



**Manganèse et acier
décarboné : vers une chaîne
de valeur durable**

Guide pratique pour l'industrie

Résumé

- Ce livre blanc constitue un document de référence visant à **sensibiliser sur le rôle essentiel du manganèse (Mn) et de ses alliages dans la construction d'une chaîne de valeur de l'acier durable et décarbonée**. Il explique pourquoi le manganèse est indispensable à la fabrication de l'acier, comment des alliages de manganèse à faible empreinte carbone avec une production responsable peuvent accélérer la transition vers un acier plus vert, quels défis l'industrie doit relever et quelles recommandations peuvent favoriser une avancée collective. En s'appuyant sur des perspectives issues de l'ensemble de la chaîne de valeur, mine, production d'alliages, sidérurgie, applications finales et analyse de marché, il offre une vision globale de la contribution du manganèse à une industrie sidérurgique plus durable.
- **Le manganèse est un élément fondamental dans la production d'acier**. En 2024, environ 20 millions de tonnes d'alliages de manganèse ont été consommées dans le monde. Ces alliages améliorent considérablement les propriétés mécaniques de l'acier, telles que la dureté, la résistance et la ténacité. L'acier reste ensuite un matériau clé pour des secteurs comme l'automobile, le ferroviaire, les énergies renouvelables et bien d'autres.



**de l'empreinte
carbone de l'acier**

Les voitures, rails ou éoliennes bas CO₂ nécessitent un acier à faible empreinte carbone. Une solution efficace pour verdir l'acier consiste à utiliser des alliages de manganèse à faible empreinte carbone. En effet, les émissions de CO₂ liées aux alliages de manganèse peuvent représenter de 2 % à 78 % de l'empreinte carbone totale de l'acier, ce qui en fait un levier majeur pour la décarbonation.

- En supposant que les alliages de manganèse bas CO₂ soient définis par un seuil de 1,9 tonne de CO₂eq par tonne d'alliage pour les périmètres Scope 1 et 2, soit deux fois moins que la moyenne sectorielle, **9 % de la production mondiale en 2023 correspondait à des alliages de manganèse bas CO₂**.
- **Les producteurs d'alliages de manganèse peuvent décarboner leur industrie grâce à une approche multi-facettes**. Pour le Scope 1, les solutions possibles incluent le remplacement des réducteurs fossiles par du biocarbone, l'installation de systèmes de capture et stockage du carbone (CCS) ou de capture, utilisation et stockage du carbone (CCUS), ou encore l'amélioration de l'efficacité des procédés. Pour le Scope 2, les producteurs devront passer de l'électricité produite à partir de combustibles fossiles à des sources non fossiles.
- Pour produire des alliages de manganèse, il faut du minerai de manganèse. **Pour répondre aux attentes sociétales et garantir une gestion responsable des activités, une source durable de minerai est donc indispensable. Des standards comme IRMA peuvent faire partie de la solution**. Rien ne vaut un audit sur site réalisé par un tiers indépendant pour évaluer objectivement les droits humains, les impacts sociaux et environnementaux. **Les outils de traçabilité peuvent également aider les clients à faire des choix d'achat éclairés**. Par exemple, les Passeports Numériques de Produits (DPP) fonctionnent comme des cartes d'identité des produits, fournissant des informations clés en matière de Responsabilité Sociétale des Entreprises (RSE) pour guider des décisions responsables.

Résumé

- Ce livre blanc vise à mettre en lumière les défis de durabilité auxquels la chaîne de valeur du manganèse est confrontée. Il se concentre sur les enjeux environnementaux et sociaux qui doivent être résolus pour construire une industrie plus responsable et à faible empreinte carbone. Les recommandations suivantes ont pour objectif de soutenir les progrès vers une chaîne de valeur plus durable :

→ **Garantir le déploiement du standard de comptabilité carbone de l'International Manganese Institute (IMnI)** permettra de clarifier les offres pour les clients et les marchés.

→ **Sensibiliser sur le rôle du manganèse et mettre en avant les efforts actuels des producteurs** est essentiel pour valoriser l'offre existante d'alliages de manganèse bas CO₂.

→ **Co-construire une trajectoire de décarbonation avec l'ensemble des producteurs de manganèse** semble être l'étape logique suivante.

→ **Définir des critères minimaux pour les matériaux issus de sources responsables à l'échelle de l'industrie** contribuerait à garantir qu'ils représentent une part significative des achats.

→ **Enfin, le soutien public à la transition verte doit être renforcé** pour maintenir la compétitivité et aider les entreprises à réduire les risques liés à leurs projets RSE.

- L'ambition d'Eramet est de transformer l'industrie , en renforçant les standards RSE et en réduisant l'empreinte carbone , afin de faire du secteur du manganèse un acteur clé de la transition. Pour réussir, il faut une forte demande des clients pour des produits à faible impact, des standards robustes, des réglementations nationales, et un avenir où les coûts et la valeur sont partagés sur l'ensemble de la chaîne de valeur.

Ce livre blanc rassemble les voix de multiples parties prenantes de l'industrie, aboutissant à une véritable dynamique collective :



Sommaire

- 1 Le manganèse est essentiel pour la fabrication de l'acier
- 2 Structure des émissions de CO₂ liées au manganèse
- 3 Les alliages de manganèse bas CO₂ ont un rôle à jouer dans la décarbonation de l'acier
- 4 La production d'alliages de manganèse peut se décarboner
- 5 Le manganèse contribue à construire une chaîne de valeur durable, au-delà de la décarbonation
- 6 Défis à surmonter et recommandations clés



Le manganèse est essentiel pour la fabrication de l'acier

Beaucoup pensent que l'acier n'est qu'un alliage de fer et de carbone, avec des quantités variables d'autres éléments chimiques. Cependant, cette définition est incomplète. L'acier est en réalité un alliage de fer, de carbone et de manganèse, auquel s'ajoutent divers autres éléments. **Sans manganèse, l'acier n'existerait pas sous sa forme actuelle.** Qu'il s'agisse d'acier au carbone ou d'acier inoxydable, de produits plats ou longs, pour des applications commerciales ou spécialisées, le manganèse est un élément indispensable dans la composition chimique de l'acier.

