



Ressources naturelles  
Canada

Natural Resources  
Canada

# CanmetMINES

## Plan de recherche

### 2016-2021

#### *L'Initiative Mines vertes*

EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE  
AMÉLIORATION DE LA PRODUCTIVITÉ  
GESTION DES RÉSIDUS  
GESTION DE L'EAU



Canada





Ressources naturelles  
Canada

Natural Resources  
Canada

# **CanmetMINES**

## **Plan de recherche**

### **2016-2021**

### ***L'Initiative Mines vertes***

**Canada**

Le contenu de cette publication ou de ce produit peut être reproduit en tout ou en partie, et par quelque moyen que ce soit, sous réserve que la reproduction soit effectuée uniquement à des fins personnelles ou publiques mais non commerciales, sans frais ni autre permission, à moins d'avis contraire.

On demande seulement :

- de faire preuve de diligence raisonnable en assurant l'exactitude du matériel reproduit;
- d'indiquer le titre complet du matériel reproduit et le nom de l'organisation qui en est l'auteur;
- d'indiquer que la reproduction est une copie d'un document officiel publié par Ressources naturelles Canada (RNCan) et que la reproduction n'a pas été faite en association avec RNCan ni avec l'appui de celui-ci.

La reproduction et la distribution à des fins commerciales sont interdites, sauf avec la permission écrite de RNCan. Pour de plus amples renseignements, veuillez communiquer avec RNCan à [nrcan.copyrightdroitdauteur.rncan@canada.ca](mailto:nrcan.copyrightdroitdauteur.rncan@canada.ca).

Nº de cat. M154-107/2016 (Imprimé)  
ISBN 978-0-660-06806-0

Nº de cat. M154-107/2016F-PDF (En ligne)  
ISBN 978-0-660-06805-3

*Also available in English under the title: CanmetMINING Research Plan 2016–2021 – Green Mining Initiative*

© Sa Majesté la Reine du chef du Canada, représentée par le ministre des Ressources naturelles, 2016

## **Message du directeur général**

J'ai le plaisir de présenter le plan de recherche 2016-2021 de CanmetMINES. Ce plan décrit brièvement comment CanmetMINES réduira les répercussions de l'exploitation minière sur l'environnement et améliorera la compétitivité du Canada par ses travaux de recherche, de développement et d'innovation.

CanmetMINES continuera de travailler en étroite collaboration avec les partenaires du secteur minier du Canada afin de fournir les résultats visés dans ce plan. En établissant des liens avec des innovateurs de toute la chaîne d'innovation, depuis les travaux de recherche et développement préconcurrençaux jusqu'à la commercialisation, CanmetMINES espère accélérer la mise au point et l'adoption de nouvelles technologies et réduire les barrières à la commercialisation.



Fort de 100 ans d'innovation, CanmetMINES a de l'expérience en fourniture de solutions scientifiques et technologiques qui sont appréciées pour leur excellence.

Le plan de recherche rationalise les priorités de CanmetMINES autour des quatre thèmes suivants pour le secteur minier du Canada :

- efficacité énergétique;
- amélioration de la productivité;
- gestion des résidus;
- gestion de l'eau.

Dans le cadre de ce plan de recherche, nous nous appuierons sur les succès de l'Initiative Mines vertes de CanmetMINES et ses travaux en innovation minière. Pour simplifier les choses, le terme « Initiative Mines vertes » sera utilisé pour désigner toute la série d'activités entreprises par CanmetMINES en quête de performance environnementale et une compétitivité économique. Le plan de recherche est assorti d'un modèle logique intégré et d'un cadre de mesure du rendement de l'Initiative Mines vertes. Ensemble, ils expliquent les résultats escomptés de ces travaux et les extrants que nous obtiendrons au cours des cinq prochaines années.

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Magdi Habib".

Le directeur général, CanmetMINES  
Magdi Habib, Ph. D.,  
Ressources naturelles Canada



## Table des matières

---

<b>Introduction .....</b>	<b>1</b>
Portée de la recherche et du développement de CanmetMINES .....	2
<b>Résumé des priorités et des champs de recherche .....</b>	<b>2</b>
Priorité 1 : Efficacité énergétique .....	3
Champ de recherche 1 : Moyens de s'attaquer à la comminution, le plus grand consommateur d'énergie du secteur minier	
Champ de recherche 2 : Analyse comparative et automatisation en vue d'augmenter l'efficacité énergétique des mines souterraines	
Champ de recherche 3 : Remplacement du diesel dans les mines souterraines	
Priorité 2 : Amélioration de la productivité .....	5
Champ de recherche 1 : Automatisation et équipement novateur pour augmenter la productivité dans les mines souterraines	
Champ de recherche 2 : Accès plus sécuritaire aux mines souterraines profondes	
Champ de recherche 3 : Mise au point de nouvelles techniques pour le traitement des éléments des terres rares et de la chromite	
Priorité 3: Gestion des résidus .....	7
Champ de recherche 1 : Valorisation des résidus miniers	
Champ de recherche 2 : Amélioration de la gestion des résidus miniers pour la restauration des écosystèmes et la fermeture de mines	
Priorité 4 : Gestion de l'eau .....	8
Champ de recherche 1 : Améliorer la récupération et le recyclage de l'eau dans le broyage	
Champ de recherche 2 : Compréhension du devenir et des effets de la contamination par des métaux et d'autres polluants dans les milieux récepteurs	
<b>Modèles logiques et cadres de mesure du rendement .....</b>	<b>10</b>
Modèle logique de l'Initiative Mines vertes .....	10
Modèles logiques pour chaque priorité et cadre de mesure du rendement .....	10
Priorité de recherche 1 : Efficacité énergétique .....	13
Priorité de recherche 2 : Amélioration de la productivité .....	15
Priorité de recherche 3 : Gestion des résidus .....	17
Priorité de recherche 4 : Gestion de l'eau .....	19
<b>Stratégie de mobilisation .....</b>	<b>20</b>
<b>Stratégie de surveillance, d'évaluation et de reddition de comptes .....</b>	<b>22</b>
<b>Annexe : Expertise spécialisée, recherche et développement et services spécialisés .....</b>	<b>24</b>



## **Introduction**

CanmetMINES de Ressources naturelles Canada (RNCAN) a élaboré ce plan de recherche afin de guider ses travaux de recherche, de développement et d'innovation (R-D-I) au cours des cinq prochaines années (2016-2021) et d'expliquer les résultats de ces travaux. Les extrants décrits ici feront l'objet d'une surveillance et serviront à rendre compte du rendement.

Sous la bannière de l'Initiative Mines vertes, CanmetMINES poursuit deux objectifs entrecroisés : réduire les répercussions environnementales de l'exploitation minière et améliorer la compétitivité du Canada. Une bonne performance environnementale est étroitement liée à la croissance économique à long terme de l'industrie minière du Canada et, est essentielle pour garder la confiance du public dans la mise en valeur des ressources minérales du Canada.

Dans ce plan de recherche, CanmetMINES a établi quatre priorités à partir d'une consultation de ses intervenants sur des enjeux cruciaux de l'industrie, et du savoir et des connaissances spécialisées qu'il a acquis pendant ses projets de R-D-I :

- efficacité énergétique;
- amélioration de la productivité;
- gestion des résidus;
- gestion de l'eau.

Les travaux réalisés sur ces priorités tiendront compte du programme du gouvernement du Canada, qui consiste à prendre des mesures pour lutter contre les changements climatiques, à investir dans des technologies propres et à renforcer la protection des bassins versants tout en augmentant la compétitivité des activités minières.

Le plan de recherche s'inspire des travaux réalisés par CanmetMINES dans les sous-programmes de Résultats stratégiques et Architecture d'alignement des programmes de RNCAN et les développe :

- Mines vertes (2.2.2<sup>1</sup>)
- Innovation minière (1.2.1)
- Gestion des déchets radioactifs (2.3.4)

Dans l'Initiative Mines vertes, CanmetMINES continuera de travailler avec les intervenants pour concevoir et déployer des technologies vertes qui augmenteront l'efficacité énergétique, réduiront les émissions de gaz à effet de serre (GES), limiteront les résidus et accroîtront la productivité. L'Initiative Mines vertes équipe aussi le Canada afin de gérer les risques qui menacent l'écosystème et, de préparer et de mettre en place des règlements fondés sur des données scientifiques fiables. CanmetMINES reçoit environ 12 millions de dollars chaque année en financement direct du gouvernement du Canada pour ces travaux.

---

<sup>1</sup> Dans le passé, l'Initiative Mines vertes désignait en grande partie les travaux du sous-programme 2.2.2 des Mines vertes dans Résultats stratégiques et Architecture d'alignement des programmes de RNCAN. Pour simplifier les choses, ce plan de recherche désigne toute la série d'activités entreprises par CanmetMINES en quête de compétitivité économique et de performance environnementale.

## Portée de la recherche et du développement de CanmetMINES

CanmetMINES fait de la recherche et du développement (R-D) pour tout le cycle de vie de l'exploitation minière – de l'extraction à la fermeture – dans ses trois secteurs d'activité.



Récemment, CanmetMINES a commandé une étude pour évaluer les avantages économiques, sociaux et environnementaux de 13 technologies et services miniers écologiques développés et fournis par CanmetMINES en collaboration avec les intervenants.

Les avantages constatés sont les suivants :

- réduction des émissions de GES et des contaminants atmosphériques;
- amélioration de l'efficacité énergétique;
- diminution des coûts d'exploitation;
- réduction des blessures au travail;
- baisse de la consommation de l'eau et de la contamination de l'eau;
- diminution de la dégradation des sols;
- réduction des répercussions sur la faune et la pêche.

## Résumé des priorités et des champs de recherche

L'innovation scientifique et technologique dans le secteur minier permet au Canada d'élargir le potentiel de ses ressources minérales. Cela se fait en ouvrant la voie aux avantages de la découverte et de l'extraction de nouveaux gisements, en prolongeant la durée de vie des mines actuelles et en transformant des sites anciennement non rentables en occasions viables. Le gouvernement joue un rôle de premier plan en assurant des conditions propices à l'innovation et en appuyant des solutions aux besoins de l'industrie. Le gouvernement incite aussi les entreprises à chercher de nouvelles occasions de faire profiter tous les Canadiens des avantages à long terme de la productivité du secteur dans le contexte d'un monde qui accorde de plus en plus de valeur aux pratiques durables et aux procédés à faibles émissions de carbone.

Les quatre priorités et les champs de recherche connexes dans ce plan de recherche porteront sur les enjeux importants de l'industrie minière déterminés par CanmetMINES et ses intervenants, et tiendront compte du programme du gouvernement du Canada. Les quatre priorités sont l'efficacité énergétique, l'amélioration de la productivité, la gestion des résidus et la gestion de l'eau.

