



Vers une industrie du pneu durable : comment débloquer le potentiel du noir de carbone récupéré

Motivées par des objectifs environnementaux ambitieux, les principales entreprises de pneumatique adoptent de plus en plus ce substitut au noir de carbone pour décarboner leurs chaînes de production et tirer le meilleur parti des pneus en fin de vie.

Comment les acteurs de la chaîne de valeur du noir de carbone peuvent-ils intégrer ce substitut dans leur “business model” et capturer la valeur de cette ressource inexploitée ?

Mai 2024

Par Pascal Simon, Sébastien Plessis, et Axel Ghanimi

■ Résumé

Le noir de carbone et son substitut récemment mis au point, le noir de carbone récupéré

Le noir de carbone (*carbon black* en anglais, ou CB) est une matière première issue de la combustion incomplète de produits pétroliers lourds, également appelée noir de carbone vierge (vCB). Il est couramment utilisé dans les produits d'usage quotidien de couleur noire tels que les pneus de voiture. Son substitut, le noir de carbone récupéré (rCB), produit par pyrolyse thermique, présente une double opportunité. Tout d'abord, il fournit un moyen durable de recycler les pneus usagés dont le rCB est dérivé. Deuxièmement, il décarbonise la production de pneus, car la production de rCB génère cinq fois moins d'émissions de carbone que la production conventionnelle à base de combustibles fossiles (vCB).

La demande mondiale de noir de carbone en 2023 s'élève à environ 18 millions de tonnes par an. Le potentiel de substitution du rCB devrait augmenter au cours des prochaines années

Le marché européen du noir de carbone représente près de 15 % de la demande mondiale, estimée à environ 18 millions de tonnes par an en 2023. On estime que le rCB a le potentiel de remplacer 10% à 20 % des utilisations traditionnelles, bien que limité par sa qualité relativement inférieure pour un remplacement 1 pour 1 dans des cas d'utilisation spécifiques. Compte tenu de la consommation actuelle, cela pourrait représenter 250 à 550k tonnes par an rien qu'en Europe, soit une valeur de plusieurs centaines de millions d'euros. Les efforts de R&D en cours visent activement à améliorer les processus de production et même à améliorer le rCB pour le rendre adapté à un plus large éventail d'applications.

Un nouvel écosystème, motivé par un engagement en faveur du développement durable, est en train de prendre forme dans la chaîne d'approvisionnement des pneus en fin de vie

La chaîne d'approvisionnement initiale en noir de carbone impliquait trois acteurs : les fournisseurs et les raffineurs de pétrole, les producteurs de vCB et les utilisateurs finaux, qui comprenaient principalement des fabricants de pneus. L'introduction de rCB a remodelé cette chaîne d'approvisionnement, en ajoutant trois acteurs principaux : les producteurs et les entreprises de valorisation de rCB, les fournisseurs de pneus en fin de vie et les autorités réglementaires. Plusieurs fonds d'investissement ont joué un rôle de premier plan dans l'émergence de ce nouveau marché du rCB (par exemple, Niersberger, Antin Infrastructure Partners).

Plusieurs obstacles technologiques et réglementaires doivent encore être surmontés pour parvenir à un déploiement à grande échelle

Les principaux défis auxquels sont confrontés les producteurs de rCB consistent à garantir une qualité constante des produits, à remédier à l'état encore immature de la technologie de pyrolyse, à surmonter la lente adoption de nouveaux produits par l'industrie et à parvenir à la normalisation. L'introduction du comité ASTM D36 en 2017, avec son système de notation de la qualité rCB, marque une évolution positive vers la résolution de ces défis et la promotion de la coordination au sein de l'industrie.

Malgré l'ambition des producteurs de rCB et les partenariats stratégiques avec de grands noms de l'industrie, les capacités annoncées ne suffiront pas à répondre à la demande à moyen terme

Aujourd'hui, une douzaine d'acteurs du rCB produisent ensemble environ 20 kt par an de rCB. Les trois plus grands producteurs actuels sont Cirttec (en partenariat avec Birla Carbon) aux côtés de Pyrum Innovations AG et Bolder Industries. Récemment, en mars 2023, la société suédoise Enviro, soutenue par Michelin et Antin Infrastructure Partners, a annoncé son ambition d'atteindre une capacité de traitement d'environ 38 kt par an de RCB d'ici 2030.

Cependant, la capacité installée actuelle (~20 kt par an) et la capacité supplémentaire annoncée (~232 kt par an) sont insuffisantes pour répondre à la demande estimée de noir de carbone récupéré en Europe (250-550 kt par an).

L'état actuel du secteur pose de nombreuses questions à tous les acteurs concernés, afin d'assurer son succès, en premier lieu sa capacité à conclure des contrats d'off-take à long terme et à augmenter avec succès les capacités de production, réduisant ainsi les risques commerciaux et technologiques pour les investisseurs.

▪ Sommaire

1. Le noir de carbone et son substitut récemment mis au point, le noir de carbone récupéré
2. La demande mondiale de noir de carbone représente en 2023 ~ 18 millions de tonnes par an. Le potentiel de substitution du rCB devrait augmenter au cours des prochaines années
3. Un nouvel écosystème, motivé par un engagement en faveur du développement durable, est en train de prendre forme dans la chaîne d'approvisionnement des pneus en fin de vie
4. Plusieurs obstacles technologiques et réglementaires doivent encore être surmontés pour parvenir à un déploiement à grande échelle du rCB
5. Malgré l'ambition des producteurs de rCB et leurs partenariats stratégiques avec de grands noms de l'industrie, les capacités annoncées ne devraient pas répondre à la demande à moyen terme, opportunité pour de nouveaux producteurs de se positionner
6. Un potentiel de marché méritant l'attention d'un large éventail d'acteurs

1. Le noir de carbone et son substitut récemment mis au point, le noir de carbone récupéré

- Le noir de carbone (CB) est une matière première dérivée de produits pétroliers lourds, communément appelée noir de carbone vierge (vCB), qui se retrouve dans la plupart des objets du quotidien de couleur noire tels que les voitures ou les pneus.
- Le noir de carbone récupéré (rCB), un dérivé du noir de carbone (vCB) conventionnel à base de combustibles fossiles, présente une double opportunité en offrant une solution durable pour recycler 1,5 milliard de pneus usés dans le monde et réduire les émissions de dioxyde de carbone de la production de pneus par un facteur de cinq pour les pneus recyclés.
- Il existe plusieurs méthodes de production du rCB, mais elles sont généralement basées sur trois principales étapes, qui permettent non seulement la récupération de rCB mais aussi de l'acier et du pétrole contenus dans les pneus.
- La différence dans le processus de fabrication et dans les matières premières nécessaires pour produire du noir de carbone, des huiles de pétrole pour le vCB et des pneus en fin de vie (ELTs) pour le rCB, confère une stabilité de prix au rCB mais diminue la qualité du produit et diminue de ce fait le nombre d'applications qui lui sont possibles.