Le manganèse améliore les propriétés mécaniques de l'acier, notamment la dureté, la limite d'élasticité, la résistance à la traction et la ténacité, des caractéristiques essentielles pour répondre aux exigences élevées de la construction et de la fabrication. Le manganèse augmente également la trempabilité de l'acier, ce qui permet un durcissement efficace par traitement thermique. De plus, le manganèse est indispensable pour améliorer l'aptitude au travail à chaud de l'acier. Il réduit le risque de

fragilité à chaud en inhibant la formation de sulfures de fer, ce qui peut provoquer de la fragilité et des fissures lorsque l'acier est exposé à des températures élevées.

Enfin, le manganèse renforce la **résistance à l'usure** de l'acier, augmentant sa **durabilité** dans les applications soumises à des frottements et abrasions continus. Il agit également comme **désoxydant**, en réagissant avec l'oxygène dissous dans l'acier liquide pour former des oxydes de MnO, beaucoup moins nuisibles à la propreté et à la qualité globale de l'acier. Cela fait du manganèse un élément essentiel dans la production de matériaux de construction, de pièces automobiles, de rails ferroviaires et de composants de machines, garantissant des performances et une fiabilité supérieures dans tous les secteurs.

Le manganèse est utilisé dans l'acier principalement sous forme d'alliages (ferromanganèse ou silicomanganèse) avec une teneur en manganèse allant de 68 % à 82 %, ou sous forme de métal de manganèse (manganèse pur).



En 2024, 90 % du manganèse a été consommé par l'industrie sidérurgique.

Les 10 % restants ont été utilisés dans l'industrie chimique (batteries, électronique, agriculture, pigments, chimie fine...).

En 2024, environ 20 millions de tonnes d'alliages de manganèse ont été consommées pour produire 1,9 milliard de tonnes d'acier.

L'acier poursuit ensuite son parcours dans la chaîne de valeur pour approvisionner les secteurs de la construction, de la mécanique, de l'automobile, des biens de consommation, des transports et de l'énergie.

Pour produire des alliages de manganèse, il faut du minerai de

manganèse. Pour donner un ordre de grandeur au grand public :

- 10 kg de ferromanganèse sont nécessaires pour produire 1 tonne d'acier contenant 0,76 % de Mn.
- 2 tonnes de minerai de manganèse sont nécessaires pour produire 1 tonne d'alliages de Mn.

L'industrie minière est plus scrutée que jamais, car elle constitue la première étape d'une chaîne de valeur durable. **En s'appuyant sur le manganèse, l'une des ressources minérales de la Terre, l'industrie sidérurgique peut franchir une étape majeure vers une chaîne de valeur plus durable et responsable.**

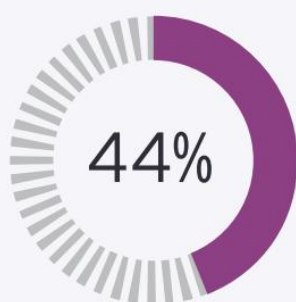


“Sans le manganèse, l'acier n'existerait tout simplement pas sous la forme que nous connaissons aujourd'hui.”

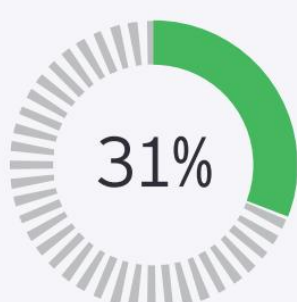
Bruno Henriques, Expert Acier



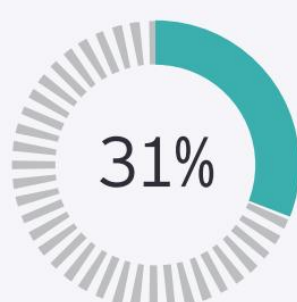
Facteurs ESG les plus scrutés par les investisseurs en 2025 pour les entreprises minières et métallurgiques



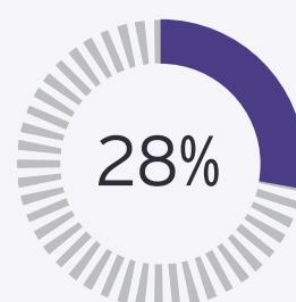
Waste management



Climate change



Water stewardship



Nature/biodiversity

Note: Respondents could choose more than one option.
Source: EY Business Risks and Opportunities Study 2025.

Puisque les enjeux ESG (Environnement, Social et Gouvernance) constituent le principal risque pour les entreprises minières, ils représentent de facto un risque majeur pour la chaîne d'approvisionnement des clients de l'acier.

La production mondiale d'acier devrait atteindre le seuil des 2 milliards de tonnes au cours des 10 prochaines années. Parallèlement, la quantité de manganèse contenue dans les batteries devrait continuer à augmenter, notamment dans l'industrie automobile.

En conséquence, **la demande de manganèse devrait continuer à croître à long terme** pour fournir les propriétés nécessaires à l'acier, aux batteries et à d'autres applications, exerçant une pression accrue sur les ressources minérales de la Terre. De plus, la tendance à long terme est celle d'aciers offrant des performances encore plus élevées en termes de résistance et de dureté. Ces aciers nécessitent une quantité plus importante d'alliages de manganèse par tonne.

Structure des émissions de CO₂ liées au manganèse

Minerai de manganèse et alliages de manganèse : ordre de grandeur

L'intensité en CO₂eq pour les Scope 1 et 2 est très différente entre la production de

minerai de manganèse et celle des alliages de manganèse. Ci-dessous, quelques chiffres pour illustrer factuellement cette différence.



Figure 3. Emissions du minerai de Mn et d'alliages de Mn

Bien que la décarbonation doive être abordée partout, ces données nous aident à comprendre comment hiérarchiser nos actions. C'est pourquoi ce document mettra l'accent sur les solutions disponibles pour les producteurs d'alliages de manganèse.

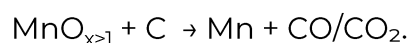
Processus de production des alliages de manganèse

Les technologies pyrométallurgiques utilisées pour produire des alliages de manganèse sont des sources importantes d'émissions de gaz à effet de serre. Au cœur de ces procédés se trouve l'utilisation du carbone comme agent réducteur, une pratique qui remonte à plusieurs millénaires dans la métallurgie.

Le principe fondamental consiste à chauffer

les oxydes de manganèse à des températures très élevées et à utiliser le carbone pour éliminer les atomes d'oxygène liés au métal.

Ce procédé, appelé réduction, permet d'extraire le manganèse sous forme métallique. Il génère inévitablement du dioxyde de carbone (CO₂) comme sous-produit direct de la réaction chimique, des émissions « difficiles à réduire » :



Dans les fours à arc électrique, cette réaction nécessite également de grandes quantités d'énergie électrique pour atteindre les températures de fusion et d'activation requises pour la réduction.

