



Énergie, Mines et
Ressources Canada

Energy, Mines and
Resources Canada

CANMET

Centre canadien
de la technologie
des minéraux
et de l'énergie

Canada Centre
for Mineral
and Energy
Technology

*See
622(21)
C 212 sp*

RAPPORT ANNUEL 1985-1986 DU PROJET DE RECHERCHE CONJOINT CANADA-ONTARIO- INDUSTRIE SUR LES COUPS DE TOIT

SP86-3F

3



RAPPORT ANNUEL 1985-1986 DU PROJET DE RECHERCHE CONJOINT CANADA-ONTARIO-INDUSTRIE SUR LES COUPS DE TOIT

C.H. Brehaut
Président
Comité de gestion

D.G.F. Hedley
Président
Comité technique

238

MICROMEDIA

This document is an unedited
preliminary report prepared primarily
for discussion and internal
evaluation purposes. It does not
represent a final expression of
the opinion of the Canada Centre
for Mineral and Energy Technology
(CANMET)

Ce document est un rapport
préliminaire non révisé et rédigé
principalement pour fins de
discussion et de documentation
interne. Il ne représente nullement
l'opinion définitive de
l'Organisation du Centre canadien de
la technologie des minéraux et de
l'énergie (CANMET)

18 pp
Rapport spécial du CANMET
SP86-3F

CANMET RAPPORT #SP#86-03F
mots de clef:
les coups de toit ✓
Rapport annuel ✓
Canada-Ontario-Industrie ✓
1985-1986 ✓

Colophon No. 7 (file c)

Job No. 96642

© Ministre des Approvisionnements et Services Canada 1986

N° de cat. M 38-15/86-3F

ISBN 0-662-93942-5

Available in English

RAPPORT ANNUEL 1985-1986 DU PROJET DE RECHERCHE CONJOINT CANADA-ONTARIO-INDUSTRIE SUR LES COUPS DE TOIT

AVANT-PROPOS

Il est depuis longtemps reconnu que la recherche donne de meilleurs résultats quand les parties intéressées mettent en commun leur savoir-faire et leurs ressources. En juin 1985, le gouvernement du Canada et celui de l'Ontario, conjointement avec certains membres de l'industrie minière de cette province, ont conclu une entente concernant la réalisation, sur une période de cinq ans, d'un important projet de recherche sur les coups de toit, d'une valeur de 4,2 millions de dollars. Le projet de recherche conjoint Canada-Ontario-Industrie est géré par un comité de gestion composé de hauts fonctionnaires de chacun des groupes. Le comité reçoit l'appui d'un comité consultatif technique qui comprend six représentants de l'industrie et un membre des gouvernements fédéral et provincial, respectivement.

Le comité consultatif technique a joué un rôle dans la formulation et l'orientation du projet de recherche sur les coups de toit et les résultats de son travail sont bien évidents dans le rapport annuel de la société pour l'année financière 1985-1986. Le Comité de gestion est d'avis que les objectifs, plans de travail et résultats des programmes particuliers doivent être communiqués régulièrement à toutes les parties intéressées afin que la diffusion de cette information contribue à promouvoir la recherche et à accroître les connaissances en ce qui a trait aux coups de toit.

