



Ressources naturelles
Canada

Natural Resources
Canada

Canada

BIOCARBURANTS SOLIDES AVANCÉS

Stratégies pour la décarbonation
de l'industrie sidérurgique



INTRODUCTION

Le secteur forestier joue un rôle essentiel dans le soutien de l'emploi dans plusieurs régions du Canada, contribuant de manière importante aux activités économiques des collectivités locales.

Au-delà des produits habituels dérivés du bois, le secteur forestier recèle un immense potentiel en tant que fournisseur d'une biomasse pouvant être obtenue à partir des activités de récolte et de transformation. Une fois qu'ils sont traités thermiquement, les résidus ligneux constituent une solution de rechange renouvelable pour les procédés industriels à haute température qui nécessitent à la fois de l'énergie et du carbone. Ces produits sont de plus en plus étudiés comme substituts durables aux combustibles fossiles et aux agents réducteurs à base de pétrole dans des industries comme les pâtes et papiers, le traitement du minerai de fer, le raffinage des métaux et la production de ciment.

L'utilisation de la biomasse ligneuse contribue non seulement à réduire les émissions de gaz à effet de serre (GES), mais favorise également l'économie circulaire en valorisant les sous-produits et les déchets issus du secteur forestier. De plus, le développement de produits biosourcés comme que le biochar et le biocarbone crée des possibilités d'innovation et d'emploi, et contribue à la diversification de l'industrie forestière.



CONTEXTE ET NÉCESSITÉ DE LA DÉCARBONATION DU SECTEUR SIDÉRURGIQUE CANADIEN

La production de fer et d'acier est l'une des activités industrielles les plus énergivores. Ses exigences de température élevée et sa dépendance aux sources de carbone fossiles rendent sa décarbonation particulièrement difficile.

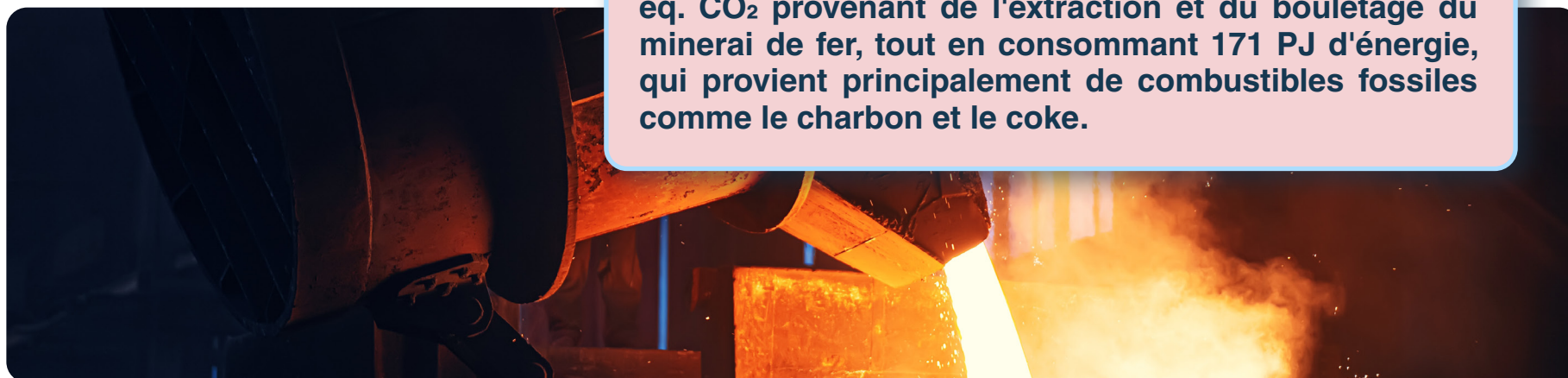
Les acteurs de l'industrie sidérurgique explorent toute une série de stratégies de décarbonation, notamment l'amélioration de l'efficacité énergétique, la transition vers des combustibles à faible teneur en carbone comme la bioénergie, la mise en œuvre de nouvelles technologies comme la réduction directe du minerai de fer pour la fabrication du fer et le collage à froid pour les usines de bouletage du mi-

nerai de fer, et l'adoption de technologies de capture et de stockage du carbone (CSC) pour réduire davantage les émissions de CO₂.

Cette brochure présente en détail les biocarburants solides avancés comme solution de rechange durable aux combustibles fossiles dans le secteur sidérurgique. Elle explore le potentiel du biochar et du biocarbone, produits à partir de biomasse issue de sources durables, afin d'offrir une voie pratique vers la décarbonation de l'industrie.

L'industrie sidérurgique canadienne, qui comprend les activités minières et de bouletage, est un grand consommateur de carbone solide issu de combustibles fossiles, comme l'anthracite, le charbon bitumineux, le poussier de coke et le coke de pétrole. On estime que ce secteur à lui seul consomme 4,8 Mt de ces matériaux chaque année au Canada. Le carbone solide est utilisé pour diverses applications industrielles, notamment pour fournir de l'énergie et des capacités d'agent réducteur.

En 2020, l'industrie sidérurgique canadienne a émis environ 12 Mt éq. CO₂, auxquelles s'ajoutent 3 Mt éq. CO₂ provenant de l'extraction et du bouletage du minerai de fer, tout en consommant 171 PJ d'énergie, qui provient principalement de combustibles fossiles comme le charbon et le coke.



