



Accompagner la filière auto dans la mise en œuvre de ses objectifs en matière d'économie circulaire

Recyclage du caoutchouc- Synthèse | Paris, le 11 décembre 2024

STRAT ANTICIPATION | *Be One Step Ahead*

Nous avons synthétisé les messages clés provenant des études et de nos recherches

Résumé Exécutif (1/2)

RÉGLEMENTAIRE

- ▶ La loi AGEC fixe le **cadre de l'économie circulaire** en France, et renforce les **REP**. Elle oblige dans le cadre de la commande publique à utiliser des pneus rechapés.
- ▶ **Disparité réglementaire** entre les pays européens sur le **statut de déchet des pneus usagés**. En France, les pneus usagés ayant fait l'objet d'une préparation à la réutilisation sortent du statut de déchet.
- ▶ Le **règlement européen R117-04** entré en vigueur le 1^{er} juillet 2024 renforce la sécurité routière en ajoutant des **critères de sécurité à l'état usé** pour valider l'homologation des pneus.
- ▶ Le cahier des charges de la filière REP déchets pneumatiques 2024-2028 fixe plusieurs objectifs pour 2028 : Taux de collecte de 98%, taux de réutilisation de 19%, **taux de rechapage pour les VP de 10% et pour les VI de 50%**, taux de valorisation matière de 42%, **taux d'incorporation dans des pneus neufs de 5%**.

TECHNOLOGIES

- ▶ Le **rechapage** est le remplacement de la bande de roulement usée d'un pneumatique. C'est une **technologie mature**, avec 60% moins d'émissions carbone, mais qui est limitée par la **concurrence des pneus neufs** asiatiques moins chers.
- ▶ La **micronisation** est le broyage mécanique des pneus puis l'incorporation de la poudre avec du caoutchouc recyclé. C'est une **technologie mature**, avec du caoutchouc recyclé 50% moins cher, et 30% moins émetteur, mais avec un **taux d'incorporation limité** à 10 % pour les pièces industrielles et 4% pour les pneus.
- ▶ La **pyrolyse**, est le chauffage des pneus à très haute température sans oxygène. Au stade de **R&D et échelle semi-industrielle**, elle produit un noir de carbone récupéré moins cher, avec une empreinte carbone 80% moins élevée. Elle est encore limitée par les **capacités de production faibles** et le **taux d'incorporation limité à 5%**.
- ▶ La **régénération** est un traitement non dégradant du caoutchouc broyé pour revenir à l'état cru. C'est une technologie encore au **stade de R&D avec un début d'industrialisation** pour des applications d'incorporation sur des pièces techniques, mais avec un **taux d'incorporation limité à 10%**.
- ▶ Face aux faibles taux d'incorporation du caoutchouc recyclé, les **matériaux biosourcés** sont en cours d'étude à l'**échelle de R&D**, afin de participer à la réduction de l'empreinte carbone du caoutchouc. **La réglementation ne définit pas clairement si ces matériaux font partie de l'économie circulaire.**

Nous avons synthétisé les messages clés provenant des études et de nos recherches

Résumé Exécutif (2/2)

PNEUMATIQUES

- ▶ Une **filière REP déchets pneumatiques est établie depuis 2004**. Elle a été renforcée par la loi AGECE, et un nouveau cahier des charges pour la période 2024-2028 a été défini.
- ▶ Les pneus constituent 39,2 kg, soit **3,5% de la masse des véhicules** arrivés dans un centre VHU en 2022.
- ▶ **En France métropolitaine**, selon les données de 2022, le taux de recyclage respecte le cahier des charges de la filière REP, mais le **taux de réutilisation inférieur à 15%**, le **taux de rechapage global de 2,5%**, et le **taux de valorisation matière de 36%** ne sont pas suffisants.
- ▶ En 2022, **572 334 tonnes de pneus ont été collectés** en France.
- ▶ Le **gisement** de pneu principal provient des **professionnels de l'automobile** (82%, 435 kt), suivi des centres VHU (7%, 37 kt).
- ▶ **55% (313 kt) des pneus collectés sont revalorisés en France**, les exports sont principalement vers la **Turquie et l'Afrique** (32% de la collecte, 184 kt), pour une **valorisation énergétique en cimenterie**.
- ▶ Ni les **capacités actuelles de rechapage** (100 000 pneus/an pour les VP, 590 000 pneus/an pour les VI) ni celles annoncées par les projets en cours **ne permettront pas de respecter les objectifs de rechapage à l'horizon 2028**.
- ▶ De nombreux **projets de mise en place d'usines de pyrolyse** en Europe sont annoncés pour les prochaines années, notamment le projet **Michelin/Enviro pour un objectif de capacité d'un million de tonnes en 2030**.

PIÈCES INDUSTRIELLES EN CAOUTCHOUC

- ▶ **La filière REP pour ces pièces n'est pas encore établie.**
- ▶ Les pièces utilisées en **automobile**, constituent **52% du chiffre d'affaires** de la filière.
- ▶ Ces pièces constituent 12,2 kg, soit **1,1% de la masse des véhicules** arrivés dans un centre VHU en 2022.
- ▶ La principale **valorisation est énergétique**, avec un pourcentage massique de **58%**, soit 6,7 kg.
- ▶ Actuellement, les pièces en caoutchouc sont **peu démontées dans les centres VHU**.
- ▶ Les pièces les plus accessibles sont les **joints de portières et joints de fenêtres qui représentent 5 à 10 kg**.
- ▶ L'équilibre entre le coût du démontage des pièces et la revalorisation est un point primordial pour le caoutchouc industriel.

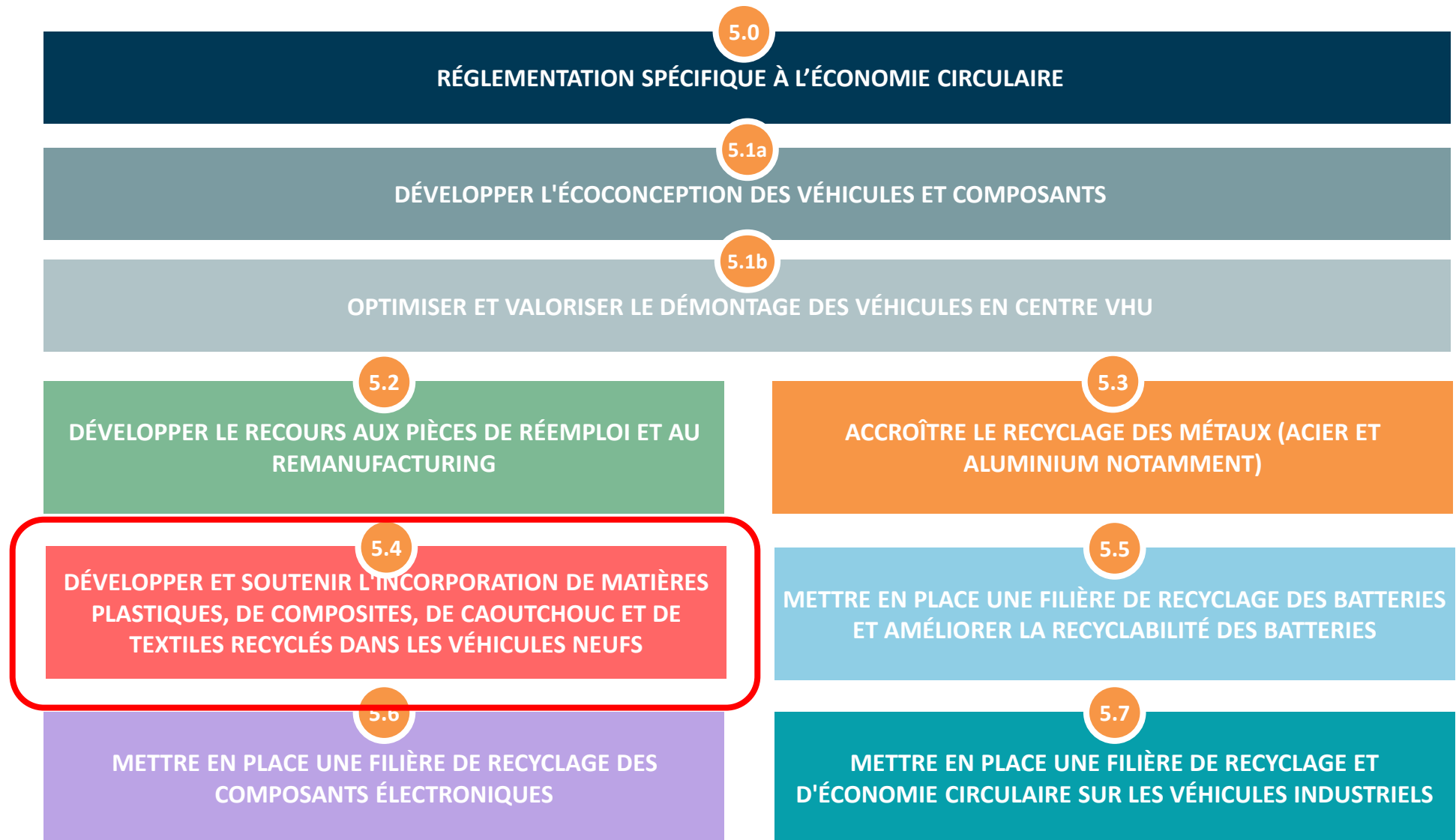
AGENDA

▶ INTRODUCTION

- ▶ INTERVIEWS RÉALISÉES ET ÉTUDES COLLECTÉES
- ▶ INTRODUCTION DE LA FILIÈRE : CATÉGORIES DE PIÈCES, RÉGLEMENTATIONS ET TECHNOLOGIES
- ▶ PNEUMATIQUES
- ▶ CAOUTCHOUCS INDUSTRIELS
- ▶ SYNTHÈSE DES SUJETS REMONTÉS EN INTERVIEW
- ▶ IDENTIFICATION DES SUJETS CLÉS POUR DISCUSSION
- ▶ ANNEXES

