

COPIE NON OFFICIELLE / UNOFFICIAL COPY

Nous désirons vous prévenir que seule la copie reliée sera supportée par LMSM-CANMET et que la version électronique vous est expédiée à titre gracieux.

Although we are forwarding an electronic version of the report for your convenience, please be advised that CANMET-MMSL will only support the original bound version of the report.

Renseignement commerciaux protégés

DÉFINITION D'UN PLAN D'ACTION EN RECHERCHE ET DÉVELOPPEMENT, ESSAI ET EXPÉRIMENTATION, FAVORISANT LA COMPÉTITIVITÉ ET LA SÉCURITÉ DES OPÉRATIONS MINIÈRES SOUTERRAINES

Rapport final

par Louise Laverdure et Jean-Marie Fecteau

Travaux exécutés pour : SOREDEM inc.

**Projet : 602441
LMSM-CANMET Rapport 04-037(RC)**

*Version finale révisée :
28 septembre 2004*



*A la mémoire de notre ami et collègue Gratien Gélinas,
Développement Économique Canada.*

SOMMAIRE EXÉCUTIF

Même si l'industrie minière capte rarement l'attention du public, des décideurs politiques et financiers, ainsi que de la presse parlée et écrite, elle demeure toutefois un pilier indispensable et incontournable de l'économie canadienne; à même la richesse du sous-sol, elle contribue considérablement à la collectivité, en permettant aux Canadiens de maintenir un niveau de vie parmi les plus élevés au monde.

- En 2002, l'apport à l'économie canadienne des industries de l'exploitation minière et du traitement des minéraux a été près de **40 milliards de dollars**, soit **3,6 % du PIB** national. Ceci est significativement plus important que le secteur de haute technologie qui contribue pour 3,0 % au PIB. Le secteur minier contribue plus au PIB que le secteur des communications;
- Plus de 2 200 petites, moyennes et grandes entreprises, basées au Canada, fournissent des services spécialisés et des équipements pour l'industrie minière au Canada et à l'étranger;
- Les travailleurs de l'industrie des minéraux et des métaux reçoivent les salaires parmi les plus élevés au Canada, soit en moyenne **plus de 60 000 dollars** par année, alors que la moyenne nationale annuelle est moins de 35 000 dollars. Ils contribuent ainsi significativement aux revenus gouvernementaux. Par exemple, au Québec, les **15 % des salariés**, dont les revenus sont supérieurs à 42 144 dollars, ont contribué pour **70 % des impôts** sur le revenu de la province;
- Les contributions fiscales et parafiscales des 350 employés d'une mine souterraine type, cumulées sur 10 années d'exploitation, se chiffrent à **155 millions de dollars**;
- L'industrie minière du Canada est une industrie véritablement canadienne : 70 % du secteur est contrôlé par des sociétés canadiennes, plutôt qu'étrangères;
- Plus de 100 collectivités canadiennes, regroupant une population totale de plus de **600 000 habitants**, sont tributaires du secteur minier. Ces collectivités varient en grandeur, passant de quelques centaines ou milliers de personnes à Nanisivik au Nunavut ou Trail en Colombie-Britannique, jusqu'à plusieurs dizaines de milliers à Rouyn-Noranda au Québec ou Timmins et Sudbury en Ontario;
- L'industrie minière génère également des retombées considérables dans les régions urbaines où se trouvent des institutions de recherche, de formation, de consultation et de services financiers en plus de très grandes entreprises de transformation dans les secteurs du cuivre, du zinc, du fer et du titane. Tous les secteurs industriels situés dans les régions urbaines, et en particulier celui de la haute technologie, utilisent des métaux et minéraux. Par ailleurs, plus de 60 % du tonnage transporté par voie ferroviaire et maritime au Canada est constitué de substances minérales;
- Les exportations des métaux et minéraux non-combustibles, en 2002, s'élevaient à **près de 50 milliards de dollars**, représentant plus de 10 % de toutes les exportations canadiennes.

Cette position enviable du secteur minier canadien risque de faire place à une situation très morose d'ici quelques années alors qu'une crise en devenir se dessine à l'horizon. En effet, bien que le potentiel minéral du Canada soit encore présent, en raison de l'évolution du contexte socio-économique et de la dynamique des marchés mondiaux, l'industrie minière aura plusieurs défis majeurs à relever durant la prochaine décennie : *disponibilité d'une main-d'œuvre qualifiée; contraintes opérationnelles (processus d'extraction, coûts d'opération, environnement souterrain,*

etc.); exploration, disponibilité et accès à la ressource minérale; compétition des pays en voie de développement; raffermissement des législations; image de l'industrie; prix fluctuant des métaux. Pour assurer sa survie et faire face à une compétition internationale farouche et en croissance rapide, l'industrie minière canadienne devra redoubler ses efforts. Pour ce faire, l'industrie doit encore accroître sa productivité tout en protégeant la santé de ses travailleurs et en rencontrant les normes environnementales en vigueur qui deviennent de plus en plus contraignantes. Depuis plusieurs années, on observe que l'exploitation des mines se fait en plus grande profondeur et aussi davantage en territoire nordique. Pour découvrir et opérer de tels gisements, l'industrie doit investir des sommes beaucoup plus considérables. Dans ce contexte, la R-D s'avère une démarche vitale pour maintenir et améliorer la compétitivité de l'industrie minière. De plus, de nouvelles percées technologiques sont requises pour permettre l'exploitation économique de gisements dont les teneurs ne peuvent compenser pour les nombreuses contraintes opérationnelles. En dépit de budgets relativement modestes, la recherche minière donne des résultats concrets : le développement et l'application de la technique du remblai en pâte, l'emploi des détonateurs électroniques et la recherche sur les systèmes de hissage ont permis, entre autre, le maintien et l'amélioration de plusieurs opérations minières telles que Chimo (Cambior), Brunswick (Noranda), LaRonde (Agnico-Eagle), Golden Giant (Newmont Mining).

Dans le but de mieux orienter les efforts de recherche requis, à la demande de SOREDEM,¹ organisme de recherche et développement de l'Association minière du Québec, une vaste consultation fut entreprise par les LMSM-CANMET,² auprès des intervenants du milieu minier canadien, pour déterminer les axes de recherche prioritaires afin d'assurer une productivité accrue et améliorer la santé et la sécurité dans les mines souterraines. Les consultations menées dans le cadre de ce projet ont permis de conclure que les préoccupations des exploitations souterraines dans l'ensemble du Canada sont très similaires à celles du Québec. Ce rapport vise donc à exposer les grandes problématiques, actuelles et futures, jugées importantes par l'ensemble de la collectivité minière au Canada, à proposer des solutions potentielles apportées par la recherche et l'innovation dans les mines souterraines ainsi qu'à suggérer un plan d'action en R-D.

La production minérale s'effectue dans toutes les provinces et territoires du Canada. De plus, la distribution des ressources minérales fait en sorte que les exploitations minières sont situées loin de la bande peuplée longeant la frontière américaine. La présence des mines en région permet donc de mettre à profit une grande partie du territoire canadien. La survie économique de ces régions repose souvent sur l'exploitation des ressources naturelles, et, en premier lieu, sur l'industrie minière. Le maintien d'une masse critique d'exploitation minière et le renouvellement du savoir-faire canadien sont primordiaux pour ces régions et les gouvernements qui en retirent des contributions fiscales et parafiscales de plusieurs dizaines de millions de dollars annuellement pour chaque mine en opération, mais également pour les PME d'équipements et de services qui y sont associées.

Alors qu'au sein de l'industrie manufacturière les travaux en R-D visent essentiellement à développer de nouveaux produits ou à accroître leur qualité, dans le secteur minier, la R-D s'intéresse plutôt à améliorer les procédés d'extraction et de concentration puisque les produits, eux : cuivre, zinc, or ou nickel par exemple, restent toujours les mêmes. Il est ainsi d'autant plus

¹ SOREDEM : Société de recherche et développement minier.

² LMSM-CANMET : Laboratoires des mines et des sciences minérales de CANMET.

important de soutenir l'industrie minière dans ses efforts pour le développement, la démonstration et l'implantation de nouveaux procédés d'extraction.

Considérant la situation actuelle et future, il devient impératif que des travaux de recherche appliquée, d'envergure et de longue haleine, soient entrepris afin de développer de nouvelles approches d'exploitation combinées à la mise au point de l'outillage nécessaire. L'augmentation de la capacité de production, l'amélioration de la santé et sécurité des travailleurs en souterrain et la réduction du coût de la production sont les objectifs visés par le développement de méthodes d'extraction innovatrices. Lors des consultations, les intervenants ont identifié, par ordre d'importance, les principaux axes de recherche suivants :

- **Forage et fragmentation** : Nouvelles méthodes et nouveaux équipements;
- **Ingénierie de l'environnement de travail** : Amélioration des conditions de vie et de travail sous terre;
- **Ingénierie de l'extraction** : Approche conceptuelle des méthodes d'exploitation; et
- **Remblayage et sujets connexes** : Amélioration des techniques actuelles de préparation et de transport du remblai, et développement de nouvelles techniques.

Afin de réunir les conditions propices, chaque intervenant aura un rôle spécifique à assumer pour mieux orienter et structurer les efforts de recherche. Les principaux rôles sont :

- **Entreprises minières** : En plus de supporter financièrement la recherche, dans un esprit de collégialité, les chefs de file de l'industrie doivent identifier clairement les innovations requises à court, moyen et long terme, pouvant avoir un impact sur les coûts de production;
- **Centres de recherche et universités** : Avoir une vision de la R-D à moyen et long terme afin de proposer des concepts innovateurs et réalisables;
- **PME et manufacturiers** : En partenariat avec tous les intervenants en recherche, offrir des services à la fine pointe technologique, et développer et construire des équipements novateurs répondant aux besoins des exploitants; et
- **Gouvernements** : Supporter financièrement, de façon stable et continue, les initiatives de recherche interne et externe. Également, soutenir les efforts requis pour la démonstration et l'implantation de nouveaux procédés de production.

Sans financement stable et soutenu, on ne peut s'attendre à des résultats probants en R-D. Compte tenu des défis à relever et des recettes fiscales en jeu, une plus forte implication monétaire de tous les paliers de gouvernements, de l'industrie, des PME et des manufacturiers s'impose; la survie de l'industrie minière en dépend. Au Canada, tous les secteurs industriels confondus investissent l'équivalent de 1,9 % du PIB en R-D, dont 50 % proviennent des gouvernements. Pour assurer la présence du Canada et conserver son leadership sur le plan mondial dans le secteur minier souterrain, *quelque 80 millions de dollars devront ainsi être consentis annuellement au Canada, sur un horizon d'au moins 10 ans*. La contribution des entreprises minières qui exploitent les gisements de type souterrain est évaluée à 30 millions de dollars annuellement, en plus d'une dizaine de millions de dollars pour des travaux en nature non comptabilisés et réalisés dans les mines. L'industrie investit donc déjà sa part des contributions, c'est-à-dire 50 % des sommes

requis en R-D. **Par contre, le seul engagement à long terme des gouvernements fédéral et provinciaux s'élève tout au plus à 5 millions par année** dans ce secteur d'activités, sans compter que cette industrie bénéficie relativement peu des crédits d'impôt à la recherche. Les sociétés minières exploitantes investissent des sommes importantes en R-D, que ce soit directement par des contrats auprès des organismes de recherche ou à l'interne, ou par l'acquisition de technologies issues de la R-D de tierces parties. Cependant, les régimes fiscaux des gouvernements fédéral, provincial et des territoires ne privilégient pas le secteur minier malgré sa spécificité. Les gouvernements fédéral et provinciaux, compte tenu de tous les bénéfices qu'ils en retirent, devraient faire **un effort majeur additionnel d'environ 35 millions de dollars annuellement afin d'atteindre le niveau des investissements de l'industrie**. L'analyse d'un groupe de projets indique que l'on peut s'attendre à un rendement dépassant largement les sommes investies. De plus, tel que démontré par les modèles économiques, l'unique développement d'un seul procédé permettant le démarrage, au Canada, de deux mines additionnelles étant le fruit des travaux de recherche, générerait des revenus fiscaux supérieurs à 300 millions de dollars pour les gouvernements, rentabilisant ainsi ces investissements publics.

L'orientation des fonds, provenant de partenariat fédéral-provincial-industrie, devrait viser à supporter tangiblement les axes de recherche identifiés comme étant prioritaires. De plus, la formation d'un corridor d'excellence entre les régions minières de l'Ontario et du Québec serait une avenue intéressante à développer étant donné la masse critique et les alliances potentielles entre l'industrie, les PME, les manufacturiers, les centres de recherche et les établissements d'enseignement qu'on y retrouve.

En résumé, un financement stable et soutenu est essentiel pour les 10 prochaines années afin de mener à bien le programme de recherche qui devrait assurer la survie à long terme de l'industrie minière et des régions qui l'accueillent. Ce rapport recommande la concertation et la collaboration de tous les intervenants impliqués en recherche minière et propose un modèle de Plan d'action qui devrait permettre une utilisation optimale des montants d'argent investis. Un tel système structuré de coordination et d'échange devrait :

- Orienter les fonds vers les axes identifiés comme étant prioritaires;
- Élaborer et mettre en place un mécanisme d'attribution des fonds minimisant le temps requis pour les montages financiers;
- Sélectionner les partenaires industriels capables d'assurer l'introduction et le suivi des technologies dans le milieu souterrain pour en assurer le succès; et
- Attribuer des contrats de R-D en fonction de l'expertise des chercheurs, de leur capacité de rendre les projets à terme, de l'accès probable aux équipements et aux laboratoires, et de leur capacité à développer des alliances stratégiques afin d'obtenir des résultats concrets dans les délais prévus.

Une industrie minière innovatrice permet de contribuer à l'essor des régions en mettant à profit la main-d'œuvre locale, incluant les autochtones, en maintenant des emplois de qualité et en soutenant une expertise régionale d'entreprises de sous-traitance, de transformation, de manufacturiers et de fournisseurs de services spécialisés. Bref, la relance du secteur minier, et donc des régions, doit passer par le biais de la R-D.

EXECUTIVE SUMMARY

Although the mining industry rarely captures the attention of the public, of political and financial decision-makers, and the spoken and printed media, it remains an essential pillar of the economy. It has contributed significantly to the collective well-being by making the nation's rich mineral endowment available to society at large and allowing Canadians to maintain one of the highest standards of living in the world.

- In 2002, the mining and mineral processing industries contributed almost **\$40 billion** to the Canadian economy, or **3.6% of the GDP**. This is significantly more than the technology sector, which accounted for 3.0% of the GDP. The mining sector contributes more to the GDP than the communications sector;
- More than 2,200 small, medium, and large Canadian-based companies provide specialized services and equipment to the mining industry in Canada and abroad;
- Salaries in the minerals and metals industry are among the highest in Canada, averaging **more than \$60,000** per year, compared to the national average of less than \$35,000. Workers in this industry contribute in a significant way to government revenues. For example, in Quebec the **15% of workers** earning over \$42,144 per year contributed **70% of income taxes** in this province;
- Fiscal contributions of the 350 employees at a typical underground mine amount to **\$155 million** over ten years of operation;
- The Canadian mining industry is truly Canadian: 70% of the sector is controlled by Canadian as opposed to foreign companies;
- Over 100 communities, with a total of over **600,000 inhabitants**, owe their existence to the mining sector. These centers range in size from a few hundred or thousand inhabitants, for example Nanisivik, Nunavut, or Trail, British Columbia, to several tens of thousands of people, such as Rouyn-Noranda, Quebec, or Timmins, Ontario;
- The mining industry also generates considerable benefits for urban areas which host research organizations, educational institutions, consulting and financial service companies, and the major companies involved in processing copper, zinc, iron and titanium ore and manufacturing of products using these metals. All industrial sectors operating in urban regions, and in particular the high tech sector, use metals and minerals. Moreover, over 60% of the tonnage transported by rail and water comprises mineral substances; and,
- Exports of metals and non-combustible minerals in 2002 amounted to **almost \$50 billion**, or more than 10% of all Canadian exports.

This enviable situation in the Canadian mining sector is in danger of becoming very gloomy due to a crisis in the making looming on the horizon. Although Canada still has considerable mineral potential, due to changing social and economic conditions and foreign exchange market factors, the mining industry will have a number of major challenges in the next decade: *operational constraints (mining methods, operational costs, underground environment, etc.); competition from developing countries; availability of qualified manpower; the industry's public image; availability of and*

access to mineral resources; variable metal prices. To ensure its survival and to deal with fierce and rapidly increasing international competition, the Canadian mining industry must redouble its efforts. To do so it must continue to increase its productivity while at the same time protecting the health of its workers and respecting applicable environmental regulations that are becoming increasingly complex. To discover and operate such mines the industry has to invest considerable amounts of money. In this context, R-D is a vital step for maintaining and improving the competitiveness of the mining industry. Moreover, leading edge technologies are required to be able to exploit low grade mines economically where grades cannot offset the numerous operational constraints. In spite of relatively small research budgets, mining research has produced meaningful results: development and application of the paste backfill technique, use of electronic detonators and research on hoisting systems have allowed, among other benefits the preservation and improvement of several mining operations such as Chimo (Cambior), Brunswick (Noranda), LaRonde (Agnico-Eagle), Golden Giant (Newmont Mining).

With the aim of better orienting required research efforts, at the request of SOREDEM,¹ the research and development arm of the Mining Association of Quebec, CANMET-MMSL² undertook extensive consultations with representatives of the Canadian mining industry, to determine the principal research initiatives that will lead to increased productivity and improve health and safety in underground mines. The consultations conducted in the framework of this project have led to the conclusion that the concerns of underground operations in Canada as a whole are very similar to those of Quebec. The aim of this report is therefore to elaborate the principal problems, both present and future, perceived as important by the Canadian mining community as a whole, propose solutions that mining research can bring and suggest an R&D Action Plan.

Minerals are produced in all Canadian provinces and territories. In addition, the distribution of mineral resources is such that most mining operations occur outside the narrow zone north of the American border in which the Canadian population is concentrated. Mines in isolated areas thus permit active utilization of a large part of Canada's land mass. The economic survival of these regions is often closely linked to exploitation of mineral resources and, mainly on the mining industry. Maintaining a critical level of mining activities and renewal of Canadian know-how are high priorities for these regions, for governments that reap several tens of millions of dollars annually from each operating mine, and for small and medium sized manufacturing and service companies that do business there.

In contrast to the manufacturing industry, which creates value by improving the quality of its products, the mining industry must add value by improving its processes, or, in other words, the methods used to extract ore and concentrate contained metals. Given the current and expected near-term economic situation, it is urgent that long-term applied research initiatives are undertaken to develop new approaches to mining along with development of new mining equipment and technology. Increasing production capacity, improving health and safety underground, and reduction of labor costs are the ultimate objectives aimed for in developing

¹ SOREDEM: Société de recherche et développement minier.

² CANMET-MMSL: CANMET Mining and Mineral Sciences Laboratories.

innovative extraction methods. In the course of our consultations, participants identified the following research initiatives as being the most important. In decreasing order of importance:

- **Drilling and blasting:** New methods and equipment;
- **Engineering and physical environment:** Improvement of underground living and working environment;
- **Extractive engineering:** Conceptual approach of mining methods; and
- **Backfill and related subjects:** Improvement of existing methods of production and transportation of backfill and development of new methods.

Optimal results will be obtained if each stakeholder assumes a specific role, which will serve to best orient and structure research efforts. The main roles are:

- **Mining companies:** Fund research initiatives and, in a collegial collaborative spirit, industry champions must clearly identify the short-, medium-, and long-term innovations that will have the most impact on production costs;
- **Research centers and universities:** These organizations should have a medium- to long-term vision of R&D in order to propose innovative and realizable concepts;
- **SME and manufacturers:** In partnership with all research stakeholders, offer leading edge services and, develop and construct innovative equipment that meets the needs of mine operators; and
- **Governments:** Provision of stable and continuous financial support to internal and external research initiatives. Moreover, support the required efforts for demonstration and implementation of new production processes.

Without stable and sustained funding, it is difficult to expect applicable R&D results. Due to the challenges and economic stakes involved, increased financial participation will be required by all levels of government, as well as by mining and manufacturing companies: the survival of the mining industry is at stake. In Canada, the equivalent of 1.9% of the GDP, taking into account all industrial sectors, are re-invested in R&D, of which approximately 50% comes from government. To ensure a Canadian presence and preserve Canada's leadership in the global underground mining sector, ***approximately \$80 million per year should be invested in Canada for at least the next 10 years.*** The underground mining industry already contributes \$30 million per year, along with an additional \$10 million in in-kind contributions by mines. Industry therefore already contributes its fair share, that is 50% of the required R&D investment. ***On the other hand, the provincial and federal governments only invest a total of \$5 million per year*** in this sector. In addition, this industry benefits relatively little from research and development tax credits. Companies with mines in operation invest significant sums in R&D, directly via contracts with research organisations or internally, or through acquisition of R&D technologies developed by third parties but do not make use of any specific tax break. In view of the considerable benefits that accrue to them, federal and provincial governments should undertake ***a major additional effort to provide approximately \$35 million annually to bring its participation up to the level of industry.*** Analysis of a group of

projects indicates that the return can be expected to considerably exceed the amounts invested. As well, as shown by the economic model, elucidation of a procedure that enables exploitation of only two new mines in Canada would generate fiscal revenues of over \$300 million for governments and recuperate the initial investment.

Funds should be administered by a federal-provincial-industry partnership, and should aim to support in a tangible way the research initiatives identified by industry as being of highest priority. In addition, formation of a corridor of excellence between northern Ontario and northern Quebec would be an interesting concept to develop, given the critical mass and the potential alliances that could be formed between mining companies, manufacturers, research centers, and educational institutions that occur there.

To summarize, stable and sustained funding is required for the next 10 years in order to establish a viable research program capable of ensuring the long-term survival of the mining industry and its host communities. This report recommends concerting the efforts of all research stakeholders and proposes a model of an Action Plan that would, ideally, allow optimal utilization of invested funds. The suggested structured system of coordination and exchange should have as its objectives:

- Orient funds towards highest priority research initiatives;
- Elaborate and establish a fund allocation mechanism that minimizes the time required for fund raising;
- Select one or more industrial partners capable of ensuring successful introduction and follow up of new technologies underground; and
- Allocate R&D contracts according to the expertise of researchers, their ability to successfully complete projects, their access to equipment and laboratories, and their capacity to build strategic alliances in order to obtain concrete results in an established timeframe.

An innovative mining industry will ultimately be able to contribute to the life-blood of host regions by utilizing local labor, including native peoples, and thus retain high quality jobs along with the large number of small and medium sized businesses located there. In a word, the rejuvenation of the mining sector, and thus of regional economies, must begin with R&D.

REMERCIEMENTS

En tout premier lieu, nos plus sincères remerciements vont à tous ceux qui ont participé aux entrevues pour le précieux temps qu'ils nous ont accordé et pour avoir partagé leur vision et leurs besoins en recherche.

En second lieu, ceux qui ont contribué financièrement reçoivent toute notre reconnaissance : Développement Économique Canada, SOREDEM, Ministère des Ressources naturelles du Québec, Canadian Mining Industry Research Organization (CAMIRO), la Table Jamésienne de concertation minière, Hydro-Québec et Ressources naturelles Canada.

Nous ne voudrions passer sous silence l'apport de monsieur Léo Couture, pour avoir initié les discussions et avoir su partager avec nous sa flamme et sa vision. Également, nous tenons à remercier messieurs Marcel Laflamme, Denis Lagacé, Kirk Stevens et Dan Tolgyesi, ainsi que les membres du comité de suivi et du comité de lecture qui nous ont fourni, pour ce rapport, des remarques, commentaires et suggestions, de même que pour les nombreuses discussions que nous avons eues. Nous soulignons aussi la contribution de monsieur Maurice Boutin de la firme KPMG et de monsieur Gérard Laquerre, économiste consultant, qui nous ont procuré bon nombre des informations d'ordre économique. Nous voudrions mentionner le travail de mesdames Thérèse Vincent, Sonia David et Helen Hawkins-Lavoie dont l'aide fut très appréciable lors de la compilation des données et du travail d'édition ainsi que Marilyn Harris pour la conception graphique.

Nous tenons aussi à remercier la direction des LMSM-CANMET, et particulièrement messieurs Thomas Hynes et Jim Vance pour avoir accepté de prendre en charge plusieurs dossiers afin de permettre aux auteurs de se concentrer uniquement à l'écriture de ce rapport. Sans eux, la cohérence de cet ouvrage aurait été bien inférieure.

Finalement, nos familles qui, jamais, ne se sont plaintes du peu de temps que nous leur avons consacré ces derniers six mois. Sans leur compréhension et leur coopération, nous n'aurions pu achever ce travail dans les délais prévus.

DÉNI DE RESPONSABILITÉ

LMSM-CANMET ne prennent aucun engagement et ne donnent aucune garantie en ce qui concerne les résultats découlant des travaux, explicitement ou implicitement en application de la loi ou autrement, notamment des garanties implicites touchant la qualité marchande ou le caractère adéquat pour une fin particulière.

TABLE DES MATIÈRES

Sommaire exécutif.....	i
Executive summary.....	v
Remerciements.....	ix
Déni de responsabilité.....	x
Table des matières.....	xi
Annexes.....	xiii
Listes des figures et tableaux.....	xiv
1. Introduction.....	1
2. Objectifs.....	5
3. Le secteur minier et l'économie canadienne.....	7
3.1. Importance du secteur minier.....	7
3.2. Enjeux du secteur minier.....	10
3.2.1 Problématiques actuelles et futures dans les mines.....	10
3.2.2 Le défi face au potentiel minéral.....	18
3.3. Contribution du secteur minier aux économies régionales.....	21
3.3.1 Introduction.....	21
3.3.2 Abitibi-Témiscamingue et Nord-du-Québec.....	24
3.3.3 Ontario.....	26
3.3.3.1. Introduction.....	26
3.3.3.2. Nord-Est ontarien.....	27
3.3.3.3. Nord-Ouest ontarien.....	28
3.3.3.4. Région de Toronto.....	29
3.3.4 Colombie-Britannique.....	29
3.3.5 Autres provinces et territoires.....	30
3.3.6 Petites collectivités éparses.....	32
3.3.6.1. Exemple de Murdochville.....	32
3.4. Retombées économiques provenant de l'activité d'une opération minière.....	33
3.4.1 Méthodologie.....	33
3.4.2 Estimation de l'impact économique engendré par l'ouverture d'une exploitation minière.....	34
3.4.2.1. Retombées économiques au démarrage.....	35
3.4.2.2. Impact économique des dépenses d'exploitation d'une mine en production.....	36
4. Importance stratégique de la recherche minière.....	41
4.1. Introduction.....	41
4.2. Risques et spécificité de l'industrie minière.....	42
4.3. Accès aux ressources minérales.....	43
4.3.1 Minéralisation des ressources sous-économiques.....	43
4.3.2 Gisements à minéralisation massive.....	44
4.3.3 Gisements à très grande profondeur.....	45
4.3.4 Gisements plus complexes et négligés.....	46

TABLE DES MATIÈRES

5.	Axes de recherche.....	47
5.1.	Méthodologie visant à définir les axes de recherche.....	47
5.1.1	Organismes consultés.....	48
5.2.	Définitions et pondération des axes de recherche.....	50
5.2.1	Définition d'un axe de recherche.....	50
5.2.2	Système de pondération.....	50
5.2.3	Axes prioritaires.....	54
5.3.	Matériel et équipement d'extraction : Forage et Fragmentation.....	54
5.3.1	Définition telle que soumise aux participants.....	54
5.3.2	Besoins et commentaires exprimés par les participants.....	54
5.3.3	Importance stratégique dans la structure de coûts.....	57
5.3.4	Analyse.....	57
5.4.	Ingénierie reliée à l'environnement de travail.....	57
5.4.1	Définition telle que soumise aux participants.....	57
5.4.2	Besoins et commentaires exprimés par les participants.....	58
5.4.3	Importance stratégique dans la structure de coûts.....	58
5.4.4	Analyse.....	59
5.5.	Ingénierie extraction.....	59
5.5.1	Définition telle que soumise aux participants.....	59
5.5.2	Besoins et commentaires exprimés par les participants.....	59
5.5.3	Importance stratégique dans la structure de coûts.....	64
5.5.4	Analyse.....	64
5.6.	Matériel et équipement d'extraction : Remblayage et sujets connexes.....	64
5.6.1	Définition telle que soumise aux participants.....	64
5.6.2	Besoins et commentaires exprimés par les participants.....	64
5.6.3	Importance stratégique dans la structure de coûts.....	65
5.6.4	Analyse.....	65
5.7.	Matériel et équipement d'extraction : Manutention stérile et minerais.....	66
5.7.1	Définition telle que soumise aux participants.....	66
5.7.2	Besoins et commentaires exprimés par les participants.....	66
5.7.3	Importance stratégique dans la structure de coûts.....	66
5.7.4	Analyse.....	67
5.8.	Matériel et équipement d'extraction : Équipements de soutènement et contrôle de terrain pour le développement.....	67
5.8.1	Définition telle que soumise aux participants.....	67
5.8.2	Besoins et commentaires exprimés par les participants.....	67
5.8.3	Importance stratégique dans la structure de coûts.....	67
5.8.4	Analyse.....	68
5.9.	Logistique et service.....	68
5.9.1	Définition telle que soumise aux participants.....	68
5.9.2	Besoins et commentaires exprimés par les participants.....	68
5.9.3	Importance stratégique dans la structure de coûts.....	68
5.9.4	Analyse.....	69

TABLE DES MATIÈRES

5.10. Consommation énergétique.....	69
5.10.1 Recherche et développement pour réduire la consommation énergétique	71
6. Investissements requis pour l'implantation du plan d'action dans le but d'obtenir un impact dans les mines souterraines.....	73
6.1. Investissements courants en recherche.....	73
6.2. Bénéfices de la recherche.....	74
6.3. Investissements requis.....	76
7. Modèle du regroupement de recherche	79
7.1. Introduction	79
7.2. Statu Quo?.....	79
7.3. Mission du Regroupement	80
7.4. Propriété intellectuelle et brevets	81
8. Plan d'action pour la R-D minière au Canada.....	83
8.1. Introduction de technologies existantes et partage d'informations.....	83
8.2. Développement de nouvelles technologies	84
8.3. Rôle des intervenants en recherche	84
8.3.1 Rôle des entreprises minières.....	84
8.3.2 Rôle des centres de recherche et des universités.....	86
8.3.3 Rôle des PME et des manufacturiers.....	86
8.3.4 Rôle des gouvernements.....	87
8.4. Actions à entreprendre	87
9. Conclusion.....	91
10. Liste des références	95-97

ANNEXES

ANNEXE A - Documents pour les visites de consultation.....	A1-19
ANNEXE B - Liste des organismes et participants rencontrés.....	B1-6
ANNEXE C - Projets en cours et liste des expertises en recherche dans les universités et centres de recherche	C1-9
ANNEXE D - Autres documents consultés	D1-5
ANNEXE E - Proposition d'organisation de la recherche.....	E1-8

LISTE DES FIGURES

Figure 1 - Coût de production moyen des principaux pays producteurs d'or.....	12
Figure 2 - Coût de production moyen des principaux pays producteurs de zinc.....	12
Figure 3 - Faible taux de découvertes permettant d'évaluer la vigueur de l'industrie.....	13
Figure 4 - Nature cyclique des prix se manifestant aussi dans les dépenses d'exploration au Canada.....	14
Figure 5 - Analyses composites de la teneur en Ni (%) versus la profondeur dans le bassin de Sudbury.....	15
Figure 6 - Valeur ajoutée à l'économie canadienne par heure travaillée (\$ constants de 1992)..	17
Figure 7 - Réserves de certains métaux dans les mines en production situées au Canada	19
Figure 8 - Décroissement du nombre d'emplois et d'exploitations minières au Canada	19
Figure E.2.a - Modèle décentralisé de recherche et d'innovation minière.....	E4

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 - Réserves estimées des métaux canadiens.....	20
Tableau 2 - Gîtes minéralisés dans le Nord du Québec et en Ontario.....	21
Tableau 3 - Valeur estimative de la production minérale canadienne par juridiction en 2002	22
Tableau 4 - Moyenne des salaires hebdomadaires des employés payés à l'heure	23
Tableau 5 - Statistiques d'emplois provenant de l'APSM pour l'année 2003.....	24
Tableau 6 - Production minérale par province et territoire	31
Tableau 7 - Emplois directs et indirects - Mine Gaspé.....	32
Tableau 8 - Paramètres économiques utilisés pour une mine type hautement mécanisée et une mine type peu mécanisée.....	34
Tableau 9 - Paramètres opérationnels pour une mine type hautement mécanisée et pour une mine type peu mécanisée.....	35
Tableau 10 - Facteurs multiplicateurs et contributions parafiscales	36
Tableau 11 - Contributions fiscales et parafiscales cumulées sur 10 années d'exploitation au Québec d'une mine modèle hautement mécanisée d'or et de métaux associés ayant un chiffre d'affaires annuel de 106,5 M\$.....	38
Tableau 12 - Contributions fiscales et parafiscales cumulées sur 5,5 années d'exploitation au Québec d'une mine modèle peu mécanisée d'or et de métaux associés ayant un chiffre d'affaires annuel de 33,5 M\$.....	38
Tableau 13 - Valeur de la production et impôts fonciers payés par les mines de métaux, au Québec et en Ontario pour l'année 2001.....	39
Tableau 14 - Moyenne générale des répondants pour chaque axe de recherche et moyenne par groupe d'intervenants	51
Tableau 15 - Compilation des coûts inscrits dans le plan long terme	53
Tableau 16 - Résumé des axes prioritaires	55
Tableau 17 - Consommation électrique moyenne pour une mine de type mécanisée et pour une mine de type non mécanisée.....	70
Tableau 18 - Distribution de l'énergie en fonction des axes de recherche	70

1. INTRODUCTION

Depuis plus d'un siècle, l'industrie minière au Canada, à même la richesse de son sous-sol, contribue grandement à la collectivité en permettant aux canadiens de maintenir un niveau de vie parmi les plus élevés au monde. Durant la dernière décennie, plusieurs autres secteurs ont vu le jour et ont diversifié l'activité économique du pays. Entre autres, le secteur des hautes technologies et des communications a capté l'attention du public, des investisseurs et des décideurs politiques et financiers. Les montants collectifs attribués aux activités de recherche et développement se sont conséquemment portés plus particulièrement sur ces secteurs émergents qui ont alors été grandement favorisés. Ainsi, malgré son importance économique et sociale, sa vigueur et sa dépendance en ce qui a trait à l'innovation, la recherche minière au Canada n'a pas bénéficié de la même vague d'investissement.

L'industrie minière demeure toutefois un pilier important de l'économie. En 2002, son apport représentait 3,6 % du PIB canadien alors que le secteur de la technologie contribuait pour 3,0 %⁽⁵⁾. En plus, elle a permis au Canada de devenir un centre financier sectoriel dominant au plan mondial. Également, le caractère innovateur des exploitants miniers a permis au Canada d'exercer un leadership technique et scientifique dans l'industrie minière internationale.

Par ailleurs, la mondialisation est un phénomène qui s'opère dans le secteur minier depuis toujours. Afin d'assurer leur croissance, les compagnies qui s'activent dans toutes les régions du monde sont continuellement en quête de gisements ayant un fort potentiel économique et des volumes considérables. D'ailleurs, plusieurs pays en voie de développement dont les richesses minérales ont été jusqu'à maintenant explorées par des méthodes artisanales, présentent des conditions géologiques très favorables. Ces pays, ouverts aux investissements étrangers, deviennent alors très intéressants pour les compagnies internationales lorsque les lois minières garantissent l'accès aux propriétés minières. Dans cette foulée, l'augmentation de l'offre sur les marchés mondiaux a résulté en une faiblesse prolongée du prix des métaux. En plus de leurs moyens financiers importants, les grandes sociétés minières internationales, par le biais de leur personnel spécialisé et qualifié, apportent et implantent dans les autres pays la technologie et le savoir-faire permettant une exploitation efficace de ces gisements de classe mondiale. Tous ces facteurs ont donc affecté graduellement la rentabilité des opérations minières en sol canadien. Ceci aura eu, malheureusement, des conséquences négatives sur l'activité économique des régions et, en bout ligne, sur celle du pays. À l'intérieur de cette dynamique, la capacité de produire des métaux au plus bas coût possible tout en garantissant les plus hauts standards pour la sécurité des employés doit demeurer une priorité tant pour l'industrie que pour les gouvernements.

Bien que le potentiel minéral du Canada demeure présent, le contexte socio-économique en évolution fait en sorte que la main-d'œuvre qualifiée, essentielle pour assurer la croissance de l'industrie minière, se raréfie et devient encore plus coûteuse. Par ailleurs, les obligations réglementaires de tout ordre se dirigent inéluctablement vers un resserrement, entraînant du même coup des contraintes opérationnelles additionnelles. Au Canada, le potentiel minéral localisé en profondeur, ou contenu dans des gisements à teneur élevée mais à moindre tonnage, s'exploite dans

une très grande proportion par méthode souterraine⁽⁶⁾. Bien que ces exploitations laissent moins d'empreintes sur l'environnement, elles s'avèrent généralement plus complexes à opérer en raison des difficultés inhérentes au milieu souterrain. De plus, ces difficultés se voient amplifiées lorsqu'on veut accéder aux réserves intéressantes, mais localisées en très grande profondeur, c'est-à-dire en dessous de 2500-3000 mètres. Toutes ces embûches commandent un effort de développement technologique d'envergure soutenu qui visera spécifiquement à améliorer les conditions particulières d'opération auxquelles doit faire face l'industrie minière. Disposant des technologies novatrices appropriées, l'exploitation de ce potentiel minéral unique apparaît comme un important outil de prospérité future pour toute la population canadienne.

Réalisant l'importance de cette situation, sur l'initiative de la Société de recherche et développement minier (SOREDEM*), plusieurs membres de l'industrie et autres organismes, notamment Développement économique Canada (DEC), Canadian Mining Industry Research Organization (CAMIRO), la Table Jamésienne de concertation minière et Hydro-Québec, se sont regroupés pour financer ce projet qui vise à appuyer une demande de contribution financière significative afin de soutenir la recherche et le développement dans le secteur minier. Au préalable, pour bien allouer les fonds importants qui devraient éventuellement être octroyés à la recherche et au développement dans ce secteur, un effort d'organisation s'impose. Il est impératif de développer une vision d'ensemble, de concerter et concentrer les efforts de R-D de façon à éviter la duplication des projets dans certains domaines. De plus, l'établissement d'un processus efficace de sélection des projets visant à supporter ceux qui auraient le plus d'impact sur la productivité des entreprises minières, et la santé et sécurité du personnel, maximisera les bénéfices générés par les sommes allouées.

Dans cet esprit, un mandat fut confié aux Laboratoires des mines et des sciences minérales de CANMET (LMSM-CANMET) pour entreprendre cette démarche et pour démontrer, d'une part, l'importance et la contribution économique de l'industrie minière pour le Canada et, d'autre part, pour suggérer des pistes de solutions maximisant les retombées de la recherche. Ainsi, l'étendue du mandat commandait un exercice de consultations à l'échelle du pays afin de faire le point sur les besoins en recherche, de définir les priorités et de trouver le mode de fonctionnement cadrant le mieux avec la réalité canadienne. L'importance de la démarche et la profondeur de l'exercice nécessitaient une enquête nationale afin de rencontrer personnellement les principaux intervenants et leurs équipes dans leur milieu, plutôt que par l'envoi de questionnaires où le taux de réponse s'avère généralement faible et où la compréhension de chaque item demeure tributaire de la bonne interprétation du questionnaire par le répondant. La participation de plusieurs intervenants, de différents niveaux et positions dans les différentes organisations, a d'ailleurs permis de saisir les multiples réalités d'une manière plus juste.

Les commentaires et les réponses recueillis ont permis d'identifier les problématiques et les défis auxquels aura à faire face l'industrie minière au cours de la prochaine décennie. Selon la réalité et la perception de chacun des intervenants, une orientation de la recherche se dégage par le cumul des

* SOREDEM : Société sans but lucratif, formée de compagnies minières s'étant donné comme mandat de favoriser l'émergence de nouvelles technologies dans les mines souterraines.

différentes priorités accordées aux axes de recherche soumis aux répondants. Certes, les réponses diffèrent en fonction des conditions d'exploitation, du domaine d'activités et de la perception des personnes interrogées, mais, à l'analyse des commentaires et des pointages, les priorités retenues forment un consensus parmi l'ensemble des intervenants.

Finalement, bien qu'il soit difficile de définir les sommes exactes requises pour mener à bien un vaste programme de recherche structurant qui mènerait à des résultats concrets pour l'industrie minière, l'analyse de l'effort de recherche dans d'autres secteurs d'activités et d'autres pays permet d'avancer un ordre de grandeur. La rentabilisation des éventuelles ressources, passe obligatoirement par l'organisation de la mise en place et du fonctionnement du programme de recherche à l'échelle canadienne; l'expertise détenue dans les différents camps miniers, les groupes de recherche universitaires et privés, les petites et moyennes entreprises (PME) et les manufacturiers, est trop précieuse pour être diluée dans des efforts tous azimuts. Les rencontres avec les intervenants dans les diverses régions du pays renforcent l'idée que l'expertise est répartie d'une manière complémentaire parmi tous les opérateurs, chercheurs, consultants, fournisseurs et équipementiers. Malgré ce fait, avec les moyens de communication modernes, il devient possible de mettre toute cette expertise en commun. Ainsi, un modèle d'encadrement de la recherche sera proposé afin d'utiliser au mieux l'expertise, de maintenir le cap et de concentrer les efforts vers les priorités définies par tous les intervenants.

2. OBJECTIFS

Ce projet vise en tout premier lieu à doter les exploitants miniers au Canada des mécanismes, des outils et des techniques dont ils auront besoin pour évoluer dans le contexte social et économique qui s'annonce pour les prochains dix à vingt ans. Afin d'atteindre cet objectif, la présente étude expose les principales problématiques, actuelles et futures, jugées importantes par l'ensemble de la collectivité minière au Canada et propose des solutions potentielles apportées par la recherche minière.

En conséquence, le présent rapport vise plus spécifiquement à :

- i. Démontrer l'importance de l'industrie minière pour l'économie canadienne;
- ii. Justifier les raisons pour lesquelles il est essentiel de faire de la recherche minière au Canada;
- iii. Définir les axes de recherche ayant le plus de potentiel d'impact sur la productivité et sur la santé et la sécurité dans les mines;
- iv. Estimer les investissements requis en recherche pour les dix à vingt prochaines années; et
- v. Proposer un plan d'action en R-D pour obtenir des résultats concrets en fonction des axes de recherche définis, et procurer des impacts majeurs pour les mines canadiennes.

3. LE SECTEUR MINIER ET L'ÉCONOMIE CANADIENNE

3.1. Importance du secteur minier

Le secteur minier demeure un pilier de l'économie canadienne; ses principales forces sont :

Économie

- En 2002, la valeur ajoutée annuelle de la production minérale au Canada atteignait près de 77 milliards de dollars, dont 59 pour les minéraux combustibles (42 pour l'Alberta seulement), 10,2 pour les minéraux métalliques et 7,8 pour les minéraux non métalliques ⁽¹²⁾.
- En 2002, l'apport des industries de l'exploitation minière et du traitement des minéraux à l'économie canadienne a été de 38,1 milliards de dollars, soit 3,6 % du PIB national. Ceci est significativement plus important que le secteur de haute technologie qui contribue pour 3,0 % au PIB ⁽¹⁾. Le secteur minier contribue, aussi, plus au PIB que le secteur des communications ⁽²⁾.
- L'industrie des minéraux et des métaux et les industries connexes contribuent pour 1,4 milliard de dollars à la balance commerciale du Canada, ce qui représente 2,4 % de l'excédent commercial du pays ⁽⁴⁾.
- En 2000, 643 compagnies oeuvrant dans l'extraction des minéraux employaient 75 515 personnes et approvisionnaient en matière première 10 135 autres entreprises dans les secteurs de l'affinage et de la fabrication. Toutes ces entreprises regroupées employaient 274 338 personnes. Les salaires qu'elles ont versés totalisaient 11,4 milliards de dollars pour une valeur de production se chiffrant à 110 milliards de dollars alors que la valeur ajoutée était estimée à 38,8 milliards de dollars ⁽¹³⁾. La production de minéraux au pays assure une source de matière première pour sécuriser les emplois dans tout ce secteur de l'économie.
- Les gouvernements fédéral et provinciaux ⁽⁵⁾ reçoivent de l'industrie minière 4,8 milliards de dollars annuellement en taxes sur le capital.
- Les PME ⁽⁵⁾ reliées au secteur minier créent des milliers d'emplois dans les secteurs de la haute technologie et des produits de l'information. Pour 1 milliard de dollars de minéraux produits, en tenant compte du minage et de la métallurgie primaire, la demande directe pour les biens et services est de 615 millions de dollars. Si l'on tient compte de toute la chaîne de production, c'est-à-dire l'exploration, le développement minier et l'exploitation, une production de 1 milliard de dollars engendre des retombées économiques pour les secteurs associés de l'ordre de 1,3 milliard de dollars.
- Près de 200 mines sont en activité au Canada, fournissant des matériaux aux industries de la fabrication, de la construction, de l'automobile et des produits chimiques, de même que des sources d'énergie. Le charbon et l'uranium exploités au Canada permettent de produire le tiers de l'électricité qui y est consommée ⁽³⁾.