## PRIORITÉ 1 : Efficacité énergétique



Cette priorité vise à améliorer l'efficacité énergétique de l'exploitation minière et à atténuer les effets des changements climatiques en réduisant la consommation de combustibles fossiles pour limiter les émissions de GES. Dans cette priorité, CanmetMINES concentrera ses efforts dans trois domaines :

- réduction de la consommation d'énergie dans l'exploitation des mines et le broyage;
- augmentation de l'automatisation pour l'efficacité énergétique;
- remplacement du diesel dans les mines souterraines.

**Partenaires et collaborateurs :** le Conseil canadien de l'innovation minière, le Conseil national de recherches Canada, le Centre for Excellence in Mining Innovation, la Canadian Association of Mining Equipment and Services for Export, des sociétés minières, des fournisseurs d'équipement et des universités

### **Champ de recherche 1 : Moyens de s'attaquer à la comminution, le plus grand consommateur d'énergie du secteur minier**

Selon des études<sup>2</sup>, il est possible d'obtenir les réductions suivantes dans la consommation :

- **50 p. 100** – Investir dans de l'équipement de pointe et des recherches plus poussées pourrait réduire de plus de 50 p. 100 les niveaux actuels de consommation d'énergie.
- **33 p. 100** – Mettre en place des pratiques exemplaires pourrait réduire de plus de 33 p. 100 les niveaux actuels de consommation d'énergie.
- **66 p. 100** – La R-D qui améliore les technologies minières pourrait réduire de 66 p. 100 de plus les niveaux actuels de consommation d'énergie.

La comminution est le procédé qui consiste à concasser et à broyer de la matière solide. C'est de loin le plus grand consommateur d'énergie dans le monde (3 p. 100 de toute l'électricité générée dans le monde). Cette consommation a des conséquences sérieuses en fonction des coûts et des changements climatiques en raison des émissions de GES qui en découlent.

Ce champ de recherche s'intéresse à la R-D en préconcentration visant à réduire la quantité de résidus remontés à la surface des mines souterraines. Grâce à la préconcentration, la comminution serait moins nécessaire et, par conséquent, l'utilisation et les coûts de l'énergie diminueraient. La recherche portera aussi sur le développement et le déploiement de technologies de comminution plus efficaces en appliquant des capteurs du mineraï et des blindages de broyeur et, en récupérant et éliminant le gaspillage d'énergie.

Un examen attentif des technologies ciblées montrera les technologies pouvant économiser l'énergie dans le circuit du broyage.

***Au moins deux technologies, une pour éliminer des résidus au moyen de la préconcentration et une pour améliorer l'efficacité dans le circuit du broyage, feront l'objet d'une démonstration à un site minier d'ici à 2021.***

<sup>2</sup> Département de l'Énergie des États-Unis. 2007. *Mining Industry Energy Bandwidth Study*.

## **Champ de recherche 2 : Analyse comparative et automatisation en vue d'augmenter l'efficacité énergétique des mines souterraines**

Un autre grand consommateur d'énergie dans le cycle minier est la ventilation. Elle représente 10 p. 100 de la consommation globale ou jusqu'à 40 p. 100 de l'énergie utilisée dans une mine souterraine.

Le concept d'une ventilation sur demande s'est révélé pratique et efficace pour réduire les dépenses globales en énergie. La ventilation sur demande introduit de l'air de dilution seulement au besoin. L'adoption de cette technologie se fait lentement dans les mines nouvelles et existantes, mais les exploitants des mines n'ont pas encore pris conscience de tous les avantages de cette technologie.

Ce champ de recherche contribuera à l'adoption et à l'efficacité des systèmes automatisés de ventilation, sur le plan technique et réglementaire. Les éléments de cette recherche comprennent ce qui suit :

- surveillance des contaminants en temps réel;
- recirculation contrôlée de l'air;
- concept du contrôle et gestion de l'air basé sur la qualité de l'air.

De plus, ce domaine de recherche améliorera les outils de comparaison et d'analyse de l'énergie afin d'accroître l'adoption des technologies écoénergétiques.

***Au moins une nouvelle technologie d'automatisation pour réduire la consommation d'énergie dans les mines sera testée sur le terrain d'ici à 2021. Ce sera un système de gestion automatisée de la ventilation qui sera fondé sur la qualité. Il réduira les besoins de ventilation en fournissant de l'air en fonction de la qualité plutôt qu'en fonction d'une quantité déterminée.***

## **Champ de recherche 3 : Remplacement du diesel dans les mines souterraines**

Les émissions des moteurs diesels sont connues comme des agents cancérogènes pour les humains et des facteurs d'irritation qui peuvent provoquer une maladie cardiovasculaire. L'échappement des diesels constitue un gros fardeau sur les systèmes de ventilation et ces systèmes sont principalement conçus actuellement pour diluer les contaminants du diesel.

Le fait d'encourager la mise au point et l'utilisation de technologies qui ont recours à des sources d'énergie différentes réduira le fardeau des systèmes de ventilation employés couramment. Ces changements permettent d'économiser de l'énergie et d'améliorer la santé et la sécurité du milieu de travail souterrain.

Ce champ de recherche a pour but d'éliminer l'utilisation de moteurs diesels dans les mines souterraines.

***Au moins une technologie de véhicule qui utilise des piles à combustible alimentées à l'hydrogène comme énergie de remplacement fera l'objet d'une démonstration d'ici à 2021 dans le but de réduire l'utilisation du diesel dans les mines souterraines et de contribuer ainsi à diminuer la consommation d'énergie de la ventilation dans les mines et à assainir le milieu de travail.***

## PRIORITÉ 2 : Amélioration de la productivité



L'industrie minière doit continuer à améliorer sa productivité en vue de demeurer compétitive avec les autres industries et les autres pays qui exploitent des mines.

Dans cette priorité, CanmetMINES cherchera un moyen :

- d'accroître la productivité des mines actuelles par la démonstration et la mise au point de technologies d'automatisation et d'équipement novateur;
- d'accélérer le développement de nouvelles mines et de nouveaux produits de base afin de réduire les coûts d'exploitation et les dépenses en immobilisations tout en augmentant l'efficacité et la récupération.

Les travaux se concentreront sur trois aspects :

- automatisation et équipement novateur;
- exploitation de mines profondes;
- traitement des éléments des terres rares et de la chromite

**Partenaires et collaborateurs** : le Réseau canadien de recherche sur les éléments des terres rares, Recherche et développement des Éléments des terres rares et chromite ([reechromite.ca](http://reechromite.ca)), le Conseil canadien de l'innovation minière, des grandes et petites sociétés minières, des fournisseurs d'équipement, des universités, des sociétés d'ingénierie, des provinces et territoires

### Champ de recherche 1 : Automatisation et équipement novateur pour augmenter la productivité dans les mines souterraines

Comme l'industrie minière a habituellement besoin de beaucoup de main-d'œuvre, les sociétés minières et les fournisseurs de l'industrie prévoient que l'automatisation peut être la solution à bien des besoins, des défis et des exigences, en particulier dans les activités d'exploitation.

Il serait possible de gagner en efficacité par des activités d'exploitation continues et cohérentes, des communications améliorées et une infrastructure réduite. La santé et la sécurité dans les sites miniers pourraient être améliorées en déplaçant les membres du personnel des milieux dangereux pour les installer dans des salles de commandes où ils pourraient manœuvrer l'équipement à une distance sécuritaire.

Ce champ de recherche démontrera et développera des technologies afin de :

- permettre de hisser efficacement les matières des mines souterraines à la surface;
- briser les roches sans explosifs, ce qui permettrait de gagner du temps et d'économiser de l'argent dans les activités minières

***Au moins une technologie novatrice de hissage fera l'objet d'une démonstration à un site minier d'ici à 2021, ce qui augmentera grandement la productivité, particulièrement dans les mines profondes et très profondes.***

## **Champ de recherche 2 : Accès plus sécuritaire aux mines souterraines profondes**

Prolonger la durée de vie des mines actuelles en exploitant des ressources minérales enfouies plus profondément présente des défis technologiques, le plus grand étant d'assurer la santé et la sécurité menacées par l'instabilité du sol.

Dans ce champ de recherche, CanmetMINES :

- démontrera et développera des technologies pour produire des boulons d'ancrage instrumentés (boulons munis de capteurs) permettant la surveillance en temps réel de l'intégrité des boulons d'ancrage.
- accélérera l'établissement d'une installation pour la recherche et la mise à l'essai qui peut tester de manière rentable les « systèmes » de soutènement au sol dans des conditions de chargement dynamiques. Les essais se feront dans des conditions très proches de celles d'une infrastructure souterraine pendant des secousses sismiques, notamment dans les mines profondes qui sont exposées au risque de coup de toit.

*La conception et l'établissement des coûts d'une installation de recherche pour atténuer l'instabilité de l'infrastructure souterraine et le risque de coup de toit seront terminés d'ici à 2021.*

## **Champ de recherche 3 : Mise au point de nouvelles techniques pour le traitement des éléments des terres rares et de la chromite**

Ces dernières années, l'approvisionnement régulier, fiable et sécuritaire de métaux essentiels a pris de plus en plus d'importance pour les grandes économies industrialisées qui veulent maintenir leur base industrielle et développer des technologies de pointe comme l'énergie propre. Compte tenu de cette situation, le Canada, qui a de grandes réserves de métaux essentiels, a la possibilité de répondre à une partie de la demande mondiale.

Toutefois, pour assurer la transformation des gisements minéraux prometteurs en produits commercialisables, il sera primordial d'investir dans la R-D et d'acquérir l'expertise nécessaire pour relever les défis technologiques complexes qui entourent la production, la séparation et le traitement des métaux essentiels, et pour mieux comprendre le marché mondial de ces produits de base clés.

Pour de nombreuses petites et moyennes entreprises, comme les petites sociétés minières, il est extrêmement difficile d'investir dans la R-D avec le peu de ressources dont elles disposent. Par conséquent, les investissements fédéraux dans la R-D catalyseront le développement et la croissance de nouvelles entreprises, ainsi que la formation de personnel hautement qualifié.