C.H. Brehaut
Président
Comité de gestion

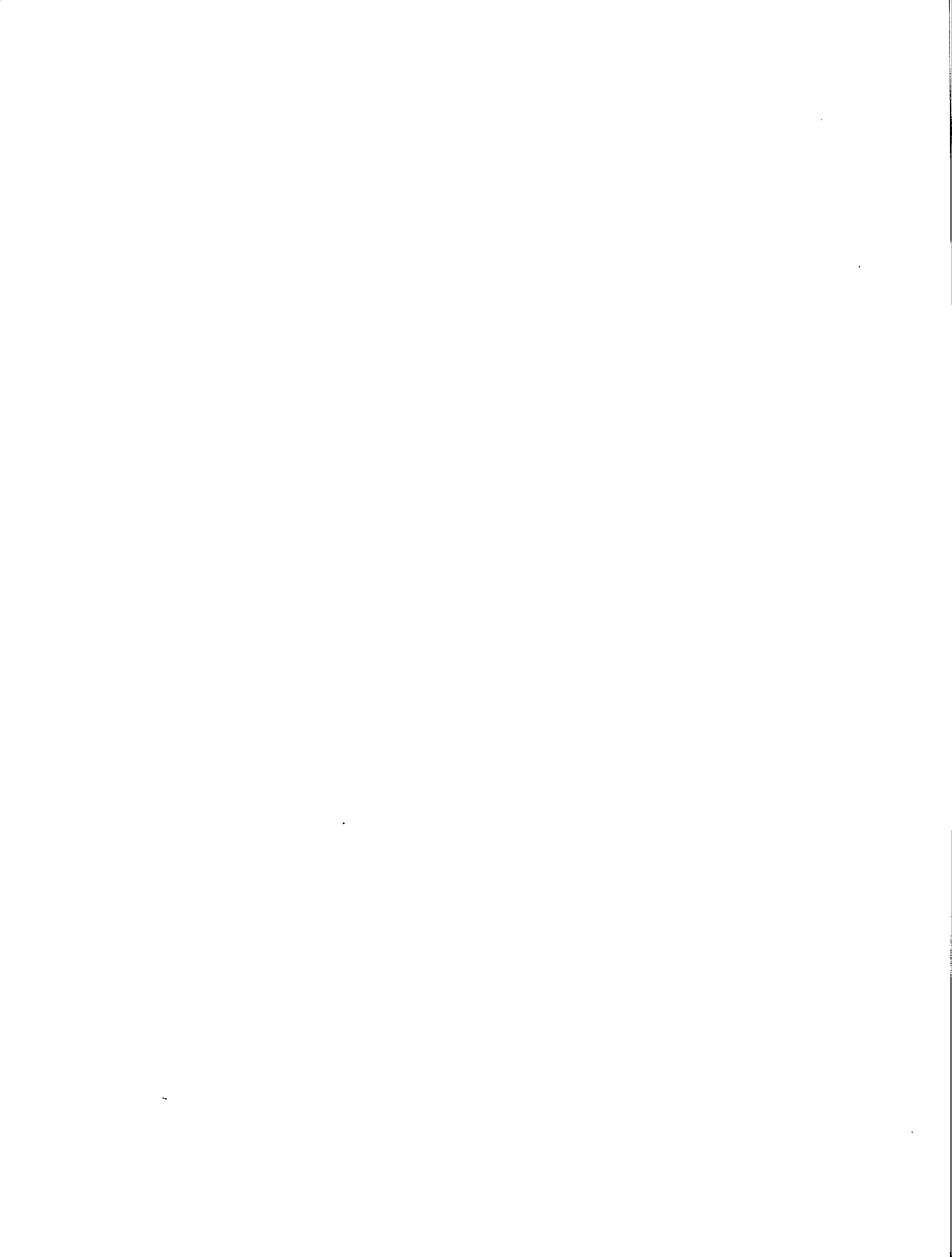


TABLE DES MATIÈRES

Avant-propos	iii
Historique	1
Bien-fondé et objectifs	3
Plans de travail 1985-1987	5
Élément 1: Les mines de Sudbury	5
Élément 2: Les mines d'Elliot Lake	6
Élément 3: Les mines de Red Lake	7
Élément 4: Les mines de Kirkland Lake	8
Élément 5: Études de base	8
Progrès réalisés à ce jour	10
Rapports	12
Annexe	13

HISTORIQUE

C'est au début de 1984 que la possibilité d'inclure des projets de recherche sur les mines dans l'Entente sur l'Exploitation minière Canada Ontario fut d'abord soulevée. Une réunion portant sur les priorités de recherche minière fut organisée par CANMET à Sudbury, le 9 mai 1984, à laquelle assistèrent 14 représentants techniques de l'ensemble de l'industrie minière du Nord de l'Ontario ainsi que des représentants des ministères ontariens du Travail et des Ressources naturelles. Lors de cette réunion, CANMET identifia trois zones de recherche prioritaires: les coups de toit, les essais miniers sur place entraînant du remblayage, et la modélisation par ordinateur.

La recherche sur les coups de toit comporterait l'installation des systèmes spéciaux de monitoring sismique permettant de localiser avec précision les coups de toit, de mesurer l'énergie sismique libérée, d'évaluer les changements d'énergie découlant de l'utilisation de modèles informatiques dans l'exploitation minière, et le monitoring sur place de la contrainte et du déplacement. Les essais miniers sur place porteraient sur les mesures de contrainte et de déformation des piliers, de convergence des murs d'excavation minière, de l'accumulation de pression sur le remblai et de la charge imposée aux systèmes de soutien. Deux essais furent envisagés en utilisant le tir par chambre remblayée, soit longitudinale ou transversale, et le tir par trou de mine avec terrils ou remblais de rochers. Le travail de modélisation par ordinateur viserait à donner aux mines petites et isolées un accès plus large aux logiciels géomécaniques présentement utilisés sur les miniordinateurs et les ordinateurs à grande puissance. Le coût de ces trois projets fut évaluée à 2,5 millions de dollars sur une période de 5 ans, la plus grande partie de la recherche étant donnée en sous-traitance.

Les représentants présents à la réunion de Sudbury endossèrent ces projets en leur accordant une priorité élevée, et suggérèrent également d'autres projets de recherche si des fonds supplémentaires pouvaient être obtenus. Parmi ceux-ci, mentionnons:

- le monitoring de la fragmentation et de la vibration du coup de mine;
- l'instrumentation de l'orientation et de la position du trou de mine;
- l'élaboration de l'instrumentation de la mécanique des roches;
- la recherche de méthodes visant à déterminer l'efficacité des systèmes de boulons d'ancrage;
- des études portant sur les chutes des roches structurellement contrôlées.

Au cours des semaines qui suivirent, le personnel de CANMET visita la plupart des mines de roche dure de l'Ontario afin d'identifier des emplacements potentiels pour les études de coups de toit et les essais miniers sur place. Ce processus fut interrompu par l'occurrence de nombreux coups de toit dans trois mines ontariennes.

Le 20 juin 1984, une série de coups de toit se produisit au puits numéro 5 de Falconbridge, provoquant la mort de quatre personnes et entraînant la fermeture de la mine. Trois semaines plus tard, une série de coups de toit se produisit à la mine Creighton de l'INCO, durant la fermeture estivale. Le premier coup de toit avait une magnitude de 4,0 et fut ressenti dans toute la région de Sudbury. À compter de septembre 1984, on nota de nombreux coups de toit à la mine Quirke de la Rio Algom à Elliot Lake. Au cours d'une période de 8 mois, 120 coups de toit d'une magnitude allant jusqu'à 3,5 furent enregistrés par le Réseau sismique de l'Est du Canada.

La fréquence de ces coups de toit, en un court laps de temps et dans trois mines distinctes, attira une attention considérable de la part du public, des médias, de l'industrie minière, des syndicats et des agences gouvernementales. Des comités internationaux d'examen technique furent mis sur pied par les compagnies minières afin d'évaluer les mécanismes et les causes des coups de toit et prodiguer des conseils sur les futures opérations minières dans les zones affectées, aux mines de Falconbridge et de Creighton. Le gouvernement ontarien créa une commission d'enquête sur le contrôle du sol et de l'état d'alerte préventive en cas d'urgence dans les mines ontariennes. Cette enquête provinciale tint des réunions publiques et privées dans les chantiers miniers dans toute la province.

