les veines sont très étroites (grande dilution).

-Autres technologies:

Les principaux essais réalisés afin d'améliorer les résultats de sautage consistent à optimiser le fardeau et l'espacement. Certaines techniques de forage de précision, de prédécoupage et de sautage périmétrique visent à minimiser la dilution dans les chantiers.

Une technique expérimentale de percement sur plateforme mise à l'essai en France, utilisant un brise-roche monté sur un bras télescopique, ne semble pas encore au point. Ce système, une modification de l'abattage à double sautage (resuing), a servi à exploiter une tranche minéralisée par des coupes de 1 mètre. Le minerai était directement récupéré par une chargeuse et la sélectivité excellente.

2.3 MÉTHODES DE MINAGE.

2.3.1 Méthodes sélectives

-Abattage par coupe et remblai:

La méthode d'abattage la plus communément utilisée est la coupe et remblai (12 sur 21 mines investiguées), par tranche ascendante (7 mines) ou par tranche descendante (5 mines). Une productivité de l'ordre de 30 t/h-p peut être envisagée à l'aide de cette méthode. Le tableau VII présente une comparaison des productivités obtenues dans une

TABLEAU VII: Comparaison économique entre 3 méthodes utilisées dans une mine
(Les coûts d'opération et de capital sont basés sur une valeur fictive de '100')

DESCRIPTION	MÉTHODE DE COUPE ET REMBLAI		
	ASCENDANTE	DESCENDANTE	DESCENDANTE MÉCANISÉE
Achat d'équipement	2	1	3
Entretien & énergie	1	1	1
Main-d'oeuvre (minage)	126	86	52
Matériaux (minage)	16	12	12
Total	145	100	68
Production moyenne par poste	23	32	56
Production maximale par poste	45	100	222
Section des chantiers (m ³)	4,5	8,0	8,0

mine qui a adopté la méthode descendante dans un premier temps, puis l'a mécanisée dans un second temps.

La coupe et remblai est une technique utilisée dans des gisements étroits sub-verticaux. C'est une méthode sécuritaire qui donne une bonne sélectivité, selon la largeur de minage réalisée. Dans une mine, la machine de halage plus étroite a permis de réduire la dilution et ainsi d'augmenter de 30% la concentration de métal par tonne à l'entrée de l'usine de traitement.

Des équipements captifs en chantier peuvent accroître la productivité, en limitant les travaux de mise en valeur et la manipulation de stérile. Le confinement en chantier d'un équipement est à considérer, lorsque son entretien n'y présente pas de problèmes sérieux. Un équipement captif en chantier implique cependant son assignation à une région spécifique, ce qui l'empêche d'être utilisé ailleurs.

-Abattage par chambre magasin:

Les chambres magasins constituent également une méthode d'abattage fréquemment utilisée (5 des 21 mines). Trois variantes sont pratiquées, soient la chambre conventionnelle, la chambre charpentée et la chambre avec points de soutirage. Les deux premières ont des productivités de l'ordre de 4 à 6 t/h-p, dépendant de la largeur des chantiers. La troisième présente des productivités 2 à 3 fois plus grandes, mais requiert une extension verticale justifiant les coûts additionnels de mise en valeur.

-Abattage sélectif à l'aide de la méthode à double sautage (resuing):

Une variante de la coupe et remblai, sélective mais à faible tonnage, soit l'abattage à double sautage (resuing), a fait l'objet d'une réévaluation, suite à l'introduction

de nouveaux équipements de forage et de halage qui accroissent sa productivité. La méthode consiste à abattre le minerai en premier lieu (figure 1), puis la chambre est vidée du minerai. En sautant le stérile adjacent par la suite, on s'assure d'une largeur minimale du chantier. La proportion de stérile à abattre détermine s'il faut ajouter du remblai ou sortir du stérile du chantier. Cette technique minimise la dilution, mais requiert une éponte supérieure résistante et un sautage contrôlé du minerai.

2.3.2 Méthodes de minage en vrac

-Abattage par sous-niveaux retraités:

La méthode de sautage en vrac à partir de sous-niveaux (sublevel blasthole) est une méthode qui offre une productivité supérieure à la chambre magasin. Afin d'éviter une dilution excessive, la méthode requiert des épontes suffisamment résistantes. Les chantiers à longue extension verticale doivent demeurer ouverts. La méthode est mécanisable, en utilisant les équipements de chargement appropriés. Elle ne permet toutefois aucune sélectivité lorsque les veines sont discontinues.