*Au moins deux schémas de traitement seront préparés pour la récupération d'un élément des terres rares de sources primaires et secondaires.*

*Une usine pilote de traitement pour les éléments des terres rares sera conçue et construite d'ici à 2018.*

*Au moins un procédé sera mis au point pour réduire la demande d'énergie et améliorer la récupération de la chromite d'ici à 2021.*

## PRIORITÉ 3 : Gestion des résidus



Gérer les résidus miniers est l'un des aspects les plus coûteux et risqués de l'exploitation minière. Dans cette priorité, CanmetMINES :

- adoptera une approche globale pour envisager l'utilisation des résidus comme source de métaux secondaires et d'autres minéraux industriels qui ont une valeur;
- tentera de démontrer et de développer des technologies qui peuvent récupérer de manière rentable les métaux des résidus miniers;
- développera et démontrera des technologies avancées de récupération des résidus miniers pour la restauration des écosystèmes et la fermeture des mines.

Par exemple, CanmetMINES évaluera les risques liés aux changements climatiques apportés aux bassins de captage de résidus par des phénomènes météorologiques extrêmes.

**Partenaires et collaborateurs :** L'Association minière du Canada, le Conseil canadien de l'innovation minière, des sociétés minières, des fournisseurs d'équipement, des universités, des sociétés d'ingénierie, d'autres ministères, des provinces et territoires

### Champ de recherche 1 : Valorisation des résidus miniers

Selon les estimations, l'obligation liée à la gestion des résidus miniers dépassent 50 milliards de dollars au Canada et aux États-Unis. Ces résidus représentent une énorme responsabilité pour les sociétés minières, le gouvernement fédéral et les gouvernements provinciaux et territoriaux.

Toutefois, dans certains cas, les résidus miniers offrent aussi une source de métaux à des teneurs souvent plus élevées que les nouveaux projets miniers. De plus, beaucoup de résidus miniers sont déjà « prétraités » et n'exigent pas de procédés d'extraction ou de comminution avant les étapes d'enrichissement ou de lixiviation. Le retraitement des résidus miniers offre une possibilité importante d'exploiter les mines de manière rentable et respectueuse de l'environnement.

Plusieurs sociétés minières trouvent que le coût du retraitement des résidus est prohibitif et que le procédé est problématique. Par conséquent, les technologies pour la récupération des métaux des résidus sont rarement adoptées. Cependant, compte tenu de l'augmentation des pressions environnementales et des coûts de l'exploitation minière, l'option de récupérer les métaux des résidus miniers devient de plus en plus attrayante, surtout quand on calcule les recettes tirées des métaux récupérés. Il faut donc des technologies qui peuvent récupérer de manière rentable les métaux des résidus miniers. Certaines technologies existent pour retraitrer les résidus, particulièrement pour la récupération des métaux (p. ex., l'or et l'argent), mais il n'y a pas d'approche globale pour envisager l'utilisation des résidus comme source de métaux secondaires et d'autres minéraux industriels qui ont une valeur.

***Deux schémas de traitement seront préparés pour la récupération et l'élimination des métaux selon les types et les sources de résidus d'ici à 2021.***

***Au moins une démonstration d'un essai sur le terrain du retraitement de résidus sera effectuée d'ici à 2021.***

***Une démonstration d'une technologie pour l'utilisation d'un liant de remplacement sera effectuée d'ici à 2021. Cette nouvelle technologie pour le remblayage des mines utilise presque uniquement des résidus miniers recyclés et, selon les estimations, réduirait les coûts des liants de remblayage de 50 p. 100 et les émissions de GES associées à la fabrication de liants ordinaires et, ainsi que leur transport de 90 p. 100.***

## **Champ de recherche 2 : Amélioration de la gestion des résidus miniers pour la restauration des écosystèmes et la fermeture de mines**

L'industrie minière canadienne a recours d'ordinaire à la pratique largement acceptée qui consiste à éliminer les résidus miniers dans des bassins construits par des humains ou des étendues d'eau naturelle, comme des lacs d'amont isolés et peu productifs. Le recours à la couverture aqueuse s'est révélé une technique efficace et éprouvée pour prévenir le drainage rocheux acide, qui se produit naturellement quand les minéraux sulfureux s'oxydent après leur exposition à l'air.

Toutefois, cette pratique suscite des préoccupations concernant la stabilité à long terme des bassins construits par les humains et la perception négative de l'utilisation d'étendues d'eau naturelle pour éliminer les résidus miniers. Il faut absolument trouver de nouvelles méthodes pour gérer et recycler de manière sécuritaire et efficace les résidus miniers.

Les travaux dans ce domaine de recherche évalueront et analyseront l'utilisation des technologies de barrière saturée comme méthode plus sécuritaire et plus efficace pour stabiliser les résidus et limiter la mobilisation des métaux.

Dans les endroits où la couverture aqueuse n'est pas possible, la fonctionnalité de la couverture et de la végétation comme système de stockage et d'évacuation d'eau doit être examinée.

Il y a bien des questions à ce sujet auxquelles il faut répondre :

- l'épaisseur et la dégradabilité de la couverture;
- l'effet de la végétation sur la stabilité et l'accumulation de la couverture;
- le rôle de la couverture et de la végétation dans la séquestration de carbone pour accélérer la récupération afin d'établir un écosystème viable et diversifié.

Les travaux porteront aussi sur les difficultés et les possibilités liées à la gestion à long terme des résidus et sur les stratégies de remise en état des sites miniers dans des conditions des changements climatiques.

***Des pratiques exemplaires seront établies d'ici à 2021 pour la réadaptation des bassins de captage des résidus dans des écosystèmes sains et productifs par la réutilisation avantageuse des résidus organiques.***

## **PRIORITÉ 4 : Gestion de l'eau**



L'exploitation minière est une activité qui consomme beaucoup d'eau, c'est pourquoi il est essentiel d'améliorer l'efficience de l'eau en réduisant la consommation d'eau pour rendre le secteur minier plus durable au Canada et dans d'autres pays.

Dans cette priorité, CanmetMINES :

- examinera les options pour traiter, recycler et réutiliser l'eau;

- améliorera notre compréhension des facteurs biologiques, chimiques et physiques qui influencent le devenir et la toxicité des métaux afin d'élaborer une approche basée sur les bassins versants pour évaluer les effets cumulatifs;
- évaluera les risques que présentent les changements climatiques pour les mines;
- étudiera les effets des changements dans le bilan d'eau (des surplus entraînent des difficultés dans le traitement et augmentent le risque de rejets de contaminants; des pénuries accroissent la demande pour le traitement).

**Partenaires et collaborateurs :** L'Association minière du Canada, le Conseil canadien de l'innovation minière, des sociétés minières, des fournisseurs d'équipement, des universités, des sociétés d'ingénierie, Environnement et Changement climatique Canada, des provinces et territoires

### **Champ de recherche 1 : Améliorer la récupération et le recyclage de l'eau dans le broyage**

Il faut une approche intégrée pour la gestion de l'eau afin de s'assurer que les activités de traitement et d'extraction des minéraux sont efficaces et ne nuisent pas aux ressources d'eau. Une telle approche doit prendre en considération l'utilisation, le traitement et le recyclage de l'eau.

L'approche intégrée doit examiner les avantages possibles de :

- réduire les pressions sur l'environnement;
- réduire les coûts en diminuant la qualité d'eau nécessaire pour produire une tonne de roches;
- récupérer les métaux qui ont une valeur et d'autres composants chimiques.

Le recyclage et la réutilisation de l'eau consommée pendant le traitement sont des étapes essentielles vers la réduction ou l'élimination de l'utilisation de l'eau douce. Ils réduisent aussi le risque de rejet d'eau pouvant avoir été contaminée pendant le traitement dans l'environnement récepteur.

Il y a relativement peu de recherche et d'entente sur le contrôle de la qualité de l'eau dans le traitement des minéraux. Quand on envisage de récupérer l'eau de traitement et d'utiliser l'eau recyclée, il importe de comprendre l'effet de la composition chimique de l'eau sur l'efficacité du traitement et la séparation des minéraux. L'utilisation de technologies comme la séparation par des membranes combinée à d'autres procédés, pourrait aider à réduire l'utilisation de l'eau et à améliorer l'efficacité des procédés par un contrôle continu de la qualité de l'eau dans les circuits de traitement et de séparation des minéraux.

***Une validation de principe pour un broyeur à rejet minimal de liquide sera effectuée d'ici à 2021. Si elle est efficace, cette technologie pourrait réduire la quantité d'eau douce utilisée pendant le broyage et le risque de rejet de contaminants.***

***Au moins un schéma de traitement pour fournir les spécifications de conception pour un broyeur à rejet minimal de liquide sera préparé d'ici à 2021.***

### **Champ de recherche 2 : Compréhension du devenir et des effets de la contamination par des métaux et d'autres polluants dans les milieux récepteurs**

Les bassins versants dans les zones minéralisées peuvent contenir plus d'une mine. Chacune des mines peut contribuer à l'acidité et à la charge en métaux d'un cours d'eau, ce qui produit un environnement complexe en aval en raison des influences combinées de multiples sources de contamination.

L'atténuation des effets sur l'environnement causés par les activités progressives, accumulées et potentielles requiert une approche par bassin versant pour l'évaluation des effets cumulatifs. Cependant, il n'existe pas encore de méthodes scientifiques largement acceptées pour analyser et évaluer les changements environnementaux cumulatifs. De plus, bien des facteurs biologiques, chimiques et physiques influencent le devenir et la toxicité des métaux à l'échelle d'un bassin versant.

Ce champ de recherche concentrera nos efforts sur l'amélioration de notre compréhension :

- du rôle de la matière particulaire comme source de contamination dans les milieux d'eau douce et d'eau de mer;
- des procédés dans le devenir des métaux dissous, particulièrement dans les systèmes à composants multiples ou complexes et dans le contexte des changements climatiques.

Comprendre la contribution des contaminants par différentes voies d'introduction aidera à traiter les préoccupations environnementales concernant les rejets de métaux, qu'il s'agisse de la forme dissoute, colloïdale ou particulaire, et également à améliorer notre compréhension des répercussions à l'échelle d'un bassin versant.

***Au moins une nouvelle méthode pour évaluer le taux de métaux éliminés de la colonne d'eau sera élaborée, appliquée et acceptée par les organismes de réglementation d'ici à 2021.***

## **Modèles logiques et cadres de mesure du rendement**

---

### **Modèle logique de l'Initiative Mines vertes**

Le modèle logique suivant indique les relations dans le programme de recherche de l'Initiative Mines vertes de RNCAN. Il énumère :

- les priorités;
- les champs de recherche et leurs extrants connexes;
- les résultats escomptés : immédiats, intermédiaires et finals.

Les extrants de chaque champ de recherche seront fournis au cours des cinq prochaines années et mèneront à des résultats immédiats pendant la même période.

