



THE ECONOMIC BENEFITS OF RESEARCH AND DEVELOPMENT IN THE CANADIAN MINING AND METALLURGY SECTOR

Peter Warrian, PhD



Ingenium

Canada's Museums of Science and Innovation
Musées des sciences et de l'innovation du Canada

Canada

Executive Summary

Sommaire

Mining makes the modern world possible. Even though many people will never see an operating mine in their lifetime, we rely on natural resources to enjoy the products and services we take for granted in the 21st century. In other words, if you can't grow it, then it has to be mined. Indeed, the pathway to a sustainable net-zero emissions economy needs more metals than have been unearthed in the entire history of humanity. Electric vehicles, renewable energy, electricity storage and energy-efficient infrastructure for cities will require steel, copper, nickel, lithium and a range of materials classified as 'critical metals.'

The prospect of extracting these materials against the backdrop of increasing orebody complexity and low public trust towards the industry is daunting. Mining in the future will need to be very different from today if global needs for mined materials are to be met. However, we have been here before. If the mining industry had not embraced a series of innovations through the 20th century, then copper extraction costs would be four times higher than what they are today, with consequences for the affordability of electrical technology. Innovation in the mining industry has enabled global economic development in the past, and it will do so in the future as well.

The critical message for executives and policymakers from *The Economic Benefits of Research and Development in the Canadian Mining and Metallurgy Sector* is that the golden age of Canadian Mining was underpinned by public and private innovation programs that made Canada a world leader in industrial materials. After the Second World War, the advent of centralized corporate R&D labs was vital for creating internationally competitive Canadian metallurgy and metal products.

Inco was created in 1905 to commercialize a new copper-nickel process by merging the US owner of the technology with the Canadian owner of the Sudbury nickel deposits. The dominant pattern of Inco's growth until the 1970s was developing new technologies to bring resources and value-added products to market. Internal "research stations" developed many of these innovations, including one designed for pilot-scale testing of metallurgical processes. The construction of a laboratory at Mississauga, Ontario, enabled university-trained researchers to enjoy an urban lifestyle while working on Inco's technical challenges.

L'exploitation minière rend le monde moderne possible. Même si de nombreuses personnes ne verront jamais une mine en activité de leur vie, nous dépendons des ressources naturelles pour tous les produits et services que nous tenons pour acquis au XXI^e siècle. En ce qui concerne les ressources terrestres, si on ne peut pas les faire pousser, alors il faut les extraire du sol. En effet, la voie vers une économie durable à zéro émission nette nécessite plus de métaux que ceux qui ont été déterrés dans toute l'histoire de l'humanité. Les véhicules électriques, les énergies renouvelables, le stockage d'électricité et les infrastructures urbaines à haut rendement énergétique nécessiteront de l'acier, du cuivre, du nickel, du lithium et toute une variété de matières classées comme « critiques ».

La perspective d'extraire ces matériaux dans un contexte de complexité croissante en ce qui concerne les gisements et le faible niveau de confiance du public envers l'industrie suscite de l'angoisse. L'extraction minière de demain devra être très différente de celle d'aujourd'hui si l'on veut répondre aux besoins mondiaux en minerais. Mais nous sommes déjà passés par là. Si l'industrie minière n'avait pas adopté une série d'innovations au cours du XX^e siècle, les coûts d'extraction du cuivre seraient quatre fois plus élevés qu'aujourd'hui, ce qui aurait des conséquences importantes sur les coûts de la technologie électrique. L'innovation dans l'industrie minière a permis le développement économique mondial dans le passé, et elle continuera de le faire dans l'avenir.

Le message crucial à l'intention des dirigeants d'entreprises et des décideurs politiques dans l'ouvrage *The Economic Benefits of Research and Development in the Canadian Mining and Metallurgy Sector* de Peter Warrian est que l'âge d'or de l'industrie minière canadienne a été soutenu par des programmes d'innovation publics et privés qui ont fait du Canada un leader mondial dans le domaine des matériaux industriels. Après la Deuxième Guerre mondiale, l'avènement de laboratoires de R-D privés et centralisés a été vital à la création de produits métallurgiques et métalliques canadiens concurrentiels pour le marché international.