Lorsque cette électricité provient de sources fossiles, elle entraîne des émissions indirectes supplémentaires, augmentant encore l'empreinte carbone du produit. Il n'est donc pas surprenant que les sites industriels disposant d'un accès à une électricité bas carbone, comme ceux situés en France, en Norvège, au Brésil ou au Gabon, figurent parmi les producteurs ayant les empreintes carbone les plus faibles.

Ce même modèle s'applique à la fois à la production d'acier et à la fabrication des alliages de manganèse. Ainsi, la dépendance au carbone place ces technologies au cœur des défis de décarbonation de l'industrie métallurgique.

Analyse du marché : Tous les alliages de manganèse ne se valent pas

CRU Consulting a développé des capacités pour modéliser des émissions Scope 1 et 2 fiables et comparables au niveau des usines pour les alliages de manganèse. Sa récente étude a révélé que l'intensité moyenne des émissions à l'échelle mondiale en 2023 était de 3,9 tonnes de CO₂eq par tonne d'alliage de Mn⁽¹⁾.

Les alliages de manganèse bas CO₂ existent déjà. Si l'on considère que les alliages de manganèse bas CO₂ sont ceux dont le facteur d'intensité est inférieur ou égal à 1,9 tonne de CO₂eq par tonne d'alliage de Mn (Scope 1, 2), soit deux fois moins que la moyenne sectorielle, alors dans ces conditions, 9 % de la production mondiale en 2023 était bas CO₂.



“ Comprendre les émissions de ces produits est crucial pour les producteurs et les utilisateurs finaux dans un contexte de politiques carbone comme le CBAM et d'efforts continus pour la décarbonation dans différentes régions du monde. ”

Aurélien Henry, expert CRU



Figure 4. Illustration expliquant pourquoi le Scope 2 des alliages de Mn varie fortement entre producteurs.

Eramet propose déjà eraLow aux sidérurgistes. Les produits eraLow sont garantis en dessous de 1,9 tonne de CO₂eq par tonne d'alliage de Mn pour les émissions Scope 1 et 2. Ces performances sont rendues possibles grâce à l'utilisation d'une électricité décarbonée, associée à des procédés de production de pointe.



Norme pour la comptabilisation des émissions de GES dans la production d'alliages de manganèse

Compte tenu des sources structurelles d'émissions liées aux alliages de manganèse, il est essentiel d'adopter des méthodologies claires et adaptées au secteur pour comptabiliser les émissions de gaz à effet de serre. Sans ces cadres, les comparaisons entre producteurs ou les évaluations des progrès en matière de décarbonation restent incohérentes et potentiellement trompeuses.

Pour répondre à ce besoin, **l'industrie du manganèse s'est dotée d'une méthodologie robuste et standardisée** : la "Product Carbon Footprint Guideline", développée par l'International Manganese Institute (IMnI)⁽²⁾.

Ce guide établit une approche harmonisée pour calculer l'empreinte carbone cradle-to-gate des alliages de manganèse tels que le ferromanganèse à haut carbone (HC FeMn), le ferromanganèse à moyen et bas carbone (MC/LC FeMn) et le silicomanganèse (SiMn).

Cette méthodologie s'appuie sur les principes internationalement reconnus de l'Analyse du Cycle de Vie (ACV), tels que définis dans les normes ISO 14040 et ISO 14044, tout en les adaptant aux spécificités de la métallurgie du manganèse. Elle fournit des règles claires concernant les limites du système, les sources d'émissions (Scope 1, 2 et 3), les exigences en matière de données, les méthodes d'allocation des coproduits et le traitement de l'électricité et des réducteurs.



“ Établir une approche commune pour le calcul de l'empreinte carbone est une étape importante pour l'industrie des alliages de manganèse. Cela démontre un engagement clair des producteurs de manganèse en faveur de la transparence, de la réduction du CO₂ et d'une collaboration pour un avenir à moindre impact. ”

Dr. Agnieszka Leopold, Responsable HSE & Affaires réglementaires 

Pour garantir la crédibilité de ces calculs et renforcer la confiance des parties prenantes, il est essentiel que les empreintes carbone déclarées soient vérifiées par des tiers indépendants.

Cette vérification améliore la transparence et la fiabilité de la comptabilisation des gaz à effet de serre, en particulier lorsqu'elle est communiquée à des parties externes.



“ Disposer d'un cadre comptable commun est essentiel pour renforcer la fiabilité et la transparence de l'empreinte carbone, au bénéfice de l'ensemble de la chaîne de valeur. ”

Cristina Cadarso Escribano, Corporate Sustainability Manager

Les alliages de manganèse bas CO₂ ont un rôle à jouer dans la décarbonation de l'acier

Industrie de l'acier : rôle des alliages de Mn dans l'empreinte cradle-to-gate

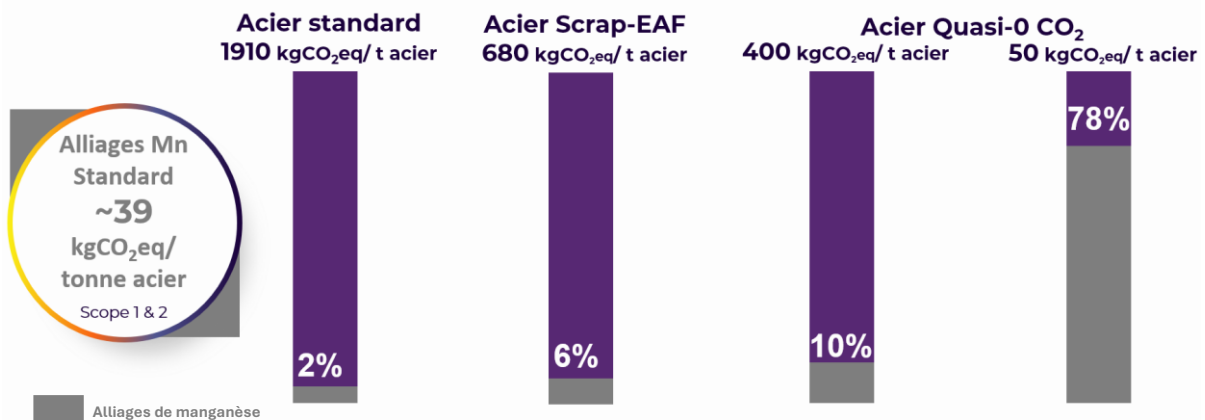
o Cas des alliages de Mn standard

Les alliages de manganèse représentent **2 % de l'empreinte carbone de l'acier**, sur la base d'une moyenne de 1 910 kg de CO₂eq⁽⁴⁾ par tonne d'acier pour les Scope 1, 2 et 3 amont. En considérant l'acier issu de la filière scrap-four à arc électrique (EAF) à 680 kg de CO₂eq⁽⁴⁾ par tonne d'acier pour les Scope 1, 2 et 3 amont, les alliages de manganèse représentent **6 % de cette empreinte**

carbone.

