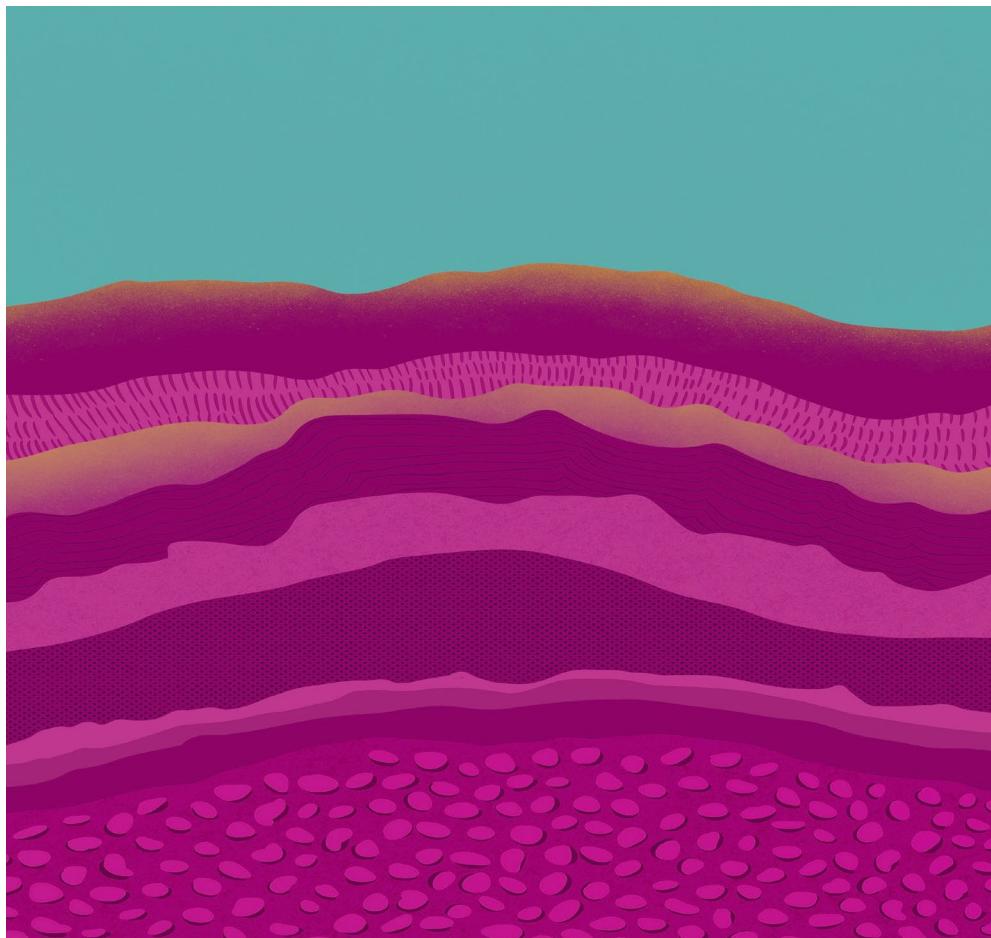


Un potentiel inexploité

Des occasions de retraitement des minéraux critiques et stratégiques à saisir dans les résidus miniers du Canada

JEFFREY COLLINS, ALEX COOL-FERGUS, ISABELLE GODIN,
DAVIS LEVINE, LISA MAH ET AARON PINTO



ACTION CANADA

DÉVELOPPER LE LEADERSHIP POUR L'AVENIR DU CANADA

Le Fellowship d’Action Canada est un programme de leadership en politique publique qui s’échelonne sur 10 mois. Il vise à approfondir la compréhension du Canada par les leaders émergents.es et à développer les compétences nécessaires pour relever les défis de notre nation en matière de politiques publiques. Chaque année, Action Canada choisit un enjeu important que les fellows examinent au cours du fellowship. Répartis en groupes de travail, les fellows collaborent avec des experts.es et des parties prenantes à l’échelle nationale pour élaborer un rapport présentant des solutions politiques, dans le but d’enrichir le discours national sur les défis critiques auxquels les Canadiens.nes sont confrontés.es. En 2024-2025, le fellowship s'est concentré sur l'avenir du secteur des ressources naturelles.



Le Forum des politiques publiques travaille à l'amélioration des résultats des politiques canadiennes en collaboration avec les élus et les fonctionnaires de tous les paliers de gouvernement, le secteur privé, les syndicats, les établissements d'enseignement supérieur, les ONG et les groupes autochtones. Organisation non partisane portée par ses membres, le FPP œuvre « de l'inclusion à la conclusion » en organisant des débats sur des questions politiques fondamentales et en préconisant de nouvelles options et des voies à suivre. Depuis plus de 30 ans, le FPP supprime les barrières entre les secteurs, contribuant ainsi à des changements appréciables qui permettent de construire un meilleur Canada.

130 Albert Street, Suite 1400 | Ottawa, Canada K1P 5G4 | (613) 238-7858

© Action Canada Fellowship and Public Policy Forum, 2025.



ÉDITION DIGITALE

Télécharger une version digitale
de ce rapport [ici](#)

Table des matières

05 Résumé

07 Une occasion à saisir

- » D'un passif à un actif
- » Deux avenues possibles à emprunter
 - Résidus de mines en activité
 - Résidus de mines orphelines et abandonnées
- » Les compétences et le paysage réglementaire des résidus miniers
- » Vers le retraitement minier au Canada

17 Les enjeux

- » Obstacles technologiques
- » Obstacles réglementaires et politiques
- » Défis économiques et considérations de coûts
- » Impact environnemental et durabilité
- » Impacts sur les territoires et les communautés autochtones
- » Caractérisation des résidus

23 Les recommandations

28 Conclusion

29 Notes de fin de page

33 Annexe A

- » Visualisation du processus de génération des résidus

34 Annexe B

- » Aperçu des méthodes technologiques pour le retraitement des minéraux critiques et stratégiques

36 Annexe C

- » Liste des consultations

À propos des auteurs



JEFFREY COLLINS

est analyste principal des politiques au sein du Groupe des matériels du ministère de la Défense nationale et professeur associé en études insulaires à l'Université de l'Île-du-Prince-Édouard.

Stratford, Île-du-Prince-Édouard



ALEX COOL-FERGUS

est directrice des politiques nationales pour Climate Action Network-Réseau action climat Canada.

Gatineau, Québec



ISABELLE GODIN

est directrice générale adjointe à la Commission de services régionaux de Kent. Elle est responsable des ressources humaines et directrice des services de transport régional et de gestion des déchets solides.

Moncton, Nouveau-Brunswick



DAVIS LEVINE

est le propriétaire de Public/s Design, un cabinet-conseil qui travaille à l'intersection de la transformation numérique et de la politique publique pour changer l'expérience de la population dans les services publics.

Edmonton, Alberta



LISA MAH

est une créatrice d'écosystèmes pour les jeunes entreprises technologiques. Elle a dirigé un programme de création d'entreprises dans les domaines de la science et de l'innovation de rupture à l'Université de Toronto

Toronto, Ontario



AARON PINTO

est un diplomate canadien, actuellement représentant du gouvernement de l'Ontario pour le commerce et l'investissement à New York.

New York, New York

Résumé

Au Canada, une ressource inexploitée de plusieurs milliards de dollars dort dans nos résidus miniers – il s'agit des minéraux critiques et stratégiques essentiels à l'économie verte, aux technologies numériques et à la défense nationale.

Alors que la demande mondiale pour ces minéraux monte en flèche, le retraitement des résidus miniers offre au Canada une occasion unique d'accroître ses chaînes d'approvisionnement nationales, de réduire son passif environnemental et de stimuler la croissance économique. Le présent rapport examine le potentiel de retraitement des résidus miniers sur les sites en activité et abandonnés au Canada, relève les principaux obstacles à la récupération des minéraux et propose des recommandations politiques pour leur valorisation

PRINCIPALES CONCLUSIONS

- » Les résidus miniers du Canada représentent une source sous-utilisée de minéraux critiques nécessaires à l'économie verte et à la sécurité nationale.
- » Les obstacles réglementaires, les risques financiers, la faisabilité économique, les écarts technologiques et la nécessité d'instaurer une meilleure collaboration entre les parties prenantes font obstacle au retraitement minier.
- » Une telle initiative pourrait contribuer à l'assainissement des mines orphelines et abandonnées (MOA), à la réduction des risques environnementaux et à la génération d'avantages économiques, notamment pour les communautés autochtones, grâce à la récupération de minéraux de valeur.

RECOMMANDATIONS:

- » **Procéder à un inventaire national des résidus miniers:** Poursuivre les efforts visant à créer une base de données publique centralisée sur les résidus miniers. Des mesures comme l'amélioration de la collecte de données, la normalisation des méthodologies et l'intégration des connaissances autochtones s'avéreraient utiles.
- » **Mettre en œuvre des réformes réglementaires et un cadre stratégique pour le retraitement minier:** Créer un cadre réglementaire spécifique pour le retraitement minier, restructurer l'octroi des permis et mettre en place des bacs à sable réglementaires pour l'innovation. Il faut notamment harmoniser les définitions des minéraux critiques, créer des incitations fiscales et assurer l'implication des populations autochtones.
- » **Encourager l'innovation et la collaboration:** Offrir des incitations pour le développement de technologies et de pratiques durables pour le retraitement minier, et encourager la collaboration. Soutenir la recherche et le développement, les projets pilotes et les meilleures pratiques mondiales en matière de caractérisation des résidus.