La société Inco a été créée en 1905 pour commercialiser un nouveau procédé pour le cuivre-nickel suivant la fusion du propriétaire américain de la technologie et du propriétaire canadien de gisements de nickel à Sudbury. Jusqu'aux années 1970, le principal modèle de croissance d'Inco était de mettre au point de nouvelles technologies afin de commercialiser

The case of Stelco has many similarities to Inco with the formalization of a metallurgical laboratory on the grounds of the Hilton Works in Hamilton, Ontario. This lab grew into a separate research department in 1967 called the Stelco Research Center. At its peak of 132 employees, it was one of the largest centers of metallurgy in Canada. One of the most significant steel production innovations supported by the center was the Coilbox, supported by Canadian R&D tax rebates and grant funds for a full-scale mill test in 1973. Patents were filed around the world, which alerted competitors like BHP to the existence of the technology. The performance of the Coilbox was such a breakthrough that major steel producers were eager customers. In addition to the productivity improvements in Stelco's operations, each sale contributed three million dollars to Stelco's earnings. By the early 2000s, 70 units were in steel mills around the world.

The successes achieved through the model of large corporate laboratories were mirrored in other industries worldwide from the mid-twentieth century. Well known examples include the Bell Laboratories in the USA and Bosch's R&D center in Germany. Until 1999, Australia's mining giant, BHP, had research facilities that were among the largest in the country.

A combination of natural resource endowments, demand fueled by military conflicts and post-industrialization, and the emergence of management practices for large industrial corporations created the perfect environment for Canadian metallurgical innovation. While the takeovers of the iconic Canadian metallurgical innovators in the twenty-first century ensured the industrial R&D lab's demise, the big central laboratory was an artifact of the twentieth-century innovation process. In the early twenty-first century, the internalized innovation model was changing into a distributed innovation system, where innovation inputs come from a network of different actors, often from other industries. These have been called innovation ecosystems that support the new model of distributed innovation networks or "open innovation."

The reasons for the opening up of innovation to include multiple organizations include the increasing complexity of technology and the shortening product lifecycle. Relying on an internal laboratory to develop and deploy the best solutions to mineral processing and metal production is slower and limited by the available expertise. In the twenty-first century, innovation is a team sport where the winners have the best network of organizations, rather than the best R&D lab.

des ressources et des produits à valeur ajoutée. Des « postes de recherche » internes ont mis au point nombre de ces innovations, dont une visant à tester des procédés métallurgiques au moyen d'essais pilotes. La construction d'un laboratoire à Mississauga, en Ontario, a permis à des chercheurs formés à l'université de profiter d'un mode de vie urbain tout en travaillant à relever les défis techniques d'Inco.

Le cas de la société Stelco présente de nombreuses similitudes avec celui d'Inco, avec la formalisation d'un laboratoire métallurgique sur le terrain de l'usine Hilton Works à Hamilton, en Ontario. Ce laboratoire est devenu le Stelco Research Center en 1967, soit une division de recherche distincte. Pendant ses meilleures années, le centre comptait 132 employés et était l'un des plus grands centres de métallurgie au Canada. Une des innovations les plus importantes en matière de production d'acier au centre a été le Coilbox, soutenu par des rabais fiscaux pour la R-D et des fonds de subvention pour un essai en usine à pleine échelle, en 1973. Des brevets ont été déposés dans le monde entier, ce qui a alerté des concurrents comme BHP de l'avènement de cette nouvelle technologie. Le rendement du Coilbox a été tel que les plus importants producteurs d'acier ont tous voulu se le procurer. La productivité augmentait à Stelco, et chaque vente venait ajouter la somme de trois millions de dollars aux coffres de Stelco. Au début des années 2000, on trouvait déjà 70 unités dans des aciéries partout dans le monde.

Les réussites découlant du modèle des grands laboratoires d'entreprises se sont reflétées dans d'autres industries sur la scène internationale à partir du milieu du XX^e siècle. Parmi les exemples les mieux connus figurent les laboratoires Bell aux États-Unis et le centre de R-D de Bosch, en Allemagne. Jusqu'en 1999, le géant minier australien BHP disposait d'installations de recherche parmi les plus importantes au pays.