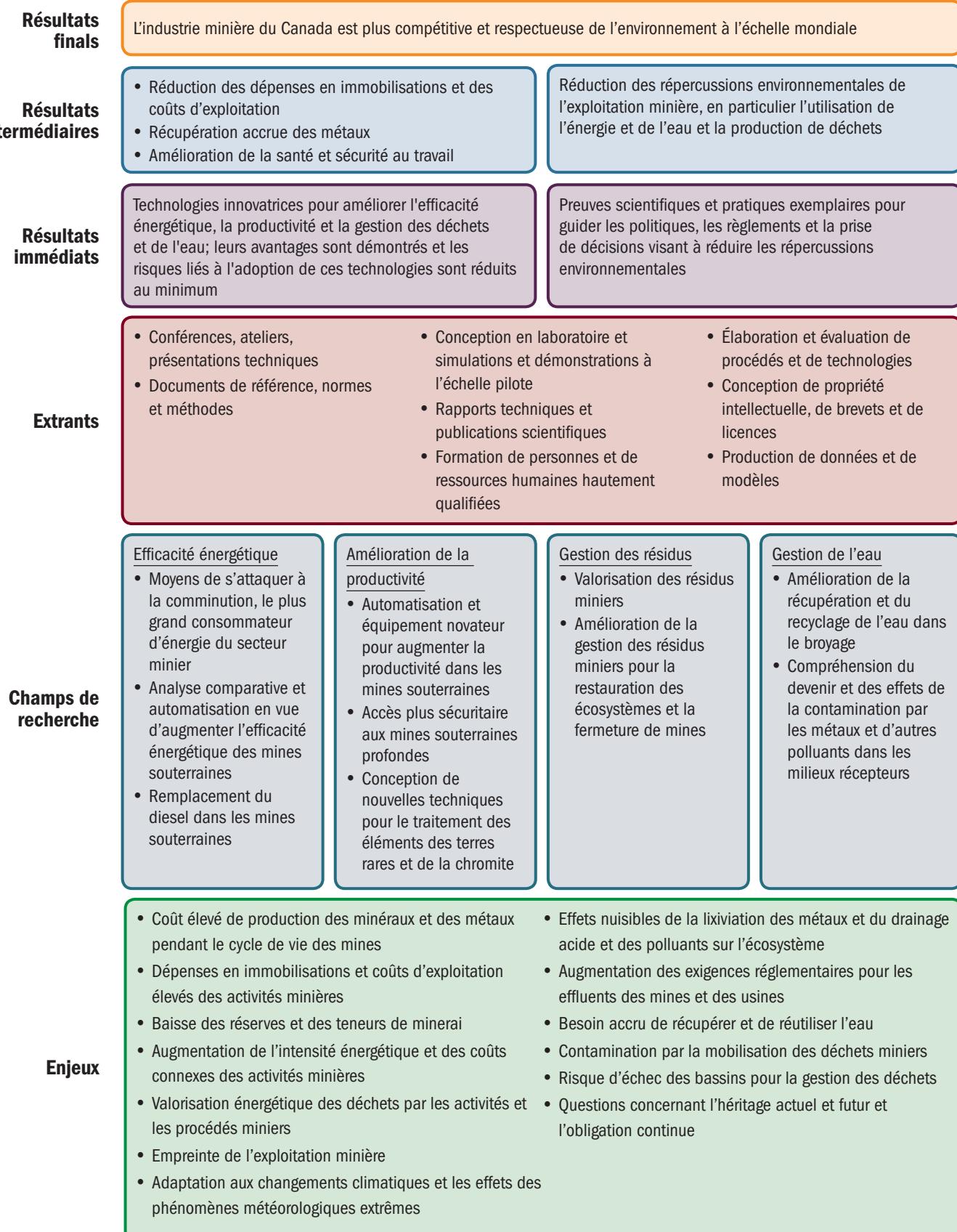
Les champs de recherche et les extrants relèvent directement de CanmetMINES de RNCAN. Toutefois, cela ne peut qu'influencer (et non déterminer) les résultats parce que des facteurs externes peuvent entrer en jeu.

Des résultats intermédiaires sont attendus d'ici de 5 à 10 ans, tandis que des résultats finals sont attendus d'ici de 10 à 20 ans.

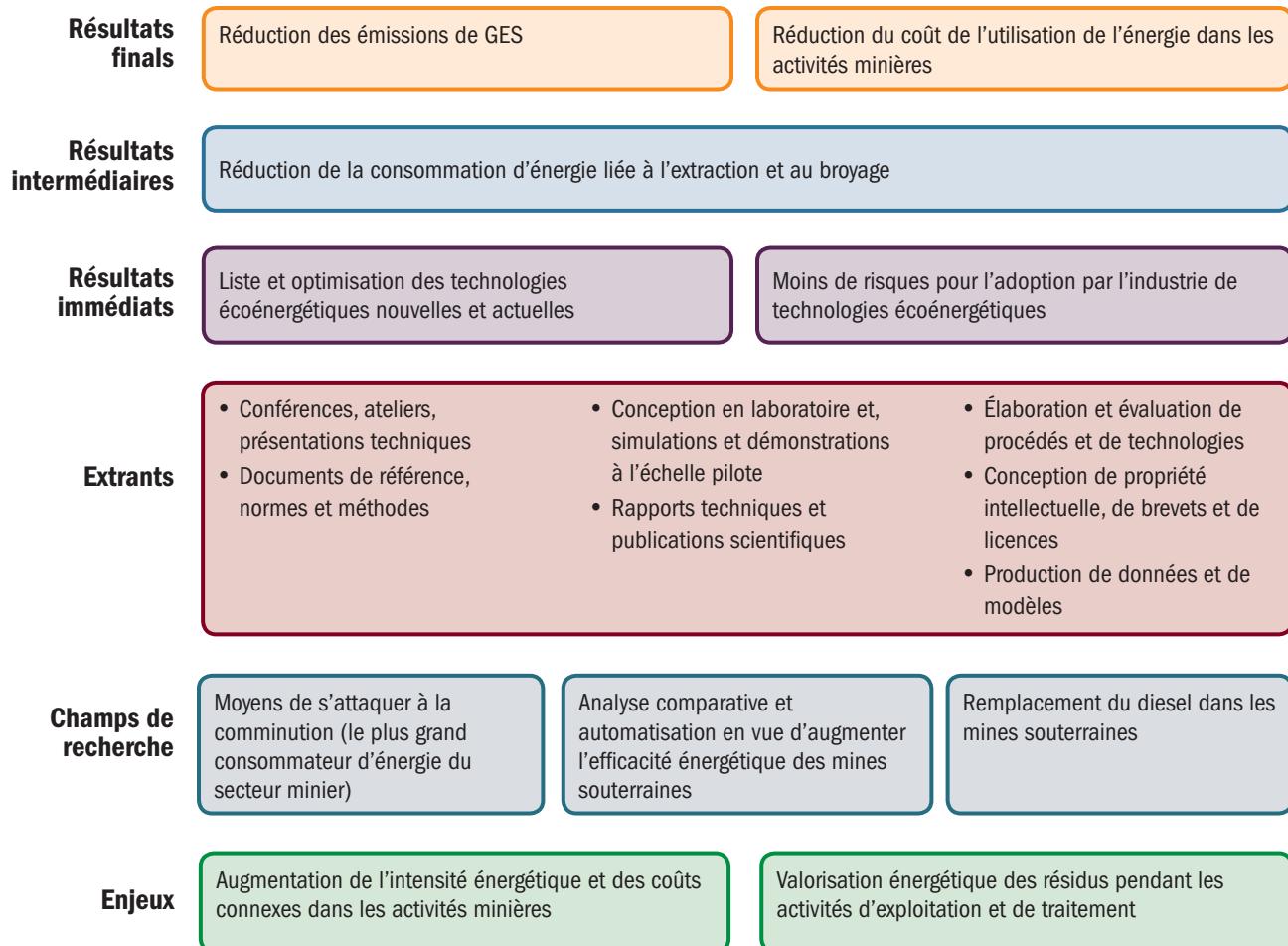
### **Modèles logiques pour chaque priorité et cadre de mesure du rendement**

Un modèle logique pour chacune des quatre priorités est présenté immédiatement après le modèle logique pour l'Initiative Mines vertes de la page suivante. Chaque modèle logique d'une priorité est jumelé avec un tableau présentant les extrants liés à cette priorité et les indicateurs de rendement connexes qui montrent comment les extrants seront mesurés.

## Initiative Mines vertes – modèle logique



## Modèle logique pour l'efficacité énergétique (priorité de recherche 1)



## PRIORITÉ DE RECHERCHE 1 : Efficacité énergétique

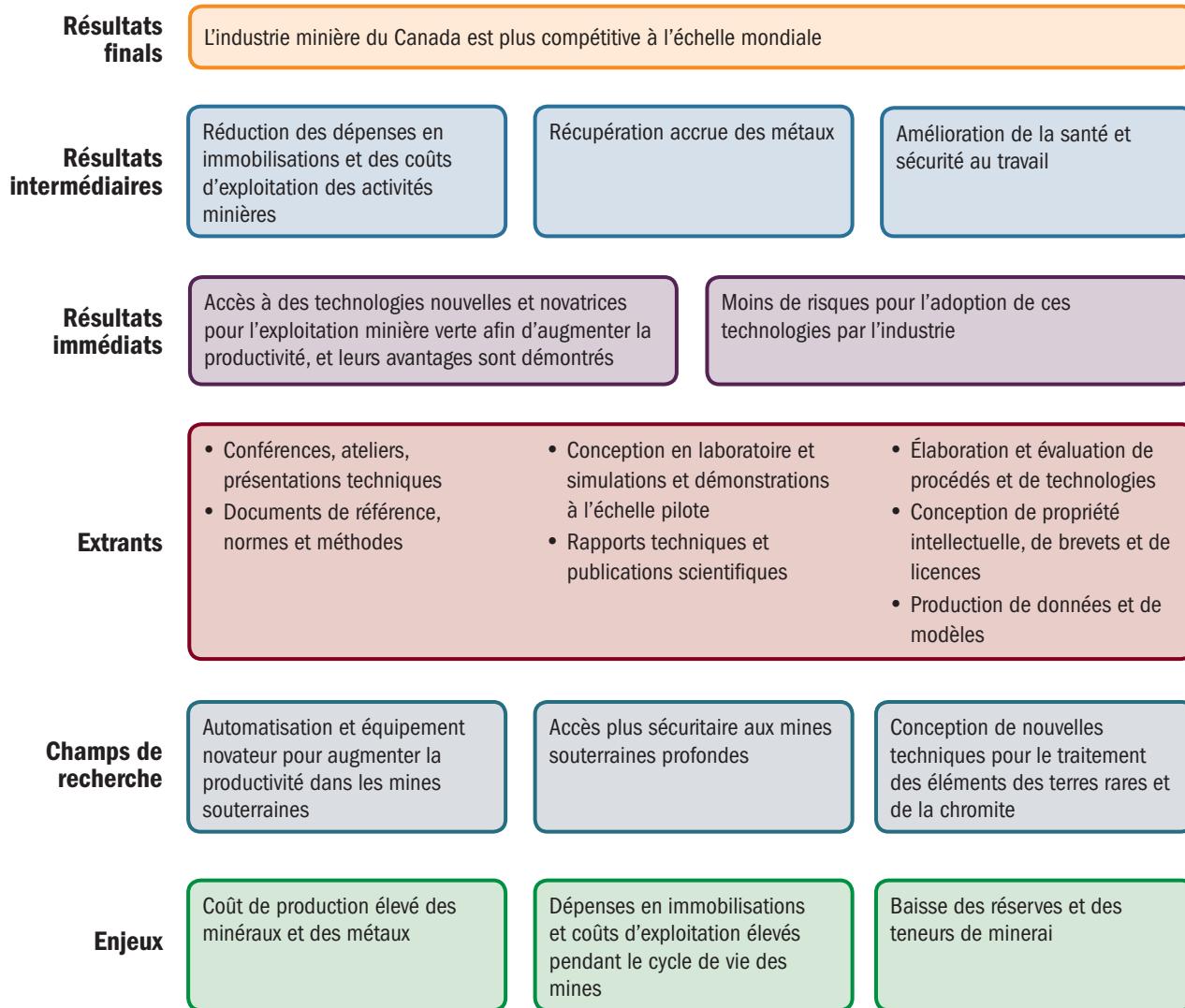
*L'objectif est d'élaborer des outils et de déterminer les meilleures pratiques afin de réduire la consommation d'énergie et les émissions de gaz à effet de serre de l'industrie minière.*