« Le soleil fournit de l'énergie brute, mais c'est le cuivre qui permet à l'électricité de circuler... En termes simples, il n'y a pas de transition énergétique sans minéraux critiques. »

STRATÉGIE CANADIENNE SUR LES MINÉRAUX CRITIQUES, 2022

Une occasion à saisir

Pour limiter le réchauffement planétaire à 1,5 °C par rapport aux niveaux de l'époque préindustrielle, le monde doit subir une transformation sans précédent de ses systèmes énergétiques.

Un [milliard de machines](#)¹ – des véhicules aux équipements industriels – devront passer des combustibles fossiles aux technologies alimentées par batteries, ce qui nécessitera [plus de 3 milliards de tonnes de minéraux et de métaux](#)². Selon l'Agence internationale de l'énergie (AIE), [la demande pour des minéraux critiques et stratégiques triplera d'ici 2030](#)³.

Bien qu'ils soient parfois utilisés de manière interchangeable, les termes minéraux critiques et minéraux stratégiques sont bien distincts. Le premier fait référence aux minéraux jugés essentiels au fonctionnement d'industries clés, comme les systèmes d'énergie renouvelable, les batteries de véhicules électriques et l'électronique de pointe. Les minéraux

stratégiques, quant à eux, sont encore plus importants du point de vue de la géopolitique et de la sécurité nationale. Ils sont considérés comme essentiels par les gouvernements puisqu'ils sont indispensables à la stabilité économique, à l'innovation technologique et aux capacités de défense. La liste des minéraux critiques et stratégiques d'un pays varie donc en fonction de ses priorités économiques, de ses vulnérabilités et de ses besoins technologiques divers.

La principale politique fédérale du Canada en la matière, la [Stratégie canadienne sur les minéraux critiques](#) de 2022,⁴ désigne les minéraux comme le silicium métallique, le nickel, le lithium et les éléments de terres rares comme étant à la fois le moteur de la transition économique et le garant du rôle de notre pays comme acteur durable dans les chaînes d'approvisionnement mondiales.

Or, ces chaînes d'approvisionnement sont fragiles. La Chine étant [le principal fournisseur mondial](#)⁵ de minéraux critiques, les tensions géopolitiques croissantes et le risque d'interruptions de l'approvisionnement soulignent le besoin urgent pour des minéraux critiques et stratégiques sûrs, diversifiés et de sources responsables.

Le Canada est particulièrement bien placé pour assumer un rôle de premier plan

dans ce secteur. Abritant [certains des plus importants gisements de minéraux critiques et stratégiques au monde](#)⁶

- comme l'uranium, le niobium et l'aluminium - et un secteur minier solide de [plus de 625 000 emplois et contribuant à hauteur de 100 milliards de dollars par an au PIB](#),⁷ le Canada joue déjà un rôle clé dans les chaînes d'approvisionnement mondiales. Avec l'accélération de la transition énergétique, la demande ne cessera d'augmenter.

Pourtant, le secteur minier canadien fait face à d'importants défis. L'établissement de nouvelles mines est un processus lent qui exige des capitaux considérables. Il faut [en moyenne 18 ans](#)⁸ et des dizaines, voire des centaines de millions de dollars d'investissements pour qu'elles deviennent opérationnelles. La fragmentation des compétences juridictionnelles, la pénurie de main-d'œuvre et le manque de capitaux nationaux représentent autant d'obstacles au développement. Les risques environnementaux et sociaux liés à l'exploitation minière, comme la contamination des sols et de l'eau, les émissions de gaz à effet de serre et les conflits par rapport aux droits constitutionnels et aux droits issus des traités des populations autochtones, font de l'ombre à une industrie aussi importante.

L'exploitation minière est un processus intrinsèquement inefficace; la preuve, [certaines types d'extraction de minerai produisent moins de 1 % de matière utilisable](#)⁹. Pour chaque tonne de métal extraite et produite, de [20 à 200 tonnes de déchets solides](#)¹⁰ sont placées dans les résidus, sous-produits de l'extraction et du traitement du minerai. Mélangés à de l'eau, à de la roche et à des produits chimiques résiduels, ces résidus miniers baignent dans des bassins de décantation géants ou s'accumulent en tas massifs, menaçant ainsi gravement l'environnement. En 2024, on estime que le passif du [gouvernement fédéral](#)¹¹ à l'égard de ces sites s'élevait à [10 milliards de dollars](#)¹².

La liste des minéraux critiques du Canada comporte 34 métaux et minéraux

- aluminium
- antimoine
- bismuth
- césium
- chrome
- cobalt
- cuivre
- étain
- fluorine
- gallium
- germanium
- graphite
- hélium
- mineraï de fer de haute pureté
- indium
- lithium
- magnésium
- manganèse
- molybdène
- nickel
- niobium
- phosphore
- métaux du groupe platine
- potasse
- éléments de terres rares
- scandium
- silicium-métal
- tantale
- tellure
- titane
- tungstène
- uranium
- vanadium
- zinc

D'UN PASSIF À UN ACTIF

Les déchets miniers représentent cependant une ressource substantielle qui demeure inexploitée (voir l'annexe A). [Les résidus de Sudbury, vieux de plusieurs dizaines d'années, pourraient à eux seuls contenir du nickel pour une valeur allant de 8 à 10 milliards de dollars](#)¹³ alors que certaines entités suggèrent une [manne économique encore plus importante](#)¹⁴. On estime que les déchets des mines d'or canadiennes représentent [une valeur supplémentaire en métaux de 10 milliards de dollars](#),¹⁵ les chercheurs estimant de manière prudente qu'il serait possible [d'en récupérer 80 %](#)¹⁶. À l'échelle mondiale, le [Minerals Research Institute of Western Australia](#)¹⁷ évalue la valeur globale des métaux précieux, critiques et stratégiques contenus dans les résidus à plus de 3,4 milliers de milliards de dollars américains.

Les résidus miniers comportent une grande variété de sous-produits minéraux, dont la composition, l'origine et les défis de gestion varient considérablement. Différents gisements de métaux primaires et leurs résidus, par exemple, produiront divers minéraux critiques comme sous-produits. On retrouve généralement un minéral critique comme le cuivre dans des gisements contenant plusieurs autres minéraux critiques, dont le tellure (Te), le rhénium (Re), l'étain (Sn), le cobalt (Co), le bismuth (Bi), l'uranium (U), l'indium (In), la barytine (Ba) et l'arsenic (As). Le Canada

compte notamment [39 exploitations de cuivre en activité](#)¹⁸ et [987 sites miniers historiques](#)¹⁹ qui avaient pour produit de base le cuivre.

L'extraction de ces minéraux ignorés parmi les résidus, un processus appelé retraitement minier, consiste à récupérer des minéraux critiques et stratégiques à partir des résidus des mines actives ou des MOA. Le retraitement minier ne peut à lui seul répondre à la demande mondiale croissante pour des minéraux critiques et stratégiques, mais il offre plusieurs avantages importants :

- » la diminution de la pression sur l'offre pendant le développement de nouvelles mines;
- » la réduction des déchets provenant des mines en activité;
- » la promotion de l'assainissement et de la décontamination de sites anciens;
- » [la baisse des coûts d'exploitation](#)²⁰ par rapport à l'extraction de nouveaux minerais.

Le retraitement a également le potentiel de stimuler l'innovation technologique, de créer des avenues de développement économique – en particulier en partenariat avec des communautés autochtones – et de positionner le Canada comme leader

mondial de l'approvisionnement durable en minéraux.

Malgré les promesses, le retraitement minier reste sous-développé²¹ au Canada. Les initiatives nationales sont limitées, alors que la commercialisation et l'adoption de technologies innovantes sont à la traîne. Le présent rapport considère le retraitement minier comme un élément essentiel d'une stratégie diversifiée visant à garantir la place du Canada dans la chaîne d'approvisionnement mondiale des minéraux critiques et stratégiques, en complément de l'exploitation minière traditionnelle. Il pourrait transformer les déchets miniers, qui représentent actuellement une responsabilité sociale et un passif environnemental, en un actif économique. Le rapport explore d'ailleurs quelques solutions de politique publique pour catalyser les pratiques de retraitement minier au Canada, et aborde plus particulièrement les questions suivantes :

- » Comment le retraitement minier peut-il combler certains écarts dans la chaîne d'approvisionnement actuelle des minéraux critiques et stratégiques?
- » Comment les gouvernements du Canada peuvent-ils concilier les avantages économiques du retraitement minier avec les impacts environnementaux, les responsabilités sociales et les droits des populations autochtones?

- » Quelles sont les innovations susceptibles de faire avancer le retraitement minier et comment les intégrer dans les cadres existants?
- » Quelles politiques les gouvernements fédéral, provinciaux et territoriaux peuvent-ils mettre en place pour promouvoir les pratiques de retraitement minier?

DEUX AVENUES POSSIBLES À EMPRUNTER

Dans les opérations minières, les résidus représentent le flux de déchets le plus important en termes de volume. Leurs concentrations en métaux et en minéraux non récupérés sont donc significatives.

Au Canada, les résidus miniers sont omniprésents dans environ 10 000 mines abandonnées²² et 200 mines en activité. Le retraitement des résidus miniers et des MOA présente différents enjeux et diverses possibilités.

RÉSIDUS DE MINES EN ACTIVITÉ

Les résidus de mines en activité sont produits par les exploitations minières actives, notamment celles qui extraient des métaux, de l'uranium, des sables bitumineux et d'autres minéraux. Ils sont généralement stockés dans des aires d'entreposage des résidus à proximité des sites miniers et sont gérés par les

exploitants selon des cadres opérationnels, réglementaires et d'assainissement établis.