La combinaison de la richesse en ressources naturelles, de la demande alimentée par les conflits militaires et la postindustrialisation et de l'émergence de pratiques de gestion dans les grandes entreprises industrielles a donné lieu à un environnement parfait pour l'innovation canadienne en métallurgie. Alors que la mainmise sur les emblématiques innovateurs métallurgiques canadiens du XXI^e siècle a entraîné la fin des installations de R-D, le grand laboratoire central est devenu un artefact de l'innovation du XX^e siècle. Au début du XXI^e siècle, le modèle d'innovation internalisé s'est transformé peu à peu en un système d'« innovation distribuée » où les apports d'innovation provenaient d'un réseau de différents acteurs, souvent d'industries variées.

There were early signs of this transition to innovation ecosystems in Canadian metallurgy. The case study of Hatch shows that the decline of the corporate laboratory enabled opportunities for different business models. As an engineering solutions provider with expertise in metallurgy, Hatch was able to work closely with clients to develop solutions that could be used in other projects. Through acquisitions, Hatch acquired IP and skilled staff but also licenced out IP when the opportunity arose. Hatch's open innovation strategy can be seen in their membership in the Digital Technology Supercluster program launched in 2018. Teck is also a member of the Digital supercluster. Their engagement with research consortia and new-ventures is an example of how the Canadian mining sector embraces the development of innovation ecosystems.

Will Canada regain its global leadership position in metallurgy and mining? Resource endowment and global demand are two of the factors that enabled the golden years of Canadian mining. They are present today. Canada is endowed with essential metals and materials for the twenty-first century, including copper, nickel, zinc, cobalt, uranium, graphite, helium and rare-earths. The demand for these materials is projected to increase through the next decade rapidly. However, the blueprint for the future of innovation in Canadian metallurgy and mining is different from the blueprint of the past. The barriers between industry sectors are disappearing, and mining companies are significant users of telecommunications, biotechnology, renewable energy, robotics, artificial intelligence, and cloud computing.

Like the beginning of the twentieth century, new entrants into the modern Canadian mining sector innovate to create new metallurgical processes to bring resources to market. Frequently they are collaborating with research institutions, engineering consultants and mining technology suppliers to achieve this. Examples include Euro Manganese reprocessing old tailings in Czechoslovakia and FPX Nickel developing a metallurgical circuit to commercialize unconventional nickel alloy deposits in British Columbia. Nouveau Monde Graphite has licensed battery material technology from Hydro Quebec to add value to their graphite deposit which is planned to be the first electricity-powered open pit mine in the world. There are many examples of smaller Canadian mining companies taking new approaches to bring known deposits to market. Perhaps the Canadian policy of flow-through shares could extend beyond exploration costs to R&D to facilitate this form of innovation.

Larger Canadian companies and policymakers need to consider strategies to build productive innovation

On parlait d'écosystèmes d'innovation qui soutenaient le nouveau modèle de réseaux d'innovation distribué ou « ouverte ».

L'ouverture de l'innovation à des organisations multiples s'explique notamment par la complexité croissante de la technologie et le raccourcissement du cycle de vie des produits. Mais se fier à un laboratoire interne pour mettre au point et déployer les meilleures solutions en matière de traitement des minéraux et de production de métaux ralentit les choses, et se limite à l'expertise disponible. Au XXI^e siècle, l'innovation est devenue un sport d'équipe où les gagnants sont ceux qui disposent du meilleur réseau d'entreprises, et non du meilleur laboratoire de R-D.

Des signes avant-coureurs ont annoncé cette transition vers les écosystèmes d'innovation dans le secteur de la métallurgie canadienne. Le cas de la société Hatch illustre que le déclin des laboratoires internes a ouvert la voie à de nouveaux modèles d'affaires. En tant que fournisseur de solutions d'ingénierie ayant une expertise en métallurgie, Hatch a pu travailler en étroite collaboration avec ses clients pour mettre au point des solutions qui pouvaient aussi être utilisées dans d'autres projets. Par le biais d'acquisitions, la société s'est procuré de la propriété intellectuelle et du personnel qualifié, mais a également concédé des licences lorsque l'occasion s'est présentée. La stratégie d'innovation ouverte de Hatch est manifeste lorsqu'on pense à l'adhésion de l'entreprise au programme de la Supergrappe des technologies numériques lancée en 2018. La société Teck est également membre de la Supergrappe. Cet engagement envers les consortiums de recherche et les nouvelles entreprises illustre bien comment le secteur minier canadien ouvre grand les bras à la mise sur pied d'écosystèmes d'innovation.