L'industrie sidérurgique s'oriente vers la décarbonation et le développement de l'acier vert, également appelé acier quasi-zéro CO₂.

Selon le standard ResponsibleSteel et son échelle⁽³⁾, l'acier quasi-zéro CO₂ devrait avoir une empreinte carbone cradle-to-gate (alliages de manganèse inclus) comprise entre 50 et 400 kg de CO₂eq par tonne d'acier brut. Les alliages de manganèse représentent donc **10 % à 78 % de ces empreintes.**



Source : World Steel Association, Responsible Steel Standard, CRU

Figure 6. Impact des alliages de manganèse dans l'empreinte carbone de différents types d'acier



“ SSAB a développé le premier acier au monde sans énergie fossile. Après avoir éliminé le charbon, le pétrole et le gaz fossile de nos propres procédés de production, l'étape critique suivante consiste à réduire l'empreinte carbone des alliages que nous utilisons, en commençant par le manganèse, le plus impactant d'entre eux. ”

Johan Anderson, Eliminateur d'émissions **SSAB**

o Cas des alliages de Mn bas CO₂

Les alliages de manganèse bas CO₂, avec une empreinte maximale de 1,9 tonne de CO₂eq par tonne d'alliage de manganèse (Scope 1, 2), contribuent à hauteur de 19 kg de CO₂eq par tonne d'acier, **réduisant ainsi de moitié leur impact sur l'empreinte**

carbone de l'acier par rapport aux alliages standards.

Pour atteindre l'acier quasi-zéro CO₂, les alliages de manganèse bas CO₂ sont un **levier clé à gains rapides.**

Impact des alliages de manganèse dans l'industrie automobile

L'industrie automobile est l'un des principaux consommateurs d'acier, celui-ci représentant environ 55 % du poids total d'un véhicule. En moyenne, chaque véhicule intègre environ **900 kg d'acier**, principalement dans la structure appelée « body-in-white ». Au cours des dernières décennies, l'industrie automobile a dû relever un défi majeur : garantir simultanément la sécurité des passagers, l'efficacité énergétique et la durabilité environnementale. La clé pour répondre à ces exigences croissantes réside dans le renforcement des tôles automobiles. De manière remarquable, l'industrie a connu une véritable révolution, avec la résistance à la traction de l'acier passant de moins de 350 MPa à plus de 1 500 MPa en moins de 20 ans.

La teneur en manganèse des différentes parties en acier d'un véhicule varie selon l'application et les propriétés requises pour chaque composant, généralement entre **0,5 % et 2,7 %**. Cependant, les aciers AHSS, conçus pour répondre aux défis de l'industrie automobile en offrant une résistance nettement supérieure tout en conservant la formabilité nécessaire à la fabrication, exigent des teneurs en manganèse plus élevées, généralement supérieures à **1,2 %**, ce qui en fait de grands consommateurs de manganèse.

Enfin, certains aciers spécialisés, tels que les aciers TRIP et TWIP à haute teneur en Mn, nécessitent des teneurs exceptionnellement élevées en manganèse, allant de **15 % à 30 %**. Ces aciers sont conçus pour offrir des performances supérieures, faisant du manganèse un élément indispensable dans leur composition.

Le poids d'une voiture est étroitement lié à ses émissions de CO₂. Avec l'essor des véhicules électriques, généralement plus lourds en raison des systèmes de batteries, la demande pour des aciers plus légers et plus résistants est devenue cruciale.

Le manganèse joue un rôle essentiel dans le **renforcement des tôles d'acier automobile, permettant la production de véhicules plus légers et plus économes en carburant, sans compromettre la sécurité ni les performances**. A mesure que l'industrie automobile se décarbone, la demande pour un acier quasi-zéro CO₂ augmente, et les alliages de Mn bas CO₂ sont donc essentiels.



Impact des alliages de manganèse dans l'industrie ferroviaire

Le transport ferroviaire est plus respectueux de l'environnement et offre des économies par rapport au transport routier. Il permet de déplacer de grandes quantités de produits efficacement, et les trains constituent une option plus sûre pour le transport de marchandises lourdes.

Le choix de la nuance d'acier pour les applications ferroviaires reflète la diversité des besoins du secteur, allant du transport de fret lourd aux services urbains de passagers. Chaque application présente ses propres défis, et l'acier doit être adapté pour répondre à ces exigences spécifiques. Les dommages liés à **l'usure et la fatigue** de contact roulant, principalement causés par les contraintes répétées avec la roue, sont les deux principaux facteurs qui accélèrent la dégradation des rails et réduisent leur durée de vie.

Le paramètre de référence pour l'acier des rails est passé de la résistance à **la traction à la dureté minimale de la surface de roulement**. Pour améliorer la dureté et réduire l'usure, les niveaux d'éléments d'alliage comme le manganèse ont été augmentés. Le manganèse, grâce à ses propriétés uniques, est un élément clé dans l'acier des rails, améliorant la **résistance**, la **dureté** et la **résistance à l'usure**, tout en influençant la **ténacité**, la **ductilité** et la **microstructure**. L'effet exact du manganèse dépend de sa concentration. En général, la teneur en manganèse dans les nuances d'acier pour rails varie de **0,70 % à 1,70 %**, mais elle peut être bien plus élevée pour certaines pièces spéciales.

Ces dernières années, les lignes ferroviaires ont dû relever le défi d'accueillir des trains avec des charges par essieu plus lourdes et des vitesses plus élevées, tout en s'adaptant aux caractéristiques évolutives des véhicules. Ces conditions d'exploitation exigeantes nécessitent le développement de nuances d'acier avancées offrant une durabilité et des performances exceptionnelles. Parallèlement, l'expansion des projets d'infrastructure et des initiatives de durabilité souligne le rôle essentiel du manganèse. Ce matériau indispensable améliore la sécurité, la fiabilité et l'efficacité des systèmes ferroviaires, garantissant qu'ils répondent aux exigences rigoureuses du rail moderne.