À la lumière de ces événements, CANMET réévalua ses priorités de recherche et rédigea une proposition consacrée exclusivement à la recherche sur les coups de toit*. Le but de cette recherche était d'améliorer l'équipement de monitoring sismique afin de localiser plus précisément la source des événements et éliminer les faux événements. L'analyse des formes d'ondes serait utilisée afin de tenter de déterminer les mécanismes de coups de toit à partir desquels on pourrait établir la cause du coup. Une grande partie de la recherche initiale serait concentrée dans les mines de Sudbury, les systèmes microsismiques déjà en place aux mines de Falconbridge et de Creighton ayant déjà été modernisés. Cependant, on entreprendrait également de la recherche dans d'autres exploitations minières afin d'étudier un problème courant d'activité de coup de toit au cours de l'abattage de stots dans des gisements étroits et en pente abrupte. On a évalué le coût de ce projet sur les coups de toit à 4,2 millions \$ sur une période de 5 ans. La principale différence de ce projet, par rapport à la proposition de mai 1984, était que la recherche serait effectuée par le personnel de CANMET plutôt que d'être donnée en sous-traitance.

Cette proposition de recherche sur les coups de toit a servi de point de départ aux nouveaux pourparlers avec le ministère des Ressources naturelles de l'Ontario, d'abord dans le cadre de l'Entente sur le Développement minéral, puis en tant que projet distinct afin d'en hâter la mise en application. Elle fut finalement inscrite dans l'Entente, au chapitre de la recherche minière entraînant du remblayage et, en tant que telle, elle engloba un bon nombre d'articles relatifs aux essais miniers sur place et à la modélisation géomécanique par ordinateur qui faisaient partie de la proposition de mai 1984.

Le projet de recherche sur les coups de toit s'appuyait maintenant sur un financement tripartite du gouvernement fédéral, du gouvernement ontarien, et de l'industrie minière ontarienne. L'apport du gouvernement fédéral consisterait à fournir, par le truchement de CANMET, le personnel nécessaire au fonctionnement du projet, à la formation et à l'entretien de l'équipement. Le gouvernement ontarien verserait des fonds pour l'équipement et les services, et l'industrie minière fournirait ses systèmes de monitoring microsismique et aiderait à l'installation de nouvel équipement dans les mines.

L'accord sur le Projet de recherche sur les coups de toit fut annoncé en juin 1985 par le ministre d'État aux Mines (l'honorable R.E.J. Layton) représentant le Canada, et le ministre des Ressources naturelles (l'honorable M. Harris) représentant l'Ontario. Un comité de gestion, comptant deux membres représentant Énergie, Mines et Ressources, deux membres représentant l'Ontario, deux membres représentant l'industrie minière ontarienne et présidé par M. C.H. Brehaut, président de Dome Mines Ltd., fut chargé de superviser le projet. La principale fonction de ce comité de gestion consiste à:

- réviser et approuver les plans annuels de projets élaborés par CANMET, et à
- soumettre pour approbation (ou assurer la soumission pour approbation) les plans annuels de projets aux compagnies minières sur les propriétés desquelles les projets eux-mêmes seront menés.

Le comité de gestion a lui-même mis en place un comité consultatif technique composé de six membres représentant les compagnies minières où s'effectuera la recherche (Campbell, Denison, Falconbridge, INCO, Lac Minerals et Rio Algom), ainsi que d'un représentant du ministère du Travail de l'Ontario. M. D.G.F. Hedley de CANMET fut nommé à la présidence de ce comité. Les principales fonctions du comité techniques sont les suivantes:

- rendre compte au comité de gestion, par l'entremise de son président, des plans et de l'état d'avancement de la recherche;
- étudier les propositions techniques et recommander leur approbation et leur application;
- étudier les demandes d'achat d'équipement et se prononcer sur leur bien-fondé.

La liste des membres actuels du comité de gestion et du comité technique apparaît à l'Annexe A.

*Udd, J. E., "A proposal for a Major Research Project on Rockbursts" [Proposition de projet de recherche majeur sur les coups de toit], Rapport de division MRP/MRL 84-84(TR), CANMET, Énergie, Mines et Ressources Canada, 1984.

Un "mémoire d'entente" entre Énergie, Mines et Ressources Canada, le ministère ontarien du Travail, et le ministère ontarien du Développement nordique et des Mines fut signé le 20 septembre 1985, date à laquelle le projet de recherche fut mis en branle. Plusieurs mois s'étaient écoulés depuis la rédaction de la première proposition de recherche en décembre 1984, et un plan de travail mis à jour* fut préparé par CANMET pour les plans de recherche immédiats du projet. Ce document a servi de point de départ aux premières discussions du comité technique lors des réunions tenues à Elliot Lake le 15 novembre 1985, et à Copper Cliff le 25 février 1986.

BIEN-FONDÉ ET OBJECTIFS

Bien que l'exploitation minière date d'au moins deux millénaires, le phénomène des coups de toit n'existe que depuis le siècle dernier. Son occurrence résulte directement de l'avancement technologique de l'exploitation minière, surtout dans les domaines du pompage, de l'utilisation de treuils, et de la ventilation, progrès qui ont permis l'exploitation en profondeur dans un milieu soumis à des contraintes toujours croissantes.

La magnitude des forces en présence et la complexité des coups de toit en ont fait un problème très difficile à résoudre. Au cours des premières années, certaines directives pratiques furent élaborées, notamment par des comités mis sur pied par le gouvernement sud-africain en 1908, 1915 et 1924, et par l'Association minière de l'Ontario (Enquête Morrison), en 1940. Ces directives se fondaient principalement sur l'approche traditionnelle du génie, soit l'observation, l'expérience, le raisonnement et les méthodes empiriques. Ces directives recommandaient, entre autres, d'éviter les piliers résiduels, de pratiquer l'exploitation selon une séquence systématique des opérations et d'appliquer des procédures d'exploitation prescrites autour des dykes et des failles.