- Le Canada est l'un des plus grands pays miniers au monde. Il produit plus de 60 minéraux et métaux ⁽¹⁾.
- En ce qui concerne la valeur de la production canadienne en 2002, les quatre minéraux les plus importants ont été l'or (2,3 milliards de dollars), le nickel (1,9 milliard), la potasse (1,6 milliard) et le cuivre (1,4 milliard). La valeur des minéraux produits au Canada a atteint 19,6 milliards de dollars en 2002 ⁽¹⁴⁾.
- Plus de 500 sociétés vendent, chaque année, à l'industrie de l'exploration et de l'exploitation minière, l'équivalent de plus d'un milliard de dollars de biens et services produits au Canada ⁽³⁾. Plus de 2 200 compagnies basées au Canada fournissent des services spécialisés et des équipements pour l'industrie minière au Canada et à l'étranger ⁽⁴⁾.
- L'industrie minière est une industrie véritablement canadienne : 70 % du secteur est contrôlé par des sociétés canadiennes, plutôt qu'étrangères ⁽³⁾.
- Les minéraux et les métaux comptent pour plus de 60 % du volume de marchandises transitant par les ports et 55 % des revenus tirés du transport ferroviaire de marchandises ⁽⁴⁾.
- Moins de 0,03 % de la superficie du Canada est exploitée pour la production de minéraux ⁽¹⁾.
- Il y a plus de 1 400 compagnies inscrites sur les marchés boursiers canadiens ⁽⁶⁾. Ceci est plus que partout ailleurs au monde ⁽¹⁵⁾. Les compagnies canadiennes sont impliquées dans plus de 6 800 projets au Canada et à l'étranger.
- En 2001, le financement par actions des sociétés minières cotées aux bourses canadiennes a dépassé les 1,3 milliard de dollars ⁽¹⁴⁾, ce qui, en 1999, en faisait le troisième plus grand nombre d'offres sur le marché boursier au Canada ⁽¹⁵⁾.

Emplois

- La masse salariale de l'industrie minière canadienne s'élevait autour de 4,3 milliards de dollars, en 2000 ⁽⁵⁾.
- L'industrie des métaux et minéraux fournit 80 000 emplois directs, et supporte 300 000 emplois indirects dans le secteur de l'approvisionnement et des services ⁽³⁾ soit un peu moins de 2,5 % du total des emplois ⁽¹⁾.
- L'industrie minière contribue directement et indirectement à faire vivre plus d'un million de Canadiens ⁽³⁾.
- Les travailleurs de l'industrie des minéraux et des métaux reçoivent les salaires parmi les plus élevés au Canada, soit en moyenne 1 169 dollars par semaine, alors que la moyenne nationale est de 650 dollars par semaine ⁽⁴⁾. Les salaires versés par les mines et la production primaire de métaux se trouvent parmi les 10 meilleurs du secteur des ressources naturelles tandis que

l'exploitation minière et le raffinage des métaux se classent parmi les dix meilleurs selon l'index d'innovation d'Industrie Canada ⁽²⁾.

Communautés

- Plus de 100 collectivités canadiennes, regroupant une population totale de plus de 600 000 habitants, sont tributaires du secteur minier. Ces collectivités varient en grandeur, passant de quelques centaines de personnes à Nanisivik au Nunavut ou Trail en Colombie-Britannique, jusqu'à plusieurs dizaines de milliers à Rouyn-Noranda au Québec ou Timmins en Ontario ⁽¹⁾.
- Plus de 1 200 communautés autochtones sont situées à l'intérieur d'un rayon de 200 kilomètres d'une activité minière ou métallifère.
- L'industrie minière canadienne ⁽⁵⁾ a tendance à combler le tiers de ses besoins en produits et services de fournisseurs situés à l'intérieur d'un rayon de 80 kilomètres des opérations. Ainsi, les mines sont de réels moteurs économiques régionaux. Les compagnies font appel au secteur technologique favorisant ainsi la création de PME dans le secteur de l'innovation en région.
- Les centres urbains de Toronto, Vancouver et Montréal profitent aussi du secteur minier en étant au cœur des marchés boursiers et des firmes de courtage; plusieurs compagnies minières y installent leur siège social. De plus, les activités minières y génèrent un niveau d'activités considérable pour les ports de mer et le transport ferroviaire.
- Les fournisseurs de biens et services miniers se retrouvent localisés dans plus de 400 communautés réparties sur le territoire canadien ⁽²⁾.
- Plusieurs communautés et régions, telles que Chibougamau au Québec, ou Red Lake en Ontario, ont des économies basées presque entièrement sur les ressources naturelles.

Exportation

- Les exportations des métaux et minéraux non-combustibles, en 2002, s'élevaient à 49,4 milliards de dollars, représentant plus de 10 % de toutes les exportations canadiennes.
- Près de 80 % de l'ensemble de la production minérale canadienne est exporté. Par conséquent, le secteur se place au premier rang, au Canada, en terme de recette à l'exportation, suivi de près par le secteur forestier ⁽³⁾.

Productivité

- L'industrie des minéraux et des métaux compte parmi les plus productives au Canada. De 1981 à 1998, la productivité totale dans l'industrie des minéraux et des métaux a augmenté en moyenne de 2,7 % par année, alors que le taux global pour le Canada était de 1 % (Figure 6) ⁽⁴⁾.
- L'industrie minière se classe parmi les 10 industries canadiennes les plus productives si l'on calcule le PIB généré par employé. Par exemple, en Ontario, pour 1 million de dollars en valeur de métaux produits, 4,1 employés étaient requis en 1993, mais seulement 3,4 en 1999 ⁽¹⁵⁾.

3.2. Enjeux du secteur minier

3.2.1 Problématiques actuelles et futures dans les mines

Lors des entrevues, le premier sujet soulevé avec les participants était : quelles sont les problématiques qui menacent, ou menaceront, la survie de l'industrie minière canadienne dans son ensemble, et de votre compagnie en particulier, dans les dix prochaines années? Les réponses, regroupées par thèmes, sont colligées ci-dessous de même que certaines pistes de solutions.

Disponibilité de la main-d'œuvre qualifiée : Le problème est présentement criant dans les régions éloignées, telles que Thompson (Manitoba) et Chibougamau (Québec). Par contre, même si dans des endroits comme Sudbury ou l'axe Rouyn-Noranda/Val-d'Or, la disponibilité de la main-d'œuvre peut sembler moins problématique, son coût est relativement élevé. De plus, avec une moyenne d'âge de 51 ans dans les mines ontariennes ⁽⁷⁾, les retraites massives envisagées dans les dix prochaines années font en sorte que la situation deviendra, là aussi, problématique. Finalement, le problème est d'autant plus important pour les compagnies de service aux mines qui ont toujours eu plus de difficulté à embaucher et retenir une main-d'œuvre qualifiée.

En conséquence, dans les régions périphériques, à moins d'offrir une rémunération et des bénéfices nettement supérieurs au reste du marché, tout porte à croire que l'industrie minière aura de la difficulté à recruter et retenir la main-d'œuvre en quantité et en qualité suffisantes pour assurer sa prospérité, sinon sa survie. Or, entre autres, en raison de la concurrence internationale, la capacité de rémunération des compagnies canadiennes demeure limitée. En d'autres mots, quels seront les coûts sociaux et économiques réels reliés au manque de développement des nouvelles technologies? Les exploitations minières canadiennes du futur devraient être plus faciles à opérer et plus sécuritaires. Le statu quo n'est donc pas une option envisageable.

Une des solutions potentielles est la formation des autochtones. Ceux-ci, puisqu'ils vivent déjà en périphérie des régions minières, sont généralement acquis au style de vie des régions nordiques alors que les travailleurs venant des régions urbaines doivent s'y adapter. Les compagnies qui se sont sérieusement engagées sur cette voie ont donc trouvé une solution, et pour l'entreprise, et pour les employés.

De plus, l'introduction progressive de l'automatisation permet de croire qu'il y aura graduellement moins de personnel sous terre, mais que celui-ci devra être plus qualifié. Faute de disponibilité sur le marché, les compagnies doivent souvent parfaire elles-mêmes la formation de leurs employés spécialisés.

Pour attirer et retenir la main-d'œuvre en région et persuader les jeunes étudiants à choisir une formation en sciences de la terre, dont le génie minier, il y avait autrefois plusieurs incitatifs fiscaux et autres, des habitations à loyers modiques et des primes d'éloignement intéressantes. La réintroduction de ces mesures, jointe à des offres d'emplois stables et bien rémunérées, pourraient contribuer à résoudre la problématique de la main-d'œuvre. Toutefois, le meilleur gage pour la rétention des populations en région reste probablement la qualité et le nombre d'emplois disponibles à long terme.

Contraintes opérationnelles : Les contraintes opérationnelles, à savoir la façon d'extraire les dépôts et de négocier les embûches, vont certainement influencer significativement la santé du secteur minier au Canada. Des diverses contraintes ou *Forces influentes* soulevées lors des entrevues (Annexe A), ces dernières sont celles où les intervenants du secteur minier détiennent un certain pouvoir de changement. Par exemple, bien que des processus d'amélioration continue aient été implantés dans plusieurs compagnies, il faut encore optimiser le temps requis pour exécuter chaque opération et minimiser les pertes de productivité entre les quarts de travail. En dépit de tous ces efforts, ces exercices d'optimisation ont leurs limites. Une réduction substantielle des frais d'exploitation exige la mise au point de nouveaux équipements ou de nouvelles méthodes de minage. Autre exemple : la diminution de la dilution pourrait avoir un impact majeur pour plusieurs opérations sous terre.

Il appert donc que plusieurs contraintes opérationnelles pourraient être supprimées, ou minimisées, au moyen de travaux de recherche ciblés et bien encadrés par l'industrie de manière à répondre adéquatement aux besoins. Par ailleurs, le manque d'argent fait en sorte que bien souvent l'industrie minière n'a pas les ressources pour investir davantage dans cette direction puisqu'elle ne peut assumer ce risque supplémentaire.

Prix fluctuant des métaux : Le prix déprécié des métaux, combiné aux coûts d'opération souvent élevés des gîtes canadiens par rapport à ceux de certains autres pays, résulte en une tendance à la baisse de la production minière canadienne ⁽⁸⁾.

Les producteurs miniers n'ont aucun contrôle sur le prix de vente de leurs métaux. Cependant, en réduisant les coûts d'exploitation, les mines pourront améliorer leur compétitivité sur le plan international et garantir une rentabilité à tout le moins équivalente aux autres pays producteurs (Figures 1 et 2).

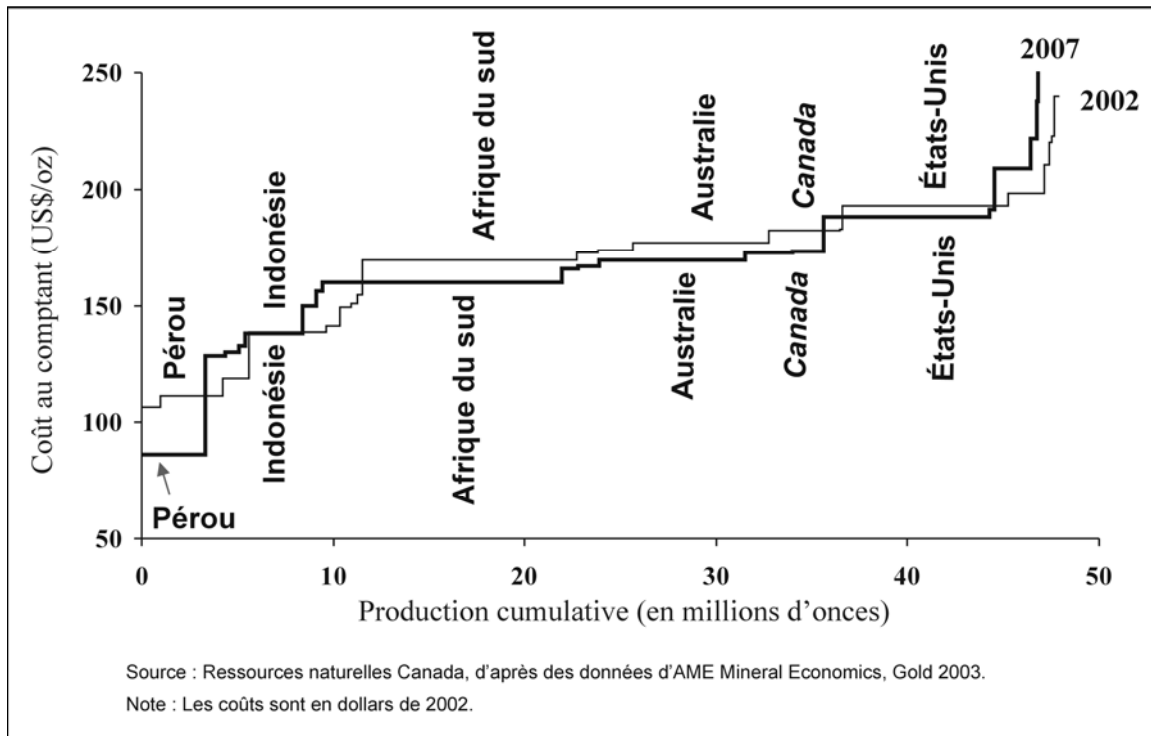


Figure 1 - Coût de production moyen des principaux pays producteurs d'or.

(Figure gracieusement fournie par la Division de l'analyse économique et financière du Secteur des minéraux et des métaux de Ressources naturelles Canada).

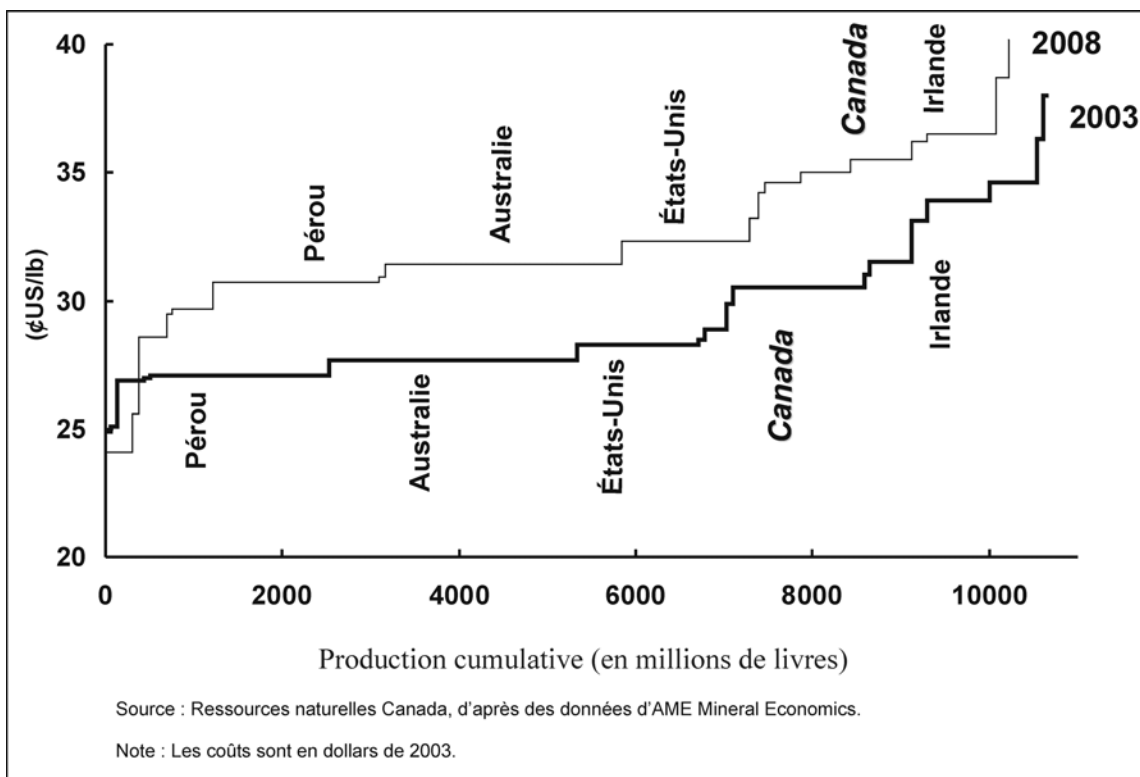


Figure 2 - Coût de production moyen des principaux pays producteurs de zinc.

(Figure gracieusement fournie par la Division de l'analyse économique et financière du Secteur des minéraux et des métaux de Ressources naturelles Canada).

Disponibilité de la ressource minérale et exploration : Il appert que la disponibilité de la ressource minérale est directement liée au nombre de découvertes qui, lui-même, est fonction de l'effort d'exploration. La Figure 3 montre clairement à quel point la situation des découvertes réelles, c'est-à-dire jusqu'en 2000, est dramatique.

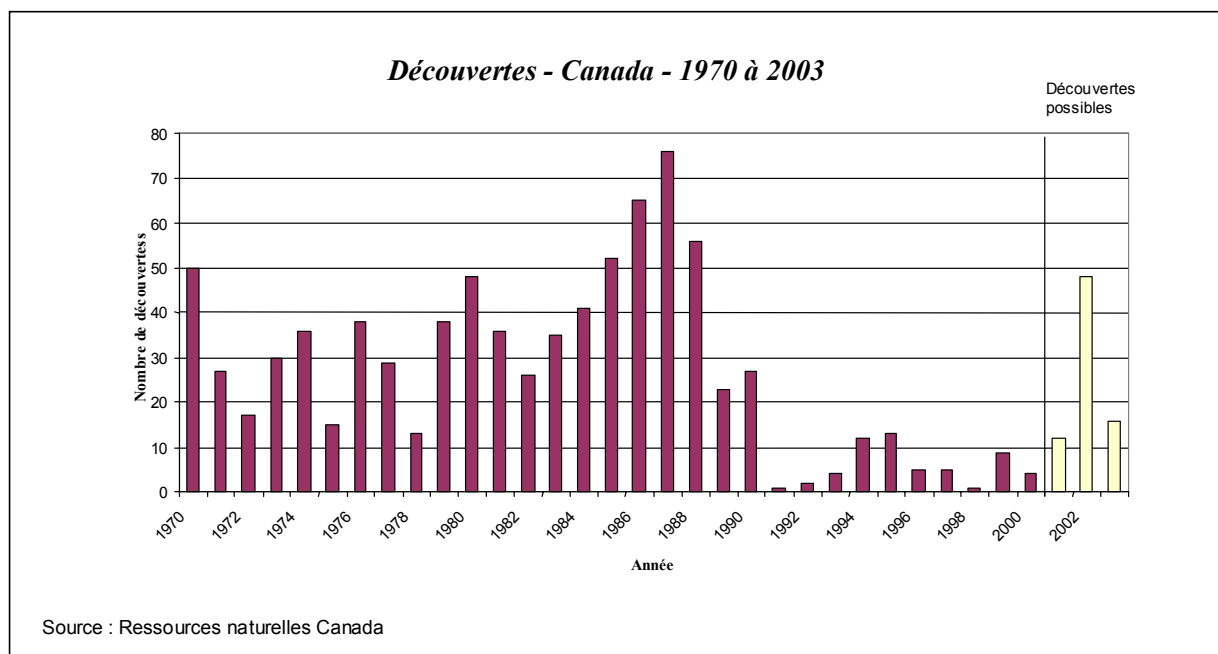


Figure 3 - Faible taux de découvertes permettant d'évaluer la vigueur de l'industrie.

(Figure gracieusement fournie par la Division de l'analyse économique et financière du Secteur des minéraux et métaux de Ressources naturelles Canada).

L'exploration anémique en raison de la faiblesse du prix des métaux et du désintéressement des investisseurs est une autre problématique qui affectera la santé du secteur minier à moyen terme (Figure 4). Heureusement, une certaine reprise en 2003 a vu une remontée des investissements dans ce sens.

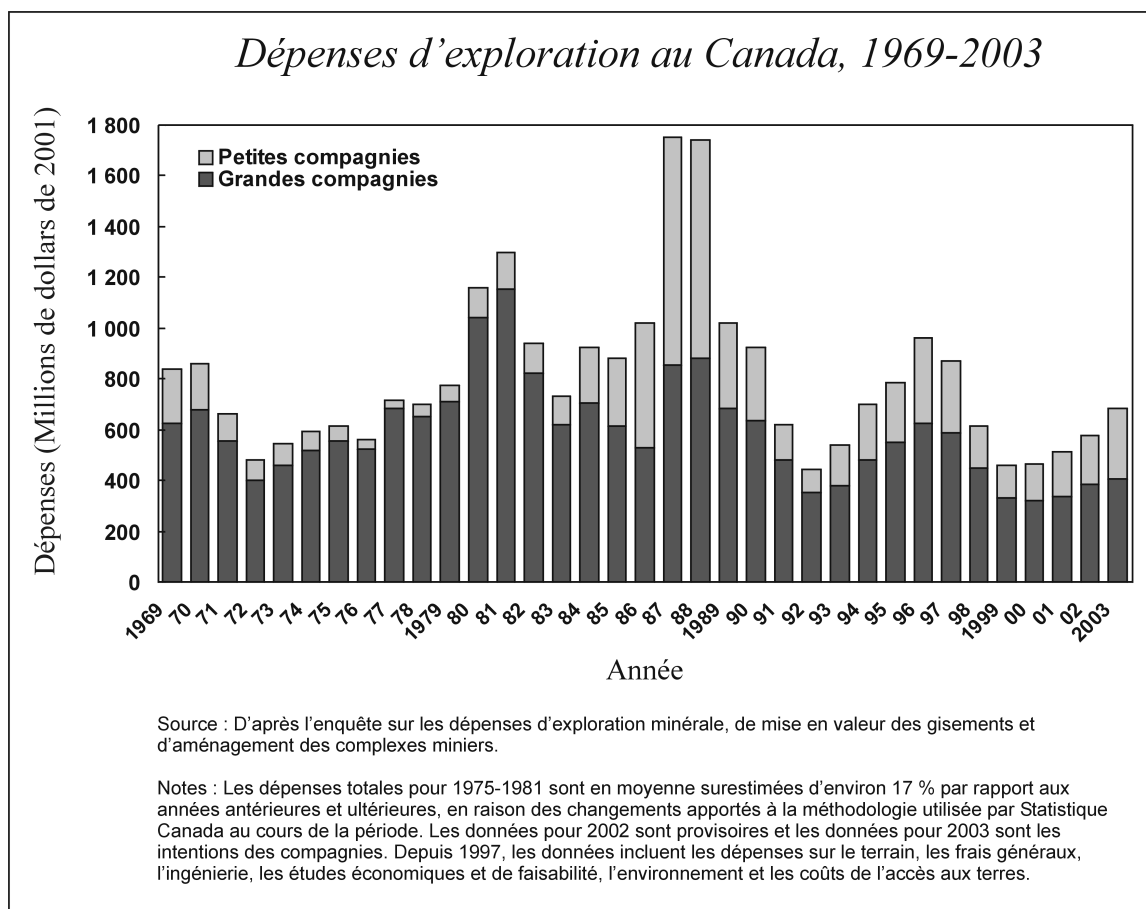


Figure 4 - Nature cyclique des prix se manifestant aussi dans les dépenses d'exploration au Canada.

(Figure gracieusement fournie par la Division de l'analyse économique et financière du Secteur des minéraux et des métaux de Ressources naturelles Canada).

Par ailleurs, très nombreux sont les gîtes minéralisés connus à travers le pays, qui demeurent non rentables avec les techniques d'exploitation actuelles. Le même argument peut être formulé pour les gisements en profondeur où la ressource connue est fort importante (Figure 5) mais les méthodes d'exploitation en vrac actuelles ne sont pas nécessairement adaptées à de telles conditions.

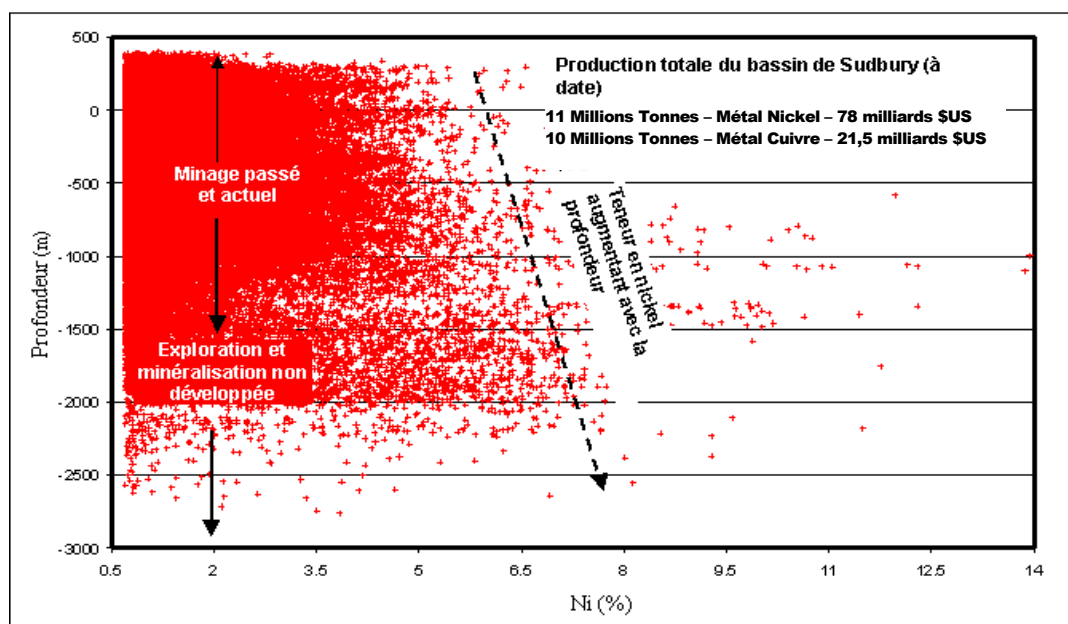


Figure 5 - Analyses composites de la teneur en Ni (%) versus la profondeur dans le bassin de Sudbury.

(Figure gracieusement fournie par Falconbridge Limitée).

Image de l'industrie : En dépit de tous les efforts des dernières années, l'industrie minière doit continuer à améliorer son image auprès des Canadiens en général tant pour ce qui est de la perception environnementale que des conditions de travail sous terre. L'image faussement négative a des répercussions sur l'investisseur, sur le recrutement de la main-d'œuvre, sur l'enrôlement des étudiants dans les programmes des sciences de la terre (p. ex. : génie minier). L'industrie doit donc rehausser son image en faisant valoir les aspects positifs de sa contribution au bien-être des Canadiens tout en mettant l'emphase sur le respect de l'environnement, les salaires élevés, les contributions du secteur au PIB et à l'emploi en région, le nombre relativement faible d'accidents de travail⁽⁹⁾, etc. Les campagnes publicitaires télévisées, à l'image de celles entreprises par les secteurs pétroliers et forestiers, bien que coûteuses, pourraient rapporter plusieurs bénéfices à court et moyen terme.

Lenteur pour l'obtention des permis : Un des problèmes mentionné à plusieurs reprises, et ce, dans toutes les provinces, est la lenteur des processus d'obtention des permis nécessaires au droit d'exploitation. Ceci est considéré comme une embûche majeure par les compagnies qui œuvrent au Canada.

Problématique environnementale : Bien que les mines consultées soient toutes en accord pour maintenir de hautes normes environnementales, des travaux de recherche fructueux visant à diminuer le volume des parcs à résidus et les coûts de traitement des effluents dans l'environnement seraient requis. De plus, la législation environnementale devrait s'appuyer sur des données scientifiques solides pour éviter toute réglementation abusive.

Accès aux marchés pour les minéraux et métaux : Un défi qui s'est avéré critique dans le cas de l'amiante, par exemple, est l'accès des métaux aux marchés. Le nickel est présentement sous la loupe parce qu'il soulève des doutes quant à sa toxicité. Il est primordial que d'autres travaux de recherche soient entrepris afin de démontrer sous quelles conditions les métaux peuvent être utilisés de façon sécuritaire de façon à éviter leur bannissement pour des raisons non justifiées scientifiquement.

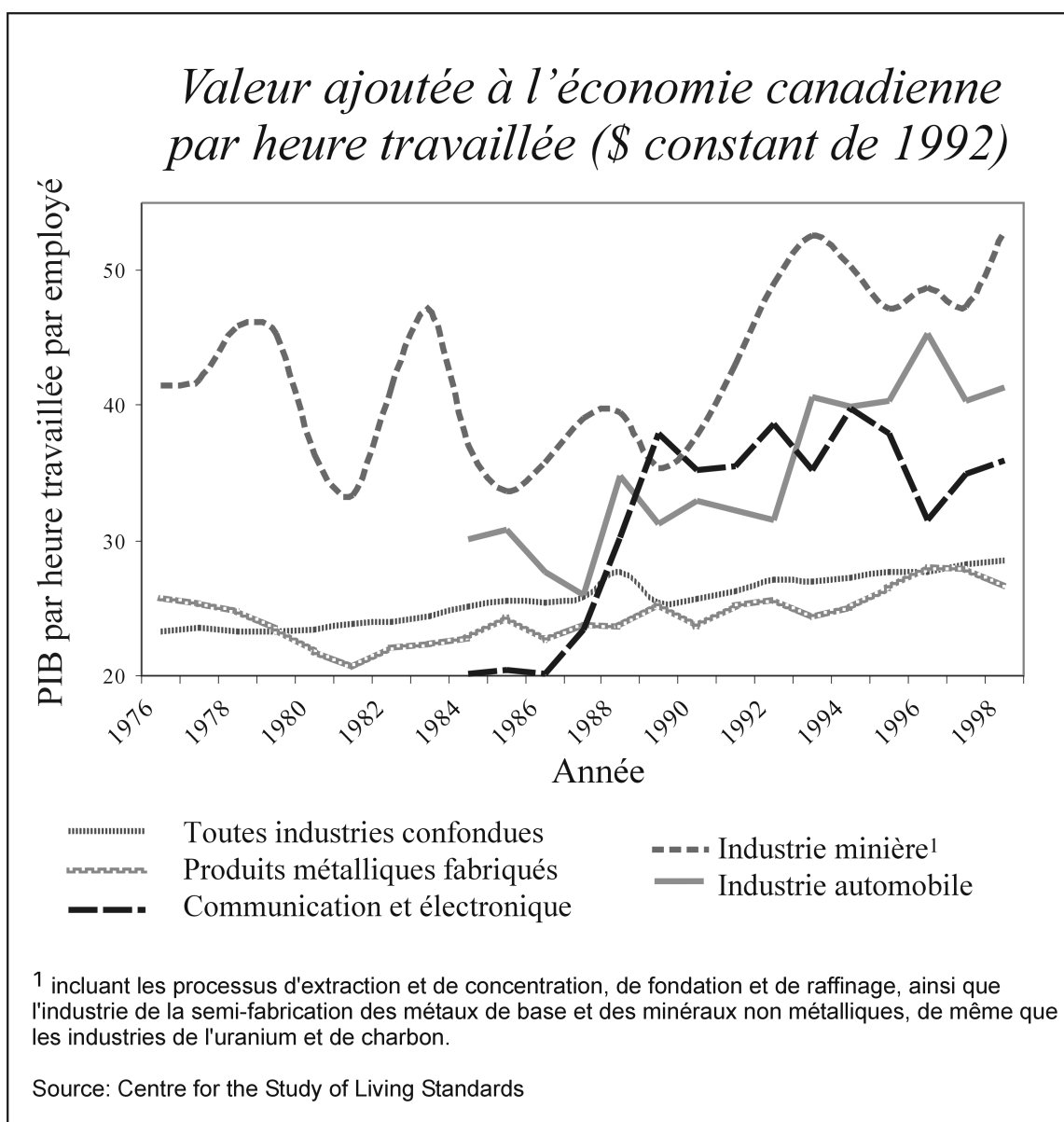
Compétition des nouveaux pays producteurs : Certains participants ont mentionné qu'une compétition importante venait de pays où les coûts de la main-d'œuvre sont moindres, où les réglementations environnementales sont moins strictes et où les normes du travail sont moins sévères, faisant en sorte que les coûts d'opération sont ainsi inférieurs. De surcroît, les frais d'immobilisation y sont généralement inférieurs. Par contre, les compagnies canadiennes oeuvrant à l'étranger se conforment aux normes en vigueur au Canada.

Bien que ces conditions soient réelles pour plusieurs pays, celles-ci sont parfois compensées par une main-d'œuvre plus ou moins qualifiée et instable, due entre autres, aux maladies tels le SIDA et la malaria, ainsi que par le manque important d'infrastructures, de laboratoires, d'équipements et de pièces pour l'entretien et les réparations. De plus, certaines de ces opérations étant financées par la Banque mondiale, elles se doivent alors de respecter des normes environnementales et des droits de la personne élevés. Par ailleurs, la productivité de l'industrie minière canadienne (Figure 6) compense pour certains coûts élevés des opérations, dont le coût de la main-d'œuvre.

Conclusion

La disponibilité de la main-d'œuvre, le prix des métaux et leur accès aux marchés, la disponibilité de la minéralisation, les délais pour l'obtention des permis requis, les coûts associés aux normes du travail et à l'environnement ainsi que les contraintes opérationnelles vont affecter la vigueur du secteur minier canadien dans la prochaine décennie. À l'exception des contraintes opérationnelles, les mines ont peu de pouvoir pour influencer les autres facteurs.

Puisque la seule action pertinente doit viser à diminuer les coûts d'exploitation tout en améliorant la santé et la sécurité, voilà donc la raison justifiant la sélection du thème de la productivité pour cette étude. Autrement dit, si la productivité des mines canadiennes ne s'améliore pas dans les prochaines années, et de façon marquée en ce qui a trait aux mines difficiles à mécaniser, celles-ci ne pourront plus exploiter les ressources disponibles de façon compétitive par rapport aux marchés mondiaux.



**Figure 6 - Valeur ajoutée à l'économie canadienne par heure travaillée.
(\$ constant de 1992)**

(Figure gracieusement fournie par la Direction de la technologie minière du Secteur des minéraux et des métaux de Ressources naturelles Canada).

D'autre part, la problématique n'est pas seulement d'ordre économique; elle reflète également un phénomène de société. La jeune génération, bénéficiant d'une plus grande accessibilité à l'éducation que celle qui l'a précédée, a, de ce fait, accès à une panoplie d'emplois spécialisés. Or, la mécanisation et la robotisation répandues dans les divers secteurs industriels en général, y ont progressé plus rapidement que dans les exploitations minières. Ce phénomène est particulièrement évident dans le cas des gisements à veines étroites qui, pour la plupart, sont plus difficiles à mécaniser parce qu'étant de petites dimensions⁽¹⁰⁾; peu d'équipementiers

s'intéressent à ce marché. Le recrutement de la main-d'œuvre devient donc problématique pour combler les emplois requérant une certaine force physique. De même, dans les mines à grande profondeur, l'environnement s'avère plus exigeant physiquement dû à la chaleur/humidité intense qui y règne. De plus, la migration des travailleurs vers les autres secteurs de l'économie résulte de la cyclicité de l'industrie où les emplois dans les mines sont souvent à court terme et appellent à de fréquents déménagements. La fragilité et la faible longévité de certaines opérations ne favorisent pas l'attraction de la main-d'œuvre en région. Pour ces raisons, on constate un désintérêt graduel pour le métier traditionnel de mineur.

Ces problématiques seront certainement amplifiées par la dénatalité que l'on observe dans la société canadienne. L'âge moyen de la main-d'œuvre étant relativement élevé, on doit s'attendre à une retraite massive d'ici dix ans. Bien que le ralentissement actuel dans le secteur minier rende moins évident ce défi, l'exploitant de gisements de type filonien et celui qui mine en région éloignée y font déjà face. Le problème du manque de main-d'œuvre qualifiée a été mentionné à de nombreuses reprises lors des visites; de l'électricien à l'ingénieur minier en passant par les superviseurs. Le personnel de supervision ayant le leadership nécessaire pour les exigences des exploitations souterraines devient une denrée rare. Ceci semble être un problème à l'échelle mondiale dans le domaine minier⁽¹¹⁾. Par ailleurs, le nombre d'inscriptions dans les facultés de génie est dramatiquement bas et dès que le secteur minier reprendra de la vigueur, un problème de disponibilité des ingénieurs est également à prévoir.

3.2.2 Le défi face au potentiel minéral

La demande mondiale pour les minéraux et métaux s'accroît d'année en année, alors qu'elle est actuellement évaluée à 200 milliards de dollars américains par année⁽¹⁶⁾. Donc, si le Canada peut produire des minéraux et des métaux à un prix concurrentiel, il sera possible d'écouler la production sur les marchés mondiaux. Cependant, est-ce que le Canada pourra être encore compétitif sur le marché des métaux dans les dix prochaines années? Depuis les années 1990⁽¹⁶⁾, il y a décroissance constante (près de 23 % jusqu'à maintenant) de l'emploi dans le secteur minier dans le nord de l'Ontario. Au Canada, la décroissance entre 1989 et 2000 s'établit à 34 %⁽¹³⁾ (Figure 8). Ce phénomène est causé par la fermeture de mines, la profondeur de certains dépôts, la faiblesse du prix des métaux et l'accroissement de la productivité des travailleurs miniers. Les pertes d'emplois dans les secteurs reliés sont de beaucoup supérieures lorsque les facteurs multiplicateurs sont considérés. Sur certains plans, on peut donc affirmer que le secteur minier canadien est en décroissance⁽¹⁶⁾; les réserves de métaux ne cessent de diminuer^(6, 17) (Figure 7) depuis le début des années 1990 dans le cas de l'or et depuis le début des années 1980 dans le cas des autres métaux.

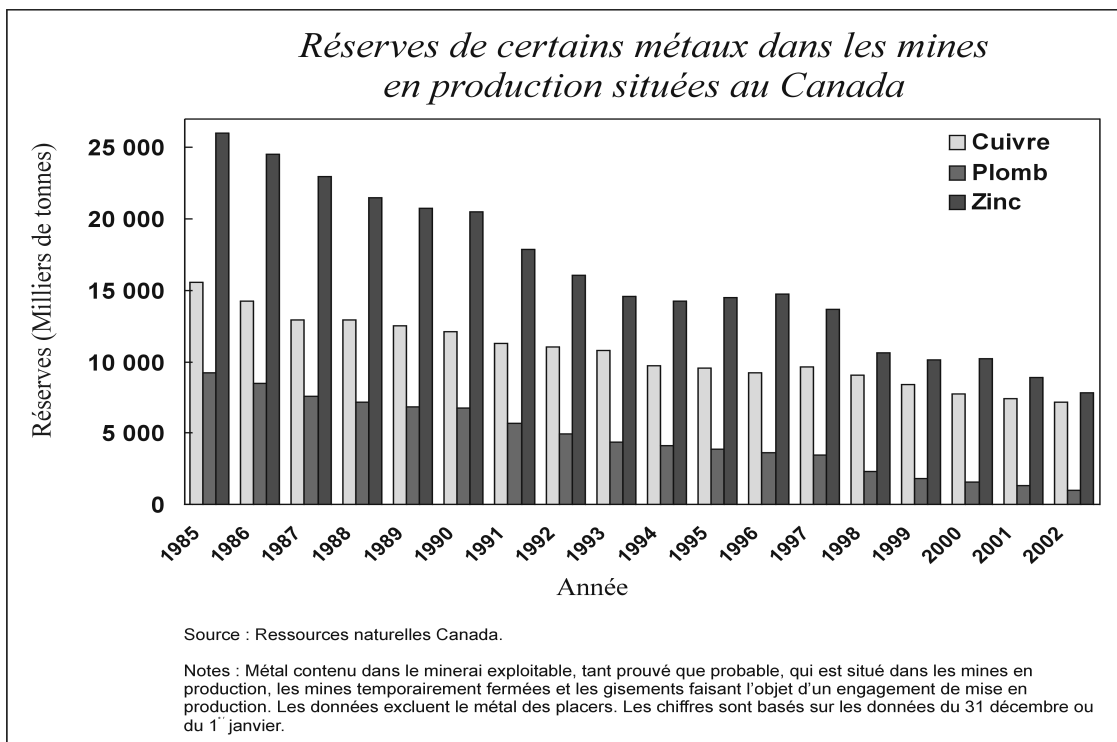


Figure 7 - Réserves de certains métaux dans les mines en production situées au Canada.
 (Figure gracieusement fournie par la Division de l'analyse économique et financière du Secteur des minéraux et des métaux de Ressources naturelles Canada).

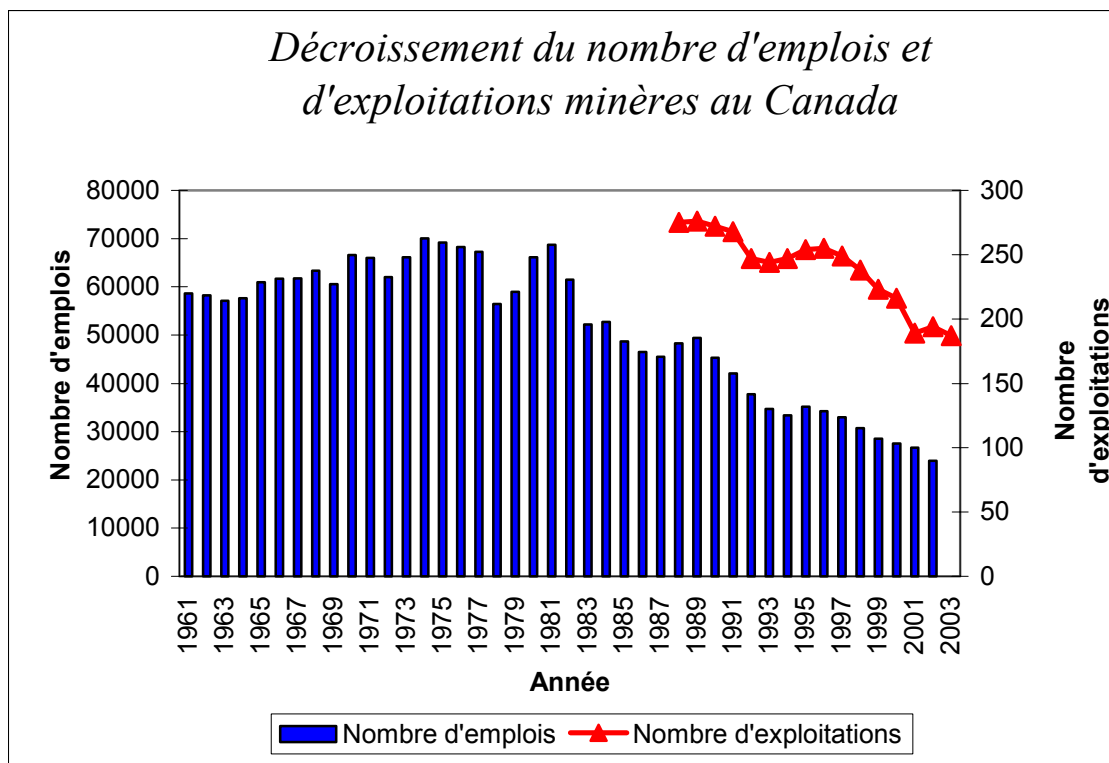


Figure 8 - Décroissement du nombre d'emplois⁽¹³⁾ et d'exploitations minières au Canada.

Également, selon Ressources naturelles Canada, si on exclut les importantes réserves de nickel de Voisey's Bay, les réserves estimées en 2001, exprimées en années de production des principaux métaux au Canada, s'établissent ainsi (Tableau 1) ⁽¹³⁾:

Tableau 1 - Réserves estimées des métaux canadiens

Métaux	Nombre d'années
Nickel	21
Cuivre	10,5
Molybdène	9,5
Argent	8,8
Zinc	7
Plomb	7
Or	6

De plus, la proportion des investissements en exploration hors d'un site minier, effectuée par les grandes sociétés, n'a cessé de décroître depuis 1997, passant de 455 millions de dollars à moins de 200 millions en 2002 ⁽¹⁸⁾. Concomitamment, depuis 1998, l'effort accru d'exploration pour les diamants camoufle dans les statistiques l'importance de la réduction des sommes consacrées à la découverte et à la mise en valeur des gisements aurifères et métallifères. En conséquence, tel qu'il en fut mention à la section 3.2.1, les découvertes de nouveaux dépôts ne cessent de diminuer (Figure 3).