Dans le CSFA 2024-2027, la filière automobile a défini 7 chantiers pour développer l'économie circulaire en France, nous en avons ajouté 2 : régulation & démontage

Chantiers – Description



L'étude a fait l'état des lieux avec les acteurs & les flux, détaillé les feuilles de route, définit les conditions de succès de la mise en œuvre & proposé des actions concrètes

Objectifs



PFA | FILIÈRE
AUTOMOBILE
& MOBILITÉS

FEUILLES DE ROUTE
DÉTAILLÉES &
VALIDÉES

PLAN D'ACTIONS
CONCRETS

GOUVERNANCE &
PILOTAGE DE LA
MISE EN ŒUVRE

RECOMMANDATION
AUX POUVOIRS
PUBLICS

Le projet Économie Circulaire a été mené en plusieurs étapes : les feuilles de route par chantier viennent d'être faites. Il reste à mettre en œuvre les plans d'actions...

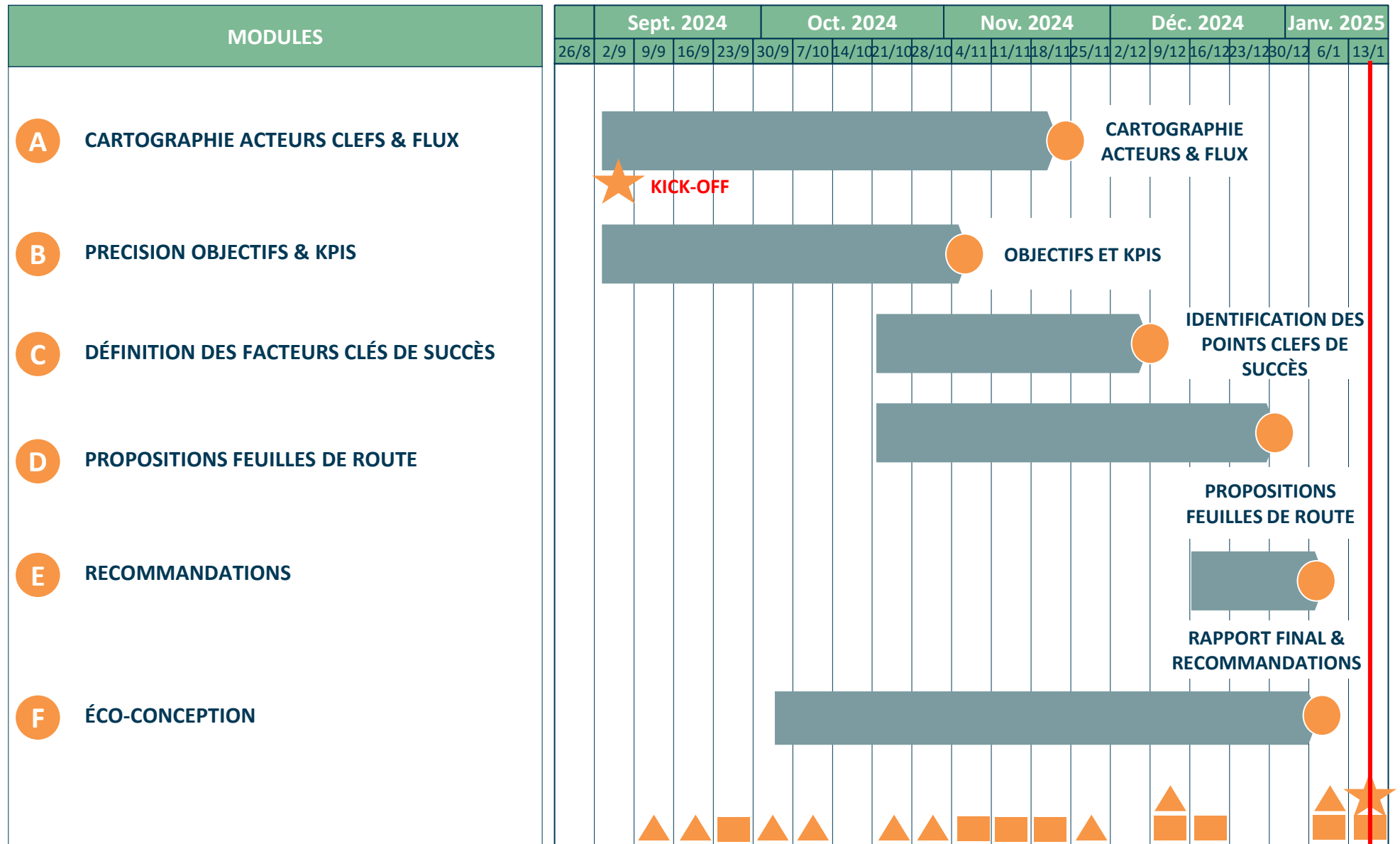
Projet Économie Circulaire – Description Méthodologie

ETAPES



Un calendrier de 4 mois avec des comités de pilotage toutes les 2 semaines et des webinars et des Groupes de Travail au fur-et-à-mesure de l'avancement du projet

Calendrier



 **Délivrables**
 **Comité de pilotage**
 **Jalon du projet**
 **Webinars / Groupes de travail**

Nous avons réalisé 110 entretiens et 5 restitutions intermédiaires sur différents chantiers depuis le début de l'étude

Point d'avancement - Entretiens & Webinars



Plus de 130 études de 100 sources distinctes ont été analysées dans le cadre des neuf chantiers du projet

Récapitulatif – Études analysées

- ▶ **137 études analysées issues de 100 sources variées** : cabinets de conseil, travaux académiques, rapports ministériels, UE, etc.

▶ 5.1b - DÉMONTAGE

- **1 étude principale** : ADEME (2022-2023)
- **9 autres études** : ADEME, WDA, Groupe Surplus Recyclage, IDDRI, FEDEREC, INDRA, Derichebourg, Galloo

▶ 5.3 - RECYCLAGE DE L'ALUMINIUM

- **3 études principales** : ADEME & Deloitte (2023), ADEME (2023), Ducker (2022)
- **8 autres études** : XERFI (2023), BRGM (2016), Mine urbaine (2022), CNI (2020), XERFI (2024), European Aluminium (2024), IRT M2P (2021), Alumobility (2024)

▶ 5.3 - RECYCLAGE DE L'ACIER

- **2 études principales** : ADEME & Deloitte (2023), ADEME (2024)
- **8 autres études** : XERFI (2023), BRGM (2016), CNI (2020), Mine urbaine (2022), IFRI (2023), (2019), Sénat (2019), CELSA (2014), IDDRI (2024)

▶ 5.4 - RECYCLAGE DES PLASTIQUES

- **6 études principales** : SystemIQ, 2 de Plastic Europe, 2 de JRC, ADEME (2022)

▶ 5.4 - RECYCLAGE DU CAOUTCHOUC

- **3 études principales** : ADEME, Elanova Lab, SNCP-LRCCP
- **3 autres études** : Michelin et Bridgestone, ICTP-CSIC (ES), Université de Mons

▶ 5.5 - RECYCLAGE DES BATTERIES

- **2 études principales** : SystemIQ, AVERE, Commission européenne

▶ 5.6 - COMPOSANTS ÉLECTRONIQUES

- **3 études principales** : EPoSS (2023), Christian Thomas (2020), Fondation Carmignac (2024)
- **4 autres études** : FIEEC, EECONE, ADEME, New Horizon College of Engineering

▶ 5.7 - VÉHICULES INDUSTRIELS

- **3 études principales** : CIDER (2017), ADEME, INDRA et Renault Trucks (2021), ACEA (2020)

Nous avons échangé avec 160 personnes environ, conduit 5 webinars et animé 7 Groupes de Travail

Point d'avancement - Entretiens et webinars

► 111 entretiens réalisés avec 158 personnes sur les différents chantiers

► 5 WEBINARS RÉALISÉS :

- Webinar - Recyclage des métaux - 05/11
- Webinar - Recyclage des plastiques et des composites - 13/11
- Webinar - Recyclage des batteries - 19/11
- Webinar - Recyclage du caoutchouc - 11/12
- Webinar - Recyclage des composants électroniques - 18/12

► 7 GROUPES DE TRAVAIL RÉALISÉS :

- Groupe de travail Composants électroniques - 03/12
- Groupe de travail Plastiques - 13/12
- Groupe de travail Transport et stockage des batteries - 17/12
- Groupe de travail Démontage - 18/12
- Groupe de travail Recyclage des batteries - 19/12
- Groupe de travail Acier - 20/12
- Groupe de travail Aluminium - 09/01

Nous avons travaillé avec l'ensemble des parties prenantes sur la chaîne de valeur de l'économie circulaire : près de 100 organisations au total...