Ce n'est qu'au cours des années 1960 qu'on en vint à une compréhension théorique des coups de toit, notamment grâce aux travaux de Cook et de Salamon en Afrique du Sud. Les coups de toit étant une violente libération d'énergie, on utilisa une approche d'équilibrage de l'énergie. On calcula toutes les sources d'énergie entrant dans le système minier par rapport aux façons dont ces énergies étaient utilisées ou dissipées. Le surplus d'énergie était libéré sismiquement sous forme de coup de toit. On comprit en outre que la violente rupture de la roche dépendait de la rigidité du système de toitement. Par exemple, en laboratoire, l'éclatement violent d'un spécimen de roche friable découlait de la propriété de rigidité de la machine à essai, et non de celle de la roche.

À la même époque, on installait des systèmes de monitoring sismique dans des mines sud-africaines et américaines. Ces systèmes permettaient une bien meilleure compréhension des problèmes de coups de toit, puisqu'il est essentiel de situer précisément la source des coups pour en comprendre le mécanisme.

Dans les mines canadiennes, les systèmes de monitoring sismique ou microsismique furent d'abord introduits au début des années 1980, et dix de ces systèmes fonctionnent présentement dans des mines ontariennes. Ces systèmes situent les sources d'événements sismiques d'après le moment d'arrivée de la première onde et la mesure relative de l'énergie sismique libérée. En ce sens, ils ont été extrêmement utiles dans la prévision des tendances de l'activité sismique, et il est habituellement possible de déduire un mécanisme en se fondant sur l'emplacement de la source par rapport aux ouvertures de la mine.

On a pu identifier trois types de coups de toit à partir du mécanisme impliqué et de la source de l'énergie libérée:

1. les éclatements d'énergie de déformation sont provoqués par de fortes concentrations de contrainte au bord d'une ouverture. L'énergie libérée est l'énergie de déformation emmagasinée dans la roche.
2. Les éclatements de piliers se produisent lorsqu'un pilier se rompt soudainement, entraînant une convergence rapide du toit et du chevet. L'énergie libérée fait partie du changement d'énergie potentielle des roches encaissantes des épontes.

*Hedley, D.G.F. et Udd, J.E., "The CANMET/MRL Rockburst Research Project – Updated Work Plan" [Le Projet de recherche CANMET/MRL sur les coups de toit – Plan de travail mis à jour], Rapport de division MRP/MRL 85-106(TR), septembre 1985.

3. Les éclatements de glissement de faille se produisent lorsque la contrainte de cisaillement le long d'une faille excède la contrainte de cramponnage. Là encore, c'est le changement dans l'énergie potentielle qui est la principale source de l'énergie libérée. Ce type de coup de toit peut se produire au sein d'un gisement de minerais, ou à distance.

Des 217 coups de toit enregistrés en 1984-1985 dans les mines ontariennes et ayant une magnitude de 1,5 à 4,0, 5 % sont classifiés comme éclatements d'énergie de déformation, 81 % comme éclatements de piliers, et 14 % comme éclatements de glissement de faille.

Les systèmes microsismiques actuels sont spécifiquement conçus pour mesurer les premiers temps d'arrivée au moyen de géophones extrêmement sensibles. D'autres informations, comme la direction du premier mouvement et la vitesse maximale des particules, bien que détectées, ne sont pas enregistrées. De plus, en raison de leur grande sensibilité, les géophones deviennent saturés à des magnitudes d'événements sismiques très basses, et les valeurs énergétiques enregistrées sont divergentes.

Les études de premiers mouvements devraient indiquer le mécanisme impliqué dans le coup de toit. Dans un éclatement de glissement de faille, les deux côtés de la faille se déplacent dans des directions opposées qui devraient être détectées par des géophones situés en des endroits stratégiques autour de la faille. Les éclatements de piliers sont une implosion et le premier mouvement se dirige vers l'intérieur, tandis qu'un coup de toit est une explosion et le premier mouvement se dirige vers l'extérieur.

La vitesse maximale des particules est une mesure des dommages causés par un coup de toit semblable à celui provoqué lors d'un abattage à l'explosif. On l'utilise dans la conception de systèmes de soutien capables de supporter certains niveaux de coups de toit. Dans les mines d'or d'Afrique du Sud, on a établi une relation empirique entre la magnitude du coup de toit, la vitesse maximale des particules et la distance. Il faut établir une relation semblable pour les mines canadiennes.

Il faut déterminer une valeur fiable de l'énergie sismique libérée dans un coup de toit, car elle est essentielle à la compréhension de l'équilibre énergétique. Elle est également nécessaire à la vérification des composantes énergétiques calculées dans les programmes d'ordinateurs.

Aussi, la première priorité du Projet de recherche sur les coups de toit est-elle de concevoir un système de monitoring sismique qui enregistrera les formes d'ondes complètes et fournira de l'information sur le premier mouvement, la vitesse maximale des particules et l'énergie sismique. Étant donné l'énorme quantité de données sismiques engendrées, la recherche initiale sera concentrée sur les plus grands événements sismiques, ceux dont la magnitude est supérieure à 1,0, c'est-à-dire les plus importants. Même là, il y a tout lieu de croire que le système de monitoring sismique deviendra saturé pour les grands coups de toit d'une magnitude égale ou supérieure à 3,0. Dans ces cas-là, il faudra se fier au Réseau sismographique national. On procède présentement à l'agrandissement de ce réseau, par l'installation de sismographes additionnels dans le bassin de Sudbury et à Elliot Lake.