Les résidus des sites miniers en activité pourraient constituer un flux de ressources supplémentaire, tirant parti de l'infrastructure existante et améliorant l'efficacité opérationnelle. Grâce à des technologies modernes comme les méthodes de traitement hydrométallurgique et de bioprospection minière, les sociétés minières peuvent extraire des minéraux de valeur qui étaient auparavant irrécupérables, prolongeant ainsi le cycle de vie de l'exploitation et diversifiant leurs sources de revenus. Étant donné que les mines en activité sont déjà tenues de gérer les résidus miniers en vertu de cadres réglementaires, le retraitement minier peut être intégré de manière transparente dans les plans d'assainissement existants.

RÉSIDUS DE MINES ORPHELINES ET ABANDONNÉES

Les résidus de MOA proviennent de sites où [les activités minières ont cessé et où il est impossible de trouver le propriétaire, encore moins de le contraindre à assainir le site.](#)²³ Ces résidus sont monnaie courante dans les anciennes régions minières comme l'Ontario, le Québec et la Colombie-Britannique. En raison d'un confinement inadéquat ou d'une remédiation insuffisante, les résidus des MOA présentent souvent des risques

importants pour les écosystèmes et les communautés avoisinantes. Ces situations nécessitent souvent l'intervention des pouvoirs publics pour l'assainissement et la protection de l'environnement à long terme.

Dans les MOA, le retraitement minier offre un potentiel économique encore plus important. Ces sites comportent souvent [des résidus aux concentrations élevées](#)²⁴ en minéraux de valeur qui ont été ignorés ou dont la récupération n'a pas été jugée rentable avec les technologies précédentes. Les progrès réalisés dans les méthodes d'extraction permettent aujourd'hui de récupérer ces ressources et d'en dégager une valeur économique, tout en s'attaquant aux enjeux environnementaux et sociaux. Le retraitement des résidus miniers dans les MOA permet également de limiter la nécessité de nouvelles opérations minières, une mesure qui s'inscrit dans les objectifs de développement durable.

LES COMPÉTENCES ET LE PAYSAGE RÉGLEMENTAIRE DES RÉSIDUS MINIERS

La gestion des résidus miniers au Canada est complexe en raison du partage des responsabilités entre les gouvernements fédéral, provinciaux et territoriaux et les détenteurs de droits autochtones.

[Les provinces et les territoires](#)²⁵ sont principalement responsables de la prospection, du développement et de l'extraction des ressources minérales, ainsi

Étude de cas d'une MOA Le projet aurifère Stibnite de Perpetua Resources

[Le projet aurifère Stibnite de Perpetua Resources \(Idaho\)](#) démontre qu'il est possible de retraiter les déchets d'un site minier historique pour en récupérer des minéraux critiques et pour assainir l'environnement. Le projet vise à créer un approvisionnement national en antimoine (Sb), un minerai critique que l'on peut retrouver dans les gisements d'or (Au).

En 1899, au tout début de l'exploitation minière dans la région, les minéraux critiques comme l'antimoine ne revêtaient pas la même valeur que les gisements d'or. Au fil des ans, l'antimoine a été de plus en plus utilisé dans diverses applications commerciales, comme les batteries et l'équipement militaire.

Le prix de [l'antimoine a bondi de 200 %](#) en 2024, et avec des gains supplémentaires attendus en 2025, les vastes gisements d'or du Canada – qui représentent 12 % des résidus au Canada – pourraient permettre de récupérer l'antimoine de sites miniers historiques semblables à ceux du projet aurifère Stibnite dans l'Idaho.

que de la construction, de l'exploitation, de la remise en état et de la fermeture des sites miniers relevant de leur compétence.

Pendant ce temps, le gouvernement fédéral joue un rôle clé dans la surveillance des vastes impacts environnementaux. [Ressources naturelles Canada \(RNCan\)](#)²⁶ fait la promotion de la recherche sur les technologies plus écologiques et a élaboré un [Recueil des initiatives en sciences et recherche sur la gestion des résidus](#)²⁷ afin de diffuser les connaissances et les meilleures pratiques. Des organismes comme [Environnement et changement climatique Canada \(ECCC\)](#)²⁸ et la [Commission canadienne de sûreté nucléaire \(CCSN\)](#)²⁹ surveillent les résidus susceptibles de présenter des risques environnementaux ou radioactifs, tandis que [Pêches et Océans Canada \(MPO\)](#)³⁰ réglemente le déversement des résidus dans les étendues d'eau.

Le Canada a mis en place plusieurs règlements régissant les activités minières et la gestion de l'environnement, dont le Règlement sur les effluents des mines de métaux et des mines de diamants et les lois provinciales – il n'existe aucun cadre réglementaire uniifié et spécifique consacré uniquement à la gestion de l'ensemble des déchets miniers. Les réglementations fédérales, provinciales et territoriales existantes sont axées principalement sur

certains aspects, comme la qualité de l'eau, l'élimination des résidus ou les impacts environnementaux, plutôt que d'orienter sur une approche globale.

De plus, le paysage réglementaire souligne l'importance de la consultation et du consentement des populations autochtones, de sorte que les communautés participent aux décisions qui concernent les activités minières, ainsi qu'à la gestion des résidus. Ce cadre réglementaire évolutif vise à trouver un équilibre entre la durabilité environnementale, les droits des populations autochtones et le développement économique.

VERS LE RETRAITEMENT MINIER AU CANADA

Pour tirer parti du potentiel du retraitement minier, les politiques ne doivent plus mettre l'accent sur la gestion des déchets et l'assainissement, mais plutôt encourager la récupération des minéraux à partir des résidus. Des efforts en ce sens sont en cours, l'Ontario menant d'ailleurs la marche au Canada pour ce qui est de la modification active de ses lois et de sa réglementation.

D'autres gouvernements, programmes et exemples au sein de l'industrie s'efforcent de reconnaître la valeur potentielle du retraitement minier.

Plusieurs entreprises participent déjà activement à des efforts de retraitement

minier au Canada. Rio Tinto [a fait équipe](#)³² avec [RESOLVE](#)³³ pour lancer l'initiative [Regeneration](#)³⁴, visant à faire avancer la récupération des résidus, en capitalisant sur ce processus pour créer un [produit de marque à partir de matières de sources responsables](#)³⁵. Des entreprises technologiques comme CVW [Cleantech](#)³⁶ ciblent les résidus de sables bitumineux et cherchent à récupérer des minéraux critiques comme le titane et le zircon.

Nord Precious Metals est en processus pour demander un [permis d'extraction en Ontario](#)³⁷ afin de procéder au retraitement des déchets miniers historiques de résidus de mines d'argent. Par ailleurs, [1911 Gold a reçu le soutien du Manitoba Mineral Development Fund](#)³⁸ pour financer les coûts de démarrage liés aux opérations de retraitement des résidus miniers. Ces acteurs de l'industrie ouvrent la voie au retraitement minier au Canada, ce qui démontre que le secteur s'oriente déjà vers des pratiques plus durables et responsables.

Malgré ces développements prometteurs, une stratégie nationale s'avère nécessaire pour exploiter pleinement ce potentiel. En effet, un ensemble cohérent de règlements et d'incitations au fédéral contribuerait à simplifier le processus de récupération, et permettrait au retraitement des résidus de devenir non pas une simple possibilité, mais une industrie à part entière.

Si l'intervention du gouvernement fédéral est cruciale, les provinces et les territoires jouent également un rôle essentiel dans l'avancement des initiatives de retraitement minier. Les gouvernements provinciaux et territoriaux, responsables des ressources naturelles, de la gestion de l'environnement et du développement économique local, doivent continuer à mettre en place et à soutenir des politiques et des programmes d'incitation ciblés. Par une collaboration aux paliers fédéral, provincial et territorial, le Canada peut créer un environnement uniifié et favorable au retraitement minier.



PROVINCE / INSTITUTION	MESURES / PROGRAMMES
Ontario	<p>» Un nouveau règlement au titre de la Loi sur les mines facilite la récupération des métaux et des minéraux résiduels dans les déchets miniers</p> <p>» La Loi visant l'aménagement de davantage de mines réduit les exigences en matière de réhabilitation pour le retraitement minier</p>
Saskatchewan	Le Saskatchewan Research Council investit dans la récupération d'oxydes des terres rares à partir de résidus radioactifs
Québec	Le financement du Programme de soutien inclut l'extraction de minéraux critiques et stratégiques à partir des résidus
Terre-Neuve-et-Labrador	Le Critical Mineral Plan reconnaît la valeur des déchets miniers
CanmetMINES (RNCan)	CanmetMINES mène des recherches sur la récupération de minéraux critiques à partir de résidus miniers et a lancé le programme de recherche « La valorisation des résidus miniers » en 2017
MIRARCO (Mining Innovation, Rehabilitation, and Applied Research Corporation)	L'accent est mis sur des technologies novatrices pour faciliter la récupération des ressources et la réhabilitation des mines en Ontario
Initiative nationale pour les mines orphelines ou abandonnées (INMOA)	Remplacée par l'Atelier annuel sur les mines orphelines et abandonnées (2022) organisé dans le cadre du Plan canadien pour les minéraux et les métaux (PCMM) , l'INMOA continue d'améliorer la gestion, la remise en état et la récupération des résidus miniers

Les enjeux



OBSTACLES TECHNOLOGIQUES

Le retraitement des résidus miniers présente des obstacles techniques importants en raison de la nature complexe et hétérogène des résidus. La composition minéralogique et géochimique varie considérablement d'un site minier à l'autre.³⁹ Pour cette raison, il est impossible d'établir une méthode de récupération unique et normalisée. Chaque site de résidus miniers doit être traité différemment afin de trouver la meilleure technologie et la meilleure méthode de récupération.