FAITS SAILLANTS ET RECOMMANDATIONS

DÉCARBONATION DE L'INDUSTRIE SIDÉRURGIQUE DU CANADA

- En 2020, le secteur sidérurgique a consommé 171 PJ de combustibles fossiles et émis environ 15 Mt éq. CO₂. Pour atteindre les objectifs climatiques du Canada pour 2030 et 2050, il faudra réduire de manière ciblée la dépendance à l'égard des combustibles fossiles dans l'industrie.
- L'adoption du biocarbone et de l'hydrogène à faible intensité carbonique est prometteuse pour réduire les émissions de l'industrie sidérurgique. Le biocarbone et l'hydrogène peuvent être des combustibles/agents réducteurs complémentaires, offrant des voies de décarbonation flexibles et adaptées au contexte. Par exemple, la pyrolyse lente à haute température permet de coproduire du biocarbone et du biohydrogène de haute qualité, maximisant ainsi l'efficacité carbone.

LES BIOCARBURANTS SOLIDES AVANCÉS COMME SUBSTITUTS AU CHARBON ET AU COKE

- Les biocarburants solides comme la biomasse torréfiée (biocharbon), le biochar et le biocarbone, produits à l'aide de procédés thermochimiques, constituent des solutions de rechange viables au charbon et au coke classiques utilisés dans l'industrie sidérurgique. Ces biocarburants peuvent réduire considérablement les émissions de GES et rendre le procédé de production d'acier plus propre et plus durable.
- Les propriétés de ces biocarburants dépendent de facteurs comme le type de biomasse utilisée et la technologie de conversion thermochimique employée. Il est essentiel de comprendre tous les paramètres du procédé afin d'optimiser le rendement et de contrôler la qualité des produits à base de biocarbone dans les applications industrielles exigeantes.
- Compte tenu des limites actuelles en matière de qualité et de disponibilité du biocarbone, son mélange partiel avec des combustibles fossiles clas-

siques offre une solution provisoire pratique pour réduire les émissions. Les recherches sur les ratios de mélange optimaux permettent d'obtenir des réductions importantes des émissions tout en assurant la stabilité du procédé.

- Il est essentiel de poursuivre les efforts de recherche et de développement afin d'améliorer les procédés de conversion, de réduire les coûts et de mieux comprendre comment les propriétés du biocarbone influencent la production de fer et d'acier. Des projets pilotes et de démonstration sont en cours au Canada afin d'évaluer le caractère évolutif de la production de biocarbone dans des environnements de production d'acier réels. Ces initiatives permettront de générer des données précieuses sur le rendement, les coûts et les pratiques exemplaires.
- Des partenariats entre les entreprises forestières, les producteurs de biocarbone et les entreprises sidérurgiques sont nécessaires. Une chaîne d'ap-



« Le potentiel de réduction des émissions de GES pouvant atteindre 8 Mt éq. CO₂ par année nécessite 14 Mt de biomasse sèche par an. »

Environ 1,9 Mt de charbon et 2,9 Mt de coke métallurgique sont utilisées chaque année dans les installations de production de fer et d'acier du Canada.

provisionnement en biomasse fiable est essentielle pour répondre à la demande industrielle et accélérer l'adoption du biocarbone de manière efficace.

- En supposant un taux de substitution théorique de 100 % pour le charbon et de 25 % pour le coke métallurgique, 14 millions de tonnes de biomasse sèche seraient nécessaires chaque année, ce qui permettrait de réaliser une réduction des

émissions de GES allant jusqu'à 8 Mt éq. CO₂ par an. Cependant, avec l'augmentation probable de l'utilisation des procédés de réduction directe du minerai de fer et l'adoption potentielle des technologies de collage à froid au Canada, les besoins en biocarbone devraient diminuer considérablement au cours des prochaines décennies.

- Lorsque cela est possible, la construction d'installations de production de biocarbone à proximité des aciéries permet la coproduction de gaz de synthèse et de biocarbone, deux éléments essentiels à la fabrication de l'acier. Cette approche peut également favoriser la symbiose industrielle en facilitant la récupération efficace de la chaleur issue des procédés de production d'acier, ce qui permet d'améliorer l'efficacité énergétique et de réduire les émissions.

BIOCARBURANTS SOLIDES AVANCÉS : PARAMÈTRES DE QUALITÉ DU BIOCHAR ET DU BIOCARBONE

Le biocharbon et le biocarbone sont des biocarburants solides avancés dérivés de la biomasse qui sont de plus en plus reconnus comme solutions de rechange renouvelables aux combustibles fossiles pour les applications industrielles, en particulier dans les secteurs métallurgique et énergétique.

L'Organisation internationale de normalisation regroupe le biochar et le biocarbone sous le terme « biocarbone pyrogénique » et élabore actuellement des spécifications normalisées afin d'encourager leur adoption à plus grande échelle.

Il n'existe pas de définition adoptée à l'échelle internationale, mais le terme « biochar » est généralement utilisé pour désigner les applications liées au sol, alors que le terme « biocarbone » est généralement utilisé pour désigner un agent réducteur ou un biocarburant dans les industries lourdes, en particulier dans le secteur métallurgique.

Bien que le biochar et le biocarbone soient tous deux produits par la conver-

sion thermochimique de la biomasse dans des environnements sans oxygène ou à faible apport en oxygène, leurs propriétés diffèrent en raison des variations des conditions de production, notamment la température et la durée du traitement.

Ces différences ont une influence directe sur la teneur en carbone, la densité énergétique et l'adéquation globale du produit pour les applications industrielles.

La qualité et l'efficacité du biochar et du biocarbone pour les utilisations industrielles à forte demande dépendent de caractéristiques clés qui reflètent leur degré de carbonisation, leur densité énergétique, leur stabilité matérielle et leur teneur en cendres.

