

### Procédés de valorisation des résidus miniers amiantés : revue de littérature

**Référence** Merchichi, A., Lai, T. T., Monier, B., Longeron, J., Kada, C., Soucy, G. et Boulanger, J.-F. (2026). Procédés de valorisation des résidus miniers amiantés : revue de littérature. Rapport technique, Faculté de génie, Département de génie mécanique et de génie biotechnologique, Université de Sherbrooke, révisé le 30 juin 2026, 102 p., <https://usherbrooke.scholaris.ca/items/bd699bee-7cac-4e3d-b254-49d5ff72dc41>

#### En bref

---

1. Les résidus miniers amiantés (RMA) du Québec sont abondants : les résidus d'usine sont estimés à environ 796 millions de tonnes, auxquelles s'ajoutent environ 1250 millions de tonnes de déchets miniers incluant la roche stérile, en Estrie et en Chaudière-Appalaches. Une estimation précise s'avère impossible en l'absence de données disponibles pour plusieurs anciens sites.
2. Les RMA québécois sont principalement composés de serpentines, dont le chrysotile, la lizardite et l'antigorite. Les minéraux porteurs du magnésium sont accompagnés notamment de magnétite, de brucite et parfois d'amphiboles.
3. La revue présente les RMA comme un passif hérité de l'exploitation de l'amiante, mais aussi comme une ressource potentielle qui repose principalement sur leur contenu en magnésium, silicium et nickel.
4. Les teneurs recensées sont généralement du même ordre de grandeur d'une halde à l'autre : plus de 15 à 24 % de magnésium, environ 0,14 à 0,25 % de nickel, et des fibres minérales résiduelles de l'ordre de 5 à 20 % en volume.
5. Les procédés avancés recensés au Québec ciblent plusieurs voies : la production de magnésium métallique, d'oxyde de magnésium, d'engrais ou de sables industriels ; la captation ou le stockage minéral du CO<sub>2</sub>. Les niveaux de maturité semblent varier selon les procédés.
6. Plusieurs difficultés sont souvent rapportées : destruction et suivi des fibres, préparation du matériau, consommation d'énergie, gestion des acides et réactifs, purification des produits, coûts d'investissement et dépendance aux marchés.
7. La revue fait ressortir deux défis technologiques transversaux : la préparation des RMA avant leur utilisation et l'importance de l'énergie dans plusieurs filières de valorisation.

#### Contexte et objectif de la revue

---

L'exploitation de l'amiante a joué un rôle économique important au Québec pendant plus d'un siècle, particulièrement à Thetford Mines et à Val-des-Sources. La reconnaissance des risques sanitaires liés aux fibres a mené à la fermeture de la dernière mine en 2012, puis à l'interdiction fédérale de l'amiante et des produits qui en contiennent à compter de 2018.

---

Une **note de breffage** résume l'essentiel des contenus d'une source importante d'informations. Outil de transfert de connaissances, elle vise à faciliter l'appropriation des meilleurs savoirs et ainsi à éclairer ou à influencer la prise de décision.

La réalisation de la présente note est soutenue par M365 Copilot dans un compte académique. Le courtier a pris soin de formuler un prompt détaillé, de le vérifier, et de procéder à de fréquentes boucles de vérification.

Cette exploitation a laissé de vastes haldes de RMA, soit des résidus issus des étapes de concassage, broyage, défibrage et séparation utilisées pour extraire les fibres. Les haldes sont composées principalement de serpentines : chrysotile, lizardite et antigorite. « Ces résidus contiennent encore une proportion notable de fibres de chrysotile (jusqu'à 20% v/v) » (p.1). Le chrysotile peut subsister sous forme de fibres libres, de fibres attachées à des fragments, de fragments indurés ou de veinules. Le rapport distingue les résidus d'usine des stériles, car leur granulométrie, leur préparation et leur potentiel de traitement peuvent différer.

Les RMA posent des enjeux de santé, de sécurité et d'environnement. Leur valorisation apparaît donc comme une voie possible de réhabilitation et d'économie circulaire pouvant contribuer à transformer un passif en ressource, tout en nécessitant une gestion rigoureuse des risques associés aux fibres et aux procédés de transformation. Le cadre normatif actuel vise surtout la présence de fibres d'amiante dans l'air ou dans des matériaux en vrac. Il est peu adapté à l'évaluation industrielle des RMA comme ressource minérale à transformer.

La présente recension a été motivée par une demande du bureau du Sous-ministre associé aux Mines du ministère des Ressources naturelles et des Forêts (MRNF). Elle vise à inventorier les connaissances pertinentes sur les RMA avec le souci de soutenir les initiatives de leur valorisation. La recension fournit alors des informations sur l'origine des RMA et ce qu'ils sont, détaille les procédés avancés de valorisation des RMA proposés au Québec et rapporte d'autres travaux pertinents, mais moins avancés, notamment à l'international.