Les technologies utilisées pour le retraitement minier varient aussi grandement, qu'il s'agisse de techniques de séparation physique comme la flottation, de méthodes chimiques comme la lixiviation, ou de méthodes biologiques comme la biolixiviation. Chaque technique

a ses points forts et faibles, et le choix de la bonne approche dépend de la composition spécifique des résidus (voir l'annexe B). Par exemple, la flottation est couramment utilisée pour récupérer les éléments de terres rares, tandis que les techniques hydrométallurgiques telles que la biolixiviation permettent d'extraire des métaux comme le cuivre, le zinc et le nickel à l'aide de bactéries. Le développement de ces technologies, en particulier dans le contexte de sources à faible teneur comme les résidus miniers, n'en est qu'à ses débuts, c'est pourquoi il faudra poursuivre l'innovation dans ce domaine.

OBSTACLES RÉGLEMENTAIRES ET POLITIQUES

En l'absence d'un cadre réglementaire adapté à la valorisation des déchets, les

Étude de cas

Mining Microbiome Analytics Platform (M-MAP)

L'initiative [M-MAP](#) démontre le potentiel de la bioprospection minière, qui utilise des bactéries pour transformer les résidus en métaux de valeur extractibles. Les microbes peuvent ainsi être utilisés pour récupérer le cuivre, l'uranium, l'or et d'autres minéraux potentiels dans les résidus.

Développée en collaboration avec la [Supergrappe des technologies numériques du Canada](#) et d'autres partenaires, M-MAP est une plateforme d'analyse d'échantillons en ligne qui accélère la création et le déploiement de solutions microbiennes pour l'exploitation minière. Elle permet aux chercheurs et aux entreprises d'accéder à une bibliothèque d'échantillons provenant de divers déchets miniers, ainsi qu'à un service d'analyse d'échantillons.

Les plateformes de partage de données de ce genre facilitent la collaboration entre les industries et constituent un outil précieux pour la récupération des minéraux.

sociétés doivent se conformer aux mêmes processus de délivrance de permis que les nouvelles exploitations minières, y compris les évaluations environnementales et la délivrance de nouvelles concessions minières, lorsqu'elles travaillent avec des résidus de MOA.

En fait, les [sociétés qui entreprennent des activités de retraitement minier assument généralement la responsabilité des dégâts environnementaux antérieurs](#)⁴⁰, ce qui constitue un facteur de dissuasion important. Les grandes entreprises peuvent absorber ces risques si le potentiel économique est suffisamment intéressant, mais l'obstacle demeure important.

[L'Ontario a pris des mesures pour contrer ces problèmes en modifiant sa Loi sur les mines](#)⁴¹, de manière à réduire le fardeau de la réhabilitation pour les entreprises qui font du retraitement minier. Par exemple, les entreprises qui s'occupent de sites existants doivent désormais s'assurer que l'état des terrains est « comparable ou supérieur » à leur état antérieur, plutôt que d'assumer l'entièvre responsabilité des plans de réhabilitation ou de fermeture du site. Bien que ces changements apportent un certain soulagement, il n'existe toujours pas de cadre réglementaire spécifique et exhaustif consacré uniquement à la récupération des déchets miniers au Canada.

DÉFIS ÉCONOMIQUES ET CONSIDÉRATIONS DE COÛTS

Par rapport à une nouvelle extraction minière, il est possible de [réduire les coûts d'exploitation jusqu'à 44 %⁴²](#) avec le retraitement minier, puisqu'il n'est plus nécessaire d'extraire, de concasser et de broyer le minerai primaire. Toutefois, ces économies doivent être évaluées en regard d'autres facteurs économiques. Les experts de [L'Association minière du Canada⁴³](#) (AMC) que nous avons interrogés ont mentionné des facteurs comme la faible concentration potentielle de minéraux dans certains résidus, la nécessité de recourir à des technologies de traitement avancées et souvent coûteuses, et les coûts initiaux élevés pour la reconstruction des infrastructures sur les sites de MOA.

L'atteinte d'un état opérationnel s'accompagne également de coûts élevés associés à la caractérisation des résidus, aux essais et aux investissements en matière de recherche et développement sur les technologies. La technologie de retraitement n'en étant qu'à ses débuts, il faut des investissements initiaux très élevés dans la recherche et le développement, ce qui constitue un obstacle pour les petites entreprises. Étant donné que chaque site nécessite une analyse unique et des approches technologiques différentes, l'investissement dans un site de résidus

ne garantit pas un retour sur investissement dans d'autres sites de résidus miniers.

Les aides financières, comme les incitations fiscales ou les crédits environnementaux, s'avèrent donc essentielles pour les projets de retraitement minier. Il existe déjà le crédit d'impôt pour l'exploration de minéraux critiques, qui offre un allègement fiscal pour les activités d'exploration ciblant les minéraux critiques. Cependant, ce [crédit d'impôt, comme beaucoup d'autres programmes d'incitation en lien avec les minéraux critiques⁴⁴](#), offre une portée limitée, car il ne vise pas tous les minéraux critiques de la liste, excluant de fait une partie des résidus potentiels où les minéraux critiques ou stratégiques caractérisés ne sont pas admissibles. L'extension de ce crédit et d'autres programmes à un éventail plus large de compositions minérales pourrait accroître la faisabilité du retraitement pour les entreprises.

IMPACT ENVIRONNEMENTAL ET DURABILITÉ

Le retraitement minier présente des avantages pour l'environnement puisqu'il permet de réduire les volumes de résidus et de mettre en place des processus d'assainissement. Or, des risques environnementaux subsistent, notamment

en ce qui concerne la qualité de l'eau et la santé des écosystèmes lorsque des résidus historiques sont perturbés. Une analyse doit donc être réalisée pour évaluer l'ensemble de ces impacts avant que l'on détermine si la réouverture de la mine engendrerait des coûts plus importants que de laisser les résidus à l'abandon.

IMPACTS SUR LES TERRITOIRES ET LES COMMUNAUTÉS AUTOCHTONES

Les zones à fort potentiel minier se trouvent souvent sur des territoires autochtones. Plus de [600 communautés autochtones sont situées dans un rayon de 100 kilomètres autour d'un projet minier important](#)⁴⁵. Si le retraitement minier présente moins de risques que les nouvelles activités minières, il n'en a pas moins un impact sur les terres des Autochtones et sur l'environnement. De nombreuses communautés autochtones cherchent à participer activement au processus d'exploitation des ressources, en s'efforçant d'obtenir des titres de propriété ou des participations en capital dans les projets menés sur leurs territoires traditionnels. Les Premières Nations s'attendent également à voir des avantages tangibles en termes d'emploi, de développement des capacités et de participation économique.

Le [rapport de 2023 de la First Nations Major Projects Coalition \(FNMPC\)](#)⁴⁶

souligne d'ailleurs l'importance des partenariats efficaces, grâce auxquels les communautés autochtones ne sont pas simplement consultées, mais participent activement à la prise de décision. Pour les projets de retraitement minier, ces partenariats s'avèrent essentiels, puisqu'ils favorisent la confiance et permettent aux communautés de tirer des avantages économiques de l'extraction des ressources tout en garantissant une bonne gérance de l'environnement. Le respect du consentement préalable, donné librement et en connaissance de cause (CPLCC) des populations autochtones est aussi essentiel pour déterminer si les risques environnementaux ou sociaux associés aux activités de retraitement minier sont trop élevés.

La surveillance de l'environnement par les Autochtones est cruciale, en particulier sur les sites miniers anciens. Par une intégration des connaissances traditionnelles et des pratiques scientifiques modernes, les communautés autochtones peuvent jouer un rôle clé dans la gestion des risques environnementaux et garantir la durabilité des projets de retraitement minier.

CARACTÉRISATION DES RÉSIDUS

Le retraitement des résidus miniers nécessite une compréhension approfondie de la composition des résidus miniers, y compris de toute

substance dangereuse. Il faut notamment procéder à des analyses minéralogiques, géochimiques et physiques. La nature complexe des processus de caractérisation des résidus peut s'avérer coûteuse pour les entreprises, tant en termes de temps que d'argent. Certains pays comme l'Australie et les États-Unis investissent activement dans des bases de données sur les déchets miniers pour remédier à ce problème. Par exemple, l'U.S. Geological Survey a mené des études sur les déchets miniers comme sources de minéraux critiques. Il faut donc mettre en place un système d'inventaire normalisé et perfectionner les technologies de caractérisation des résidus afin de réduire les coûts et d'accroître la faisabilité des initiatives de retraitement.

Des sources de données de ce genre commencent à faire leur apparition au Canada; il s'agit là d'une première étape essentielle. Geoscience BC travaille actuellement à l'élaboration d'une carte exhaustive des sites de déchets miniers dans la province qui sera accessible publiquement. Bien que limité à une seule province, ce type de cartographie à l'échelle du Canada représenterait une ressource précieuse pour les futures initiatives de retraitement. Elle permettrait ainsi de réduire les coûts d'exploration et de favoriser les investissements.

Les technologies de retraitement dépendent aussi grandement de la précision de la caractérisation des résidus. De nombreuses entreprises en démarrage s'appuient sur les données fournies par les sociétés minières. Or, les restrictions limitent l'innovation et l'évolutivité dans le secteur. Le manque de données accessibles au public complique l'élaboration d'algorithmes complets pour assurer une récupération efficace, et les essais pilotes sont souvent essentiels pour évaluer l'efficacité des nouvelles technologies.