-Abattage par forage horizontal à partir de plates-formes:

La méthode Alimak est une avenue économique intéressante lorsque les filons ne sont pas trop irréguliers. Elle impose une minéralisation assez uniforme sur une distance verticale importante, car les coûts de préparation, d'installation, d'entretien et de fourniture sont relativement élevés et doivent être amortis par la productivité cumulée sur une longue distance (dans les 70 m et plus en règle générale). La méthode nécessite l'utilisation d'une plate-forme en phase de fonçage de monterie, d'une en phase de forage horizontal et d'une lors du sautage des trous (fig. 2). Elle exige une main-d'oeuvre spécialisée lors du fonçage de la monterie, mais peu à moyennement expérimentée pour l'exécution des phases suivantes. Le succès de la méthode est étroitement lié à l'habileté de limiter la déviation des trous horizontaux.

2.3.3 Considérations additionnelles

Trois principaux critères techniques déterminent le choix de la méthode de minage, soient la résistance mécanique des massifs rocheux, la géométrie de la minéralisation (pendage et puissance), et la disponibilité d'équipements de minage appropriés au type de gisement. Le développement d'équipements de plus petites dimensions a permis de miner, à dilution égale, des zones minéralisées de puissance réduite.

Les méthodes en vrac présentent des coûts unitaires de production avantageux. Toutefois, elles créent habituellement plus de dilution, surtout lorsque la minéralisation est mal définie et que les veines sont sinueuses, renflées ou d'orientation variable.

FIGURE 1
Minage à 2 sautages (resuing)

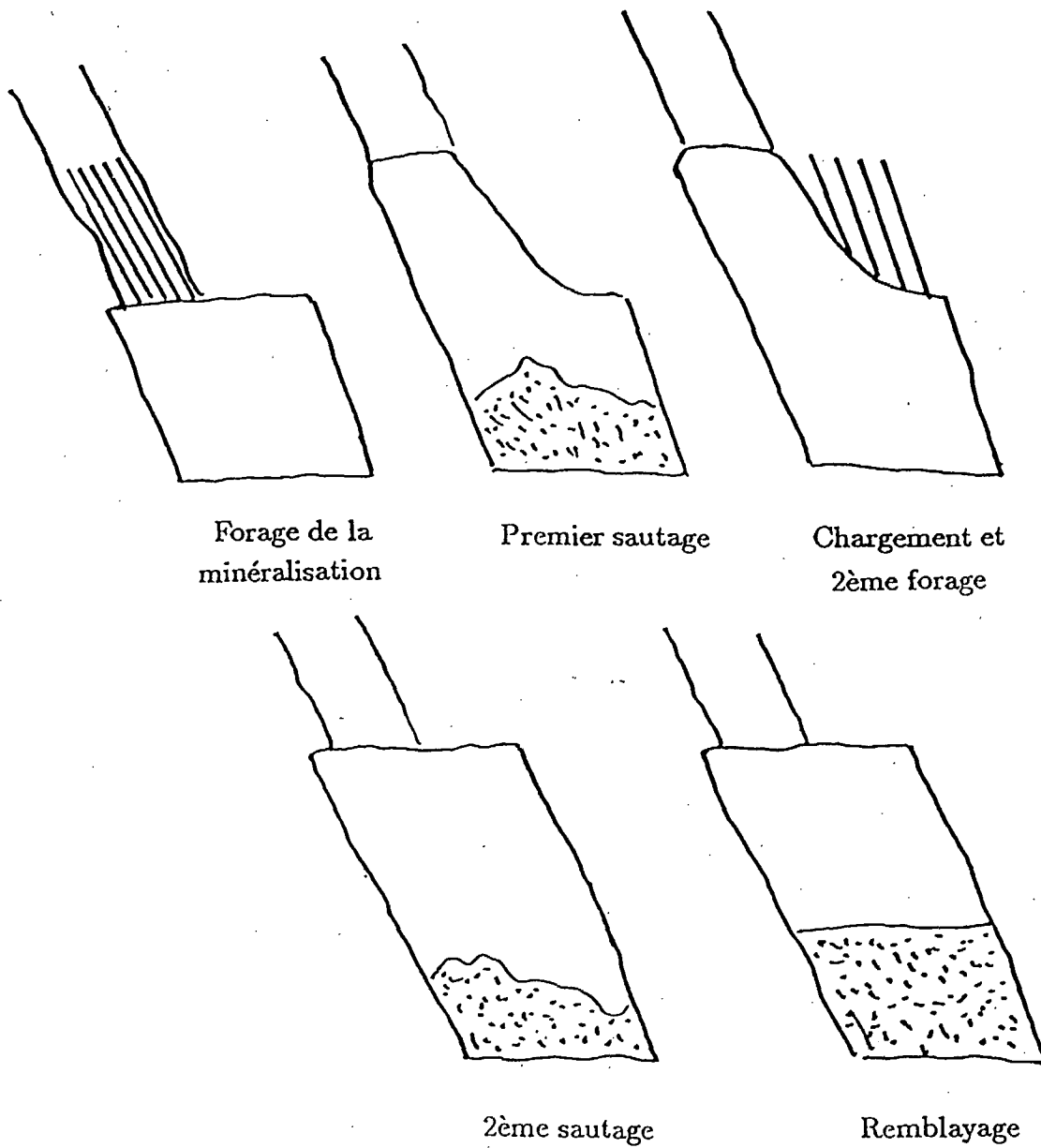
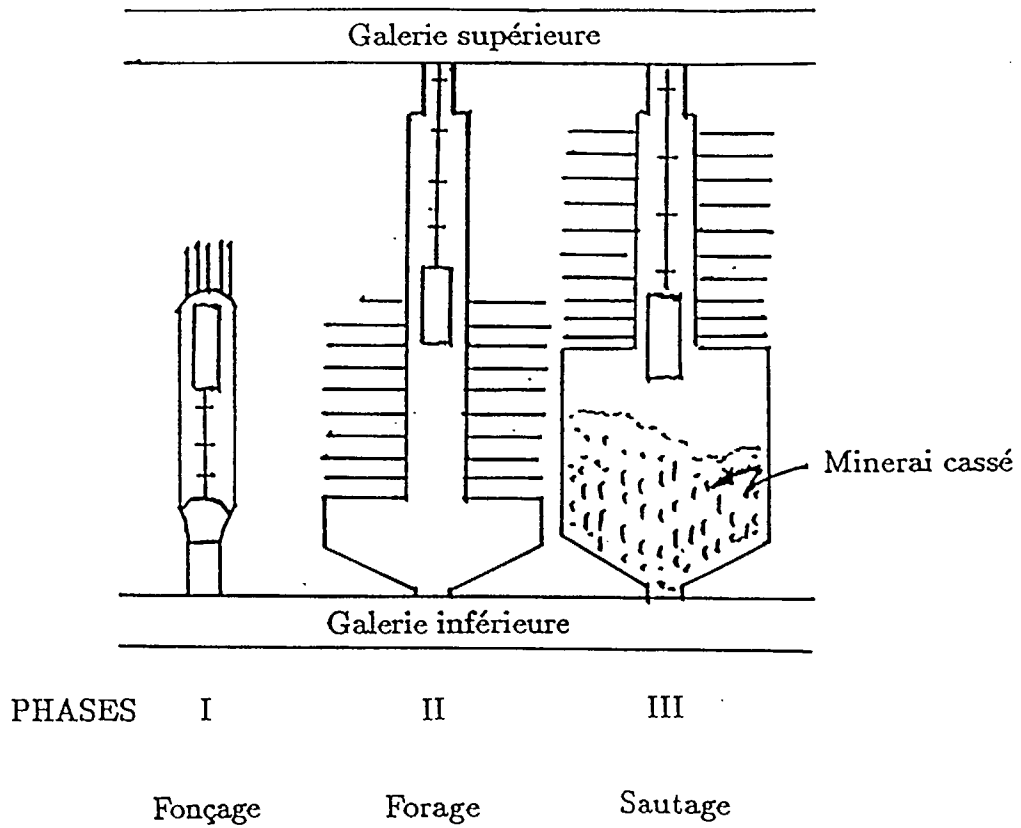