Organisations ayant participé au projet : interviews, groupes de travail, autres contributions

ENTREPRISES PRIVÉES



INSTITUTIONS PUBLIQUES



ASSOCIATIONS PROFESSIONNELLES



Pour chacun des chantiers, une feuille de route a été définie pour chaque sujet priorisé

Introduction et méthodologie des feuilles de route

5.X

STRUCTURE DE LA FEUILLE DE ROUTE POUR CHAQUE CHANTIER :

Acteurs présents et invités au premier groupe de travail

1

Présentation des sujets priorisés à la suite du premier groupe de travail

2

Pour chacun des sujets priorisés, présentation d'une feuille de route pour de potentielles nouvelles réunions du groupe de travail. La feuille de route contient :

- **Objectif du groupe de travail**
- **Résultats attendus**
- **KPIs**
- **Facteurs clés de succès**
- **Prochaines étapes**
- **Propositions de recommandations aux pouvoirs publics**

3

NOUS PROPOSONS À LA FIN DES FEUILLES DE ROUTE UNE PRÉSELECTION DE SUJETS À PRIORISER EN 2025 POUR LA PFA

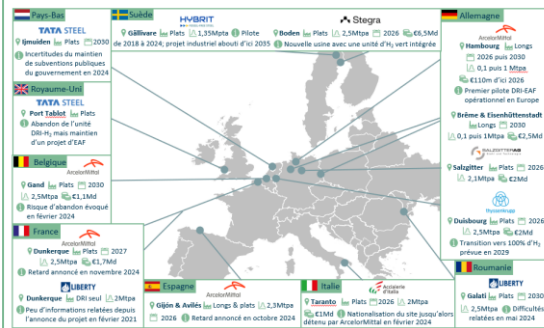
Le projet a délivré un certain nombre de livrables qui seront partagés par la PFA avec tous les participants

Livrables du projet

1

**ÉTAT DES LIEUX :
CARTOGRAPHIE DES
ACTEURS, FLUX & DES
TECHNOLOGIES,
IDENTIFICATION DES
POINTS CLEFS DE
SUCCÈS**

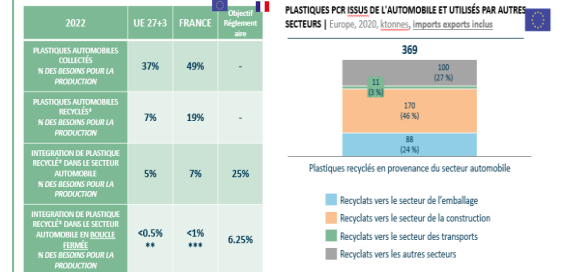
ACTEURS ET TECHNOLOGIES



2

SYNTHÈSE PAR CHANTIER

SYNTHÈSES



3

**PROPOSITION DE
FEUILLES DE ROUTE
PAR CHANTIER**

FEUILLE DE ROUTE



4

SYNTHÈSE GLOBALE DU PROJET

PRÉSENTATION FINALE



AGENDA

- ▶ INTRODUCTION
- ▶ INTERVIEWS RÉALISÉES ET ÉTUDES COLLECTÉES
- ▶ **INTRODUCTION DE LA FILIÈRE : CATÉGORIES DE PIÈCES, RÉGLEMENTATIONS ET TECHNOLOGIES**
 - **CATÉGORIES DE PIÈCES**
 - RÉGLEMENTATION
 - TECHNOLOGIES DE RECYCLAGE
- ▶ PNEUMATIQUES
- ▶ CAOUTCHOUCS INDUSTRIELS
- ▶ SYNTHÈSE DES SUJETS REMONTÉS EN INTERVIEW
- ▶ IDENTIFICATION DES SUJETS CLÉS POUR DISCUSSION
- ▶ ANNEXES

Les composants en caoutchouc dans un véhicule sont segmentés en 4 catégories, représentant moins de 5% de la masse du véhicule

Pièces en caoutchouc

COMPOSANTS	Pneus	Pièces d'étanchéité	Systèmes antivibratoires	Systèmes de transmission	Transfert de fluides	Gaines de faisceaux
						
TYPE DE COMPOSANTS		▶ Joints de capots, de coffre, ... ▶ Coulisses de vitre, de parebrise ▶ Joints de colonnes de direction	▶ Supports moteur, bielle, ... ▶ Articulation, semelle de suspension, ...	▶ Courroie de transmission	▶ Tuyaux (radiateur, carburant, frein) ▶ Raccords d'air ▶ Durites	▶ Gaines de faisceaux
MASSE DANS UN VHU (ENTRÉ EN CENTRE EN 2022)	39,2 kg	12,2 kg				
POURCENTAGE EN MASSE DU VÉHICULE	3,5%	1,1%				

AGENDA

- ▶ INTRODUCTION
- ▶ INTERVIEWS RÉALISÉES ET ÉTUDES COLLECTÉES
- ▶ **INTRODUCTION DE LA FILIÈRE : CATÉGORIES DE PIÈCES, RÉGLEMENTATIONS ET TECHNOLOGIES**
 - CATÉGORIES DE PIÈCES
 - **RÉGLEMENTATION**
 - TECHNOLOGIES DE RECYCLAGE
- ▶ PNEUMATIQUES
- ▶ CAOUTCHOUCS INDUSTRIELS
- ▶ SYNTHÈSE DES SUJETS REMONTÉS EN INTERVIEW
- ▶ IDENTIFICATION DES SUJETS CLÉS POUR DISCUSSION
- ▶ ANNEXES

La réglementation sur le statut de déchet des pneus usagés diverge entre les pays européens, et complexifie la gestion logistique de la valorisation des pneus

Synthèse de la réglementation actuelle

ARRÊTÉ DU 11 DÉCEMBRE 2018 FIXANT LES CRITÈRES DE SORTIE DU STATUT DE DÉCHET

- ▶ **Arrêté du 11 décembre 2018 fixant les critères de sortie du statut de déchet pour les objets et produits chimiques ayant fait l'objet d'une préparation en vue de la réutilisation:** L'arrêté permet aux pneumatiques hors usage et d'autres produits de sortir du statut de déchets sous plusieurs conditions :
 - **Un contrôle technique et administratif** des déchets afin d'identifier les opérations à réaliser qui permettra de garantir que le déchet pourra être directement réutilisé pour le même usage qu'initialement prévu
 - A été conclu **un contrat de cession** pour les objets issus de la préparation en vue de la réutilisation ou sont proposés à la **vente aux particuliers** dans un espace de distribution opéré par le demandeur

LOI ANTI-GASPILLAGE POUR UNE ÉCONOMIE CIRCULAIRE (AGEC) - 2020

- ▶ **Loi n° 2020-105 du 10 février 2020**, est la pierre angulaire des politiques françaises d'économie circulaire. Quelques mesures spécifiques au caoutchouc dans l'industrie automobile:
 - **Article 60 :** Obligation **dans le cadre de la commande publique** à utiliser des pneus rechapés
 - **Article 70 :** **amendement du code de la construction et habitation** renforçant la Responsabilité Élargie des Producteurs (REP), qui impose aux fabricants de véhicules de prendre en charge le cycle de vie complet des véhicules, y compris leur collecte, leur traitement et leur recyclage. En conséquence, un cahier des charges de la filière REP déchets pneumatiques a été élaboré

RÉVISION DE LA RÉGLEMENTATION EUROPÉENNE SUR L'HOMOLOGATION DES PNEUMATIQUES - 2024

- ▶ **Règlement européen R117-04**, entré en vigueur le 1^{er} juillet 2024, il renforce la sécurité routière en incluant de nouveaux tests pour évaluer la performance des pneumatiques sur sol mouillé, y compris lorsqu'ils sont usés :
 - **Test de freinage** sur sol mouillé qui évalue la distance nécessaire pour décélérer de 80 à 20 km/h sur un revêtement routier standard avec une hauteur d'eau d'un millimètre
 - Évaluation précise de la sécurité des pneus **jusqu'à la limite légale de 1,6 mm de profondeur de sculpture**

Réglementation française

Réglementation européenne

AGENDA

- ▶ INTRODUCTION
- ▶ INTERVIEWS RÉALISÉES ET ÉTUDES COLLECTÉES
- ▶ **INTRODUCTION DE LA FILIÈRE : CATÉGORIES DE PIÈCES, RÉGLEMENTATIONS ET TECHNOLOGIES**
 - CATÉGORIES DE PIÈCES
 - RÉGLEMENTATION
 - **TECHNOLOGIES DE RECYCLAGE**
- ▶ PNEUMATIQUES
- ▶ CAOUTCHOUCS INDUSTRIELS
- ▶ SYNTHÈSE DES SUJETS REMONTÉS EN INTERVIEW
- ▶ IDENTIFICATION DES SUJETS CLÉS POUR DISCUSSION
- ▶ ANNEXES