Étude de cas

L'approche de l'Australie en matière de données sur les résidus miniers et de politiques sur le retraitement minier

Nos cousins du Commonwealth nous offrent un comparateur idéal pour l'examen des politiques de retraitement minier. Joueur clé de l'industrie minière mondiale, l'[Australie devrait voir son volume de résidus miniers doubler d'ici 2035](#) en raison de la demande croissante en minéraux critiques et stratégiques pour les énergies renouvelables. Selon le National Waste Report de 2022 publié par le gouvernement australien, les déchets miniers au pays ont [augmenté](#), passant de 502 à 620 mégatonnes au cours des trois dernières années, 96 % de ces déchets étant stockés dans des digues à stériles.

En 2023, l'Australie a publié sa [stratégie sur les minéraux critiques](#), façonnée par les tensions géopolitiques et alignant ses priorités sur les tendances mondiales, dont la loi des États-Unis sur la réduction de l'inflation (Inflation Reduction Act). Cette stratégie vise à ce que l'Australie passe d'un modèle d'exportation à un modèle axé sur la transformation des minéraux critiques et la stabilisation des chaînes d'approvisionnement.

L'Australie devance ainsi le Canada dans la collecte de données nationales exhaustives pour comprendre l'étendue et l'ampleur des possibilités de retraitement des minéraux critiques et stratégiques. D'ailleurs, en 2023, un partenariat entre le gouvernement fédéral australien et des universités a mené à la création d'un atlas intitulé [Atlas of Australian Mine Waste](#), qui répertorie au moins [1050 sites de résidus miniers](#) (de mines actives et de mines anciennes) comme sources potentielles de minéraux critiques et stratégiques.

Ces données servent aux recherches en cours menées par Geoscience Australia et le gouvernement du Queensland, qui ont [investi conjointement](#) dans le Sustainable Minerals Institute de l'Université du Queensland pour trouver des ressources secondaires en métaux critiques et stratégiques dans les sites en activités et les sites de MOA. Par ailleurs, le gouvernement d'État de l'Australie-Occidentale a mis sur pied un [institut](#) de recherche financé par les fonds publics qui se consacre à trouver de nouvelles utilisations pour les résidus et à examiner les possibilités de croissance après la fermeture des mines.

Les recommandations

Les recommandations de politiques suivantes décrivent les mesures nécessaires que les gouvernements du Canada pourraient entreprendre pour favoriser le leadership canadien dans le domaine du retraitement minier :



Recommandation n° 1

Promouvoir la création d'un inventaire national des résidus pour les minéraux critiques

Il est essentiel de mettre en place une base de données nationale afin de cibler les occasions de retraitement à fort potentiel. Grâce à des données publiques sur la caractérisation des résidus, une telle base de données pourrait promouvoir les investissements du secteur privé en réduisant les coûts d'exploration, de recherche, de développement et d'essais. Une base de données bien structurée peut contribuer à classer par ordre de priorité les projets présentant des avantages environnementaux et économiques importants.

MESURES CLÉS

Créer un inventaire exhaustif, centralisé et public des résidus miniers

- » RNCan devrait continuer à soutenir les efforts de CanmetMINES qui souhaite créer un inventaire canadien complet des résidus miniers en normalisant la classification et le suivi avec l'aide des gouvernements provinciaux et territoriaux.
- » Élaborer des protocoles d'échantillonnage et des méthodes d'essai normalisés afin de garantir la cohérence et la fiabilité des données, conformément aux normes du Règlement 43-101 pour l'estimation des ressources.
- » À partir de l'inventaire des résidus, créer une base de données centralisée accessible au public qui contienne les dossiers des sites miniers anciens et des métadonnées pertinentes afin de fournir des renseignements détaillés sur la quantité, la qualité et la valeur potentielle des résidus, avec une extension progressive pour inclure les sites en activité, tout en tenant compte des considérations du secteur privé.
- » Permettre aux communautés autochtones de diriger la collecte de l'information pour la base de données en leur fournissant des ressources et un financement ciblé.

- » Étudier la possibilité d'élargir cet inventaire à l'aide d'un système national de surveillance afin de suivre l'évolution et l'efficacité de la récupération des résidus pour contribuer à la production de minéraux critiques et à la réduction du passif.
- » Modéliser l'inventaire national des résidus miniers sur la base des meilleures pratiques mondiales, notamment l'Atlas of Australian Mine Waste de l'Australie.

Recommandation n° 2

Créer un cadre stratégique spécifique pour le retraitement des déchets miniers

Une réforme réglementaire et un nouveau cadre stratégique s'avèrent nécessaires pour que le retraitement minier devienne un élément clé de la stratégie des minéraux critiques du Canada. Pour ce faire, il faut notamment simplifier les processus de délivrance de permis, la gestion du passif, les mécanismes de protection environnementale et sociale, l'engagement des populations autochtones et la planification stratégique à long terme.

MESURES CLÉS

Limiter la responsabilité et rehausser la confiance

- » Les provinces et les territoires devraient établir des cadres stratégiques de retraitement afin de mettre en place des lignes directrices plus claires et d'encourager le retraitement sans attribuer la pleine responsabilité des dégâts environnementaux antérieurs.
- » Mettre en place un programme de transfert de responsabilité afin de limiter les préoccupations quant aux responsabilités des entreprises qui récupèrent des métaux de MOA, en offrant une exonération pour les dégâts environnementaux préexistants lorsque les entreprises démontrent une volonté à assainir le site.
- » Bien faire la distinction entre exploitation minière et activités d'assainissement ou de remise en état afin de réduire les obstacles en matière de réglementation et d'encourager une plus grande participation de l'industrie.

Favoriser l'innovation par un assouplissement de la réglementation

- » Les provinces et les territoires devraient créer des bacs à sable réglementaires, qui permettraient aux entreprises de tester de nouvelles approches en matière de retraitement minier en profitant d'une souplesse réglementaire et d'une surveillance dans le cadre de projets à durée limitée.

- » Simplifier et accélérer le processus de délivrance de permis pour les projets de retraitement.

Normaliser les définitions et les incitations fiscales

- » Harmoniser les listes de minéraux critiques fédérales, provinciales et territoriales afin de réguler les taxes et les mesures d'incitation dans les diverses compétences.
- » Allonger la liste des minéraux critiques admissibles au crédit d'impôt pour l'exploration de minéraux critiques afin d'y inclure les minéraux critiques que l'on trouve couramment dans les résidus des gisements primaires abondants au Canada, comme les mines d'or ou les sables bitumineux.

Élaborer une feuille de route nationale pour le retraitement minier

- » Inclure une feuille de route nationale pour le retraitement minier dans la stratégie canadienne sur les minéraux critiques, qui oriente les efforts de récupération et d'assainissement à long terme. Utiliser cette feuille de route afin d'orienter le financement ou les leviers fiscaux vers le retraitement minier.

Recommandation n° 3

Encourager l'innovation et les partenariats

Le Canada doit encourager l'innovation technologique afin de favoriser le développement et la mise à niveau de technologies de pointe pour la récupération des résidus. De plus, les politiques publiques devraient encourager les partenariats entre l'industrie, les universités, les communautés autochtones et les entreprises technologiques de manière à pouvoir développer conjointement des solutions novatrices pour le retraitement minier, notamment par l'intermédiaire de projets pilotes.

MESURES CLÉS

Stimuler l'innovation et les investissements grâce à des mesures incitatives ciblées

- » Mettre en place des incitations financières appuyées par le gouvernement (par exemple, des crédits d'impôt, des subventions ou des prêts à faible taux d'intérêt) pour compenser les coûts de l'assainissement des résidus et de l'adoption des technologies.
Encourager les investissements du secteur privé en proposant des mécanismes de financement verts, comme des obligations durables.

- » Mettre en place un fonds d'innovation associé aux responsabilités qui oblige les entreprises responsables des résidus miniers à verser un pourcentage de leurs frais de responsabilité pour financer des technologies de retraitement et des efforts d'assainissement novateurs.
- » Donner la priorité aux investissements en recherche et développement pour contribuer à l'avancement des technologies de retraitement, comme les méthodes de bioprospection minière et d'hydrométallurgie, ainsi que les technologies de détoxification, afin d'améliorer l'efficacité du retraitement et de réduire au minimum les risques pour l'environnement.
- » Concevoir un régime fiscal qui récompense les pratiques de retraitement durables, par l'intermédiaire de crédits compensatoires ou de taux réduits pour les méthodes de récupération novatrices.

Faciliter l'essai des technologies dans le cadre de projets pilotes

- » Autoriser les projets pilotes qui mettent à l'essai de nouvelles technologies en situations réelles, y compris des démonstrations en régions éloignées.
- » Relier ces projets pilotes aux bacs à sable réglementaires afin de s'assurer que les politiques et la réglementation existantes ne nuisent pas à l'innovation.

Promouvoir les initiatives menées par l'industrie

- » Encourager les projets menés par l'industrie, y compris les défis d'innovation en matière de valorisation des ressources, et veiller à ce que les Autochtones y participent.
- » En s'appuyant sur les succès de l'Atelier annuel sur les mines orphelines et abandonnées, CanmetMINES devrait établir un consortium national pour favoriser la collaboration et le partage des connaissances entre les universités, le gouvernement et l'industrie sur le retraitement des résidus miniers.