Il y a deux approches à la réduction de l'ampleur des coups de toit, approches que l'on peut qualifier de "stratégique" et de "tactique". L'approche stratégique consiste à réduire les possibilités de rencontrer un sol propice aux coups de toit, ou de diminuer la gravité des coups de toit. Parmi les techniques utilisées, mentionnons l'ordonnance systématique de l'extraction afin de réduire au minimum les libérations importantes d'énergie; la mise en place de piliers permanents ou semi-permanents pour réduire la convergence volumétrique et le changement d'énergie potentielle, et l'utilisation de remblais pour réduire la convergence et absorber l'énergie autrement libérée sous forme d'énergie sismique. Les avantages de ces techniques ne seront réalisés qu'à long terme.

L'approche tactique consiste à accepter qu'une certaine activité de coups de toit soit inévitable, mais vise à réduire l'étendue des dommages. Parmi les techniques possibles, mentionnons: la conception de systèmes de soutien qui cèdent aux vibrations plutôt que de rompre et le tir de décontrainte servant à ramollir le roc et contrôler le déroulement temporel du changement dans l'énergie potentielle. Les avantages de ces techniques peuvent être réalisés à court terme.

PLANS DE TRAVAIL 1985-1987

Les plans de travail détaillés couvrent les deux premières années du projet et comportent cinq éléments. Les quatre premiers éléments couvrent la recherche proposée dans les quatre exploitations minières où se sont produits des coups de toit (Sudbury, Elliot Lake, Red Lake et Kirkland Lake), et le cinquième élément couvre les études de base. Outre le plan de travail, les contributions attendues de CANMET, de l'Ontario et de l'industrie minière sont énumérées ci-après pour chaque élément.

Élément 1: Les mines de Sudbury

Objectifs:

Déterminer les causes et mécanismes des coups de toit à l'INCO et aux mines Falconbridge en utilisant des techniques d'analyse des formes d'ondes, et évaluer des méthodes de réduction de l'ampleur des coups de toit et de limitation de leurs dégâts.

Plan de travail: (couvrant les deux premières années jusqu'en 1987)

1. Améliorer le réseau microsismique à la mine Creighton en remplaçant les géophones par des accéléromètres (mars 1986);
2. Effectuer des études d'analyse des formes d'ondes à la mine Falconbridge en utilisant un enregistreur Gould pendant une période de trois mois (décembre 1986);
3. Élargir le réseau sismique régional dans le bassin de Sudbury de 1 à 3 stations, reliées à Science Nord et par téléphone à la Division de sismologie d'EMR à Ottawa, afin d'étendre le champ des coups de toit enregistrés et d'améliorer le repérage de la source des coups de toit auparavant non repérés (octobre 1986);
4. Mettre en place deux nouveaux réseaux sismiques comprenant 5 unités dotées de sondes tridimensionnelles autour de la mine de l'INCO à Creighton et à la mine de la Falconbridge à Strathcona. Ces unités seront installées sous terre et en surface, à environ 1 km des zones actives de coups de toit, et conçues de façon à pouvoir enregistrer les coups de toit d'une magnitude supérieure à 1,0. Les formes d'ondes complètes de ces grands événements sismiques seront emmagasinées dans des unités de traitement aux sites miniers et transférées par lignes téléphoniques au Laboratoire de CANMET à Elliot Lake. L'analyse des arrivées d'ondes P-S pour les repérages de sources, les études de premiers mouvements, l'énergie sismique et la vélocité maximale des particules sera effectuée sur les ordinateurs d'Elliot Lake (1^{re} installation en octobre 1986, 2^e installation en 1987);
5. Le calibrage des nouveaux réseaux sismiques, probablement par l'utilisation de tirs de production isolés (octobre 1986, 1987);
6. Poursuite du monitoring aux mines de Strathcona et de Creighton en utilisant les systèmes microsismiques existants ainsi que les nouveaux systèmes sismiques;
7. L'évaluation des capacités de monitoring du réseau sismographique régional couvrant le bassin de Sudbury, des nouveaux réseaux sismiques aux deux mines et des systèmes microsismiques miniers (1987).

Rapports:

1. Conception d'un nouveau réseau sismique intermédiaire (juin 1986);
2. Conception et calibrage des nouveaux réseaux sismiques aux mines de Strathcona et Creighton (décembre 1986, 1987);
3. Études de formes d'ondes à la mine de Falconbridge (mars 87);
4. Évaluation des systèmes sismiques régional et intermédiaire et du système microsismique minier (1987);
5. Évaluation préliminaire des études d'analyse des formes d'onde aux mines Strathcona ou Creighton (1987).

Contributions de CANMET:

1. 3 années/personnes pendant 5 ans.
2. 15 000 \$/année pour les coûts de transmission des données à Ottawa et à Elliot Lake;
3. Rédaction de rapports techniques.

Contributions de l'Ontario:

1. Amélioration au système microsismique de Creighton, (éval. 37 000 \$), coût réel 44 000 \$ (1985-1986);
2. Équipement de mesure de la forme d'ondes à la mine de Falconbridge, (éval. 47 000 \$), coût réel, 42 000 \$ (1985-1986);
3. Agrandissement du réseau sismique régional, bassin de Sudbury, (éval. 79 000 \$), coût réel. 55 000 \$ (1985-1986);
4. Premier nouveau réseau sismique dans une mine de Sudbury, éval. à 140 000 \$ (1986-1987);
5. Second nouveau réseau sismique dans une mine de Sudbury, éval. à 140 000 \$ (1987-1988).

Contributions de l'industrie:

1. Réseaux microsismiques existants aux mines de Falconbridge, Strathcona et Creighton;
2. Fonctionnement journalier de ces réseaux et transmission des données sismiques à CANMET;
3. Installation (forage de trous de mine, mise en place de sondes et de câbles) du système Gould à la mine de Falconbridge et des nouveaux réseaux sismiques aux mines de Strathcona et Creighton.