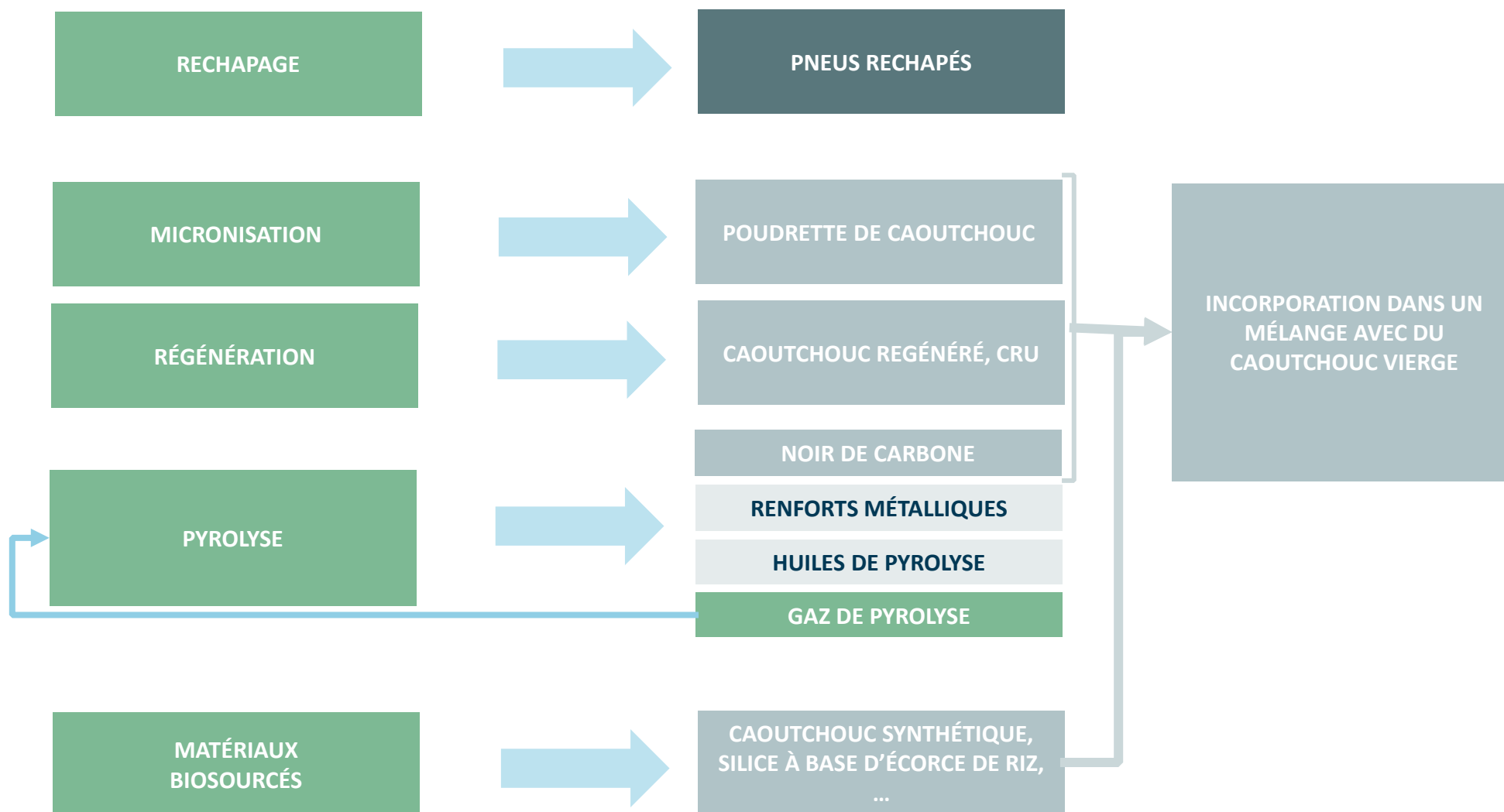
Les 4 technologies (hors rechapage) ont des degrés de maturité différents, mais permettent de réduire l'empreinte carbone par rapport à la matière vierge

Zoom Technologies – Récapitulatif (1/2)

TECHNOLOGIE	OBJECTIF	COÛTS	EMISSION CARBONE	MATURITÉ INDUSTRIELLE	LIMITES
RECHAPAGE	Remplacement de la bande de roulement usée d'un pneumatique	VP: prix équivalent à un pneu neuf de rang 2 VI: 40% moins cher qu'un pneu neuf équivalent	60% moins d'émissions carbone	Mature	Tri strict des pneus en amont Concurrence des pneus asiatiques neufs
MICRONISATION	Broyage mécanique du caoutchouc puis incorporation de la poudre avec du caoutchouc vierge	50% moins cher que le caoutchouc vierge	Réduction de l'empreinte carbone par 30%	Mature	Taux d'incorporation limité à 4% actuellement dans les pneus, 10% dans les pièces
RÉGÉNÉRATION	Traitement thermomécanique pour revenir proche de l'état cru	Pas de données spécifiques	Pas de données spécifiques	Stade R&D, début d'industrialisation	Jusqu'à 20% d'incorporation, selon les cahiers des charges
PYROLYSE	Chauffage du caoutchouc à très haute température, sans oxygène	Le noir de carbone est récupéré à un prix plus élevé que le noir de carbone vierge	Empreinte carbone 80% moins élevée	Stade R&D à échelle semi-industrielle	Noir de carbone de différents grades Taux d'incorporation actuellement limité à moins de 5%
MATÉRIAUX BIOSOURCÉS	Incorporation de caoutchouc synthétique biosourcé, silice à base d'écorce de riz	Coût variable selon le matériau biosourcé utilisé, mais plus élevé que le caoutchouc vierge	Empreinte carbone dépend du matériau biosourcé	Stade R&D, avec quelques pneus pilotes	Réglementation pas claire sur le statut des matériaux biosourcés

Chaque technologie permet d'obtenir des produits finaux spécifiques, complémentaires les uns aux autres.

Zoom Technologies – Récapitulatif (2/2)



Valorisés pour d'autres utilisations

Rechapage : les pneus réchappés sont aussi performants que des neufs avec 60% d'émissions en moins, mais font face à une concurrence neuve asiatique importante

Zoom Technologies – Rechapage de pneus

PRÉSENTATION

- ▶ **Remplacement de la bande de roulement usée d'un pneumatique**
- ▶ D'abord la gomme restante est retirée, ensuite le pneu est rhabillé par une nouvelle gomme, qui sera ensuite vulcanisée

LIMITES

- ▶ **Un tri strict des pneus en amont** doit être effectué : moins de 30% des pneus sont rechapés
- ▶ **La concurrence des pneus asiatiques:**
 - VP : Fermeture de la quasi-totalité des sociétés de rechapage en France
 - VI : Part de marché des pneus rechapés de 48% à 25% en 10 ans

COÛTS

- ▶ **Pour les VP :** Les pneus rechapés de la société Black Star ont un prix équivalent à un pneu neuf de rang 2 en France, mais plus chers qu'un pneu neuf de qualité inférieur importé depuis l'Asie
- ▶ **Pour les VI :** Les pneus rechapés sont 40% moins chers que les pneus neufs équivalents

EMISSIONS CARBONE

**60% moins d'émission carbone
que pour un pneu neuf**

PERFORMANCE

- ▶ **Pour les VP :** Les pneus rechapés de la société Black Star ont une performance égale à un pneu neuf de rang 2
- ▶ **Pour les VI :** Les pneus rechapés ont la même performance que les pneus neufs équivalents

RÉGLEMENTATIONS

- ▶ **Article 60 de la loi AGEC :** Obligation dans le cadre de la commande publique de recourir à des pneus rechapés
- ▶ **Cahier des charges de la filière REP 2024-2028 :** Pourcentage minimal de rechapage de 4% (2024), 6% (2026) et 10% (2028) pour les véhicules légers, et de 50% (2028) pour les poids lourds

Micronisation (recyclage mécanique) : 50% moins chère que le caoutchouc vierge et réduction de l'empreinte CO2 de 30%, mais taux d'incorporation limité de 4%

Zoom Technologies – Micronisation

PRÉSENTATION

- ▶ **Broyage mécanique** du caoutchouc en microparticules allant jusqu'à 100 microns
- ▶ **Incorporation de la poudre de caoutchouc** recyclé avec du caoutchouc vierge

LIMITES

- ▶ **Vulcanisation des élastomères :** Altération des propriétés des matériaux
- ▶ **Poudre de caoutchouc récupérée :** Propriétés non identiques, mélange d'une qualité inférieure
- ▶ Pour les pneumatiques, **pour des raisons de sécurité**, le taux d'incorporation est actuellement limité à 4%
- ▶ **Taux d'incorporation pièces : 10%**

COÛTS

- ▶ La poudre de caoutchouc micronisé est **50% moins chère** que le caoutchouc vierge

EMISSIONS CARBONE

- ▶ La micronisation permet de **réduire l'empreinte carbone du caoutchouc de 30%** par rapport au caoutchouc vierge

PERFORMANCE

- ▶ L'incorporation de poudre de caoutchouc micronisé diminue l'homogénéité du mélange, et **la qualité du produit final**

RÉGLEMENTATIONS

- ▶ **Cahier des charges de la filière REP 2024-2028 :** Pourcentage minimal d'incorporation de caoutchouc provenant de déchets de pneus (boucle fermée) de 5% en 2028