Appuyer les partenariats dirigés par des Autochtones pour le retraitement minier

- » Favoriser les partenariats avec les entreprises pour faire avancer les initiatives de retraitement et garantir la participation des communautés à la prise de décision.
- » Veiller à ce que les communautés autochtones soient des partenaires à part entière des initiatives de retraitement, par l'intermédiaire d'ententes avec les bénéficiaires, d'un engagement actif et de possibilités pour elles d'obtenir des titres de propriété, tout en intégrant le savoir autochtone dans les pratiques de retraitement afin d'obtenir des résultats plus holistiques et durables.

Conclusion

La demande mondiale pour des minéraux critiques et stratégiques augmentera au cours des prochaines décennies, c'est pourquoi il faut explorer toutes les sources possibles.

Le retraitement des résidus miniers pour en récupérer des minéraux critiques et stratégiques – autant sur les sites en activité que dans les MOA – présente une source secondaire de ressources essentielles, et des avantages à la fois économiques et environnementaux. Nous aurons quand même toujours besoin de nouvelles mines, mais il pourrait s'agir d'un supplément important à l'exploitation minière. Le retraitement minier offre au Canada une occasion unique de prendre en charge son patrimoine environnemental tout en répondant à la demande croissante pour ces ressources essentielles.

Il est possible de surmonter les défis technologiques, réglementaires et financiers du retraitement minier au moyen de politiques ciblées et de mesures

d'incitation qui faciliteront l'adoption et la mise en œuvre des pratiques de retraitement par l'industrie. Grâce à une action concertée des gouvernements fédéral et provinciaux dans trois secteurs clés – le développement d'un inventaire national des résidus, la mise en œuvre de réformes réglementaires et d'un cadre stratégique pour le retraitement, et la promotion de l'innovation et de la collaboration –, le Canada peut commencer à tirer parti du potentiel du retraitement minier et transformer les résidus, qui représentent depuis longtemps un passif, en un actif stratégique.

Il est temps d'agir : des milliards de dollars demeurent inexploités dans les résidus miniers des sites en activité et des MOA. Ils n'attendent qu'à être récupérés. En mettant en place les bonnes stratégies, le Canada a le potentiel de devenir le leader mondial de l'innovation en matière de retraitement minier, ce qui contribuerait à bâtir une économie plus verte et plus durable pour les générations futures.

Notes de fin de page

1. **Rewiring America. (Juin 2021).** One billion machines. <https://a-us.storyblok.com/f/1021068/x-/6a35c50cae/one-billion-machines.pdf>
2. **Staff, C.M.J. (11 avril 2024).** IMDEX urges reprocessing mine wastes to help meet critical minerals demand - Canadian Mining Journal. <https://www.canadianminingjournal.com/news/imdex-urges-re-processing-mine-wastes-to-help-meet-critical-minerals-demand/>
3. **IEA. (n.d.).** Essential resources for the clean energy transition: Critical Minerals – Topics. <https://www.iea.org/topics/critical-minerals>
4. **Gouvernement du Canada. (9 janvier 2025).** Les minéraux critiques : Une occasion pour le Canada. <https://www.canada.ca/fr/campagne/mineraux-critiques-au-canada/les-mineraux-critiques-une-occasion-pour-le-canada.html>
5. **S&P Global. (24 août 2023).** China's global reach grows behind critical minerals. <https://www.spglobal.com/en/research-insights/special-reports/china-s-global-reach-grows-behind-critical-minerals>
6. **Institut climatique du Canada. (23 mai 2024).** Minéraux critiques, guerre et course vers la carboneutralité : le rôle du Canada <https://institutclimatique.ca/mineraux-critiques-guerre-et-course-vers-la-carboneutralite/>
7. **Ressources naturelles Canada. (10 juin 2024).** Le gouvernement du Canada annonce 10 millions de dollars pour soutenir l'exploitation des minéraux critiques dans le nord de l'Ontario. <https://www.canada.ca/fr/ressources-naturelles-canada/nouvelles/2024/06/le-gouvernement-du-canada-anonce-10-millions-de-dollars-pour-soutenir-l-exploitation-des-mineraux-critiques-dans-le-nord-de-lontario.html>
8. **440 Megatonnes. (13 août 2024).** Canada's clean energy transition and critical minerals. https://440megatonnes.ca/insight/canada-critical-minerals-clean-energy-transition/?utm_source=newsletter&utm_medium=email&utm_campaign=440naug24cm
9. **Lorinc, J. (25 janvier 2023).** The race to mine mining waste. Corporate Knights. <https://www.corporateknights.com/mining/the-race-to-mine-mining-waste/>
10. **Ross, I. (31 mai 2022).** The Drift: Sudbury has the solution for Canada's mine waste problems. Northern Ontario Business. <https://www.northernontariobusiness.com/the-drift/the-drift-sudbury-has-the-solution-for-canadas-mine-waste-problems-5426129>
11. **Gouvernement du Canada, Bureau du vérificateur général du Canada. (2024).** Rapport 1 – Les sites contaminés dans le Nord. https://www.oag-bvg.gc.ca/internet/Francais/parl_ces_d_202404_01_f_44468.html
12. **MiningWatch. (Août 2017).** Environmental Liability for Contaminated Mine Sites in Canada. <https://miningwatch.ca/sites/default/files/2017-08-emmc-table1.pdf>
13. **MIRARCO. (n.d.).** BioTechnology - MIRARCO Mining Innovation. <https://mirarco.org/biotechnology/>
14. **Lorinc, J. (5 janvier 2023).** The race to mine mining waste. Corporate Knights. <https://www.corporateknights.com/mining/the-race-to-mine-mining-waste/>

15. **Ressources naturelles Canada. (Mai 2019).** La valorisation des résidus miniers : un procédé susceptible de changer les règles. <https://ressources-naturelles.canada.ca/histoires/science-simplifiee/valorisation-residus-miniers-procede-susceptible-changer-regles>
16. **Zinck, J., et al. (2018).** Mining Value from Waste Initiative: Towards a Low Carbon and Circular Economy. https://www.researchgate.net/publication/331091153_Mining_Value_from_Waste_Initiative_Towards_a_Low_Carbon_and_Circular_Economy
17. **Minerals Research Institute of Western Australia. (4 décembre 2024).** Alternative use of tailings and waste - Minerals Research Institute of WA. <https://www.mriwa.wa.gov.au/minerals-research-advancing-western-australia/focus-areas/alternative-use-of-tailings-and-waste/>
18. **Global Data. (18 juin 2024).** The five largest copper mines in operation in Canada. Mining Technology. <https://www.mining-technology.com/marketdata/five-largest-copper-mines-canada/>
19. **ArcGIS dashboards. (n.d.).** Canadian Historical Mines. <https://spatialsk.maps.arcgis.com/apps/dashboards/780a4bc0aa524cc38e10a4699bc351e>
20. **Oscar A. Marín, et al. (2022).** Estimating processing cost for the recovery of valuable elements from mine tailings using dimensional analysis. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0892687522002394>
21. **CanmetMINING. (2016).** Plan de recherche 2016-2021 - L'Initiative Mines vertes. https://publications.gc.ca/collections/collection_2017/nrcan-nrcan/M154-107-2016-fra.pdf
22. **CanmetMINES. (n.d.).** Sites des mines orphelines et abandonnées et leurs environs - Programmes pour assurer et améliorer la sécurité et la qualité de l'environnement. https://publications.gc.ca/collections/collection_2010/nrcan/M39-124-fra.pdf
23. **Ressources naturelles Canada. (18 décembre 2024).** Mines orphelines et abandonnées. <https://www.mnescanada.ca/fr/mines-orphelines-et-abandonnees>
24. **Sarker, S.K., et al. (2022).** Recovery of strategically important critical minerals from mine tailings. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S221334372200495X?via%3Dihub>
25. **Gouvernement du Canada, Bureau du vérificateur général du Canada. (2024).** Rapport 6 – Stratégie canadienne sur les minéraux critiques. https://www.oag-bvg.gc.ca/internet/docs/parl_ces-d_202411_06_f.pdf
26. **Ressources naturelles Canada. (19 juillet 2017).** Gestion des résidus à RNCAN <https://natural-resources.canada.ca/maps-tools-and-publications/publications/minerals-mining-publications/tailings-management-nrcan/13924>
27. **Ressources naturelles Canada. (Février 2013).** La gestion des résidus à Ressources naturelles Canada. https://ressources-naturelles.canada.ca/sites/nrcan/files/mineralsmetals/pdf/mms-smm/pubr-pubr/pdf/NRCan-TailingsMgmt_Compendium-fra.pdf
28. **Gouvernement du Canada. (16 janvier 2025).** Environnement et changement climatique Canada - Accueil. <https://www.canada.ca/fr/environnement-changement-climatique.html>