### Cadre de mesure du rendement : champs de recherche, extrants et indicateurs de rendement

Voici les extrants et les indicateurs de rendement pour les cinq prochaines années (2016-2021).

Champ de recherche	Extrants	Indicateurs de rendement
Moyens de s'attaquer à la comminution, le plus grand consommateur d'énergie du secteur minier	<ul style="list-style-type: none"><li>Rapports techniques indiquant les résultats de l'examen des technologies écoénergétiques.</li><li>Protocoles d'échantillonnage pour la préconcentration.</li><li>Capteurs pour une alimentation réduite au circuit du broyage.</li><li>Économies d'énergie pour le contrôle des procédés.</li><li>Quantification des valeurs d'autres technologies pour l'abatage.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>Au moins deux technologies écoénergétiques établies, évaluées et démontrées sur les sites miniers.</li></ul>
Analyse comparative et automatisation en vue d'augmenter l'efficacité énergétique des mines souterraines	<ul style="list-style-type: none"><li>Rapports techniques évaluant les technologies pour surveiller la ventilation en direct et en temps réel.</li><li>Rapports techniques caractérisant l'utilisation de l'énergie actuelle dans le système d'exploitation de mines souterraines.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>Au moins une technologie d'automatisation pour l'efficacité énergétique mise à l'essai sur le terrain.</li><li>Une boîte d'outils informatiques pour économiser de l'énergie.</li></ul>
Remplacement du diesel dans les mines souterraines	<ul style="list-style-type: none"><li>Liste de véhicules pouvant fonctionner avec une autre source d'énergie (établissement pendant des séances de la conférence annuelle du Mining Diesel Emissions Council).</li><li>Rapports techniques indiquant les pratiques exemplaires pour les sources d'énergie de remplacement.</li><li>Données pour les normes et les règlements du <i>Code canadien d'installation de l'hydrogène</i>.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>Au moins une technologie de véhicule pouvant fonctionner avec une autre source d'énergie, établie, mise à l'essai et démontrée.</li><li>Données pour l'établissement de normes d'exploitation minière.</li></ul>

## Modèle logique pour l'amélioration de la productivité (priorité de recherche 2)



## PRIORITÉ DE RECHERCHE 2 : Amélioration de la productivité

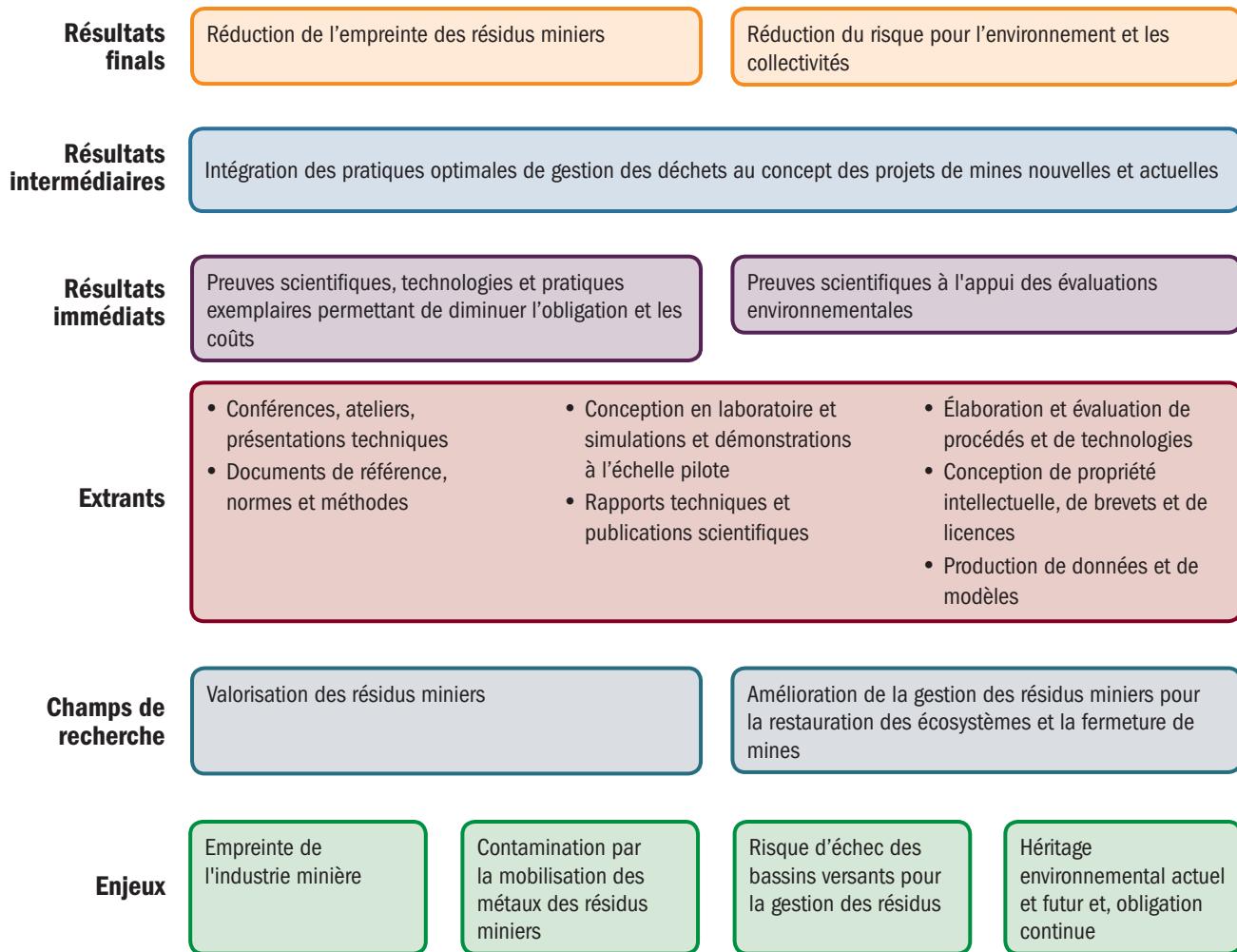
**L'objectif consiste à améliorer la productivité de 10 p. 100 d'ici à 2021 grâce à l'innovation technologique.**

### Cadre de mesure du rendement : champs de recherche, extrants et indicateurs de rendement

Voici les extrants et les indicateurs de rendement pour les cinq prochaines années (2016-2021).

Champ de recherche	Extrants	Indicateurs de rendement
Automatisation et équipement novateur pour augmenter la productivité dans les mines souterraines	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rapports techniques évaluant la faisabilité de mettre en pratique un cordage en fibre synthétique pour hisser les matériaux extraits des mines profondes.</li> <li>• Technologies utilisant de l'équipement novateur pour l'amélioration de la productivité.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Au moins une nouvelle technologie de hissage est démontrée à un site minier.</li> <li>• Au moins une technologie utilisant de l'équipement est évaluée.</li> </ul>
Accès plus sécuritaire aux mines souterraines profondes	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rapports techniques évaluant : <ul style="list-style-type: none"> <li>- des capteurs de boulons d'ancrage instrumentés en direct et en temps réel;</li> <li>- la conception d'un appareil de forage qui peut analyser des systèmes de soutènement au sol pour atténuer l'instabilité de l'infrastructure souterraine et le risque de coup de toit;</li> <li>- des techniques et procédés qui analysent l'exposition des travailleurs aux contaminants atmosphériques dans les mines souterraines.</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Au moins une technologie de boulon d'ancrage est établie, évaluée et démontrée à un site minier.</li> <li>• La conception et l'établissement des coûts d'une installation de recherche et de mise à l'essai pour atténuer l'instabilité de l'infrastructure souterraine et le risque de coup de toit seront terminés d'ici à 2021.</li> </ul>
Conception de nouvelles techniques pour le traitement des éléments des terres rares et de la chromite	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Amélioration de l'efficacité des procédés.</li> <li>• Analyses de l'économie et du marché.</li> <li>• Laboratoire et installations pour les mises à l'essai à l'échelle pilote.</li> <li>• Rapports techniques et publications.</li> <li>• Collectivités d'intervenants engagés et informés dans le domaine des éléments des terres rares et de la chromite.</li> <li>• Formation de personnel hautement qualifié.</li> <li>• Procédés établis et évalués.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Trois procédés et technologies conçus pour réduire la demande d'énergie et appliquer des technologies de traitement écologiques ou améliorer la récupération des éléments des terres rares et de la chromite.</li> <li>• Établissement de deux laboratoires et installations pour les mises à l'essai à l'échelle pilote.</li> <li>• Au moins 10 ateliers ont été tenus.</li> <li>• Dix nouveaux scientifiques et 50 étudiants ont été formés.</li> <li>• Cinq analyses en techno-économie de technologies prometteuses.</li> </ul>