La régénération est une technologie en cours de développement, mais à ce stade, nous n'avons pas pu identifier les coûts associés et l'impact environnemental

Zoom Technologies – Régénération

PRÉSENTATION

- ▶ **Broyage mécanique** en copeaux ou granulats du caoutchouc vulcanisé
- ▶ **Malaxage** à faible taux de cisaillement de manière à homogénéiser en taille et température
- ▶ **Traitement mécanique** à un taux de cisaillement élevé pour obtenir un composite polymérique souple, peu élastique

LIMITES

- ▶ **Stage R&D, début d'industrialisation**
- ▶ **Libération de composés et additifs toxiques** intégrés au composé lors de sa production
- ▶ **Taux d'incorporation jusqu'à 20%** selon le cahier des charges des pièces en caoutchouc industriel

COÛTS

- ▶ **Pas de données spécifiques**, technologie en cours de développement
- ▶ Le caoutchouc régénéré est moins cher que le caoutchouc cru, mais plus cher que le caoutchouc micronisé

EMISSIONS CARBONE

- ▶ **Pas de données spécifiques**, technologie en cours de développement
- ▶ L'empreinte carbone du caoutchouc régénéré est moins élevée que pour le caoutchouc cru, mais plus élevée que pour le caoutchouc micronisé

PERFORMANCE

- ▶ **Conversion efficace à 99%**
- ▶ **Pas de sous-produits résiduels**
- ▶ **Taux d'incorporation pouvant atteindre 30% pour le caoutchouc issu des bandes ôtées aux pneus à rechaper**

RÉGLEMENTATIONS

- ▶ **Pas de réglementation spécifique**, technologie en cours de développement

Pyrolyse : technologie peu mure en cours de développement, avec de faibles taux d'incorporation, mais qui prévoit une diminution importante de l'empreinte carbone

Zoom Technologies – Pyrolyse

PRÉSENTATION

- ▶ **Chauffage du caoutchouc à très haute température, sans oxygène**, et récupération de produits solides, liquides et gaz
- ▶ Le produit **solide** contient du **noir de carbone récupéré** et des renforts métalliques,
- ▶ La partie **liquide** contient des **huiles de pyrolyse**,
- ▶ Le gaz peut être utilisé pour alimenter une deuxième pyrolyse en autonomie

LIMITES

- ▶ **Stade de R&D** : le noir de carbone régénéré ne couvre pas tous les grades encore
- ▶ **Peu d'industrialisation**, donc faibles volumes encore
- ▶ Ces différences de grades limitent le taux d'incorporation de noir de carbone à **moins de 5%**

COÛTS

- ▶ Le prix de noir de carbone recyclé **est plus élevé** que le noir de carbone vierge

EMISSIONS CARBONE

- ▶ L'empreinte carbone du noir de carbone récupéré est **80% moins élevée** que pour le noir de carbone vierge

PROJETS R&D

- ▶ **Projet Black Cycle** : Passage de l'échelle R&D à une **échelle semi-industrielle**
- ▶ **Michelin** : Annonce un projet avec la startup suédoise Enviro pour une **capacité d'1 MT** de pneus usagés d'ici 2030
- ▶ **En Europe** : Pyrum Innovations en Allemagne, L4T et Greenval Technologies en Espagne, Bolder Industries au Royaume-Uni

RÉGLEMENTATIONS

- ▶ **Cahier des charges de la filière REP 2024-2028** : Pourcentage minimal d'incorporation de caoutchouc provenant de déchets de pneus (boucle fermée) de 5% en 2028
- ▶ **Arrêté du 19 février 2024** : Les huiles de pyrolyse demeurent au statut de déchet en France

Biosourcés : face aux faibles taux d'incorporation de caoutchouc recyclé, les acteurs investissent dans la R&D pour incorporer des matériaux biosourcés

Zoom Technologies – Incorporation de matériaux biosourcés

PRÉSENTATION	LIMITES	COÛTS
▶ Incorporation de caoutchouc synthétique biosourcé, de silice à base d'écorce de riz, ...	▶ Stade de R&D ▶ La réglementation ne précise pas clairement le statut des matériaux biosourcés ▶ Risque d'impact négatif sur l'organisation des terrains agricoles, et l'approvisionnement en aliments	▶ Le coût est variable selon le matériau biosourcé utilisé, et n'est pas encore précis après passage à l'échelle industrielle, mais reste généralement plus élevé que le caoutchouc vierge
EMISSIONS CARBONE	PROJETS R&D	RÉGLEMENTATIONS
▶ L'empreinte carbone dépend des matériaux biosourcés et n'est pas encore définie	▶ Michelin : Butadiène biosourcé dans le caoutchouc synthétique, Silice à base d'écorce de riz, ... ▶ Continental : Résines à bases de déchets de l'industrie du bois et du papier, Silice à base d'écorce de riz, ...	▶ Cahier des charges de la filière REP 2024-2028 : L'éco-organisme agréé réalise une étude sur les possibilités d'incorporation de matériaux biosourcés dans les pneumatiques et la remet au ministre chargé de l'environnement

AGENDA

- ▶ INTRODUCTION
- ▶ INTERVIEWS RÉALISÉES ET ÉTUDES COLLECTÉES
- ▶ INTRODUCTION DE LA FILIÈRE : CATÉGORIES DE PIÈCES, RÉGLEMENTATIONS ET TECHNOLOGIES
- ▶ **PNEUMATIQUES**
 - **CARTOGRAPHIE DES FLUX ET ACTEURS : SITES DE TRANSFORMATION EN FRANCE, TYPE DE VALORISATION, FLUX SORTANTS**
 - QUANTIFICATION DE LA MISE SUR LE MARCHÉ ET DE LA COLLECTE
 - VUE ACTUELLE ET FUTURE SUR LES BESOINS EN RECYCLAGE ET RÉINCORPORATION DE L'AUTOMOBILE : GISEMENTS, CAPACITÉS, PRÉVISIONS
- ▶ CAOUTCHOUCS INDUSTRIELS
- ▶ SYNTHÈSE DES SUJETS REMONTÉS EN INTERVIEW
- ▶ IDENTIFICATION DES SUJETS CLÉS POUR DISCUSSION
- ▶ ANNEXES

Le cahier des charges de la filière REP fixe aux éco-organismes un taux de recyclage en boucle fermée de 5% et un taux de rechapage de 10% pour les VP en 2028

Objectifs fixés dans le cahier des charges de la filière REP déchets pneumatiques – 2024-2028

	2024	2026	2028
POURCENTAGE MINIMAL DE QUANTITÉS À COLLECTER	96%	97%	98%
POURCENTAGE MINIMAL À RECYCLER SUR LES QUANTITÉS COLLECTÉES (HORS PNEUS RÉEMPLOYÉS ET RÉUTILISÉS)	40%	41%	42%
POURCENTAGE MINIMAL DE DÉCHETS DE PNEUMATIQUES À RÉINCORPORER DANS LES PNEUMATIQUES	-	-	5%
POURCENTAGE MINIMAL DE PRODUITS USAGÉS À PRÉPARER EN VUE DE LEUR RÉUTILISATION	17%	18%	19%
POURCENTAGE MINIMAL DE PRODUITS USAGÉS À RECHAPER	4% pour les VP -	6% pour les VP -	10% pour les VP 50% pour les VI

LE TAUX DE RECHAPAGE DES PNEUS VP EST TOMBÉ À 2% ET CELUI DES VI DE 48% À 25% SUITE À L'IMPORTATION DES PNEUS ASIATIQUES NEUFS MOINS CHERS. DES TARIFS DOUANIERS SERONT NÉCESSAIRES AFIN DE TENIR LES CIBLES

Les taux de réutilisation, en particulier pour le rechapage, sont faibles par rapport aux objectifs fixés par le cahier des charges de la filière REP

Taux actuels des organismes de la filière REP déchets pneumatiques

	Aliapur ¹ 2022	FRP ¹ 2022
POURCENTAGE DE QUANTITÉS COLLECTÉES	118% ²	103% ²
POURCENTAGE RECYCLÉ SUR LES QUANTITÉS COLLECTÉES (HORS PNEUS RÉEMPLOYÉS ET RÉUTILISÉS)	36%	37%
POURCENTAGE DE DÉCHETS DE PNEUMATIQUES RÉINCORPORÉS DANS LES PNEUMATIQUES	Pas de données	Pas de données
POURCENTAGE DE PRODUITS USAGÉS PRÉPARÉS EN VUE DE LEUR RÉUTILISATION (OCCASION OU RECHAPAGE)	15%	8%
POURCENTAGE MINIMAL DE PRODUITS USAGÉS RECHAPÉS	2,5%	