Le Canada retrouvera-t-il sa position de leader mondial en matière de métallurgie et d'exploitation minière? La richesse de nos ressources naturelles et la demande mondiale sont deux des facteurs qui ont mené à l'âge d'or de l'exploitation minière au Canada. Et les deux y sont toujours. On trouve au Canada les métaux et matières qui sont essentiels au XXI^e siècle, notamment du cuivre, du nickel, du zinc, du cobalt, de l'uranium, du graphite, de l'hélium et des métaux des terres rares. La demande pour ces matières devrait augmenter rapidement au cours de la prochaine décennie. Toutefois, le plan d'action pour l'avenir de l'innovation dans le secteur canadien de la métallurgie et de l'exploitation minière est différent de celui du passé. Les barrières entre les secteurs industriels disparaissent, et les sociétés minières sont d'importants utilisateurs de télécommunications, de biotechnologie, d'énergie renouvelable, de robotique, d'intelligence artificielle et d'informatique en nuage.

ecosystems. The Federal supercluster program is one such example of an approach to building such ecosystems through providing incentives to bring diverse companies together around significant industrial challenges. A lesson from the twentieth century's metallurgical successes is that changing the industry to support a new style of innovation takes time. Consistency and ongoing commitment from the government and the corporate sector to innovation will be needed to bring Canadian mining into a new golden age.

Dr. John Steen,
EY Distinguished Scholar in Global Mining Futures,
and Director of the Bradshaw Initiative in Minerals and
Mining (BRIMM), The University of British Columbia

Comme au début du XX^e siècle, les nouveaux arrivants dans le secteur minier canadien moderne innovent pour créer de nouveaux procédés métallurgiques afin d'acheminer les ressources vers les marchés. Et ils collaborent souvent avec des instituts de recherche, des génies-conseils et des fournisseurs de technologies minières pour y parvenir. Il suffit de penser à Euro Manganese qui retransforme des résidus en Tchécoslovaquie et à FPX Nickel qui travaille sur un circuit métallurgique pour commercialiser des gisements d'alliages de nickel non conventionnels en Colombie-Britannique. Nouveau Monde Graphite, de son côté, a obtenu d'Hydro-Québec une licence d'exploitation pour le développement de matériaux utilisés dans les batteries afin d'ajouter de la valeur à son gisement de graphite, et sa mine à ciel ouvert devrait devenir la première au monde à être alimentée par électricité. Il existe de nombreux exemples de petites sociétés minières canadiennes qui adoptent de nouvelles approches pour commercialiser des matières connues. Il serait à souhaiter que le programme canadien d'actions accréditées s'étende au-delà des coûts d'exploration et vise également la R-D afin de favoriser ce type d'innovation.

Les grandes entreprises canadiennes et les décideurs du gouvernement doivent réfléchir à des stratégies aptes à créer des écosystèmes d'innovation productifs. Le programme fédéral de la supergrappe est un bon exemple de l'approche nécessaire pour en venir à de tels écosystèmes, en offrant notamment des stimulants pour inciter le regroupement d'entreprises variées autour d'importants défis industriels. Une leçon à tirer des réussites métallurgiques du XX^e siècle est celle-ci : changer l'industrie pour soutenir un nouveau style d'innovation prend du temps. De la cohérence et un engagement continu envers l'innovation au gouvernement et dans le secteur des affaires seront nécessaires si l'on veut faire entrer l'industrie minière canadienne dans un nouvel âge d'or.

John Steen, Ph.D.,
distingué érudit en avenir miniers mondiaux
et directeur de la Bradshaw Initiative in Minerals
and Mining (BRIMM) de l'Université de la
Colombie-Britannique