## Résultats

---

### Origine, quantification et caractérisation des RMA

Les RMA sont issus des activités historiques d'extraction et de traitement du chrysotile. Ils correspondent principalement aux résidus générés lors des étapes de concassage, broyage, défibrage et séparation des fibres d'amiante. Ces résidus se distinguent des stériles miniers, qui sont généralement plus grossiers et n'ont pas subi les mêmes traitements. Les autrices et auteurs rappellent également que plusieurs usages du terme RMA ont coexisté dans la littérature et que la définition adoptée peut influencer les estimations de ressources disponibles.

Les volumes recensés sont très importants. Selon les sources compilées dans le rapport, les régions de l'Estrie et de la Chaudière-Appalaches comptent probablement entre 800 millions de tonnes et plus de 1 milliard de tonnes de résidus d'usine, auxquelles s'ajoutent au moins 1,25 milliard de tonnes de stériles provenant des anciennes exploitations minières. Les autrices et auteurs soulignent toutefois que les données demeurent incomplètes pour plusieurs anciens sites, ce qui limite l'établissement d'un inventaire régional précis.

La composition des RMA est dominée par les minéraux du groupe des serpentines, notamment le chrysotile, la lizardite et l'antigorite. Les autrices et auteurs indiquent que les teneurs recensées dans les différentes haldes sont généralement comparables, avec plus de 15 à 24 % de magnésium, environ 0,14 à 0,25 % de nickel et des fibres minérales résiduelles de l'ordre de 5 à 20 % du volume. Le magnésium, le silicium et le nickel sont présentés comme les principales valeurs potentielles contenues dans les résidus.

La revue accorde une place importante à la caractérisation des RMA. Les autrices et auteurs présentent les approches utilisées pour documenter la granulométrie, la composition chimique, la minéralogie et les fibres résiduelles. Ils soulignent notamment la nécessité de distinguer les fibres libres des autres formes de chrysotile présentes dans les résidus, puisque les méthodes analytiques actuellement disponibles sont principalement conçues pour l'évaluation des fibres d'amiante dans un contexte de santé et sécurité au travail plutôt que pour la valorisation industrielle.

### Procédés avancés de valorisation des RMA

La revue documente plusieurs projets avancés de valorisation développés principalement au Québec. Les procédés de Magnola et d'Alliance Magnésium/Tergeo pour la production de magnésium métallique à partir des RMA sont décrits en détail. Les autrices et auteurs montrent que de telles approches nécessitent une séquence complexe comprenant la préparation du matériau, la lixiviation, la purification des solutions, la production de chlorure de magnésium anhydre et l'électrolyse. Le rapport souligne que ces procédés comportent de nombreuses étapes interdépendantes et ont fait l'objet de plusieurs développements technologiques et brevets.

D'autres projets avancés visent des produits différents du magnésium métallique. Les Sables Olimag produisent une olivine synthétique obtenue par transformation thermique de la serpentine. Mag One et ECO2 Magnesia développent des procédés orientés vers la production d'oxyde de magnésium et de silice, tandis que KSM Fertilizers valorise les RMA dans la fabrication d'engrais contenant du potassium, du magnésium et du sulfate. Nichromet, de son côté, a concentré ses travaux sur la récupération de métaux tels que le nickel, le cobalt, le magnésium, le fer et le chrome à partir de matériaux serpentiniques.

La revue présente également plusieurs initiatives axées sur la captation et le stockage du CO<sub>2</sub>. Les autrices et auteurs expliquent que les RMA contiennent des silicates de magnésium pouvant réagir avec le CO<sub>2</sub> pour former des carbonates stables. Différentes approches sont recensées, incluant la carbonatation minérale ex situ, la carbonatation in situ et des procédés hybrides combinant extraction du magnésium et séquestration du carbone. Les projets recensés mobilisent notamment des entreprises, des centres de recherche et des universités du Québec et du Canada.

Dans leur synthèse, les autrices et auteurs rappellent que les procédés avancés couvrent une grande diversité de produits et de technologies. Ils mentionnent aussi que plusieurs entreprises viseraient une valorisation intégrée permettant de produire simultanément plusieurs produits ou sous-produits à partir d'un même flux de RMA.

### Autres recherches pertinentes liées à la valorisation des RMA

La revue recense un grand nombre de travaux de recherche qui n'ont pas nécessairement atteint un stade commercial. Les autrices et auteurs ont regroupé ces travaux selon les principaux éléments pouvant être valorisés dans les RMA, soit le magnésium, le silicium, le nickel et le cobalt, ainsi que selon certaines approches émergentes, comme la biohydrométallurgie<sup>1</sup>.

Les recherches sur les composés de magnésium couvrent notamment la production d'oxyde de magnésium, d'hydroxyde de magnésium, de chlorure de magnésium, de sulfate de magnésium et de magnésium métallique. Les autrices et auteurs observent que plusieurs acides et plusieurs voies de traitement permettent d'extraire efficacement le magnésium contenu dans les serpentines. Ils soulignent également que peu d'études justifient le choix du produit final sur une base économique, malgré l'abondance des travaux de laboratoire.