### Modèle logique pour la gestion des déchets (priorité de recherche 3)



## PRIORITÉ DE RECHERCHE 3 : Gestion des résidus

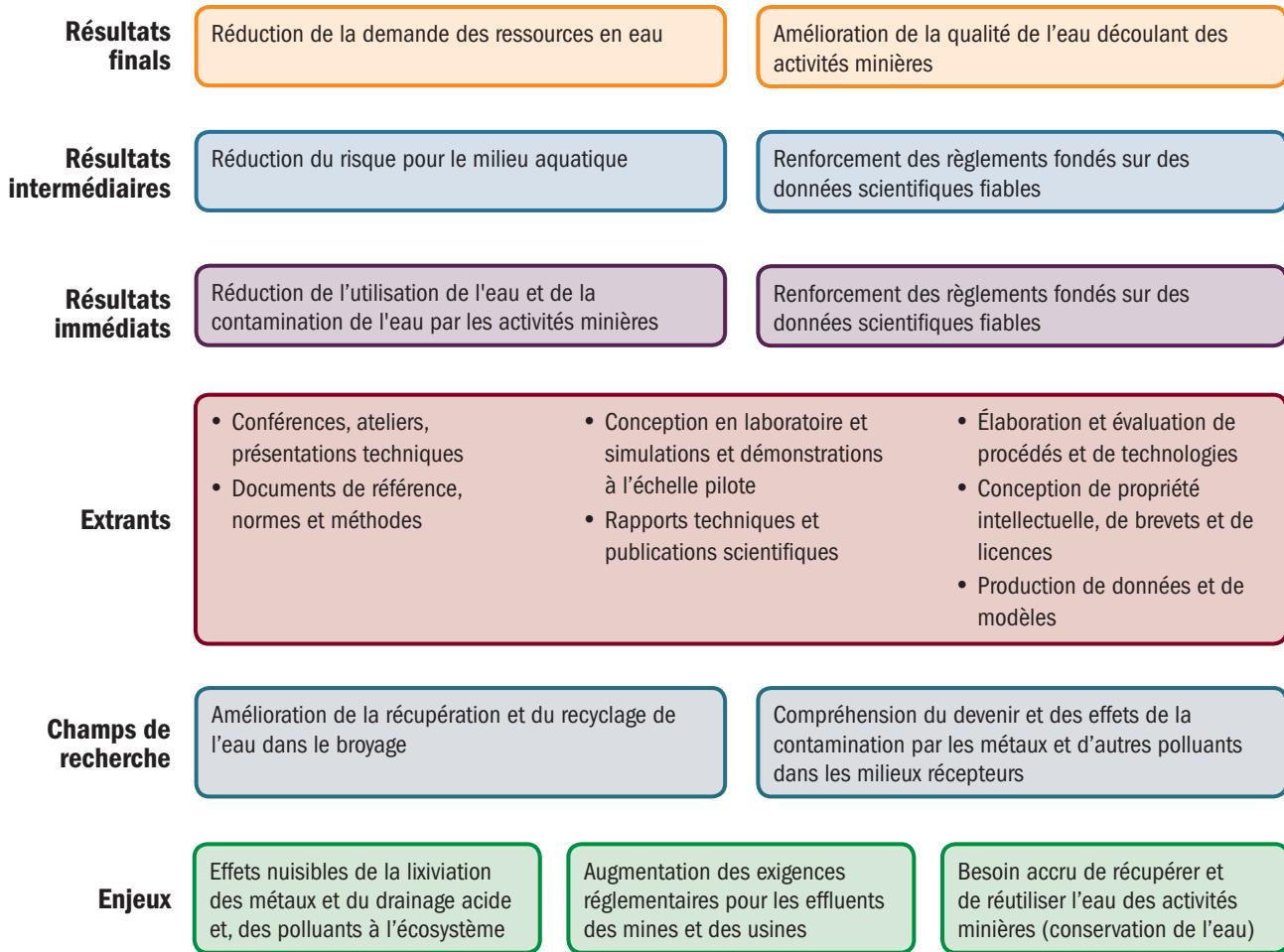
*L'objectif consiste à développer des pratiques exemplaires dans les options pour la gestion des résidus miniers et pour le retraitement des résidus miniers.*

### Cadre de mesure du rendement : champs de recherche, extrants et indicateurs de rendement

Voici les extrants et les indicateurs de rendement pour les cinq prochaines années (2016-2021).

Champ de recherche	Extrants	Indicateurs de rendement
Valorisation des résidus miniers	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Analyse complète des résidus et des options de retraitement.</li> <li>• Évaluation des barrières réglementaires.</li> <li>• Procédé pour le retraitement des résidus.</li> <li>• Technologie d'un liant de remplacement à l'échelle pilote.</li> <li>• Évaluation des applications industrielles de remplacement pour les composants des résidus miniers.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Analyse terminée des lacunes de la R-D.</li> <li>• Examen des politiques et des règlements régissant le retraitement des résidus.</li> <li>• Élaboration de deux schémas de traitement pour les options de récupération et d'élimination des métaux selon des types et des sources propres aux résidus.</li> <li>• Deux analyses en techno-économie sur les schémas de traitement.</li> <li>• Au moins un essai sur le terrain pour la démonstration du retraitement des résidus.</li> <li>• Essais terminés pour la démonstration de liants de remplacement.</li> <li>• Un ou deux composants de résidus miniers caractérisés pour les applications industrielles possibles.</li> </ul>
Amélioration de la gestion des résidus miniers pour la restauration des écosystèmes et la fermeture de mines	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Évaluation des options de gestion des résidus miniers afin d'établir les approches pour la gestion des risques à long terme visant à réduire la production de drainage acide et la mobilité des métaux.</li> <li>• Évaluation des couvertures organiques comme la biomasse pour assurer la stabilité à long terme des résidus miniers et élaborer d'autres applications pour l'utilisation des terres.</li> <li>• Détermination du potentiel de séquestration de carbone de l'écosystème restauré dans une approche pour la gestion des résidus miniers.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Évaluation comparative de la performance des technologies de la gestion des résidus.</li> <li>• Détermination du rôle d'une couche-barrière de diffusion à l'interface de l'eau et des résidus dans la diffusion de l'oxygène et, définition des caractéristiques de la mobilité des contaminants.</li> <li>• Caractérisation de la production de biomasse, de la séquestration de carbone et de la stabilité des résidus pour les différentes stratégies de remise en état.</li> </ul>

## Modèle logique pour la gestion de l'eau (priorité de recherche 4)



## PRIORITÉ DE RECHERCHE 4 : Gestion de l'eau

**Les objectifs consistent à réduire l'utilisation de l'eau dans le traitement des minéraux, à réduire de 50 p. 100 la consommation globale d'eau d'ici à 2021 et à améliorer la compréhension du devenir et des effets de la contamination par les métaux d'un milieu aquatique.**

### Cadre de mesure du rendement : champs de recherche, extrants et indicateurs de rendement

Voici les extrants et les indicateurs de rendement pour les cinq prochaines années (2016-2021).

Champ de recherche	Extrants	Indicateurs de rendement
Amélioration de la récupération et du recyclage de l'eau dans le broyage	<ul style="list-style-type: none"><li>• Options de procédé de récupération de l'eau pour le recyclage de l'eau.</li><li>• Proposition de projets pour une démonstration sur place.</li><li>• Évaluation des technologies de séparation de l'eau.</li><li>• Schéma de traitement d'un processus pour un rejet minimal de liquide.</li><li>• Étude et rapport sur les lacunes techniques et économiques et les procédés.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Évaluation en laboratoire de la composition chimique de l'eau pour déterminer l'efficacité de l'extraction d'au moins deux procédés d'extraction de minéraux.</li><li>• Matrice de la technologie pour la récupération et le recyclage de l'eau.</li><li>• Validation de principe d'une usine à rejet minimal de liquide.</li><li>• Document d'orientation pour une usine et une technologie à rejet minimal de liquide.</li><li>• Détermination des gains dans l'efficacité des procédés et de la possibilité de réduire les coûts et l'utilisation de produits chimiques.</li><li>• Conception d'au moins un schéma de traitement à rejet minimal de liquide.</li><li>• Au moins une propriété intellectuelle et un brevet.</li></ul>
Compréhension du devenir et des effets de la contamination par les métaux et d'autres polluants dans les milieux récepteurs	<ul style="list-style-type: none"><li>• Études pour déterminer le devenir, les effets et le transport des métaux dans le milieu aquatique.</li><li>• La collectivité de réglementation est informée au moyen d'ateliers et de rapports techniques.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• La sensibilité des concentrés des environnements d'eau de mer et d'eau douce est mesurée et les organismes de réglementation sont informés.</li><li>• Au moins une nouvelle méthode pour évaluer le taux d'élimination des métaux dans la colonne d'eau est élaborée, appliquée et acceptée par les organismes de réglementation.</li><li>• Diffusion de l'information au moyen d'au moins :<ul style="list-style-type: none"><li>- un atelier;</li><li>- trois rapports internes ;</li><li>- trois articles de revue;</li><li>- six présentations;</li><li>- deux séances d'information pour RNCan et d'autres ministères et organisations internationales.</li></ul></li></ul>

## **Stratégie de mobilisation**

---

À CanmetMINES, la résolution des problèmes de l'industrie et des établissements miniers du Canada est une priorité absolue. Le but premier de CanmetMINES est d'élaborer et de déployer des technologies et procédés écologiques et novateurs pour l'exploitation minière. CanmetMINES est l'une des principales branches de la recherche et du développement technologiques de l'exploitation minière du Secteur des minéraux et des métaux.

Comptant une centaine de scientifiques, d'ingénieurs et de techniciens parmi son personnel et des installations de recherche et des bureaux en Ontario, au Québec et en Colombie-Britannique, CanmetMINES est l'un des plus grands centres de développement technologique au pays. CanmetMINES aide le secteur minier canadien en offrant de la recherche exploratoire, un partage des tâches et des coûts de la R-D, des services spécialisés dans la récupération des coûts et un transfert technologique.

CanmetMINES continuera à mobiliser et à consulter ses divers intervenants et à collaborer avec eux pour s'assurer de la pertinence et de la complémentarité de ses programmes de R-D. CanmetMINES sert une vaste clientèle :

- sociétés minières privées et leurs laboratoires de recherche;
- universités;
- associations minières;
- cabinets d'experts-conseils;
- organisations internationales;
- organisations provinciales de recherche;
- autres ministères et organismes fédéraux et provinciaux.

CanmetMINES travaillera en étroite collaboration et en partenariat avec les intervenants pour :

- accroître leur compétitivité et leur productivité;
- améliorer et développer des technologies écoénergétiques et de l'énergie de remplacement;
- optimiser les pratiques pour la gestion des résidus et de l'eau;
- soutenir les initiatives stratégiques du gouvernement.