Puisque le contrôle sur le prix de vente des métaux est impossible, pour maintenir le secteur minier prépondérant dans l'économie canadienne, il faudrait que les coûts d'opération des mines restent compétitifs par rapport aux coûts internationaux; ce qui permettrait de développer des gisements actuellement sous-économiques (Tableau 2) ou de prolonger la durée de vie des mines existantes. Pour ce faire, les compagnies minières devront améliorer grandement leurs processus de production afin de développer des techniques d'extraction innovatrices. Cela nécessitera un imposant effort de recherche supporté par l'ensemble des intervenants.

Tableau 2 - Gîtes minéralisés dans le Nord du Québec et en Ontario
(Données gracieusement fournies par le Ministère des Ressources naturelles du Québec et par le Ministère du Développement du Nord et des Mines de l'Ontario)

Régions	Gîtes par sous-région	Total des Gîtes par région
Abitibi-Témiscamingue		151
Nord-du-Québec		204
Nord-Est Ontario		143
Kirkland Lake	41	
Sault Ste-Marie	35	
Sudbury	17	
Timmins - Wawa	50	
Nord-Ouest Ontario		171
Kenora	51	
Red Lake	54	
Thunder Bay Nord	23	
Thunder Bay Sud	43	
Sud de l'Ontario		23
TOTAL des gîtes minéralisés		692

3.3. Contribution du secteur minier aux économies régionales

3.3.1 Introduction

La production minérale s'effectue dans toutes les provinces et territoires du Canada (Tableau 3). Toutefois, en excluant les produits combustibles, la production de minéraux métalliques et non métalliques se concentre principalement dans les provinces de l'Ontario, du Québec et de la Colombie-Britannique. Les productions d'uranium en Saskatchewan et de nickel-cuivre du camp minier de Thompson, Manitoba, représentent également un apport économique important pour ces deux provinces. Cette richesse naturelle, dont l'ensemble des Canadiens tire profit, est cependant répartie dans l'immensité du sous-sol canadien. Cette distribution, en fonction de la géologie du pays, fait en sorte que les exploitations minières sont situées loin de la bande peuplée longeant la frontière américaine. La présence des mines en région permet donc de mettre à profit une grande partie du territoire canadien.

**Tableau 3 - Valeur estimative de la production minérale canadienne
par juridiction en 2002 ⁽²⁰⁾**

Province/Territoire	Métalliques (millions \$)	Non métalliques (millions \$)
Terre-Neuve	918	48
Île du Prince-Édouard	-	4
Nouvelle-Écosse	-	247
Nouveau-Brunswick	441	190
Québec	2 349	1 342
Ontario	3 518	2 235
Manitoba	734	95
Saskatchewan	663	1 641
Alberta	1	594
Colombie-Britannique	1 248	542
Yukon	31	4
Territoires du Nord-Ouest	53	811
Nunavut	269	-
Total	10 225	7 753

Les investissements d'exploration et de mise en valeur sur les sites miniers existants, et sur de nouvelles cibles, se répartissent eux aussi dans toutes les régions géographiques du pays, ce qui laisse présager que l'activité minière continuera à être présente sur tout le territoire. Dans une perspective historique, il y a lieu de noter l'importance relative des efforts d'exploration et de mise en valeur effectués au Yukon, dans les Territoires du Nord-Ouest et au Nunavut où l'activité minière joue un rôle de premier plan dans ces économies régionales ⁽²¹⁾.

Les activités minières sont localisées dans des endroits éloignés des grands centres urbains. La survie économique de ces régions repose souvent sur l'exploitation des ressources naturelles minières et forestières, et dans une beaucoup plus faible mesure, sur l'agriculture, voire même le tourisme. Selon une étude portant sur la problématique des régions ⁽²²⁾, l'implantation d'industries de transformation en périphérie sera toujours problématique et elles seront toujours défavorisées par rapport aux centres urbains. Plus particulièrement, on mentionne que les coûts supplémentaires de transport, et les déplacements additionnels encourus, vers les centres de consommation demeurent un facteur négatif. Les services de transports déréglementés et livrés aux forces du marché n'ont fait qu'accentuer ce facteur. La géographie et la faible densité de population renforcent les effets de distance. De plus, le volume et l'attrait des centres urbains, entre autres pour les jeunes et le personnel hautement qualifié, font en sorte que la disponibilité de la main-d'œuvre y est nettement supérieure et plus compétitive que celle en région. Cette réalité livre souvent aux régions une trop forte compétition dans des secteurs tels que la haute technologie et les services très spécialisés, aussi bien que pour les secteurs de fabrication de produits à faible valeur ajoutée. D'ailleurs, dans les centres urbains et périphériques, plusieurs de ces industries de hautes technologies sont fragilisées par la compétition des pays émergeant,

telles la Chine et l'Inde. Par ailleurs, une économie régionale basée sur ses forces naturelles aura beaucoup plus de chances de succès car elle n'a pas à compétitionner avec les centres urbains de Toronto ou Montréal qui n'ont pas accès à ces ressources ⁽²³⁾.

En plus de ces embûches, d'autres originent des employeurs dominants de la région. En effet, les hauts salaires et les bénéfices marginaux des emplois offerts par la foresterie, les mines, la transformation des métaux et les services ⁽¹³⁾, (Tableau 4) ajoutent une contrainte importante pour l'entrepreneuriat local qui voudrait effectuer une tentative de diversification économique.

Tel que cité dans l'étude de Polèse et Shearmeur (2002) ⁽²²⁾:

« Cette situation crée un obstacle supplémentaire pour les entrepreneurs des régions périphériques. Ils doivent non seulement faire face aux salaires et avantages sociaux auxquels s'attendent les travailleurs locaux, mais aussi concurrencer les salaires plus faibles et la main-d'œuvre plus flexible dont bénéficient les concurrents de régions centrales. »

Tableau 4 - Moyenne des salaires hebdomadaires des employés payés à l'heure

Année	Extraction des minerais métalliques (\$)	Soutien à l'exploitation minière (\$)	Exploitation forestière (\$)	Ensemble des branches d'activités industrielles (\$)
1996	1 078	895	746	586
1997	1 053	948	786	598
1998	1 127	978	766	606
1999	1 123	970	773	610
2000	1 169	1 014	810	626
2001	1 169	1 049	801	N/D

N/D – non disponible

Par contre, grâce à l'expertise spécifique détenue dans les régions dans les domaines forestiers et miniers, le développement d'une industrie manufacturière et de services reposant sur ce savoir peut s'avérer très compétitif et solide sur le plan international. Cependant, l'industrie minière doit être consolidée financièrement par des techniques d'exploitation raffinées et novatrices afin de continuer d'exploiter économiquement les ressources naturelles. Le maintien d'une masse critique d'exploitation minière et le renouvellement du savoir-faire canadien sont primordiaux également pour les industries manufacturières et de services qui y sont associées. Cette approche demeure la voie la plus souhaitable pour les régions et l'ensemble du Canada. L'approche des 'noyaux d'excellence' promue entre autres par le gouvernement de l'Ontario ⁽¹⁵⁾, rassemble plusieurs conditions propices lui conférant un grand potentiel de succès ⁽²³⁾.

3.3.2 Abitibi-Témiscamingue et Nord-du-Québec

Les principaux minéraux et métaux produits en Abitibi-Témiscamingue et dans le Nord-du-Québec sont l'or, le cuivre, le zinc, et le nickel, ce dernier produit à la mine Raglan située à l'extrême nord du Québec. À l'exception de l'exploitation à ciel ouvert de la mine Troilus au nord de Chibougamau, l'extraction de ces métaux se fait par méthode souterraine.

Bien que distincte au point de vue économique, l'interdépendance entre les différentes villes et les opérations minières fait en sorte que les régions de l'Abitibi-Témiscamingue et du Nord-du-Québec doivent être considérées comme une seule entité. De cette manière, on peut plus justement évaluer, à partir des statistiques disponibles, la contribution du secteur minier pour l'ensemble de ce territoire.

L'association paritaire du secteur minier (APSM) compile les heures travaillées dans les sites miniers, incluant les opérations minières souterraines et à ciel ouvert, les usines, et les entrepreneurs miniers effectuant des travaux à forfait, tels le forage de trou de sondage et autres travaux effectués sur une base contractuelle. Ces heures représentent un solide indicateur des emplois directs liés essentiellement à l'extraction des métaux. La compilation des heures travaillées dans les opérations minières indique que l'Abitibi-Témiscamingue, jumelée à la région du Nord-du-Québec, constitue la principale région minière du Québec avec 57 % des emplois provenant de l'exploitation minière (Tableau 5).

Tableau 5 – Statistiques d'emplois provenant de l'APSM pour l'année 2003

Région distincte	Emplois Directs (2000 h/an)	%	Emplois totaux industrie minière (Multiplicateur 1,67)	Emplois - Total par région	Emplois miniers par région (%)
Abitibi-Témiscamingue et Nord-du-Québec	4 297	57,2	7 175	85 065	11,4
Cote-Nord	2 344	31,2	3 915	46 810	11,3
Région de l'amiante	419	5,6	700	21 015	4,5
Îles-de-la-Madeleine	138	1,8	231	6 425	4,8
Chicoutimi-Jonquière	205	2,7	343	71 480	0,6
Autres	110	1,5	184		
Total emplois mines Québec	7 514	100,0	12 548		

La compilation des emplois directs et des emplois qui en découlent illustre que les exploitations minières représentent, pour l'Abitibi-Témiscamingue et le Nord-du-Québec, 7 175 emplois à temps complet, ou près de 11,4 % de tous les emplois dans cette région. Près de 4 300 emplois sont directement reliés à l'extraction minière. Ces emplois, dont la rémunération est de loin la plus élevée de la région, constituent, avec l'industrie forestière, l'ossature économique de l'Abitibi-Témiscamingue. Toutefois, à la suite de la faiblesse prolongée du prix des métaux, de l'épuisement des réserves minières et du faible niveau d'exploration pour les renouveler, le

marché du travail s'est dégradé durant les dernières années. Avec un taux de chômage élevé, mais stable (14 % en 2001), la population active a baissé et près de 2 000 emplois ont été perdus entre 1996 et 2001. Pour accentuer la problématique, le secteur forestier a eu son lot de difficultés dues au différend avec les États-Unis sur le bois d'œuvre et les limites d'approvisionnement de la matière première. Donc, la base économique, reposant plus qu'ailleurs sur une forte concentration d'emplois dans le secteur primaire, rend plus vulnérable la main-d'œuvre de cette région aux aléas de la conjoncture mondiale. Faute d'avoir pu solidement implanter une industrie manufacturière d'équipements et de services miniers comme dans les villes de North Bay et Sudbury, il en résulte que le nord-ouest du Québec, en dépit d'une forte présence d'activités minières par rapport à l'ensemble du Québec demeure toujours fragile, tributaire des prix des métaux et de la bonne santé financière des exploitations minières.

Région de Chibougamau

L'activité économique de Chibougamau compte essentiellement sur l'exploitation des ressources naturelles. Le tourisme d'aventure se développant, il peut offrir un bon complément de diversification.

Chibougamau fut un camp minier très actif. Toutefois, bien que cette région recèle un bon potentiel minier, peu de compagnies l'exploitent parce qu'il est généralement de type filonien. Les sociétés minières qui continuent l'exploitation dans la région de Chibougamau sont présentement la Corporation minière Inmet-Troilus et Ressources Campbell.

Bien qu'elle soit toujours considérée comme une ville minière, son économie s'est diversifiée avec les années et sa population s'est lentement enracinée, développant un sentiment d'appartenance régionale solide. L'exploitation forestière y emploie aujourd'hui autant de gens que les mines, et Chibougamau est devenu le principal point de services pour les communautés environnantes. Depuis quelques années, le tourisme s'est également beaucoup développé grâce à l'effort déployé par la communauté.

Cependant, les exploitations minières demeureront l'industrie majeure pour garantir des assises solides à l'activité économique de cette région. La foresterie ne peut croître davantage en raison de l'exploitation plus mesurée des ressources forestières dans les années à venir. L'industrie touristique ne peut, à elle seule, justifier les infrastructures nécessaires à la vie d'une communauté.

La population locale autochtone, constituée d'un bon nombre de jeunes, recherche également des emplois et ne demande qu'à travailler dans leur région.

3.3.3 Ontario

3.3.3.1. Introduction

Trois régions géographiques caractérisent l'industrie minière ontarienne :

- Le Nord-Est ontarien – région de Sudbury, Timmins et North Bay;
- Le Nord-Ouest ontarien – région de Red Lake; et
- Le sud de l'Ontario – Toronto et sa périphérie.

Au Canada, l'industrie minière ontarienne est prépondérante, employant 29 % des travailleurs du secteur minier canadien. En 2001, l'Ontario employait environ 14 834 personnes ⁽²⁴⁾.

En 2003, les statistiques de la « Mines and Aggregates Safety and Health Association » (MASHA) ⁽²⁵⁾, compilant les heures travaillées spécifiquement sur des sites miniers, indiquaient un nombre relativement équivalent d'emplois, soit 14 513.

En terme monétaire, ces emplois représentent annuellement pour la population ontarienne ⁽²⁴⁾:

- 1,4 milliard de dollars en salaires payés aux employés par l'industrie minière;
- Des salaires moyens annuels de 58 000 \$ par employé;
- Des bénéfices de 29 500 \$ par employé, représentant 33,7 % du salaire direct;
- Des impôts annuels se chiffrant à 200 millions de dollars pour les gouvernements fédéral et provincial; et
- Des taxes municipales de 40 millions de dollars, contribuant de manière très importante au revenu des municipalités.

Une industrie indispensable également pour l'Ontario

Principalement grâce à ses importants gisements de nickel, l'Ontario a développé une industrie minière de classe mondiale. Cette industrie, dont le chiffre d'affaires est de l'ordre de 5 à 6 milliards de dollars ⁽¹³⁾ est un des premiers secteurs générateurs de produits de haute technologie. L'industrie minière est exposée depuis toujours à un marché ouvert et non protégé, soumis aux lois du marché mondial. Entre 1997 et 2001, la productivité de l'industrie ontarienne s'est accrue d'environ 25 %, soit environ 3 fois le taux d'accroissement de la moyenne des secteurs manufacturiers ⁽²⁴⁾.

Selon une étude commandée par l'Association minière de l'Ontario ⁽²⁴⁾, l'industrie minière ontarienne consomme annuellement près de 900 millions de dollars en biens et services. L'Ontario bénéficie plus que tout autre de son industrie minière en raison de la forte proportion des achats effectués à l'intérieur de la province (86,9 %), de même que 36,7 % des achats effectués près des centres miniers. En 2001, en dépit d'une conjoncture difficile reliée au prix des métaux, les compagnies minières ont dépensé approximativement 320 millions de dollars dans un rayon de 80 kilomètres des exploitations minières. Il en résulte une importante

activité économique pour les régions de North Bay/Sudbury, de même que pour Toronto, où l'on retrouve des PME et des manufacturiers, les marchés financiers et les sièges sociaux reliés à l'industrie minière.

Sans négliger l'importance des autres secteurs, l'industrie minière, de par son haut niveau de rémunération et l'importance de ses achats, est le moteur économique irremplaçable pour plus de 50 communautés en Ontario.

Des emplois rehaussant le niveau de vie de la communauté

Tout comme pour le reste du Canada d'ailleurs, l'industrie minière ontarienne fournit des emplois de qualité, bien rémunérés et assortis de nombreux bénéfices marginaux (assurance-santé/médicaments, fond de pension, assurance-invalidité, etc.) soulageant ainsi le gouvernement d'une charge sociale pour les années futures en ce qui concerne les fonds de retraite.

L'étude économétrique « The Economic and Fiscal Contributions of the Mining Industry in Ontario » indique que l'industrie minière ontarienne envoie 242 millions de dollars en taxes aux trois niveaux de gouvernements : 118 pour le fédéral et 85 pour le provincial. Les taxes municipales payées par l'industrie minière représentent également une contribution très importante des entrées de fonds alors qu'en 2001, 39 millions furent ainsi payés aux gouvernements municipaux.

3.3.3.2. Nord-Est ontarien

Le Nord-Est de l'Ontario, couvrant les villes de North Bay, Sudbury, Timmins et Kirkland Lake, est la principale région minière de l'Ontario avec 12 118 emplois en 2001, ou 72 % des emplois disponibles. On y retrouve les mines de nickel (INCO et Falconbridge) et le complexe Kidd Creek ⁽²⁴⁾.

Cette région minière est certainement la plus importante au pays. Un total de 6 152 emplois directs est concentré dans les mines de nickel; INCO emploie 4 500 personnes dans 10 opérations minières et Falconbridge, 1 500 dans 4 opérations, soit plus de 43 % de plus que l'ensemble des opérations minières de l'Abitibi-Témiscamigue et du Nord-du-Québec regroupé.

L'intensité et la diversité de l'activité minière dans le Nord-Est ontarien ont un impact positif considérable et surtout stabilisateur sur le profil social et démographique. Ce facteur de stabilité fait de cette région un pôle d'attraction majeur pour l'activité économique liée au secteur minier. Sudbury et North Bay regroupent plus de 30 fabricants et plus de 320 fournisseurs de biens et services miniers.

Plusieurs institutions d'enseignement et de recherche s'y sont implantées au fil des années :

- CAMIRO (Canadian Mining Industry Research Organization);
- Collèges Cambrian et Boréal;
- Centre de recherche en géomécanique (Geomechanics Research Center);
- Centre de technologie minière et équipements (Center for Mining Technology and Equipment);
- LMSM-CANMET, Ressources naturelles Canada;
- MIRARCO (Mining Innovation, Rehabilitation and Applied Research Corporation);
- NORCAT (Centre nordique pour l'avancement technologique); et
- Université Laurentienne.

Pour renforcer le secteur, le gouvernement ontarien a également transféré à Sudbury le Ministère du Développement du Nord et des Mines (MDNM).

3.3.3.3. Nord-Ouest ontarien

La région minière de Red Lake et le camp minier d'Hemlo constituent l'essentiel des activités minières du Nord-Ouest ontarien. La production d'or de la province se concentre principalement dans cette région ⁽²⁴⁾.

Entre les années 1992 - 2001, le nombre d'emplois a augmenté considérablement. Dans cette région, 14,7 % des emplois provenaient des mines, soit 2 569 employés. Le camp minier d'Hemlo contribue grandement à l'activité minière de cette région. Cependant, les réserves s'épuisent et le Nord-Ouest ontarien devra compter sur d'autres camps miniers, dont celui de Red Lake, pour assurer la prospérité et le niveau d'emplois dans cette partie de la province.

Red Lake

La structure de l'emploi dans cette localité, en 2001, se présentait comme suit ⁽²⁶⁾:

Secteur minier	580	24 %
Agriculture	110	4 %
Autres industries	145	6 %
Total des industries	835	
Services – secteur public	500	20 %
Services – secteur privé	1 115	46 %
Total d'emplois	2 450	100 %

Chaque emploi dans le secteur industriel y était donc accompagné de 1,33 emploi local dans les services du secteur privé.

Dans les ‘autres industries’, environ 85 emplois proviennent de l’exploitation forestière. Les emplois dans les services du secteur privé comprenaient un nombre indéterminé d’emplois liés à l’industrie du tourisme qui s’est développée au cours des années.

Le cas de Red Lake tend à valider l’hypothèse que chaque emploi direct dans l’activité minière induit au moins un emploi local additionnel dans les services (voir chapitre 4). Ce cas supporte aussi l’hypothèse que l’activité minière crée des emplois de qualité. Près d’un habitant sur cinq (19 %) dont l’âge est de 20 ans ou plus a suivi une formation universitaire. Cette municipalité de moins de 5 000 habitants a un profil socio-démographique comparable à celui de villes beaucoup plus peuplées du Nord-Est de l’Ontario ⁽²⁷⁾.

L’histoire récente de la mine Red Lake livre un message d’encouragement à l’effort de prolongement des mines existantes et des camps miniers actuels. Cette mine opérait depuis 1948 avec des investissements limités. En 1996, elle produisait 53 000 onces d’or à un coût d’exploitation de 360 \$ l’once. Pendant ce temps, la mine Campbell, dans les environs, produisait 320 000 onces à un coût d’exploitation de 136 \$ l’once. Les réserves de la mine Campbell étaient 3 fois plus importantes et 68 % plus riches que celles de la mine Red Lake. Cependant, Goldcorp ayant acquis la mine, y a investi 7 millions de dollars en exploration sur le site. Cette initiative a porté fruit. Les réserves ont augmenté en teneur et en volume. Pour le seul trimestre terminé le 31 mars 2003, la mine Red Lake a produit 117 000 onces d’or à un coût d’exploitation de 74 \$ l’once.

En mai 2003, les deux mines de Red Lake avaient augmenté leurs effectifs de 200 employés par rapport au niveau d’emploi indiqué par le recensement de 2001 ⁽²⁷⁾.

Environ 4 500 personnes peuvent ainsi continuer de vivre dans une communauté organisée, dont la taille demeure suffisante pour offrir à ses citoyens une belle qualité de vie.

3.3.3.4. Région de Toronto

Plus de 50 % des sièges sociaux de compagnies minières tels que Falconbridge et INCO se situent à Toronto. De plus, plusieurs PME, manufacturiers et consultants se retrouvent dans la grande région torontoise. Finalement, Toronto est le centre financier du Canada et couvre ainsi le domaine minier.

3.3.4 Colombie-Britannique

La valeur de la production minérale non combustible de la Colombie-Britannique se situe au troisième rang canadien ⁽²⁰⁾. Par ordre décroissant de valeur, les principales productions métalliques sont le cuivre, 500 millions de dollars, l’or, 300 millions et l’argent, 200 millions ⁽²⁸⁾.

En 2002, selon les compilations de l'association minière de cette province (The Mining Association of British Columbia) ⁽²⁹⁾, l'industrie minière contribuait fortement à l'économie de cette province et les points saillants de cet apport se résument ainsi :

- Trois milliards de revenus générés dans la province en incluant tous les minéraux.
- En incluant la production des provinces voisines, l'industrie minière générait 58 % de l'activité ferroviaire et 69 % de l'activité portuaire.
- Un employeur majeur dans les communautés par le maintien de 10 000 emplois directs et 20 000 emplois indirects. Tel qu'ailleurs au Canada, les salaires et bénéfices qu'offre l'industrie minière (en moyenne 81 100 \$ par année) sont les plus élevés de tous les secteurs industriels.
- Par l'établissement de nombreux sièges sociaux, combinés à toute l'activité boursière sur les marchés de changes, les compagnies minières contribuent fortement à la prospérité de la ville de Vancouver.
- Compte tenu de tous les bénéfices qu'elle génère, l'industrie perturbe relativement peu le territoire; elle n'utilise, pour ses activités, qu'une infime partie du territoire, 280 kilomètres carrés, ce qui représente moins de 0,03 % de la surface de la province, alors que l'industrie forestière a coupé une superficie équivalente à 2 216 kilomètres carrés de terrain boisé.
- L'industrie minière retourne aux gouvernements 333 millions de dollars en taxes et impôts prélevés sur les salaires des employés ⁽³⁰⁾.

En 2001, neuf mines de minerais métalliques y étaient exploitées. Les trois principales zones d'exploration sont situées dans la région centre-sud de Highland Valley, la région centre-nord de Thutude Lake et dans la région centre de Fraser Lake. En 2002, il y avait 12 mines en exploitation dans la province, soit moins de la moitié du nombre de mines en exploitation en 1990 ⁽²⁸⁾. La moitié de ces mines étaient des mines de charbon, l'autre des mines de minerais métalliques. Deux mines de minerais métalliques étaient exploitées sous terre et les quatre autres à ciel ouvert.

3.3.5 Autres provinces et territoires

En ce qui a trait aux minéraux métalliques, d'autres provinces ou territoires ont aussi des productions d'importance (chiffres estimatifs de 2002) (Tableau 6) ⁽²⁰⁾:

Tableau 6 - Production minérale par province et territoire

Province/Territoire	Métaux	Valeur de la production (millions \$)
Terre-Neuve	Fer	900
	Or	23
Nouveau-Brunswick	Zinc	314
Manitoba	Nickel	398
	Cuivre	92
	Zinc	89
	Or	84
Saskatchewan	Uranium	608
	Cuivre	25
	Or	23
Nunavut	Zinc	160
	Or	52

L'engouement pour l'exploration et la mise en valeur des gisements diamantifères ouvre des horizons dans des nouveaux lieux en Saskatchewan, en Alberta, au Manitoba, au Nunavut, dans les Territoires du Nord-Ouest, au moyen nord du Québec et dans le Nord-Ouest ontarien.

L'activité minière sur ces sites isolés n'est pas exempte de nouveaux défis. La fragilité extrême des écosystèmes, l'occupation de terres fréquentées par les autochtones, la rigueur du climat et les difficultés reliées au transport amènent des contraintes opérationnelles nouvelles fort exigeantes.

L'uranium

L'extraction de l'uranium équivaut à la presque totalité de la production minérale de la Saskatchewan. Le minerai d'uranium est principalement exploité par la compagnie Cameco à la mine McArthur River et concentré à l'usine de Key Lake mine. En raison de la teneur très élevée du minerai et de la radioactivité dégagée, l'extraction se fait d'une manière très mécanisée sans qu'aucun travailleur n'y soit exposé. Les contraintes extrêmement rigoureuses imposées pour assurer un contrôle adéquat des risques reliés à la radioactivité ont forcé Cameco à développer et utiliser des techniques très évoluées. En fait, il s'agit d'une des méthodes de minage les plus innovatrices au monde. Cette compagnie a investi en recherche des sommes colossales pour développer un processus lui permettant d'extraire à distance le gisement et ce, de façon sécuritaire. Ainsi, l'approche retenue par la compagnie démontre la pertinence et la rentabilité des investissements en R-D. Elle confirme aussi que l'expertise dans le domaine des méthodes innovatrices n'est pas détenue dans une seule région du pays et qu'il est important d'avoir une organisation de la recherche permettant le partage de ces multiples expériences acquises dans chaque camp minier.

3.3.6 Petites collectivités éparses

La localisation des mines est dictée par la géologie. Conséquemment, les gisements se retrouvent peu à proximité des centres urbains dont l'économie est diversifiée, donc moins vulnérables aux conséquences de la cyclicité. À l'exception des régions de Sudbury, Timmins, l'axe Rouyn-Noranda/Val-d'Or, où on retrouve une relative concentration de gisements, la grande majorité des mines de métaux en opération est située dans des régions rurales ou faiblement peuplées.

En dépit de leur éloignement, ces villes offrent une bonne qualité de vie pour ceux qui tirent avantage du type de vie qu'on y retrouve. Ces villes offrent également une tête de pont pour d'autres activités reliées à l'exploitation des ressources naturelles. Cependant, ces villes doivent souvent leur existence à une seule exploitation minière. Le problème de la dépendance d'une collectivité en regard des grands employeurs n'est pas exclusif au domaine minier. Il y a en effet beaucoup de villes mono-industrielles dont l'employeur principal œuvre dans un autre secteur que le secteur minier et où, quelquefois, l'industrie minière apporte la masse critique pour garantir la santé financière de la ville et la qualité de vie des citoyens. Lebel-sur-Quévillon, Matagami et Chibougamau en sont des exemples pour le Québec. Il en est de même pour la ville de Red Lake, Wawa, Marathon et Manitouwadge en Ontario. De plus, les citoyens de ces villes et villages contribuent à l'occupation du territoire canadien.

3.3.6.1. Exemple de Murdochville

La ville de Murdochville, au Québec, est un cas typique de villes minières mono-industrielles. En 2001, le salaire moyen des salariés plein temps était de 52 600 dollars⁽³¹⁾, procurant un niveau de vie élevé, alors que pour l'ensemble de la haute Gaspésie, le salaire moyen n'était que de 31 000 dollars. En 1999, l'opération souterraine fut fermée après épuisement du gisement, puis 2002 vit la fermeture complète de la mine, incluant la fonderie. La fonderie opérait alors avec l'importation de concentré de cuivre. Cette fermeture a forcé l'exode de citoyens qui bénéficiaient d'une bonne qualité de vie.

Les statistiques de l'APSM compilant les heures travaillées à l'opération de Noranda illustrent le déclin des emplois directs :

Tableau 7 - Emplois directs et indirects - Mine Gaspé

	Emplois directs 2000 h/an mine Gaspé	Emplois indirects (Multiplicateur 0,67)	Emplois Totaux (Multiplicateur 1,67)
1999	500	335	835
2000	337	226	563
2001	315	211	526
2002	70	47	117
2003	0	0	0

La perte de 285 emplois entre les années 1999 et 2001 s'est traduite par l'exode de 424 personnes uniquement de Murdochville, c'est-à-dire sans compter les villages avoisinants. En 2002, la fermeture définitive de la fonderie a résulté par l'exode massif de la population active mobile de la ville et la remise en question l'existence même de cette ville minière, provoquant ainsi une baisse considérable de l'activité économique de la haute Gaspésie dans son ensemble.

Estimées sur la base du niveau d'emplois, selon le modèle intersectoriel du Québec décrit au chapitre 3.3 la fermeture de la mine Gaspé et la perte de 500 emplois se traduisent ainsi :

- Perte fiscale annuelle de 6,8 millions de dollars pour le gouvernement québécois;
- Perte fiscale annuelle de 5,8 millions de dollars pour le gouvernement fédéral;
- Manque à gagner annuel de 5,7 millions de dollars en recette fiscale pour le régime des rentes du Québec, contribution aux soins de santé et commission de la santé et de la sécurité du travail;
- Manque à gagner de 1,8 million de dollars pour la caisse de l'assurance-emploi; et
- Manque à gagner de 1,0 million de dollars en taxes municipales ou 50 % des revenus de la ville⁽³²⁾.

Les effets induits se sont fait ressentir jusqu'à la ville de Gaspé où le port a perdu 80 % de son volume d'activités. À l'échelle du pays, la fermeture de la mine Gaspé, suivie de la fermeture de sa fonderie deux années plus tard, rappellent aussi l'importance des exploitations minières pour soutenir une communauté rurale et maintenir en opération les fonderies et les usines d'affinage des métaux.

3.4. Retombées économiques provenant de l'activité d'une opération minière

Cette section cherche à estimer l'impact économique engendré par l'ouverture d'exploitations minières en chiffrant les retombées économiques. L'argumentation repose sur un modèle spécifique aux mines de métaux. Les impacts seront utilisés pour mettre en lumière l'importance économique et surtout fiscale pour tous les paliers de gouvernement.

3.4.1 Méthodologie

Les retombées économiques sont tirées d'un rapport interne réalisé par M. G. Laquerre (2003)⁽³³⁾ pour le compte de SOREDEM dans le cadre de ce projet-ci. Cette étude d'impact a été effectuée à l'aide d'un modèle intersectoriel basé sur les échanges détaillés de biens et services entre les intervenants économiques. Le modèle intersectoriel, spécifique au Québec, mais également valable pour les autres provinces, mesure les effets du processus de propagation de la demande générée par une exploitation minière. Le modèle permet de mesurer les impacts fiscaux et parafiscaux générés par une dépense de salaires, de services et matériel, de même que son effet sur les importations d'équipements et de biens de consommation. Afin de couvrir la plus grande gamme d'exploitation, deux modèles de mines souterraines ont été considérés : l'une

mécanisée, exploitant généralement en vrac et l'autre, plus faiblement mécanisée ou à moindre volume, plutôt associée à des gisements de type filonien.

Le modèle intersectoriel indique des ordres de grandeur plutôt que des valeurs exactes ou absolues. Il repose sur des hypothèses de constance des rapports économiques entre les secteurs et ne fait pas de distinctions subtiles entre les types d'exploitations minières, à savoir celles qui sont hautement mécanisées et celles qui le sont moins. Dans le jargon économique, on qualifie le modèle de linéaire. De plus, le modèle considère les différentes retombées issues des dépenses d'immobilisation et des dépenses d'exploitation. Toutefois, malgré ses limites, le modèle intersectoriel demeure un instrument d'analyse économique fiable pourvu que l'on en interprète bien les résultats.

3.4.2 Estimation de l'impact économique engendré par l'ouverture d'une exploitation minière

Lors de la tournée de consultation, la cueillette de données a permis de dresser les caractéristiques moyennes des deux types d'exploitations analysés par le modèle. La quantité de données recueillies montre que les moyennes établies caractérisent assez bien ces deux types. Les paramètres économiques et opérationnels, pour les deux types d'exploitations, sont résumés dans les deux tableaux suivants (Tableaux 8 et 9).

Tableau 8 - Paramètres économiques utilisés pour une mine type hautement mécanisée et une mine type peu mécanisée

	Mine hautement mécanisée	Mine peu mécanisée
Gisement : réserves prouvées	12,5 millions T	1,0 million T
Durée prévue d'exploitation	10 ans	5,5 ans
Tonnage journalier à l'usine	3 450 T/jour	500 T/jour
Immobilisations initiales	150 millions \$	50 millions \$
Nombre d'emplois (années-personnes)	350	136
Ventes annuelles brutes ³	106,5 millions \$	33,5 millions \$
Charges salariales	27,0 millions \$	10,8 millions \$
Achats annuels - biens et services	36,7 millions \$	9,6 millions \$

³ Les ventes en équivalent or sont basées sur un prix projeté de 350 \$US l'once et un taux de change de 1,33 CAD.

Tableau 9 - Paramètres opérationnels pour une mine type hautement mécanisée et pour une mine type peu mécanisée

	Mine hautement mécanisée	Mine peu mécanisée
Tonnage annuel à l'usine (T/an)	1 259 000	182 000
Teneur (gr Au/T)	5,95	12,95
Récupération à l'usine	95 %	95 %
Onces Au équivalent récupéré/an	228 786	71 965
Productivité Tonne/homme quart	9,86	3,67
Frais d'opération (CAN\$/T)	50,60	112,10
(US\$/on)	(209,34)	(213,14)
Frais d'immobilisation (CAN\$/T)	12	50
(US\$/on)	(66,03)	(126,41)

3.4.2.1. Retombées économiques au démarrage

À la lumière des résultats fournis par le modèle, on observe que les retombées des dépenses d'immobilisation pour le démarrage des deux types de mines sont déjà très créatrices d'emplois, non seulement pour la région immédiate, mais, également, pour l'ensemble du Canada, y compris les régions urbaines où sont fabriqués la majorité des intrants d'une exploitation minière.

Effets des dépenses d'immobilisation (150 M\$), mine hautement mécanisée

- emplois au Québec, en années-personnes, étalés sur deux ans	1 384
- achats de biens et services au Québec (taxes indirectes incluses)	80,12 M\$
- achats au Canada hors Québec	21,74 M\$
- importation internationale (dont 31,1 M\$ en machinerie)	48,14 M\$
- revenus fiscaux et parafiscaux (Québec et fédéral)	23,37 M\$

Effets des dépenses d'immobilisation (50 M\$), mine peu mécanisée

- emplois au Québec, en années-personnes, étalés sur 20 mois	553
- achats de biens et services au Québec (taxes indirectes incluses)	36,07 M\$
- achats au Canada hors Québec	4,35 M\$
- importation internationale (dont 5,8 M\$ en machinerie)	9,58 M\$
- revenus fiscaux et parafiscaux (Québec et fédéral)	9,16 M\$

Il est important de souligner que les installations minières requièrent des multitudes d'équipements de toutes sortes, en passant par des équipements mécaniques imposants et robustes, tels que les machines d'extraction et les broyeurs, mais aussi des composantes électroniques plus délicates et sophistiquées. Donc, en plus de profiter à la main-d'œuvre locale, l'ouverture d'une mine profite à tous les fournisseurs de produits et de services spécialisés qui sont installés dans plus de 400 localités, partout au Canada. Rappelons que près

de la moitié d'entre eux est établie à Sudbury - North Bay, à Vancouver, et à Toronto et sa banlieue.

3.4.2.2. Impact économique des dépenses d'exploitation d'une mine en production

Mine hautement mécanisée

Effets directs et indirects des dépenses d'exploitation pour des ventes annuelles de 106,5 M\$:

- emplois directs	350
- emplois indirects, en années-personnes, multiplicateur d'emploi : 1,67	236
- salaires directs	21,60 M\$
- salaires et revenus indirects, multiplicateur de revenu : 1,45	9,83 M\$
- achats de biens et services au Québec	18,15 M\$
- achats au Canada hors Québec	18,55 M\$
- importations internationales (incluant 4,92 M\$ en machinerie)	11,99 M\$
- revenus fiscaux et parafiscaux annuels (Québec et fédéral combinés)	14,10 M\$
- revenus fiscaux et parafiscaux (Québec et fédéral) cumulés au cours de la période de démarrage et 10 ans d'opération	155 M\$⁴

Au chapitre de la création d'emplois, en plus des 350 emplois directs annuels générés par les opérations minières, les achats de biens et services pour une année d'exploitation (37 M\$) créent, sans même compter les effets induits, un total de 236 années-personnes chez les fournisseurs directement reliés à l'industrie minière. De la même façon, en plus des 21,6 millions de dollars en salaires versés directement par l'exploitation minière, un effet multiplicateur du revenu de 1,45 permet de générer un montant supplémentaire de 9,8 millions de dollars.

Afin de faciliter la compréhension, les différents facteurs multiplicateurs et terminologie sont résumés dans le tableau suivant (Tableau 10) :

Tableau 10 - Facteurs multiplicateurs et contributions parafiscales

Multiplicateur d'emplois - mine mécanisée	1,67
Multiplicateur d'emplois - mine non mécanisée	1,65
Multiplicateur des salaires et revenus - mine mécanisée	1,45
Multiplicateur des salaires et revenus - mine non mécanisée	1,53
Contributions obligatoires des employeurs et des employés aux deux niveaux de gouvernement provinciaux : Régime des rentes, R.A.M.Q., CSST Fédéral : assurance-chômage	Contributions parafiscales

⁴ Calculés en dollars constants de 2003 en escomptant un taux d'inflation moyen de 2 % annuellement. En dollars courants, ce montant équivaut à 164 millions de dollars.

Impact économique d'une mine à plus faible volume et plus faiblement mécanisée :

- emplois directs	136
- emplois indirects, en années-personnes (multiplicateur d'emploi 1,65)	89
- achats de biens et services au Québec	7,6 M\$
- achats au Canada hors Québec	4,04 M\$
- salaires directs	8,34 M\$
- salaires et revenus indirects (multiplicateur de revenu 1,53)	4,46 M\$
- valeur brute de la production métal	33,5 M\$
- importations internationales	2,80 M\$
- revenus fiscaux et parafiscaux annuels (Québec et fédéral combinés)	6,04 M\$
- revenus fiscaux et parafiscaux (Québec et fédéral) cumulés au cours de la période de démarrage et 5,5 ans d'opération	41,3 M\$

Bien que de plus faible volume, et de longévité initiale moindre (5,5 années), ces gisements caractérisés par le modèle économique demeurent quand même très attrayants. En raison de son type d'exploitation, généralement moins mécanisé, il génère davantage d'emplois compte tenu du volume extrait. En dépit qu'ils soient nombreux dans le bouclier canadien et jouissent d'une teneur relativement élevée, ils sont ignorés par la plupart des grandes sociétés minières à cause des critères utilisés lors de l'évaluation des investissements.

Effets induits non calculés

Bien que l'existence des effets induits soit généralement reconnue, les controverses sur les méthodes d'estimation empêchent une acceptation généralisée par les économistes. Pour cette raison, ils ne furent pas inclus dans les estimations économiques. Il existe toutefois une série d'études jugées sérieuses permettant d'établir des multiplicateurs d'effets induits pour le Québec et même pour ses régions administratives. Le multiplicateur d'emplois pour la moyenne des secteurs industriels de l'Abitibi-Témiscamingue fut estimé à 1,35⁽³⁴⁾.

Quoi qu'il en soit, la cessation d'opération minière dans des villes mono-industrielles ou quasi mono-industrielles, comme Schefferville (fin 1982) ou Murdochville (début 2002), et l'exode massif des résidents démontrent que l'importance des effets induits est probablement de beaucoup supérieure.

Retombées fiscales cumulatives

La modélisation des retombées fiscales pour deux types d'exploitation minière est détaillée dans les deux tableaux suivants (Tableaux 11 et 12). Les hypothèses retenues supposent que pour la durée d'exploitation, le prix des métaux, les coûts d'exploitation et taux d'imposition restent constants. Les contributions parafiscales sont présumées constantes, même si elles sont périodiquement ajustées aux coûts des programmes qu'elles financent.

Tableau 11 - Contributions fiscales et parafiscales cumulées sur 10 années d'exploitation au Québec d'une mine modèle hautement mécanisée d'or et de métaux associés ayant un chiffre d'affaires annuel de 106,5 M\$

<i>(en milliers de dollars 2003)</i>	<i>Québec</i>	<i>Fédéral</i>	<i>Total</i>
<i>Catégorie fiscale - phase exploitation</i>			
Impôts sur le revenu et taxes	42 625	36 200	78 825
Contributions parafiscales	40 520	12 340	52 860
<i>Total-phase exploitation</i>	83 145	48 540	131 685
<i>Catégorie fiscale - phase immobilisations</i>			
Impôts sur le revenu et taxes	6 754	4 523	11 277
Contributions parafiscales	9 814	2 280	12 094
<i>Total-phase immobilisations</i>	16 568	6 803	23 371
Grand total	99 713	55 243	155 056

Source : Institut de la statistique du Québec

Le Tableau 11 met en évidence le fait que dans le cadre des régimes fiscaux canadiens et un contexte économique stable, une mine hautement mécanisée, dont la durée d'exploitation atteint 10 ans, produira un impact fiscal et parafiscal cumulé, sur la durée de vie de la mine, totalisant les 155 millions de dollars pour les gouvernements provincial et fédéral.

Tableau 12 - Contributions fiscales et parafiscales cumulées sur 5,5 années d'exploitation au Québec d'une mine modèle peu mécanisée d'or et de métaux associés ayant un chiffre d'affaires annuel de 33,5 M\$

<i>(en milliers de dollars 2003)</i>	<i>Québec</i>	<i>Fédéral</i>	<i>Total</i>
<i>Catégorie fiscale (phase exploitation)</i>			
Impôts sur le revenu et taxes	10 326	8 206	18 532
Contributions parafiscales	10 824	2 766	13 590
<i>Total-phase exploitation</i>	21 150	10 972	32 122
<i>Catégorie fiscale (phase immobilisations)</i>			
Impôts sur le revenu et taxes	2 652	1 944	4 596
Contributions parafiscales	3 514	1 049	4 563
<i>Total-phase immobilisations</i>	6 166	2 993	9 159
Grand total	27 316	13 965	41 281

Le Tableau 12 applique le même exercice au modèle d'une mine peu mécanisée. Le résultat montre qu'au terme de 5,5 années d'exploitation, la somme des produits fiscaux directs et indirects de la production, avec les recettes parafiscales correspondantes, additionnées des recettes fiscales et parafiscales générées par les dépenses immobilisées, atteint près de

41,3 millions de dollars. Cependant, dans le cas de mines filoniennes représentées par le modèle, il est fréquent que les réserves minières soient renouvelées au fil des travaux d'exploration effectués près des infrastructures. Dans l'éventualité d'un prolongement au-delà de la longévité initialement prévue, la somme totale de l'impact fiscal et parafiscal est alors augmentée de 32 millions de dollars par année supplémentaire d'exploitation. Par exemple, la mine Sigma de Val-d'Or, qui avait initialement des réserves pour une durée d'environ 5 ans, a finalement été en exploitation pendant plus de 60 ans. Il en est de même pour l'exploitation des mines Red Lake et Campbell à Red Lake.

Impôt foncier

Le modèle intersectoriel du Québec, comme d'ailleurs celui du Canada, ne tient pas compte des contributions fiscales autres que celles imposées par les gouvernements provinciaux et fédéral.

Les données de l'Association minière du Québec permettent de dégager un ordre de grandeur des contributions en impôts fonciers, calculés en proportion de la valeur de la production. Ces données furent ensuite comparées à celles du Ministère du Développement du Nord et des Mines de l'Ontario pour la valeur de la production des métaux dans le nord-est de cette province et appliquées aux résultats d'une recherche faite par la firme Datametrics Consulting et l'université de Toronto⁽²⁴⁾ (2001), lesquels ont publié la somme des taxes municipales payées par les mines de métaux pour cette partie de l'Ontario. Ces données sont affichées au Tableau 13.