“L'industrie ferroviaire est en marche vers le développement durable et la décarbonation. Nous comptons sur tous les fournisseurs pour nous aider à atteindre cet objectif, et l'industrie du manganèse est activement impliquée.”

Impact des alliages de manganèse sur l'industrie des éoliennes

La mise en œuvre des éoliennes est cruciale pour la transition énergétique mondiale vers des sources renouvelables et durables. L'énergie éolienne, produite par la force du vent, est l'un des moyens les plus propres de générer de l'électricité, contribuant de manière significative à la réduction des émissions de gaz à effet de serre et à l'atténuation du changement climatique.

L'acier est principalement utilisé dans la tour et la sous-structure des éoliennes, qui subissent des charges cycliques élevées dues au vent et au fonctionnement normal. Ces contraintes répétées peuvent provoquer des dommages par fatigue dans les métaux. En environnement offshore, les forces supplémentaires des vagues et des courants marins accentuent les défis liés à l'intégrité structurelle. Les nuances d'acier utilisées dans ces composants, appelées aciers de construction, doivent présenter de hautes propriétés mécaniques, une bonne aptitude au soudage et une performance élevée sous contraintes de fatigue.

Le manganèse joue un rôle essentiel dans les nuances d'acier utilisées pour les éoliennes. Il est indispensable pour renforcer la **résistance** de

l'acier, permettant l'utilisation de tôles plus fines et réduisant ainsi le poids global des tours d'éoliennes.

Le manganèse améliore également la **résistance à l'usure** de l'acier, ce qui est vital pour la longévité et la fiabilité des composants d'éoliennes, notamment dans des conditions environnementales difficiles. En ajustant la teneur en manganèse, les fabricants peuvent adapter les propriétés de l'acier aux exigences spécifiques de chaque composant d'éolienne, garantissant des **performances** et une **durabilité** optimales. La teneur en manganèse dans l'acier utilisé pour les différentes parties d'une éolienne peut varier considérablement, généralement entre **0,50 % et 1,70 %**.

À mesure que le marché de l'énergie éolienne, en particulier offshore, se développe rapidement, la demande pour l'acier vert est appelée à croître fortement. Les éoliennes offshore, chacune pouvant utiliser jusqu'à **3 500 tonnes d'acier**, illustrent l'impact transformateur immense de l'acier vert. Par conséquent, la demande croissante pour un acier quasi-zéro CO₂ peut accélérer considérablement l'adoption des alliages de manganèse bas CO₂, entraînant une transition majeure vers des pratiques de fabrication plus durables.

Nuances
d'acier pour
les éoliennes :

Jusqu'à
1,7%
Mn

La production d'alliages de manganèse peut se décarboner

Atteindre la neutralité carbone nécessite une approche multi-facettes, s'appuyant sur les avancées technologiques, des matières premières alternatives et l'optimisation des procédés.

SCOPE 1

Atteindre la neutralité carbone pour le Scope 1 d'ici 2035 : Les producteurs de ferroalliages peuvent atteindre zéro émission de CO₂ fossile nette en utilisant les installations de production existantes et en maintenant les spécifications actuelles des produits. Cet objectif repose sur deux stratégies :

Substitution par le biocarbone : Remplacer les réducteurs d'origine fossile par des réducteurs biogéniques durables (biocarbone) permet d'éliminer les émissions d'origine fossile. Pour garantir la durabilité et éviter tout impact environnemental, la biomasse utilisée pour la production de biocarbone doit respecter des critères stricts de durabilité. Bien que la substitution complète ne soit pas encore réalisable en raison de contraintes métallurgiques et de la disponibilité limitée de biocarbone adapté, elle reste un levier clé de décarbonation.



Eramet dispose d'un programme visant à intégrer le biocarbone dans l'ensemble de ses usines d'alliages de Mn.



“ Chez Maringá Ferro-Liga, les biocarburants réducteurs font partie intégrante de notre processus de production. Nous évitons actuellement 46 % des émissions directes de carbone (Scope 1) par rapport aux réducteurs à base fossile, soit l'équivalent de 64 500 tonnes de CO₂ évitées chaque année. Les projets en cours permettront de réduire encore les émissions de 25 000 tonnes par an. Cette initiative reflète notre engagement en faveur de l'innovation et de la durabilité. ”

Capture et stockage du carbone (CCS) ou capture, utilisation et stockage du carbone (CCUS) :

Capturer et stocker de manière permanente le CO₂ issu des gaz de procédé (CCS), ou ajouter une étape supplémentaire pour utiliser le CO₂ comme matière première dans la production de produits chimiques, carburants et autres avant de stocker le CO₂ restant (CCUS), peut compléter la transition vers la neutralité carbone. Lorsque le CO₂ est capturé et stocké en toute sécurité, il n'est pas émis dans l'atmosphère, ce qui entraîne une absence d'augmentation des niveaux de CO₂ atmosphérique. Si plus que le CO₂ fossile est capturé, cela peut conduire à des émissions nettes négatives (ou « suppressions de carbone », c'est-à-dire la capture de CO₂ biogénique). Cependant, en raison des limitations technologiques et des sources dispersées de gaz de combustion, une usine typique peut capturer environ **75 % des émissions totales de CO₂**.

La figure ci-dessous illustre l'impact du biocarbone, du CCS et de leur application combinée sur les émissions de CO₂.

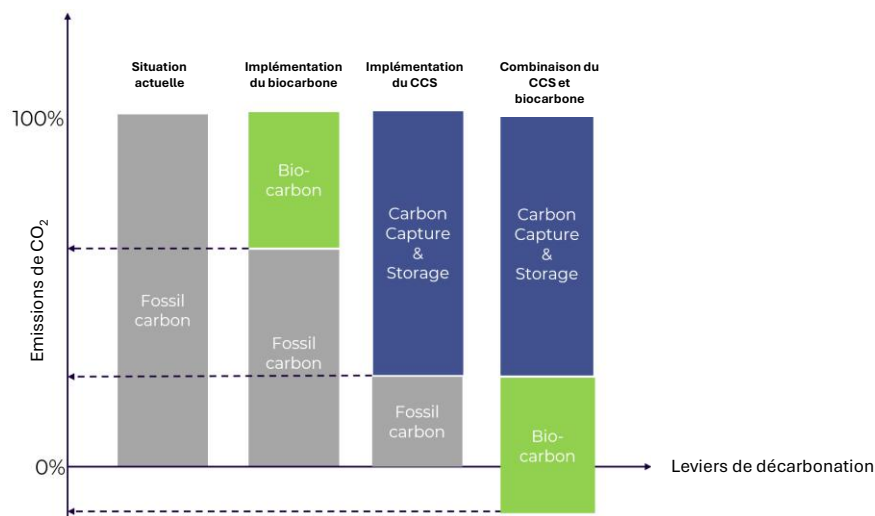


Figure 7. Impact qualitatif type des leviers de décarbonation

Atteindre la neutralité carbone pour les émissions de Scope 1 d'ici 2035 peut également s'appuyer sur des améliorations d'efficacité, la circularité et des technologies de rupture à long terme :

Améliorations d'efficacité et circularité (Réduction Scope 1, potentiel ~5 %) : Des contributions significatives à la décarbonation peuvent être obtenues grâce à une meilleure efficacité des ressources (énergie et carbone) et à une circularité accrue.