Récemment, CanmetMINES a mis en place un nouveau modèle de gestion afin d'accélérer l'adoption des technologies de mines vertes. Avec ce modèle, CanmetMINES réunit des partenaires clés de toute la chaîne de valeur de l'innovation minière afin de cibler les priorités de l'industrie et fournit des ressources scientifiques pour les réaliser.

CanmetMINES contribuera à l'innovation minière au Canada en :

- faisant de la R-D fondamentale et appliquée, des démonstrations et des essais pour ses clients;
- diffusant de l'information à jour sur les questions importantes concernant l'innovation des mines vertes par diverses voies de communication (sites Web, conférences, ateliers, documents, brevets, etc.);
- s'assurant, au moyen de stratégies de délivrance de licence, que ceux qui pourraient bénéficier des nouvelles technologies peuvent les obtenir.

CanmetMINES discutera régulièrement avec ses intervenants par l'intermédiaire de comités consultatifs et directeurs et d'autres processus de consultation. Cela permettra de produire des résultats scientifiques d'envergure mondiale et tangibles qui sont axés sur les questions les plus pressantes du secteur minier canadien. CanmetMINES continuera d'obtenir des conseils et une orientation stratégique de ses principaux comités :

- Comité consultatif de l'Initiative Mines vertes;
- Groupe de travail intergouvernemental sur l'Initiative Mines vertes;
- Comités directeurs et techniques des éléments des terres rares et de la chromite.

Le Comité consultatif de l'Initiative Mines vertes se réunit trois ou quatre fois par année et tient au moins un atelier pour examiner les nouveaux enjeux ainsi que les nouvelles possibilités et priorités.

Le Groupe de travail intergouvernemental sur l'Initiative Mines vertes se réunit chaque mois ou tous les deux mois, selon les besoins.

Les comités directeurs des éléments des terres rares et de la chromite tiennent chacun une réunion quatre fois par année en plus de présenter un atelier une fois par année et d'assister aux réunions des six comités techniques.

CanmetMINES continuera également de s'assurer de la pertinence et de la complémentarité de sa R-D par son leadership et sa participation aux initiatives faisant appel à de multiples intervenants. CanmetMINES possède une expertise solide de l'établissement et de la coordination d'initiatives multilatérales visant à aborder des enjeux sur l'environnement d'intérêt national et à obtenir de l'information afin de formuler des politiques judicieuses.

L'une de ces initiatives, le Programme de neutralisation des eaux de drainage dans l'environnement minier (NEDEM), élaboré des technologies basées sur des données scientifiques afin de réduire l'effet du drainage acide. Une autre de ces initiatives, l'Initiative nationale pour les mines orphelines ou abandonnées (INMOA), évalue les enjeux importants pour les mines orphelines ou abandonnées et recommande des approches basées sur la collaboration et des partenariats pour les programmes de réparation partout au Canada.

Le programme de NEDEM et l'INMOA sont considérés comme des modèles pour l'industrie, les gouvernements, les organisations non gouvernementales et les Canadiens autochtones pour la coopération dans l'élaboration des politiques et des technologies pour promouvoir la gestion de l'environnement dans l'industrie minière. Ces initiatives doivent leur succès aux efforts communs des partenaires, à la mise en commun de leur expérience et à l'évaluation complète des technologies et des pratiques.

CanmetMINES continuera aussi de s'assurer de la pertinence et de la complémentarité de sa R-D par le dialogue régulier avec les intervenants clés, notamment :

- Le Conseil canadien de l'innovation minière;
- L'Association minière du Canada;
- Le Conseil national de recherches du Canada;
- Les centres d'excellence comme le Centre for Excellence in Mining Innovation;
- Les organisations de recherche des gouvernements provinciaux;
- D'autres organisations de recherche comme :
  - La Mining Innovation Rehabilitation and Applied Research Corporation (MIRARCO);
  - Le Consortium de recherche en traitement de minerais (COREM);
  - La Société de recherche et développement minier (SOREDEM).

## **Stratégie de surveillance, d'évaluation et de reddition de comptes**

Afin de mieux comprendre le rôle de CanmetMINES, il faut de l'information sur les investissements engagés et leurs résultats. Cette information peut aussi aider à comprendre comment nous pouvons améliorer l'exécution des projets et des programmes de R-D. Une stratégie de surveillance, d'évaluation et de reddition de comptes est un concept simple qui aide à comprendre les résultats et à déterminer les améliorations possibles aux projets et aux programmes à long terme.

CanmetMINES recueillera des données essentielles pour ce plan de recherche au cours des cinq prochaines années afin de fournir une source d'information complète, constante, fiable et opportune qui est nécessaire pour obtenir les résultats escomptés.

CanmetMINES utilisera l'infrastructure de GCDocs, le système logiciel de gestion de projets SAP et notre tableau de bord en direct unique pour suivre les paramètres opérationnels clés et surveiller tous les projets de R-D. Ces systèmes permettent à CanmetMINES d'intégrer, d'analyser et de diffuser l'information pertinente et opportune pour la prise de décisions.

### **Surveillance**

Pour faciliter la surveillance, CanmetMINES préparera également, pour un usage interne, de nouveaux rapports interactifs sur les indicateurs de rendement clés de chaque priorité de recherche. CanmetMINES évaluera périodiquement les progrès des grands projets afin d'atténuer les risques et d'établir des plans d'urgence en conséquence.

### **Évaluation**

La stratégie de rendement préparera le terrain pour les mesures plus approfondies du rendement à venir, lesquelles se concentreront sur les effets des activités scientifiques que nous envisageons. Aussi, pour évaluer l'effet du plan de recherche, CanmetMINES élaborera un formulaire d'évaluation pour mesurer la réussite et l'effet de la propriété intellectuelle adoptée par l'industrie. La stratégie de rendement sera améliorée chaque année pour qu'elle concorde avec les objectifs de l'Initiative Mines vertes et qu'elle demeure pertinente.

En ce qui concerne la gouvernance, la plupart des activités de recherche seront réalisées en collaboration avec les partenaires de l'industrie et des universités. Ils seront consultés et interviendront au besoin pendant l'évaluation du plan de recherche.

### **Reddition de comptes**

Un rapport annuel sur l'exécution et les réalisations du plan de recherche de l'Initiative Mines vertes sera distribué à l'interne et utilisé pour produire le *Rapport ministériel sur le rendement* annuel de RNCan. De l'information clé sur ce plan de recherche sera diffusée au moyen de publications, d'ateliers et de conférences.

Le tableau 1 présente les extrants, la fréquence de la mesure du rendement, les indicateurs de rendement et les objectifs de rendement de chaque priorité de recherche.

**Tableau 1**

Priorité	Extrants	Fréquence de la mesure	Indicateurs de rendement	Objectifs de rendement
Efficacité énergétique	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Réduire l'empreinte.</li> <li>- Réduire la consommation d'énergie pour l'extraction et le broyage.</li> <li>- Favoriser l'adoption de systèmes de ventilation automatisés.</li> <li>- Éliminer les moteurs à combustion interne dans les mines souterraines.</li> </ul>	Deux fois par année	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nombre de technologies élaborées et qualifiées après des essais et des démonstrations sur le terrain.</li> <li>• Nombre de systèmes informatisés produits.</li> <li>• Nombre de nouvelles normes sur les mines adoptées.</li> <li>• Nombre de rapports techniques produits.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Au moins 4</li> <li>• Au moins 1</li> <li>• Au moins 1</li> <li>• Au moins 15</li> </ul>
Amélioration de la productivité	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Élaborer des capteurs instrumentés en direct et en temps réel.</li> <li>- Capacité d'accéder aux gisements de minéraux dans les mines profondes et très profondes.</li> <li>- Capacité de simuler des systèmes de soutien dans des conditions de chargement dynamiques en laboratoire.</li> <li>- Résoudre les difficultés technologiques complexes entourant la production, la séparation et le traitement des métaux critiques.</li> </ul>	Deux fois par année	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nombre de technologies élaborées et qualifiées après des essais et des démonstrations sur le terrain.</li> <li>• Nombre de modèles, de procédés ou de prototypes validés en laboratoire.</li> <li>• Nombre d'ateliers tenus.</li> <li>• Nombre d'analyses techno-économiques effectuées.</li> <li>• Nombre de nouveaux scientifiques et d'étudiants formés.</li> <li>• Nombre de rapports techniques produits</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Au moins 3</li> <li>• Au moins 3</li> <li>• Au moins 10</li> <li>• Au moins 5</li> <li>• 10 scientifiques, 50 étudiants</li> <li>• Au moins 60</li> </ul>
Gestion des résidus	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Élaborer des technologies écoénergétiques pour la récupération des métaux des résidus miniers.</li> <li>- Des méthodes efficaces pour stabiliser les résidus et limiter la mobilisation des métaux.</li> </ul>	Deux fois par année	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nombre de technologies élaborées et qualifiées après des essais et des démonstrations sur le terrain.</li> <li>• Nombre de modèles, de procédés ou de prototypes validés en laboratoire.</li> <li>• Nombre d'analyses techno-économiques effectuées.</li> <li>• Nombre de recherches pour les politiques et les règlements qui régissent le retraitement des résidus.</li> <li>• Nombre de rapports techniques produits.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Au moins 2</li> <li>• Au moins 3</li> <li>• Au moins 2</li> <li>• Au moins 2</li> <li>• Au moins 10</li> </ul>
Gestion de l'eau	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Connaissances et capacité de contrôler la qualité de l'eau dans le traitement et la séparation des minéraux.</li> <li>- Meilleure connaissance du rôle de la matière particulière comme source de contamination dans les environnements d'eau de mer et d'eau douce.</li> </ul>	Deux fois par année	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nombre de technologies élaborées et qualifiées après des essais et des démonstrations sur le terrain.</li> <li>• Nombre de modèles, de procédés ou de prototypes validés en laboratoire.</li> <li>• Nombre d'ateliers tenus.</li> <li>• Nombre de rapports techniques produits.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Au moins 2</li> <li>• Au moins 4</li> <li>• Au moins 1</li> <li>• Au moins 10</li> </ul>

## **Annexe : Expertise spécialisée, recherche et développement et services spécialisés**

Les connaissances, l'expertise et la capacité solides que CanmetMINES a acquises par sa R-D lui permettent d'exécuter ce plan de recherche. Ces éléments permettent aussi à CanmetMINES de fournir une expertise et des services spécialisés uniques pour soutenir les priorités de RNCan et du gouvernement du Canada, notamment la lutte contre les changements climatiques. Parce que CanmetMINES fournit son expertise unique pour appuyer les priorités du gouvernement, il n'est pas nécessaire que d'autres organisations gouvernementales chevauchent cet effort. Les domaines suivants sont ceux où CanmetMINES offre de l'expertise, de la R-D et des services spécialisés.