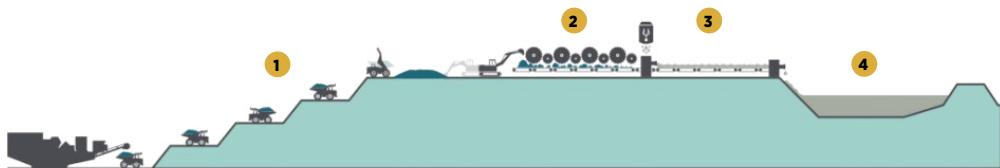
- 29. Commission canadienne de sûreté nucléaire.** (**14 janvier 2025**). Commission canadienne de sûreté nucléaire. <https://www.cnsc-ccsn.gc.ca/eng/>
- 30. Gouvernement du Canada, Pêches et Océans Canada.** (**23 janvier 2023**). Pêches et Océans Canada. <https://www.dfo-mpo.gc.ca/index-fra.html>
- 31. Gouvernement du Canada, Pêches et Océans Canada.** (**23 janvier 2023**). Pêches et Océans Canada. <https://www.canada.ca/fr/environnement-changement-climatique/services/gestion-pollution/sources-industrie/effluent-minier/effluents-mines-metaux-diamants/reglement-effluent-metal-mine-diamant.html>
- 32. Rio Tinto.** (**18 mai 2023**). A new model for mining. <https://www.riotinto.com/en/news/stories/a-new-model-for-mining>
- 33. RESOLVE. (n.d.).** Resolve – Accueil. <https://www.resolve.ngo/>
- 34. RESOLVE. (n.d.).** Regeneration. <https://www.resolve.ngo/projects/regeneration>
- 35. Suhrawardi, R.** (**28 juin 2024**). Mejuri launches collection made of regenerated gold. <https://www.forbes.com/sites/rebeccasuhrawardi/2024/06/25/mejuri-launches-collection-made-of-regenerated-gold/>
- 36. CVW CleanTech Inc.** (**19 juillet 2024**). Summary and Technology Presentation. <https://cvwtechnology.com/technology/summary-and-technology-presentation/>
- 37. Nord Precious Metals.** (**25 novembre 2024**). Recovery permit requirements and planned processing program for Miller Creek High Grade silver tailings. <https://www.nordpreciousmetals.com/news/recovery-permit-requirements-and-planned-processing-program-for-miller-creek/>
- 38. 1911 Gold.** (**2 juin 2022**). 1911 Gold Commences 2022 Tailings Reprocessing and Receives \$300,000 Grant from Manitoba Mineral Development Fund. <https://www.1911gold.com/news/press-releases/1911-gold-commences-2022-tailings-reprocessing-and-receives-300000-grant-from-manitoba-mineral-development-fund>
- 39. SME – Society for Mining, Metallurgy & Exploration.** (**2023**). Critical Minerals Produced from Alternative Resources - Society for Mining, Metallurgy & Exploration. <https://www.smenet.org/What-We-Do/Technical-Briefings/Critical-Minerals-Produced-from-Alternative-Resour>
- 40. Zinck, J., et al.** (**2018**). Mining Value from Waste Initiative: Towards a Low Carbon and Circular Economy. https://doi.org/10.1007/978-3-030-10386-6_39
- 41. Ontario.** (**16 juin 2023**). Modifications à la Loi sur les mines : Récupération des minéraux et pouvoirs décisionnels <https://ero.ontario.ca/notice/019-6717>
- 42. Marin, O.A., et al.** (**2022**). Estimating processing cost for the recovery of valuable elements from mine tailings using dimensional analysis. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0892687522002394>
- 43. Association minière du Canada.** (**n.d.**). Accueil – L'association minière du Canada. <https://mining.ca/fr/>
- 44. LEXPERT.** (**17 octobre 2023**). Bill C-32, Canada's new 30% Critical Mineral Exploration Tax Credit, explained. <https://www.lexpert.ca/news/legal-insights/bill-c-32-canadas-new-30-critical-mineral-exploration-tax-credit-explained/380554>

45. **Rodon, T. (21 août 2024).** Is Canada's critical minerals strategy greenwashing? <https://policyoptions.irpp.org/magazines/august-2024/critical-minerals-green-shift/>
46. **Von Der Porten, S., et al. (2023).** Critical Mineral roundtables. https://fnmpc.ca/wp-content/uploads/FNMP_Critical_RT_Overview_06072023_final.pdf
47. **USGS. (26 septembre 2022).** USGS provides \$2 million to states to identify critical mineral potential in mine waste. <https://www.usgs.gov/news/national-news-release/usgs-provides-2-million-states-identify-critical-mineral-potential-mine>
48. **Geoscience BC. (5 septembre 2024).** Geoscience BC-Home. <https://www.geosciencebc.com/>
49. **Harper, T. (3 décembre 2024).** B.C. tailings ponds mapping encourages critical mineral recovery, clean up. <https://www.yukon-news.com/news/bc-tailings-ponds-mapping-encourages-critical-mineral-recovery-clean-up-7684309>
50. **Global Tailings Review. (n.d.).** About Tailings. <https://globaltailingsreview.org/about-tailings/>

Annexe A

Une visualisation du processus de développement des résidus

Les résidus sont les sous-produits générés lors de l'extraction de minéraux et de métaux de valeur du minerai. En règle générale, ils sont constitués d'une boue liquide contenant de fines particules de minéraux. Ces résidus sont produits lorsque le minerai est concassé, broyé et traité, laissant derrière lui un mélange d'eau et de déchets. Les résidus comme tels sont souvent considérés à la fois comme un passif environnemental et comme une ressource inexploitée.



1

La roche, qui contient des minéraux et des métaux, est extraite de la terre et traitée afin d'en séparer les minéraux et les métaux.

2

La roche extraite est finement broyée et mélangée à de l'eau et, parfois, à des produits chimiques afin d'en séparer les minéraux et les métaux.

3

Une fois que les minéraux ou les métaux souhaités ont été extraits de la roche finement broyée, les fines, les déchets restants se présentent sous la forme d'une boue, connue sous le nom de résidus miniers.

4

Cette boue peut être transformée en un matériau semblable à du sable et transportée vers un empilement de résidus secs, ou pompée à l'état humide dans un réservoir doté d'une digue.

Source: [Global Tailings Review⁵⁰](#)

Annexe B

Aperçu des méthodes technologiques pour le retraitement des minéraux critiques et stratégiques

MÉTHODE TECHNOLOGIQUE	DESCRIPTION	EXEMPLE
Techniques de séparation physique	Des méthodes comme la flottation, la séparation par gravité et la séparation magnétique permettent de concentrer les minéraux contenus dans les résidus. Elles sont souvent utilisées pour récupérer les éléments de terres rares et les métaux communs.	La flottation est utilisée pour récupérer des éléments de terres rares, comme dans les résidus miniers de Mountain Pass, aux États-Unis.
Méthodes chimiques et hydrométallurgiques	Une série de procédés chimiques qui utilisent des solvants pour extraire les métaux des minerais ou des déchets miniers. Ces méthodes sont particulièrement efficaces pour les minerais et les résidus à faible teneur ou complexes.	Extraction hydrométallurgique de l'or et du cuivre à partir de résidus miniers en utilisant du cyanure ou d'autres solutions chimiques. Parmi les exemples, citons le site de Barrick Gold au Nevada et l'utilisation de la thiourée pour récupérer le cuivre.
Lixiviation	Un procédé d'extraction des métaux par dissolution dans un liquide, généralement une solution acide ou basique. Utilisé pour les minerais et les résidus à faible teneur.	Rio Tinto extrait du lithium de qualité batterie par grillage et lixiviation des stériles du site minier de Boron, en Californie.
Biolixiviation	Une méthode durable utilisant des bactéries pour extraire des métaux tels que le cuivre, le zinc et le nickel des résidus miniers. Elle est particulièrement avantageuse pour les minerais à faible teneur et a peu d'impact sur l'environnement.	BacTech Environmental mène actuellement un projet pilote dans les résidus de pyrrhotite de Sudbury (Vale), où l'on estime à 22 milliards de dollars américains la valeur inexploitée du nickel et du cobalt. L'utilisation de la biolixiviation par OZ Minerals à Prominent Hill, en Australie, en est un autre exemple.

MÉTHODE TECHNOLOGIQUE	DESCRIPTION	EXEMPLE
Extraction par échange d'ions et par solvants	Méthodes utilisées pour séparer et purifier les métaux des solutions en utilisant des absorbants ou des solvants sélectifs. Ces méthodes sont largement utilisées pour extraire les éléments de terres rares et d'autres métaux de valeur de résidus complexes.	L'échange d'ions est utilisé pour récupérer le lithium dans les saumures, comme c'est le cas dans les sites de Livent. L'extraction par solvants est utilisée dans le processus de récupération des éléments de terres rares d'Arafura Resources dans le cadre de son projet Nolans en Australie.
Procédés pyrométallurgiques	Procédés à haute température, tels que la fusion et l'affinage, qui permettent de séparer les métaux de valeur des minerais ou des déchets. Ils sont généralement utilisés pour les métaux communs et les minerais à forte teneur en métal.	Les installations intégrées de nickel de Glencore à Sudbury utilisent la pyrométauxurgie pour récupérer le nickel du minera et des résidus miniers. Les fonderies de Freeport-McMoRan en Arizona utilisent également la pyrométauxurgie pour traiter les concentrés de cuivre.
Extraction électrochimique	Méthodes utilisant des réactions électrochimiques pour récupérer les métaux dans les solutions, où les métaux sont déposés sur des électrodes. Cette technique est souvent utilisée dans le raffinage et le recyclage.	L'électroplacage est utilisé pour récupérer l'or des déchets électroniques et des résidus miniers. Des entreprises comme EnviroGold Global utilisent l'extraction électrochimique pour extraire l'or et d'autres métaux précieux des résidus miniers.
Extraction directe du lithium	Ensemble de technologies avancées conçues pour extraire le lithium des saumures ou des argiles avec un impact minimal sur l'environnement et une efficacité accrue par rapport aux méthodes d'évaporation traditionnelles.	Lilac Solutions est un leader dans la technologie avancée d'extraction du lithium, notamment utilisée dans le champ géothermique de Salton Sea, en Californie. D'autres entreprises, comme Standard Lithium , utilisent cette méthode pour extraire le lithium des sources de saumures de l'Arkansas.