Les images (Figure 1) et le diagramme de Van Krevelen (Figure 2) ci-dessous permettent de comprendre visuellement comment ces matériaux évoluent à mesure que l'intensité du traitement augmente, en mettant en évidence les paramètres de qualité essentiels à leur utilisation dans les procédés industriels.





Figure 1 : Progression visuelle des résidus forestiers sous l'effet d'une pyrolyse à des températures croissantes (de 200 °C à 600 °C)

PROGRESSION VISUELLE DE LA CARBONISATION DE LA BIOMASSE

La *Figure 1* montre la transformation des résidus forestiers (branches, cimes et écorce) lorsqu'ils subissent une pyrolyse lente à des températures progressivement plus élevées (de 200 °C à 600 °C). Les images révèlent des changements de couleur et de structure qui indiquent une augmentation de la teneur en carbone et de la densité énergétique à mesure que la biomasse se transforme en biochar à des températures modérées et en biocarbone à des températures plus élevées. Cette progression visuelle montre comment le traitement thermochimique améliore le niveau de carbonisation, ce qui rend ces matériaux adaptés à diverses applications industrielles.

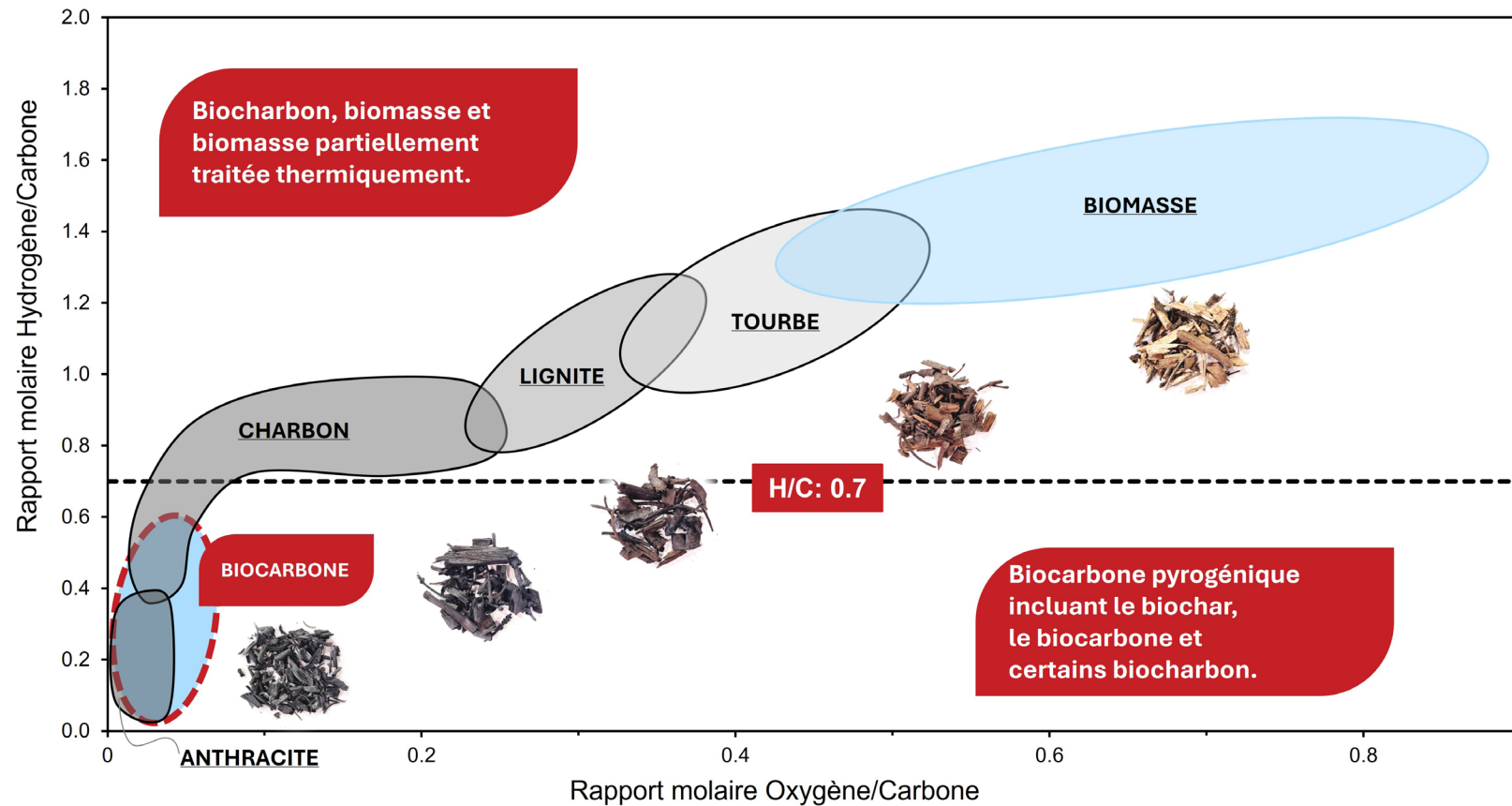


Figure 2 : Classification des matériaux en fonction de leurs différences de composition – diagramme de Van Krevelen

Le diagramme de Van Krevelen est un bon moyen de visualiser les différences de composition entre les matériaux riches en carbone en représentant graphiquement leurs rapports molaires hydrogène/carbone (H/C) et oxygène/carbone (O/C). Avec l'augmentation de l'intensité du procédé, les matériaux riches en carbone se transforment en produits intermédiaires, comme le biocharbon, puis en produits présentant une stabilité chimique et thermique plus élevée, comme le biochar et le biocarbène. Une fois que la biomasse a été suffisamment carbonisée/traitée thermiquement, elle peut être classée dans la catégorie du biocarbène pyrogénique, ce qui la différencie des autres matériaux partiellement traités.