Le **noir de carbone** est une matière première issue de la combustion incomplète de produits pétroliers lourds, communément appelée **noir de carbone vierge**. Il a de nombreuses applications dans le caoutchouc, les peintures et les revêtements, et constitue un élément clé de divers articles du quotidien tels que les câbles de chargement, les housses de téléphone et l'encre pour stylos. L'une des principales applications du noir de carbone concerne les **pneus de voiture**, pour lesquels il sert à la fois de pigment noir et de matériau de remplissage.

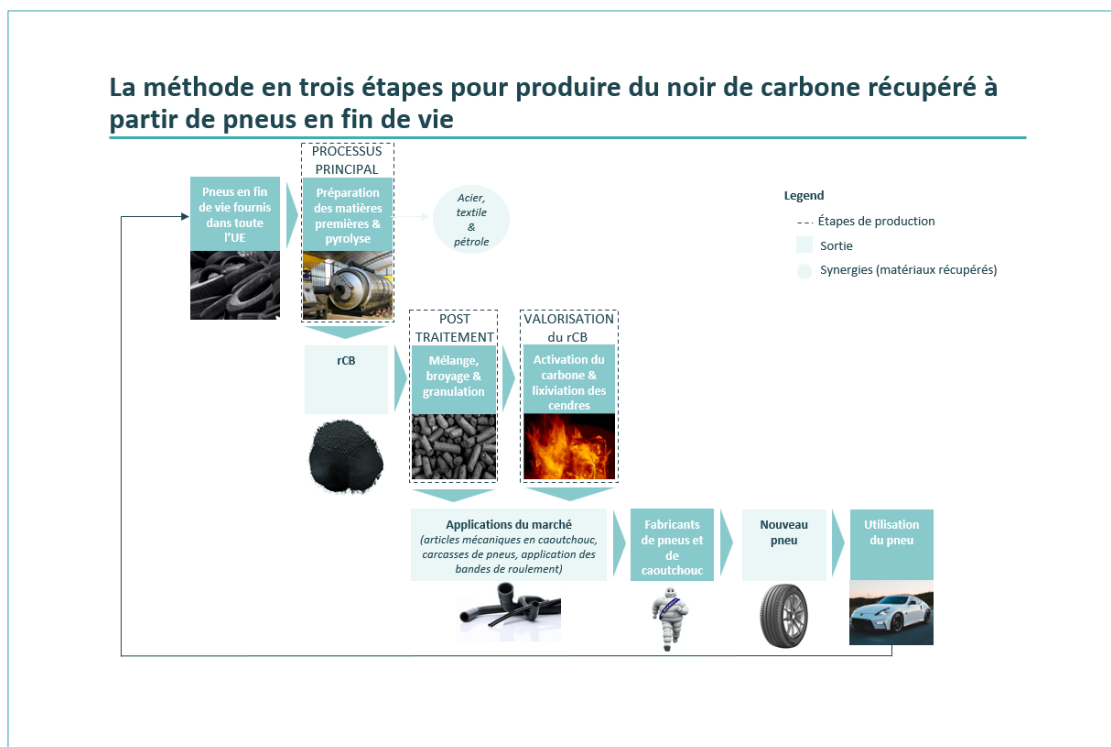
Son substitut, le **noir de carbone récupéré** (rCB), développé par un procédé de pyrolyse thermique, offre deux opportunités :

- Tout d'abord, **il fournit un moyen durable de recycler les pneus usagés** dont le rCB est dérivé. Les pneus usagés, dont la durée de vie est d'environ cinq ans (50 000 km), contribuent de manière significative au flux mondial de déchets, avec plus de 1,5 milliard de déchets jetés chaque année, constituant une ressource potentielle inexploitée importante et disponible. En Europe, en 2019, 95 % des 3,5 millions de tonnes de pneus en fin de vie destinées aux passagers ont été collectées. Ce taux de collecte élevé est attribué au système de gestion des pneus en fin de vie introduit en Europe en 2006, qui confère aux fabricants de pneus la responsabilité de la collecte et du recyclage des pneus en fin de vie. La technologie de pyrolyse thermique développée par plusieurs producteurs de pneus et start-up permet de réutiliser les pneus en fin de vie en produisant du rCB et en créant ainsi une boucle de recyclage durable des pneus.
- Deuxièmement, **le noir de carbone récupéré est un levier pour décarboniser la chaîne de production des pneus**, car la production de rCB génère cinq fois moins d'émissions de carbone que la production conventionnelle à base de combustibles fossiles (vCB). Par exemple, la production d'un pneu de véhicule requiert en moyenne 30 % de noir de carbone. Cela génère 10 kg de CO₂ lorsqu'il est produit à partir de noir de carbone vierge, contre seulement 2 kg de CO₂ lorsqu'il est produit à partir de noir de carbone récupéré. En outre, il y a de fortes attentes

vis-à-vis du secteur en matière de réutilisation des pneus, ce qui peut aussi permettre de réduire les risques associés à l'approvisionnement en noir de carbone vierge. L'embargo imposé à la Russie suite à l'invasion de l'Ukraine a été dans le secteur un rappel de l'importance stratégique du rCB pour garantir la résilience de la chaîne d'approvisionnement et soutenir la transition du secteur vers des pratiques de production plus durables.



Production de noir de carbone récupéré (rCB) et comparaison avec le noir de carbone vierge (vCB):

- La production de rCB à partir de pneus en fin de vie est une méthode durable en trois étapes. Initialement, le processus de pyrolyse inclut le déchetage des pneus pour en extraire le caoutchouc, qui est ensuite chauffé à 400°C-800°C dans un environnement sans oxygène, cédant alors acier, charbon et gaz. Le charbon subit un broyage et une granulation pour créer du rCB, pendant que le gaz non condensé alimente le processus, ce qui le rend autonome. Une valorisation optionnelle à travers l'activation du carbone et la lixiviation des cendres (*ash leaching*, en anglais) améliore les rCB pour un éventail d'applications plus large.