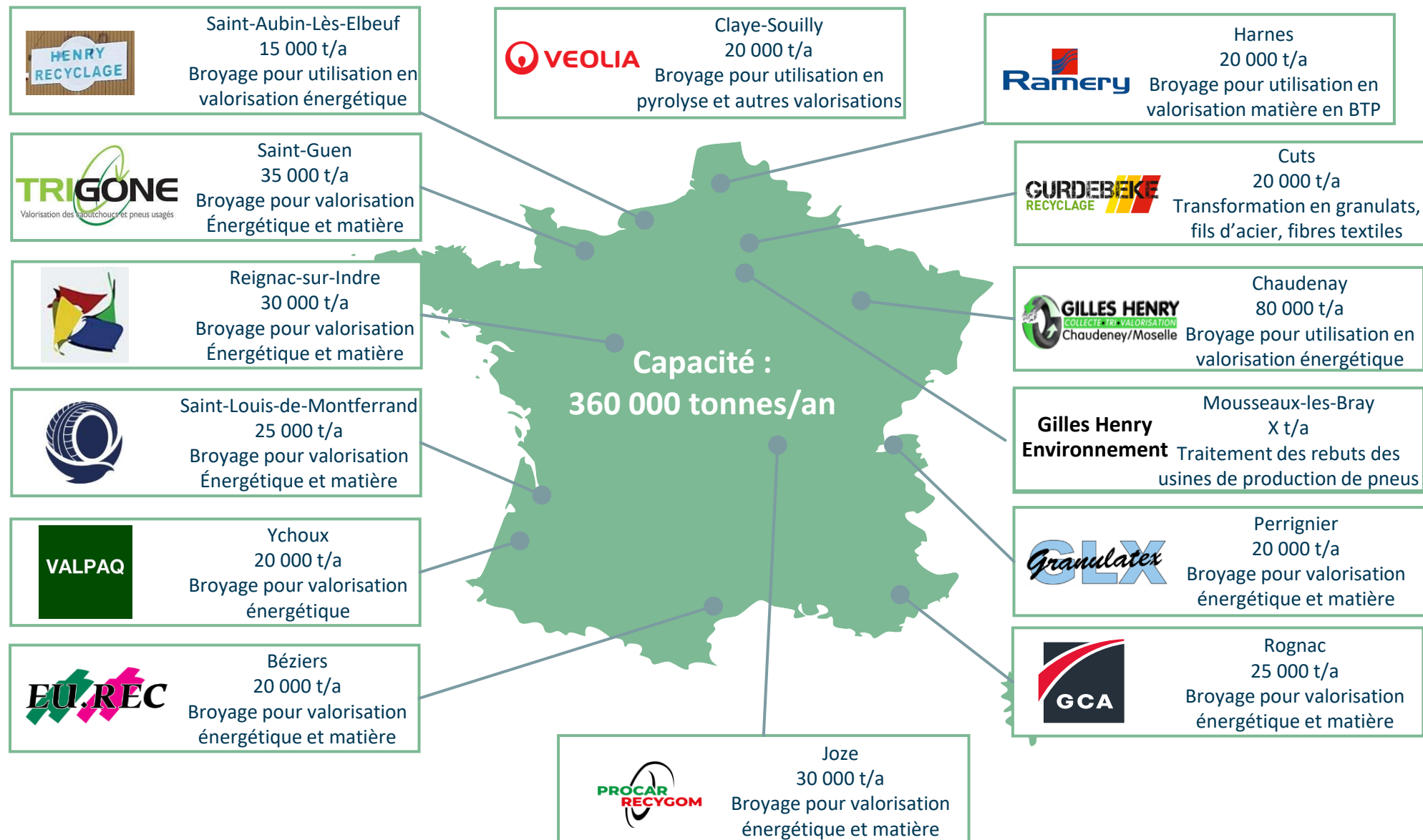
¹ Aliapur et FRP étaient les deux organismes collectifs principaux sur la période 2016-2023 avec un taux de mise sur le marché de 91% (DROM inclus)

² Taux de collecte = Quantité collectée année n (en tonnes) / Quantité mise sur le marché année n-1 (en tonnes)

Source : Centre National du Recyclage, ADEME, recherche & analyse Strat Anticipation

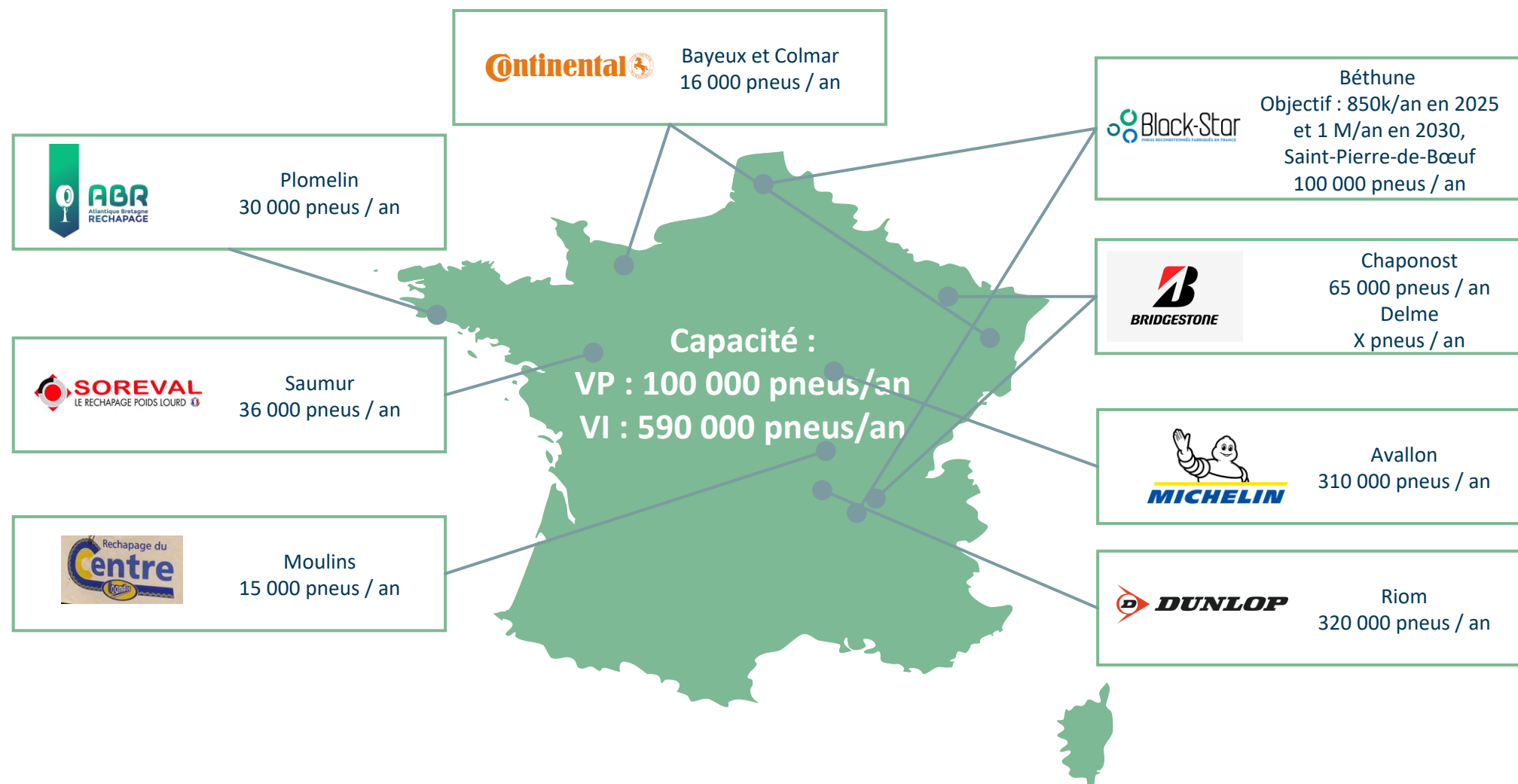
En France, 14 sites traitent les pneus collectés pour les préparer à une valorisation dans d'autres secteurs, avec une capacité totale de 360 000 tonnes par an

Capacités des sites de transformations des pneus usagés en tonnes par an – France



La capacité de rechapage de pneus pour PL atteint 590 000 pneus, alors que Black-Star relance l'activité pour VP en France à une capacité actuelle de 100 000 pneus