BIOCHARBON

Le biocharbon apparaît dans la région du graphique où le rapport H/C est plus élevé (généralement supérieur à 0,7), ce qui indique un degré de carbonisation plus faible en raison des conditions de pyrolyse plus douces associées à la torréfaction. Ses propriétés sont plus proches de celles des charbons de rang inférieur et moyen, ce qui le rend plus adapté au chauffage industriel et à la production d'énergie.

CHAUFFAGE INDUSTRIEL ET PRODUCTION D'ÉNERGIE

BIOCHAR

Le biochar est défini par son carbone à haute stabilité et son rapport H/C inférieur à 0,7, selon les normes industrielles volontaires comme la certification European Biochar Certificate (EBC). Ce faible rapport H/C reflète la forte aromaticité du matériau, ce qui le rend adapté aux applications de séquestration du carbone et d'amendement des sols à long terme.

APPLICATIONS DE SÉQUESTRATION DU CARBONE ET D'AMENDEMENT DES SOLS À LONG TERME

BIOCARBONE

Le biocarbone est produit à des températures de traitement plus élevées et avec un temps de traitement qui permet d'obtenir la teneur en carbone fixe et la stabilité thermique requises. Ces conditions donnent lieu à un matériau qui présente une structure hautement aromatique et un rapport H/C faible, généralement inférieur à 0,7. Le biocarbone occupe une place spéciale en tant qu'agent réducteur industriel et source d'énergie dans les procédés métallurgiques et autres applications à haute température.

AGENT RÉDUCTEUR INDUSTRIEL ET SOURCE D'ÉNERGIE DANS LES PROCÉDÉS MÉTALLURGIQUES

Bien que les frontières entre le biocharbon, le biochar, le biocarbone et les charbons fossiles ne soient pas clairement définies, leurs propriétés varient considérablement en fonction des matières premières utilisées et des conditions de traitement. L'application finale (agricole ou industrielle) tend à influencer la terminologie utilisée pour définir le biocarbone par opposition au biochar.

En ajustant avec soin les principaux paramètres de production comme le type de matière première utilisée, la température et le temps de passage, les producteurs peuvent optimiser l'équilibre entre la stabilité, la fonctionnalité et la valeur économique du produit final. Cette optimisation est particulièrement importante pour adapter les matériaux à diverses applications, allant de l'amélioration des sols aux procédés industriels à haut rendement.

BIOCARBURANTS SOLIDES AVANCÉS : PROCÉDÉS DE PRODUCTION

Les biocarburants solides avancés sont produits à l'aide de divers procédés thermochimiques qui transforment la biomasse en matériaux riches en carbone adaptés aux applications industrielles. Chaque procédé de production (pyrolyse lente, pyrolyse rapide et gazéification) fonctionne dans des conditions de température et de temps de passage particulières, ce qui donne lieu à des produits distincts comme la biomasse torréfiée, le biochar, le biocarbone, la biohuile et le gaz de synthèse.

Ces procédés influencent la teneur en carbone du matériau, sa densité énergétique et son aptitude à être utilisé dans des industries à forte consommation d'énergie comme la sidérurgie. Un aperçu des principaux procédés de production de ces matériaux est fourni ci-dessous, mettant en évidence leur contribution unique à la décarbonation. Lorsque les biocarburants solides sont les principaux produits visés, la torréfaction et la carbonisation (pyrolyse lente) sont les technologies privilégiées.

Trémie d'alimentation avec convoyeur à vis



Production de biocharbon



Torréfacteur rotatif continu



PROCÉDÉ DE PRODUCTION	CONDITIONS DU PROCÉDÉ	EFFICACITÉ ET RENDEMENT	CARACTÉRISTIQUES LIÉES À LA QUALITÉ
PYROLYSE LENTE – TORRÉFACTION	200 à 300 °C, temps de passage prolongé avec apport limité en oxygène	- Fournit des produits solides comme le biocharbon, avec jusqu'à 85 % du poids initial de la biomasse (à sec) - Pouvoir calorifique supérieur habituel : 17 à 24 MJ/kg - La teneur en carbone	- Teneur en carbone et densité énergétique inférieures à celles du biocarbone pyrolysé - Meilleure broyabilité et homogénéité et teneur en humidité plus faible par rapport à la biomasse utilisée comme matière première
PYROLYSE LENTE – CARBONISATION	350 à 800 °C, temps de passage prolongé sans oxygène	- Produit du biochar ou du biocarbone avec un rendement de 25 à 60 % par rapport au poids de la biomasse - Pouvoir calorifique supérieur habituel : 24 à 32 MJ/kg - Teneur en carbone : 70 à 90 %	- Possibilité d'obtenir une teneur en carbone fixe faible ou élevée, faible teneur en matières volatiles, convient aux procédés industriels à haute température - Un traitement supplémentaire peut améliorer la durabilité - Une petite quantité d'huile de pyrolyse et d'alcool de vinaigre est produite
PYROLYSE RAPIDE	400 à 600 °C, temps de passage très court sans oxygène	- Biohuile comme produit principal, rendement solide de 10 à 30 % par rapport au poids de la biomasse - Pouvoir calorifique supérieur habituel des matériaux solides : 24 à 28 MJ/kg	- Le biocarbone a une teneur en carbone modérée (60 à 80 %) et une teneur en matières volatiles relativement élevée - Convient pour une utilisation comme agent réducteur d'appoint plutôt que comme combustible principal dans les procédés sidérurgiques
GAZÉIFICATION	700 à 1 100 °C, temps de passage court avec apport limité en oxygène	- Rendement élevé en gaz de synthèse : environ 70 à 85 % de la biomasse - Le rendement en biocarbone est plus faible, mais important dans les installations à grande échelle - Pouvoir calorifique supérieur du gaz de synthèse : 60 à 70 % de celui du gaz naturel	- Le biocarbone est hautement carbonisé et peut être adapté à des usages métallurgiques - Le gaz de synthèse offre une flexibilité en matière de biohydrogène et de biocarburant