Élément 2: Les mines d'Elliot Lake

Objectif:

Déterminer si l'éponte supérieure est affaissée au-dessus de la zone de coups de toit à la mine Quirke, afin de surveiller l'accroissement de l'activité sismique aux mines Quirke et Denison et d'établir une relation entre les valeurs énergétiques provenant du système microsismique de la mine et d'un sismographe au Laboratoire de CANMET à Elliot Lake.

Plan de travail: (couvrant les deux premières années jusqu'à 1987):

1. Installer une unité sismographique au Laboratoire CANMET d'Elliot Lake (novembre 1985);
2. Forer à nouveau les trous d'exploration de surface au-dessus de la zone de coups de toit à la mine Quirke afin de déterminer si l'éponte supérieure est affaissée et à quelle profondeur (mars 1986);
3. Installer des géophones dans ces trous de forage de surface à environ 150 m au-dessus du gisement de minerai, afin d'améliorer la résolution verticale des événements sismiques (mai 86);
4. Calibrer tout le système microsismique au moyen de tirs de petite envergure (mai 1986);
5. Poursuivre le monitoring de l'activité sismique aux mines Quirke et Denison;
6. Évaluer les valeurs énergétiques provenant des unités microsismiques et sismographiques (mars 87).

Rapports:

1. Évaluation de l'état de l'éponte supérieure et calibrage du réseau microsismique (juillet 86);
2. Relation énergétique microsismique-sismographique (mars 87).

Contributions de CANMET:

1. Main-d'oeuvre assurée par le personnel existant;
2. Rédaction de rapports techniques.

Contributions de l'Ontario:

1. Forage au diamant de trous de forage de surface, (éval. 20 000 \$), coût réel, 22 000 \$ (1985-1986);
2. Électricité d'appoint et radio pour sismographe, (éval. 3 000 \$), coût réel, 2 000 \$ (1985-1986);
3. Seconde unité sismographique, 6 000 \$ (1986-1987).

Contributions de l'industrie:

1. Unité sismographique (donnée par Denison);
2. Réseau microsismique existant couvrant les mines Quirke et Denison;
3. Fonctionnement journalier de ce réseau et transmission des données sismiques à CANMET;
4. Installation de géophones dans les trous de forage de surface (Rio Algom);
5. Tirs de calibrage (Rio Algom et Denison).

Élément 3: Les mines de Red Lake

Objectif:

Mettre au point des techniques visant à réduire le problème des coups de toit et permettant la récupération efficace et sécuritaire des stots dans les gisements de minerai en pente abrupte, en utilisant des terrils bétonnés.

Plan de travail: (couvre les deux premières années jusqu'à 1987)

1. Installation de cellules de mesure de remblai et d'appareils de mesure de convergence dans les excavations minières remblayées dans les gisements de minerai étroits (2 m) et larges (15 m) et selon diverses proportions terril/béton, afin de déterminer la rigidité sur place du matériau de remblayage, la pression de soutien et l'énergie absorbée par le remblai (à compter de janvier 1986 et lors de chaque déversement de remblai);
2. Monitoring de l'activité sismique avec analyse complète de formes d'ondes (système Gould), changement de la contrainte, convergence du mur et pressions de remblai en conjonction avec un tir de décontrainte d'un stot (janvier 1986) et autres tirs importants;
3. Mesures de contrainte au point de soutirage et piliers de seuils (1986 et 1987);
4. Modélisation par ordinateur, avec propriétés des roches suivant la rupture, des structures minières existantes aux fins de calibrage, puis de structures minières alternatives, y compris des tirs de décontrainte (1986 et 1987).

Rapports:

1. Résultats du tir de décontrainte (juin 1986);
2. Contraintes des piliers (décembre 1986);
3. Calibrage des modèles d'ordinateurs (décembre 1986);
4. Rapport préliminaire sur les mesures de la rigidité du remblai, des pressions de soutien et de l'énergie absorbée (mars 1987).

Contributions de CANMET:

1. Une année/personne pendant 5 ans;
2. Mesure des contraintes dans les piliers;
3. Rédaction de rapports techniques.

Contributions de l'Ontario:

1. Cellules de pression de remblai et appareils de mesure de convergence, (éval. 8 000 \$), coût réel, 8 000 \$ (1985-1986);
2. Ordinateur portatif (pour utilisation à tous les sites miniers), (éval. 5 000 \$), coût réel 13 000 \$ (1985-1986);
3. Cellules de pression de remblai, cellules d'appareil de mesure de contrainte et de convergence, 15 000 \$ (1986-1987);
4. Modélisation par ordinateur sur des ordinateurs de l'extérieur, 20 000 \$ (1986-1987).

Contributions de l'industrie:

1. Réseau microsismique existant à la mine Campbell;
2. Fonctionnement journalier de ce réseau et transmission des données sismiques à CANMET;
3. Installation de l'instrumentation;
4. Forage au diamant pour mesures de contraintes.

Élément 4: Les mines de Kirkland Lake

Objectifs:

Mettre au point des techniques visant à réduire le problème des coups de toit et permettant la récupération efficace et sécuritaire des stots dans les gisements de minerai en pente raide, en utilisant un remblai de roches.

Plan de travail: (couvre les deux premières années jusqu'en 1987)

1. Mise en place d'un réseau microsismique combiné (conventionnel et de recherche) à la mine Macassa. Le système conventionnel consisterait en un réseau d'accéléromètres à 16 canaux avec une unité de traitement semblable aux autres systèmes installés dans les mines de l'Ontario. Le système de recherche comprendrait des sondes tridimensionnelles capables de capter des formes d'ondes complètes transmises à la même unité de traitement (1987);
2. Monitoring d'un tir de décontrainte et de l'activité sismique en résultant, en utilisant l'enregistreur portable de formes d'ondes (juin 1986), et autres tirs importants;
3. Examen de l'activité de coups de toit antérieure à la mine Macassa, sous l'angle particulier des types et structures des roches (septembre 1986).