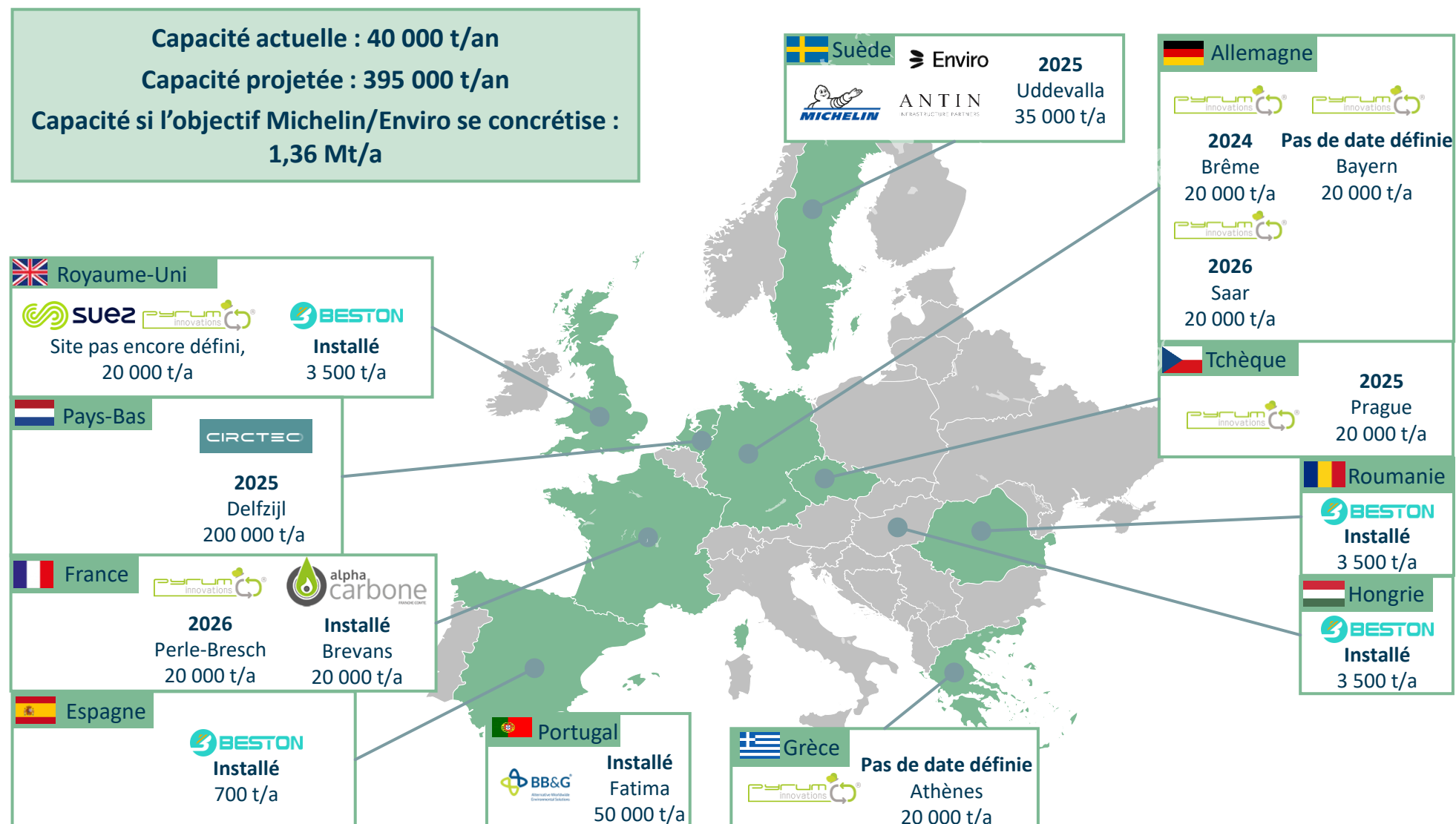
Capacité de rechapage de pneus en tonnes par an – France



Note : 1,8 M pneus pour poids lourds, et 48,2 M pneus pour véhicules légers ont été mis sur le marché en 2022
Source : Recherche & analyse Strat Anticipation

Pyrum est le leader européen avec de nombreux projets de sites annoncés, Enviro/Michelin se lancent aussi avec pour objectif à terme 1M de tonnes par an

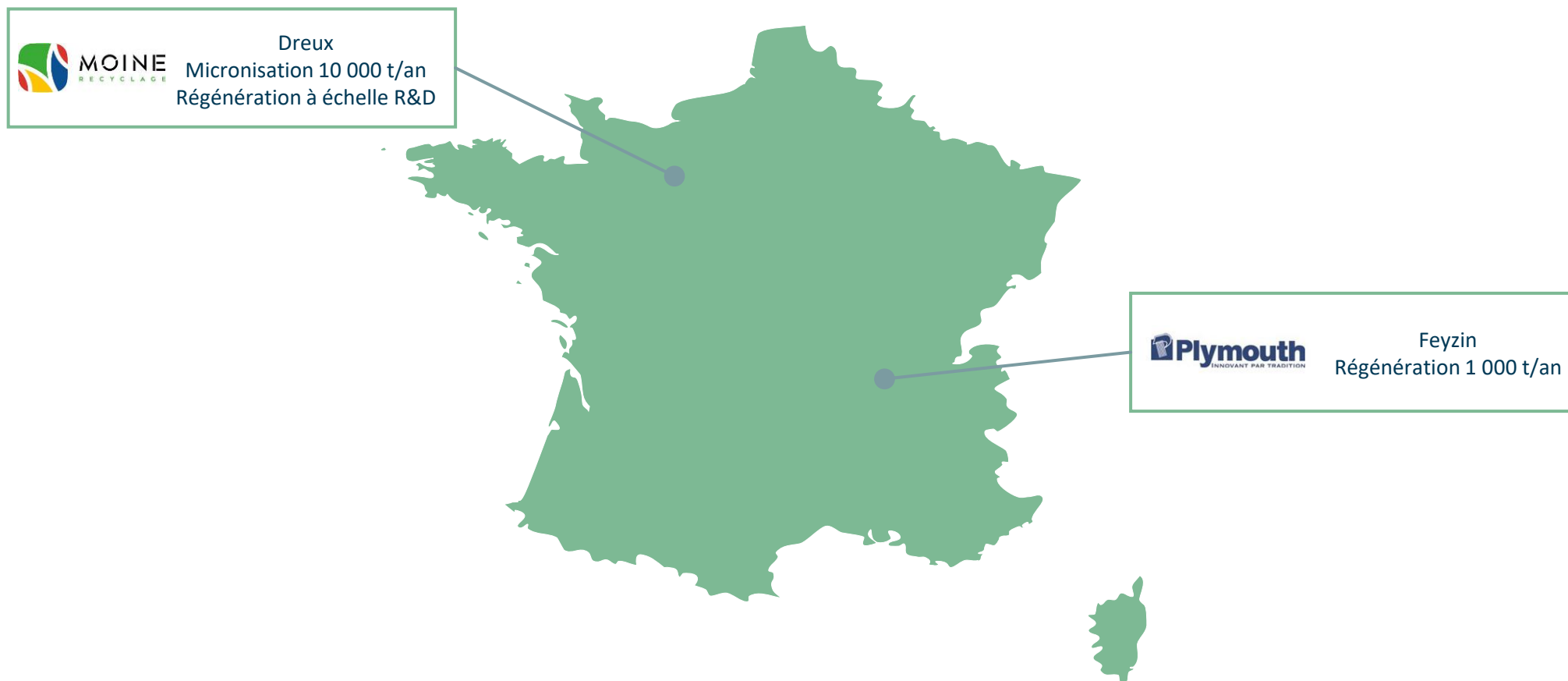
Capacités annoncées des principaux projets de pyrolyse en tonnes par années – Europe



Note : La société Beston vend des usines de pyrolyse de pneus, mais annonce uniquement le pays du client
 Source : Recherche & analyse Strat Anticipation

D'autres projets de recyclage par micronisation et régénération existent, mais disposent de faibles capacités, et ne sont pas bien répertoriés

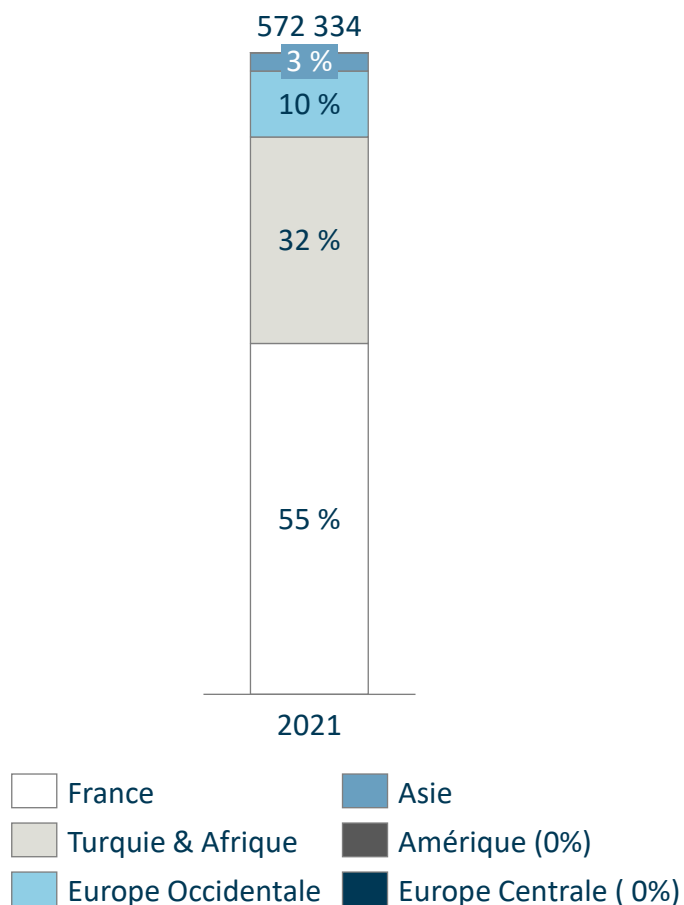
Capacité de micronisation et régénération de caoutchouc en tonnes par an – France