Chaque procédé de production offre des avantages uniques, permettant de créer des biocarburants solides aux propriétés distinctes qui sont adaptés à différentes applications industrielles, allant des utilisations à consommation d'énergie modérée aux procédés métallurgiques à haute température. Le procédé et la matière première choisis influencent la teneur en carbone, la densité énergétique et la stabilité du produit. Le procédé de gazéification peut potentiellement être intégré dans les installations sidérurgiques en produisant simultanément un gaz de synthèse qui peut être utilisé comme agent réducteur pour les procédés de réduction directe du minerai de fer et le biocarbone hautement carbonisé. De même, les procédés de pyrolyse lente peuvent être utilisés pour produire simultanément un biocarbone de bonne qualité (en plus grande quantité qu'avec la gazéification) avec une huile pyrolytique comme coproduit.

POSSIBILITÉS DE DÉCARBONATION AVEC LES BIOCOMBUSTIBLES SOLIDES AVANCÉS

L'industrie sidérurgique utilise habituellement le coke, un dérivé du charbon, pour alimenter des procédés/équipements à forte intensité énergétique comme le frittage, les hauts fourneaux et les fours à arc électrique (voir la Figure 3). Les biocarburants solides avancés, notamment le biochar et le biocarbone, constituent des solutions de rechange prometteuses qui sont susceptibles de réduire les émissions de carbone de façon considérable. Cependant, chaque procédé de production comporte des exigences et des difficultés qui lui sont propres, ce qui rend le remplacement par des biocarburants complexe et particulier à chaque application.

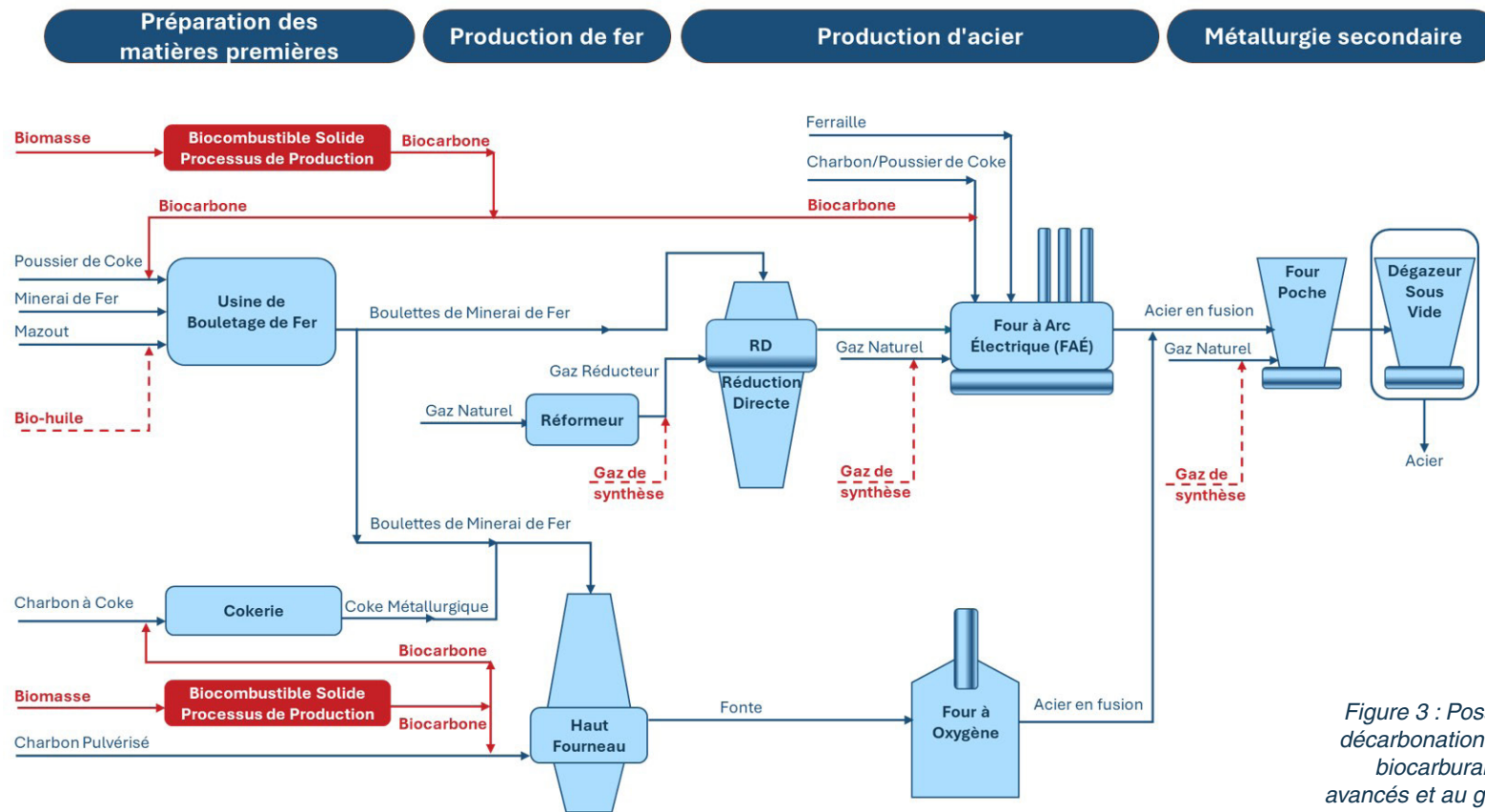


Figure 3 : Possibilités de décarbonation grâce aux biocarburants solides avancés et au gaz de synthèse dans le procédé de fabrication de l'acier