- Le noir de carbone vierge (vCB) diffère du rCB en termes de matières premières et de fabrication. Dérivé de combustibles fossiles, le vCB est constitué à presque 100% de carbone et est adapté pour des applications spécialisées telles que les toners et les polymères grâce à ses propriétés physiques, notamment sa stabilité et sa résistance aux solvants. En revanche, le rCB est constitué de 80-85% de carbone et de 15-20% de cendres, ce qui affecte sa qualité et limite son utilisation à des applications différentes de celles du vCB. Cependant, le rCB offre des avantages en termes de coûts, en étant beaucoup moins impacté par la volatilité des prix du pétrole.

Le noir de carbone (CB) vierge est dérivé de combustibles fossiles ; le CB récupéré est une solution propre et durable, issue de pneus en fin de vie

	Noir de carbone vierge	Noir de carbone récupéré
Processus de fabrication	Combustion incomplète de produits pétroliers	Pyrolyse contrôlée (chauffage à haute température sans oxygène)
Matières premières	 Résidus de combustibles fossiles de faible valeur (pétrole lourd, charbon)	 Pneus en fin de vie recyclés
Empreinte CO ₂	1,5 – 2 tonnes de pétrole sont nécessaires pour la production d'1 tonne de CB	Contribue à diminuer les émissions de GES à travers le recyclage de matériaux
Applications clés	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Caoutchouc (pneus, MRG¹) ▪ Applications spécialisées (encres, revêtements, polymères) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Composants de pneus (la carcasse principalement) ▪ Applications de caoutchouc non pneumatique

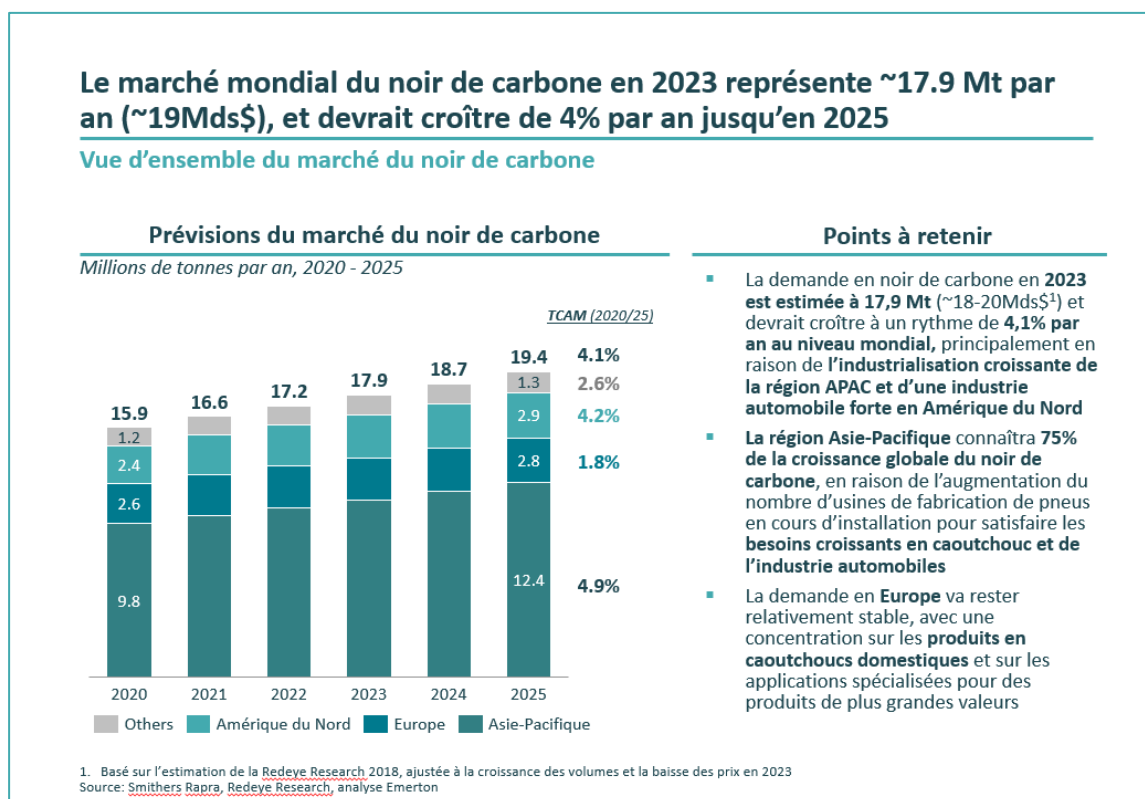
1. Mechanical Rubber Goods = Articles Mécaniques en Caoutchouc
 Source: recherche documentaire, analyse Emerton

- Le rCB fournit une alternative au vCB plus durable et plus efficace en termes de coûts, bien qu'il ne puisse pas remplacer le vCB dans toutes les applications en raison des différences de propriétés physiques.

2. La demande mondiale de noir de carbone représente en 2023 ~18 millions de tonnes par an. Le potentiel de substitution du rCB devrait augmenter au cours des prochaines années

- Le marché européen du noir de carbone compte pour environ ~15% de la demande mondiale, estimée à ~18 Mt par an en 2023.
- On estime que le rCB a le potentiel de se substituer à 10-20% des utilisations traditionnelles (limité par sa qualité relativement inférieure) représentant 250-550 kt par an de noir de carbone récupéré en Europe.
- Les efforts de R&D visent à améliorer les processus de production et améliorer le rCB pour le rendre adapté pour un champ d'applications plus vaste, et pour dépasser la segmentation actuelle des applications du rCB et du vCB.

La taille du marché mondial du noir de carbone est estimée à environ 17,9 millions de tonnes par an en 2023, pour une valeur d'environ 18 à 20 milliards de dollars. Cette taille de marché est principalement liée à l'industrialisation de la région Asie-Pacifique (APAC) et à la force de l'industrie automobile en Amérique du Nord. En Europe, la demande de noir de carbone est estimée à environ 2,7 millions de tonnes, soit environ 3 milliards de dollars et 15 % de la demande globale.



Le noir de carbone récupéré constitue une alternative durable au noir de carbone vierge et a le potentiel de remplacer 10 à 20 % du noir de carbone vierge (en raison de sa qualité inférieure), soit l'équivalent de 250 à 550 kt par an de rCB en Europe (~265 à 530 millions de dollars).