FIGURE 2
Méthode Alimak.



Les méthodes sélectives quant à elles, offrent une dilution moindre, permettant de récupérer un tout-venant plus riche. Cependant, le cycle de production est plus long et les coûts associés à la main-d'oeuvre et l'opération sont plus élevés.

Lorsque des racloirs sont utilisés, 50% des travaux ne sont pas productifs en terme de production de minerai. Il s'agit des travaux de fonçage de chute, d'installation des passages du personnel et des services, de la préparation et de l'installation du remblai. Lorsque des mini-chargeuses sont utilisées, les opérations de préparation et de mise en place du remblai demeurent alors les seules opérations improductives (toujours en terme de production de minerai). Les équipements diesels impliquent des coûts additionnels associés à la ventilation et à l'entretien.

2.4 CHARGEMENT ET TRANSPORT EN CHANTIER ET EN GALERIE.

Le racloir demeure très populaire dans bon nombre de mines filoniennes. Le halage hors chantier est surtout réalisé à l'aide de chargeuses sur rails. Les locomotives à batterie et les wagons à bascule latérale sont des équipements répandus.

2.4.1 Mini-chargeuses:

La principale innovation concernant le chargement en chantier est le développement de la chargeuse navette de dimensions réduites, soit de moins de 1 m de largeur. L'avantage des mini-chargeuses repose sur leur maniabilité, capacité, sélectivité et leurs dimensions. Une des justifications du minage sélectif à l'aide des mini-chargeuses provient de la réduction des coûts de concentration, en augmentant la teneur d'entrée à l'usine et en diminuant les résidus à manipuler.

En plus des avantages liés à ses dimensions et sa mobilité, la mini-chargeuse diesel procure une grande autonomie, résultat de son mode de propulsion. Son principal inconvénient est qu'elle nécessite une meilleure ventilation. Par ailleurs, les chargeuses électriques procurent des avantages supplémentaires: entretien simplifié, élimination de gaz d'échappement et élimination d'approvisionnement de carburant liquide sous terre. Le rayon d'action total d'une chargeuse électrique est de 160 m. Le principal problème de la chargeuse électrique est son câble d'alimentation, qui brise fréquemment par usure sous les pneus de la machine.