Les recherches sur les composés de silicium montrent que la lixiviation des matériaux serpentiniques peut mener à la production de silice, souvent amorphe, ou de produits dérivés comme les silicates de sodium. Les autrices et auteurs notent que plusieurs études démontrent la faisabilité technique de cette valorisation, mais que les informations concernant la valeur économique des produits obtenus demeurent limitées.

Les travaux portant sur le nickel et le cobalt visent principalement à améliorer la récupération de ces métaux à partir des phases minérales qui les contiennent. La revue présente différentes approches hydrométallurgiques, pyrométallurgiques et thermochimiques. Les autrices et auteurs rappellent toutefois que les teneurs relativement faibles en nickel et la difficulté à concentrer les phases porteuses demeurent des enjeux récurrents dans la littérature.

Enfin, les autrices et auteurs consacrent une section propre à la biohydrométallurgie. Ils indiquent que les études appliquées directement aux RMA demeurent rares et portent surtout sur la bioremédiation, l'altération des fibres ou la séquestration du CO<sub>2</sub>. Le rapport souligne que plusieurs travaux réalisés sur des matériaux analogues, tels que la serpentine ou certains résidus de nickel, permettent néanmoins d'explorer le potentiel de micro-organismes pour la solubilisation de métaux. Les autrices et auteurs semblent noter que cette avenue demeure à développer et qu'elle nécessite davantage d'évaluations techniques, économiques et environnementales.

## Méthodologie

La revue repose sur une recherche documentaire classique couvrant des articles scientifiques, chapitres, brevets, rapports techniques et gouvernementaux, documents industriels, thèses et mémoires. Les documents ont été

---

<sup>1</sup> « La biohydrométallurgie est définie comme un domaine qui combine la biologie et l'hydrométallurgie, utilisant des micro-organismes dans diverses applications pour l'extraction, la récupération et le traitement de l'eau des métaux grâce à des réactions biologiques avec les métaux sous forme minérale et dissoute. » (Définition générée par l'IA basée sur Treatise on Process Metallurgy: Industrial Processes, 2014, rapporté par ScienceDirect, <https://www.sciencedirect-com.ezproxy.uqar.ca/topics/engineering/biohydrometallurgy#definition> ).

récupérés à partir de bases de données, de revues scientifiques, de rapports gouvernementaux et d'un dossier fourni par le MRNF. Le rapport accorde une attention particulière aux études québécoises et canadiennes, tout en mobilisant des exemples internationaux lorsque ceux-ci portent sur des RMA ou des matériaux proches comme la serpentine et le chrysotile.

Les autrices et auteurs ont lu et synthétisé les sources afin de décrire l'origine, la quantification, la caractérisation et les procédés de valorisation des RMA.

Les procédés recensés couvrent une plage de maturité allant de travaux de laboratoire à des procédés pilotes ou commercialisés. La revue vise donc autant la compréhension technique que la veille sur les filières exploitables.

## Recommandations des autrices et auteurs

---

1. Adopter un langage, des méthodes et des critères d'analyse communs afin que les procédés de valorisation soient évalués dans un environnement réellement comparable.
2. Améliorer la transparence technologique des procédés industriels, notamment par des descriptions à jour, des bilans de masse, des conditions opératoires essentielles et des mécanismes de destruction ou de contrôle des fibres.
3. Accorder une attention prioritaire à la préparation des RMA avant traitement, car la granulométrie, la séparation des fractions et la nature des phases minérales peuvent influencer fortement les procédés.
4. Considérer l'énergie comme un enjeu majeur de développement, particulièrement pour les filières comprenant activation thermique, calcination, séchage, déshydratation ou électrolyse.
5. Réaliser et diffuser des analyses technico-économiques indépendantes de haut niveau afin de comparer les produits, coproduits et sous-produits réellement envisageables à partir des RMA.
6. Éviter le travail en silos en favorisant le partage de connaissances entre entreprises, équipes de recherche et acteurs institutionnels, notamment par une veille technologique structurée.
7. Poursuivre et renforcer la formation de personnel hautement qualifié en minéralogie, génie des procédés, toxicologie, environnement et gestion des risques liés aux RMA.

## Conclusion

---

Les RMA représentent une occasion stratégique pour la valorisation du magnésium, du silicium, du nickel, du cobalt et pour la minéralisation du CO<sub>2</sub>.

Les projets et travaux recensés montrent une grande diversité de produits et de procédés possibles, mais aussi une complexité importante liée aux caractéristiques des RMA, aux fibres, aux besoins énergétiques, aux réactifs et aux conditions économiques. Les procédés les plus avancés fournissent des apprentissages importants pour la suite : une démonstration technique ne suffirait pas à garantir la viabilité industrielle, et les étapes critiques devraient être documentées de façon transparente.

Pour soutenir une valorisation durable, la revue met l'accent sur la normalisation des pratiques, la caractérisation rigoureuse, les analyses technico-économiques, le partage de connaissances et le développement des compétences spécialisées.