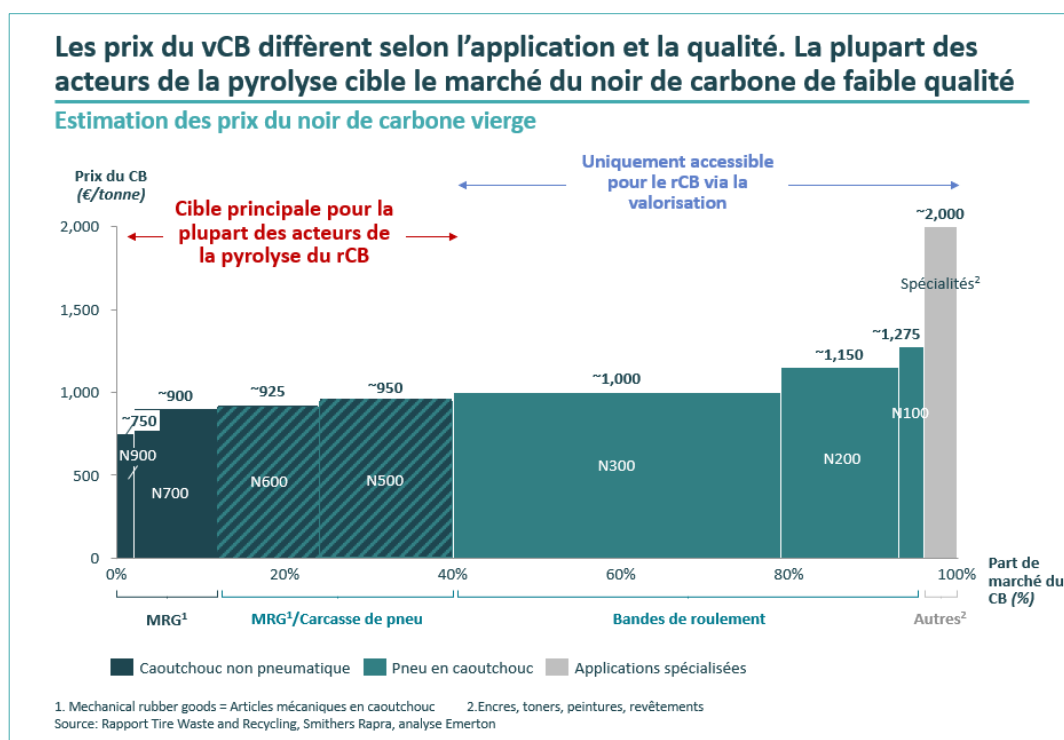
Cependant, cette substitution est limitée par la qualité inférieure de rCB par rapport au vCB. **Garantir la qualité dans la durée des produits est le principal défi auquel sont confrontés les producteurs de rCB.** La consistance des produits est la principale exigence des clients car elle permet l'intégration parfaite du rCB dans les processus industriels. Un manque de contrôle sur les matières premières peut entraîner des variations importantes de la qualité en sortie du rCB. De plus, fournir du rCB de haute qualité (sans fibres/débris) constitue un autre défi car cela détermine l'adéquation à certaines applications spécifiques. Par exemple, un niveau élevé d'impuretés (cendres et silice) peut empêcher son utilisation pour les applications de bandes de roulement de pneumatiques.

Pour relever ces défis, un contrôle strict des matières premières, des tests de laboratoire approfondis et le développement de nouvelles technologies sont essentiels.

Les recherches en cours visent à améliorer les processus de production et la qualité du rCB afin d'élargir sa gamme d'applications. Les récents développements indiquent notamment une évolution vers l'utilisation de matériaux durables dans les pneus. Par exemple, les pneus MotoE 2022 de Michelin ont intégré 40 % de matériaux durables tout en répondant à des critères de sécurité et de performance, notamment à des vitesses atteignant 250 km/h. Cela témoigne de l'amélioration continue de la qualité du rCB.

En 2017, le comité ASTM D36 a établi un système d'évaluation de la qualité du noir de carbone récupéré entre N900 et N100 (de la pire à la meilleure qualité). **Le rCB et le vCB peuvent tous deux être utilisés dans les applications de produits mécaniques en caoutchouc et de carcasse de pneus (N900->N500).** Cependant, **le rCB pur** ne peut être utilisé dans **les bandes de roulement des pneus (N300->N100)** que s'il est soumis à des **processus de valorisation**. Les applications spécialisées telles que les toners, les encres ou les polymères (classés au-dessus de N100) ne sont toujours pas accessibles au rCB en raison des exigences de haute qualité.

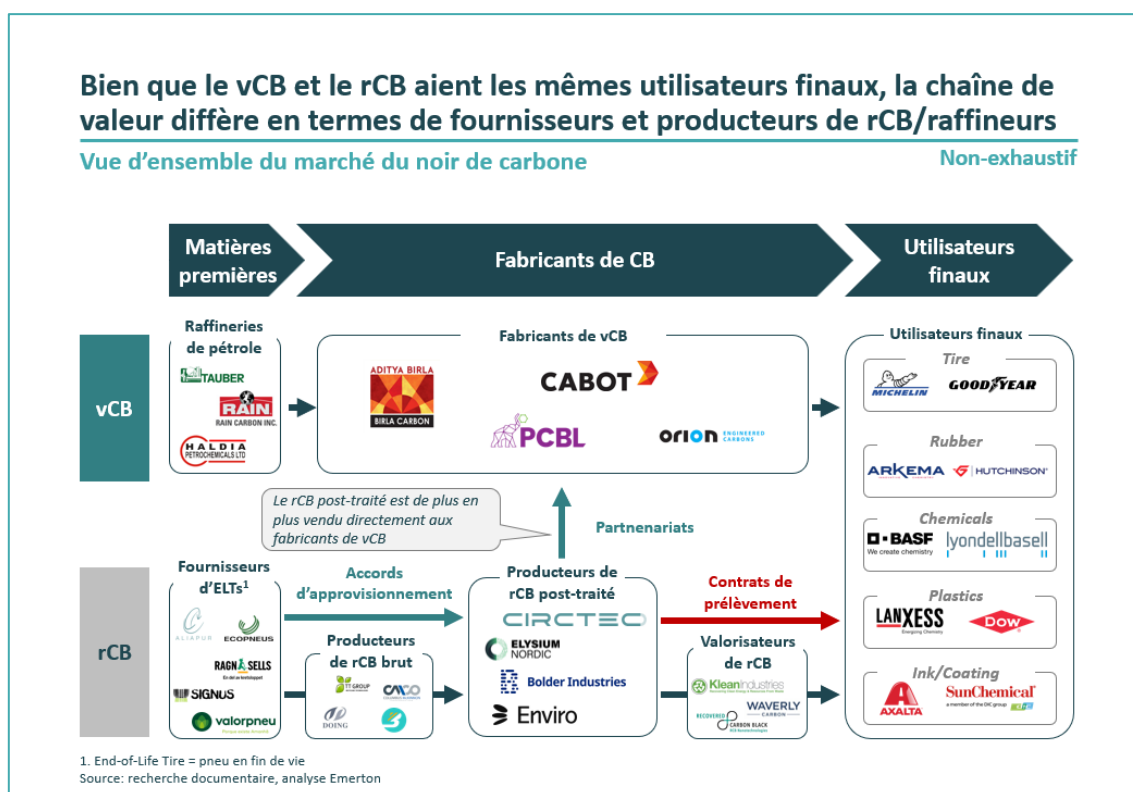
Dans l'ensemble, **le spectre d'application du rCB s'élargit**, grâce aux progrès réalisés dans les processus de mise à niveau et de valorisation du rCB, **le rapprochant progressivement des applications du vCB.**