Comparées aux chargeurs culbuteurs, ces chargeuses navettes offrent une sécurité supérieure à l'opérateur, puisqu'il est situé à l'arrière ou au centre du véhicule. L'équipement demeure stable, même sur des surfaces irrégulières. Les chargeuses opèrent adéquatement sur des planchers remblayés hydrauliquement, bien qu'elles ont tendance à

s'enfoncer légèrement. Il faut également noter que leur productivité diminue rapidement avec la distance de halage.

L'utilisation de la mini-chargeuse n'est pas sans problèmes. Les principaux sont la surcharge du véhicule ainsi que son entretien, qui doit parfois être réalisé en chantier. Cependant l'introduction de bonis basés sur l'opération des équipements peut permettre d'accroître leur disponibilité. Le principal coût d'entretien des chargeuses électriques est lié à son câble d'alimentation. De plus, l'articulation de la chargeuse constitue une autre source de problème.

2.4.2 Mini-chargeuses vs racloirs:

Les mini-chargeuses présentent une plus grande autonomie que les racloirs. Leur productivité moyenne est le double de celle obtenue à l'aide des racloirs. La mini-chargeuse permet le halage sur une distance minimale de 160 m alors que les racloirs sont limités à 30 m environ, et dépendant de leur force motrice. Tout en permettant une meilleure sélectivité, les mini-chargeuses ne sont pas handicapées par les variations de pendage de la veine, même lorsque la chute à minerai est localisée dans les épontes. Cependant, les racloirs conservent toujours leur utilité lors d'applications particulières, telles le creusage de sous-niveaux à partir de monteries, et le développement vertical des chantiers. Le tableau VIII présente une comparaison économique réalisée à une mine étudiée.

TABLEAU VIII: Comparaison économique entre les racloirs et les mini-chargeuses

(Base de référence: coût d'investissement total des racloirs égale 100.)

DESCRIPTION	RACLOIR	MINI CHARGEUSE
DÉBOURSÉS DE PRÉ-OPÉRATION		
Achat de l'équipement	16	37
Coûts de développement minier	84	44
Coût d'investissement total	100	81
COÛT D'OPÉRATION ANNUEL		
Main-d'oeuvre	38	18
Entretien	2	5
Travaux miniers (chutes, ...)	29	17
Total des coûts d'opération	69	37

2.5 SOUTÈNEMENT ET REMBLAYAGE.

-Soutènement mécanique:

Les technologies de soutènement mécanique n'ont pas tellement évolué depuis l'avènement des boulons à expansion de type 'Swellex', ou rigides tels les rebars. Les mines pratiquent généralement un boulonnage systématique à l'aide de boulons à charge ponctuelle, suivant des patrons réguliers. Certaines d'entre elles utilisent du grillage métallique.

-Remblais:

Un remblai sec ou hydraulique est utilisé lors du minage par coupe et remblai ascendante, alors qu'un remblai hydraulique cimenté est utilisé lors de l'abattage par coupe et remblai descendante. Les autres méthodes de minage utilisent l'un ou l'autre des remblais, au besoin. Dans les très mauvais terrains, on utilise parfois des revêtements en béton, style 'shotcrete'. Deux nouvelles innovations ont été développées au cours des dernières années, soient un système de projection du remblai en chantier et le remblai à haute densité et faible teneur en eau.

-Remblai projeté: À l'aide d'un compresseur de 150 KW à haut débit et faible pression, monté en série avec un distributeur à remblai mu hydrauliquement (rotary air-lock feeder - RALF), le concassé servant de remblai est mélangé avec le ciment, puis acheminé dans le système de projection. Le produit est éjecté à une vitesse de 45 mètres par seconde. Les principaux problèmes liés à ce système sont la proportion inexacte de ciment injecté dans le mélange et l'usure prématurée des pièces.

-Remblai à haute densité: Deux technologies sont présentement à l'essai: utilisation d'une usine de mélange en surface ou sous-terre. Les petites exploitations ne peuvent sans doute pas justifier une usine permanente en surface, de sorte que la technologie du 'Tailspinner' est sans doute la plus appropriée. Dans ce cas, l'eau est extraite des résidus par un principe centrifuge. La sortie des solides présente un remblai composé entre 75% et 80% de matériaux solides. Une partie des fines suit l'eau lors de la séparation et doit être pompée en surface, ce qui constitue le principal inconvénient de la méthode. La consistance et la capacité de soutien de ce type de remblai permet par contre, dans une large part, l'élimination des barricades à la base des chantiers.