Le pourcentage de biocarburants solides avancés pouvant remplacer le charbon/coke dans chaque aciérie dépend de la technologie de production de biocarbone utilisée, de la qualité de la matière première, de la qualité du biocarbone, des procédés de production de fer et d'acier, ainsi que de la flexibilité opérationnelle. Bien qu'un remplacement complet soit possible dans certains procédés, un remplacement partiel est plus réaliste pour les hauts fourneaux, étant donné les difficultés techniques posées par le rôle structural du coke.

PROCÉDÉ DE DURCISSEMENT (PRODUCTION DE BOULETTES DE FER) – SUBSTITUT DE POUSSIER DE COKE

Le procédé de durcissement joue un rôle essentiel dans la préparation des boulettes de minerai de fer destinées aux procédés de réduction directe du minerai de fer ou aux hauts fourneaux. Ce procédé consiste à chauffer des boulettes vertes dans un four de durcissement afin de les durcir et d'obtenir la résistance mécanique et la perméabilité nécessaires pour le traitement en aval. Habituellement, les combustibles fossiles comme le mazout lourd et le poussier de coke sont les principales sources d'énergie utilisées pour atteindre les températures élevées requises dans les fours de durcissement. Le poussier de coke est mélangé à des fines de minerai de fer et à des additifs pour produire des boulettes de minerai de fer, tandis que le mazout lourd est utilisé pour chauffer l'air du four.



POTENTIEL DU BIOCARBONE : *Le biocarbone a généralement une densité inférieure à celle du poussier de coke. Il brûle aussi plus rapidement. Les recherches actuelles se concentrent sur l'amélioration de la densité énergétique, des propriétés de combustion et de la résilience thermique du biocarbone afin qu'il remplisse les exigences du procédé de durcissement.*

HAUT FOURNEAU – SUBSTITUT DE COKE MÉTALLURGIQUE, D'INJECTION DE CHARBON PULVÉRISÉ ET DE COKE DE NOIX

Utilisation du charbon et du coke : Dans les hauts fourneaux, le charbon métallurgique joue un rôle essentiel à la fois comme agent réducteur et comme moyen de maintenir la perméabilité, facilitant ainsi la circulation efficace des gaz à l'intérieur du four. Sa teneur élevée en carbone, sa résistance et sa résilience à des températures extrêmes (environ 1 600 °C) le rendent indispensable pour la fonte du minerai de fer. Le coke de noix, une variante plus petite, est souvent ajouté au mélange pour améliorer l'efficacité du four. De plus, l'injection de charbon pulvérisé est utilisée pour réduire la consommation de coke, diminuer les coûts d'exploitation et optimiser le rendement global du four.



POTENTIEL DU BIOCARBONE : *Bien que le biocarbone puisse remplacer partiellement le coke, sa densité et sa résistance mécanique plus faibles peuvent nuire à l'efficacité du four. Cependant, il est possible de remplacer jusqu'à 20 % du coke par du biocarbone, ce qui permet de réduire les émissions de CO₂ sans compromettre le rendement du four. Les progrès réalisés dans le domaine de la densification et du bouletage du biocarbone améliorent sa durabilité et en font une option plus viable pour une utilisation dans les hauts fourneaux. Bien qu'un remplacement complet soit difficile en raison des exigences structurelles, une substitution partielle du biocarbone est réalisable et peut entraîner des réductions importantes des émissions.*

RÉDUCTION DIRECTE DU MINÉRAI DE FER – SUBSTITUT DE CHARBON OU DE GAZ NATUREL POUR LA PRODUCTION DE H₂/CO

Utilisation du charbon et du gaz naturel : Dans les procédés de réduction directe du minerai de fer, le minerai de fer est réduit en éponge de fer à l'aide d'agents à base de carbone, généralement du CO et du H₂ dérivés du gaz naturel, sans qu'il soit nécessaire de le fondre. Cela permet d'obtenir une consommation d'énergie inférieure à celle des hauts fourneaux. Le procédé de réduction directe du minerai de fer à l'aide d'un four à cuve ne nécessite pas de carbone solide, sauf s'il est plus économique de gazéifier le charbon pour produire du gaz de synthèse plutôt que d'utiliser du gaz naturel dans un reformeur pour générer des agents réducteurs (H₂ et CO). Bien que le charbon soit utilisé dans les procédés de réduction directe du minerai de fer à l'aide d'un four rotatif dans certains pays, ce n'est pas le cas au Canada.