3. Un nouvel écosystème, tiré par un plus fort engagement en faveur du développement durable, est en train de prendre forme dans la chaîne d'approvisionnement des pneus en fin de vie

- La chaîne d'approvisionnement du noir de carbone, qui au départ comprenait raffineurs de pétrole, producteurs de vCB et utilisateurs finaux (producteurs de pneus), est devenue plus complexe, incluant maintenant des fournisseurs de pneus, des producteurs et les entreprises de valorisation de rCB.
- Les producteurs et les entreprises de valorisation du rCB comprennent les producteurs de rCB brut, de rCB post-traité et de rCB raffiné, dont la mission est de créer et d'améliorer le rCB provenant de pneus en fin de vie pour diverses applications.
- De plus, les recycleurs de pneus en fin de vie à but non lucratif, financés par les fabricants de pneus, et les acteurs de la gestion des déchets fournissent des matières premières pour les producteurs de rCB.
- Plusieurs organismes publics sont le fer de lance de la mise en œuvre des pratiques de gestion des déchets, comme la DG Environnement de l'Union européenne, principalement responsable de la politique sur la gestion des pneus en fin de vie.
- Des acteurs majeurs de l'industrie et des fonds d'investissement, dont Niersberger et Antin Infrastructure Partners (NextGen), se sont engagées dans le marché émergent du rCB à travers des partenariats et des joint-ventures.

La chaîne d'approvisionnement du noir de carbone comprend diverses parties prenantes et s'est récemment complexifiée avec l'émergence de rCB et l'intérêt qu'il a suscité. À l'origine, les utilisateurs finaux du noir de carbone (fabricants de pneus, de caoutchouc, de produits chimiques, de plastiques et d'encre) achetaient du vCB auprès de fabricants tels que Cabot, Birla Carbon et Orion, qui s'approvisionnent en matières premières auprès de raffineries de pétrole. L'introduction du noir de carbone récupéré a remodelé cette chaîne de valeur, en ajoutant trois acteurs principaux : les fournisseurs de matières premières, les producteurs et les entreprises de valorisation de noir de carbone.



Les **producteurs de noir de carbone** récupéré peuvent être classés en trois groupes :

- Les **producteurs de rCB brut** fournissent du charbon pour pneus à faible valeur, qui nécessite un post-traitement et un raffinage pour répondre aux besoins du marché du noir de carbone.
- Les **producteurs de rCB post-traité**, eux-mêmes pouvant être classés en deux sous-catégories : les **acteurs intégrés** possédant la technologie de pyrolyse pour la récupération des huiles et du rCB ; et les **opérateurs "pure players"** qui possèdent l'usine qu'ils exploitent mais obtiennent une licence auprès des fournisseurs de technologies pour mener à bien le processus de fabrication.
- Les **entreprises de valorisation du rCB** récupèrent du rCB brut et post-traité et utilisent des méthodes d'activation du carbone et de lixiviation des cendres pour améliorer la qualité du rCB, produisant ainsi du rCB de grande valeur, adapté pour des applications spécialisées.

Deux modèles de partenariats stratégiques ont vu le jour **pour améliorer l'accès au rCB pour les clients finaux**, notamment Michelin, Goodyear et Pirelli, qui sont également des consommateurs de vCB.

- Tout d'abord, les **collaborations entre les fabricants de vCB et de rCB** ont permis aux acteurs du rCB de tirer parti de l'accès au marché des acteurs du vCB, tandis que les acteurs du vCB peuvent s'aligner sur les objectifs de durabilité. L'accord à long terme entre Birla Carbon et Cirttec depuis 2021 illustre ce type de partenariat.
- Deuxièmement, **des partenariats commerciaux entre les producteurs de rCB et les utilisateurs finaux** ont été établis pour faciliter le co-développement, mieux répondre aux exigences des clients et, surtout, sécuriser les achats de rCB au moins lors de la mise sur le marché initiale. Un exemple d'un tel partenariat est la collaboration entre le fabricant de pneus suédois Enviro Systems, soutenu par Antin Infrastructure Partners, et Michelin, qui a récemment annoncé la création d'une coentreprise assortie de contrats d'acquisition

sécurisés d'une durée de 5 à 10 ans avec des fabricants de pneus de premier plan (Michelin, Nokian Tyres, Preem, etc). Outre les producteurs de rCB, la chaîne de valeur du noir de carbone intègre désormais **des recycleurs de pneus en fin de vie**, qui fournissent aux producteurs de rCB les matières premières nécessaires. En Europe, ces entités de recyclage sont des organisations à but non lucratif financées par des producteurs et des importateurs de pneus. Ils collectent une écocontribution qui, en 2023, s'élève à 1,40€ par pneu de voiture transformé, déduite de la vente initiale de pneus.