Technologies de rupture à long terme (Réduction Scope 1, potentiel ~95 %) : Au-delà de 2035, l'industrie explore des technologies innovantes avec des niveaux de maturité technologique (TRL) relativement faibles, notamment :

- o **Carbon Capture and Looping (CCL) :** Recycler les gaz résiduels des fours pour produire un réducteur destiné à la production interne. Eramet est partenaire du projet européen MECALO pour développer le CCL dans l'industrie des ferroalliages, en coopération avec Elkem.
- o **Réduction à l'hydrogène vert :** Utilisation de l'hydrogène pour la pré-réduction ou la réduction complète dans des fours plasma.
- o **Électrolyse d'oxydes fondus :** Réduction électrique directe des oxydes.
- o **Réduction métallothermique :** Exploration de réactions de réduction alternatives.

À l'exception du CCL, ces technologies nécessiteront de nouveaux procédés de production. Leur adoption future dépendra des avancées technologiques et de la faisabilité économique.

SCOPE 2

Transition énergétique (Réduction Scope 2, potentiel 30–50 %) : Passer d'une électricité basée sur les combustibles fossiles à des sources non fossiles telles que l'hydroélectricité, l'éolien et le solaire peut réduire considérablement les émissions indirectes. Remplacer l'électricité à base de charbon par des renouvelables peut réduire les émissions jusqu'à 1 tonne de CO₂ par tonne de ferroalliage⁽¹⁾.

Le manganèse contribue à construire une chaîne de valeur durable, au-delà de la décarbonation

Transparence, Responsabilité Sociétale des Entreprises (RSE) : un atout aujourd'hui, une nécessité pour demain

Des réglementations ont émergé dans tous les secteurs de l'UE, mettant l'accent sur la transparence dans la chaîne d'approvisionnement. Ces réglementations envoient un message clair : **la transparence sera une condition pour vendre et opérer à l'avenir.**

Un exemple notable est l'apparition des Passeports Numériques de Produits (DPP). En résumé, un DPP agit comme une carte d'identité du produit, fournissant des indicateurs clés RSE pour permettre des décisions d'achat éclairées. Les DPP sont au cœur de plusieurs réglementations, telles que :

- **Réglementation européenne sur le Passeport Numérique de Produit** : Le DPP sera obligatoire en février 2027 pour toutes les batteries industrielles et de véhicules électriques.
- **Réglementation Éco-conception pour des Produits Durables (ESPR)** : Elle exigera que tous les biens entrant dans l'UE disposent d'un DPP. À partir de 2027 pour les batteries, cette exigence sera progressivement étendue aux textiles, matériaux de construction, acier, etc.
- **Nouvelle Réglementation sur les Produits de Construction (CPR)** : Applicable depuis mars 2022 aux produits de construction. Le nouveau CPR introduit la possibilité pour les fabricants de fournir une déclaration de conformité et d'inclure des informations via des dispositifs électroniques (DPP).


L'UE renforce également les exigences en matière de diligence raisonnable dans la chaîne d'approvisionnement :

- **L'Acte sur les Matières Premières Critiques (en vigueur depuis mai 2024)** : Reconnaît l'importance de l'exploitation minière dans l'UE et vise à sécuriser des chaînes d'approvisionnement durables. Il inclut la traçabilité, le suivi et l'audit des matières premières stratégiques.
- **La Directive sur la Diligence Raisonnable en Matière de Durabilité des Entreprises (CSDDD)** : Garantit que les entreprises opérant dans l'UE effectuent une diligence raisonnable approfondie sur leurs chaînes d'approvisionnement.

Toutes ces réglementations visent à promouvoir une conduite responsable des affaires où la transparence est essentielle. La conduite responsable consiste à s'assurer que les activités des entreprises et des investisseurs sont alignées sur les besoins de la société, aujourd'hui et à l'avenir.



“ Une conduite responsable des affaires nous pousse à améliorer continuellement nos opérations quotidiennes et, surtout, à démanteler les silos entre parties prenantes. Nos échanges avec les clients sur la RSE et la décarbonation ont atteint des niveaux sans précédent. ”

Paul Desportes, Senior Vice-President Commercial 

Actions concrètes possibles pour une chaîne d'approvisionnement responsable


Les standards tels qu'IRMA, considéré comme l'un des cadres RSE les plus exigeants pour les activités minières, font partie des solutions pour rassurer les parties prenantes. Mercedes-Benz a reconnu⁽⁶⁾ IRMA comme l'initiative volontaire la plus robuste par rapport à huit autres standards. Il n'existe pas de meilleure preuve qu'un audit sur site réalisé par un tiers pour évaluer objectivement les impacts sur les droits humains, le social et l'environnement.

IRMA accompagne déjà les acteurs miniers dans leur trajectoire de durabilité en construisant des écosystèmes de chaîne de valeur. Le standard rassemble les besoins des mineurs, ONG, entreprises achetant des matériaux miniers, communautés affectées, syndicats et acteurs financiers.

 **Eramet s'est engagé à auditer toutes ses mines selon le standard IRMA d'ici 2027.**

La traçabilité, utilisée comme outil pour favoriser des choix d'achat plus éclairés, peut également faire partie de la solution. La collecte de données est chronophage pour les départements Achats Responsables, c'est pourquoi les outils de traçabilité peuvent aider. Ces outils, souvent des plateformes en ligne, collectent automatiquement les données et les organisent selon les besoins. Ils peuvent rassembler des informations telles que les certifications fournisseurs, l'intensité CO₂ des produits, la cartographie des flux physiques, et s'adapter à différents secteurs.

Optimisés, ces outils peuvent transmettre des données pertinentes en aval de la chaîne de valeur, renforçant la transparence.