2.6 PROBLÈMES OPÉRATIONNELS.

Les principaux problèmes opérationnels rencontrés dans les différentes mines sont généralement liés, directement ou indirectement, à la disposition des infrastructures

par rapport aux zones minées. Généralement, les distances de halage sont importantes et la solution réside fréquemment dans le développement de nouvelles infrastructures d'envergure, telles que le fonçage d'un puits ou d'une voie de halage principale. Le transport par convoyeur est peu considéré. Dans les chantiers, certaines contraintes réduisent la flexibilité des opérations, dont la dimension des équipements. Par exemple, plus les chantiers sont étroits, plus il devient difficile de pratiquer le forage de soutènement des parois et du toit.

2.7 SANTÉ ET SÉCURITÉ AU TRAVAIL.

La santé et la sécurité au travail sont étroitement liées à la méthode de minage choisie, à la configuration physique des lieux de travail et au développement d'équipements appropriés. Par exemple, le minage en chantier étroit présente des situations où il devient particulièrement difficile de réaliser le soutènement des épontes (manipulation des perforatrices pour forer les trous), ce qui affecte la sécurité des mineurs.

En tant qu'innovation, la méthode Alimak minimise les dangers associés aux trous ratés, et élimine les situations où le travailleur est exposé en chantier (comme en chambre magasin conventionnelle).

La conception de mini-chargeuses réduit également l'exposition des employés aux instabilités des murs et du front de travail. De plus, elle entraîne une réduction de 30% à 35% en poids de la poussière émise dans l'air, comparativement aux chargeuses à air comprimé. Les chargeuses électriques réduisent l'intensité sonore de l'ordre de 15 dBA, en plus d'éliminer la manipulation de carburant liquide sous-terre. Elles donnent cependant naissance aux problèmes de sécurité liés à l'utilisation de l'électricité.

3. AVENUES DE RECHERCHE

L'ordre de grandeur des économies à réaliser en gisements filoniens constitue un facteur primordial. Alors que quelques cents la tonne débouchent sur des économies substantielles dans les grandes exploitations, ceci ne représente que quelques dollars par jour dans une exploitation de moins de 1 000 tonnes par jour. Seuls les projets qui ont le potentiel de réduire substantiellement les coûts de production doivent être considérés.

Malgré les fluctuations du marché, le manque de flexibilité des gisements filoniens empêche une variation du niveau de production. Le tonnage quotidien doit être maintenu, afin de conserver la rentabilité de l'exploitation. L'opérateur est en effet confronté à une décision d'arrêt des activités, chaque fois que le prix du métal produit tombe sous un seuil critique.

Le personnel technique étant, en général, plus restreint dans une exploitation filonienne, ces gens ont moins d'opportunités de se maintenir à jour. La recherche et l'évaluation d'innovations potentielles y sont donc réduites. Dans les paragraphes qui suivent, il sera fait mention tout d'abord de projets liés à la géologie, puis aux méthodes d'abattage et aux activités auxiliaires d'opération.

3.1 GÉOLOGIE

Les problèmes liés à la géologie constituent, selon les auteurs, la clé de voûte de toute innovation technologique significative en filons. Par information géologique, il faut considérer tant les connaissances structurales et géotechniques que les informations sur la teneur de la zone minéralisée et surtout la localisation tridimensionnelle des informations sus-nommées. Deux raisons principales expliquent cette priorité:

- d'une part, il est extrêmement difficile de prendre une décision économique éclairée de changement des opérations, lorsque les réserves connues n'assurent qu'une vie à court terme;

- d'autre part, il est difficile de sélectionner la meilleure méthode d'abattage, lorsque l'information disponible est limitée ou la reconnaissance se fait au jour le jour.

-Méthodes optiques ou géophysiques de lecture

Certaines techniques optiques ou géophysiques sont présentement au stade du développement et promettent de déboucher sur des applications en ce sens. Il serait, entre autres, possible de définir l'orientation et la longueur des structures géologiques entre deux niveaux, à l'aide de géotomographie. Il faut également considérer le transfert automatique des données recueillies dans le but d'éviter des manipulations successives inutiles et les possibilités d'erreurs.

-Localisation rapide des trous de forage

La localisation précise des informations recueillies dans les trous de forage est une technique éprouvée, quoique relativement lente. Il faudra certainement inventer des techniques électroniques plus rapides.

-Lecture directe d'informations dans le trou

La lecture des parois d'un trou de forage qui fournirait densité et orientation des joints, informerait sur les structures et analyserait instantanément les teneurs en métaux permettrait de remplacer le forage au diamant, lent et coûteux, par des techniques de forage à foret plein, long trou si désiré.

-Déviation des trous

Une méthode simplifiée, plus fiable que les techniques existantes, doit être développée pour permettre de dévier les trous de forage près de la zone minéralisée. En augmentant ainsi la quantité d'informations à la disponibilité du personnel technique, et en accélérant la procédure d'acquisition des données, cette technologie augmenterait la fiabilité des décisions opérationnelles.