Pour remplir leurs obligations en matière de gestion des pneus en fin de vie, les principaux fabricants de pneus tels que **Bridgestone, Continental, Goodyear, Pirelli et Michelin** ont créé des organisations à but non lucratif dans les pays où ils opèrent pour superviser la collecte des pneus usagés. Parmi ces organisations, on peut citer **Aliapur** en France (fondée en 2003) ou **Ecopneus Scpa** en Italie (fondée en 2011). Ce système de collecte efficace, avec un taux de collecte de près de 95 %, a été mis en place en réponse aux directives européennes faisant des acteurs publics chargés de la régulation un autre acteur important de la chaîne de valeur du noir de carbone. L'une des entités publiques les plus influentes qui supervisent cette chaîne est la **DG Environnement de l'Union européenne**, qui a introduit diverses **directives au fil des ans**. En 1999, elle a interdit la mise en décharge de pneus usagés ; en 2000, elle a mis en œuvre des mesures visant à empêcher la production de déchets provenant des véhicules et de leurs composants, et en 2006, elle a introduit **le système de responsabilité élargie des producteurs**, qui rend les producteurs de pneus responsables de la gestion des pneus usagés.

Les sociétés de gestion des déchets telles que **Veolia** et **Suez** jouent un rôle crucial dans ce processus de collecte des pneus, en collaborant avec des garages, des centres de recyclage dédiés, des décharges publiques et des stations-service pour fournir des pneus usagés aux producteurs de rCB.

Marubeni est également rentré dans le marché du rCB en Février 2024 avec l'acquisition de l'entreprise allemande rCBNano, construisant actuellement une usine de purification chimique pour produire du noir de carbone récupéré pour être utilisés dans les pneus. Marubeni prévoit de consolider et structurer une chaîne d'approvisionnement soutenable des matériaux aux pneus.

Enfin, l'intérêt manifesté par divers **fonds d'investissement** pour ce substitut émergent, associé à des **partenariats stratégiques** impliquant des acteurs de premier plan de l'industrie, soulignent l'importance croissante de ce nouveau produit. Par exemple, le producteur de rCB post-traité, **Klean Carbon**, a collaboré avec le groupe **Niersberger**, la principale société européenne d'ingénierie et de construction de biogaz, pour développer une technologie de pyrolyse à l'échelle commerciale au sein de l'Union européenne.

Les engagements de producteurs de pneus sur l'usage du recyclage et de matériaux durables va augmenter la demande de noir de carbone récupéré, et l'intérêt d'autres nouveaux entrants :

- Michelin et Bridgestone ont partagé un communiqué commun avec un objectif de 100% d'usage de produits durables dans la production de pneus d'ici 2050
- Fabien Gaboriaud, Senior Vice President of Sustainable Materials & Circularity chez Michelin annoncé « *un objectif de 40% de matériaux recyclés et renouvelables d'ici 2030* ».

4. Plusieurs obstacles technologiques et réglementaires doivent encore être surmontés pour parvenir à un déploiement à grande échelle du rCB

- L'un des principaux obstacles concerne le niveau de maturité technologique des différentes technologies de pyrolyse qui est encore trop bas pour une commercialisation à grande échelle (TRL 7-8).
- La lenteur d'intégration du rCB dans les nouveaux produits par l'industrie constitue un autre obstacle à l'expansion du rCB.
- Le manque de standardisation empêche la coordination indispensable et les définitions communes de grades et de normes standardisés pour l'industrie. Cela est en train de changer depuis 2017 avec la création d'un comité ASTM D36 qui établit un système de notation (de N900 à N100) pour évaluer la qualité du rCB et faciliter les échanges entre les producteurs et les acheteurs de rCB.






Alors que le marché du noir de carbone récupéré semble être un marché prometteur et dynamique, **plusieurs défis entravent son expansion**, principalement en raison de son manque de maturité technique.

L'un des principaux obstacles concerne le **niveau de maturité technologique** (TRL) des différentes technologies de pyrolyse, qui est encore trop immature pour une commercialisation à grande échelle (TRL-9). En effet, la plupart sont considérés comme des systèmes de démonstration (TRL-7) ou des premiers systèmes commerciaux du genre (TRL-8).

La lenteur de l'intégration de rCB dans les nouveaux produits par l'industrie constitue un autre obstacle à l'expansion de rCB. En effet, le processus de développement de nouveaux produits à partir de noir de carbone récupéré ou de leur intégration dans des produits existants a pris beaucoup de temps, souvent une décennie ou plus, comme on le voit dans l'industrie du pneu. Les initiatives de développement durable des entreprises, telles que l'engagement **de Michelin** à intégrer 40% de matériaux recyclés et durables dans la production de nouveaux pneumatiques d'ici 2030, et 100 % en 2050, devraient accélérer l'adoption du noir de carbone récupéré dans l'industrie du caoutchouc en tant que substitut viable au noir de carbone vierge.

Nombre de défis subsistent pour le rCB du fait de son manque de maturité technique, mais les barrières devraient s'assouplir dans un futur proche

Les barrières du marché du rCB

Les barrières du rCB	Importance	Description	Évolution attendue
Variabilité de la qualité		<ul style="list-style-type: none"> Le manque de contrôle des matières premières peut causer une grande variabilité de la qualité du rCB en sortie 	<ul style="list-style-type: none"> Contrôle strict des matières premières et tests de pointe en laboratoire, clés pour fournir des produits conformes
Faible qualité perçue des produits		<ul style="list-style-type: none"> Niveau d'impureté pas au même niveau que le CB vierge (forte teneur en cendres et silice) 	<ul style="list-style-type: none"> Développement technologique et meilleur contrôle des matières premières
Lenteur d'adaptation de l'industrie au rCB		<ul style="list-style-type: none"> Historiquement, développer de nouveaux produits ou intégrer le rCB dans des produits existants a eu un long délai d'exécution (10 ans pour l'industrie du pneu) 	<ul style="list-style-type: none"> Accélération des nouveaux processus de qualification du rCB et efforts des entreprises sur la durabilité
Manque de maturité technologique		<ul style="list-style-type: none"> Les principales technologies de pyrolyse sont considérées TRL¹ 7-8, le processus étant à ce jour axé sur la récupération d'huile 	<ul style="list-style-type: none"> Davantage d'expérience attendue avec la mise en services de nouvelles capacités
Manque de standardisation		<ul style="list-style-type: none"> Pas de norme industrielle existante en termes de test et de classification de produits pour le rCB 	<ul style="list-style-type: none"> Comité ASTM D36 mis en place pour développer les nouveaux standards de l'industrie pour le rCB

1. Technology readiness level (TRL7 – Système de démonstration; TRL8 – Premier système commercialisable; TRL9 – Mature commercialement)
 Source: entretiens avec les acteurs du marché, Wolfersdorff Consulting Berlin, analyse Emerton