POTENTIEL DU BIOCARBONE : *Le biocarbone n'est pas nécessaire comme agent réducteur dans le procédé de réduction directe du minerai de fer à l'aide d'un four à cuve. Cependant, afin de réduire l'intensité carbonique du procédé de réduction directe du minerai de fer, une unité de gazéification de la biomasse peut être mise en place pour produire du gaz de synthèse, qui pourrait remplacer le gaz naturel utilisé dans le reformeur. La composition du gaz de synthèse peut être ajustée en injectant de l'hydrogène selon les besoins. De plus, le biocarbone coproduit par l'unité de gazéification pourrait être utilisé dans le procédé du four à arc électrique, renforçant ainsi la durabilité.*

FOUR À ARC ÉLECTRIQUE – SOURCE DE CARBONE DANS LA PRODUCTION D'ACIER À PARTIR DE FERRAILLE

Utilisation du coke : Dans la fabrication de l'acier à l'aide d'un four à arc électrique, le carbone joue plusieurs rôles : il sert de source d'énergie, d'agent réducteur, de laitier moussant et d'élément d'alliage. Le charbon est généralement ajouté avec la ferraille ou injecté dans le four pour faciliter le moussage des scories, ce qui aide à réguler la température du four et améliore l'efficacité énergétique. Bien que la quantité de carbone utilisée dans le procédé du four à arc électrique soit relativement faible par rapport à celle des méthodes de production par haut fourneau et convertisseur basique à oxygène, elle reste un composant essentiel d'un fonctionnement optimal.

POTENTIEL DU BIOCARBONE : *Le biocarbone semble très prometteur en tant que solution de rechange renouvelable au charbon dans les fours à arc électrique, tant comme matière première que pour l'injection. Les études sur le remplacement partiel du charbon par du biocarbone dans les fours à arc électrique ont donné des résultats positifs, avec des modifications minimales à apporter aux équipements et aux procédés existants. Le biocarbone peut également servir de laitier moussant, bien que des quantités plus importantes puissent nécessiter des ajustements des systèmes d'injection. Les recherches en cours visent à déterminer les qualités de biochar et les compositions de scories idéales pour garantir des procédés stables et efficaces, ce qui pourrait faciliter l'adoption à plus grande échelle du biocarbone dans les applications de four à arc électrique.*

FACTEURS INFLUENÇANT L'ADOPTION DU BIOCARBONE

01 QUALITÉ ET CARACTÉRISTIQUES DES BIOCARBURANTS SOLIDES AVANCÉS

• TENEUR EN CARBONE

Le biocarbone a généralement une teneur en carbone inférieure à celle du coke, ce qui réduit son efficacité en tant qu'agent réducteur dans la fabrication de l'acier.

• RÉSISTANCE MÉCANIQUE

Dans les hauts fourneaux, la résistance du coke est essentielle pour soutenir la structure de four et maintenir la perméabilité au gaz. Le bio-

carbone a généralement une stabilité mécanique inférieure, ce qui limite son potentiel de substitution complète dans les hauts fourneaux.

• RÉACTIVITÉ

Si la réactivité plus élevée du biocarbone peut améliorer les réactions de réduction, elle peut également entraîner une dégradation plus rapide à des températures élevées, ce qui pose des difficultés opérationnelles.

• MASSE VOLUMIQUE APPARENTE

La masse volumique apparente du biocarbone est beaucoup plus faible que celle des combustibles fossiles solides. Par conséquent, des modifications peuvent devoir être apportées aux systèmes d'alimentation et de stockage du combustible.

02 BESOINS EN BIOMASSE POUR LES TECHNOLOGIES DE PRODUCTION DE BIOCARBONE

• DURABILITÉ ET CHAÎNE D'APPROVISIONNEMENT

La production de biocarbone dépend fortement d'un approvisionnement stable et durable en biomasse, provenant principalement des résidus forestiers et agricoles. Il sera essentiel d'investir dans les infrastructures de collecte et de traitement de la biomasse afin de répondre à la demande, tout en mettant en place des pratiques d'approvisionnement durables.

• TENEUR EN CENDRES ET COMPOSITION

La composition des cendres joue un rôle crucial dans la fabrication de l'acier, car certains éléments (p. ex. le sodium, le potassium, le phosphore et le chlore) peuvent perturber les procédés. Même si le biocarbone contient généralement moins de cendres que le charbon, les résidus agricoles à forte teneur en cendres sont moins prisés que la biomasse ligneuse.

• VOLUME ET QUALITÉ DE LA BIOMASSE

Le type et la qualité de la biomasse ont une incidence directe sur le biocarbone produit. L'utilisation de matières premières de mauvaise qualité, comme l'écorce, n'est généralement pas adaptée à la production de biocarbone de haute qualité. Un approvisionnement constant et fiable en biomasse est essentiel pour une production de biocarbone efficace et de haute qualité adaptée à un usage industriel.

03 DIFFICULTÉS TECHNIQUES, ÉCONOMIQUES ET LOGISTIQUES

• LIMITES TECHNIQUES

Par rapport au charbon, la faible résistance et la composition différente du biocarbone posent des difficultés, en particulier dans les hauts fourneaux. Les techniques de densification comme le bouletage peuvent améliorer les propriétés du biocarbone, mais elles ne sont pas encore suffisamment efficaces pour que le biocarbone remplace complètement le coke.

• PROGRÈS TECHNOLOGIQUES

De nouvelles technologies permettent d'améliorer les propriétés structurales du biocarbone, notamment des techniques de densification améliorées et des méthodes de traitement hybrides qui augmentent sa résistance et sa stabilité pour les applications à haute température. Au fur et à mesure que ces technologies évoluent, le potentiel du biocarbone pour remplacer le coke dans les hauts fourneaux s'accroît.

• ÉVOLUTIVITÉ

Pour répondre à la demande en biocarbone de l'industrie sidérurgique, il faut augmenter considérablement la production, ce qui nécessite des investissements importants dans la biomasse.

• VIABILITÉ ÉCONOMIQUE

Les coûts de production du biocarbone sont actuellement plus élevés que ceux du charbon, principalement en raison des coûts liés à la collecte, au traitement et au transport de la biomasse. L'augmentation de la production afin d'atteindre des prix compétitifs reste une difficulté importante. Cependant, la hausse du prix du carbone rend le biocarbone de plus en plus viable sur le plan économique.