Tableau 13 - Valeur de la production et impôts fonciers payés par les mines de métaux, au Québec et en Ontario pour l'année 2001

	<i>(en milliers de dollars de 2001)</i>		
	Valeur de la production des mines de métaux	Taxes foncières payées par les mines de métaux	Taxes foncières par tranche de 100 M\$ de valeur de la production
Ontario	3 388 000	31 700	936
Québec	3 050 000	29 600	970

Appliquées aux modèles miniers de la présente étude, ces données permettent de dégager un ordre de grandeur des taxes foncières qui leur seraient attribuables. Ainsi, la mine hautement mécanisée, pour une valeur de production de 106,5 millions de dollars, verserait annuellement 1,033 millions en impôts fonciers, tandis que la mine peu mécanisée, pour une valeur de production de 33,5 millions de dollars, en verserait 0,325. Comme règle du pouce, on retiendra que les taxes foncières annuelles payées par l'industrie minière s'élèvent à près de 1 % de la valeur de sa production.

Participation indispensable pour soutenir le système fiscal

L'analyse du système fiscal provenant du ministère des Finances du Québec démontre que seulement 15,4 % des Québécois, soit moins d'un sur six (revenus supérieurs à 42 144 \$), ont payé 71 % des 15,9 milliards de dollars en impôt sur le revenu ⁽³⁵⁾. La situation est semblable en ce qui a trait à l'impôt fédéral et probablement équivalente pour les autres provinces. En raison des salaires élevés dans l'industrie minière, les employés des compagnies minières font partie de ceux qui contribuent fortement aux revenus de l'État. Cette réalité du système fiscal mérite d'être soulignée et ajoute encore plus de relief aux résultats présentés dans les tableaux plus hauts.

4. IMPORTANCE STRATÉGIQUE DE LA RECHERCHE MINIÈRE

4.1. Introduction

Contrairement à l'industrie manufacturière qui se caractérise par la qualité de ses produits, l'extraction minière se distingue par ses procédés ou, autrement dit, sa façon d'extraire le minerai et de le concentrer dans son usine. En fonction de la forme des gisements et des équipements disponibles, plusieurs méthodes d'extraction furent développées au fil des années et les particularités du gisement dictent, normalement, celle qui sera utilisée, puis adaptée aux conditions spécifiques. Ces méthodes peuvent se regrouper en deux grandes catégories; celles qui sont en vrac, généralement pour une minéralisation massive, et celles dites sélectives, généralement pour les petits volumes concentrés, tels les gisements filoniens. À la différence des manufacturiers d'équipements et de produits qui, eux, peuvent protéger leurs inventions par l'obtention d'un brevet, les compagnies minières sont uniquement protégées par un bail minier leur donnant accès aux réserves minières. Les améliorations qu'elles apportent à une méthode d'exploitation sont, normalement, libres d'accès pour les autres. Mieux encore, les compagnies minières partagent généralement volontiers entre elles leur savoir-faire grâce à des échanges informels ou par le biais de colloques. Les compagnies exploitant à l'échelle mondiale transfèrent leurs connaissances d'une opération à l'autre au travers de leurs services techniques corporatifs de même que par le déplacement de personnel.

Les objectifs visés par le développement de méthodes d'extraction innovatrices sont :

- Augmentation de la capacité de production;
- Amélioration de la santé et sécurité sous terre;
- Réduction du coût de la main-d'œuvre;
- Accroissement de la souplesse de production; et
- Diminution de la consommation d'énergie.

Les initiatives telles que Six Sigma, réingénierie ou Kaisen, témoignent de l'importance que les compagnies accordent à l'amélioration des processus. Pour les dirigeants des compagnies minières, ces initiatives demeurent un excellent investissement, et la façon la plus sûre et concrète de réduire les frais d'exploitation dans un temps relativement court. Par ailleurs, les modifications de processus⁽³⁶⁾ sont rarement comptabilisées malgré qu'un nombre important d'innovations y soient reliées. Celles-ci découlent très souvent de petits progrès réalisés au fil du quotidien. Dennison (1985)⁽³⁷⁾ a d'ailleurs suggéré que les projets de R-D étiquetés en tant que tels ne compteraient que pour 20 % des progrès techniques. En matière de développement dans le procédé d'extraction, une des principales sources de perfectionnement dans les exploitations minières provient du génie inventif du personnel minier à tous les niveaux et se concrétise par des acquisitions ou par des améliorations à la machinerie actuelle, aux équipements ou à d'autres technologies. Cependant, ces efforts de développement ont leurs limites et il demeure que des travaux de recherche appliquée, de plus d'envergure et de plus longue haleine seront nécessaires afin de développer de nouvelles approches d'exploitation combinées au développement de l'outillage nécessaire à une exploitation des ressources plus performante.

En fait, l'industrie minière se distingue au niveau de sa méthode d'exploitation plutôt que par son produit. Après avoir sélectionné une méthode d'exploitation, les compagnies minières cherchent prioritairement à produire des métaux au plus bas coût possible en améliorant leur procédé d'extraction tout en améliorant la sécurité.

4.2. Risques et spécificité de l'industrie minière

L'industrie minière apparaît couramment comme conservatrice et les opérateurs miniers semblent souvent peu enclins à s'investir en recherche et développement afin d'innover et d'améliorer ou de modifier considérablement leurs méthodes d'exploitation. Afin de porter un meilleur éclairage sur ces affirmations, il est bon de soulever les points suivants :

- La nature des travaux miniers exige des infrastructures de nature permanente même si l'exploitation revêt un caractère temporaire. Ces infrastructures donnant accès au gisement, creusées à même le roc, ne peuvent être modifiées ultérieurement. Si des erreurs sont commises au départ, la mine pourrait subir des conséquences potentiellement fort coûteuses qui parfois peuvent affecter les opérations pour le reste de leur vie. Ainsi, dans l'approche initiale, on s'en tient, lorsque possible, à des processus d'extraction connus et éprouvés dans d'autres exploitations minières.
- L'industrie minière est déjà exposée au risque inhérent à l'exploitation de gisements, et ce, tout particulièrement lors de l'évaluation des réserves, de la compétence du massif rocheux et du futur des prix des métaux. Au départ, l'estimation de tout le potentiel minéral d'un projet minier de plusieurs millions de tonnes dépend fortement de la bonne interprétation des trous de sondage et d'autres échantillons disponibles pour évaluer la teneur et le tonnage. Occasionnellement, en dépit de l'utilisation de techniques éprouvées, des surprises surviennent. Pour réduire au minimum cette possibilité, une phase d'exploration souterraine est effectuée afin de vérifier méthodiquement la qualité des réserves minières. Ces travaux prolongent d'autant la durée du programme d'exploration et capitalisent plus fortement le projet. Pour ajouter à ces adversités, il arrive que le comportement du massif rocheux ne soit pas tel que prévu, menant alors à la réduction de la récupération des réserves minières et, ainsi, à des augmentations de frais d'exploitation. L'allongement de la période de récupération du capital réduit alors considérablement le taux de rendement du projet. En résumé, toutes ces considérations influencent fortement sur le rendement économique d'un projet minier.
- Lorsque que le financement doit être assujéti par une étude de faisabilité bancaire, le monde financier et tous les consultants qui gravitent autour, en plus d'exiger une solide évaluation des réserves minières, veulent être rassurés par l'utilisation de techniques déjà éprouvées afin de réduire l'impression de risque. Ce facteur, combiné à tous les autres, bloque souvent dès le départ toute innovation⁽³⁸⁾.

En fait, les compagnies minières assument beaucoup de risques lors des phases d'exploration et de mise en valeur de la mine, là où les investissements sont déjà considérables. Initialement, elles

doivent utiliser des technologies prouvées faute de quoi les investisseurs ne se présenteront pas ou le conseil d'administration aura des réticences à approuver le projet. Cependant, lorsque la phase de démarrage est complétée, alors les compagnies cherchent continuellement à améliorer leur façon de faire. Aussi, quand les conditions géologiques sont telles que les techniques reconnues ne sont pas adéquates, il devient alors impératif d'investir en recherche pour trouver de nouveaux moyens d'exploiter.

4.3. Accès aux ressources minérales

« Malgré d'importantes contributions à l'économie, l'industrie minière américaine a de faibles retours sur l'investissement comparativement aux industries compétitrices. Par ailleurs, l'apport en capitaux est vital pour l'industrie minière et elle se doit de devenir plus intéressante pour les investisseurs en utilisant des technologies pour augmenter le retour sur l'investissement et ce, en diminuant ses coûts d'opération, en augmentant la qualité de ses produits et en développant de nouveaux marchés et produits, tout en renforçant la sécurité en milieu de travail et en minimisant les impacts négatifs sur l'environnement ⁽³⁹⁾. »

Voilà une affirmation qui pourrait très bien s'appliquer à l'industrie minière canadienne. Pour atteindre cet objectif, en premier lieu, l'industrie doit avoir accès à la ressource minérale. Deux choix s'offrent alors : 1) miser sur l'exploration, 2) miser sur les ressources présentement non économiques. Les figures 3 et 4 montrent clairement que les investissements en exploration sont critiquement à la baisse de même que les nouvelles découvertes. De plus, les travaux d'exploration nécessitent un effort de plusieurs années avant de porter fruit. Par ailleurs, nombreuses sont les ressources déjà identifiées mais sous-économiques (Tableau 2).

4.3.1 Minéralisation des ressources sous-économiques

Partout sur le territoire canadien se retrouvent des ressources sous-économiques, soit par leur teneur soit par leur tonnage. Par exemple, les ministères des mines du Québec et de l'Ontario ont évalué à 355 et 337 respectivement, les ressources sous-économiques identifiées sur leurs territoires. De plus, à l'intérieur de chaque mine en exploitation, il existe toujours une certaine quantité de minéralisation qui est laissée en place puisque non-économique. Plutôt que de compter uniquement sur l'exploration pour découvrir la prochaine mine, il serait définitivement sage de tenter de développer des technologies qui permettraient d'exploiter toute cette richesse potentielle déjà identifiée et connue.

La valorisation et la mise en exploitation d'un nombre de petits gisements dans les camps miniers actuels seraient certes une avenue pour atténuer l'impact dramatique des fermetures des exploitations dans ces endroits. Une présence ininterrompue de l'activité minière dans les camps miniers actuels, même à une échelle réduite, maximiserait les chances de faire de nouvelles découvertes d'importance et contribuerait à retenir l'expertise disponible sur place.

En février 2003, le fonds régional d'assistance à la prospection minière de la Gaspésie et des Îles-de-la-Madeleine exprimait, dans un mémoire, les attentes en regard d'une stratégie de développement économique visant à mettre en valeur les gisements négligés :

« La Gaspésie⁽⁴⁰⁾ est reconnue pour ses nombreux petits gisements métalliques qui pourraient être exploités avec profitabilité et dans un esprit de développement durable, sans les impacts visuels et environnementaux qu'entraînent des infrastructures minières telles que Mines Gaspé à Murdochville par exemple. Ces petits gisements faibles en volume et riches en métaux usuels et précieux sont nombreux dans la région et uniques dans les Appalaches. Il faut revoir ces gîtes et les évaluer dans l'optique de produire du minerai à petite échelle. Ces petites exploitations minières ne cadrent pas avec la stratégie des grandes sociétés et des multinationales comme Noranda qui exploitent et recherchent des méga gisements. Cette approche, réalisable à moyen terme (3-5 ans), amènerait la région à développer plusieurs petits gisements et ainsi à créer des emplois stables et bien rémunérés. Par le fait même, la région développerait une expertise qui pourrait être exportable, matériel et main-d'œuvre compris. Sachant que les petits gisements sont maintenant exploitables avec profitabilité, les prospecteurs et les compagnies juniors pourraient s'orienter pour chercher de petits gîtes minéraux. Les redevances de l'exploitation de ces ressources pourraient être réinjectées dans la prospection et l'exploration des petits gisements. »

Ainsi l'importance de la contribution directe et induite de l'activité minière dans les petites collectivités en région commande de trouver des moyens nouveaux d'y stabiliser le niveau de l'emploi minier en y maintenant une activité minimale continue avec l'exploitation rentable de gisements qui ne satisfont pas aux critères des grandes sociétés.

4.3.2 Gisements à minéralisation massive

Les commentaires, recueillis lors des entrevues auprès des mines qui exploitent des gisements de type massif et dont les contraintes géomécaniques restent sous contrôle, portent à croire que les techniques et équipements sont adéquats pour permettre une exploitation efficace et rentable tant que les prix actuels des métaux ne seront pas à la baisse. Certes, il y a toujours place pour l'optimisation des méthodes de minage actuelles, mais il est peu probable qu'une importante réduction des coûts d'exploitation n'en découle. Le défi pour ces opérations réside vraiment dans l'optimisation du processus d'extraction dans son ensemble ainsi que dans la gestion serrée des opérations. Ce type d'exploitation utilise des équipements à la fine pointe technologique. Par exemple, certains de ces équipements, tels que les foreuses de trous de production servant à introduire des explosifs et à fracturer la roche dans les chantiers, peuvent opérer de façon autonome et ainsi réduire le temps mort entre les quarts de travail. Les compagnies minières, entre autres INCO et Falconbridge-Noranda, peuvent même opérer des chargeuses-navettes d'une manière télécommandée à partir de la surface. Plusieurs des exploitants visités ont affirmé que les possibilités techniques des équipements avancent plus vite que l'évolution des cultures d'entreprise. La formation du personnel spécialisé en entretien des équipements peut devenir également le facteur limitant dans ces exploitations.

Par ailleurs, les mêmes équipements miniers pour le minage en vrac, utilisés au Canada, sont également offerts dans les pays concurrents. On se doit alors de constamment rester à l'avant-scène technologique. Dans le cas des gisements massifs, le seul avantage de l'industrie canadienne réside alors dans la qualité des dépôts, géologiquement et structuralement, et la qualité de la ressource humaine qui doit exploiter ces dépôts de façon efficace, sécuritaire et novatrice.

Sauf pour le nickel, la disponibilité de gisements de classe mondiale dans les autres pays, combinée à l'accès aux mêmes moyens de production, fait en sorte que les coûts de production moyens des métaux des autres pays se situent (Figures 1 et 2) au-dessous de celui de l'industrie minière canadienne. Cette réalité rend l'industrie canadienne plus vulnérable à la capacité de production de ces pays.

Contrairement aux pays émergents, les frais de la main-d'œuvre au Canada représentent une part importante des coûts d'exploitation. Plus encore, le contexte réglementaire se révèle relativement plus contraignant. La tendance se dirige toujours vers un resserrement des réglementations, en particulier celles touchant l'environnement, les normes de travail et d'hygiène et la sécurité. Par ailleurs, dans un avenir prochain, la rareté de la main-d'œuvre, particulièrement pour le recrutement du personnel technique et spécialisé, exercera une pression supplémentaire. Pour toutes ces raisons, les compagnies minières devront utiliser des techniques encore plus raffinées pour affronter la compétition internationale. Le développement de meilleures méthodes de suivi et le contrôle des opérations deviendront probablement essentiels et systématiques. De toute évidence, la formation deviendra aussi encore plus importante et cruciale pour garantir le maintien d'une industrie minière fructueuse au Canada.

4.3.3 Gisements à très grande profondeur

L'avenir des gisements de classe mondiale de Sudbury, Timmins et du Nord-Ouest du Québec passe par l'exploitation des réserves minières localisées en très grande profondeur, c'est-à-dire de 2 500 à 3 000 mètres et plus. Extraire le minerai à de telles profondeurs requerra un changement dans la façon d'opérer. Bien que ces gisements possèdent volume et teneur avantageux, ces mines devront se débattre avec des contraintes opérationnelles supplémentaires et incontournables. Entre autres, les contraintes géomécaniques augmenteront inéluctablement et exigeront des techniques d'exploitations novatrices. Également, la chaleur dégagée par la roche et les engins de production utilisés dans les niveaux profonds appelleront de nouvelles méthodes ou, à tout le moins, de nouveaux équipements. Il faudra exploiter ces gisements avec encore plus de finesse en comptant sur les meilleures technologies possible au niveau de l'approche au gisement, du design, et des équipements de production. Certaines de ces conditions d'opération, dont le régime de contraintes, ne se retrouveront probablement qu'au Canada. Conséquemment, une expertise spécialisée canadienne, spécifiquement adaptée aux futures conditions d'opération en profondeur, devra être développée. Par ailleurs, il est à prévoir que les manufacturiers internationaux auront peu d'intérêt pour développer les équipements requis pour de tels marchés à petits volumes de distribution.

Bref, la voie à privilégier demeure l'exploitation des ressources canadiennes avec les meilleures techniques possible. La fuite vers l'avancement technologique demeure la meilleure issue face à la compétition internationale.

4.3.4 Gisements plus complexes et négligés

En dépit de l'abondance des gisements de type filonien dans le bouclier canadien et dans d'autres régions géologiques du Canada, ceux-ci demeurent souvent inexploités. Du faible niveau initial des réserves minières et de l'absence d'équipements et techniques permettant l'extraction de ces gisements d'une manière mécanisée résulte généralement un désintérêt pour de telles ressources; les risques encourus sont trop importants par rapport aux bénéfices envisagés. L'avenir de l'exploitation de ces gisements repose notamment sur des méthodes innovatrices d'exploitation qui pourraient se traduire par de nouvelles façons de fracturer du roc. Ces nouvelles méthodes doivent cependant se plier aux réalités géologiques des gisements afin de représenter des solutions de remplacement valables techniquement et rentables.

Tel qu'il a été démontré dans le chapitre 3.3, ce type de gisement, de plus faible envergure, représente néanmoins un apport important aux économies régionales. Leur valorisation et leur mise en exploitation permettraient d'atténuer l'impact dramatique des fermetures des mines dans les régions, assurant ainsi une présence ininterrompue de l'activité dans les camps miniers actuels. En raison du potentiel géologique très prometteur à proximité d'exploitations minières actuelles, le démarrage et la poursuite de ces mines maximiseraient les chances de réaliser de nouvelles découvertes d'importance en poursuivant les efforts d'exploration. Cette contribution des plus petites exploitations devient essentielle pour stabiliser et maintenir l'expertise disponible dans les camps miniers.

Il convient de mentionner que l'idéal pour l'industrie minière réside dans la découverte de gisements de qualité égale ou supérieure aux pays concurrents. Cependant, la réalité géologique rappelle que, même avec un niveau élevé d'exploration, la découverte de ce type de gisements, contenant une grande quantité de métal, exploitable à ciel ouvert, demeure peu fréquente. Les gisements découverts dans le bouclier canadien sont habituellement localisés en profondeur et ne bénéficient généralement pas d'une teneur exceptionnellement élevée. Pour que ces petits gisements représentent une valeur économique, l'industrie minière devra optimiser les méthodes d'exploitation souterraines actuelles et mettre au point des équipements appropriés. Ici encore, ceci représente un énorme défi pour l'industrie minière canadienne.

5. AXES DE RECHERCHE

5.1. Méthodologie visant à définir les axes de recherche

Dans un premier temps, une recherche bibliographique sur l'importance de l'industrie minière pour le Canada et sur les différents modes de fonctionnement des centres de recherche, miniers et autres, a été effectuée. Deuxièmement, au moyen de visites de consultation, d'une durée moyenne de trois heures par site, les problématiques et les besoins en recherche ont été évalués. En fait, une première analyse des besoins et priorités des opérateurs miniers a été élaborée à partir d'une synthèse de toutes les problématiques identifiées dans des études antérieures. De plus, lors des entrevues, les exploitants miniers ont fait mention de leurs contraintes opérationnelles ainsi que de leurs besoins spécifiques en recherche et développement, lesquels sont résumés dans ce rapport.

Normalement, quelques semaines avant les entrevues, les participants potentiels recevaient une lettre d'invitation, la description du projet, un ordre du jour ainsi que les quatre documents sur lesquels les discussions allaient porter lors des rencontres (Annexe A). Ce faisant, les participants pouvaient préalablement se familiariser avec la documentation afin que, lors de la rencontre, ils puissent, en se basant particulièrement sur leur propre réalité, valider, modifier ou enrichir les sujets abordés.

Le premier des quatre documents, 'Forces influentes' (Annexe A), est une mise en contexte qui tente de cerner les grandes problématiques auxquelles devra faire face, dans un horizon de 10 à 20 ans, l'industrie minière canadienne dans son ensemble, telles la faiblesse du prix des métaux et la disponibilité de la main-d'œuvre.

Le deuxième document contient une liste des axes de recherche (Annexe A) qui, de prime abord, semblait avoir une certaine pertinence et importance par rapport aux deux thèmes préalablement identifiés. Cette liste, basée sur l'étude bibliographique ainsi que sur la connaissance du milieu des auteurs, permettait de couvrir tous les sujets et de garder une constance dans la conduite des entrevues. Lorsque des items importants manquaient à la liste soumise, les participants en faisaient mention et les ajouts requis étaient effectués par la suite.

Le troisième document, 'Tableau des coûts' (Annexe A), ne s'adresse qu'aux exploitants miniers. Il cherche à identifier les principales dépenses dans une opération minière et à chiffrer l'importance des retombées économiques des différents axes de recherche sur la structure de coûts. Cet exercice a permis ultérieurement de pondérer l'importance de certains axes en particulier en fonction de leur prépondérance relative dans la structure de coûts d'une mine type.

Finalement, le quatrième document porte sur le plan d'action (Annexe A). Différents scénarios permettant de maximiser les chances de succès y sont investigués, de sorte que les résultats de la R-D aient réellement un impact sur la productivité et la santé/sécurité dans les mines canadiennes.

La sélection des participants s'est faite dans le but de couvrir un plus large éventail de visions et de réalités. Il apparaissait essentiel de bien couvrir les deux grands types d'exploitations souterraines soit les mécanisées, généralement de plus grande taille, et les non mécanisées, où l'on retrouve la plupart des gisements de type filonien.

Par ailleurs, puisqu'ils ont plus de recul face aux contraintes opérationnelles journalières, les universités et les centres de recherche possèdent généralement une vision à plus long terme; de plus, selon leurs champs d'activités et d'expertises, les consultants, les associations minières, les PME et les manufacturiers ont aussi une approche différente en ce qui concerne les besoins en recherche et développement. Ces derniers groupes ont donc également fait partie du processus de consultation.

5.1.1 Organismes consultés

Consultations auprès des opérations minières :

- Mine LaRonde - Mines Agnico-Eagle
- Mine Louvicourt - Aur Ressources inc.
- Mine Bouchard Hébert - Ressources Breakwater
- Mine Meston - Ressources Campbell inc.
- Projet Copper Rand 5000 - Ressources Campbell inc.
- Mine Doyon - Cambior inc.
- Mine Mouska - Cambior inc.
- Mine Géant Dormant - Cambior inc.
- Mine Bell-Allard - Noranda inc.
- Mine Casa Bérardi - Mines Aurizon Ltée
- Mine Kiena et East Amphy - Mines McWatters
- Mines Seleine - Société canadienne de sel
- Mine Red Lake - Goldcorp inc.
- Mine Dome - Placer Dome inc.
- Mine Campbell - Placer Dome inc.
- Mine McArthur - Cameco Corporation
- Mine Kidd Creek - Falconbridge Ltd.
- INCO groupe corporatif
- Falconbridge Ltée, Sudbury
- Opérations Vanscoy Potash - Agrium inc.
- Rio Tinto Ltd.
- Société minière Raglan

Centres de recherche, consultants et autres organismes impliqués dans le secteur minier :

- Centre de technologie Noranda
- Dyno Consult - Dyno Nobel

- Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail (IRSST)
- Laboratoires des mines et des sciences minérales de CANMET (Mine-laboratoire à Val-d'Or)
- LMSM-CANMET, Ottawa
- LMSM-CANMET, Sudbury
- Table Jamésienne
- Léandre Gervais et associés
- Ross Finlay 2000
- Cambior recherche
- MIRARCO (Mining Innovation, Rehabilitation and Applied Research Corporation)
- Inco Ltée, Centre de recherche
- NORCAT (Northern Centre of Advanced Technology Inc.)
- CAMIRO (Canadian Mining Industry Research Organization)
- CAMESE (Canadian Association of Mining Equipment and Services for Export)
- MTI (Mining Technologies International Inc.)
- Noranda-Falconbridge

Gouvernements et associations minières :

- Association minière du Québec (AMQ)
- Association minière du Canada (AMC)
- Association minière de l'Ontario (AMO)
- Association minière de la Colombie-Britannique (AMCB)
- Fednor
- Gouvernement de l'Ontario - Ministère du Développement du Nord et des Mines (MDNM)
- Gouvernement de l'Ontario - Ministère du travail
- Gouvernement du Québec - Ministère des Ressources naturelles, de la Faune et des Parcs (MRNFP)

Universités :

- Université McGill
- École Polytechnique
- Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue
- Université Laval
- Université Laurentienne
- Université de l'Alberta
- Université de la Colombie-Britannique
- Université de Toronto
- Université Queen's

La liste complète des participants aux rencontres se retrouve à l'Annexe B.

5.2. Définitions et pondération des axes de recherche

5.2.1 Définition d'un axe de recherche

Un axe de recherche est un regroupement de projets sur un même thème. De plus, considérant le fait que chaque axe couvre un grand champ d'activités, il est apparu nécessaire de les subdiviser en sous-axes et de les expliquer par des exemples. Les sous-axes ne se veulent pas être une liste exhaustive, mais visent plutôt à regrouper les projets sous des thèmes cadrant avec le but recherché. Par exemple, l'axe « Matériel et équipement d'extraction : Forage et Fragmentation » devrait laisser la possibilité d'inclure toute une gamme de projets innovateurs, tels que fragmentation du roc en continu, système d'initiation, forage de très grande précision, etc. Il est à noter que l'axe sur l'ingénierie d'extraction, plutôt d'ordre conceptuel, est particulièrement étendu puisqu'il touche à un vaste éventail de sujets. Il vise globalement à mieux outiller les services techniques afin qu'ils puissent extraire les gisements avec plus d'efficacité.

Le but recherché était de laisser place à toute idée novatrice ayant un potentiel pour améliorer de façon significative, soit la productivité, soit la santé/sécurité dans les mines souterraines. Le plan d'action proposé vise un horizon de 10 à 20 ans et, de ce fait, des projets devront nécessairement s'ajouter au fil des ans. Il n'était donc pas souhaitable que les axes de recherche fussent restrictifs. Ce sera alors le mandat d'un comité technique (voir Chapitre 7) d'approuver ou de rejeter les projets proposés à l'intérieur de chaque axe, en fonction de leur pertinence et potentiel de succès par rapport aux investissements requis. Ce mécanisme de gestion de la recherche sera développé en détail au chapitre 7.

5.2.2 Système de pondération

Saisi de la perception des répondants

Afin de hiérarchiser l'importance relative des éléments discutés et les axes de recherche, un système simple fut expliqué et adopté lors des entrevues. Dans cet exercice, il s'agissait de valider et de capter la perception des personnes ou équipes interviewées plutôt que de tenter d'arriver avec des valeurs précises et absolues. La pondération est donc limitée à un système qui permettait surtout de valider ou invalider les thèmes proposés.

Importance relative	Codification	Valeur absolue
Vital pour les prochains 10 ou 20 ans	***	3
Très important	**	2
Souhaitable	*	1
Sans objet	0	0
Inadéquat	-	-1
Pas d'opinion	p.o.	

Un total de 120 répondants, répartis dans 43 groupes de tous les milieux, ont participé à l'exercice qui a permis d'établir les priorités :

Compagnies minières	16
Universités – programmes de génie minier	9
Centres de recherche privée ou public	12
PME, manufacturiers, entrepreneurs et consultants	4
Associations minières et organismes gouvernementaux	8

Au Tableau 14 - Moyenne générale, chacun des répondants s'est vu attribuer une importance égale (voir la dernière colonne du tableau). Par exemple, l'axe de l'ingénierie d'extraction a obtenu une moyenne générale de 1,9. De plus, il paraissait important d'établir une moyenne pour chacun des groupes distincts d'intervenants, c'est-à-dire compagnies minières, universités, centres de recherche et consultants, PME, manufacturiers et autres (incluant les gouvernements et les associations minières; par contre, il est à noter que certains intervenants ne se sentaient pas assez informés pour évaluer l'importance des axes de recherche et n'ont donc pas répondu au questionnaire). Ainsi, cette approche permet de comparer, par exemple, la vision des chercheurs et celle des exploitants.

Tableau 14 - Moyenne générale des répondants pour chaque axe de recherche et moyenne par groupe d'intervenants

	Moy / Cies	Moy / Univ	Moy / C.R.	Moy / Manuf	Moy / Autres	MOYENNE GÉNÉRALE*
Ingénierie d'extraction	1,7	2,2	1,8	1,9	2,0	1,9
Intégration de toutes les informations disponibles	1,8	2,2	2,1	1,4	1,8	1,9
Définition du gisement	1,7	2,3	1,9	2,6	2,0	2,0
Géomécanique et support des excavations	1,7	2,4	1,9	1,4	2,0	1,9
Préconcentration sous terre	1,1	1,9	1,0	1,9	1,8	1,4
Optimisation des procédés/méthodes d'exploitation existants et conception de nouvelles méthodes	2,0	2,2	2,1	2,1	2,3	2,1
Ingénierie reliée à l'environnement physique						2,0
Amélioration des facteurs environnement-humains sous terre	2,1	1,9	2,1	2,0	1,8	2,0
Matériel et équipements d'extraction : Forage et fragmentation						2,2
Forage et dynamitage	2,0	2,4	2,4	2,0	2,8	2,2
Matériel et équipements d'extraction : Manutention stérile et minéral						1,8
Télé-opération et fonctionnement semi-automatique des équipements - communication vidéo et autres	1,9	2,0	1,5	1,8	2,3	1,8
Matériel et équipements d'extraction : Équipements de soutènement et contrôle de terrain pour le développement	1,7	1,7	1,8	1,4	1,2	1,7
Boulonnage du terrain et autre système de soutènement	2,1	1,5	1,8	2,0	1,3	1,8
Écaillage	1,6	1,9	1,8	0,8	1,0	1,6
Outils caractérisant la qualité du massif rocheux	1,5	1,8	1,7	1,5	1,3	1,6
Matériel et équipements d'extraction : Remblayage et sujets connexes	1,9	1,9	1,7	1,2	1,8	1,8
Techniques de préparation du remblai	2,0	2,1	1,8	1,4	1,8	1,9
Techniques de transport et de disposition du remblai	1,9	1,8	1,7	1,0	1,8	1,7
Techniques d'utilisation du remblai	1,8	1,8	1,7	1,2	2,0	1,7
Logistique et service	1,3	1,2	1,9	1,5	1,6	1,4
Système de localisation des véhicules	1,4	1,4	1,9	1,5	1,8	1,6
Communications sous terre	1,3	1,3	1,9	1,8	1,8	1,5
Logistique (composantes des équipements)	1,0	0,9	1,8	1,5	1,5	1,3
Logistique (matériel sous terre)	1,4	1,2	1,8	1,3	1,5	1,4

* Moyenne générale des cotes attribuées à chaque Axe et sous-axe par tous les répondants

À première vue, il semble y avoir peu de différence entre les réponses des différents groupes. Les écarts peu marqués entre les résultats s'expliquent par la sélection de thèmes de recherche pertinents au départ. La liste proposée initialement s'est avérée assez exhaustive et peu de sujets furent ajoutés lors de la tournée.

Hierarchisation en fonction de l'importance relative dans la structure des coûts d'exploitation


Comment lire le tableau

De manière à appuyer les réponses recueillies lors des consultations, un deuxième exercice fut effectué afin d'obtenir un classement des axes de recherche pondéré en fonction de l'importance relative des possibles réductions des frais d'exploitation (Tableau 15). Par ce tableau des coûts, chacun des 7 axes de recherche est évalué par les auteurs en fonction de leur impact sur la structure des coûts. Encore là, une pondération de 0 à 3 a été utilisée (où 0 n'a aucun effet sur les coûts et 3 est extrêmement important). Par exemple, des résultats de recherche concluants en 'Forage-Fragmentation' n'auraient aucun impact sur les coûts de 'forage de définition' (attribution de la cote 0) mais seraient potentiellement extrêmement important pour diminuer les coûts de développement et les frais causés par le support de terrain (d'où la cote 3 pour ces 2 items). Après avoir assigné une cote à chaque axe, en fonction de chacun des postes de dépenses, la cote obtenue était alors multipliée par le pourcentage des coûts de chacun des postes de dépenses. En utilisant le même exemple avec l'axe 'Forage-Fragmentation' qui avait une cote 3, cette valeur a été multipliée par 8,1 % provenant de l'importance du poste de dépenses 'Développement'. Le résultat, rapporté aux lignes des sous-totaux, est obtenu en faisant la somme des multiplications précédentes pour chaque thème de dépenses, c'est-à-dire extraction des chantiers, services sous terre, services en surface, services techniques et administratifs, et traitement du minerai. La cote finale rapportée à la ligne 'Total – Frais direct d'exploitation', est obtenue en additionnant tous les sous-totaux.

Interprétation du tableau

En comparant les résultats des Tableaux 14 et 15, une plus grande différence entre l'importance des axes de recherche apparaît lorsque la pondération des coûts d'exploitation est ajoutée. L'ordre d'importance des axes reste toutefois très similaire. Les réponses des participants intégraient aussi la notion de l'influence des axes sur les coûts d'exploitation d'une mine puisqu'on leur demandait de prioriser les axes en fonction de leur importance sur les opérations minières. Même si, sur le seul paramètre des coûts d'exploitation, l'étape 'forage-dynamitage' ne représente que 6,2 % des frais totaux, cette activité est au cœur même du processus d'extraction et a des répercussions sur toute la chaîne des travaux qui s'ensuivent. Ainsi, une amélioration de la fragmentation entraînera des économies substantielles dans les autres centres de coûts.

Tableau 15 - Compilation des coûts inscrits dans le plan long terme

 Ressources naturelles Canada		Natural Resources Canada		PROJET DÉFINITION DES AXES DE RECHERCHE MOYENNE DES MINES MÉCANISÉES Compilation des coûts inscrits dans le plan long terme				Axes de Recherche Importance relative dans la structure des coûts d'exploitation							
Pondération 0 aucun effet 1 peu pertinent 2 très important 3 extrêmement important		Tonnage (Tonnes) 12 500 000 10 ans 3 450 Tonnage annuel à l'usine 1 259 000										Forage et Fragmentation	Ingénierie de l'environnement physique	Ingénierie d'extraction	Remblayage et sujets connexes
Réserves inscrites Plan long terme Durée prévue d'exploitatin Tonnage Journalier Tonnage annuel à l'usine		Métal récupéré, oz Au et Ag ou tonne métrique pour les métaux de base Centre de coûts Dépense directe d'exploitation		\$ CDN	\$ US	% coûts	\$ CDN/ TM								
Développement Court terme															
Extraction des chantiers															
	Forage de définition	\$974 876	\$731 157	1,5%	0,77	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0
	Développement	\$5 150 607	\$3 862 955	8,1%	4,09	3	2	3	0	0	3	2			
	Support de terrain	\$1 738 436	\$1 303 827	2,7%	1,38	3	2	2	1	1	3	2			
	Forage et Dynamitage	\$3 953 574	\$2 965 181	6,2%	3,14	3	2	3	1	1	2	2			
	Soutirage	\$5 656 693	\$4 242 519	8,9%	4,49	3	2	1	2	3	2	2			
	Remblayage	\$5 699 254	\$4 274 441	8,9%	4,53	2	1	2	3	2	1	1			
	Supervision Extraction	\$2 196 133	\$1 647 100	3,4%	1,74	0	2	2	1	1	1	1			
	Autres	\$1 511 019	\$1 133 264	2,4%	1,20	1	2	1	1	1	1	1			
Sous-total Extraction		\$26 880 592	\$20 160 444	42,2%	21,35	1,0	0,8	0,9	0,6	0,6	0,8	0,7			
Services Sous terre															
	Concassage/marteau/grizzly/hissage	\$2 603 122	\$1 952 342	4,1%	2,07	2	1	2	1	3	0	0			
	Entretien équipements mobiles	\$1 230 845	\$923 134	1,9%	0,98	2	1	1	1	1	0	1			
	Entretien équipements fixes et infrastructure	\$3 511 328	\$2 633 496	5,5%	2,79	1	1	1	1	1	0	1			
	Manutention équipements & matériel	\$844 649	\$633 487	1,3%	0,67	1	2	2	1	0	0	2			
	Ventilation et Chauffage Mine	\$3 354 106	\$2 515 579	5,3%	2,66	1	3	2	0	1	0	1			
	Supervision Service sous terre	\$1 369 961	\$1 027 471	2,2%	1,09	1	2	1	1	1	0	1			
	Autres	\$1 231 839	\$923 880	1,9%	0,98	1	1	1	1	1	0	1			
Sous-total Services sous terre		\$14 145 851	\$10 609 388	22,2%	11,24	0,3	0,4	0,3	0,2	0,3	0,0	0,2			
Services Surface															
	Entretien Bâtiments & gardiennage	\$854 575	\$640 931	1,3%	0,68	0	0	0	0	0	0	0			
	Entretien équipements fixes et mobiles	\$315 854	\$236 891	0,5%	0,25	0	0	0	0	0	0	0			
	Opération du camp/Transport du personnel	\$0	\$0			0	0	0	0	0	0	0			
	Supervision Surface	\$112 997	\$84 747	0,2%	0,09	0	0	0	0	0	0	0			
	Autres	\$329 436	\$247 077	0,5%	0,26	0	0	0	0	0	0	0			
Sous-total Services surface		\$1 612 862	\$1 209 646	2,5%	1,28	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0			
Services Technique & Administratif															
	Ingénierie	\$1 810 076	\$1 357 557	2,8%	1,44	0	0	2	1	0	0	0			
	Géologie	\$1 169 461	\$877 096	1,8%	0,93	0	0	2	1	0	0	0			
	Ressources humaines et Santé-sécurité	\$2 119 736	\$1 589 802	3,3%	1,68	0	3	1	1	0	0	0			
	Consultant	\$1 198 035	\$898 526	1,9%	0,95	0	0	0	0	0	0	0			
	Direction & secrétariat/comptabilité	\$2 664 091	\$1 998 068	4,2%	2,12	0	0	0	0	0	0	0			
	Autres	\$492 665	\$369 499	0,8%	0,39	0	0	0	0	0	0	0			
Sous-total Services Tech & Adm		\$9 454 065	\$7 090 549	14,8%	7,51	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0			
Total exploitation au Collet du Puits		\$52 093 369	\$39 070 027	81,8%	41,38										
Dépense de traitement du minéral															
	Transport à l'usine	\$317 289	\$237 967	0,5%	0,25	1	2	2	1	0	0	0			
	Usinage	\$8 887 798	\$6 665 848	14,0%	7,06	2	2	2	2	0	0	0			
	Environnement	\$2 029 034	\$1 521 775	3,2%	1,61	2	0	2	3	0	0	0			
	Autres	\$372 511	\$279 383	0,6%	0,30	2	0	2	2	0	0	0			
Total - Traitement du minéral		\$11 606 631	\$8 704 973	18,2%	9,22	0,4	0,3	0,4	0,4	0,0	0,0	0,0			
Total - Frais directs d'exploitation		\$63 700 000	\$47 775 000	100,0%	50,60	1,7	1,6	1,7	1,3	0,9	0,8	0,9			
GRAND TOTAL DES FRAIS															

Taux de change US : 0,75

CDN\$/TM Coût unitaire en dollard canadien par tonne métrique usinée

Quoique son effet sur les coûts d'opération soit plus intangible, financièrement parlant, l'axe de l'ingénierie de l'environnement de travail demeure très important car il se répercute sur les coûts indirects reliés à la santé et la sécurité des travailleurs.

Enfin, puisque la ventilation des frais d'exploitation provient de leur analyse détaillée d'une moyenne générale pour des mines mécanisées, il est à noter que selon le pourcentage des coûts dans le Tableau 15, 81,8 % de l'ensemble des frais d'exploitation est requis pour amener le minerai jusqu'au collet du puits. Ainsi, la concentration du minerai à l'usine, incluant les coûts du traitement des résidus, ne représente que 18,2 % des frais d'exploitation. Sans dénier l'importance du traitement du minerai, il n'en demeure pas moins que l'extraction exige les plus grandes sommes d'argent dans une opération minière.

5.2.3 Axes prioritaires

Les résultats compilés détaillés visant le classement par priorité des axes se trouvent à l'Annexe C. Le Tableau 16, ci-dessous, fait le résumé des axes prioritaires.

5.3. Matériel et équipement d'extraction : Forage et Fragmentation

5.3.1 Définition telle que soumise aux participants

Toutes recherches reliées au développement de nouvelles méthodes ou équipements de forage et de fragmentation du roc. Dans son sens le plus large, cet axe comprend toutes les techniques de forage, le développement d'explosifs et les techniques de tir mais, également, toutes les méthodes innovatrices de fragmentation du roc ne faisant pas appel aux explosifs.

5.3.2 Besoins et commentaires exprimés par les participants

Les étapes de forage et de fragmentation du roc, incluant les équipements qui s'y rattachent, influencent grandement l'opération minière dans son ensemble. À titre d'exemple, le gabarit des équipements et les performances de forage gouvernent bien souvent la dimension des galeries. Le faible niveau de précision ainsi que la déviation des trous de forage limitent généralement l'espacement entre les sous-niveaux de forage. Il est reconnu que la précision du forage effectué a une conséquence directe sur le taux de dilution. En effet, les trous déviés qui aboutissent à l'extérieur du plan de forage désiré, produisent alors des bris hors-profil qui résultent en l'effondrement des éponges. Ceci cause malheureusement de la dilution additionnelle. D'autre part, il est important de considérer que les activités de déblayage, de hissage et de concassage doivent composer avec la granulométrie du matériel à remonter en surface. Également, bien sûr, il faut considérer tout le matériel stérile supplémentaire à manipuler.

Tableau 16 - Résumé des axes prioritaires

Axe de recherche	Poids	Poids/ Coûts	Définition et exemples
Forage et Fragmentation	2,2	1,6	Nouvelles méthodes ou équipements de forage et de fragmentation du roc. Ex. : techniques de forage, développement d'explosifs, techniques de tir, méthodes innovatrices de fragmentation du roc sans explosifs.
Ingénierie de l'environnement de travail	2,0	1,5	Amélioration des facteurs environnant les humains sous terre. Ex. : développement d'équipements motorisés à faible émission de gaz polluant, techniques de travail et équipements plus ergonomiques, contrôle de la température et des effets reliés à l'exposition à la chaleur, contrôle de la ventilation.
Ingénierie extraction	1,9	1,7	Approche conceptuelle des méthodes d'exploitation. Ex. : planification de la stratégie et des séquences d'exploitation, conception des chantiers d'extraction et des travaux de développement, ingénierie reliée à la stabilité des ouvertures minières.
Remblayage et sujets connexes	1,8	1,2	Amélioration des techniques actuelles de préparation et transport du remblai et développement de nouvelles techniques. Ex. : mise au point d'équipements de préparation de remblai en pâte portables et moins dispendieux, optimisation des techniques de transport, disposition du remblai.
Manutention stérile et minéral	1,8	0,9	Télé-opération et fonctionnement semi-automatique des équipements de transport et de déblaiement du matériel.
Soutènement et contrôle de terrain - développement	1,7	0,8	Équipements, méthodes ou autres systèmes pouvant améliorer le cycle de travail et la stabilité des travaux de développement.
Logistique et service	1,4	0,9	Techniques et équipements pouvant optimiser la gestion du matériel sous terre : équipements de production et soutien à la production.

Poids: valeur moyenne attribuée par tous les participants.

3 = technologies vitales pour assurer la prospérité ou la survie, 2 = très important, 1 = souhaitable, 0 = sans objet, -1 = inadéquat, et p.o. = pas d'opinion.

En raison de la déviation plus importante des trous de forage de petits diamètres et de la complexité de la morphologie des gisements à filons minces, les exploitants de ce type de gisement ont jugé cet axe un peu plus prioritaire que ceux exploitant des gisements de type massif. Toutefois, plusieurs exploitants de gisements massifs ont souligné que la stabilité des ouvertures souterraines, en grande profondeur, serait grandement liée aux défis du forage et de la fragmentation.

La fracturation du roc, telle que présentement effectuée avec les explosifs, empêche toute opération en mode continu puisqu'il oblige systématiquement d'organiser les travaux par cycle. Une percée dans le domaine de la fragmentation en continu, possiblement sans l'usage d'explosifs, qui casserait la roche en produisant une granulométrie fine et régulière, en continu, faciliterait certainement la mécanisation et la robotisation. Il en résulterait ainsi des impacts majeurs en ce qui a trait à la réduction des frais d'exploitation.