 **À titre d'exemple, Eramet a déployé depuis 2025 sa plateforme de traçabilité sur tous les sites de production eraLow. Chaque commande est accompagnée d'un Passeport Numérique Produit, offrant aux clients d'Eramet une visibilité complète sur leurs achats. La plateforme vise à être déployée sur l'ensemble des sites du groupe.**

En résumé, ils répondent à des questions comme : Dans quelles conditions le produit a-t-il été fabriqué ? Par qui ? Où ? Quels sont les impacts environnementaux et sociaux ?



“ Les solutions de traçabilité sont conçues pour faciliter l'échange de données entre les acteurs d'une même chaîne de valeur afin de créer la visibilité nécessaire pour la diligence raisonnable et la conformité aux réglementations européennes. ”

Joseph Azar, Directeur des opérations



Défis à surmonter

Des réglementations strictes sont en cours de déploiement : ESPR, Acte européen sur les matières premières critiques, CSDDD, CBAM, EU ETS et Taxonomie européenne.

Parallèlement, les parties prenantes renforcent leurs attentes ESG, et les clients finaux deviennent plus exigeants, demandant des performances RSE pour les produits.

Bien que les acteurs des marchés finaux en contact direct avec les clients, comme les constructeurs automobiles, communiquent leurs efforts en matière de durabilité et puissent les refléter dans le prix des véhicules, cette création de valeur ne semble pas encore s'être diffusée dans l'ensemble de leur chaîne d'approvisionnement. La seule exception pourrait être la production d'acier bas CO₂, qui commence à bénéficier de certaines primes.

Certaines réglementations font des exclusions de périmètre :

- o La réglementation européenne sur le Passeport Numérique de Produit exige que les



opérateurs indiquent l'origine du nickel, du lithium, du cobalt et du graphite, mais pas du manganèse.

- o L'approche sectorielle de décarbonation (SDA) pour l'acier par le SBTi exclut les émissions liées à la production de ferroalliages de son périmètre principal, bien que les producteurs d'acier fortement allié soient invités à définir un objectif distinct pour le Scope 3 couvrant ces émissions. Cela contredit d'autres standards qui incluent clairement les ferroalliages, tels que ResponsibleSteel, le Steel Climate Standard, LESS ou les méthodologies de la World Steel Association, de l'American Iron and Steel Institute et du projet Net-Zero Steel Pathway Methodology.

L'impact de ces exclusions est déjà visible. Certains clients expliquent que le manganèse n'est pas leur priorité et qu'ils se concentrent d'abord sur les matériaux obligatoires dans l'UE.

De plus, le rôle du manganèse est parfois sous-évalué. Pourtant, les conditions d'extraction des



minéraux méritent une attention égale, qu'il s'agisse de nickel, de graphite ou de manganèse, car les risques réputationnels liés aux impacts sociaux et environnementaux sont comparables.

De plus, alors que certaines industries, comme l'aluminium, se sont organisées pour proposer une trajectoire de décarbonation, ce n'est pas encore le cas pour le manganèse. Par exemple, l'International Aluminium Institute a publié deux rapports : Aluminium Carbon Footprint Methodology et Aluminium Sector Greenhouse Gas Pathways to 2050.

Ces rapports sont essentiels car les règles d'empreinte carbone permettent aux clients de comparer l'intensité des produits, et des trajectoires sectorielles claires peuvent faciliter le financement des projets de décarbonation.

Globalement, ces tendances industrielles sont positives et contribuent à développer des pratiques de conduite responsable des affaires.



Cependant, **déployer un schéma d'évaluation pluriannuel comme IRMA, investir dans le CCS, développer la R&D pour réduire les impacts ESG ou mettre en place des outils de traçabilité est très capitalistique.**

Il est donc crucial de sécuriser les financements, ce qui n'est possible qu'avec des business cases solides.

Aujourd'hui, certains acteurs miniers confrontés à la concurrence mondiale et engagés dans une trajectoire de durabilité sont publiquement reconnus pour leurs efforts. **Cependant, cette reconnaissance ne se traduit pas toujours par des bénéfices économiques.**

Recommandations clés

Ce document vise à expliquer le rôle du manganèse dans notre quotidien et sa place dans diverses chaînes de valeur. Les alliages de manganèse sont essentiels à la fabrication de l'acier et peuvent contribuer à relever les défis actuels en participant à la décarbonation de l'acier. Des solutions pour aider les producteurs d'alliages de manganèse à décarboner ont été explorées, ainsi que des moyens d'assurer une production responsable et transparente depuis la mine. **Aujourd'hui, une offre d'alliages de manganèse bas CO₂ est déjà disponible comme solution rapide pour les sidérurgistes.** Construire une chaîne d'approvisionnement durable est réalisable avec des efforts et des investissements financiers.

Recommandations pour relever les défis de la chaîne de valeur du manganèse :