3.2 ABATTAGE

Deux aspects principaux sont traités dans cette section: les problèmes de conception des ouvrages et les problèmes opérationnels.

-Conception des ouvrages

Au niveau de la conception, CANMET a déjà débuté des travaux préliminaires qui doivent éventuellement conduire à un système expert. Il n'est pas trop difficile d'orienter dès maintenant les travaux plus intensifs vers la problématique particulière aux gisements filoniens, qui requièrent habituellement des méthodes sélectives d'abattage. Plusieurs cas devront être documentés avant d'en arriver à un concept d'expert.

Une méthode d'abattage peut s'avérer totalement inadéquate dans certaines parties d'une mine et entraîner des coûts importants pour la modifier après coup. C'est pourquoi la méthode de conception tridimensionnelle, supportée par de l'information géologique, structurale et géotechnique, permettra de définir, à l'aide des logiciels déjà disponibles à CANMET en estimation des réserves et en modélisation numérique, la meilleure sélection pour différentes situations documentées.

-Opérations

Du côté opérationnel, plusieurs éléments méritent une investigation détaillée. En effet, il est difficile de définir l'influence de la dilution planifiée et non planifiée, de l'impact d'entailles latérales sur la stabilité de l'ouverture dans la tranche supérieure, des relations entre soutènement et dilution, entre soutènement pour des besoins de sécurité présumée et soutènement réellement nécessaire mais pas toujours réalisé.

Lors de la phase III du projet, il faudra documenter l'impact, dans deux chantiers parallèles et similaires, d'une méthode d'abattage conventionnelle avec murs et parois qui 'suivent la veine' avec ses déviations ou poches dans les épontes, par rapport à une exploitation régulière de la veine en ignorant les déviations mineures de la veine et les entailles latérales, au toit ou au plancher. De la sorte, il sera possible de quantifier

la dilution nécessaire pour accéder à ces suppléments de minéralisation, d'en mesurer l'impact sur la productivité ainsi que les économies réalisées dans l'un et l'autre cas.

Comme innovations mineures en forage manuel, la foreuse sur béquille doit être remplacée par des équipements sur chariot. En effet, le syndrome de Raynaud constitue sans doute le coût caché de l'utilisation de ces machines. L'équipement de remplacement devra être facilement manoeuvrable et se déplacer dans des ouvertures restreintes verticales ou horizontales.

La construction des passages de personnel ainsi que des chutes à minerai dans les chantiers est à revoir, afin d'accroître la productivité en chantier. Le développement de matériaux plus légers, aussi résistants à l'usure mais plus manipulables, avec possibilité d'aménagement modulaire, constituerait une innovation importante. À ce propos, une filiale de l'Alcan semble avoir développé un matériau qui mérite notre attention.

De nombreuses techniques non conventionnelles ont été expérimentées en chantier, afin d'assurer l'évacuation du minerai. Par exemple, qu'est-ce qui empêche les mines avec un débit d'eau important d'utiliser cette eau lors du déblaiement en chantier? Un système de brosses, semblables à celles utilisées pour nettoyer les rues, pourrait sans doute être économique dans de nombreux chantiers à faible pendage.

L'usage de soutènement réutilisable doit être réintroduit et adapté aux besoins des mines métalliques. S'il est rentable dans le charbon, pourquoi ne peut-il l'être dans le précambrien. Il réduirait les besoins en boulons qu'il faut ensuite abattre et manipuler tout au long du processus de déblaiement, de hissage, de concassage et jusqu'à l'entrée de l'usine.

Les travailleurs doivent d'abord apprendre les rudiments du travail réalisé par les explosifs, de façon à améliorer les techniques de sautage périmétrique et de sautage contrôlé. Ils doivent ensuite apprendre la différence entre vitesse de forage et haute productivité, dépendante de la précision et d'une dilution limitée. Le soutènement est aussi très mal compris des mineurs: ils préfèrent souvent des boulons avec des blocs de bois aux boulons bien vissés qui empêchent le toit de travailler.

Les techniques de lixiviation se raffinent et constituent une fraction croissante de l'extraction de certains métaux. L'industrie minière canadienne devrait étudier sérieusement l'application de la technique aux gîtes d'or du bouclier canadien. Les problèmes techniques à résoudre dans le cas présent sont le degré de fragmentation nécessaire, le débit possible dans diverses circonstances et la façon de découper le gisement en tranches verticales successives lors de l'exploitation. La sélection du distillat demeure cependant un problème important.

-Remblai

Les petites mines ont traditionnellement vécu avec des carences chroniques de remblai. La plupart du temps, de telles périodes de carence se produisent après que la mine ait eu de nombreux surplus de remblai, qu'elle a dû acheminer vers les haldes à résidus. Il faudrait planifier un entreposage du remblai sur les niveaux supérieurs de la mine. Des technologies nouvelles devront permettre, d'une part, l'essorage rapide du remblai et, d'autre part, la prompte remise de ce remblai en solution. La découverte de liants ou de produits chimiques hydrofuges bon marché permettraient d'utiliser une fraction plus importante des fines du concentrateur comme remblai. Un essorage accéléré du remblai mis en place dans les chantiers réduirait de plus le temps de cycle global.