Cependant, jusqu'à ce jour, les explosifs demeurent sans conteste la voie la plus économique pour fracturer, en grande quantité, de la roche dure. D'ailleurs, l'introduction récente des détonateurs électroniques démontre qu'il est toujours possible d'innover dans ce domaine et qu'il est important d'y poursuivre la recherche. Malgré ce constat, pour des utilisations particulières, telles que le percement de tunnels et de monteries, la fracturation par moyens mécaniques s'est avérée économique. Aussi, de récentes innovations démontrent qu'il serait possible de fracturer le roc par des méthodes thermiques de façon à remplacer économiquement les explosifs pour l'extraction des gisements à filons minces. Cependant, il reste beaucoup à faire pour déloger économiquement les explosifs du cycle d'extraction dans les opérations minières et des sommes importantes devront être investies pour permettre une percée majeure dans ce domaine.

Lors des travaux de développement, un avancement en continu serait particulièrement avantageux à l'échelle du quart de travail. Le fonctionnement par cycle, et les pertes de temps causées par l'évacuation des gaz de tir, les déplacements des équipements et le soutènement du terrain, limitent la productivité sous terre. Qui plus est, les activités de dynamitage ont généralement lieu à la fin du quart et lorsque, pour une raison quelconque, elles sont retardées, les activités du quart suivant sont passablement perturbées. Il est à souligner que les activités se déroulant en milieu captif sont particulièrement affectées par le fait que les équipements ne peuvent être facilement déplacés vers des endroits de travail alternatifs.

Au niveau des chantiers d'abattage, la nature cyclique des opérations influence fortement les exploitations minières employant des méthodes sélectives. Chaque opération de forage/dynamitage doit être attentivement planifiée et séquencée, en plus d'exiger beaucoup de coordination entre les différents quarts de travail afin de rentabiliser au maximum la séquence des opérations en minimisant les périodes d'attentes improductives.

Pour les exploitations employant des méthodes par longs trous, outre la qualité du devis de forage, la précision des forages affecte grandement la performance des sautages. La déviation

des trous par rapport au devis de forage affecte négativement la tenue des épontes, le taux de dilution, la granulométrie et, globalement, la récupération minière. Aussi, par un usage approprié de nouveaux types d'explosifs et d'accessoires de sautage, ou par de nouvelles techniques de fracturation sans explosif, les problèmes de dilution, et de fracturation involontaire des épontes, pourraient être minimisés à la source plutôt que d'essayer de combler les lacunes par du soutènement.

La télé-opération des équipements de forage entre les quarts de travail pourrait également réduire significativement les coûts de forage. De plus, dans certaines situations, telles qu'avec le forage de longs trous avec méthode par Alimak, la télé-opération pourrait conduire à une amélioration importante des conditions de travail et de la productivité.

5.3.3 Importance stratégique dans la structure de coûts

D'une façon quantitative, les frais reliés directement à l'extraction des chantiers représentent généralement une fourchette comprise entre 40 et 50 % des frais totaux (usinage inclus) et le forage, quant à lui, représente une portion variant entre 6 et 15 %, dépendamment du type d'exploitation.

Lors de l'extraction du gisement, la précision et la qualité des sautages influent directement sur le taux de dilution et sur la stabilité des épontes et, en bout de course, sur l'intégrité des ouvertures minières dans leur ensemble. Le pourcentage de récupération minière est également tributaire de la précision du forage et du découpage à l'intérieur des limites géologiques. Finalement, la qualité du produit créé par le forage et la fragmentation du roc influence directement le reste des activités de soutirage, concassage, hissage et usinage.

5.3.4 Analyse

Cet axe est jugé comme étant le plus prioritaire de la liste, en particulier par les universités et les centres de recherche. Ainsi, l'un des principaux problèmes répandus dans les mines canadiennes étant la dilution, une amélioration du côté forage et fragmentation aurait un impact significatif sur la productivité globale de l'opération.

5.4. Ingénierie reliée à l'environnement de travail

5.4.1 Définition telle que soumise aux participants

Développement d'équipements pouvant conduire à l'amélioration des conditions de vie et de travail sous terre, tels que le développement d'équipements motorisés à faible émission de gaz polluant, les techniques de travail et les équipements plus ergonomiques, le contrôle de la température et des effets reliés à l'exposition à la chaleur. Cet axe porte donc sur l'amélioration de la santé et de la sécurité des travailleurs à plus ou moins long terme ainsi que le confort du personnel lorsqu'il effectue ses tâches.

5.4.2 Besoins et commentaires exprimés par les participants

Bien que les normes finissent toujours par s'adapter à ce que la technologie permet (autrement les exploitations minières cesseraient leurs opérations), il n'en demeure pas moins que les mines doivent réagir au contexte réglementaire et au changement culturel qui s'opèrent continuellement. D'une part, pour diverses raisons, il y a généralement une propension à réglementer toutes les activités minières sous terre afin d'éliminer les risques. D'autre part, le travail physique effectué dans les mines faiblement mécanisées deviendra culturellement moins acceptable et est actuellement de moins en moins valorisé dans la société. Malgré qu'il y ait eu beaucoup de progrès en ce qui a trait aux conditions de vie sous terre depuis les 20 dernières années, le processus doit se poursuivre. Cette approche permettra de rendre le milieu plus intéressant, entre autres pour les jeunes travailleurs.

Sans porter préjudice aux réglementations actuelles, il y aurait peut-être lieu de procéder à une analyse pan canadienne des risques associés aux activités minières afin que les différentes instances provinciales responsables légifèrent et réglementent en fonction d'évaluations plus quantitatives et techniques des risques réels qui y sont associés. Dans plusieurs cas, une analyse de risque basée sur des données scientifiques solides permettrait d'obtenir une réglementation mieux adaptée aux nouvelles conditions d'opération. En raison d'environnements culturels distincts entre les provinces, on remarque des différences significatives de la réglementation à l'échelle canadienne. La différente gestion des explosifs entre le Québec et l'Ontario en est un bon exemple.

5.4.3 Importance stratégique dans la structure de coûts

Cet axe se trouve souvent en réaction aux nouvelles réglementations et normes mises de l'avant par les gouvernements et, en ce sens, n'engendre pas nécessairement des baisses des frais d'exploitation ou celles-ci sont très difficiles à quantifier, mais permet plutôt de maintenir les exploitations conformes aux nouvelles exigences.

Cependant, dans plusieurs cas, l'amélioration de la qualité de vie sous terre permet également d'éviter des dépenses reliées à certaines maladies professionnelles, telles que les mains blanches et les problèmes respiratoires.

De plus, le remplacement du carburant utilisé sous terre par des énergies plus propres aurait un effet sur la quantité de ventilation requise pour diluer les polluants, tels ceux associés au diesel. Ceci diminuerait alors les coûts d'exploitation puisque les coûts de l'énergie, qui incluent les frais de ventilation et de chauffage, s'élèvent à environ 10 % des frais d'exploitation.

Il est à noter que la proportion des coûts associés à la main-d'œuvre représente généralement entre 40 à 60 % des frais d'exploitation. Dans ce contexte, cet axe de recherche revêt une importance stratégique économiquement parlant. De plus, il est clair que la moyenne d'âge des

mineurs va en s'accroissant, et en conséquence, les coûts reliés à la santé des travailleurs vont également en augmentant.

5.4.4 Analyse

La valeur moyenne de cet axe est très importante. Il n'y a pas de différence marquée entre les divers groupes de participants. Cependant, il est à noter que les mines filoniennes ayant des conditions de travail souterraines plus difficiles pour le personnel, ainsi que les exploitations en profondeur, sont encore plus sensibilisées à l'importance d'une amélioration des techniques associées aux facteurs humains.

5.5. Ingénierie extraction

5.5.1 Définition telle que soumise aux participants

Cet axe fait référence à l'approche conceptuelle des méthodes d'exploitation et plus spécifiquement à la planification de la stratégie et à la séquence d'exploitation, à la conception des chantiers d'extraction, incluant les travaux de développement, ainsi qu'à toute l'ingénierie reliée à la stabilité des ouvertures minières. Cet axe touche également la conception et la localisation des infrastructures majeures, telles que les puits d'extraction, les monteries de ventilation et les autres accès permanents (ex. : passe à minerai et stérile). En fait, on vise ici à rassembler et analyser toutes les données permettant une meilleure conception de l'exploitation basée sur une approche s'accordant avec les réalités géologiques et les contraintes spécifiques du milieu.

Puisque cet axe est particulièrement vaste, chaque sous-axe sera traité séparément, sous les thèmes suivants :

- A) Intégration de toutes les informations disponibles (géomécanique, teneur du minerai, etc.)
- B) Définition du gisement
- C) Géomécanique et support des excavations
- D) Pré-concentration sous terre
- E) Optimisation des procédés/méthodes d'exploitation existants et conception de nouvelles méthodes

5.5.2 Besoins et commentaires exprimés par les participants

- A) Intégration de toutes les informations disponibles

En cours d'exploitation, la mise à jour et le transfert d'informations entre les différents départements revêtent une importance significative pour la planification et l'optimisation de l'opération minière. Beaucoup d'informations sont disponibles à l'intérieur de chaque

département technique ou opérationnel. Cependant, dans plusieurs organisations, on travaille encore sur de multiples plates-formes; une pour l'interprétation géologique du gisement, une autre pour la réalisation des plans d'ingénierie (travaux de développement et plans de chantiers), et une autre encore pour les informations de contrôle de terrain. Toutefois, le transfert d'informations d'un secteur à l'autre, même si toujours souhaitable, dépend souvent de la volonté de l'équipe technique, de l'effet de silo entre les départements et de la rigueur des procédures de travail.

Actuellement, des logiciels tels que Promine® et A-Mine semblent s'imposer pour ce qui a trait à la planification minière. Cependant, ces logiciels restent encore peu utilisés pour l'entrée et l'intégration de toutes les données géologiques. Souvent, la modélisation du gisement s'effectue à l'aide d'un autre logiciel spécialisé et le processus d'intégration s'avère laborieux entre les données géologiques de base, la caractérisation structurale et la planification minière courante ou à court terme, ainsi que l'information géomécanique et sismique et ce, intégrée en temps réel. D'autre part, MIRARCO met au service des compagnies minières un système de visualisation de multiples données sur la base du logiciel GoCAD. Cette initiative est fort intéressante malgré qu'elle semble plutôt se limiter à faciliter la visualisation en trois dimensions. Une poursuite de ces travaux plus approfondie, dans la même veine, est certainement recommandée. De plus, aucun des systèmes mentionnés plus haut n'est intégré aux logiciels comptables des entreprises et capables de faire des analyses financières; l'utilisation du chiffrier Excel demeure la norme. En résumé, les différents services techniques réussissent à fonctionner avec les logiciels disponibles, mais doivent composer avec les limites de chacun.

À première vue, la conception d'un super logiciel intégrant toutes les données disponibles et capable de réaliser une analyse fine et intelligente, tel un système expert, pourrait être une avenue à explorer. Considérant la complexité d'un tel logiciel, il serait probablement plus applicable d'opter pour des solutions facilitant l'importation/exportation de toutes les données et des résultats provenant des différents logiciels disponibles. Peut-être faudrait-il miser sur les outils de lecture des différents formats de données à l'entrée ainsi que sur le formatage uniforme des données à la sortie des logiciels. Si cette option va de l'avant, elle devrait être impérativement supportée par un ensemble ou un regroupement de compagnies utilisatrices afin d'en assurer l'uniformité.

B) Définition du gisement

La conception d'une exploitation minière et le choix de la méthode d'extraction la plus appropriée reposent sur la justesse de l'information géologique disponible. Au cours de la phase d'exploration, la stratégie de forage et les efforts de cartographie cherchent prioritairement à bien définir la zone minéralisée. Les zones adjacentes, situées dans les épontes supérieures et inférieures, sont généralement moins sous la loupe des géologues. Pour cette raison, la densité d'information est moindre en dehors de la zone minéralisée. Également, lors de l'observation et de l'analyse des carottes de forage, moins d'importance

est donnée à l'identification et à l'enregistrement des conditions de terrain. Bien souvent, faute d'informations géomécaniques suffisantes et précises, les paramètres opérationnels dictent la localisation des infrastructures plutôt que les conditions du terrain. Par exemple, le système de cheminées à minerai et stérile est souvent localisé afin de minimiser les distances à parcourir alors qu'il faudrait plutôt le localiser dans des zones où les propriétés géomécaniques plus favorables augmentent les chances de préserver leur stabilité et leur intégrité à long terme; une meilleure connaissance de la géologie permettrait donc de prendre, dès le départ, la décision la plus éclairée et rentable possible.

Malgré leur coût relativement important, une information disponible mais peu utilisée est celle tirée des forages aux diamants. Tout en sachant que la carotte récupérée ne représente qu'un relativement faible volume de roche comparativement au volume du gisement, il est surprenant que les données géomécaniques provenant de ces carottes ne soient pas récupérées et transférées systématiquement aux étapes ultérieures pour les travaux d'ingénierie de conception. Il y aurait donc avantage à étudier et conserver toutes les données disponibles. Le développement des outils permettant cette façon de faire serait certainement rentable. Par ailleurs, la juste interprétation d'un gisement dépend grandement de la localisation précise de l'interception du trou de forage avec la zone minéralisée, et ce, particulièrement pour le gisement à filons minces. Or, il semble qu'il reste beaucoup à faire dans ce domaine; plusieurs émettent aussi des doutes quant à la précision des systèmes de localisation actuels. Cette problématique devient plus aiguë lorsqu'il s'agit de définir un gisement en grande profondeur ou éloigné des infrastructures.

Finalement, compte tenu des coûts importants reliés à la définition d'un gisement et du temps requis pour ce faire, il y aurait probablement avantage à s'inspirer des méthodes utilisées dans les forages d'exploration où l'on fait couramment usage de la géophysique pour tirer une information plus complète et précise des trous de forage afin d'améliorer la connaissance du gisement.

C) Pré-concentration sous terre

La pré-concentration sous terre pourrait être une avenue intéressante afin d'optimiser globalement le transport et résoudre la problématique reliée au hissage du minerai et du stérile, et au retour du remblai sous terre. Le principe est intéressant mais, globalement, est-ce rentable? La réaction mitigée et le très faible support qu'a obtenu ce concept laissent des doutes sur sa pertinence. En premier lieu, donc, une étude économique est nécessaire pour répondre à cette question. Si cette option semble être avantageuse économiquement, alors ce sous-axe de recherche devrait prendre son plein envol.

D) Géomécanique et support des excavations

Tous s'entendent pour dire que l'information de base est disponible via, entre autres, le guide de contrôle de terrain de Charette et Hadjigeorgiou (1999)⁽⁵⁰⁾. De même, beaucoup

d'informations spécialisées et pointues existent ou du moins sont générées par plusieurs scientifiques. Toutefois, cette information ne chemine pas toujours jusqu'à la planification et la production quotidienne. Certaines compagnies minières bénéficient parfois d'un support technique important à l'échelle corporative et partagent cette expertise entre leurs opérations. Malheureusement, ce n'est pas nécessairement le cas pour les compagnies minières de plus faibles dimensions.

Lors de la planification d'une méthode d'exploitation ou l'établissement d'un plan d'exploitation à long terme, certaines mines font cependant une analyse plus poussée à l'aide de modèles numériques. Toutefois, bien que ceux-ci soient très utiles, ces modèles numériques ont leurs limites de prédictibilité (nature imprécise de la géologie structurale et des contraintes multiples inhérentes aux gisements) et d'applicabilité (temps requis pour l'analyse des résultats, coût important de l'instrumentation et équation difficile à résoudre entre le risque 0 et celui qu'une opération doit, par définition, assumer). À l'aide de capteurs et d'instrumentations diverses, beaucoup d'informations concernant la stabilité des ouvertures minières peuvent être colligées et intégrées dans ces modèles. Toutefois, dans un contexte opérationnel, le temps relativement long écoulé entre la prise de données et l'interprétation des résultats limite grandement l'utilisation efficace de l'information.

Au niveau des travaux de développement, le temps et les sommes d'argent consacrés au support de terrain revêtent une importance cruciale dans le cycle de minage. Souvent, l'installation trop laborieuse de soutènement forcera le raccourcissement des volées afin d'être en mesure d'atteindre les objectifs fixés pour le cycle. Cette étape devient alors le facteur limitatif. En terme de coûts, la consolidation du terrain représente entre 25 et 50 % des frais de développement. De plus, l'utilisation de supports appropriés, dès le début des opérations, minimiserait les frais prohibitifs de réhabilitation, permettant de garder des exploitations en opération.

En dépit d'une expertise canadienne de qualité en géomécanique et contrôle de la stabilité des ouvertures minières, les besoins en recherche demeurent importants surtout pour les mines profondes où les pressions sont d'autant plus grandes. Une panoplie d'outils reste à développer. Par exemple :

- 1) Outils d'évaluation des contraintes en trois dimensions et de façon continue (x, y, z et t), efficaces, rapides, peu dispendieux et simples à utiliser.
- 2) Intégration des informations géodynamiques et géomécaniques à l'intérieur des modèles numériques afin de prévoir la mouvance des contraintes et des déplacements en fonction des activités de minage qui prennent place sous terre.
- 3) Outils mieux adaptés pour l'évaluation de la performance des différents supports disponibles tant pour les contraintes soudaines et violentes que pour celles qui s'accumulent plus ou moins constamment au fil des jours et des semaines.

E) Optimisation des méthodes de minage et conception de nouvelles méthodes

Le choix et la mise au point de la méthode la plus appropriée revêtent une importance cruciale pour l'exploitation d'un gisement. De multiples facteurs, tels que la morphologie du gisement, les propriétés géomécaniques, les équipements disponibles, font en sorte que chaque gisement est un cas d'espèce. Également, il existe, dans un même gisement, beaucoup de variantes de la même méthode. La mise au point d'une méthode d'exploitation innovatrice permet souvent d'exploiter à profit un gisement jugé auparavant marginal en employant les méthodes existantes.

Le développement de nouvelles méthodes d'exploitation appelle souvent la modification et le perfectionnement d'équipements existants ou la mise au point de nouveaux équipements. Par ailleurs, les concepteurs d'équipements, eux, sont en attente des besoins définis par une nouvelle méthode d'exploitation et évaluent la possibilité d'amortir les importants frais de développement avec un marché suffisant (situation de poule/œuf avec équipements/méthode).

Dans le même ordre d'idées, l'exploitation des gisements à grande profondeur va très certainement nécessiter le développement de méthodes d'exploitation innovatrices se pliant à la fois aux caractéristiques propres de chaque gisement et aux fortes contraintes géomécaniques en place. Cette réalité sera d'autant plus vraie pour les gisements où la géologie est compliquée.

Le développement d'une méthode propre à un gisement provient de l'importation d'idées et du transfert de connaissance de d'autres exploitations minières opérant dans des conditions similaires. Ce transfert s'opère généralement par l'embauche de personnes ayant l'expertise, et grâce à des échanges avec d'autres exploitants miniers. Toutefois, il a été fait mention de l'échange parfois difficile entre les différents camps miniers, particulièrement entre le Québec et la région de Sudbury. La grande distance entre les camps miniers, joint à la lourde charge de travail du personnel technique et de supervision, en serait probablement la cause.

Les méthodes d'exploitation appliquées pour les gisements de type massif sont généralement efficaces et optimisées, et bénéficient d'équipements automatisés disponibles sur le marché. Cependant, pour une percée majeure en automatisation, les méthodes télécommandées devront tenir compte des interactions personnes-machines, c'est-à-dire une ré-engénierie en profondeur visant à maximiser la productivité afin de permettre l'utilisation concurrente des opérations à distance et des activités nécessitant l'intervention de l'homme. Il en va tout autrement pour les gisements plus étroits (1 à 2 mètres de largeur) où l'on fait usage de méthodes sélectives (chambre magasin) ou méthodes par longs trous de petits diamètres. Pour les raisons de productivité ainsi que celles mentionnées dans l'axe touchant l'ingénierie reliée aux facteurs humains, on devra inévitablement développer des nouvelles

méthodes d'exploitation afin de mécaniser les méthodes sélectives et rendre ainsi le travail du mineur plus aisé.

5.5.3 Importance stratégique dans la structure de coûts

L'ingénierie minière, incluant sa zone d'influence, représente entre 75 et 85 % des frais d'exploitation, dont 40 à 50 % proviennent des coûts associés à l'extraction des chantiers. L'axe est également important parce qu'au moins 25 % des coûts unitaires des galeries est attribuable à l'installation du support de terrain, qui se trouve nécessairement définie par la méthode de minage. Par ailleurs, on ne soulignera jamais assez que la santé et la sécurité, ainsi que l'optimisation d'une opération minière, débutent toujours sur la planche à dessin suivi par une bonne exécution sous terre. À titre d'exemple, les erreurs de planification découlant d'une évaluation erronée du contour de chantier, ou du volume des réserves, peuvent conduire à des pertes financières importantes et même, quelquefois, conduire à la fermeture de l'opération minière.

5.5.4 Analyse

Cet axe est considéré de valeur relative très importante. Cependant, la grande différence entre l'évaluation donnée par les mines, mécanisées ou non (1,7), et celle donnée par les universités (2,2) (Tableau 14) est à noter. Ceci s'explique par le fait que les universités sont plus portées sur les projets à longs termes et de nature plus conceptuelle, tel le développement de logiciels et de notions géomécaniques. De plus, l'expertise de pointe en géomécanique dans les universités canadiennes est très importante.

Cet axe a également une importance pour le développement de l'expertise canadienne exportable internationalement.

5.6. Matériel et équipement d'extraction : Remblayage et sujets connexes

5.6.1 Définition telle que soumise aux participants

Amélioration des techniques actuelles de préparation du remblai et développement de nouvelles techniques, incluant la mise au point des équipements de préparation de remblai en pâte portables et moins dispendieux. Également, optimisation des techniques de transport et de disposition du remblai.

5.6.2 Besoins et commentaires exprimés par les participants

Mines non mécanisées et de faibles volumes: Les exploitations à plus faible volume sont désavantagées par les coûts de construction des parcs à résidus et d'une usine de remblai en pâte. Une réduction significative des coûts associés au remblai en pâte aurait donc un impact appréciable.

Mines mécanisées: Généralement, le défi réside dans la réduction du coût des liants qui garantissent une résistance aux contraintes suffisante pour assurer l'intégrité des épontes, et permettent la récupération minière optimale. Par rapport au remblai conventionnel, l'introduction du remblai en pâte a considérablement modifié et amélioré le processus d'extraction minière, entre autres en réduisant le temps de prise, en facilitant son confinement et en augmentant la rigidité du remblai pour une quantité égale de liant. Toutefois, l'amélioration du temps de prise et des qualités mécaniques du remblai est fortement souhaitée par l'ensemble des répondants, particulièrement pour ceux qui envisagent un jour exploiter en grande profondeur. Cependant, en raison de la chimie des matériaux disponibles et des propriétés géomécaniques du massif rocheux qui sont propres à chaque gisement, les besoins de recherche sont des cas spécifiques. Généralement, les exploitants investissent beaucoup pour développer leurs recettes optimales. Par ailleurs, il a été souligné par les professeurs de l'université Queen's que l'industrie minière consomme environ 70 à 80 % du ciment au Canada et qu'une percée pour réduire cette consommation pourrait avoir un impact important pour la réduction des gaz à effet de serre; la production de ciment générant une quantité importante de CO₂.

5.6.3 Importance stratégique dans la structure de coûts

Les répondants ne font pas tous usage de remblai dans leurs exploitations. Pour ceux dont c'est le cas, ces frais représentent autour de 9 % des frais totaux d'exploitation. Dans l'exploitation en vrac à grand volume, une utilisation optimale des liants engendre des économies significatives. Le remblayage fait partie intégrante de la méthode d'exploitation qui, elle, représente autour de 50 % de frais d'exploitation. Plus particulièrement, le remblayage peut avoir une influence importante sur la stabilité des épontes, la récupération complète des réserves minières, et la rapidité du cycle d'exploitation.

5.6.4 Analyse

Cet axe a été évalué très important par rapport à la moyenne. Les universités et les centres de recherche le considèrent plus important que les compagnies. De plus, les mines non mécanisées l'évaluent comme étant significativement plus important (2,2) que les mines mécanisées (1,3). Ce résultat s'explique par le fait que les mines mécanisées ont les moyens financiers leur permettant d'utiliser des remblais, dont le remblai en pâte, ce qui n'est pas toujours le cas des plus petites opérations.

Cependant, même pour les mines mécanisées, la mise au point de la recette idéale s'avère dispendieuse. Ces recettes sont en grande partie basées sur de nombreux essais et erreurs. De plus, celles-ci doivent être ajustées au fil des ans.

Finalement, à moins de proposer un tout nouveau produit, les coûts de tels développements peuvent être difficilement partagés par un groupe de compagnies puisque les matériaux disponibles sont propres à chaque mine.

5.7. Matériel et équipement d'extraction : Manutention stérile et minerais

5.7.1 Définition telle que soumise aux participants

Télé-opération et fonctionnement semi-automatique des équipements de transport et de déblaiement du matériel.

5.7.2 Besoins et commentaires exprimés par les participants

Plusieurs des répondants ont mentionné que la technologie de télé-opération, dans le domaine de la manutention du matériel rocheux, est déjà disponible et ne relève plus vraiment de la recherche. Toutefois, avant d'entreprendre l'implantation de la télé-opération ou des équipements semi-automatiques, chaque mine doit faire une analyse économique afin d'évaluer les circonstances où la télé-opération s'avère effectivement bénéfique économiquement (ex. : économies sur de courts déplacements ou obtenues avec les équipements stationnaires, tels les concasseurs et les systèmes de hissage). De plus, bien que le fonctionnement automatique entre les quarts de travail soit une technologie maintenant disponible, la rentabilité économique n'a pas été entièrement démontrée. Seules les compagnies majeures semblent y trouver leur compte. À moins que le parcours emprunté par les équipements ne s'y prête particulièrement bien, il reste bien des embûches et détails à régler, entre autres en regard à la fiabilité des systèmes. Dans le quotidien de plusieurs opérations minières, la télé-opération de chargeuses-navettes sur de courtes distances fait partie du processus courant d'extraction et apparaît comme très économique; la capacité de soutirer du minerai de façon télécommandée à l'intérieur même d'un chantier a avantageusement modifié les méthodes d'exploitation. Cependant, l'opération des chargeuses-navettes en mode télécommandé, loin du point d'opération, conduit à des coûts élevés en raison de la difficulté d'opération à distance. En effet, l'opérateur n'a pas une vision périphérique de l'environnement et du massif rocheux près de la machine, ce qui nuit aux manœuvres.

Il n'en demeure pas moins que la télé-opération, dans ses limites d'applications, fait définitivement partie du quotidien et du futur minier en souterrain.

5.7.3 Importance stratégique dans la structure de coûts

Le soutirage du minerai représente environ 5 à 9 % de tous les frais sous terre. Cette proportion varie en fonction de nombreux paramètres, entre autres, l'étendue du gisement et des systèmes en place, tels que la proximité des passes à minerai et stérile. Le hissage du minerai et du stérile représente de 3 à 4 % des frais. Sur la base de la structure de coûts, l'importance relative se chiffre à 0,8 sur un total de 3. Contrairement à l'axe de forage et fragmentation, qui est souvent l'élément critique dans une exploitation, une fois fragmentée, la manipulation du minerai n'est généralement pas la source de problèmes dans le processus d'extraction. Toutefois, cette situation n'est pas la norme dans toutes les opérations.

5.7.4 Analyse

L'importance relative de cet axe est moyenne et la majorité des exploitations semblent partager cette opinion. Cependant, cet axe apparaît plus prioritaire pour les mines mécanisées en raison de l'importance relative du tonnage du matériel rocheux à manœuvrer. Le principal équipement utilisé pour la manutention du matériel demeure la chargeuse-navette. Or, contrairement aux mines à ciel ouvert, la grosseur et la capacité des équipements demeureront toujours limitées par la grandeur possible des ouvertures minières et la capacité du réseau de ventilation. De plus, le développement et la mise au point de cet équipement sont considérés comme étant rendus à maturité; les manufacturiers offrent présentement aux exploitants une gamme variée de modèles et de capacités. La télé-opération, dans ce cas, offre le meilleur potentiel d'amélioration de la productivité.

5.8. Matériel et équipement d'extraction : Équipements de soutènement et contrôle de terrain pour le développement

5.8.1 Définition telle que soumise aux participants

Tous les équipements, méthodes ou autres systèmes pouvant améliorer le cycle de travail et la stabilité des travaux de développement.

5.8.2 Besoins et commentaires exprimés par les participants

Bien souvent, dans les exploitations mécanisées, la dimension des équipements de soutènement dicte la grandeur des ouvertures minières. De l'avis de tous, l'étape de soutènement ou de consolidation du terrain demeure toujours une étape à risque pour la sécurité des travailleurs. Des équipements existent (ex. : mini Bolter), mais ils sont dispendieux et leur disponibilité, due aux nombreux bris, est jugée insuffisante pour en justifier l'achat. En plus, ces équipements ne peuvent assurer la suite complète des opérations: grillage, béton projeté, boulons, etc.

L'industrie est toujours dans l'attente d'un système d'écaillage/boulonnage plus petit, plus fiable et abordable financièrement afin de supporter le terrain sans exposer le mineur et éliminer les risques que comporte cette étape. De plus, effectués manuellement, les travaux d'écaillage sont épuisants physiquement et le travail serait sûrement plus complet s'il pouvait s'effectuer mécaniquement avec un équipement adéquat.

5.8.3 Importance stratégique dans la structure de coûts

Cet axe prend son importance du point de vue économique, puisque 25 à 30 % du coût du développement des galeries est relié au soutènement. De plus, lorsque les conditions de terrain sont difficiles, cette étape constitue le facteur limitant dans l'avance des galeries. À ceci s'ajoutent les travaux de réhabilitation lorsqu'il est nécessaire de retourner dans des endroits abandonnés depuis longtemps. La pondération de son impact sur la structure des frais

d'exploitation donne à cet axe une importance relative de 0,8. L'impact principal en est certainement un à long terme, plus difficilement pondérable, mais visant à assurer la stabilité des galeries et influencer l'exploitation minière dans son ensemble. Finalement, cette étape pourrait également avoir un impact positif important s'il permettait d'accélérer le cycle des opérations.

5.8.4 Analyse

L'importance relative de cet axe est moyenne par rapport à l'ensemble des axes. Il n'y a pas de différence entre les mines mécanisées et les non mécanisées. Par contre, les universités ont donné une plus grande valeur à cet item que les mines en général. Ceci s'explique probablement par le fait que plusieurs des professeurs/chercheurs qui ont participé à l'exercice sont des spécialistes en contrôle de terrain. Un peu à l'exemple de l'axe de forage et fragmentation, l'exploitation des gisements en très grande profondeur rendra plus impérative une amélioration constante du processus de consolidation de terrain.

5.9. Logistique et service

5.9.1 Définition telle que soumise aux participants

Développement de techniques et d'équipements pouvant optimiser la gestion du matériel sous terre incluant les équipements de production et ceux de soutien à la production.

5.9.2 Besoins et commentaires exprimés par les participants

Cet axe concerne beaucoup plus le transfert de technologies que la recherche et le développement de nouvelles technologies. En ce qui a trait à la gestion des déplacements du matériel, l'industrie minière aurait beaucoup à gagner si elle importait et adaptait des technologies développées pour le transport du courrier (traçabilité des colis et des composantes importantes dans les chaînes de montage). Concernant la gestion de la flotte d'équipements, les mines souterraines accusent un retard important par rapport aux exploitations à ciel ouvert où la gestion est faite en temps réel. L'importation et l'adaptation des techniques de répartition utilisées dans les mines à ciel ouvert pourraient être une avenue intéressante afin de combler ce retard. Des projets de recherche en télécommunication souterraine sont probablement à prévoir dans cet axe.

Cependant, il est à noter que plusieurs répondants ont mentionné qu'il était possible de minimiser les pertes de temps et le gaspillage de matériel en exerçant simplement un bon contrôle des opérations sous terre.

5.9.3 Importance stratégique dans la structure de coûts

Le système de comptabilité d'une exploitation minière ne permet généralement pas de chiffrer les pertes en temps et en matériel sous-terre; une fois le matériel rendu à destination, au niveau

comptable, il est rayé du système d'inventaire et entré dans les dépenses. La gestion de ce matériel demeure alors sous l'entière responsabilité de l'équipe de supervision sous terre. Une amélioration de la gestion en souterrain permettrait probablement des économies significatives, tant pour le matériel que pour les pertes de temps causées par la recherche du matériel dont la localisation est erronée.

Pour ce qui est de la gestion des équipements de production, un tel système pourrait avoir un impact positif sur les coûts parce qu'il permettrait aux superviseurs de mieux gérer les ressources humaines et matérielles durant les quarts de travail. L'importance relative de 0,9 (voir Tableau 16) reflète ces commentaires.

5.9.4 Analyse

Tout en ayant obtenu une cote variant entre très important et souhaitable, l'importance moyenne pour cet axe par rapport aux autres axes est relativement faible. Les conclusions à tirer pour cet axe sont à l'effet que peu de recherche est requise. Il s'agit plutôt de réaliser un certain niveau de développement et surtout d'effectuer du transfert et de l'adaptation de technologies. Les mines ont indiqué que ces outils seraient bons à avoir, mais que ce ne sera pas ce genre d'avancement qui permettra d'être significativement plus productif dans les 10 prochaines années.

5.10. Consommation énergétique

La consommation électrique représente environ 10 % des frais de production pour les exploitations minières du Québec et cette proportion grimpe dans les provinces où les frais de l'énergie électrique au kWh sont supérieurs. L'extraction minière comme telle représente 60 % de la consommation énergétique alors que la concentration du minerai à l'usine complète le bilan. Même si la recherche en vue de réduire la consommation énergétique n'est pas apparue comme prioritaire et distincte lors des consultations, il n'en demeure pas moins que la consommation deviendra un enjeu important à l'avenir. C'est pourquoi il est important de rattacher cet élément avec les axes de recherche qui ont été jugés prioritaires par l'industrie.

L'établissement d'un bilan complet de la consommation énergétique aurait dépassé le cadre du présent rapport. Pour cette raison, l'analyse de l'importance de l'énergie sur les coûts d'opération est basée sur l'étude de Met-Chem Pellemon⁽⁴¹⁾. En dépit du fait qu'elle date de 1996 et que depuis ce temps des gains ont été réalisés au niveau de l'efficacité énergétique, la distribution de la consommation d'énergie ne s'est probablement pas modifiée notablement. Dans les grandes lignes, ce rapport mentionne que le potentiel d'économie de tous les répondants représentait 8,4 % du coût total de la facture énergétique, dont 4,3 % était rapidement réalisable. Depuis la production de ce rapport, des actions ont probablement été prises pour réaliser ces économies.

À titre informatif, par rapport au type d'exploitation, le tableau ci-dessous (Tableau 17) indique la consommation moyenne unitaire par tonne de minerai usiné à partir des données recueillies durant les années 1994 à 1996⁽⁴¹⁾. La consommation énergétique d'un site inclut l'électricité et les carburants, tels que gaz naturel, gaz propane et carburant diesel.

Tableau 17 - Consommation électrique moyenne pour une mine de type mécanisée et pour une mine de type non mécanisée

	Nombre de répondants	Minerai et stérile hissé (MJ/T)	Minerai usiné (MJ/T)	Consommation électrique (KWh/T)
Mine mécanisée	7	340	414	115
Mine non mécanisée	4	658	936	260

Sur la simple base des tonnes usinées, on remarque que la consommation spécifique varie considérablement entre les différents types d'exploitation. Les exploitations non mécanisées, généralement de type filonien, indiquent une consommation notablement plus élevée; le relativement faible tonnage extrait comparativement aux autres types d'exploitations explique cette particularité. Toutefois, si on compilait à nouveau les données sous l'angle de l'énergie requise par quantité de métal extrait, la teneur généralement beaucoup plus élevée du minerai extrait des gisements filoniens, et celle normalement plus faible des exploitations en vrac, égaliseraient probablement le niveau de consommation.

Le Tableau 18 résume la consommation reliée à l'extraction par type d'activités s'apparentant à ceux identifiés dans les axes de recherche prioritaires du chapitre 5.

Tableau 18 - Distribution de l'énergie en fonction des axes de recherche

Axe de recherche	Type d'activité	Mine mécanisée (%)	Mine non mécanisée (%)
Environnement de travail	Ventilation	31,0	16,0
	Chauffage	20,7	25,6
	Éclairage	0,6	0,5
		52,3	42,1
Manutention stérile et minerai	Chargement	7,8	11,0
	Air comprimé	0	5,9
	Transport	5,6	7,1
	Concasseur	1,2	0,5
	Treuil 80 %	6,8	4,3
	21,4	28,8	
Forage et fragmentation	Forage	1,8	1,0
	Sautage	1,1	0,9
	Air comprimé	13,3	5,9
	16,2	7,8	
Service	Pompage	4,8	5,7
	Treuil 20 %	1,7	1,1
	Autres	3,6	14,5
	10,1	21,3	
	Total	100	100

5.10.1 Recherche et développement pour réduire la consommation énergétique

Depuis 1996, les différents programmes incitatifs ont probablement permis les réductions de la consommation énergétique prévues de 8 %. Les principaux éléments composant le potentiel de réduction se résument ainsi :

- Automatisation du démarrage des compresseurs d'air;
- Réduction des fuites d'air comprimé;
- Arrêt ou réduction de la ventilation de la mine durant les périodes d'inactivité;
- Réduction de la vitesse de rotation de ventilateur durant la période hivernale;
- Contrôle du réseau de ventilation secondaire; et
- Remplacement des moteurs électriques pour des plus efficaces.

Les commentaires recueillis lors des entrevues indiquent que beaucoup d'optimisation fut effectuée dans les récentes années, particulièrement pour les exploitations de type mécanisé. Bien qu'il y ait toujours place pour l'amélioration, on ne peut espérer de gains appréciables au cours des prochaines années sans modifier considérablement le processus de production, ainsi que les équipements de production qui y sont associés.

Environnement de travail

Parce qu'il recoupe tout l'aspect de la ventilation, l'axe de recherche de l'environnement de travail se révèle comme le domaine de recherche pouvant avoir le plus d'impact sur la réduction des frais d'énergie. Le débit d'air est directement régi par le cumul de la puissance des engins diesels dans le réseau de ventilation minière. Or, la consommation énergétique de la ventilation et du chauffage est fortement dépendante du niveau de ventilation requis. C'est pourquoi le développement de technologies pouvant réduire le taux de ventilation, tout en conservant une qualité d'air rencontrant les normes de salubrité au travail, demeure de loin l'élément prioritaire afin de réaliser des gains énergétiques importants.

Forage et fragmentation

Même si dans le Tableau 18 le thème 'Forage et Fragmentation' se classe au troisième rang sur le simple plan du pourcentage de consommation, il se trouve néanmoins en amont de tout le processus d'extraction et de concentration du minerai à l'usine et est, de ce fait, prioritaire énergétiquement parlant. La sélectivité entre le minerai et le stérile, effectuée dans le processus de fragmentation lors des sautages, influence directement sur la quantité de stérile qui se mélange avec le minerai. Par conséquent, l'énergie requise pour remonter un surplus de stérile à la surface et le traiter à l'usine de concentration est une forme de gaspillage énergétique. La qualité de la fragmentation lors des sautages facilite aussi les opérations de chargement lorsque la grosseur des blocs est minimisée. Alors, une meilleure fragmentation résulte en des économies d'énergie dans les étapes de chargement du matériel rocheux et de son concassage par moyen mécanique au marteau-piqueur ou au concasseur.

Pour conclure sur ce sujet, bien que des possibilités d'optimisation de la consommation énergétique existent toujours, de toute évidence des réductions importantes et significatives pour la réduction des frais d'exploitation des entreprises minières passent par la mise au point de nouveaux processus de production et d'équipements.

6. INVESTISSEMENTS REQUIS POUR L'IMPLANTATION DU PLAN D'ACTION DANS LE BUT D'OBTENIR UN IMPACT DANS LES MINES SOUTERRAINES

6.1. Investissements courants en recherche

En 2002, les dépenses intérieures brutes en R-D au Canada, tous secteurs industriels confondus, atteignaient 20,8 milliards de dollars, dont 11,2 milliards étaient exécutés par les entreprises commerciales ⁽⁴²⁾, c'est-à-dire un peu plus de 50 % du financement provenait des compagnies. En d'autres mots, le total des sommes investies en recherche, toutes sources de financement confondues, représente 1,9 % du PIB ⁽⁴⁵⁾ dont 1 % provient du secteur privé.

À l'échelle mondiale, cet investissement est comparable à celui des entreprises commerciales de l'Italie, de la Norvège, des Pays-Bas, du Danemark, du Royaume-Uni et de la France. Par contre, les secteurs privés de certains pays sont plus actifs : l'Allemagne avec 1,7 % de son PIB, les États-Unis avec 2 %, le Japon avec 2,2 % et notamment la Suède avec 2,9 % ⁽⁴⁴⁾.

Au Canada, le secteur minier, incluant le sous-secteur des minéraux combustibles, investit plus de 5 fois ⁽⁴⁶⁾ le total dépensé par tous les autres secteurs des ressources combinés. C'est également beaucoup plus que ce qui se dépense dans le secteur des pièces et accessoires pour automobiles, ou dans les secteurs combinés de la construction, des équipements de transport, des communications et des services utilitaires (téléphone, gaz, électricité). En considérant tous les secteurs d'activités de l'industrie minière, celle-ci se classe au neuvième rang des plus importants investisseurs canadiens dans la R-D. Ainsi, le secteur des ressources naturelles est un important moteur d'innovation, dépensant plus de 34 milliards de dollars par année ⁽⁴⁷⁾ pour des technologies de pointe et d'autres investissements en capitaux (22 % du total du Canada), plus que tout autre secteur au Canada.

Par contre, lorsque l'on examine uniquement l'extraction des minéraux métalliques et non métalliques, le portrait change considérablement. Des 11,5 milliards de dollars que les compagnies canadiennes de tous les secteurs ont affectés à la R-D au Canada en 2000, seulement une fraction relativement infime, c'est-à-dire 30 millions, provenait du secteur de l'extraction des minéraux non combustibles. Cette R-D fut exécutée en Ontario à hauteur de 22 millions de dollars, au Québec à hauteur de 1 million de dollars et le reste ailleurs au Canada ⁽⁴⁴⁾. Ce montant, cependant, n'inclut pas tous les essais, la recherche et les développements qui se font à l'interne, dans les mines, et qui, au sein de plusieurs compagnies, sont comptabilisés comme dépenses courantes et non comme dépenses de recherche. Par exemple, en cours d'essais et d'expérimentation pour développer un nouveau processus de fragmentation, la compagnie Ressources Campbell a choisi de comptabiliser ses contributions à un projet de recherche qui se tenait à la mine Meston, près de Chibougamau au Québec. Elle constata alors avec étonnement qu'elle avait fait un investissement à la recherche de l'ordre de 250 000 dollars sur une période d'environ 6 mois.

Malheureusement, les dépenses de R-D ⁽⁴⁶⁾ dans le secteur des ressources naturelles ont tendance à suivre le prix fluctuant des métaux. Dans l'ensemble, 76 % ⁽⁴³⁾ des compagnies canadiennes font de

la R-D. Cependant, ce n'est qu'une minorité qui a son propre centre de recherche. Dans le domaine minier, ce phénomène s'est accentué ces dernières années avec la fermeture des centres de recherche de INCO à Sudbury et de Noranda (Centre de technologie Noranda) à Pointe-Claire.

6.2. Bénéfices de la recherche

Plusieurs études ont évalué les retombées sociales et sont arrivées à la conclusion que le retour sur l'investissement pour des projets de recherche fondamentale se situe généralement entre 20 et 50 %. En outre, Salter et Martin ont identifié 6 principaux types de bénéfices sociaux :

- accroissement des connaissances;
- formation d'étudiants gradués qualifiés;
- mise au point de nouveaux instruments scientifiques et de nouvelles méthodologies;
- création de réseaux et d'échanges sociaux stimulants;
- accroissement de la capacité à résoudre des problèmes; et
- création de nouvelles compagnies.