Rapports:

1. Examen de l'activité de coups de toit à la mine Macassa (septembre 1986);
2. Résultats des tirs de décontrainte (octobre 1986).

Contributions de CANMET:

1. 1/2 année/personne pendant 4 ans;
2. Conception du schéma des sondes pour système microsismique;
3. Rédaction de rapports techniques.

Contributions de l'Ontario:

1. Volet recherche du système microsismique, éval. à 60 000 \$ (1986-1987-1988).

Contributions de l'industrie:

1. Volet conventionnel du système microsismique (Lac Minerals);
2. Mise en place d'un système microsismique (forage, installation de sondes et de câbles) (Lac Minerals);
3. Fonctionnement journalier de ce réseau et transmission des données sismiques à CANMET;
4. Installation de l'instrumentation et modèle "maître" NFOLD pour essais informatiques additionnels.

Élément 5: Études de base

Objectif:

Fournir une vue d'ensemble de l'activité de coups de toit dans les mines de l'Ontario, prendre connaissance de la recherche sur les coups de toit dans d'autres organisations et d'autres pays, et effectuer une recherche fondamentale sur les méthodes de repérage de source, la mesure de l'énergie sismique et les mécanismes des coups de toit.

Plan de travail:

1. Examen annuel des incidents de coups de toit dans les mines de l'Ontario (juillet de chaque année);
2. Comparaison des techniques de repérage de source au moyen des données de calibrage par tir, et normalisation à partir d'une seule technique complètement automatisée (décembre 1986);
3. Acquisition/mise au point d'un logiciel pour l'analyse de formes d'ondes couvrant les études de premiers mouvements, l'énergie sismique libérée et la vélocité maximale des particules (décembre 1986);
4. Examen des facteurs affectant les valeurs énergétiques du système microsismique actuel, et mise au point de spécifications pour améliorer la prise de mesure énergétique (mars 87).

Rapports:

1. Coups de toit dans les mines de l'Ontario en 1984 (décembre 1985);
2. Coups de toit dans les mines de l'Ontario en 1985-1986 (juillet 1986, 1987);
3. Méthode normalisée de repérage des sources (décembre 1986);
4. Examen des facteurs et caractéristiques énergétiques (mars 1987).

Contributions de CANMET:

1. Main-d'oeuvre assurée par le personnel existant;
2. Rédaction de rapports techniques.

Contributions de l'Ontario:

Aucune n'est requise.

Contributions de l'industrie:

1. Information sur les coups de toit pour la revue annuelle;
2. Données de calibrage par tir.

PROGRÈS RÉALISÉS À CE JOUR

Le Projet de recherche sur les coups de toit a débuté le 20 septembre 1985, et le présent compte rendu porte sur la période se terminant le 31 mars 1986, soit à la fin de la première année fiscale.

Dans le cadre de la contribution de CANMET, quatre personnes supplémentaires ont été embauchées pour veiller au fonctionnement du projet. De plus, un sismologue en stage post-doctoral, s'est joint au Laboratoire d'Elliot Lake. Des visites ont été effectuées à la Division de Sismologie d'Énergie, Mines et Ressources Canada, à l'Université de Saskatchewan, dans la région de Coeur d'Alene en Idaho, au United States Bureau of Mines à Denver, et aux Laboratoires Sandia à Albuquerque, Nouveau-Mexique, de même que dans les mines de l'Ontario afin d'observer la technologie microsismique/ sismique de pointe actuellement utilisée.

L'Ontario a versé 186 000 \$ pour l'équipement et les services principaux en 1985-1986. Ces fonds furent utilisés pour le forage au diamant à Elliot Lake, les stations sismographiques à Sudbury et Elliot Lake, l'équipement semiportatif d'analyse de formes d'ondes, les accéléromètres pour améliorer le système microsismique de Creighton, les appareils de mesure de convergence et les cellules de pression pour l'étude de remblais à Campbell, et l'équipement informatique et électronique pour le laboratoire d'Elliot Lake.

Le comité consultatif technique s'est rencontré à deux occasions: en novembre 1985 à Elliot Lake, et en février 1986 à Copper Cliff. De plus, des visites et discussions ont eu lieu à des exploitations minières privées. Toutes les compagnies minières ont fourni de l'information sur l'activité de coups de toit dans leurs mines en 1985 pour l'évaluation annuelle.

Le forage au diamant à la mine Quirke devait déterminer si l'épine était affaissée au-dessus de la zone de coups de toit. Même avant le début du forage, on savait que la quantité d'eau pompée à la mine avait augmenté d'environ 50 % en 1985, et que le niveau de l'étang de castors situé en surface avait baissé d'environ 4 m. Il existe donc un rapport entre la surface et le souterrain, bien que l'on ne sache pas si cela est causé par une cassure générale, ou le long de structures importantes. On a connu des problèmes importants lors du reforage d'un trou d'exploration de surface. Une perte d'eau complète s'est produite à un certain nombre de niveaux. À 125 m de profondeur, le trou de forage original était décalé de 50 mm au contact des couches de calcaire-conglomérat. On a également remarqué un décalage de 25 mm à 145 m de profondeur, au milieu des couches de quartzite. À une profondeur de 165 m, les tiges de forage se sont rompues à deux reprises à cause du sol fracturé, et le trou fut abandonné, quelque 230 m au-dessus du gisement de minéral. Bien qu'il ait été impossible d'établir la hauteur de l'affaissement, on a pu remarquer une fracture générale de la masse rocheuse. On a mis de la teinture dans le trou de forage et dans l'étang de castors, afin de découvrir à quel niveau l'eau pénètre dans la mine. Un rapport est en préparation.