• CERTIFICATION ET NORMALISATION

Une certification à l'échelle de l'industrie est essentielle pour garantir la qualité. L'Organisation internationale de normalisation élabore actuellement des normes pour le biocarbone pyrogénique, afin d'assurer la cohérence de la qualité et du rendement dans toutes les applications. Ces normes aideront grandement à faciliter l'adoption du biocarbone en rendant cette option fiable et sûre pour les sidérurgistes..

AVANTAGES POUR L'INDUSTRIE FORESTIÈRE

L'industrie forestière est confrontée à une série de problèmes importants, notamment les droits de douane sur le bois d'œuvre canadien à destination des États-Unis, la concurrence accrue d'autres pays et la hausse des coûts de la fibre ligneuse, principalement due aux incendies de forêt et aux infestations de ravageurs, entre autres causes.

En outre, la fermeture de plusieurs usines de pâtes et papiers a perturbé les chaînes de valeur existantes, comme la transformation des copeaux de bois en pâte à papier et l'utilisation des résidus d'écorce pour le chauffage et l'électricité.

L'excédent de résidus de transformation provenant des scieries a conduit certains acteurs à réduire leur production de bois d'œuvre, ce qui souligne la nécessité urgente de trouver de nouvelles utilisations pour ces sous-produits.

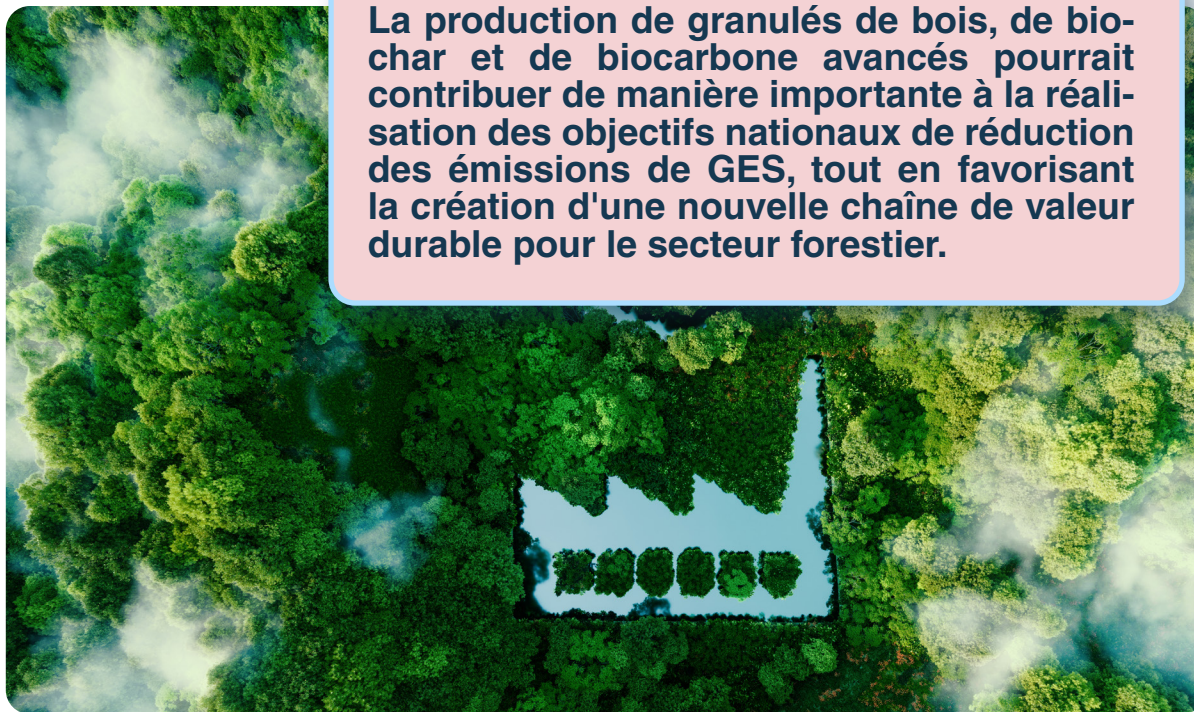
Les biocarburants solides avancés offrent une solution prometteuse en permettant au secteur forestier de convertir les résidus forestiers sous-utilisés, les résidus de transformation et les arbres endommagés en biocarbone.

Ce procédé ouvre la voie à un marché en pleine expansion, stimulé par l'intérêt actuel et la demande croissante de l'industrie sidérurgique du Canada, ainsi que d'autres secteurs comme ceux du ciment, de la chaux, de l'aluminium et de la production d'électricité.

Cela offre à l'industrie forestière une occasion unique de diversifier ses marchés tout en soutenant les efforts de décarbonation industrielle.



La production de granulés de bois, de bio-char et de biocarbone avancés pourrait contribuer de manière importante à la réalisation des objectifs nationaux de réduction des émissions de GES, tout en favorisant la création d'une nouvelle chaîne de valeur durable pour le secteur forestier.







Ressources naturelles
Canada

Natural Resources
Canada

Canada

COORDONNÉES

CanmetÉNERGIE à Varennes

1615, boulevard Lionel-Boulet
Varennes (Québec) J3X 1P7
canmetenergy-canmetenergie@nrcan-rncan.gc.ca



CanmetÉNERGIE à Ottawa

1, promenade Haanel
Ottawa (Ontario) K1A 1M1
ceobusinessoffice-ceobureaudesaffaires@nrcan-rncan.gc.ca