Par ailleurs, afin de donner un ordre de grandeur de la valeur des projets de recherche, une étude d'impact⁽⁴⁸⁾, effectuée sur 21 projets reliés à l'extraction minière et réalisés par les LMSM-CANMET, a chiffré les bénéfices de la recherche pour l'industrie minière. L'estimation des bénéfices revêt toujours un côté subjectif mais cette analyse, basée sur l'évaluation qu'en ont faite les ingénieurs qui avaient commandé les travaux, fournit à tout le moins un ordre de grandeur du retour sur l'investissement. De cette analyse, on peut dégager les tendances suivantes :

- Rendement bénéfices/coûts moyens de 2,5 sur les sommes investies;
- Durée des projets variant entre 1 et 10 ans, avec une moyenne de 3,5 ans; et
- Coût moyen des projets de 1 200 000 dollars.

Trois exemples parmi tant d'autres illustrent concrètement les bénéfices de la recherche :

1- Remblai en pâte

L'exploitation de la mine Chimo, près de Val-d'Or, fut prolongée grâce à une technique innovatrice : le remblai en pâte. Après 26 ans d'opération, un coup de toit, survenu en septembre 1992, a forcé la fermeture temporaire de la mine. Deux scénarios permettant la reprise des opérations ont été envisagés : soit l'abandon de 25 % de réserves minières sous forme de piliers pour soutenir les épontes, soit l'utilisation d'une nouvelle technologie de remblayage en pâte. La première alternative s'avérant plus ou moins économique, la compagnie Cambior a opté pour l'utilisation, à l'échelle industrielle, d'un procédé de production de remblai à haute densité. Ainsi, la poursuite, de façon sécuritaire, des opérations était tributaire de l'utilisation d'un procédé permettant d'obtenir un remblai ayant de très hautes performances en résistance mécanique pour éviter la dégradation du massif rocheux et y réduire l'accumulation de contraintes. Ce procédé découlait de travaux de recherche échelonnés sur une période de 10 ans, réalisés conjointement par INCO et par l'université McGill, dont les investissements avaient dépassés les 10 millions dollars. Cette technique a permis le prolongement des opérations à la mine Chimo pendant 4 années supplémentaires.

L'emploi de cette technologie innovatrice de remblayage s'est avéré aussi une solution très écologique en permettant de réduire de manière importante la quantité de résidus miniers entreposés. De plus, ce procédé a fait également école; Cambior a étendu l'utilisation de cette technique à 3 autres de ses opérations, permettant ainsi une diminution notable de ses frais d'exploitation tout en conservant plusieurs centaines d'emplois en région. Outre Cambior, plusieurs autres compagnies canadiennes bénéficient encore aujourd'hui de cette technique, tout particulièrement ceux qui exploitent en profondeur.

2- Détonateurs électroniques

En octobre 2000, un important coup de toit à la mine Brunswick près de Bathurst au Nouveau-Brunswick, a complètement bloqué l'accès à la zone minéralisée. Heureusement, aucune perte de vie ne s'en suivit mais une foreuse de production d'une valeur de 800 000 dollars a été détruite. Utilisés pour contrôler le stress, ces sautages de relâchement visent à casser la masse rocheuse afin de dissiper les tensions accumulées. Ceux-ci doivent être particulièrement bien contrôlés de sorte à ne fissurer que ce qui est requis. La mine Brunswick a donc fait preuve d'innovation en utilisant les détonateurs électroniques nouvellement développés qui permettent un contrôle extrêmement précis des délais entre les tirs, ce qui est impossible avec les techniques traditionnelles. En juillet 2001, ceux-ci ont permis à la mine de précisément faire sauter 353 000 tonnes de roche avec l'utilisation de 1504 détonateurs électroniques. Une semaine après ce sautage, l'accès à la ressource était de nouveau possible et les opérations ont pu reprendre normalement. Bien que ces détonateurs soient plus dispendieux, la vie de la mine a néanmoins été prolongée de façon significative. Dorénavant, la mine Brunswick, entre autres, utilise couramment les détonateurs électroniques lui permettant d'aller chercher de la minéralisation qui, autrefois, aurait été laissée pour compte.

3- Système de hissage

En 1994, suite à un programme fructueux d'exploration en profondeur à la mine LaRonde, Agnico-Eagle a entrepris le fonçage du puits Penna. La capacité de hissage nécessaire pour être économique requérait une cadence supérieure à 4 500 tonnes métriques par jour, à une profondeur de 2 240 mètres, avec un seul puits d'extraction, ce qui ne s'était jamais vu au Canada. Le fonçage d'un puits supplémentaire d'extraction, aux coûts dépassant les 100 millions de dollars, rendait l'exploitation de la ressource non économique. Dans ce cas particulier, Agnico-Eagle a pu bénéficier des travaux de recherche déjà effectués en Afrique du Sud dans le domaine des machineries d'extraction. Ainsi, un transfert technologique fut possible pour l'industrie minière canadienne faisant en sorte que les pratiques d'opération pouvaient alors permettre d'augmenter la charge de minerai hissé par le treuil, tout en respectant les normes de sécurité les plus strictes. Grâce à l'utilisation optimale d'un seul puits d'extraction, le fruit de la recherche effectuée en Afrique du Sud a permis de limiter les dépenses de capital à 10 millions de dollars et ainsi rentabiliser l'exploitation de la mine LaRonde, qui, présentement, emploie près de 500 personnes et exploite à un rythme supérieur à 7 000 tonnes par jours.

Dans les secteurs industriels en général, où l'on vend des marchandises, la recherche vise à développer de nouveaux produits qui assureront la survie des compagnies. Cependant, dans le secteur minier, parce que les minéraux et produits métalliques sont indifférenciés d'une compagnie

à l'autre, la compétition se joue plutôt sur les coûts de production. C'est pourquoi la réduction des frais d'exploitation, notamment par la recherche et le développement de méthodes et d'outils plus efficaces, devient l'élément clé.

La R-D s'impose également pour dépasser les conditions frontières actuelles, telles que celles qui sont rencontrées pour le minage en profondeur, dans le permafrost. Afin d'être capable de miner ces gisements complexes, dans des conditions sécuritaires, il s'avère incontournable d'augmenter le niveau des connaissances dans les domaines du contrôle de terrain, de la variabilité de la teneur, de la qualité du massif rocheux, de la fragmentation du roc, entre autres.

Afin de rester un leader mondial dans le domaine minier, la recherche au Canada devra supporter les PME et les manufacturiers canadiens qui pourront alors développer une expertise de pointe exportable. De plus, présentement, les équipements utilisés dans les mines canadiennes sont en grande majorité des équipements provenant de pays étrangers. Ceux-ci ne sont pas spécialement conçus pour répondre aux particularités des mines canadiennes. Lors des entrevues, les exploitants ont souligné qu'ils étaient contraints, faute d'alternative valable, d'utiliser les équipements présentement disponibles sur le marché même si souvent ceux-ci ne répondaient pas entièrement à leurs besoins; le fort gabarit et la fiabilité étaient souvent les principaux objets de leurs commentaires.

De plus, pour être capable d'attirer et de retenir une main-d'œuvre jeune et enthousiaste, il faudra continuer à améliorer et offrir des conditions de vie sous terre équivalentes aux autres secteurs industriels. La poursuite de l'application des meilleures pratiques et l'augmentation de l'effort de recherche pour l'amélioration des conditions de travail demeurent inévitablement les meilleures avenues pour y arriver.

6.3. Investissements requis

Au Canada, en 2002, le secteur de l'extraction métallique et non métallique contribue au PIB pour 8,5 milliards de dollars⁽⁴⁹⁾. Conséquemment, pour soutenir un effort de recherche équivalent aux autres secteurs industriels, c'est-à-dire **1,9 % du PIB** généré par le secteur minier, un investissement de 162 millions de dollars est requis annuellement.

Sur cette même base, en ne considérant que l'industrie de l'extraction métallique où *la contribution au PIB est de 5,2 milliards de dollars*⁽⁴⁹⁾, l'effort de recherche devrait donc s'élever à *99 millions de dollars*. Cependant, si l'on estime qu'environ 20 % des coûts d'exploitation sont engendrés par la concentration du minerai ainsi que le traitement et la disposition des résidus, alors l'effort de recherche, strictement pour l'exploitation, **s'élève à 79 millions**. Selon Statistiques Canada, **l'industrie y investit présentement 30 millions**⁽⁴⁴⁾ chaque année. Ces investissements essentiels doivent absolument se maintenir. En plus, tel que mentionné à la section précédente, des sommes importantes sont fréquemment investies en R-D sous terre mais non comptabilisées comme telles. Ayant des projets chapeautés au sein d'un regroupement structuré, tel que proposé au chapitre 7, la reconnaissance officielle des investissements de recherche et des contributions en

nature effectués régulièrement par l'industrie pourrait alors être facilitée puisque tous les projets seraient systématiquement comptabilisés adéquatement. Ainsi, avec la comptabilisation et la reconnaissance de tous ces investissements en tant qu'effort en recherche, il est fort probable que l'on constatera que *l'industrie contribue déjà tout près de sa quote-part* du 79 millions de dollars, c'est-à-dire *autour de 40 millions, soit équivalent à 50 % des fonds* généralement investis en R-D par les entreprises commerciales au Canada. D'autre part, les gouvernements, tant fédéral que provinciaux, n'investissent guère en recherche minière, sans compter que cette industrie bénéficie relativement peu des crédits d'impôt à la recherche⁽⁵¹⁾. Les sociétés minières exploitantes investissent des sommes importantes en R-D, que ce soit directement par des contrats auprès des organismes de recherche ou à l'interne, ou par l'acquisition de technologies issues de la R-D de tierces parties. Cependant, les régimes fiscaux des gouvernements fédéral, provincial et des territoires ne privilégient pas le secteur minier malgré sa spécificité. En effet, selon les informations obtenues auprès de compagnies minières, il semble que certains gouvernements provinciaux accordent un crédit remboursable. Cependant, au niveau fédéral, il apparaît qu'en raison des forts crédits d'impôt accumulés découlant d'autres sources d'investissements, dont disposent les compagnies minières, il serait beaucoup plus difficile d'obtenir un remboursement à court terme pour la recherche. De ces crédits, il faut également soustraire tous les frais liés aux dépenses administratives pour les obtenir. En ne considérant pas des initiatives à court ou moyen terme, telles que le Mining Innovation, Rehabilitation and Applied Research Corporation (MIRARCO, basé à Sudbury, environ 1M \$/année), SOREDEM (180K \$/année) et le consortium canadien de minage en profondeur (lequel s'élève annuellement à 1,1M \$ d'investissement gouvernemental, et où le financement n'est pas garanti à long terme de sorte que les chercheurs doivent constamment se débattre pour renouveler les demandes de fonds), *le seul financement gouvernemental continu et à long terme semble être celui d'une partie des LMSM-CANMET*, c'est-à-dire moins de 6 millions de dollars annuellement, dévolu aux programmes miniers. De ces 6 millions, le gouvernement fédéral reçoit de ses différents partenaires plus de 1,5 million de dollars en recouvrement de coûts pour des travaux contractuels de R-D. Ainsi, le gouvernement fédéral investit *autour de 4,5 millions de dollars annuellement*, reflétant un engagement à long terme. Les différents paliers de *gouvernements devraient donc faire un effort additionnel important, c'est-à-dire un peu plus de 35 millions de dollars annuellement*, si on anticipe une participation d'au moins 50 % en partenariat avec les gouvernements fédéral et provinciaux et l'industrie. Tous se doivent donc de faire un effort constant.

À la section 3.3, il a été démontré que le démarrage et l'exploitation d'une mine mécanisée génèrent, sur une période de 10 ans, des revenus de 155 millions de dollars aux différents paliers gouvernementaux. Donc, pour les gouvernements, la seule ouverture ou la prolongation de 2 mines additionnelles étant le fruit des travaux de recherche, sur cette même période, couvrirait l'investissement en R-D uniquement du point de vue financier. Également, la comptabilisation de tous les bénéfices fiscaux, tels les salaires liés aux effets induits, les autres bénéfices sociaux mentionnés plus haut⁽³⁶⁾, et les taxes municipales, amplifierait cette démonstration financière. Finalement, bien qu'ils soient plus difficilement quantifiables, les bénéfices comme le maintien d'une expertise de pointe exportable, et l'occupation du territoire font certainement partie de l'équation.

7. MODÈLE DU REGROUPEMENT DE RECHERCHE

7.1. Introduction

La rentabilisation des éventuelles ressources financières investies en recherche passe obligatoirement par l'organisation de son fonctionnement à l'échelle canadienne. Plusieurs modes d'organisations de recherche canadiennes et étrangères oeuvrant dans le domaine minier, et dans d'autres domaines des ressources naturelles tels que la foresterie, ou même l'agroalimentaire, ont été étudiés (voir Annexe D - sites Internet). Tous ces groupes ou organisations étaient, soit rattachés à des universités ou à des gouvernements, soit des corporations sans but lucratif. Deux modèles ressortent : celui ayant des employés permanents et des infrastructures, et celui, plus flexible, qui accorde ses contrats de recherche à la pige en fonction des besoins. Ce dernier modèle permet l'accès à un très grand bassin de chercheurs et d'équipements. Toutes ces organisations, par contre, avaient pour principal, sinon seul mandat, d'augmenter la productivité de l'industrie qu'ils servent, et tous exécutaient des travaux de recherche sur une base contractuelle. Ces organismes travaillent en partenariat avec l'industrie, les différents paliers de gouvernements et les universités. On y fait aussi souvent mention des PME, des manufacturiers d'équipements et des centres de recherche qui oeuvrent dans le même domaine.

Les avantages d'un regroupement structurant de recherche, dans son champ d'activités, sont nombreux :

- Doter le secteur minier d'une vision commune en R-D;
- Définir les projets de pointe qui correspondent à des axes de recherche identifiés;
- Donner accès à l'industrie à une expertise de pointe et multidisciplinaire;
- Partager les coûts et les risques associés à la R-D; et
- Bénéficier collectivement d'aide financière.

Basé sur ce que l'on retrouve dans la littérature, en général, ces organismes de recherche fournissent un ou plusieurs des services suivants :

- Études techniques;
- Veilles technologiques;
- Évaluation, amélioration et adaptation de produits;
- Développement de technologies, incluant le développement de produits commerciaux;
- Implantation et démonstration sur les sites;
- Services de consultation; et
- Réseautage entre les multiples intervenants.

7.2. Statu Quo?

Présentement, au Canada, la recherche minière fonctionne de façon segmentée; chaque groupe travaillant indépendamment tant pour ce qui est de la sélection des sujets que pour la recherche de financement.

La recherche de fonds est un problème particulièrement aigu. Premièrement, les ressources financières doivent être fréquemment négociées, projet par projet, et ce, de surcroît, sur une base annuelle. En l'absence d'une action concertée, les budgets de recherche sont relativement minimes par rapport aux besoins. Ainsi, MIRARCO a un financement annuel d'environ 1 million de dollars, lequel doit être renouvelé à chaque année; CAMIRO : environ 200 000 dollars; le consortium de minage en profondeur a un financement annuel de 1,1 million (gouvernement ontarien et industrie) assuré pour 5 ans en autant qu'il y aura un financement additionnel de 400 000 dollars annuellement provenant des ministères fédéraux. SOREDEM fonctionne également sur une base de projets, avec une moyenne de 180 000 dollars par année. Les fonds ainsi alloués sont péniblement acquis et engendrent souvent des délais considérables avant le démarrage des projets. De plus, l'exercice est d'autant plus pénible que chaque organisme pourvoyeur utilise des critères différents en fonction de leurs mandats spécifiques. Il arrive donc relativement régulièrement que la source de fonds dicte l'orientation de la recherche plutôt que les besoins réels de l'industrie. Il faut de plus mentionner que le Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada (CRSNG), lequel est une source de financement universitaire importante dans plusieurs domaines scientifiques, ne contribue guère aux projets d'extraction minière.

Finalement, les PME n'ont pas les ressources requises pour s'aventurer dans le dédale de la recherche de financement pour leurs développements et elles ne peuvent assumer entièrement les coûts des travaux puisque le marché potentiel à court terme est trop petit par rapport aux risques potentiels.

Par ailleurs, le fonctionnement actuel ne permet pas une approche concertée ni une vision globale des besoins et des solutions. Ainsi, les objectifs communs ne sont pas ciblés et peu d'information circule sur l'exécution des projets. L'industrie minière, en recherche, subit ainsi un effet de silo marqué. De plus, les chercheurs, faute d'échanges réguliers avec les exploitants, ont souvent de la difficulté à bien comprendre les besoins de l'industrie, et d'autre part, l'industrie connaît peu l'expertise disponible au Canada.

Pour toutes ces raisons, le statu quo s'avère inefficace. Il est ainsi recommandé de structurer un regroupement des intervenants de recherche afin de faciliter la communication entre toutes les parties intéressées, de faire front commun pour la demande de financement assuré à long terme et pour orienter les projets en fonction des axes de recherche prioritaires.

7.3. Mission du Regroupement

Mission

Coordonner la R-D ainsi que le transfert technologique afin d'assurer que l'industrie minière canadienne reste à l'avant-plan de l'innovation, en augmentant le nombre des exploitations à coûts d'opération compétitifs par rapport à la concurrence mondiale, tout en gardant comme priorité la santé et la sécurité des travailleurs miniers souterrains. Les détails d'une telle organisation se retrouvent à l'Annexe E.

7.4. Propriété intellectuelle et brevets

Les travaux de recherche résultent souvent en la création de produits ou de technologies qui sont brevetables. Lorsque requis, ces brevets pourraient être pris au nom du Regroupement, ou, à tout le moins, des clauses à cet effet devront absolument être incluses dans toutes les ententes contractuelles de R-D. S'il en est convenu comme tel dans les contrats, le Regroupement pourrait donc prendre à sa charge les frais associés à la prise et au maintien des brevets qui seraient effectifs dans les principaux pays à vocation minière. Par ailleurs, la mauvaise gestion de la propriété intellectuelle (PI) peut faire en sorte que certains projets sont tués dans l'œuf et il est primordial qu'une attention particulière soit constamment portée à cet item.

De plus, le Regroupement devra décider du genre d'entente de licence qu'il prendra avec ses partenaires. Pour les membres actifs, une des approches privilégiées est la licence non exclusive et sans redevance pour l'utilisation, sans droit de revente, au Canada, des brevets qui sont le fruit de recherches financées conjointement par l'industrie et par les gouvernements. Avec le droit d'usage, aucune garantie ne serait donnée, ni aucun droit à l'émission de sous-licence. Par ailleurs, lorsqu'un manufacturier, ou autre intervenant, désirera commercialiser une technologie dont la PI appartient au Regroupement, alors une licence de commercialisation devra être conclue et des royalties seront alors négociées.

Tout membre qui pourrait prendre connaissance de toute propriété intellectuelle devrait signer une entente de confidentialité et de non-divulgateion.

8. PLAN D'ACTION POUR LA R-D MINIÈRE AU CANADA

À la lumière de ce qui précède, afin de permettre l'implantation optimale des axes de recherche définis au chapitre 5, un plan d'action sera recommandé dans cette section-ci.

Pour assurer que les mines canadiennes demeurent concurrentielles, deux grandes approches face à la technologie sont requises :

- 1) l'introduction de technologies développées dans d'autres secteurs qui pourraient être adaptées au domaine minier;
- 2) le développement de nouvelles technologies.

8.1. Introduction de technologies existantes et partage d'informations

Diffusion et utilisation des meilleures pratiques

La mise au point de la meilleure pratique d'exploitation à l'intérieur d'une organisation est souvent l'aboutissement de plusieurs années de recherche et d'optimisation. Pour cette raison, à l'intérieur de l'industrie minière canadienne, les compagnies échangent régulièrement leurs meilleures pratiques d'exploitation. Il y aurait peut-être lieu d'encourager encore plus cette pratique. Cependant, certaines compagnies, particulièrement celle oeuvrant dans les minéraux industriels, sont réticentes à partager des informations, surtout lorsque les fruits de la recherche sont diffusés internationalement. Certains pays s'approprient alors les techniques et les équipements novateurs pour concurrencer les mines canadiennes. Des brevets devraient donc être pris chaque fois qu'il y a matière. Malgré tout, même avec un brevet, il arrive qu'il demeure difficile de protéger la propriété intellectuelle et cet aspect demandera une constante vigilance de la part de tous les intervenants.

Partage des connaissances

L'un des moyens les plus pratiques pour partager ses connaissances et ses expériences se présente lors de forums nationaux et internationaux. D'autre part, il pourrait aussi être très bénéfique pour l'industrie d'importer des technologies déjà développées dans d'autres secteurs industriels ou manufacturiers. Une façon efficace d'y parvenir est par la mise en place d'une veille technologique pour diffuser toutes pratiques pouvant être utiles à l'industrie minière. Les technologies évoluent rapidement, mais les renseignements utiles et pertinents ne sont pas ou peu diffusés dans les revues scientifiques.

8.2. Développement de nouvelles technologies

Regroupement des intervenants

Afin de rester concurrentiel, il est évident que de nouvelles technologies permettant une amélioration notable de la productivité s'avèrent indispensables. Pour faciliter ce développement, il est recommandé que des problématiques communes à plusieurs mines soient clairement identifiées et bien suivies (voir chapitre 5). De plus, le regroupement des entreprises et des manufacturiers par projet permet de partager les frais de recherche et développement en partenariat avec les différents niveaux de gouvernements. Par le passé, il a été démontré qu'il est possible de rassembler des compagnies minières autour de certaines problématiques lorsque les enjeux économiques sont importants et que les coûts de la recherche doivent être partagés. Cette approche, sous forme de consortium de recherche, favorise la réussite des projets de recherche et permet souvent l'obtention de résultats à relativement court terme.

D'autre part, l'attribution des contrats de recherche et développement devrait se faire en fonction de l'expertise respective des chercheurs et de leurs capacités ou opportunités de faire des alliances stratégiques afin d'obtenir des résultats concrets dans les délais prévus. Le choix d'un partenaire financier est également un élément clé pour assurer le succès des efforts de R-D.

8.3. Rôle des intervenants en recherche

Le succès d'un vaste et ambitieux programme de recherche repose sur plusieurs intervenants, dont principalement l'industrie minière dans toute son entité. Afin de réunir les conditions propices, les rôles de chaque intervenant ont été définis.

8.3.1 Rôle des entreprises minières

Ce sont les compagnies minières qui font face aux divers problèmes sous terre et, donc, ce sont elles qui ont des besoins à combler. Ainsi, il est essentiel que celles-ci définissent clairement les innovations technologiques pouvant avoir un impact significatif sur leurs coûts de production. À ce chapitre, l'industrie identifie assez facilement ses besoins à court terme puisqu'ils découlent généralement des situations d'urgence dans leurs opérations.

Cependant, de par son mandat, l'industrie a un peu plus de difficulté à avoir une vision sur un horizon de 10 ou 20 ans. Ce fait est souvent causé par la durée de vie des mines de plus petits volumes dont la survie n'est connue que sur quelques années. Ceci est également causé par le mode de financement même des compagnies minières où les investisseurs cherchent des rendements à courts termes. Il semble ainsi qu'il soit difficile pour l'industrie de définir ses besoins à moyen et à long terme et de les communiquer au milieu de la recherche.

Les entreprises d'extraction de minerais métalliques considèrent que leur mission consiste à extraire des minéraux au moyen de techniques relativement éprouvées. Plusieurs compagnies majeures faisant l'extraction de gisements de classe mondiale jugent que les techniques et le

matériel d'extraction utilisés pour leur exploitation sont au point. Sauf pour ce qui est de certaines adaptations relativement mineures, ces techniques et équipements n'ont pas changé depuis leur adoption et par conséquent, rien ne justifie de modifier profondément le processus de production actuel. Cependant, ces mines doivent composer avec des temps improductifs, particulièrement entre les quarts de travail, qu'il serait approprié de réduire significativement. Par contre, ceux qui doivent composer avec des gisements plus compliqués à extraire jugent qu'il est pertinent de poursuivre diligemment les efforts de recherche pour innover dans les processus de production et les équipements qui y sont associés.

Afin de réaliser les travaux de recherche, un regroupement des centres universitaires par thèmes ou projets de recherche, sous la supervision ou le mentorat d'un chef de file (champion) de l'industrie, s'avère essentiel. Ce représentant de l'industrie se doit d'être visionnaire et de posséder un bon leadership afin de faire évoluer correctement les projets et de favoriser l'application d'une nouvelle technologie à l'intérieur de son entreprise. Idéalement, chaque projet devrait avoir un champion pour assurer son suivi et son introduction dans son exploitation. Une supervision serrée de chacun des projets est essentielle. De plus, chaque projet devrait avoir un échéancier détaillé dont les étapes sont assorties de critères de réussite clairement définis afin d'évaluer, en cours d'exécution, la pertinence de la poursuite du projet. Malgré qu'il est reconnu que les opérateurs ont peu de temps à consacrer à la recherche, s'ils veulent des résultats à la mesure de leurs besoins, ils n'auront d'autres choix que de s'investir.

Il est également primordial que l'industrie sélectionne les bons champions pour siéger sur les différents comités reliés à la recherche et au développement. Ceux-ci doivent avoir à la fois une vision de la recherche et du développement, et une compréhension globale des besoins réels des opérations minières. Également, ils doivent pouvoir exercer une certaine influence au sein de leur compagnie. Malheureusement, des problèmes de disponibilité empêchent fréquemment la participation du personnel clef de l'industrie, lequel est souvent accaparé par des impératifs à court terme jugés prioritaires.

D'autre part, l'industrie a le mandat intrinsèque de bien gérer ses activités opérationnelles. Elle ne devrait pas compter sur la recherche pour tenter de remédier à une bonne gestion de l'information, des ressources humaines, matérielles et financières, c'est-à-dire des opérations minières dans leur ensemble, pour améliorer la productivité. À titre d'exemple, dans les mines fortement mécanisées, le contrôle de la logistique apparaît comme étant un besoin important qui pourrait souvent être comblé autrement que par le fruit de la recherche. Fréquemment, l'importation de technologies d'autres secteurs ou simplement l'application des meilleures pratiques pourrait réussir à combler les besoins de façon efficace et économique.

Finalement, l'industrie s'attend souvent à des réponses rapides, voire immédiates, à leurs besoins. La recherche est basée sur un processus d'expérimentation résultant fréquemment de plusieurs essais/erreurs qui nécessitent un certain temps avant d'obtenir des solutions concrètes aux problèmes posés; il en résulte souvent, malheureusement, un désintéressement de la part de l'industrie.

8.3.2 Rôle des centres de recherche et des universités

En recherche, le principal rôle des universités et des centres de recherche est, dans un premier temps, de proposer des concepts et des approches innovatrices, pratiques et réalisables aux problèmes d'aujourd'hui et de demain. Ils doivent également établir clairement les objectifs et les livrables des projets, leurs échéanciers et leurs budgets. Dans un deuxième temps, les universités doivent former des étudiants gradués en les arrimant sur des projets préférablement établis avec la collaboration de l'industrie.

Même si idéalement le regroupement des forces augmente le potentiel de succès, les coalitions entre universités et autres partenaires de recherche ne sont pas nécessairement faciles à établir. Les chercheurs, au fil des années, développent leurs propres réseaux et ont tendance à les maintenir, et ce, en dépit du besoin d'expertise variant en fonction des projets à réaliser.

On reproche aussi un manque de continuité dans les projets en raison des priorités variables en fonction des représentants changeants de l'industrie; les mandats donnés aux chercheurs ne sont pas toujours clairs. Il n'est pas évident, non plus, d'effectuer à la fois le financement du projet et sa réalisation, et ce, sans compter les tâches parallèles d'administration et d'enseignement qui doivent se poursuivre. En résumé, les attentes sont trop grandes de la part de l'industrie et il en résulte un désintéressement face aux projets de nature fondamentale.

D'un autre côté, les chercheurs universitaires et des centres de recherche devraient sortir régulièrement de leurs laboratoires afin de bien saisir les besoins sur le terrain et être au parfum des réalités opérationnelles.

8.3.3 Rôle des PME et des manufacturiers

En matière de nouveauté dans le procédé d'extraction, l'une des principales activités d'innovation des exploitations minières est l'acquisition de machinerie, d'équipements ou d'autres technologies liées aux méthodes d'extraction. Ainsi, le développement de nouvelles méthodes d'exploitation ou l'amélioration de celles existantes passent généralement par le développement de nouveaux équipements. Les manufacturiers sont donc des acteurs importants en recherche en raison de leur capacité à développer des équipements innovateurs. Ils possèdent également un bon esprit d'entrepreneuriat, élément clé pour avancer les projets de développement. Ils sont habituellement à l'affût des opportunités d'affaires et à l'écoute des besoins de l'industrie. Cependant, ils éprouvent, eux aussi, des problèmes à financer leurs projets de recherche. La construction d'un équipement novateur provient souvent d'une demande particulière d'un client (mine). Toutefois, avant de procéder, les manufacturiers doivent s'assurer d'un marché minimum afin d'amortir les frais de recherche et développement.

Beaucoup de petits manufacturiers bouillonnent d'imagination pouvant conduire à la réalisation d'équipements novateurs. Cependant, ils n'ont pas les ressources nécessaires pour mener de front leurs activités régulières et les projets de recherche et développement. Même lors de

regroupement de partenaires, faute de moyens, leur implication est souvent en nature. De plus, l'obtention d'un contrat d'importance relègue souvent la recherche loin dans l'échelle des priorités. Par ailleurs, même lorsque l'expertise de certains manufacturiers et d'entrepreneurs se complète, le regroupement de manufacturiers n'est pas toujours évident pour des raisons de concurrence.

En résumé, les manufacturiers d'équipements sont des intervenants clés dans le développement de nouvelles technologies. Un maillage devrait forcément s'établir entre les PME et les manufacturiers d'équipements, certains centres de recherche et universités, et les opérations minières.

8.3.4 Rôle des gouvernements

En tout premier lieu, le monde de la recherche et du développement minier compte sur les différents paliers de gouvernements pour supporter financièrement, à long terme, ses initiatives, en plus de soutenir les efforts requis pour la démonstration et l'implantation de nouveaux procédés de production.

De l'avis de tous les répondants, il est absolument nécessaire d'arriver à une simplification et à l'harmonisation du processus d'obtention de fonds de recherche et développement à travers les différentes instances gouvernementales, tant fédérales que provinciales.

Finalement, les répondants s'accordent pour dire qu'il y a un besoin pour un ou des centres de recherche gouvernementaux. Ils partagent aussi l'opinion que ces chercheurs doivent travailler sur des questions d'intérêt général c'est-à-dire sur des problématiques communes. Dans ce cas, le financement des projets exécutés par les laboratoires fédéraux/provinciaux devrait être revu dans l'esprit de ce qui est proposé dans ce rapport. Par conséquent, les gouvernements devraient conserver un leadership en recherche minière, particulièrement pour les questions de santé et sécurité, entre autres, afin de bien appuyer les réglementations sur des travaux techniques et scientifiques prouvés.

8.4. Actions à entreprendre

Les actions plus spécifiques pour chaque intervenant peuvent se résumer ainsi :

Entreprises minières :

- Participer et financer la recherche de façon soutenue;
- Définir clairement les innovations technologiques pouvant avoir un impact significatif sur leurs coûts d'exploitation; et
- Sélectionner les bons chefs de file pour siéger sur les différents comités reliés à la recherche et au développement.

Centres de recherche et universités :

- Proposer des concepts et des approches innovateurs, pratiques et réalisables aux problèmes d'aujourd'hui et de demain;
- Établir clairement les objectifs et les livrables des projets, leurs échéanciers et leurs budgets;
- Former des étudiants gradués et les arrimer sur des projets préférablement établis en collaboration avec l'industrie; et
- Communiquer étroitement avec l'industrie afin de bien saisir leurs besoins et comprendre leurs réalités opérationnelles.

PME et manufacturiers :

- Établir un solide maillage ou réseautage entre les PME, manufacturiers d'équipements, centre de recherche, universités et opérations minières afin d'améliorer les chances de succès pour la fabrication et l'introduction de nouveaux équipements visant à améliorer les méthodes d'exploitation; et
- Être à l'affût des opportunités d'affaires et à l'écoute des besoins de l'industrie.

Gouvernements :

- Supporter financièrement, à long terme, les initiatives et efforts des partenariats de recherche pour la démonstration et l'implantation de nouveaux procédés de production;
- Simplifier les processus d'obtention de fonds de recherche et développement; et
- Assumer le rôle de diffuseur d'information à l'échelle nationale et effectuer des recherches sur les questions d'intérêt national.

Tel que mentionné plus haut, tous les participants s'accordent à dire que la question monétaire est la principale embûche pour le bon déroulement des travaux de R-D. Actuellement, les chercheurs passent une vaste proportion de leur temps en quête de financement. Également, la poursuite efficace des projets demande plus de certitude dans la continuité des sources de financement.

À la lumière des rencontres effectuées, le financement des projets de recherche pourrait être facilité par les actions suivantes :

- **En tout premier lieu, s'organiser collectivement pour mettre en place un partenariat industrie-gouvernements qui devra financer de façon stable et soutenue pour les 10 prochaines années, répartis dans au moins 2 engagements de 5 ans, le programme de recherche afin de le mener à bien.**
- Regrouper des entreprises et des manufacturiers, par projet, ce qui permettra de partager les frais de recherche et développement en partenariat avec les différents niveaux de gouvernements;
- Orienter les fonds provenant de diverses sources vers les axes identifiés comme étant prioritaires par l'industrie minière, les associations, les PME, les manufacturiers, les gouvernements et les organismes de recherche;

- Élaborer et mettre en place un mécanisme d'attribution des fonds minimisant le temps requis pour les montages financiers nécessaires à la réalisation des projets (pratique d'un guichet unique pour financement);
- Sélectionner les partenaires financiers capables d'assurer le suivi et le support monétaire des projets pour en assurer le succès; et
- Attribuer des contrats de recherche et développement en fonction de l'expertise respective des centres de recherche et des universités, et de leurs possibilités de faire des alliances stratégiques afin d'obtenir des résultats concrets dans les délais prévus.

9. CONCLUSION

Avec une production annuelle de 77 milliards de dollars, l'industrie minière canadienne demeure, dans son ensemble, un des piliers essentiels de l'économie canadienne et continue d'assurer la prospérité du pays. Elle crée 80 000 emplois directs et 300 000 emplois indirects. La masse salariale qui en découle annuellement est de l'ordre de 4,3 milliards de dollars. Plus d'un million de Canadiens et plus d'une centaine de collectivités dépendent, d'une façon ou d'une autre, du secteur minier.

Même si elle est moins visible et revendicatrice que d'autres secteurs auprès des décideurs politiques et des citoyens, l'apport des industries de l'extraction minière et du traitement des minéraux représentait, en 2002, 38,1 milliards de dollars, soit 3,6 % du PIB canadien alors que le remarquable secteur de la haute technologie ne contribuait que pour 3,0 %. La richesse générée par l'industrie minière constitue également une source importante de revenus alimentant les systèmes fiscaux du pays. Entre autres, au cours de sa vie, une exploitation mécanisée d'envergure moyenne, de par sa masse salariale, à elle seule, générera plus de 155 millions de dollars en impôts payés aux deux paliers de gouvernements. Elle nourrit les régions urbaines du pays en demande de biens et services, mais également de capacité d'affinage de métaux. Par ailleurs, les activités minière et forestière font battre le cœur des régions. Sans ces régions, l'occupation du territoire canadien se résumerait à une mince bande le long de la frontière américaine.

D'importantes ressources minières canadiennes de métaux sont localisées en profondeur et, de ce fait, 75 % des ces exploitations s'effectue par méthodes souterraines. Ces méthodes, avec moins de conséquences pour l'environnement comparativement aux mines à ciel ouvert, sont, par contre, plus complexes. Plus encore, une importante quantité du potentiel minéral est localisée dans des gisements à très grande profondeur, dans des gisements à teneur élevée et à moindres tonnages, ainsi que là où les conditions géomécaniques moins propices rendent leur extraction plus complexes. Ces caractéristiques du potentiel minéral canadien, combinées au contexte socio-économique en évolution, obligent les compagnies à innover et à améliorer le processus d'extraction si elles désirent garder une industrie minière active et économiquement rentable au Canada. La poursuite accélérée du développement de nouvelles technologies visant l'amélioration de la productivité, et de la santé et sécurité dans les mines canadiennes, apparaît comme l'élément clé pour assurer la survie face à la compétition internationale, et la prospérité de l'industrie dans les 10 à 20 prochaines années.

Suivant une vaste consultation faite auprès de l'industrie minière, des centres de recherche, des universités, des consultants, des PME, des manufacturiers, des associations minières et des gouvernements, il s'avère que la recherche visant à améliorer les méthodes d'extraction devrait porter sur les axes de recherche jugés comme prioritaires afin de maximiser l'impact sur le processus d'extraction minière. Les quatre plus importants axes identifiés sont :

- ▶ Forage et Fragmentation;
- ▶ Ingénierie reliée à l'environnement de travail;
- ▶ Ingénierie extraction; et
- ▶ Remblayage et sujets connexes.

Par ailleurs, le leadership et l'implication financière de l'industrie demeurent des éléments clés afin de faciliter les développements technologiques qu'elle requiert et d'améliorer leurs chances d'obtenir des réalisations concrètes. De plus, une bonne communication entre les chercheurs et les opérateurs est essentielle afin de favoriser une meilleure compréhension mutuelle des besoins, des défis et des échéanciers. En raison de l'importance des équipements dans le processus d'extraction, les manufacturiers sont également des joueurs clés dans le développement de nouvelles techniques d'exploitation. Pour obtenir du succès dans le développement d'équipements novateurs, il demeure essentiel de réaliser un maillage entre les compagnies minières et les manufacturiers d'équipements, les centres de recherche privés et universitaires. Par ailleurs, la recherche minière devrait être structurée de manière à favoriser les échanges d'expertises à travers le Canada en créant de solides partenariats évitant alors les duplications non nécessaires et favorisant une masse critique du savoir. À l'image de ce que l'on rencontre internationalement, cet effort de R-D devrait s'exercer, entre autres, par l'établissement de structures de recherche permettant de partager les risques et les coûts de développement.

Finalement, sans financement stable et soutenu, on ne peut s'attendre à des résultats probants en R-D. Compte tenu des défis à relever et des enjeux économiques, une plus forte implication monétaire des deux niveaux de gouvernements, de l'industrie et des manufacturiers s'impose. Pour conserver le leadership sur le plan mondial, un minimum de 79 millions de dollars devra être consenti annuellement sur un horizon d'au moins 10 ans pour financer des projets pouvant améliorer les méthodes et les technologies d'exploitation. L'industrie contribue déjà 30 millions de dollars annuellement, plus une autre contribution estimée d'une dizaine de millions pour les efforts des manufacturiers ainsi que les travaux en nature non comptabilisés et réalisés dans les mines. Tout considéré, si elles étaient bien reconnues, on constaterait que l'industrie investit probablement déjà sa juste part des contributions c'est-à-dire la moitié des sommes requises en R-D. D'autre part, les gouvernements fédéral, provinciaux et municipaux (dans les localités minières), compte tenu de tous les bénéfices qu'ils en retirent, devraient faire un effort majeur additionnel d'environ 35 millions de dollars annuellement afin d'équivaloir aux investissements de l'industrie. L'orientation des fonds, provenant tant du secteur privé que du secteur public, sous forme de partenariat fédéral-provincial-industrie, devrait viser à supporter tangiblement les axes de recherche identifiés comme étant prioritaires par l'industrie minière et les autres intervenants en recherche. De plus, la formation d'un corridor d'excellence entre les centres miniers de l'Ontario et du Québec serait une avenue intéressante à développer, vu la masse critique présente et les alliances potentielles entre l'industrie, les PME, les manufacturiers, les centres de recherche et les établissements d'enseignement qu'on y retrouve.

Il y a plusieurs années, l'industrie minière suédoise, ses manufacturiers et centres de recherche, face à la compétition internationale, se sont regroupés afin de travailler efficacement pour doter les exploitations minières d'équipements et de techniques productifs pouvant abaisser les frais d'exploitation et ainsi faire face à ses propres défis. L'exercice leur a été profitable. La Suède, en dépit d'un territoire de bien moindre dimension que le Canada et d'une production minérale beaucoup plus faible, domine largement le marché des équipements miniers. Il est à espérer qu'un effort de recherche important puisse rendre le Canada compétitif non seulement pour ce qui est de sa

production minérale, mais aussi pour ses équipementiers, ses manufacturiers et ses consultants. Les sommes investies y seront alors rentabilisées par un apport économique important, qui sera également dû au nombre d'emplois bien rémunérés d'un secteur minier vibrant. Aujourd'hui, au Canada, une situation équivalente à celle de la Suède se présente en raison des conditions particulières d'exploitation du potentiel minéral. Pour réaffirmer notre leadership mondial dans les techniques d'exploitation face aux pays tels que l'Australie et l'Afrique du Sud et arrêter l'érosion de notre industrie minière, il est impératif d'agir maintenant.

10. LISTE DES RÉFÉRENCES

- (1) Ressources naturelles Canada, Site Internet sur les Statistiques et faits sur les minéraux et métaux : <http://www.nrcan.gc.ca/statistiques/min%E9raux/default.html>
- (2) Ressources naturelles Canada, Présentation : Profile and opportunities for innovation, Q:\...\MTB Innovation Version July 30.ppt
- (3) MAC, The Northern Miner, Industrie Canada, Les métaux et les minéraux dans la vie des Canadiens.
- (4) Ressources naturelles Canada, Plan d'affaires du Secteur des minéraux et des métaux pour 2002-2004.
- (5) Mining Association of Canada. November 2001. Mining Innovation : An overview of Canada's dynamic, technologically advanced mining industry. 49 p. By Global Economics Limited.
- (6) Boutin, M., 15 septembre 2003. Le contexte minier Canadien.
- (7) Association minière de l'Ontario, communication personnelle.
- (8) Ressources naturelles Canada, Annuaire des minéraux du Canada 2001, Tableau 25, page 63.23 (Référence 88 du rapport de M. Boutin).
- (9) Compilation de l'Association Minière du Québec et The Economic contribution and fiscal contribution of the Mining Industry in Ontario, October 2002, Ontario Mining Association with the assistance and cooperation of the Ontario Ministry of Northern Development and Mines, realized by the Institute for Policy Analysis, University of Toronto and Datametrics Consulting Inc., page 10. (Références 21 et 22 du rapport de M. Boutin).
- (10) Drouin, C., 1991. Les innovations dans le monde minier québécois.
- (11) Tedesco, L., Copeland, A. and Hogan, L., 2002. Mining Technology Services in Australia, ABARE Research Report 02.9, Canberra.
- (12) Ressources naturelles Canada; Statistique Canada. Publication des calculs préliminaires de la production minérale du Canada. (Référence 5 du rapport de M. Boutin).
- (13) Ressources naturelles Canada, Secteur des minéraux et des métaux. 2002. Annuaire des minéraux du Canada.
- (14) Ressources naturelles Canada, Site Internet sur les Statistiques en ligne sur les minéraux et l'exploitation minière, Faits sur l'exploitation minière – Canada : http://mmsd1.mms.nrcan.gc.ca/mmsd/facts/canFact_f.asp?regionId=12
- (15) Government of Ontario. Ministry of Northern Development and Mines. (2002) Ontario Mining Cluster Strategy.

- (16) Government of Ontario. Ministry of Northern Development and Mines. (2002) Ontario Mining Cluster Strategy. Supplementary Information - Ontario Mining Profile.
- (17) Ressources naturelles Canada, Présentation MMS Transition Deck, slide 29.
- (18) Ressources Naturelles Canada, Activités d'exploration minérale de mise en valeur du gisement et d'aménagement du complexe minier au Canada, Ginette Bouchard, Tableau 3.c, page 3.24 (Référence 82 du rapport de M. Boutin).
- (19) Données gracieusement fournies par le MRNQ et par MDNM.
- (20) Ressources naturelles Canada; Statistique Canada. Publication des calculs préliminaires de la production minérale du Canada. (Références 108, 122 et 126 du rapport de M. Boutin).
- (21) Ressources Naturelles Canada, Annuaire des minéraux du Canada 2001, Exploration, mise en valeur du gisement et aménagements du complexe minier au Canada, Ginette Bouchard, Tableau 8, page 3.28 (Référence 110 du rapport de M. Boutin).
- (22) Polèse, M. et Shearmur, R. 2002. La périphérie face à l'économie du savoir. Institut national de la recherche scientifique/INRS-Urbanisation.
- (23) Wilkinson, D. 2004. Seeking specialization. The Northern Miner, January 2-8, 2004.
- (24) The Economic and Fiscal Contribution of the Mining Industry in Ontario-Datametrics Consulting Inc.
- (25) Mines and Aggregates Safety and Health Association, Report no. MS0101.1.
- (26) Site Internet de la Ville de Red Lake : <http://www.red-lake.com/>. (Référence 143 du rapport de M. Boutin).
- (27) Community profiles, selon le site « [www.2 Ontario](http://www.2ontario.com) ». (Références 144 et 146 du rapport de M. Boutin).
- (28) Ministry of Energy and Mines, Government of British Columbia, Site Internet : <http://www.gov.bc.ca> (Références 123 et 124 du rapport de M. Boutin).
- (29) Mining Association of British Columbia, Site Internet : <http://www.mining.bc.ca>.
- (30) The Mining Industry in British Columbia-2002. Pricewaterhouse Coopers.
- (31) Statistiques Canada, Recensement 2001.
- (32) Communication personnelle avec le gérant de la ville de Murdochville.
- (33) Évaluation de l'impact économique au Québec et au Canada de l'exploitation de gisements miniers, Gérard Laquerre, consultant. mars 2004.