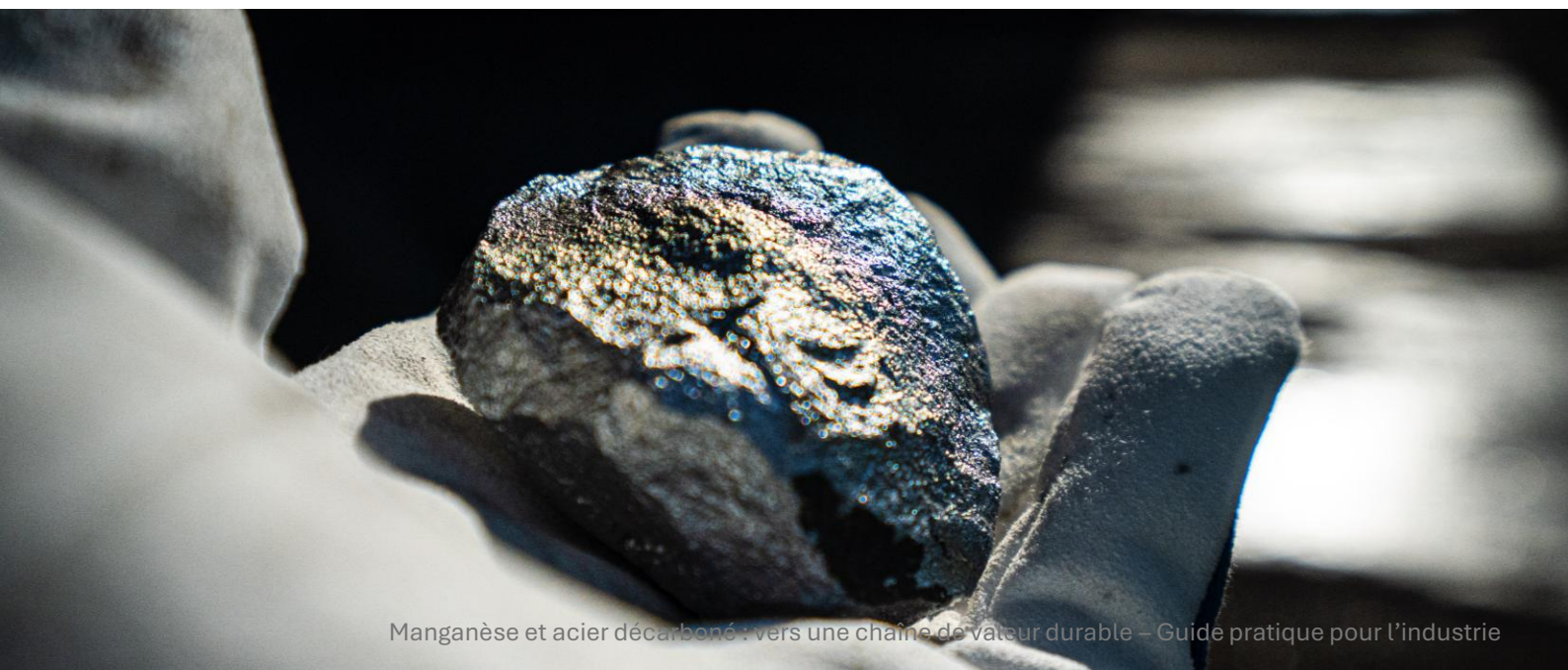
- **Assurer le déploiement du standard IMnI sur l'empreinte carbone** : L'IMnI a publié en novembre 2024 un standard robuste sur l'empreinte carbone du manganèse. Sa mise en œuvre effective clarifiera les offres pour les clients et les marchés.
- **Construire une trajectoire de décarbonation pour le manganèse** : Développer une feuille de route claire avec l'implication de toutes les parties prenantes semble être l'étape logique suivante. Ce travail pourrait être mené dans le cadre de l'IMnI, à l'image de ce qu'a fait l'International Aluminium Institute.
- **Renforcer la visibilité des alliages bas CO₂** : Une offre bas CO₂ existe mais reste peu promue. Il est crucial de sensibiliser sur le rôle du manganèse dans les chaînes de valeur et de mettre en avant ses impacts positifs ainsi que les efforts de l'industrie pour décarboner et adopter des pratiques responsables.
- **Fixer des seuils minimums pour l'approvisionnement responsable** : Certains acteurs appliquent déjà des critères tels que l'engagement IRMA et les produits bas CO₂. Pour garantir que les matériaux responsables représentent une part significative des achats, il serait utile de définir des seuils minimums par industrie. Cela nécessite un fort soutien des clients en aval et des standards ESG.
- **Renforcer les subventions RSE et les mécanismes de financement** : Le maintien de dispositifs comme le Fonds européen pour l'innovation est essentiel pour rester compétitif. Ces fonds aident les entreprises à réduire les risques en diminuant les besoins en capital initial et en améliorant les indicateurs financiers.
- **Stimuler la demande pour les produits verts (recommandation du rapport Draghi ⁽⁷⁾)** : Promouvoir la transparence en définissant des standards européens pour mesurer et communiquer les empreintes carbone des produits (PCF), y compris via un étiquetage ; introduire des critères standardisés bas carbone et de durabilité environnementale pour les marchés publics.

Défi futur : Maintenir les investissements RSE et embarquer davantage d'acteurs. La réussite passe par une forte demande des clients pour des produits à faible impact, des standards robustes, idéalement des réglementations nationales, et un futur où les coûts et la valeur sont partagés sur toute la chaîne.

Dans un monde idéal, la durabilité des opérations sera la norme et non un facteur différenciant. Nous n'y sommes pas encore, et **des incitations sont nécessaires pour récompenser équitablement les acteurs responsables.** Une dynamique positive est amorcée, mais pour la poursuivre, la pression doit aussi venir des industries en aval.

Sources

- [1. Understanding manganese products emissions can unlock decarbonisation options - CRU Group](#)
- [2. IMnI Launches Its Guidance on Manganese Carbon Footprint Methodology | International Manganese Institute: IMnI](#)
- [3.669944ee100030cfac39a949_ResponsibleSteel_International_Production_Standard_V2.1\(3\).pdf](#)
- [4. Sustainability Indicators 2023 report - worldsteel.org](#)
- [5. Life cycle inventory \(LCI\) study](#)
- [6. Guidance: Mining and Supply Chain Standards | Mercedes-Benz Supplier Portal](#)
- [7. ec1409c1-d4b4-4882-8bdd-3519f86bbb92_en](#)



Disclaimer

Certaines informations contenues dans cette présentation, y compris toute déclaration concernant les plans d'Eramet ou ses performances financières ou opérationnelles futures, ainsi que toute autre déclaration exprimant les attentes ou estimations de la direction concernant la performance future, constituent des déclarations prospectives. Ces déclarations reposent sur un certain nombre d'estimations et d'hypothèses qui, bien que jugées raisonnables par la direction à ce moment-là, sont soumises à des incertitudes importantes d'ordre économique, concurrentiel et commercial.

Eramet avertit que ces déclarations impliquent des risques connus et inconnus, des incertitudes et d'autres facteurs susceptibles d'entraîner des écarts significatifs entre les résultats financiers, la performance ou les réalisations réelles et ceux exprimés ou implicites dans ces déclarations prospectives. Les informations relatives aux performances passées fournies dans cette présentation le sont uniquement à titre illustratif et ne constituent pas nécessairement un indicateur de performance future. Aucune personne ne donne de garantie quant à la probabilité de réalisation ou au caractère raisonnable des déclarations prospectives, des prévisions financières ou autres projections. Rien dans cette présentation ne doit être interprété comme une promesse, une garantie ou une assurance concernant les performances passées, présentes ou futures d'Eramet.

Cette présentation ne constitue ni une offre de vente ni une sollicitation d'achat ou de vente de titres, et aucune offre ou vente de ces titres ne sera effectuée dans une juridiction où une telle offre, sollicitation ou vente serait illégale en vertu des lois sur les valeurs mobilières applicables.



eramet

COMMITTED TO SUSTAINABLE METALS

2 Juin 2026