Pour aider à solutionner le problème de carence de remblai, il serait utile de considérer le stérile comme remblai rocheux recyclable dans la mine même. Des techniques de hissage permettant de retourner sur certains niveaux le stérile extrait de niveaux en développement sont nécessaires. Des moyens doivent être mis en oeuvre afin de récupérer ce stérile et assurer son acheminement aux chantiers requérant du remblai.

3.3 SERVICES

La section des services inclut le problème du transport hors chantier, la ventilation, l'arpentage, le concassage, le hissage, le réseau de drainage et l'entretien de la voie de roulage et de la tuyauterie.

-Transport

Le transport sur rail est composé d'équipement simple d'opération et d'entretien, mais nécessitant un entretien constant de la voie.

Au niveau opérationnel, il serait temps de développer un système de télécommande qui ne s'appuie pas sur la réduction de la tension des freins pour générer le déplacement de la rame, mais qui peut intervenir directement, afin d'activer la puissance de locomotion ainsi que le système de freinage au besoin.

Alors que l'énergie disponible en début de poste permet un déplacement rapide de la rame et un freinage sûr, les fins de poste présentent une traction moins efficace lors des accélérations et décélérations. Le développement de batteries plus performantes et de chargeurs plus rapides, comme c'est le cas de certaines locomotives plus grosses, serait à envisager.

Une innovation majeure consisterait à modifier le système sur rails présentement en usage en un convoi sur pneumatiques. Il y aurait lieu, dans un premier temps, de

conserver un rail guide, au sol ou au toit. La solution au toit serait à privilégier, étant donné la réduction d'entretien d'un tel système et son faible coût d'investissement. Une conception de wagons qui suivraient les traces du wagon précédent, comme les rames de wagons à bagage aux aéroports, éliminerait le rail guide.

Malgré l'évolution saccadée des mines, il faut promouvoir le développement d'un réseau continu de cheminées à minerai et stérile, conduisant à un point de chargement unique au puits. Par surcroît, il faut examiner le coût de foncer le puits trente à cinquante mètres sous le dernier niveau opérationnel, de façon à s'assurer d'une réserve suffisante en minerai sous ce dernier.

Une technologie éprouvée d'automatisation des cages existe dans tous les ascenseurs publics urbains. Il est certain qu'une partie de cet avantage ne peut se matérialiser en pratique sous terre, à cause de l'utilisation du dessous de cage, afin de véhiculer la plupart des matériaux encombrants.

-Énergie

Dans la plupart des mines canadiennes, il existe un amalgame de formes d'énergie. Il y aurait lieu d'analyser les sources énergétiques et leur mode d'utilisation, afin d'en arriver à des conditions optimales d'opération.

À l'heure actuelle, la principale source d'énergie en usage dans les mines exploitant des filons minéralisés est l'air comprimé. Comment peut-on accroître la productivité? Un des moyens d'augmenter la performance de l'air comprimé, c'est de construire une chambre à air dans une partie désaffectée de la mine, afin de stabiliser la pression durant toute la période d'utilisation par les foreurs. Il importe de s'assurer que la localisation de la chambre réduise au minimum le trajet subséquent de l'air dans le réseau de tuyauterie desservant les chantiers en opération ou planifiés à moyen terme.

Afin de s'assurer d'un rendement maximal des sources d'énergie, il importe d'analyser les possibilités de remplacer l'air comprimé par un autre mode de transformation de l'énergie. Il semble que, de plus en plus, l'électricité remplace l'air comprimé comme méthode de consommation énergétique, car son rendement est de l'ordre de 80 à 90%.

Beaucoup de mines canadiennes doivent générer leur propre électricité, par génératrice diesel la plupart du temps. Des études qui conduiraient à utiliser la puissance éolienne, si commune dans une partie importante du pays, doivent être envisagées. Dans le cadre du programme énergétique d'Énergie, Mines et Ressources Canada, des travaux en ce sens ont été effectués dans les Territoires du Nord-Ouest et les résultats devraient être bientôt disponibles au public.

Il importe d'augmenter nos connaissances de l'efficacité des échangeurs de chaleur. Le coût du litre de mazout peut atteindre 0,60 \$ dans certaines parties du Canada, ce qui se transforme en un coût de 0,15 à 0,20 \$ le kilowatt. La mine Selbaie peut servir d'exemple: elle chauffait tous ses édifices en plus de l'air expédié sous terre à partir de la chaleur provenant des génératrices de courant électrique. Plusieurs autres mines canadiennes ont aménagé un récupérateur de chaleur dans l'air vicié provenant de sous-terre.