- (34) Dion, Yves; Multiplicateur économique régional pour la région administrative de l'Abitibi-Témiscamingue, (région 08), Les multiplicateurs économiques régionaux, UQAT 1988.
- (35) Journal Les Affaires, 7 février 2004, pages 5-7.
- (36) Salter, A. and Martin, B., The economic benefits of publicly funded basic research: a critical review, Research Policy, 2001, Vol. 30, pp. 509-532.
- (37) Dennison, E., 1985. Accounting for growth. Harvard University press, Cambridge.
- (38) Vaikuntam I. Lakshmanan, Dan A. Macki, et Ramamrithan Sridhar. Politics of Mining, What They Don't Teach You in School, Published by the Society for Mining, Metallurgy, and Exploration Inc., pages 121 et 122.
- (39) National Mining Association. September 1998. The Future begins with Mining. A vision of the Mining Industry of the Future. USA. 16 p.
- (40) Tiré du mémoire du fond régional d'assistance à la prospection minière de la Gaspésie et des Iles, Février 2003. (Référence du rapport de M. Boutin page 46).
- (41) Association minière du Québec, Vérification énergétique des mines du Québec, Rapport synthèse 3-960417-00, Le Consortium MET-CHEM PELLEMON, août 1997.
- (42) Statistique Canada, « Activités scientifiques fédérales 2002-3 », mai 2003, Tableau 1.2, page 16 (Référence 157 du rapport de M. Boutin).
- (43) Impact Group. December 1999. Innovation in the Canadian Mining Industry, 1999 survey, for the Mining Association of Canada, 91 pages.
- (44) Statistique Canada, « Recherche et développement industriels – perspective 2002 », octobre 2002 (Références 174 et 187 du rapport de M. Boutin).
- (45) Barber, D.A., Can the Private Sector Get Canada into the Top Five Innovative Economies of the World by 2010? Final Report September 2003, page 4.
- (46) Deloitte & Touche. (August 2003) FedNor Pre-Feasibility Study for a Mining Technology Research Institute in Northern Ontario.
- (47) Site Internet de Ressources naturelles Canada, Développement durable.
- (48) CANMET Investment update: project description, février 1997. The Impact Group. 142 pages.
- (49) Ressources naturelles Canada, « Annuaire des minéraux du Canada 2001 », Tableau 7, page 63.8 (Référence 10 du rapport de M. Boutin).
- (50) Charette, F. et Hadjigeorgiou, J. (1999) Guide Pratique du soutènement minier. Publié par l'Association minière du Québec inc., 141 p.
- (51) Communication personnelle avec Gérard Laquerre.

ANNEXE A
Documents pour les visites de consultation



Ressources naturelles
Canada

Natural Resources
Canada

Mine-laboratoire
LMSM-CANMET

CANMET-MMSL
Experimental Mine

C.P. 1300
Val-d'Or (Québec) J9P 4P8
Tél. : (819) 736-4331

P.O. Box 1300
Val-d'Or, Quebec J9P 4P8
Fax: (819) 736-7251

Objet : Collaboration requise de votre opération minière afin d'établir un plan de recherche et développement minier

Monsieur,
Madame,

Tel que vous l'avez sans doute constaté, la faiblesse prolongée du prix des métaux depuis les dernières années a considérablement affecté, de façon générale, la compétitivité de l'industrie minière canadienne. Pour faire face à cette situation, votre entreprise a probablement optimisé l'efficacité de ses opérations de façon importante et poursuit ainsi cette démarche. En plus de tous ces efforts, il demeure incontournable que l'avenir de l'industrie minière repose sur des possibilités d'exploiter les gisements avec des méthodes et des équipements novateurs.

Afin de favoriser la recherche et le développement, plusieurs membres de l'industrie minière et autres organismes, tels que Développement économique Canada (DEC), Canadian Mining Industry Research Organization (CAMIRO), le ministère des Ressources naturelles du Québec (MRN), et la Société de recherche et développement minier (SOREDEM), logeront auprès des divers décideurs politiques fédéraux et provinciaux une demande de contribution significative pour relancer la recherche et le développement dans le secteur minier. Afin d'avoir une démarche concertée, SOREDEM a mandaté les Laboratoires des mines et des sciences minérales de CANMET pour définir un plan d'action en recherche et développement et justifier ses recommandations sur des bases économiques.

Afin de bien allouer les fonds importants qui pourraient éventuellement être octroyés à la recherche et au développement, il est impératif de développer une vision d'ensemble afin d'éviter la duplication des projets dans certains domaines. Par ailleurs, la sélection des axes de recherche ayant le plus d'impact sur la rentabilité et la sécurité pour les opérations minières est également un des principaux objectifs de ce projet. Par conséquent, votre participation serait donc essentielle pour établir cette sélection.

En bref, ce projet vise à :

- Répertorier et classer les projets de recherche en cours, principalement ceux pouvant avoir un impact significatif et ayant de bonnes chances de réussite.
- Définir les axes de recherches prioritaires pour améliorer la compétitivité et la sécurité pour les exploitations minières souterraines.
- Évaluer les investissements et le temps (requis pour l'exécution des travaux de recherche et la mise en application des conclusions) qui seront nécessaires afin d'obtenir un impact significatif.

- Chiffrer les retombées économiques des innovations technologiques sur l'emploi, sur le démarrage de nouvelles opérations minières, sur les communautés et sur la structure économique de l'industrie minière en région.
- Soumettre les arguments essentiels et nécessaires pour appuyer toutes démarches auprès des décideurs de l'industrie et autres intervenants.

De manière à faciliter et accélérer le processus lors des rencontres, nous avons effectué un premier examen des besoins et priorités des opérateurs miniers en élaborant une synthèse de toutes les problématiques identifiées dans les études antérieures. De plus, les exploitants miniers nous ont fait part de diverses contraintes opérationnelles ainsi que de leurs besoins spécifiques en recherche et développement, lesquels ont été résumés dans le document ci-joint. Par conséquent, nous désirerions obtenir votre collaboration afin de valider, modifier ou compléter les axes de recherche que nous avons déjà identifiés, en nous basant plus particulièrement sur votre propre réalité. Pour ce faire, nous aimerions rencontrer quelques cadres responsables de votre organisation afin de recueillir vos commentaires et votre perception sur les orientations de recherche en fonction de votre problématique.

Afin d'appuyer notre argumentation, nous aimerions également obtenir un portrait des principaux centres de coûts de votre entreprise dans le but de cibler les secteurs où vous estimez que des innovations technologiques sont possibles, lesquelles pourraient augmenter de façon notable la productivité. Pour ce faire, vous trouverez, sous pli, des tableaux qui, idéalement, devraient être complétés avant notre rencontre. De plus, afin d'appuyer l'étude économétrique, il nous est essentiel d'obtenir certaines données de production ainsi que vos critères économiques justifiant l'investissement requis. Bien entendu, toutes ces informations resteront confidentielles et ne seront utilisées qu'à des fins d'orientation.

Vous trouverez ci-joint un document additionnel donnant plus de détails sur les objectifs et le déroulement du projet.

En espérant recevoir une réponse favorable à notre demande, nous vous prions d'agréer l'expression de nos salutations distinguées.

Jean-Marie Fecteau, ing.

Louise Laverdure, ing., Ph.D.

Entente de services
LABORATOIRES DES MINES ET DES SCIENCES MINÉRALES
DE CANMET
DESCRIPTION DU PROJET

1.0 Titre : Définition d'un plan d'action en recherche et développement, essai et expérimentation favorisant la compétitivité et la sécurité des opérations minières souterraines.

2.0 Objectifs : Ce projet vise à :

1. Répertorier et classifier les projets de recherche en cours, principalement au Canada, afin de les regrouper selon certains critères définis au point 2 ci-dessous.
2. Définir les axes de recherche les plus pertinents et prioritaires pour améliorer la compétitivité et la sécurité des exploitations minières souterraines.
3. Évaluer les investissements et l'échéancier pour l'exécution des travaux de recherche et la mise en application des conclusions, et ce, afin d'obtenir un impact significatif.
4. Chiffrer les retombées économiques des innovations technologiques sur l'emploi, sur le démarrage de nouvelles opérations minières, sur les communautés et sur la structure économique de l'industrie minière en région.
5. Soumettre les arguments essentiels et nécessaires pour appuyer toutes démarches auprès des décideurs de l'industrie et autres intervenants.

3.0 Mise en contexte : La faiblesse prolongée du prix des métaux et la découverte et la mise en exploitation de gisements d'importance majeure localisés dans de nouveaux pays producteurs ont considérablement affecté la compétitivité des entreprises minières canadiennes. De plus, le prix déprécié des métaux, combiné à un faible tonnage de nos gîtes par rapport à ceux d'autres pays, a comme conséquence que la production minière au Canada, et principalement au Québec et en Ontario, continue à décroître dangereusement. En effet, dû au contexte géologique, les gisements de l'Abitibi-Témiscamingue et ceux de la région Nord-du-Québec sont principalement de type filonien. La complexité de leur exploitation et leur moindre volume de production font en sorte que les compagnies majeures démontrent peu d'intérêt pour ce type de gisements. D'autre part, le renouvellement des ressources minérales canadiennes passe aussi par la mise en

exploitation de gisements en grande profondeur. Entre autres, à ces profondeurs, l'environnement de travail est très chaud et humide et les contraintes du massif rocheux très élevées; ces exigences additionnelles apportent de nouveaux défis pour leur mise en exploitation.

La survie de l'industrie minière exige des méthodes et des équipements novateurs qui permettraient d'exploiter nos gisements. Cependant, la mise au point de nouvelles technologies exige un effort financier d'envergure. Ce besoin en R&D inflige à l'industrie minière un double fardeau ; d'une part, des investissements élevés pour explorer et trouver des gisements et, d'autre part, des dépenses considérables pour développer et introduire de nouvelles technologies et des équipements pour les exploiter. Étant donné que la mise en exploitation est conditionnelle à la découverte de gisements, l'investissement en R&D est proportionnellement beaucoup plus faible.

La faible marge bénéficiaire des producteurs actuels les empêche de participer à un effort de recherche imposant; plusieurs dossiers valables et techniquement solides sont présentés aux organismes de recherche, dont SOREDEM, mais ne peuvent être financés faute de moyens. La plupart des petites entreprises minières possèdent peu de ressources de sorte que les fonds destinés à la recherche et au développement sont limités par la nécessité de satisfaire des besoins impératifs à court terme. Par ailleurs, le désintéressement des compagnies majeures pour l'exploitation des petits gisements aggrave encore plus cette problématique ; puisqu'elles sont plus solides financièrement, elles auraient pu plus facilement contribuer à l'effort d'innovation. Par conséquent, la recherche de financement pour chacun des projets, séparément, requiert beaucoup de temps et d'efforts de la part des intervenants.

D'autre part, la problématique n'est pas seulement d'ordre économique; elle reflète également un phénomène de société. La jeune génération, bénéficiant d'une plus grande accessibilité à l'éducation que celle qui l'a précédée, a, de ce fait, accès à une panoplie d'emplois spécialisés. Or, la mécanisation et la robotisation répandues dans les sphères industrielles en général, ont progressé plus rapidement que dans les exploitations minières. Ce phénomène est particulièrement évident dans le cas des gisements à veines étroites qui sont plus difficiles à mécaniser parce qu'étant de petites dimensions (Drouin, 1991). Le recrutement de la main-d'œuvre devient donc problématique pour combler les emplois requérant une force physique. De même, dans les mines à grande profondeur, l'environnement s'avère plus hostile dû à la chaleur intense qui y règne. Pour ces raisons, entre autres, on constate un désintérêt pour le métier traditionnel de mineur.

Les problématiques plus haut mentionnées seront certainement amplifiées par la dénatalité que l'on observe dans notre société. Bien que le ralentissement dans le secteur minier rende moins évidente, pour l'instant, cette difficulté, l'exploitant de gisements de type filonien, ou encore celui qui mine en profondeur, fait déjà face

à cette situation. En conséquence, à moins d'offrir une rémunération très supérieure au reste du marché, l'industrie minière sera incapable de recruter et de conserver la main-d'œuvre en quantité et en qualité suffisantes pour assurer sa survie. Or, en raison de la concurrence des nouveaux pays producteurs, la capacité de rémunération des compagnies canadiennes est limitée. En d'autres mots, quels seront les coûts sociaux et économiques réels rattachés au manque de développement des nouvelles technologies qui rendraient nos exploitations minières plus faciles à opérer et plus sécuritaires ? Le statu quo n'est donc pas une option acceptable.

4.0 Bénéfices :

Afin de faciliter le financement de projets de recherche, SOREDEM envisage présenter, à d'autres partenaires influents, tel qu'à Développement économique Canada (DEC), une demande de contribution majeure. L'aboutissement de ces projets pourrait avoir un effet déterminant sur la rentabilité des entreprises minières et la croissance de l'industrie manufacturière périphérique et serait un atout certain pour le soutien et le développement économique des régions. De plus, l'injection de ces fonds devrait améliorer la capacité concurrentielle internationale des entreprises québécoises et canadiennes. Également, cette contribution supportera l'effort financier d'une industrie minière en difficulté. Tout en appuyant les projets de recherche, les entreprises pourront ainsi partager les risques financiers rattachés à leurs efforts de recherche.

Le développement d'une vision globale de la recherche ainsi créée permettra d'éviter la duplication des projets dans certains domaines. De plus, l'établissement d'un processus efficace de sélection des projets visant à promouvoir ceux qui auraient le plus d'impact sur la rentabilité des entreprises minières et la sécurité du personnel maximisera les sommes allouées à la recherche. Cette approche permettra aussi de favoriser les alliances constructives et bénéfiques entre les différents organismes de recherche nationaux et internationaux. En conséquence, puisque chacun des projets est présentement subventionné individuellement, la simplification des processus de financement visera à maximiser les efforts consentis spécifiquement à l'avancement des technologies plutôt qu'à la recherche constante de soutien pécuniaire.

Finalement, la comptabilisation par des données économétriques, des retombées économiques ainsi que les impacts engendrés par l'introduction des nouvelles techniques et technologies en région, tant sur l'emploi que sur l'augmentation de produits manufacturés canadiens, donnera les arguments essentiels et nécessaires pour appuyer toutes démarches auprès des décideurs de l'industrie et autres intervenants.

5.0 Expertise :

CANMET, en raison de sa mission, de ses contacts et alliances avec plusieurs centres technologiques et universitaires, est bien informé des divers projets de recherche entrepris au Canada et dans les autres pays.

De plus, CANMET a développé une expertise dans le cadre du projet de recherche sur les gisements filoniens où un bon nombre d'entreprises minières a été visité à l'échelle mondiale afin de s'enquérir de leur problématique et de leurs besoins en recherche et en développement. Puisque qu'un nombre de gisements au Canada sont de type filonien, cette expertise sera un atout certain pour le présent projet.

Par ailleurs, CANMET ne possède aucune expertise dans les domaines d'évaluation des impacts par le biais d'étude économétrique. En conséquence, cette partie du travail se fera par des consultants spécialisés dans le domaine, en collaboration et sous la supervision de CANMET.

6.0 Approche :

Partie 1 – Recherche bibliographique et visites de consultation

Dans un premier temps, une recherche bibliographique sera effectuée. Deuxièmement, au moyen de visites de consultation, les principaux projets en cours ainsi que l'évaluation des besoins en recherche seront analysés. Les principaux projets et organismes visés sont :

Projets tels que :

- Minage en profondeur (Industrie, CANMET, CAMIRO)
- Programme d'évaluation des émissions diesel (Industrie, CAMIRO, CANMET)
- Développement sécuritaire et rapide (Industrie, CAMIRO)
- Programme d'automatisation MAP (Inco Limitée)
- Revêtements protecteurs (Falconbridge Limitée)

Organismes tels que :

- Centre de technologie Noranda
- Centre de recherche Inco
- Université de la Colombie-Britannique
- Université McGill/ École Polytechnique
- Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue
- Université Laval
- Laboratoires des mines et des sciences minérales de CANMET
- CAMESE et autres manufacturiers
- Ministère des Ressources naturelles du Québec
- COREM
- Hydro-Québec

Consultations auprès de quelques opérations minières autres que filoniennes. Les principales visées sont :

- Mine Fraser, Falconbridge Limitée
- Une mine de Inco Limitée
- Une mine du groupe Noranda à Matagami
- Mines Goldcorp et Campbell à Red Lake
- Autres selon les besoins

Partie 2 – Établissement des axes de recherche

- Évaluation et regroupement des problématiques communes à l'ensemble de l'industrie
- Évaluation de la pertinence
 - pour les coûts d'exploitation
 - pour la santé et la sécurité
- Évaluation de l'impact économique en région et sur l'industrie

La classification et la priorisation des axes de recherche seront établies en fonction de l'impact financier sur la structure des coûts de production ou sur la santé et sécurité. Le nombre d'entreprises minières affectées, de même que l'impact favorable éventuel sur la création d'emplois et le développement ou le maintien des communautés, feront aussi partie des critères de sélection.

Partie 3 – Évaluation du coût associé à la réalisation des axes de recherche ainsi que du temps requis pour atteindre un impact significatif

Une revue des projets antérieurs et de ceux dont l'échéancier arrive presque à terme sera effectuée et les efforts de recherche consentis pour chacun d'eux seront analysés et quantifiés. Ces efforts de recherche seront exprimés sous forme d'heures de recherche afin d'évaluer 1) l'échéancier et 2) les coûts requis pour les mener à terme. La ventilation des coûts inclura l'évaluation des frais contractuels indirects et de matériel.

Partie 4 – Économétrie : Évaluation des impacts économiques

La comptabilisation des retombées économiques sera évaluée en fonction de la masse salariale générée par les activités de l'industrie minière en région. Cette évaluation tiendra compte aussi des effets multiplicateurs en terme d'emplois directs et indirects.

En escomptant l'impact bénéfique de l'introduction de nouvelles technologies dans les exploitations actuelles, une estimation de la baisse des frais de mise en valeur et des frais d'exploitation sera effectuée. Cette évaluation sera faite à partir des coûts typiques que l'on observe dans les exploitations actuellement en opération.

En anticipant une réduction des coûts de production et des frais d'investissements initiaux, une évaluation sera faite pour déterminer le nombre de gisements susceptibles d'être exploités.

Finalement, sur la base des éléments cités plus haut, les retombées économiques, tant sur l'emploi que sur une éventuelle augmentation des besoins en produits manufacturés, seront estimées et chiffrées.

Parce que l'évaluation économétrique dépasse le champ d'expertise de CANMET, cette partie sera confiée, avec la collaboration et sous la supervision de CANMET, à une firme de consultants choisie selon un processus rigoureux de sélection (voir annexe C) pour effectuer ce genre d'évaluation.

7.0 Réalisations :

Le rapport final inclura :

- 1) l'énoncé des axes de recherche et des exemples de projets pouvant s'y rattacher.
- 2) l'échéancier et la quantification globale des montants requis pour s'assurer d'un impact significatif dans les opérations minières.
- 3) l'évaluation des impacts économiques engendrés par la réalisation des axes de recherche définis.
- 4) Les arguments essentiels et nécessaires pour appuyer toutes démarches auprès des décideurs de l'industrie et autres intervenants.

8.0 Référence :

Drouin, C., 1991. Les innovations dans le monde minier québécois, chapitre 14 : Quelques réflexions sur les innovations dans le monde minier, Gaétan Morin, éditeur. P. 255-270.

AXES DE RECHERCHE

Compagnie/Université/Centre de recherche: _____

Date, heure : _____

Lieu : _____

ORDRE DU JOUR

1. Introduction du projet
2. Forces influentes
3. Tableau des axes
4. Questionnaire
5. Tableau des coûts
 - À l'analyse des coûts de production, quelles sont les réductions possibles par centre de coûts ?
 - Quels montants investissez-vous annuellement en recherche et développement?
6. Résumé de la rencontre
7. Prochaines étapes
 - rapport intérimaire
 - validation des axes
 - rapport final avec étude économétrique

Nom de l'organisme :

Page 1 de 2

FORCES INFLUENTES
(« DRIVING FORCES »)

Importance relative	
***	= vital
**	= très important
*	= souhaitable
0	= sans objet
-	= inadéquat
p.o.	= pas d'opinion

➤ **Disponibilité / Coût des ressources humaines**

- **Compétition des autres secteurs / Migration vers les autres secteurs**
- **Disponibilité de main-d'œuvre compétente**
- **Dénatalité / Vieillesse de la population**
- **Faible renouvellement de la main-d'œuvre**

➤ **Faiblesse des marchés / Contexte économique**

- **Coût inférieur de la main-d'œuvre des autres pays producteurs**
- **Bonne disponibilité des ressources minérales des autres pays**
- **Réglementation environnementale moins rigoureuse dans certains pays producteurs**
- **Réglementation moins contraignante du code du travail dans les pays en voie de développement**
- **Investisseurs peu motivés à supporter une industrie avec une image mal perçue au point de vue environnemental**
- **Exploration anémique en raison de la faiblesse du prix des métaux et du désintéressement des investisseurs**

➤ **Contexte socioculturel et politique**

- **Localisation éloignée des grands centres**
- **Faible avantage fiscal relié à l'éloignement**
- **Perception négative de l'industrie minière**
- **Perception de la qualité de vie sous terre**
- **Perception de la sécurité sous terre**

➤ **Disponibilité des ressources minérales**

- **Gisements en profondeur**
 - **Coût élevé des accès aux gisements**

- Contraintes géomécaniques plus élevées
- Environnement de travail plus problématique
- Gisements plus étroits
- Gisements à plus faible teneur



➤ **Contraintes opérationnelles**

- **Productivité et sécurité**
 - Temps requis pour chaque opération tout en étant sécuritaire
 - Effort soutenu pour maintenir une rigueur dans les opérations quotidiennes
 - Sous-utilisation/temps morts des équipements et infrastructures entre les quarts de travail
 - Sous-utilisation de la main-d'œuvre
 - Gestion laborieuse des activités pendant le déroulement du quart de travail
 - Perte de temps en raison des déplacements du personnel, matériel et équipements entre les endroits de travail
- **Ingénierie minière**
 - Équation difficile à résoudre entre
 - a. Minage sélectif à coût unitaire élevé
 - b. Minage en vrac avec taux de dilution élevé
 - Imprécision sur les réserves
 - Localisation précise
 - Volume et teneur
 - Propriétés géomécaniques
 - Contraintes in situ
 - etc.



➤ **Autres**

- _____
- _____
- _____
- _____
- _____

Nom de l'organisme :

Priorité	
***	= vital
**	= très important
*	= souhaitable
0	= sans objet
-	= inadéquat
p.o.	= pas d'opinion

Ingénierie d'extraction

Axes de recherche et développement	Explications - Exemples	Finalité	Validation/support	Priorité
Intégration de toutes les informations disponibles	Visualisation de planification/modélisation de mines et de développement minier en temps réel - structure géologique - information de minage, telle que : paramètres de ventilation, remblai, RMR, etc. - localisation + magnitude des événements sismiques - inclusion de la modélisation en temps réel afin d'appuyer la planification - développement de logiciels améliorant la conception et le contrôle des systèmes de ventilation	Intégration de toutes les informations servant à la planification/gestion de la mine, tant en fonction de la productivité que de la santé et sécurité Economie et partage de l'information entre les départements Amélioration de la vision d'ensemble pour la gestion de la mine		
Définition du gisement	Développement d'appareils/sondes utilisant diverses propriétés physiques et géologiques, etc. pour la caractérisation détaillée du gisement Utilisation maximale et consolidation des données acquises à partir des forages au diamant et de production	Amélioration de la définition de l'environnement géologique de la mine et particulièrement du contour des chantiers		
Géomécanique et support des excavations	Guide détaillé basé sur des exemples de terrain et des photos illustrant les différentes caractéristiques ou propriétés géomécaniques de la roche Compilation des différents types de support en fonction des propriétés mécaniques observées dans les mines Présentation des résultats sous forme de tableau électronique Développement de nouvelles technologies pour mesurer l'état des contraintes en milieu de stress extrême	Amélioration des techniques disponibles pour le contrôle de terrain et le soutènement		
Préconcentration sous terre	Développement de méthodes pour la séparation minéral/stérile en fonction des caractéristiques géophysiques, soit par de meilleures méthodes d'extraction, soit par la séparation sous terre Etude conceptuelle de broyage, flottation, pompage en souterrain	Diminution des coûts associés au transport de matériel stérile		
Optimisation des procédés/méthodes d'exploitation existants et conception de nouvelles méthodes	Sur la base de pratiques observées dans les mines, compilation des problèmes et des succès Conception de nouvelles méthodes visant à améliorer la productivité et la sécurité sous terre Conception d'équipements visant le minage de façon sélective	Optimisation et conception de méthodes d'extraction en utilisant l'expérience acquise au fil des ans dans les opérations en fonction des caractéristiques propres à chaque gisement et des exigences de santé et sécurité au travail Hausse de la rentabilité, i.e. exploiter le métal extrait à un coût unitaire inférieur Maximisation de la récupération des ressources minières		

Ingénierie reliée à l'environnement physique

Axes de recherche et développement	Explications - Exemples	Finalité	Validation/support	Priorité
Amélioration des facteurs environnement-humains sous terre	Développement de nouveaux outils favorisant la santé : diminution des bruits, des vibrations, polluants, gaz, etc. Développement et/ou adaptation au contexte canadien des systèmes de réfrigération efficaces et peu coûteux Création d'une base de données compilant les approches provinciales sur l'analyse de risque en santé et sécurité Développement et/ou adaptation au contexte canadien des équipements qui rencontreront les nouvelles normes environnementales pour les émissions de matières polluantes et/ou amélioreront la productivité Adaptation des nouvelles sources d'énergie moins polluantes à l'environnement minier souterrain Amélioration des systèmes de communication souterraine Développement de règlements fondés sur des principes scientifiques objectifs à l'échelle du pays	Rencontre des exigences en hygiène au travail pour le minage en profondeur (ex. : contraintes thermiques) Décloisonnement des correctifs apportés dans chacune des provinces Rencontre des futures normes sur les polluants Conception d'équipements pour minimiser l'impact sur la santé et la sécurité des travailleurs		

Matériel et équipements d'extraction : Forage et fragmentation

Axes de recherche et développement	Explications - Exemples	Finalité	Validation/support	Priorité
Forage et dynamitage	Développement de techniques innovatrices pour fracturer le roc, telles que: Méthode thermique brûleurs diesel et torche au plasma Méthode chimique injection de styromousse Sautage électrique Dynamitage à distance Équipement de faible gabarit permettant d'allier précision et vitesse de pénétration (marteau fond de trou de petit diamètre 2 po hydraulique) Recherche de la recherche et développement pour	Minimisation de la dilution Amélioration des possibilités d'opérer en continu Exploitation des ressources qui ne sont pas économiques avec des méthodes innovatrices de fragmentation Amélioration du contrôle des forages et dynamitages traditionnels		

	l'amélioration de la performance des explosifs (ex. : précision des tirs de sautage et contrôle des vibrations)			
--	---	--	--	--

Matériel et équipements d'extraction : Manutention stérile et minéral

Axes de recherche et développement	Explications - Exemples	Finalité	Validation/support	Priorité
Télé-opération et fonctionnement semi-automatique des équipements - communication vidéo et autres	Développement des équipements qui permettront la manutention des déblais (stérile et/ou minéral) de façon semi-autonome	Amélioration de la rentabilité et de la productivité entre les quarts de travail		

Matériel et équipements d'extraction : Équipements de soutènement et contrôle de terrain pour le développement

Axes de recherche et développement	Explications - Exemples	Finalité	Validation/support	Priorité
Boulonnage du terrain et autre système de soutènement	Développement d'équipement de faible gabarit pouvant installer à distance le support de terrain	Réduction des risques associés à la tâche Réduction des frais reliés à la tâche		
Ecaillage	Équipement d'écaillage mobile et de petite dimension avec une puissance correctement pondérée pour l'emploi	Réduction des risques associés à la tâche d'écaillage Réduction des frais reliés à la tâche		
Outils caractérisant la qualité du massif rocheux	Revue et évaluation des méthodes géophysiques pour détecter le niveau de fracturation près des parois des ouvertures minières	Développement d'une sonde portable utilisant la/les meilleures méthodes géophysiques possibles pour caractériser la qualité structurale du roc Meilleure évaluation de terrain et du type de boulonnage à sélectionner		

Matériel et équipements d'extraction : Remblayage et sujets connexes

Axes de recherche et développement	Explications - Exemples	Finalité	Validation/support	Priorité
Techniques de préparation du remblai	Équipement de préparation de remblai portable et moins dispendieux Ajout de roche concassée stérile au remblai en pâte Recyclage des boues de halage dans le remblai Recyclage des déblais stériles acides et neutralisation de l'intérieur du remblai	Réduction des frais de capitalisation reliés à l'utilisation des remblais, particulièrement pour les gisements à faible tonnage Augmentation des propriétés mécaniques du remblai en pâte pour une même proportion de ciment Élimination d'un déchet représentant une contrainte environnementale		
Techniques de transport et de disposition du remblai	Développement de méthodes alternatives de transport du remblai et mise en place de façon mécanique convoyeur pneumatique convoyeur spécial	Réduction des frais de capitalisation et d'opération reliés au transport et mise en place des remblais		
Techniques d'utilisation du remblai	Construction de barricades gonflables ou portatives Technique de confection de cheminée d'ouverture artificielle par des techniques de tuyau gonflable et réutilisable	Réduction des frais de construction de barricades Réduction des frais d'excavation des ouvertures primaires		

Logistique et service

Axes de recherche et développement	Explications - Exemples	Finalité	Validation/support	Priorité
Système de localisation des véhicules	Développement d'un système simple de localisation des véhicules et peu dispendieux	Gestion de la flotte de véhicules Contrôle du système de ventilation Analyse de temps et mouvement		
Communications sous terre	Développement d'un système de transmission vidéo et de capteurs robustes et peu dispendieux pouvant transmettre différents paramètres d'opération et assurant une surveillance visuelle	Gestion préventive des équipements mobiles et fixes afin de diminuer les frais d'entretien et d'augmenter leur disponibilité mécanique		
Logistique	Standardisation de la construction des équipements et des composantes mécaniques et électriques Augmenter l'interchangeabilité des pièces entre les fournisseurs	Facilité de l'entretien des équipements afin de réduire les frais d'inventaire et d'augmenter la disponibilité mécanique		
Logistique	Développement d'un système d'inventaire automatique (code barres) ainsi que l'instrumentation pouvant transmettre l'information aux endroits requis (poste central de commande)	Réduction des possibilités de rupture de stock et assurer un meilleur service à la face de travail		

Autres*

Axes de recherche et développement	Explications - Exemples	Finalité	Validation/support	Priorité

*axes de recherche et développement à élaborer pour être en mesure de rencontrer les contraintes opérationnelles dans les 10 prochaines années
*quels problèmes devront avoir été résolus afin de continuer à être une industrie canadienne viable dans 10 ans ?

INFORMATION COMMERCIALE PROTÉGÉE
PROJET DÉFINITION DES AXES DE RECHERCHE

MINE _____

Compilation des coûts unitaires inscrits dans le plan long terme

Ventiler les coûts si possible, sinon inscrire l'information directement dans la ligne «Autres»

	Tonnage			Teneur					
	Tonnes			g Au/t	g Ag/t	% Cu	% Zn	% Pb	
Réserves prouvées									
Réserves probables									
Ressources									
Réserves inscrites Plan long terme		0		0	0	0	0	0	
Métal récupéré, oz Au et Ag ou tonne métrique pour les métaux de base				0	0	0	0	0	
Dépense directe d'exploitation	\$ CDN	\$ US	%	\$US/ TM	\$US/ oz	\$US/ oz	\$lb Cu	\$lb Zn	\$lb Pb
Développement Court terme	\$0	\$0							
Extraction des chantiers									
Forage de définition		\$0							
Développement		\$0							
Support de terrain		\$0							
Forage et Dynamitage		\$0							
Soutirage		\$0							
Remblayage		\$0							
Supervision Extraction		\$0							
Autres		\$0							
Sous-total Extraction	\$0	\$0		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Services Sous terre									
Concassage/marteau/grizzly/hissage		\$0							
Entretien équipements mobiles		\$0							
Entretien équipements fixes et infrastructure		\$0							
Manutention équipements & matériel		\$0							
Ventilation et Chauffage Mine		\$0							
Supervision Service sous terre		\$0							
Autres		\$0							
Sous-total Services sous terre	\$0	\$0		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Services Surface									
Entretien Bâtiments & gardiennage		\$0							
Entretien équipements fixes et mobiles		\$0							
Opération du camp/Transport du personnel		\$0							
Supervision Surface		\$0							
Autres		\$0							
Sous-total Services surface	\$0	\$0		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Services Technique & Administratif									
Ingénierie		\$0							
Géologie		\$0							
Ressources humaines et Santé-sécurité		\$0							
Consultant		\$0							
Direction & secrétariat/comptabilité		\$0							
Autres		\$0							
Sous-total Services Tech & Adm	\$0	\$0		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Total exploitation au Collet du Puits	\$0	\$0							
Dépense de traitement du minéral									
Transport à l'usine		\$0							
Usinage		\$0							
Environnement		\$0							
Autres		\$0							
Total - Traitement du minéral	\$0	\$0		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Total - Frais directs d'exploitation	\$0	\$0							
Amortissement et épuisement									
Exploration et excavation minière		\$0							
Infrastructure sous terre		\$0							
Infrastructure surface		\$0							
Équipements Fixes et Mobiles		\$0							
Usine		\$0							
Parc à résidus et provision environnementale		\$0							
Autres		\$0							
Total Amortissement	\$0	\$0		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
GRAND TOTAL DES FRAIS	\$0	\$0							

Taux de change US

0,63

Nom de l'organisme :

Questionnaire s'adressant aux compagnies

Importance relative	
***	= vital
**	=très important
*	= souhaitable
0	= sans objet
-	= inadéquat
p.o.	= pas d'opinion

1. Quelles seront les actions requises pour rester concurrentiel face aux contraintes à venir ?

- _____ 1.1. Gestion innovatrice et formation des ressources humaines.
 _____ 1.2. Optimisation/amélioration et meilleure gestion des technologies existantes.
 _____ 1.3. Importation de technologies provenant d'autres secteurs.
 _____ 1.4. Développement de nouvelles technologies.
 _____ 1.5. Autres.
- _____
- _____

2. Moyens les plus appropriés pour favoriser le développement et l'introduction de nouvelles technologies :

- _____ 2.1. Regroupement des entreprises afin de partager les frais de recherche et développement en partenariat avec les différents niveaux de gouvernements.
 _____ 2.2. Regroupement des centres universitaires par thèmes ou projets de recherche sous la supervision ou mentorat d'un chef de file (champion) de l'industrie afin de favoriser l'application d'une nouvelle technologie à l'intérieur de son entreprise / centres d'excellence.
 _____ 2.3. Attribution de contrats de recherche et développement à des organismes universitaires et de recherche en fonction des besoins individuels de l'entreprise.
 _____ 2.4. Élaboration et mise en place d'un système qui répertorie l'expertise disponible de même que les différents besoins.
 _____ 2.5. Élaboration et mise en place d'un mécanisme d'attribution des fonds pour minimiser le temps requis pour les montages financiers nécessaires à la réalisation des projets (pratique d'un guichet unique pour financement).
 _____ 2.6. Autres.
- _____
- _____

3. Principales causes de pertes financières dans votre opération minière pouvant être résolues par des innovations technologiques.

- _____ 3.1. Faible récupération des réserves minières.
- _____ 3.2. Dilution anormalement élevée par rapport à la planification initiale.
- _____ 3.3. Mauvaise planification minière et financière causée par l'imprévisibilité du volume et de la teneur, de même que la localisation des réserves minières.
- _____ 3.4. Équipements inappropriés pour la tâche.
 - _____ 3.4.1. Faible disponibilité mécanique.
 - _____ 3.4.2. Capitalisation trop élevée.
 - _____ 3.4.3. Dilution inacceptable en raison du gabarit.
 - _____ 3.4.4. Productivité inadéquate en raison du design.
- _____ 3.5. Pertes de temps en raison du manque de sécurité des équipements/ problèmes de santé et sécurité des travailleurs.
- _____ 3.6. Problèmes de contrôle de terrain.
- _____ 3.7. Autres.

4. Pourcentage de réduction de coûts requis pour être en mesure de fournir un rendement acceptable aux actionnaires et permettre le démarrage de nouvelles exploitations ou, à tout le moins, maintenir celles déjà en opération.

5. Principaux critères économiques utilisés pour justifier le démarrage d'une nouvelle exploitation ou l'investissement pour accéder à de nouvelles réserves.

- _____ 5.1. Rencontre du taux de rendement interne fixé par des critères préétablis.
Taux ? _____
- _____ 5.2. Délai de récupération acceptable. _____
- _____ 5.3. Risque acceptable en ce qui a trait au contenu des réserves minières.
- _____ 5.4. Degré de confiance par rapport au renouvellement des réserves minières.
- _____ 5.5. Anticipation d'une remontée des prix des métaux.
- _____ 5.6. Risque acceptable au niveau des techniques d'extraction (ex. : qualité du massif rocheux).
- _____ 5.7. Avez-vous présentement des gisements sub-économiques? Si oui, qu'est-ce qui les rend sub-économiques : teneur, localisation, métallurgie trop complexe, ...?
- _____ 5.8. Autres.

6. Projets de recherche interne.

- _____ 6.1 Quels projets ont été menés à terme ?
- _____ 6.2 Combien de temps a été requis ?
- _____ 6.3 Quels ont été les coûts ?
- _____ 6.4 Autres ?

7. Plan d'action ayant pour objectif une industrie minière en santé et concurrentielle dans un horizon long terme (10 et 20 ans).

7.1. Développement technologique

7.1.1. Orientation des fonds provenant de diverses sources de recherche et développement vers les axes identifiés comme étant prioritaires par l'industrie minière et l'organisme de recherche.

7.1.2. Regroupement de l'expertise des différents centres de recherche (privé ou public) pour le développement de nouvelles technologies afin de partager l'expertise et d'éviter les duplications inutiles.

7.1.3. Maillage entre les manufacturiers d'équipements, certains centres de recherche, opérations minières, autorités de réglementation et organisations syndicales.

7.1.4. Partenariat entre des organismes de financement pour appuyer les axes de recherche et développement identifiés par l'industrie minière et réduire les nombreux points techniques et administratifs pour financer les projets de recherche et développement.

7.1.5. Attribution des contrats de recherche et développement en fonction de l'expertise respective des centres de recherche et leurs possibilités de faire des alliances stratégiques afin d'obtenir des résultats concrets dans les délais prévus.

7.1.6. Regroupement des efforts de recherche et développement avec les autres centres de recherche au niveau international (ex. : Global Mining Research Alliance).

7.2. Transfert technologique

7.2.1. Transfert de technologies et des meilleures pratiques d'exploitation à l'intérieur de l'industrie minière.

7.2.2. Importation de technologies pouvant être pertinentes aux axes déjà identifiés.

7.2.3. Mise en place d'une veille technologique pour diffuser toutes pratiques pouvant être utiles à l'industrie.

7.3. Fournisseurs et manufacturiers d'équipements

7.3.1. Accès à un fonds de recherche pour les manufacturiers d'équipements intéressés au développement de nouveaux produits et favoriser le maillage entre les centres de recherche, les compagnies minières et les manufacturiers.

7.3.2. Communications plus fréquentes entre les manufacturiers et représentants de l'industrie afin de cibler des projets de développement technologique.

7.4. Gouvernements

7.4.1. Simplification et harmonisation du processus d'obtention de fonds de recherche et développement à travers les différentes instances gouvernementales, tant fédérales que provinciales.

_____ 7.4.2. Harmonisation de la réglementation minière entre les provinces.

_____ 7.4.3. Diffusion et décloisonnement de l'information acquise au niveau provincial et pouvant être d'intérêt à l'échelle canadienne.

7.5. Formation et transfert de connaissances

_____ 7.5.1. Révision du contenu des programmes universitaires pour qu'ils s'arriment avec les besoins de l'industrie.

_____ 7.5.2. Formation d'une main-d'œuvre spécialisée pour l'entretien d'équipement minier technologiquement plus complexe.

_____ 7.5.3. Révision du contenu des programmes secondaires/collégiaux afin de former des techniciens et mineurs de sorte qu'ils puissent opérer des équipements complexes.

7.6. Industrie

_____ 7.6.1. Identifier clairement les besoins en recherche et développement.

_____ 7.6.2. Sélectionner les bons chefs de file (champions) pour siéger sur les différents comités reliés à la recherche et au développement :

- exposant les besoins réels des opérations minières.
- ayant une bonne vision de la recherche et du développement requis pour l'ensemble de l'industrie minière.

_____ 7.6.3. Agir avec plus de collégialité afin de résoudre collectivement les problématiques urgentes touchant l'ensemble de l'industrie minière.

_____ 7.6.4. Promouvoir activement les bénéfices que peut apporter une industrie minière prospère aux canadiens.

ANNEXE B
Liste des organismes et participants rencontrés

Organismes visités au Canada

Consultations auprès des opérations minières

Mine LaRonde – Mines Agnico-Eagle	Jean Bastien Rosaire Émond Paul-Henri Girard Christian Provencher
Mine Louvicourt – Aur Ressources inc.	Denis Fleury Michel Rodrigue
Mine Bouchard Hébert – Ressources Breakwater	Langis Saint-Pierre
Mine Meston et Copper Rand – Ressources Campbell inc	Claude Bégin Marcel Saint-Laurent Jacques Tremblay
Mine Doyon – Cambior inc.	Bertrand Potvin
Mine Mouska – Cambior inc.	Patrick Godin
Mine Géant Dormant – Cambior inc.	Serge Blais Denis Gourde Daniel Vallières
Mine Bell-Allard – Noranda inc.	Michel Boucher Carol Plummer
Mine Casa Bérardi – Mines Aurizon Ltée	Michel Gilbert
Mine Kiena et East Amphy – Mines McWatters	Michel Sirois
Mines Seleine – Société canadienne de sel	Mark Joncas
Mine Red Lake – Goldcorp inc.	John Aoams Bob Carter Eric Hinton Everett Hobbs Claude Lemasson Peter Mah Klaus Tietz
Mine Campbell – Placer Dome	Peter Busse Martin Raffield

Porcupine Joint Venture – Placer Dome	Raymond R. Corbeil John Folinsbee Gary Halverson Paul Miller Jim Mimordston Dominic Rizzuto Bill St-Onge Boyd Timler
Mine McArthur – Cameco Corporation	Doug Beattie Jacques Perron Martin Quick
Mine Kidd Creek – Falconbridge Ltd.	Dave Counter Dan Gignac Alex Henderson Bill Mracek
Inco – siège social; développement stratégique	Peter Dietrich
Falconbridge – Opérations de Sudbury	Parviz Farsangi Graham Swan John Vary
Opérations Vanscoy Potash – Agrium inc.	Jacques Gagné Dave Mac
Placer Dome Corporate	Colin I. Seeley
Noranda-Falconbridge	Alex Balogh
Rio Tinto Ltd.	Allan Moss
Société minière Raglan	Denis Lachance

Centres de recherche, consultants et autres organismes impliqués en R-D

Centre de technologie Noranda	Véronique Falmagne Julia Martin Brad Simser
Dyno Consult – Dyno Nobel	Daniel Roy
Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail (IRSST)	Louis Bousquet

LMSM-CANMET
(Mine-laboratoire à Val-d'Or)

Robert Boucher
Richard Cormier
Daniel Côté
Martin Côté
Gaétan Desrivières
Chantale Doucet
Roger Lacroix
Marcel Laflamme
Michel Laganière
Gilles LeBlanc
Sylvain Ouellette
Éric Vinet

LMSM-CANMET, Ottawa

Marc Bétournay
Denis Labrie
Michel Plouffe
Brent Rubeli
John Udd

LMSM-CANMET, Sudbury

Alfred Annor
Gary Bonnel
Michel Grenier
Steven Hardcastle

Table Jamésienne

Florent Gauthier
Régis Simard

Léandre Gervais et associés

Léandre Gervais

Ross Finlay 2000

Paul Bonneville
Marcel Labonté
Serge Lévesque

Cambior – recherche

Serge Vézina

CAMESE (Canadian Association of Mining Equipment and
Services for Export)

John Baird

CAMIRO (Canadian Mining Industry Research Organization)

Charles Graham

Noranda-Falconbridge
Inco – recherche et Inco Thompson

John A. Vary
Allan D. Akerman
Samantha Espley
Brian Maynard

MIRARCO (Mining Innovation, Rehabilitation and Applied Research Corporation)

Ming Cai
Paul G. Dunn

NORCAT (Northern Centre of Advanced Technology Inc.)