Low  →  High

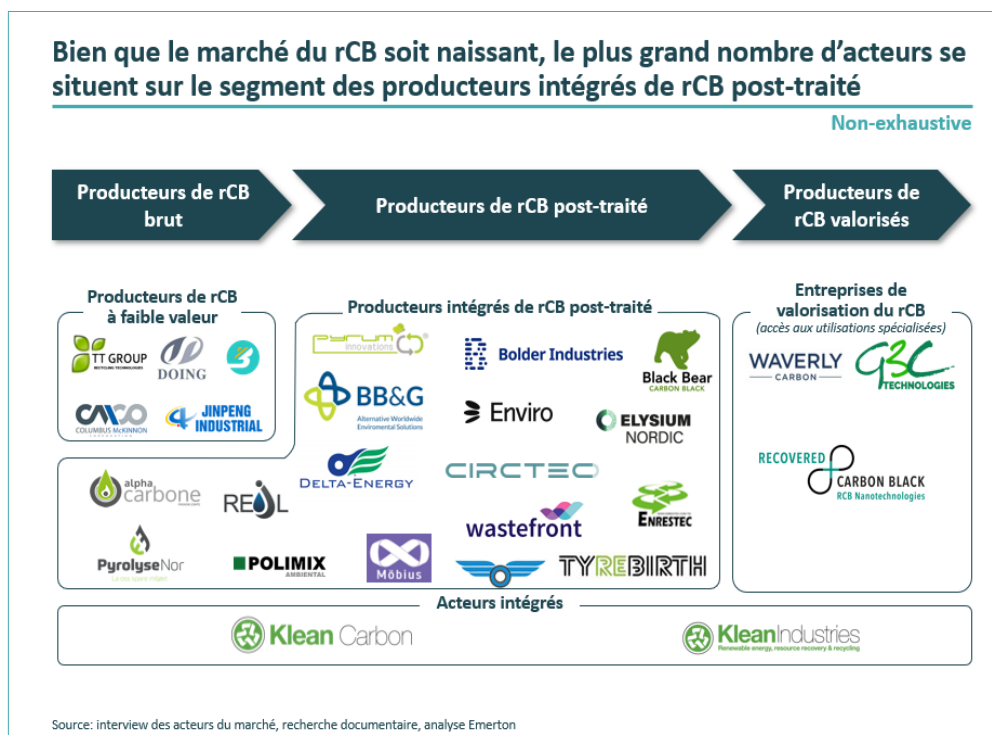
Enfin, il y a un **manque de normalisation** en termes de tests et de classification des produits pour le rCB. En 2017, le **comité ASTM D36** a été créé pour définir les différences entre le charbon, le noir de carbone, le noir de carbone brut récupéré et le noir de carbone récupéré. En outre, des sous-comités ont été créés pour élaborer des **normes de qualité et de sécurité** pour les produits à base de noir de carbone récupéré, ainsi que la terminologie, les directives, les pratiques et les méthodes d'essai.

Cela a conduit à la création d'un système d'évaluation qui classe la qualité du noir de carbone récupéré sur une échelle allant de N900 à N100, déterminant ainsi son adéquation à diverses applications. Bien que ce système de notation **facilite les échanges entre les producteurs et les acheteurs**, les nombreuses distinctions au sein des gammes N900 et N100 peuvent compliquer le système et ralentir le développement de produits standardisés.

5. Malgré l'ambition des producteurs de rCB et leurs partenariats stratégiques avec de grands noms de l'industrie, les capacités annoncées ne devraient pas répondre à la demande à moyen terme, opportunité pour de nouveaux producteurs de se positionner

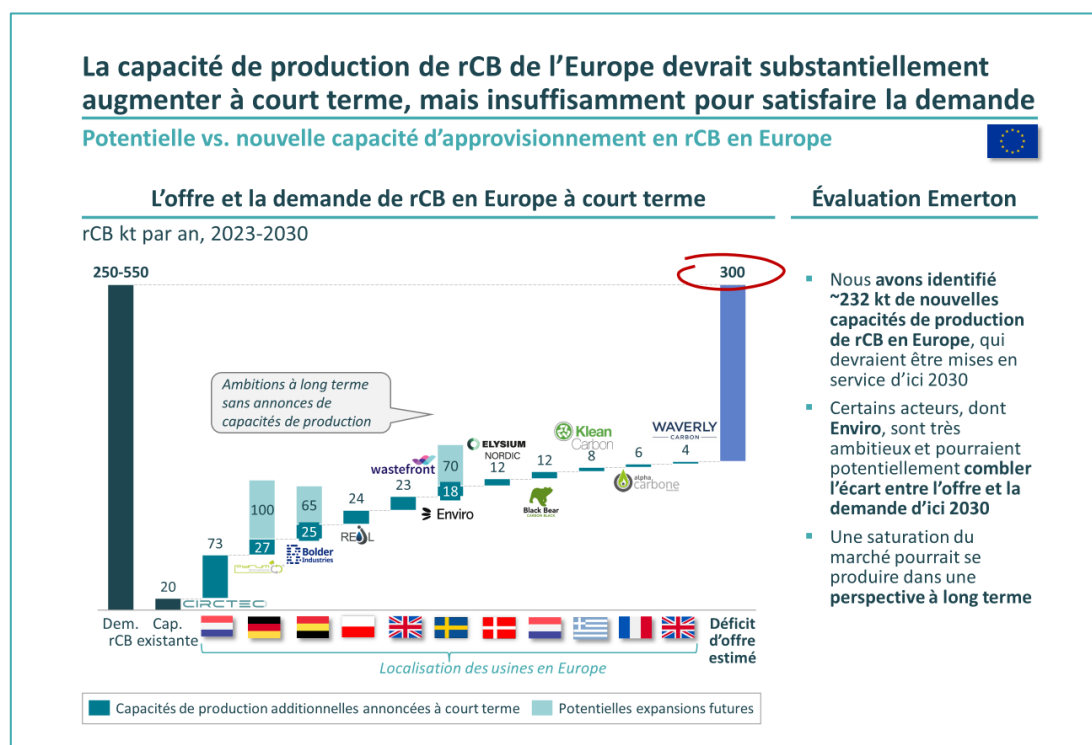
- Aujourd'hui, une douzaine de producteurs de rCB, aussi bien pure players qu'acteurs intégrés, produisent au total ~20 kt de rCB par an.
- Les trois plus grands producteurs aujourd'hui sont Cirtec (en partenariat avec Birla Carbon) aux côtés de Pyrum Innovations AG et Bolder Industries. Récemment, en mars 2023, l'entreprise suédoise Enviro, avec l'appui de Michelin et d'Antin Infrastructure Partners, a annoncé son ambition d'atteindre, à long terme, une capacité de traitement de 1000 ktpa de pneus recyclés, avec des capacités supplémentaires prévues d'atteindre environ ~70 ktpa de rCB d'ici 2030
- Cependant, la capacité actuellement en place (~20 kt par an) et la capacité supplémentaire annoncée (~232 kt par an) ne seront pas suffisantes pour satisfaire la demande estimée de noir de carbone récupéré en Europe (250-550 kt par an).