### **Expertise spécialisée – Recherche et développement**

#### **Stabilisation des déchets radioactifs**

CanmetMINES fournit de l'expertise et des installations pour élaborer des méthodes et des techniques innovatrices afin de caractériser, de récupérer des éléments des déchets radioactifs sous forme solide et liquide, de les traiter et de les stabiliser. Cette recherche réduit au minimum les répercussions sur l'environnement des déchets générés par l'industrie minière et d'autres industries.

#### **Exploitation des réservoirs étanches de pétrole et de gaz**

Les sociétés gazières et pétrolières qui travaillent dans le bassin sédimentaire de l'Ouest canadien ont repéré plus de 500 millions de barils de pétrole léger démontrés et probables dans des réservoirs étanches, communément appelés pétrole de schiste. Ces estimations devraient augmenter considérablement à mesure de l'expansion des travaux d'exploration.

Compte tenu de la technologie et des techniques de production actuelles, seule une petite partie du pétrole et du gaz peut être techniquement récupérée. La technologie est le principal moteur de la production sur le plan économique de pétrole et de gaz à partir du schiste et d'autres formations de faible perméabilité. Cette production a d'abord été jugée non rentable, mais les percées importantes, la fracturation hydraulique en plusieurs étapes et le forage horizontal ont aidé à rendre accessibles ces réservoirs étanches.

### **Services spécialisés**

#### **Matériaux de référence certifiés**

Le Programme canadien des matériaux de référence certifiés (PCMRC) améliore la fiabilité des mesures effectuées en laboratoire en permettant de vérifier l'exactitude et la précision des instruments ou des méthodes d'analyse.

Les mesures effectuées en laboratoire aident à déterminer si :

- l'exploration devrait continuer;
- l'exploitation minière est économique;
- un concentré est sous-évalué;
- les spécifications visant à réduire les émissions sont respectées.

Les analyses en laboratoire qui sont améliorées grâce à l'utilisation de matériaux de référence certifiés peuvent influencer les décisions concernant l'aspect économique de l'exploration et l'exploitation minières, la valeur des produits de base et les mesures prises pour protéger l'environnement.

### **Programme d'essais d'aptitude pour les laboratoires d'analyse minérale**

CanmetMINES administre un programme d'essais d'aptitude pour les laboratoires d'analyse minérale (PEA-LAM) en association avec le Conseil canadien des normes. Un laboratoire d'analyse minérale peut utiliser le PEA-LAM pour évaluer le rendement de ses méthodes d'analyse de manière indépendante du système interne de contrôle de la qualité. Un laboratoire doit participer au programme pour recevoir du Conseil canadien des normes l'accréditation de ses activités d'analyse minérale à la norme ISO/CEI 17025.

Environ 70 laboratoires internationaux participent actuellement au PEA-LAM. Un certificat est donné aux participants dont les résultats répondent aux critères stricts de statistique et de fiabilité.

### **Protocole de transformation et de dissolution pour les métaux et les composés métalliques inorganiques modérément solubles**

CanmetMINES a joué un rôle de chef de file dans l'élaboration et la validation du protocole de transformation et de dissolution, une procédure d'essai normalisée servant à produire des données pour la classification des dangers liés aux substances métallifères pour le milieu aquatique. Pour pénétrer les marchés internationaux et répondre aux exigences réglementaires internationales, les exportateurs canadiens de métaux doivent avoir une classification des dangers de leurs produits pour le milieu aquatique. Le protocole de transformation et de dissolution a été adopté par le Système général harmonisé de classification et d'étiquetage des produits chimiques des Nations Unies et accepté à grande échelle comme l'approche pour déterminer les caractéristiques de transformation et de dissolution des métaux et des composés métalliques inorganiques modérément solubles.

CanmetMINES poursuit sa recherche sur les variables qui modifient les caractéristiques de transformation et de dissolution des métaux et a récemment adapté le protocole de transformation et de dissolution aux systèmes marins pour donner suite à la réglementation maritime internationale. Grâce à son expertise spécialisée et à sa capacité de recherche, CanmetMINES jouit d'une renommée internationale dans le domaine de la classification des dangers que représentent les substances métallifères pour le milieu aquatique.

### **Géomécanique et caractérisation des massifs rocheux pour l'exploitation minière**

La caractérisation des massifs rocheux est une composante clé de toute exploitation minière, car elle aide à optimiser la conception des mines et assure la sécurité dans les mines.

L'une des principales menaces au rendement des mines est la qualité incertaine de la roche. Ces travaux de R-D sont menés afin de bien comprendre le comportement du massif rocheux et de prévoir sa réaction à l'activité d'excavation. La caractérisation géomécanique à long terme en laboratoire fournit des renseignements sur le massif rocheux souterrain.

L'expertise de CanmetMINES comprend des ingénieurs et des technologues qui utilisent un laboratoire à la fine pointe pour déterminer les propriétés des roches.

### **Géodynamique pour le soutien statique et dynamique des excavations souterraines**

Les excavations souterraines requièrent des dispositifs de soutènement, comme des boulons d'ancrage, du béton projeté et des grillages pour maintenir la stabilité et assurer la sécurité du personnel et de l'équipement. La conception des dispositifs de soutènement au sol doit correspondre aux caractéristiques de soutènement par rapport à la réaction prévue du massif rocheux.

Il faut tenir compte des conditions statiques et des conditions dynamiques :

- **Les conditions statiques** sont la capacité de la zone excavée de soutenir le poids de la roche encaissante.
- **Les conditions dynamiques** sont la capacité de la zone excavée de subsister aux forces supplémentaires qui peuvent être imposées instantanément et sans avertissement, comme dans le cas d'un coup de toit.

L'expertise de CanmetMINES comprend des ingénieurs et des technologues qui utilisent un laboratoire à la fine pointe pour déterminer les propriétés statiques et dynamiques des éléments de soutènement au sol.

### **Surveillance et analyse microsismique**

La dernière décennie a vu un regain d'intérêt de l'industrie des hydrocarbures pour la surveillance microsismique en raison d'une augmentation récente des ressources non conventionnelles, comme le gaz de schiste et le pétrole lourd.

La fracturation hydraulique et l'injection de vapeur produisent des changements sur le plan des pressions interstitielles locales et des stress *in situ* et entraînent une rupture cassante de la roche intacte en plus d'un cisaillement à décrochement dans la roche naturellement fracturée. Ces ruptures cassantes ou décrochements produisent des émissions acoustiques (ondes élastiques), appelées événements microsismiques. La surveillance microsismique peut fournir des renseignements sur l'intégrité des tubages de puits de pétrole ou sur le potentiel de migration du gaz de schiste, qui pourrait nuire à l'environnement.

L'expertise de CanmetMINES comprend une équipe de chercheurs et de professionnels qui sont des chefs de file dans le domaine de la sismicité.

CanmetMINES adapte et transfère son expertise dans les domaines suivants à ce nouveau créneau de recherche :

- l'expertise de CanmetMINES acquise depuis les années 80 en géomécanique et en essai sur roches pour la caractérisation des dépôts de résidus nucléaires souterrains;
- l'expertise acquise au milieu des années 90 dans le champ de la recherche et de la surveillance sismique appliquées aux procédés d'extraction souterraine des sables bitumineux.

Ce projet de CanmetMINES est entrepris en collaboration avec le Secteur des sciences de la Terre de RNCAN et CanmetÉNERGIE, ainsi que les industries pétrolières et gazières.

### **Inspections de treuils utilisés dans les mines**

Les treuils utilisés dans les mines transportent de manière sécuritaire les personnes et le matériel sous la terre et doivent donc être entièrement fiables. Ce sont des machines complexes qui sont munies de la technologie la plus récente, notamment :

- de systèmes de contrôle des procédés;
- de variateurs de vitesse;
- de moteurs électriques;
- de systèmes de freinage contrôlé;
- de réseaux électriques;
- de systèmes de contrôle de la température;
- d'une protection de la corde et de l'équipement de puits.

Tous ces éléments sont programmés et précisément réglés pour travailler ensemble de façon fiable et efficace et de manière à s'assurer que ces multiples niveaux de protection préviendront des incidents graves.

Les systèmes de treuils utilisés dans les mines doivent fonctionner à une efficacité maximale et à des coûts en immobilisations et en entretien optimaux. L'expertise de CanmetMINES comprend des inspecteurs de treuils utilisés dans les mines qui sont capables d'assurer la conformité aux règlements concernant :

- le rythme de décélération d'urgence pendant un arrêt d'urgence;
- la compensation pour l'usure mécanique ou l'usure de la bande de roulement;
- la dérive du facteur d'utilisation en raison de l'usure;
- les bruits anormaux;
- les changements anormaux des températures de fonctionnement, des roulements et du moteur.

#### **Contrôle, échantillonnage et analyse des matières particulières des moteurs diesels**

En 2012, l'Organisation mondiale de la santé a classé les matières particulières des moteurs diesels dans la catégorie de substances du groupe 1 ou agents cancérogènes connues pour les humains. CanmetMINES est un pionnier dans ce domaine et est reconnu à l'échelle mondiale pour les efforts qu'il déploie depuis les années 80 afin de protéger les travailleurs contre l'exposition aux matières particulières des moteurs diesels. Son expertise est celle de chercheurs et d'ingénieurs qui regroupent près de cent ans d'expérience dans le domaine de l'atténuation des matières particulières des moteurs diesels dans le contexte spécial de l'exploitation minière souterraine. Ses installations comprennent un laboratoire à la fine pointe pour l'analyse des matières particulières des moteurs diesels (version modifiée de la méthode NIOSH 5040).

#### **Certification des moteurs diesels utilisés dans les mines souterraines**

CanmetMINES exploite la seule installation de dynamométrie au Canada qui est équipée, dotée de personnel et certifiée (ISO 17025) pour fournir des services d'essais spécialisés et de certification des moteurs diesels destinés à une utilisation dans les mines souterraines (normes de l'Association canadienne de normalisation et de la Mine Safety and Health Administration). Par conséquent, les provinces et les territoires canadiens qui exploitent des mines peuvent autoriser l'utilisation souterraine de ces moteurs en sachant que les émissions ont été caractérisées et que le taux de ventilation requis et sécuritaire a été calculé. De plus, les exploitants miniers peuvent économiser de l'énergie en acquérant les meilleurs moteurs, les plus propres avec la consommation de carburant la plus efficace.

## NOTES