Darryl Lake
Dennis Shannon

MTI (Mining Technologies International Inc.)

Marcel Demers
Don Sissons

Gouvernements et associations minières

Association minière du Québec (AMQ)

Dan Tolgyesi

Association minière du Canada (AMC)

Elizabeth Gardiner
Dan Paszkowski
Gordon R. Peeling

Association minière de l'Ontario (AMO)

Barbara Mossop
Patrick Reid

Association minière de la Colombie-Britannique (AMCB)

Gary Livingstone

Gouvernement de la Colombie-Britannique

Fred Hermann

Gouvernement de l'Ontario – Ministère du Développement du Nord et des Mines (MDNM)

Dick Cowen
Leo Owsiacki

Gouvernement de l'Ontario – Ministère du travail

Bernie Deck

Gouvernement du Québec – Ministère des ressources naturelles (MRN)

Louis Bienvenu
Martin Dumas
André Jean
André Lemay

FedNor

Paul Podstaka

Universités

Université McGill

Ferri Hassani
Hani Mitri
Jacques Ouellet

École Polytechnique

Robert Corthézy
Paul Cohen
Bernard Giroux
Stefka Krivochieva

Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue

Tikou Belem
Mostafa Bensaazoua
Denis Bois
Bruno Bussière
Mamadou Fall
Serge Ouellet

Université Laval

Kostas Fytas
Martin Grenon
John Hadjigeorgiou
Jacek Paraszczak
Stephan Planeta
Richard Poulin

Université Laurentienne

Greg R. Baiden

Université de l'Alberta

Dwayne Tannant

Université de la Colombie-Britannique

Scott Dunbar
Robert Hall
Mario Morin
Enrique Rubio
Malcolm Scoble

Université de Toronto

Will Bawden
Murray Grabinsky
Bibhu Mohanty
Paul Young

Université Queen's

James Archibald
Laeque Daneshmed
George McIsaac
Stephen McKinnon
Charles Pelley

ANNEXE C
Projets en cours et liste des expertises en recherche
dans les universités et centres de recherche

NOM : CAMIRO Mining Division													
PROJETS	Forage et Fragmentation	Ingénierie de l'environnement physique	Ingénierie de l'extraction	Remblayage et sujets connexes	Manutention stérile et minéral	Soutènement et contrôle de terrain	Logistique et service	Autres	Date de début et de fin	Coûts	Bénéfices pour le client *	Nombre de personnes-chercheurs	Provenance des fonds
Deep Mining Research Consortium		X	X	X					2003-8	\$ 17 000 000	B, C	30	I,F,R,B,P,N,S,
Foam Backfill				X					2004,0	\$ 32 000	A, B	1	NOHFC, FedNor DEC
Design of support						X			1989-91	\$ 2 300 000	C,B	10	
Canadian Rockburst Research Program (CRRP)			X						1990-95	\$ 10 000 000	C, B	40	
Design of cable bolts			X						1996-97	\$ 300 000	C,B	4	
Diesel Emissions and Evaluation Program (DEEP)		X							1999-2005	\$ 2 500 000	C,B	20	
see also - www.deep.org and www.camiro.org, - /products and /reports													

*: A) réduction des coûts d'opération
 B) productivité augmentée
 C) amélioration en santé-sécurité

CHAMPS D'EXPERTISE	Nom du/des chercheur(s)	Coordonnées
Ground Control	Mirarco - GRC	
Diesel Performance	Brent Rubeli	
Backfill	Graham Swan	
Hoist Rope	Rotesco, C-Core	
Heat Stress	NRCan, U of O	
Backfill	Paul Rantala	705-522-7631, prantala@parinn.com

NOM : Centre de Technologie Noranda
(CTN)

PROJETS	Forage et Fragmentation	Ingénierie de l'environnement physique	Ingénierie de l'extraction	Remblayage et sujets connexes	Manutention stérile et minéral	Soutènement et contrôle de terrain	Logistique et service	Autres	Date de début et de fin	Coûts	Bénéfices pour le client *	Nombre de personnes-chercheurs	Provenance des fonds
CMS			X							N/D			
Bore Hole Camera			X							N/D			
Logiciel Pro-Mine			X							N/D			
Système d'auto loading					X					N/D			
Système de guidage des camions					X					N/D			

NOM : LMSM-Canmet - Val-d'Or

PROJETS	Forage et Fragmentation	Ingénierie de l'environnement physique	Ingénierie de l'extraction	Remblayage et sujets connexes	Manutention stérile et minéral	Soutènement et contrôle de terrain	Logistique et service	Autres	Date de début et de fin	Coûts	Bénéfices pour le client *	Nombre de personnes-chercheurs	Provenance des fonds
Robot		X								\$ 90 000			
Vehicule tracking					X				1 an	\$ 65 000			
Poignée anti-vibration			X						2,5 ans	\$ 165 000			
Locomotive pile à hydrogène		X											

CHAMPS D'EXPERTISE									Nom du/des chercheur(s)	Coordonnées
Évaluation, application des nouveautés en matière de procédés, techniques, méthodologies et équipements reliés à l'extraction de minéral. DEC Technologie minérale.									DESRIVIÈRES, Gaetan	
Technique d'extraction des gisements filoniens. Gestion opérationnel et financière des travaux miniers souterrains. B. Sc. en génie minier.									FECTEAU, Jean Marie	
Développer des modèles technico-économiques pour les méthodes de minage et de développement pour les gisements filoniens. Développer et valider des concepts d'équipements miniers pour les gisements filoniens. M. Sc. en gestion de projet et ingénieur minier.									LACROIX, Roger	
Cours en sciences pure. DEC en électronique option télécommunication.									LAGANIÈRE, Michel	
DEC en technique électronique. Bac. en génie électrique. Conception de circuits numériques, analogiques et mixtes. Conception et fabrication de circuits imprimés (PCB). Miniaturisation de circuits électroniques. Programmation de micro-contrôleurs et automates programmables. Recherche en automatisation et développement d'équipements miniers. Système d'acquisition de données et instrumentation.									LALIBERTÉ, Pierre	
Ingénieur mécanique. Conception mécanique. Automatisation. Design d'expériences.									LEBLANC, Gilles	
Ingénieur en génie mécanique. Conception mécanique. Hydraulique et pneumatique. Automatisation.									OUELLETTE, Sylvain	
Ingénieure en génie des mines. Techniques d'extractions des gisements filoniens.									POIRIER, Sylvie	

NOM : DYN0

PROJETS	Forage et Fragmentation	Ingénierie de l'environnement physique	Ingénierie de l'extraction	Remblayage et sujets connexes	Manutention stérile et minéral	Soutènement et contrôle de terrain	Logistique et service	Autres	Date de début et de fin	Coûts	Bénéfices pour le client *	Nombre de personnes- chercheurs	Provenance des fonds
High Energy Packaged Emulsion	X								30-juil-01	597,000 US\$		3,0	
Emulsion/ANFO Blends with Bulking Agents (started on 09-10-02)	X								9-oct-02	350,000 US\$		3,0	
Aluminized DYNOSEIS and Process Development	X								1-janv-01	180000\$		2,0	
Emulsion Thickening	X								1-janv-01	1,023,000 US \$		2,0	
Automated Gassing System *(A,B,C,)	X								1-juin-96	900,000\$		4,0	
In-House Emulsifier Development	X								1-déc-95	600,000\$		2,0	
Coordinate DN Emulsifier Research	X								2-oct-95	140,000\$		2,0	
Screen Vendor Emulsifier Candidates	X								2-oct-95	370,000\$		2,0	
Screen Vendor Emulsifier Candidates	X								1-sept-99	150,000\$		2,0	
Global Dyno Nobel Explosives Team Involvement	X								2-oct-95	486,000\$		3,0	
Implement Improved Prodet Calculation Code	X								1-août-95	50000\$		1,0	
New Bulk Emulsion Technology	X								2-janv-97	1,150,000\$		4,0	
Tech Support for DNNA Plants/Sites/Regions								X	2-oct-95	2,502,000\$		6,0	
Tech Support for Licensees/Distributors								X	2-oct-95	3,572,866\$		6,0	
Cost, Performance and Supply Optimization							X		2-oct-95	3,147,000\$		3,0	
Improved Surface/Underground Loading Systems * (A, B,C)	X								1-oct-99	537,000\$		2,0	
Local Safety (Reviews, Training, DOT Classification Tests) *(A,B,C)		X							2-oct-95	1575000\$		4,0	
Electronic Initiation Systems	X								1994	10,000,000\$		10,0	
Ore Dilution Control Techniques			X						1998	2000000\$		4,0	
Particle Flow Control PFC Code 2D & 3D (used for blast induced movement prediction)	X								1998	3000000\$		4,0	

NOM : Mirarco

PROJETS	Forage et Fragmentation	Ingénierie de l'environnement physique	Ingénierie de l'extraction	Remblayage et sujets connexes	Manutention stérile et minéral	Soutènement et contrôle de terrain	Logistique et service	Autres	Date de début et de fin	Coûts
									Year Ended Apr. 30, 2003	
33 Contracts									Year Ended Apr. 30, 2003	
The Use of VR for Design Review			X							\$ 9 363
Fluid Replacement								X		\$ 7 725
Sample Digestion								X		\$ 63 048
Digestion of Agriculture								X		\$ 10 217
Capacity-Building Project in Mining and Environmental Research								X		\$ 306 055
Monitoring Technology Infrastructure Project								X		\$ 275 417
MIRARCO manages a Research Programme to establish mining excellence in Northern Ontario, made possible through a ~ \$10 million investment, including funding from the mining industry, Laurentian University, and grants from the provincial, federal and municipal governments, including:										
Ontario Research and Development Challenge Fund										\$ 2 200 000
Northern Ontario Heritage Fund Corporation										\$ 1 600 000
Canada Foundation for Innovation/Ontario Innovation Trust										\$ 3 800 000
FedNor, Sudbury Regional Development Corporation (now Greater Sudbury Development Corporation) and others										\$ 600 000
The results of this Research Programme was the creation of at least 250 jobs/year, three research centres, a network of more than 50 companies and other research groups from around the globe, >40 graduate students, >\$300,000 in revenues to other small business in Northern Ontario. Also, MIRARCO's staff spearheaded the creation of new technologies and processes that would not be possible without the support from both the public and private sectors, such as being pioneers in the development of virtual reality for the mineral industry (now considered one of the leading groups in the world in this field).										
CHAMPS D'EXPERTISE										
									Nom du/des chercheur(s)	
Geomechanics, tunneling and new mining technologies/Switzerland, Germany										
									Peter K. Kaiser	
Effects of acidification and metal insult on pedologic processes/US										
									Graeme Spiers	
Water jet drilling technologies and line of sight safety issues in mining/Australia										
									Paul Dunn	
Micro-seismic event interpretation, numerical modeling, and rock support design/Japan										
									Ming Cai	
Rockmass characterization and effects of discrete geological structures on stope design/Ghana										
									Fidelis Suorineni	
MIRARCO focuses on the following research areas:										
Geomechanics, Mining Methods and Technologies, Terrestrial and Aquatic Biology, Ecology, Environmental Chemistry and Toxicology, Earth Sciences, Data Integration, Data Modelling, Visualization and Interpretation										
Research equipment/infrastructure is a valued at over \$6 million										
Virtual Reality Lab (managed by MIRARCO for Laurentian University), Borehole Acoustic Televiwer, Crack Identification Systems Ground Penetrating Radar, Large Scale Drop Test Facility, Hyperion Acoustic Emission Measuring System, Lab Test Equipment for Performing Drillability Assessment, Borehole Camera, Borehole Ground Penetrating Radar, Velocity Probe, Ion Chromatography, Graphite Furnace and Flame Atomic Absorption, Microwave Digestion System, Water Sampling Apparatus, 3D Environmental Laser Scanner, Waterjet Laboratory, Plotter and Graphical Equipment, ICP-MS, ICP-AES Ultrasonic Nebulizer, Hg Analyzer, XRF-EMMA, XRF-PHILIPS, C/N/S, Mercury Analyser, CHN Analyser, Water Quality Instruments: sondes, flow meter, acoustic mapping.										

NOM : POLYTECHNIQUE

PROJETS	Forage et Fragmentation	Ingénierie de l'environnement physique	Ingénierie de l'extraction	Remblayage et sujets connexes	Manutention stérile et minéral	Soutènement et contrôle de terrain	Logistique et service	Autres	Date de début et de fin	Coûts	Bénéfices pour le client *	Nombre de personnes-chercheurs	Provenance des fonds
Détection des mouvements des parois des excavations souterraines par imagerie numérique			X						2001	\$ 114 000		3 chercheurs	IRSST
Développement d'une méthode de mesure de contrainte à grande profondeur dans les sondages inondés			X										EACL
Optimisation de l'utilisation du ciment dans les chantiers remblayés				X								2 chercheurs	---
Coups de terrain 1			X						1988	\$ 20 000			
Coups de terrain 2			X						1993	\$ 35 000			
Coups de terrain 3			X						1997	\$ 98 700			
Coups de terrain 4			X						1998	\$ 38 000			
Endommagement roche			X						2001	\$ 97 000			
Sautage adouci			X						2001	\$ 65 000			
Détection des mouvements des parois des excavations souterraines par imagerie numérique			X										
Développement d'une méthode de mesure de contrainte à grande profondeur dans des sondages inondés			X										
Optimisation de l'utilisation du ciment dans les chantiers remblayés				X									
Utilisation de l'imagerie numérique pour la détection de mouvement autour des excavations souterraines (Chercheurs: Robert Corthésy et Maria Helena Leite)			X										

**NOM : UNIVERSITÉ LAURENTIENNE /
LAURENTIAN UNIVERSITY**

PROJETS	Forage et Fragmentation	Ingénierie de l'environnement physique	Ingénierie de l'extraction	Remblayage et sujets connexes	Manutention stérile et minéral	Soutènement et contrôle de terrain	Logistique et service	Autres	Date de début et de fin	Coûts	Bénéfices pour le client *	Nombre de personnes-chercheurs	Provenance des fonds
Automatic Truck					X				5 ans	\$ 6 000 000			

NOM : SOREDEM

PROJETS	Forage et Fragmentation	Ingénierie de l'environnement physique	Ingénierie de l'extraction	Remblayage et sujets connexes	Manutention stérile et minéral	Soutènement et contrôle de terrain	Logistique et service	Autres	Date de début et de fin	Coûts	Bénéfices pour le client *	Nombre de personnes- chercheurs	Provenance des fonds
Hydrolicification	X								1998-2003	\$ 1 743 000			
Pour 2003 seulement									2003	\$ 20 000			
Plate-forme mobile							X		1998-1999	\$ 123 000			
Analyseur portable d'or			X						1998-1999	\$ 67 570			
Détecteur-roches branlantes		X							1999 et 2001	\$ 17 000			
Permascan					X		X		2002-2003	\$ 55 200			
Pour 2003 seulement									2003	\$ 20 700			
Communications souterraines sans fil							X		2002-2003	\$ 418 400			
Pour 2003 seulement									2003	\$ 219 400			
Piles à hydrogène		X							2000-2003	N/A			
									1999	\$ 22 286			
Éclatage	X								1998-1999	\$ 87 500			
Raclage automatisé					X				1998-2000	\$ 115 000			
Poignée de foreuse à béquille moins vibrante		X							1999-2003	\$ 280 000			
Pour 2003 seulement									2003	\$ 30 000			
Chargeuse-navette hybride		X							2001-2003	\$ 169 000			
Pour 2003 seulement									2003	\$ 74 000			
Gisements filoniens	X	X							1999-2003	\$ 2 010 000			
Pour 2003 seulement									2003	\$ 100 000			
Fragmentation thermique	X								2002-2003	\$ 2 099 000			
Pour 2003 seulement									2003	\$ 1 899 000			
Axes de recherche								X	2002-2003	\$ 298 500			
Pour 2003 seulement									2003	\$ 243 000			

Liste des projets de Soredem, basé sur leur dernier rapport mensuel

- projet Permascan (LMSM-CANMET)
- projet de communications souterraines sans fil (UQAT)
- projet de la poignée de foreuse à béquille moins vibrante (LMSM-CANMET)
- projet hydrolicification (LMSM-CANMET)
- projet de fragmentation thermique (LMSM-CANMET) - avec Rocmec et Soredem
- projet de la chargeuse-navette hybride (LMSM-CANMET)
- projet de la sonde photonique (Instrumentation GDD)

NOM : UNIVERSITÉ LAVAL										Date de début et de fin	Coûts	Bénéfices pour le client *	Provenance des fonds
PROJETS	Forage et Fragmentation	Ingénierie de l'environnement physique	Ingénierie de l'extraction	Remblayage et sujets connexes	Manutention stérile et minéral	Soutènement et contrôle de terrain	Logistique et service	Autres					
Développement d'un logiciel de simulation de réseaux de ventilation des mines souterraines		X								2,5 an	\$ 108 000		IRSST
An investigation on slope stability through fracture systems modelling										2002-2005	\$ 76 000		Conseil de recherches en sciences naturelles et génie Canada
Conception des cheminées à minerai et à stérile			X		X					2000-2003	\$ 154 000		IRSST
Design of excavations in jointed rock masses based on realistic 3-Dimensional joint models			X							2000-2004	\$ 92 000		Conseil de recherches en sciences naturelles et génie Canada
Développement d'un système d'analyse d'images pour la caractérisation des massifs rocheux			X							2002-2004	\$ 124 000		IRSST
Innovative rock characterization techniques			X							1997-2000	\$ 260 000		NSERC & Noranda
Les systèmes du boulonnage						X				1999-2000	\$ 118 000		IRSST
Détermination du potentiel d'éclatement en tant que technologie d'abattage des roches dures sans explosifs	X									2000-2001	\$ 23 075		MRNQ
Enhancement of Mining Design by Combining Empirical and Numerical Methods			X							1998-2002	\$ 10 000		Gouvernement du Nouveau Brunswick
Evaluation of the Program of Copper Ore Mines Abandonment in Poland										2000	\$ 70 000		KGHM Polska Miedz S.A.
Étude de préconcentration du minerai dilué par triage photométrique			X							1999	\$ 11 200		MRNQ
Séquences optimales d'exploitation dans le cas des gisements très inclinés			X							1997-1998	\$ 118 000		MRNQ
Étude technique et économique de préconcentration du minerai par triage photométrique										1998	\$ 22 975		MRNQ
Études des méthodes d'exploitation du projet Akka Gold Mining au Maroc			X							1998	\$ 20 000		Holding ONA/Pôle Mines au Maroc
Ventilation Mine 2		X								2003	\$ 90 000		IRSST
Soutènement Mine			X							1999	\$ 104 000		IRSST

* : A) réduction des coûts d'opération; B) productivité augmentée; C) amélioration en santé-sécurité

CHAMPS D'EXPERTISE	Nom du/des chercheur(s)	Coordonnées
Ventilation minière, environnement minier, optimisation des systèmes miniers	Kostas Fytas, Ph.D. ing	
Modélisation des réseaux de discontinuités; stabilité des pentes	Martin Grenon, Ph.D. ing.	
Caractérisation des massifs rocheux par l'analyse d'images, modélisation numérique, soutènement des massifs rocheux; conception des cheminées à minerai; modélisation des réseaux de discontinuités	John Hadjigeorgiou	
Fiabilité, maintenance et performance des équipements, miniers et de construction, méthodes d'abattage des roches dures sans explosif, manutention des matériaux, mécanisation des mines	Jacek Parasozak	
Conception, suivie et optimisation des méthodes d'exploitation souterraine, Dilution et pertes de minerai, Coûts opératoires en présence de la dilution et des pertes de minerai, Conception des infrastructures souterraines des mines, Études de faisabilité des projets miniers, Santé, sécurité et hygiène industrielle	Stefan Planeta	
Économie des ressources naturelles, marché des granulats, gestion des déchets miniers, géo-environnement, politiques minérales	Richard Poulin	

NOM : Université McGill / McGill University

PROJECTS	Forage et Fragmentation	Ingénierie de l'environnement physique	Ingénierie de l'extraction	Remblayage et sujets connexes	Manutention stérile et minéral	Soutènement et contrôle de terrain	Logistique et service	Autres	Date de début et de fin	Coûts	Bénéfices pour le client *	Nombre de personnes- chercheurs	Provenance des fonds
Plate-forme cheminée		X							2001	\$ 140 000,00			
Tir de relaxation			X						2000	\$ 163 000,00			
Boulon instrumenté						X			2000	\$ 67 500,00			
Auscultation béton						X			2001	\$ 110 000,00			
Guide barricades			X						2001	\$ 135 000,00			
Subsurface sensing			X						2002	\$ 999 750,00			
Geo structure			X						2003	\$ 45 000,00			

* : A) Reduction in operating costs
 B) increased productivity
 C) improvement in health and safety

FIELDS OF EXPERTISE									Nom du/des chercheur(s)	Coordonnées
Rock mechanics										
Geo Radar										
Mine backfill										
Rock support system										
Non destructive testing										

**NOM : Université du Québec en
Abitibi-Témiscamingue (UQAT)**

PROJETS	Forage et Fragmentation	Ingénierie de l'environnement physique	Ingénierie de l'extraction	Remblayage et sujets connexes	Manutention stérile et minéral	Soutènement et contrôle de terrain	Logistique et service	Autres	Date de début et de fin	Coûts	Bénéfices pour le client *	Nombre de personnes- chercheurs	Provenance des fonds
Stabilité remblai 1				X					1999	\$ 53 000			
Stabilité remblai 2				X					2002	\$ 80 000			

ANNEXE D
Autres documents consultés

Autres documents consultés

1. Bois, Denis. (Janvier 2003) Le développement de l'Abitibi-Témiscamingue par l'Abitibi-Témiscamingue : Une maximisation des retombées de l'exploitation des ressources minérales et minières dans les régions ressources. Mémoire présenté à la Commission d'étude sur la maximisation des retombées économiques des ressources naturelles dans les régions ressources. Unité de recherche et de service en technologie minérale (URSTM). Rouyn-Noranda, Québec.
2. Camease Compendium of Canadian Mining Suppliers. Your guide to Canadian Mining Technology. 2003/2004. 170 p.
3. Canadian Institute of Mining. Mining the Future – An In-Depth Look Through the Eyes of Industry's Leaders. CIM Bulletin, Directory Issue, 36th Edition.
4. Canadian Mining Journal. 2004 Mining Sourcebook. 113th Edition. 142 p.
5. Charette, François, Hadjigeorgiou, John. (1999) Guide Pratique du soutènement minier. Publié par l'Association minière du Québec inc., 141 p.
6. Custom Industrial Automation. (April 1990) Identification of New and Innovative Mining Machinery, A Joint MITEC (Mining Industry Technology Council of Canada) – MEMAC (Machinery and Equipment Manufacturer's Association of Canada) Project. Final Report.
7. Développement économique Canada. (Ed. 2003) Économie du Québec, Analyse des tendances. 71 p.
8. Développement économique Canada. (Ed. 2000) Économie du Québec, Analyse des tendances. 56 p.
9. Développement économique Canada. (Octobre 1999) Financement de l'innovation dans les PME. Une recension récente de la littérature. 40 p.
10. Développement économique Canada. (Octobre 1999) Institution du savoir et PME. Développer des synergies. 94 p.
11. Développement économique Canada. (Octobre 1999) Stimuler l'innovation par le développement de milieux créateurs. Un examen des politiques et pratiques émergentes. 88 p.
12. Dufresne, S., Billette, N., Gaétan, R., Clarke, R.W.D. (Juin 1989) Gisements filoniens : Technologies, innovations et perspectives. Rapport MRL 89-70 (TR). (EMR) Énergie, mines et ressources, Centre canadien de la technologie des minéraux et de l'énergie (CANMET), Laboratoires de recherche minière. 74 p.

13. Erlich, J., A Practical View of Strategies for Improving Federal Technology Transfer, Journal of Technology Transfer, 2003, Vol. 28, No. 3, pp 215-226.
14. Falconbridge Limited. Onaping Depth. PowerPoint Presentation.
15. For@c.- Forest to Customer. Web-based technologies offer an extraordinary potential for businesses focussed on innovation and the integration of their value creation network. Research Consortium in E-Business in the Forest Products Industry.
<http://www.forac.ulaval.ca>.
16. Forest Products Association of Canada. (October 2002) Accelerating Forest Sector S&T Renewal. Significant, Sustainable, Innovative. Ottawa, Ontario. 12 p.
17. Fraser Institute. Annual Survey of Mining Companies 2003/2004. 75 p.
18. Government of Canada. (1998) From Mineral Resources to Manufactured Products – Toward a Value-Added Mineral and Metal Strategy for Canada.
19. Government of Ontario. Ministry of Northern Development and Mines. (2003) The Future of Mining ... Explore the Opportunities.
20. Information Technology Association of Canada (ITAC). Research Infosource Inc. Can the Private Sector Get Canada into the Top Five Innovative Economies of the World by 2010? Views from Leaders of Canada's Innovation-Intensive Firms. Final Report. September 2003.
21. Kaizen Institute. Masaaki IMAI. Gemba Kaizen – L'art de manager avec bon sens. 1996. 319 p.
22. Lulin, Jean-Marc. 1990. Une analyse du développement minier du Nord-Ouest québécois. Conférence donnée lors du Symposium de Rouyn-Noranda du 28 mai au 1er juin 1990 sous l'égide de la Division de la Géologie de l'Institut Canadien des Mines. La Ceinture polymétallique du Nord-Ouest québécois : Synthèse de 60 ans d'exploration minière. Volume spécial 43.
23. Markham, S., Moving Technologies from Lab to Market, *Research Technology Management*, 2002, Vol. 45, No. 6, pp 31-42.
24. Mining Industry of the Future. September 2000. Mineral Processing Technology Roadmap. USA. 21 p.
25. Mining Industry of the Future. Mining Industry Roadmap for Crosscutting Technologies. 30 p.

26. Ministère des ressources naturelles du Québec. 2000. Sites miniers aurifères avec réserves localisés en Abitibi. Tableau.
27. National Research Council. October 2002. The Application of Foresight to Science and Technology Management. Workshop October 1st, 2002. Federal S&T Managers Forum.
28. Natural Resources Canada. Minerals and Metals Sector. October 2001. A National Regional Strategy for the Minerals and Metals Sector. 2 p.
29. Natural Resources Canada and Industry Canada. November 1998. Issues facing Value-Added in the Mineral Products Industry. Summary of the Value-Added Consultations, September 21th - October 2nd, 1998.
30. Nicholson, P., The Growth Story: Canada's Run-long Economic Performance and Prospect, International Productivity Monitor, No. 7, Fall 2003.
31. Ontario Mining Association. November 1985. Compendium of Mining and Mineral Research Activities.
32. Racicot, Denis, Ministère de l'Énergie et des Ressources – Québec. La production minière dans la partie québécoise de la sous-province d'Abitibi : 1927-1988. pp 35-42
33. Ressources naturelles Canada, Secteur des minéraux et des métaux. 2002. Historique de l'exploration minérale et de l'exploitation minière au Canada et perspectives pour l'avenir. Ottawa, Ontario. 58 p.
34. RSW Inc. Octobre 2002. Société de Recherche et Développement Minier Inc. - Réalisation d'une étude économétrique sur les mines souterraines au Canada. Offre de service. Montréal, Québec.
35. Samson Bélair, Deloitte & Touche. Projet A.C.C.O.R.D. 13 mars 2003. 71 p.
36. Samson Bélair, Deloitte & Touche. Projet A.C.C.O.R.D. – Étalonnage international – Créneau de techno-mines souterraines – Région d'Abitibi-Témiscamingue. 25 avril 2003. 59 p.
37. Society for Mining, Metallurgy, and Exploration, Inc. Thomas F. Torries. Evaluating Mineral Projects: Applications and Misconceptions. 153 p.
38. Society for Mining, Metallurgy, and Exploration, Inc. Cavender, Bruce, 1999. Mineral Production Costs: Analysis and Management. 179 p.

Autres sites internet consultés

L'Institut de recherche et de développement en agroenvironnement inc. (IRDA)
<http://www.irda.qc.ca/propos/propos.htm>

Centre québécois de recherche et de développement de l'aluminium(CQRDA) :
<http://cqrda.qc.ca/>

Le centre de recherche, de développement et de transfert technologique acéricole (Centre ACER)
<http://www.centreacer.qc.ca/>

COnsortium de REcherche Minérale (COREM)
<http://www.corem.qc.ca>

Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO)
<http://www.csiro.au>

Forest Engineering and Research Institute of Canada (FERIC)
<http://www.gov.ns.ca/natr/publications/newferic.htm>

L'institut de recherche sur les produits du bois du Canada (Forintek Canada Corp.)
<http://www.forintek.ca>

Centre des technologies du gaz naturel (CTGN)
<http://www.ctgn.qc.ca/>

The Pulp and Paper Research Institute of Canada (Paprican)
<http://www.paprican.ca/engl/index.htm>

CAMIRO Mining Division
<http://www.camiro.org/Mining/cammining.htm>

The Mining Innovation, Rehabilitation and Applied Research Corporation (MIRARCO)
<http://www.mirarco.org/>

Technology road map for forest operations in Canada
<http://strategis.ic.gc.ca/epic/internet/intrm-crt.nsf/en/Home>

Ville de Chibougamau
<http://www.municipalite.baie-james.qc.ca/francais/communautes/chibougamau/>

Ressources naturelles, Faune et Parcs du Québec – Les mines ; é-sigeom à la carte : Gîtes
http://sigeom.mrnfp.gouv.qc.ca/signet/classes/I1102_index

ANNEXE E
Proposition d'organisation de la recherche

TABLE DES MATIÈRES

E.1	Objectifs	E3
E.2	Regroupement structuré	E4
E.2.1	Conseil d'administration	E4
E.2.2	Comité technique	E5
E.2.3	Permanence	E6
E.2.4	Comité de liaison	E7
E.2.5	Comité de formation	E7
E.3	Conditions d'adhésion et partenariat	E7

FIGURE

Figure E.2.a	– Modèle décentralisé de recherche et d'innovation minière	E4
--------------	--	----

E.1. Objectifs du regroupement

- Fournir à ses partenaires des résultats de recherche, des connaissances et des technologies visant à améliorer la compétitivité des mines souterraines canadiennes;
- S'assurer que la recherche effectuée cadre à l'intérieur des axes prioritaires définis par les intervenants;
- Développer des partenariats pluridisciplinaires entre les équipes de chercheurs, les compagnies minières, les gouvernements fédéral/provinciaux, les PME et les manufacturiers afin d'éviter les duplications d'efforts non nécessaires et optimiser le rendement des budgets de recherche;
- Intensifier, cibler et accélérer la mise au point et l'adoption de solutions aux problèmes posés par l'industrie;
- Effectuer des transferts technologiques efficaces des connaissances et des nouvelles technologies;
- Faciliter les échanges d'informations scientifiques et techniques, entre autres par des activités de maillage entre les divers intervenants, afin de maximiser l'impact des travaux de recherche;
- Développer et maintenir au Canada l'expertise requise dans le domaine minier souterrain et soutenir la formation au sein de l'industrie;
- Assurer le rayonnement et le développement international de l'expertise canadienne de pointe reconnue et exportable; et
- Fournir le support technique à l'élaboration des réglementations provinciales, lorsque requis.

E.2 Regroupement structuré

Afin d'utiliser au mieux toute l'expertise détenue dans les différents camps miniers, groupes de recherche universitaire et privée, PME et manufacturiers, la création d'un regroupement national de coordination souple, décentralisé mais efficace s'impose afin de garder le cap vers les priorités définies par tous les intervenants. La structure qui semble la plus répandue dans la littérature se présente comme suit (Figure E.2.a) :

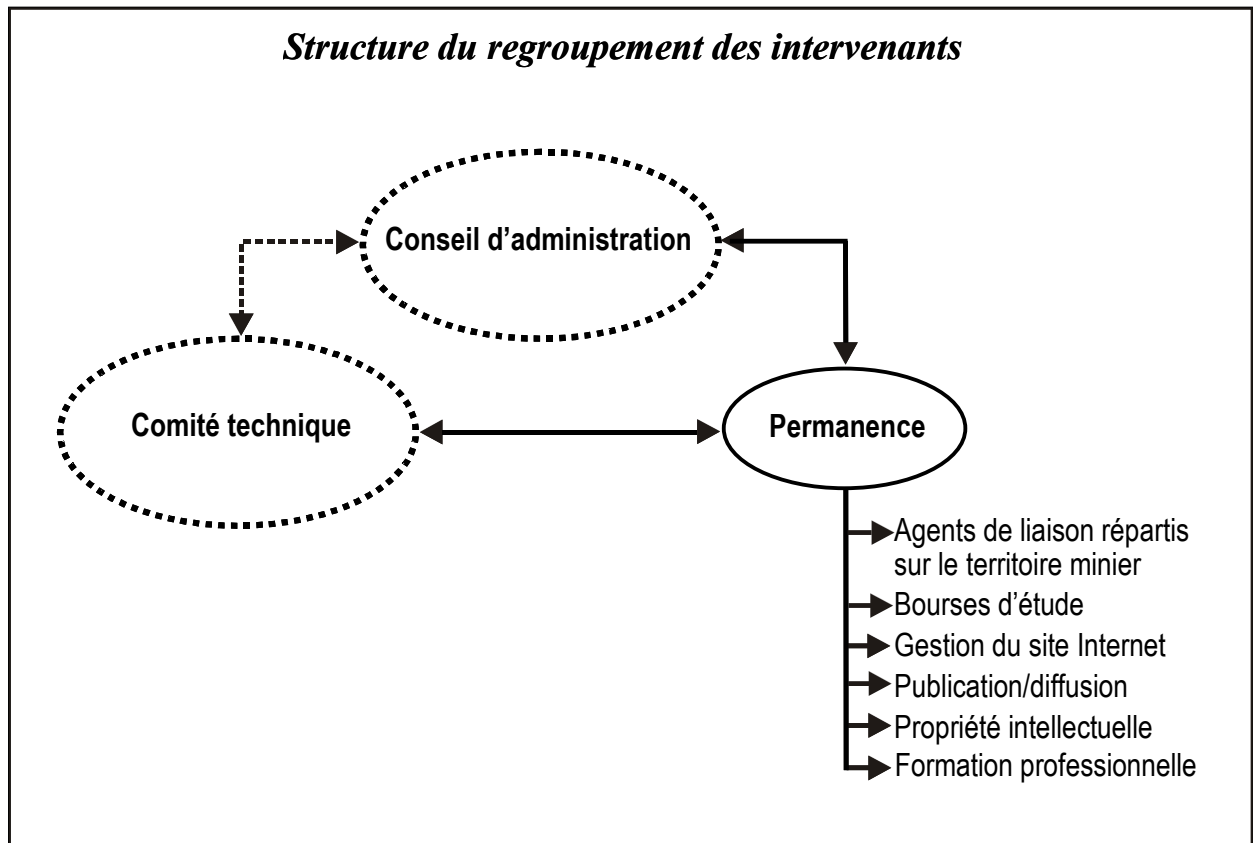


Figure E.2.a – Modèle décentralisé de recherche et d'innovation minière.

E.2.1 Conseil d'administration

Vu la dispersion des divers intervenants miniers, la structure de gestion proposée se doit d'être flexible et mobile, dans le temps et dans l'espace. Cette structure appelée ci-après le Regroupement, serait chapeauté par un conseil d'administration composé principalement de membres seniors de l'industrie, et à ce titre, il serait approprié d'inclure des représentants des groupes de recherche industrielle déjà bien établis, tels que SOREDEM et CAMIRO, mais également d'organismes gouvernementaux (fédéral, provincial et même municipal) et du milieu universitaire. Tous ces intervenants devraient être en position de pouvoir exercer des

pressions politiques lorsque requises. Les membres auraient l'autorité suffisante pour prendre les décisions qui s'imposent au niveau financier et affecter les fonds nécessaires pour soutenir les projets. Ainsi, le conseil d'administration aurait la responsabilité d'assurer l'orientation des fonds destinés à la recherche vers les axes identifiés comme étant prioritaires par l'industrie minière et les organismes de recherche, c'est-à-dire ceux pouvant avoir une valeur ajoutée significative à l'échelle des opérations minières. À cette fin, une évaluation économique et/ou évaluation de l'impact sur la santé/sécurité devrait être présentée afin de quantifier le bénéfice attendu pour chacun des projets.

Le conseil d'administration aurait comme mandat de :

- Élaborer et approuver les orientations stratégiques à court, moyen et long terme;
- Élaborer et approuver les directions financières, incluant le budget du programme national de recherche et le budget d'opération de la permanence;
- Approuver les projets recommandés par le comité technique;
- Gérer la permanence; et
- Gérer la propriété intellectuelle (PI) basée sur les recommandations du comité de PI.

E.2.2 Comité technique

Le comité technique, flexible et mobile, serait composé de membres de l'industrie et des organismes de recherche ayant une vision pratique et technique des besoins concrets dans les opérations et ce, à court, moyen et long terme. Ce comité devrait s'appuyer sur des chefs de file de l'industrie et du monde de la recherche ayant le leadership requis pour faire évoluer les projets correctement et assurer leur introduction dans leurs opérations minières. Ce comité aurait pour mandat de sélectionner et de recommander, au conseil d'administration, les projets de recherche avec un potentiel d'impact concret, ainsi que les meilleures équipes pour exécuter chacun de ceux-ci. Il devrait être composé de manière à ce que la majorité des champs de spécialisation soient représentés au sein du comité. Le comité technique, qui œuvre sous le sceau de la confidentialité, pourrait se diviser en sous-comités en fonction des axes de recherche prioritaires, lorsque requis.

Le comité technique aurait comme mandat de :

- Recommander au conseil d'administration les projets selon les axes de recherche prioritaires en gardant une perspective à la fois nationale et locale;
- S'assurer de l'impact économique potentiel de chacun des projets;
- Assurer l'équilibre entre les projets;
- Établir les objectifs et les enveloppes budgétaires des projets;
- Assurer le suivi des projets (échancier, budget, qualité et suivi technique);
- Évaluer les besoins de l'industrie et établir le programme technique basé sur les recommandations des agents de liaison (voir plus bas);
- Maintenir des relations bidirectionnelles avec le conseil d'administration afin de mieux poursuivre les objectifs du Regroupement;
- Établir des critères clairs de sélection de projets qui devraient inclure, entre autres, les axes prioritaires, le transfert technologique et un plan d'affaires;

- Produire un guide de présentation de projets et des rapports; et
- Réunir des équipes multidisciplinaires de haut calibre capable d'assimiler, de développer et de mettre à profit des connaissances qui évoluent rapidement.

E.2.3 Permanence

Si les fonds nécessaires à la recherche et au développement sont alloués, le besoin de coordination, le nombre de projets et les montants en jeu requerront les services d'une permanence. En raison du caractère ponctuel des différents comités, une équipe réduite mais efficace devrait assurer le suivi de la recherche tout en cimentant le lien entre les deux paliers de gestion de même qu'auprès des chercheurs comme tels. La réussite des activités de recherche demanderait un suivi serré de l'évolution des projets, tant du point de vue technique et budgétaire que pour les échéanciers. Cette équipe devrait donc surveiller les entrées de fonds, les déboursés et l'avancement des projets dans leur ensemble, et en faire rapport au conseil d'administration et au comité technique, s'il y a lieu. Elle devrait également s'assurer que les chercheurs soumettent des évaluations économiques solides qui seraient analysées par le comité technique puis soumises au conseil d'administration. La permanence aurait aussi comme fonction d'assumer le leadership nécessaire afin de s'assurer que tous les comités maintiennent le cap sur les priorités identifiées. Ceci se traduirait par l'organisation des réunions de sorte que les questions critiques, telles que celles liées à la propriété intellectuelle soient débattues en temps et lieu. La permanence aurait aussi comme mandat de guider les comités dans le choix de projets et des exécutants afin d'éviter les duplications non désirées. Ainsi, elle devrait collecter les propositions soumises et aviser les parties concernées du résultat de leur soumission. Cette équipe, dont les membres seraient sélectionnés par le conseil d'administration, qui lui-même serait principalement représenté par des membres de l'industrie, devrait donc posséder une profonde connaissance du milieu minier, et se tenir informée des activités de recherche ici et ailleurs dans le monde. Finalement, la permanence serait mandatée pour assurer le bon fonctionnement des comités satellites, tels que les comités de formation et de liaison (voir plus bas).

Également, la permanence aurait comme mandat de :

- Veiller à l'atteinte des résultats en fonction des objectifs définis par le conseil d'administration;
- Assurer la liaison entre le conseil d'administration et le comité technique;
- Coordonner les aspects de la gestion courante;

- Voir à la valorisation des résultats et au transfert technologique en industrie;
- Mettre sur pieds des comités spéciaux, lorsque requis;
- Produire des ententes contractuelles types qui pourront servir de gabarit; et
- Instaurer et assurer le bon fonctionnement d'une veille technologique.

E.2.4 Comité de liaison

Des agents de liaison seraient répartis sur tout le territoire minier canadien de manière à agir en tant qu'ambassadeurs de la recherche pour leur région. Les agents de liaison pourraient être des organismes déjà fonctionnels et bien ancrés dans leur milieu, tels que l'ICM par exemple, qui ont un intérêt particulier pour la recherche minière. Le but de ce comité serait d'agir au niveau local et régional, et de permettre la mise en place d'outils d'information de même que la réalisation d'événements qui permettraient de créer une synergie entre les participants (ex. : symposium, publication, démarchage). Ces activités resserreraient les liens au plan national entre les différentes communautés minières.

Le comité de liaison aurait comme mandat de :

- Promouvoir les échanges d'informations entre le milieu de la recherche et les mines;
- Faciliter le transfert des résultats;
- S'enquérir de la nature des activités de recherche qui s'exécutent dans leurs communautés respectives;
- Maintenir une liste à jour des projets en cours et de l'expertise disponible;
- S'enquérir des besoins de l'industrie sur leur territoire; et
- Recevoir les demandes de l'industrie et les transmettre à la permanence.

E.2.5 Comité de formation

Le comité de formation créerait et maintiendrait un programme de bourses de deuxième et de troisième cycles universitaires afin d'assurer une relève de chercheurs qui comprendraient bien les besoins de l'industrie. De plus, ces bourses auraient pour but de créer une synergie entre le milieu de la production et le milieu universitaire. Les sujets de maîtrise et de doctorat seraient définis par le comité technique qui en assurerait également le suivi en collaboration avec le Directeur de recherche.

E.3 Conditions d'adhésion et partenariat

Si le Regroupement proposé en E.2.3 est adopté, les avantages des différents statuts de membres retrouvés dans la littérature seraient :

Membre actif :

- Possibilité de partager de l'information privilégiée avec des professionnels de la recherche;
- Accès prioritaire à de l'expertise, à des technologies de pointe et à toute information, incluant la propriété intellectuelle développée avec ou sans droit de redevance;
- Pouvoir décisionnel sur les orientations stratégiques en recherche;
- Effet de levier important sur les sommes consacrées à la R-D;
- Reconnaissance des efforts de R-D effectués dans les mines (ce qui rendra ces dépenses éligibles aux crédits d'impôt en R-D);

- Éligibilité aux incitatifs fiscaux pour les activités de R-D;
- Accès aux activités de formation pour le personnel minier;
- Réception des avis de convocation;
- Droit d'assister à l'assemblée générale annuelle;
- Droit de vote à l'assemblée générale annuelle;
- Éligibilité au poste d'administrateur;
- Droit de vote lors de l'élection des administrateurs;
- Accès au bilan et aux états financiers;
- Participation aux activités organisées par le regroupement, tels les conférences, la formation, le maillage, etc.; et
- Possibilité de licence sur les technologies développées.

Membre invité :

- Invitation à participer à un ou plusieurs projets en particulier;
- Participation à l'établissement d'un projet tant du côté technique qu'en ce qui a trait à l'échéancier et à la définition des livrables; et
- Éligibilité aux incitatifs fiscaux par projet.