Nombre d'opérations en gisements floniens sont en expansion continue. Ceci multiplie les stations de pompage à divers niveaux de la mine, en opération suboptimale. Chacune requiert en plus une sous-station électrique à proximité. Il serait sans doute très intéressant de calculer les réductions de coût global qu'entraînerait une seule station de pompage au fond de la mine. Le fait de n'entretenir qu'une station de pompage et de simplifier le réseau électrique contribue à l'attrait de cette solution. Un guide de référence sur la façon d'effectuer les calculs et de prendre la décision la plus juste serait le bienvenu.

Dans la même veine d'idées, l'usage poussé de systèmes moniteurs du réseau de ventilation, incluant un contrôle automatique des ventilateurs et des portes ou régulateurs permettrait de réduire la demande en air frais, particulièrement en dehors des heures de pointe. Des travaux sont présentement en cours à CANMET sur ce sujet.

-Autres éléments

Compte tenu du nombre de plus en plus grand de mines qui foncent leurs propres puits, il devient impérieux de rédiger un volume sur l'ingénierie des puits, la construction du collet, du chevalement et du fond d'un puits, incluant non seulement les techniques traditionnelles, mais aussi les nouveautés du secteur. Un manuel de coûts des diverses méthodes de fonçage du puits serait nécessaire afin de compléter le volume de conception des ouvrages.

De nouvelles techniques de fonçage des puits, présentement sur la table à dessin, requièrent des essais en place, afin d'en démontrer les capacités et limites. Plusieurs de ces méthodologies existent à l'heure actuelle, mais il manque le capital de risque pour en assurer le développement.

Une étude s'impose, afin de déterminer la rentabilité relative d'un concasseur en souterrain, par rapport à l'usage d'un brise-roches. Cette étude comparative devrait inclure non seulement les coûts directs d'investissement, d'aménagement et d'opération, mais aussi les coûts indirects que sont l'entretien de l'équipement même, ainsi que la dégradation relative des skips et des trémies dans chaque cas.

Lorsqu'il est difficile d'augmenter la capacité du puits, il pourrait s'avérer intéressant de considérer le hissage hydraulique du minerai. La possibilité d'accroître la capacité de la mine sans investissement majeur et sans interrompre les opérations mérite d'être investiguée. L'expérience de Falconbridge Ltée a démontré que cette technologie ne peut remplacer les activités usuelles de hissage, mais peut les augmenter à un coût raisonnable.

Fréquemment, il se produit une infiltration de boues à l'intérieur des roulements à bille des wagons ou des freins des locomotives, occasionnée par le remplissage des fossés. De plus, la base des voies ferrées se sature en eau et les rails perdent leur rigidité, réduisant la vitesse de halage maximale. Il faudrait donc développer des appareils mieux adaptés et plus rapides pour le nettoyage des fossés. Un appareil à suction pourrait être mis à l'essai, en aspirant dans un wagon les boues du fossé. La technologie est existante et est utilisée dans les nettoyages sanitaires par exemple. De meilleurs matériaux pour la construction de la base de la voie doivent aussi être considérés.

De plus en plus, les gens de l'industrie requièrent des petits logiciels informatiques, afin de suppléer à leur manque de personnel technique. Par exemple, des logiciels simples qui calculent le boni, les points d'arpentage et la performance du réseau de ventilation commencent à être utilisés dans les mines de moyenne envergure. Il devient important que des programmes soient introduits, afin de représenter la distribution en métal dans le dépôt. Chaque information nouvelle ajoutée à la banque de données permet d'améliorer l'image que le personnel se fait du gisement qu'il exploite.

CONCLUSION

Après le rapide survol des efforts de documentation de CANMET en matière de gisements filoniens et une reconnaissance des problèmes auxquels sont confrontés les opérateurs, le Centre s'est interrogé sur les moyens de remédier à cet état de fait. C'est pourquoi il a élaboré un certain nombre de sujets d'études à réaliser, en considérant les moyens d'améliorer la productivité des opérations filoniennes. Ces sujets touchent à trois axes de recherche complémentaires: l'information géologique de base, la conception et les activités en chantier, ainsi que les autres éléments de support de l'activité minière.

Certaines de ces recommandations sont présentement en voie de réalisation ou en phase d'évaluation détaillée. Le personnel des Laboratoires de recherche minière de CANMET est intéressé à accroître la productivité et la sécurité des exploitations minières, et les opérateurs de gisements filoniens sont perçus comme étant ceux qui ont le plus besoin d'un support immédiat.

BIBLIOGRAPHIE

DUFRESNE, S., BILLETTE, N.R., GAÉTAN, R., CLARKE, R.W.D., "Gisements filoniens: technologies, innovations et perspectives". Rapport technique, MRL 89-70 (TR), CANMET, Énergie, mines et ressources Canada, juillet 1989, 58pp.