Aujourd'hui, en Europe, une douzaine d'acteurs tentent de répondre à la demande de rCB. Ensemble, ils ont une **capacité de production opérationnelle d'environ 20 kt par an**. Le plus grand producteur est Cirtec, un acteur intégré qui a noué un partenariat stratégique avec un important producteur de vCB, Birla Carbon. Un autre producteur de rCB est la société cotée **Pyrum Innovations AG**, qui s'est récemment associée à BASF SE (le principal groupe chimique) et à Suez (groupe Veolia - gestion de l'eau et des déchets). Pyrum se positionne comme un acteur important sur le marché du rCB, avec pour objectif de quadrupler sa capacité de production d'ici 2030.



La société suédoise **Enviro Systems** est un autre acteur notable de la production de rCB. L'entreprise a pour objectif de construire **cinq usines en Europe d'ici 2030** dans le but de gérer un tiers des pneus usagés en Europe, ce qui se traduirait par une production annuelle de près de 70 kt de rCB. En parallèle, Enviro a communiqué récemment sur un **objectif plus large d'atteindre 1000kt de pneus recyclés, soit environ 300kt de rCB**, mais sans identifier de dispositif industriel précis à ce stade.

Parmi les pure players figurent la société danoise **Elysium Nordic** et la société anglaise **Wasterfront**. Bien que leurs installations soient encore en phase de développement, ils prévoient une augmentation de leurs capacités de production. **Elysium Nordic** prévoit une capacité de production annuelle de 12 kt par an, tandis que **Wasterfront** vise une capacité de production annuelle d'environ 23 kt par an.



Malgré la présence de ces entreprises impliquées et de nombreux partenariats, **l'offre actuelle de rCB est nettement inférieure** à la demande existante en Europe. L'offre actuelle se situe à environ 20 kt par an, tandis que la demande varie entre 250 et 550 kt par an. Les **futures expansions potentielles** des acteurs les plus ambitieux tels **qu'Enviro pourraient réduire l'écart** entre l'offre et la demande attendue, **sans pour autant la satisfaire entièrement à moyen-terme**.

Après avoir démarré à un rythme progressif, l'industrie accélère maintenant et passe aux étapes de l'industrialisation et de la commercialisation. Un regain d'intérêt est attendu à mesure que le secteur se développe, comme en témoigne l'émergence d'engagements à long terme et de contrats d'off-take, permettant le déploiement massif de technologies, processus actuellement en cours.

Compte tenu de la dynamique croissante de la demande, des installations existantes et des capacités supplémentaires annoncées à court terme et des ambitions à long terme, on peut s'attendre à ce qu'une partie de la demande ne soit pas satisfaite. Cet écart représente une opportunité intéressante pour les nouveaux entrants sur le marché et les investisseurs. Les défis immédiats à relever incluent la mise en place d'un cadre favorable à un engagement durable et l'atteinte de la maturité technologique nécessaire à un déploiement à grande échelle, deux éléments essentiels pour que le plein potentiel du secteur soit réalisé.

6. Un potentiel de marché méritant l'attention d'un large éventail d'acteurs

Le noir de carbone récupéré en est toujours à ses débuts et montre des signes de croissance prometteurs à moyen-terme, car il s'agit **d'un des principaux leviers de décarbonation pour l'industrie du pneu**.

L'industrie devrait décoller une fois que les principaux défis réglementaires et industrielles seront levés, en particulier à travers la **standardisation du marché** et **des cibles et des mécanismes de durabilité**, auxquels la plupart des efforts sont dédiés aujourd'hui.

Dans ce contexte, plusieurs questions peuvent se poser pour les acteurs souhaitant entrer sur ce marché :

Pour **les fournisseurs de pneus en fin de vie** et **les entreprises de gestion des déchets**

- Qui seront les principaux acteurs de ce marché émergent ?
- Quels sont les moyens les plus efficaces pour capter des volumes suffisants de pneus en fin de vie ?

Pour **les fournisseurs de technologies** et **les fabricants de rCB**

- Quels sont les critères clés d'achats et les stratégies gagnantes pour commercialiser le rCB efficacement ?
- Quelles technologies émergentes ou innovations pourraient disrupter l'industrie du rCB ?
- Comment relever les défis liés à l'obtention d'une source d'approvisionnement constante en pneus en fin de vie, et quelles stratégies devraient être mises en place pour atténuer les risques d'approvisionnement ?
- Quels sont les prérequis nécessaires pour soutenir l'accélération de la production de rCB, indispensable pour l'industrie ?

Pour **les producteurs de noir de carbone conventionnel**

- Quel impact a la révolution rCB sur la compétitivité des producteurs de CB conventionnel et leur portefeuille produit ?
- Comment les partenariats avec des fournisseurs de pneus en fin de vie, les fabricants de rCB et les acheteurs pourraient-ils être structurés et financés ?
- Quels acteurs du rCB sont pertinents et ouverts à un partenariat ?

Pour **les fabricants de pneus**

- Quels sont les principales tendances d'adoption du noir de carbone récupéré dans les produits futurs, ainsi que les facteurs clés qui influencent le processus de prise de décision ?
- Quels standards de qualité et de performance sont demandés aux fabricants de rCB pour permettre une substitution et une intégration dans les produits futurs efficaces ?
- Comment sécuriser l'approvisionnement en noir de carbone (dans le contexte géopolitique actuel), et en quoi le noir de carbone recyclé est-il un levier ?

Pour **les régulateurs**

- Comment les cadres réglementaires peuvent-ils être optimisés pour faciliter la croissance durable du marché du rCB ?
- Quels mécanismes peuvent être mis en œuvre pour assurer la conformité avec les objectifs de durabilité et la standardisation de ce marché ?