Appendix C

Liste des consultations

Rachelle Dean

Conseillère principale en politiques,
Division de l'examen des investissements
Innovation, Sciences et Développement
économique Canada

Heather Exner-Pirot

Conseillère en recherche à l'Indigenous
Resource Network
Wilson Center

Joshua Grant

Directeur financier
CVW CleanTech

Michael Hartley

Directeur général
InterKnowlogy Mining & Energy

Laurie Hayley

Directrice adjointe, Centre d'excellence sur les
minéraux critiques
Ressources naturelles Canada

Daniel Hiatt

Directeur, Transition énergétique, Direction de la
transition énergétique, Énergie et mines
Ministère de l'Énergie, gouvernement de l'Alberta

Liam Hilder

Responsable de la spécialisation minière
Creative Destruction Lab - Vancouver

**Yosuke Hoshino, Tabatha Chavez Matus et
Owen Newton**

Équipe chargée de la gestion et de l'innovation en
matière de résidus miniers
International Council on Mining and Metals (ICMM)

Kyle Hryniw

Directeur des mines abandonnées
Gouvernement de la Colombie-Britannique

Graeme Laberge

Responsable principal des initiatives stratégiques,
Unité de la stratégie sur les minéraux critiques,
Division des mines et minéraux
Ministère des Mines de l'Ontario

Brendan Marshall

Conseiller principal, Affaires extérieures Canada
Rio Tinto

Jesse McCormick

Premier vice-président de la recherche, de
l'innovation et des affaires juridiques
First Nations Major Projects Coalition

Kevin Moran

Vice-président exécutif et directeur de la technologie
CVW CleanTech

Nadia Mykytczuk

Président et directeur général par intérim / Directeur
exécutif par intérim
MIRARCO - Mining Innovation Rehabilitation and
Applied Research Corporation / École des mines
Goodman de l'Université Laurentienne

Bev Quist

Inspectrice sur le terrain, Mines abandonnées,
Direction des mines abandonnées,
Abandoned Mines Branch
Gouvernement de la Colombie-Britannique

Tara Shea, Charles Dumaresq and**Danielle Morrison**

Réglementation et affaires autochtones / Science et
gestion environnementale
Association minière du Canada (AMC)

Tom Sulatycky

Conseiller principal en politiques, Unité de la stratégie
sur les minéraux critiques
Division des mines et minéraux, ministère des Mines
de l'Ontario

John Thompson

Directeur de l'innovation
Regeneration

Nicole Uher

Directrice adjointe, Centre d'excellence sur les
minéraux critiques
Ressources naturelles Canada

Burke van Drimmelen

Directeur des politiques et de la réforme
réglementaire, Division des partenariats et de
l'engagement pour le climat
Gouvernement de la Colombie-Britannique

Sasha Wilson

Professeur
*Département des sciences de la Terre et de
l'atmosphère, Université de l'Alberta*

Matthew Woods

Directeur, Critical Minerals Office
Gouvernement de la Colombie-Britannique

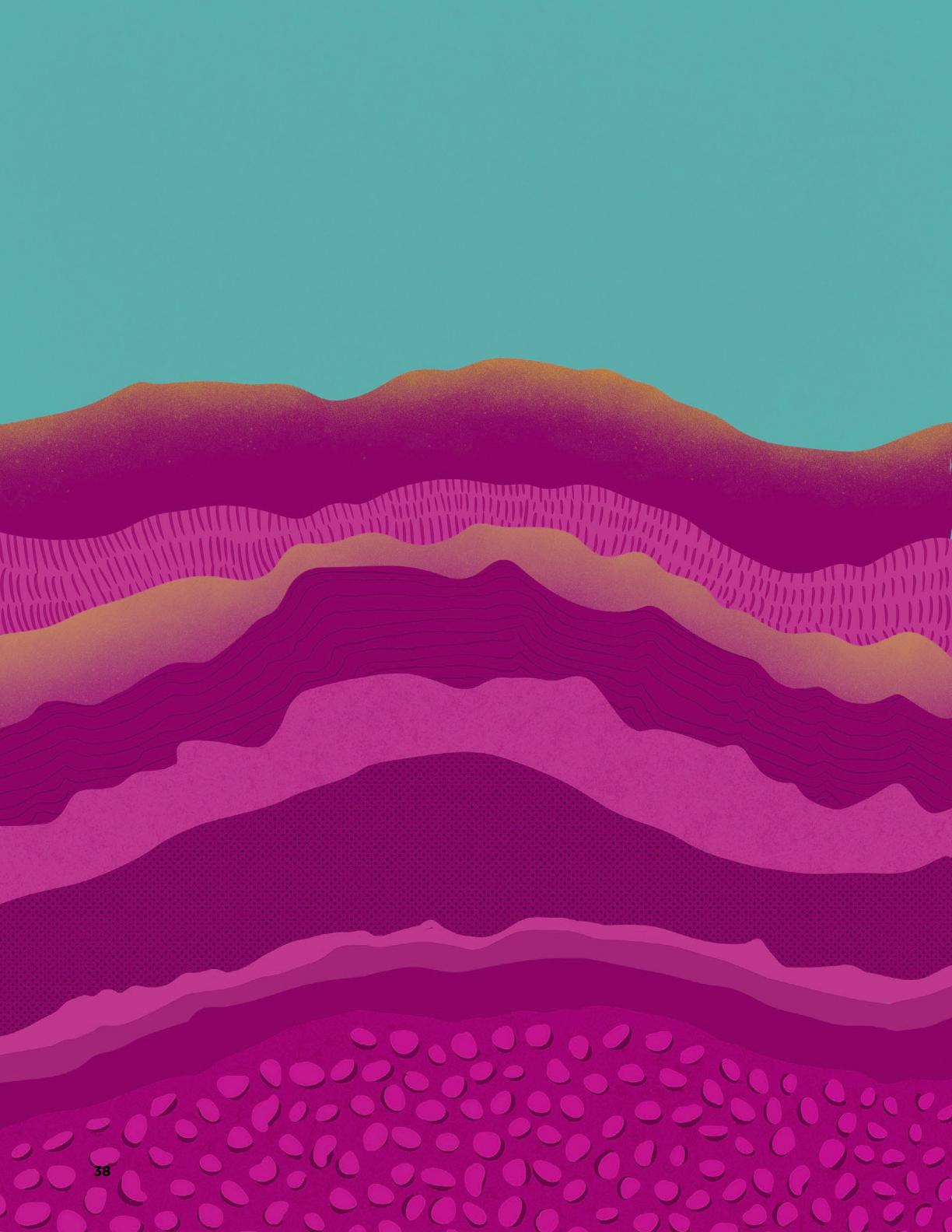
Vincent Yang

Conseiller technique principal, Surveillance
Pathways Alliance

Mohamed Zakzouk

Directrice adjointe, Centre d'excellence sur les
minéraux critiques
Ressources naturelles Canada

Remarque : Nous reconnaissons qu'il puisse manquer certains noms dans cette liste de consultations. Nous nous excusons sincèrement pour tout oubli, car nous sommes vraiment reconnaissants à toutes les personnes nous ayant fait part de leurs connaissances et ayant contribué à ce rapport.



REMERCIEMENTS

Nous remercions les nombreuses personnes qui ont généreusement donné de leur temps pour nous faire part de leurs connaissances et de leur expertise sur ce sujet (voir la liste à l'annexe C), ainsi que les divers conseillers qui nous ont donné leurs avis et leurs suggestions sur les premières versions de ce rapport. Nous remercions tout particulièrement Mark Stevenson pour ses commentaires perspicaces, qui ont permis d'améliorer considérablement la qualité de ce travail.

Notre groupe est particulièrement redevable à notre mentor, Scott Taymun, pour les conseils qu'il nous a prodigués tout au long de l'année. Nous remercions également les mentors Kris Frederickson et Rachel Wernick d'avoir généreusement donné de leur temps et partagé leur passion pour les politiques publiques avec l'ensemble de la cohorte. Enfin, nous tenons à remercier les directeurs, les partenaires et le personnel d'Action Canada de nous avoir permis d'étudier cette importante opportunité économique et environnementale pour notre pays.

PARTENAIRES



MENTOR.E.S

Scott Taymun
Rachel Wernick
Kris Frederickson

COACHS

Suzanne Nault
Karim Djinko
Sally Diab

CONSEIL CONSULTATIF

Shoshanna Saxe
Tom Rand
Sarah Daitch
Ahmed Hanafy
Guillaum Dubreuil
Kulvir Gill
Alexandria Shrake
Shaun Fantauzzo
Matt Garrow
Mark Cauchi
Niall O'Dea
Julie Tousignant
Carolyn Chisholm
Tina Rasmussen

EQUIPE DU FPP

Inez Jabalpurwala/
Présidente-directrice générale

Sara-Christine Gemson
*Directrice générale du Fellowship
d'Action Canada et de l'école
du FPP*

Alison Uncles
*Vice-président, Médias et
communications du FPP*

Anne Matio

*Responsable du Fellowship
d'Action Canada et de l'école du FPP*

Emilie Davy

*Coordinatrice du Fellowship
d'Action Canada et de l'école du FPP*

COLLABORATEURS

Mark Stevenson
Révision et conseils

Alicia Hibbert
Révision

Laura Rojas
Conception graphique

Juliana Bandeira
Illustration

Traduction M
Traduction

Naushin Ahmed
Consultation



PUBLIC POLICY FORUM
FORUM DES POLITIQUES PUBLIQUES

ACTION CANADA
DÉVELOPPER LE LEADERSHIP POUR L'AVENIR DU CANADA