Une station sismographique a été installée au laboratoire d'Elliot Lake en novembre 1985. Cette unité a enregistré une activité sismique dans les mines locales (Quirke, Denison et Stanleigh), ainsi que des coups de toit d'une magnitude supérieure à 2,0 dans les mines de Sudbury (Strathcona, Creighton, Copper Cliff North) et des magnitudes de plus de 3,0 à la mine Kerr Addison. L'amplitude des signaux au sismographe sera comparée aux valeurs énergétiques provenant de l'unité microsismique à la mine Quirke afin de déterminer l'existence d'une corrélation.

Les stations sismographiques et l'équipement connexe pour le bassin de Sudbury sont présentement en train d'être assemblés, et doivent être installés et rattachés à Science Nord en octobre 1986.

On a fait le monitoring d'un tir de décontrainte à la mine Campbell de Red Lake en janvier 1986. L'instrumentation utilisée comprenait un système microsismique Electrolab, un enregistreur de formes d'ondes (unité Gould), des moniteurs de vibrations de tir (unités Instatel), des appareils de mesure de convergence et des appareils de mesure de contrainte (jauges IRAD).

On a utilisé l'élément fini et les modèles d'ordinateur NFOLD afin d'évaluer le changement de contrainte et de déplacement résultant du tir de décontrainte. Les premiers résultats indiquent que le changement de contrainte et le déplacement est faible (70 kPa et 2 mm) par suite du tir. L'analyse de formes d'ondes a donné des valeurs cohérentes pour les vitesses d'ondes P et S et légèrement supérieures au système microsismique Electrolab. Les géophones du système ont été saturés par le tir de décontrainte (300 kg instantanés) sur une distance d'au moins 500 m. Un rapport est en préparation.

L'enregistreur de formes d'ondes a été rattaché au réseau microsismique en place au puits numéro 5 de Falconbridge à la fin de mars 1986. Bien que la mine soit fermée (à la suite des coups de toit de juin 1984), une activité sismique mineure se poursuit, ce qui permet d'enregistrer des formes d'ondes à partir de mécanismes de glissements de faille.

La conception du nouveau système sismique intermédiaire est presque terminée. Des sondes tridimensionnelles de mouvement fort seront installées à une distance variant entre 500 et 1 000 m des zones d'exploitation minière active. Les signaux sismiques seront transmis à un ordinateur central à la mine. Un lien par modem permettra la transmission quotidienne de ces données au Laboratoire d'Elliot Lake. L'analyse des formes d'ondes sera effectuée à Elliot Lake.

RAPPORTS

Un seul rapport était prévu pour cette période: Hedley, D.G.F. et Wetmiller, R.J., "Rockbursts in Ontario Mines During 1984" [Les coups de toit dans les mines de l'Ontario au cours de 1984]; Rapport spécial SP 85-5, Énergie, Mines et Ressources Canada, juillet 1985.

Résumé

Au cours de 1984, plus de 100 coups de toit se sont produits dans sept mines de l'Ontario, ce qui constitue une augmentation considérable par rapport aux années précédentes. Une caractéristique inhabituelle a été la succession de coups de toit multiples qui s'est produite dans quatre mines sur des périodes allant de quelques heures à plusieurs mois.

Ces coups de toit ont été enregistrés par les réseaux sismographiques Régionaux, et dans la plupart des cas, par les systèmes microsismiques en place dans les mines. Il a été possible de faire correspondre les valeurs de magnitude enregistrées par le réseau régional aux sources précises repérées par les réseaux miniers. L'établissement de cette correspondance a été d'un grand apport à l'évaluation des mécanismes, des causes et de l'étendue de l'activité de coups de toit.

La plus grande partie de l'activité de coups de toit s'est produite dans des piliers situés dans des gisements de minerai minces et tabulaires, soit en pente douce comme celui d'Elliot Lake, ou en pente abrupte comme ceux de Red Lake et de Kirkland Lake. Certains coups de toit dans les mines de Sudbury ont été attribués à un mécanisme de glissement de faille.

Autre rapports pertinents

Dampier, W.T. & Associates Limited. *Amélioration de la stabilité du sol et des travaux de sauvetage dans les mines* – Improving ground stability and mine rescue; Report of the Provincial Inquiry into Ground Control and Emergency Preparedness in Ontario Mines, ISBN:07729-1064; 1986

Hedley, D.G.F. et Udd, J.E. "Projet de recherche conjoint CANMET/MRL sur les coups de toit – plan de travail mis à jour" Rapport de division MRP/MRL 85-106(TR); CANMET, Énergie, Mines et Ressources Canada; Septembre 1985

Udd, J.E. "Proposition relative à un projet de recherche important sur les coups de toit"; "A proposal for a major research project on rockbursts; Rapport de division MRP/MRL 84-84(TR); CANMET, Énergie, Mines et Ressources Canada; 1984

ANNEXE

Comité de gestion du projet de recherche sur les coups de toit

C.H. Brehaut, président de Dome Mines Ltd.
C. Barsotti, INCO Ltd.
M. Musson, Falconbridge Ltd.
B. Goodman, Ministère du Travail de l'Ontario
V. Milne, Ministère du Développement nordique et des mines de l'Ontario
K Whitham, Énergie, Mines et Ressources Canada
J.E. Udd, Énergie, Mines et Ressources Canada

Comité technique du projet de recherche sur les coups de toit

D.G.F. Hedley, Énergie, Mines et Ressources Canada, président
D. Ames, Ministère du Travail de l'Ontario
P. MacDonald, Inco Ltd.
D. Morrison, Falconbridge Ltd.
S.N. Muppalaneni, Rio Algom Ltd.
M. Newmann, Campbell Red Lake Mines Ltd.
W. Quesnel, Lac Minerals Ltd.
A. Sheikh, Denison Mines Ltd.

Canada