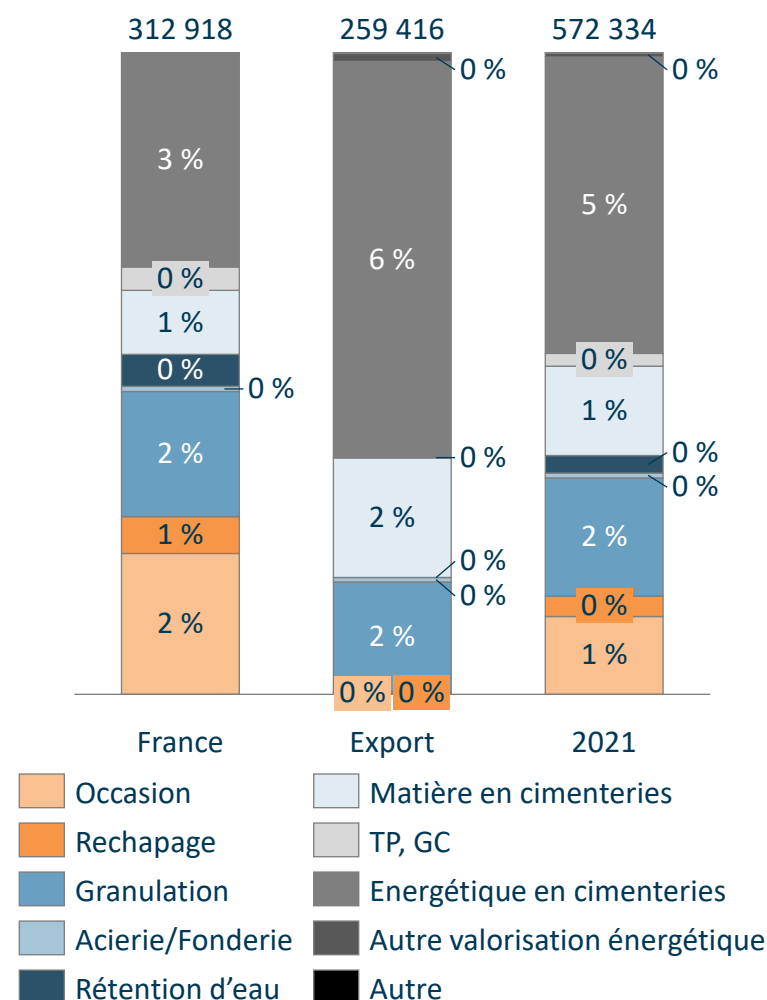
55% des pneus sont revalorisés en France. Les pneus exportés sont principalement (62%) utilisés pour une revalorisation énergétique en cimenterie

Types de traitement des pneus collectés en France

DISTRIBUTION GÉOGRAPHIQUE DU TRAITEMENT DES PNEUS COLLECTÉS EN FRANCE | En tonnes, 2021



DISTRIBUTION PAR TYPE DE TRAITEMENT EN FRANCE ET POUR LES EXPORTS | En tonnes, 2021



71% des exports de pneus usagés de la France sont exportés vers la Turquie et en Afrique, pour être valorisés en cimenteries, le gisement français est important.

Détail par région du traitement des pneus collectés en France puis exportés en tonnes – 2021

FAMILLE	TYPE	EUROPE OCCIDENTALE	EUROPE CENTRALE	TURQUIE & AFRIQUE	AMÉRIQUE	ASIE
RÉUTILISATION	Occasion	208		261	257	
	Rechapage	135	136			
RECYCLAGE	Granulation	28 261				16 137
	Aciérie/ Fonderie	1 781				
	Rétention d'eau pour matériaux drainants	6				
	Valorisation matière en cimenteries	5 801		42 667		
AUTRES VALORISATIONS	TP, GC			4		
	Valorisation énergétique en cimenteries	19 025		141 162		
	Autre valorisation énergétique	3 138				
	Autre	437				

Source : ADEME, recherche & analyse Strat Anticipation

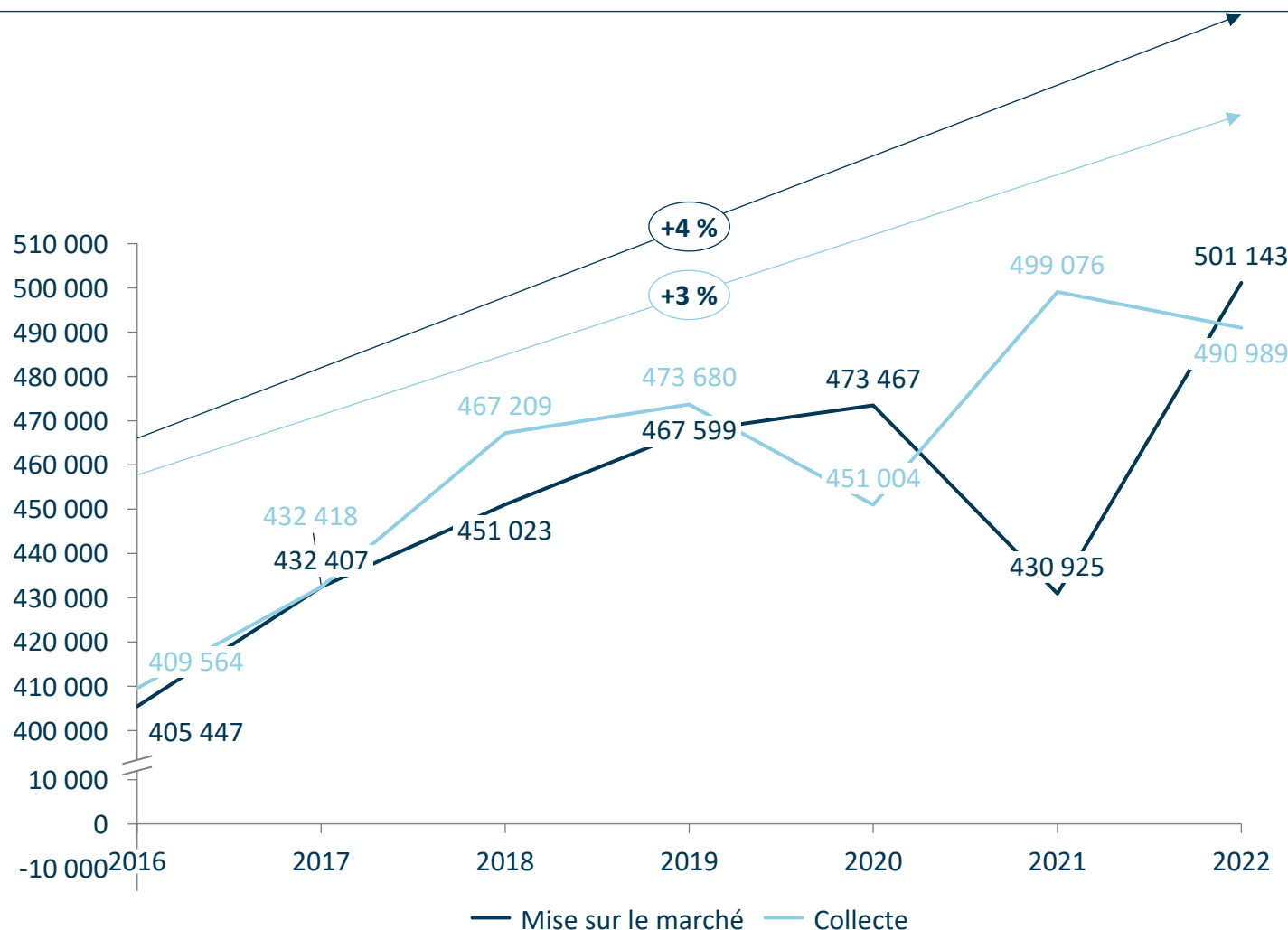
AGENDA

- ▶ INTRODUCTION
- ▶ INTERVIEWS RÉALISÉES ET ÉTUDES COLLECTÉES
- ▶ INTRODUCTION DE LA FILIÈRE : CATÉGORIES DE PIÈCES, RÉGLEMENTATIONS ET TECHNOLOGIES
- ▶ **PNEUMATIQUES**
 - CARTOGRAPHIE DES FLUX ET ACTEURS : SITES DE TRANSFORMATION EN FRANCE, TYPE DE VALORISATION, FLUX SORTANTS
- **QUANTIFICATION DE LA MISE SUR LE MARCHÉ ET DE LA COLLECTE**
 - VUE ACTUELLE ET FUTURE SUR LES BESOINS EN RECYCLAGE ET RÉINCORPORATION DE L'AUTOMOBILE : GISEMENTS, CAPACITÉS, PRÉVISIONS
- ▶ CAOUTCHOUCS INDUSTRIELS
- ▶ SYNTHÈSE DES SUJETS REMONTÉS EN INTERVIEW
- ▶ IDENTIFICATION DES SUJETS CLÉS POUR DISCUSSION
- ▶ ANNEXES

Conformément au cahier des charges de la filière REP déchets pneumatiques, le taux de collecte des pneus hors usage dépasse 100% en France métropolitaine

Quantification de la mise sur le marché et de la collecte – France

MISE SUR LE MARCHÉ ET COLLECTE DE PNEUMATIQUES | En tonnes, France Métropolitaine, 2016-2022



EN DEHORS DES ANNÉES AFFECTÉES PAR LE COVID, LE TAUX DE COLLECTE* DÉPASSE 100%

Note : Taux de collecte = Quantité collectée année n (en tonnes) / Quantité mise sur le marché année n-1 (en tonnes)
Source : recherche & analyse Strat Anticipation

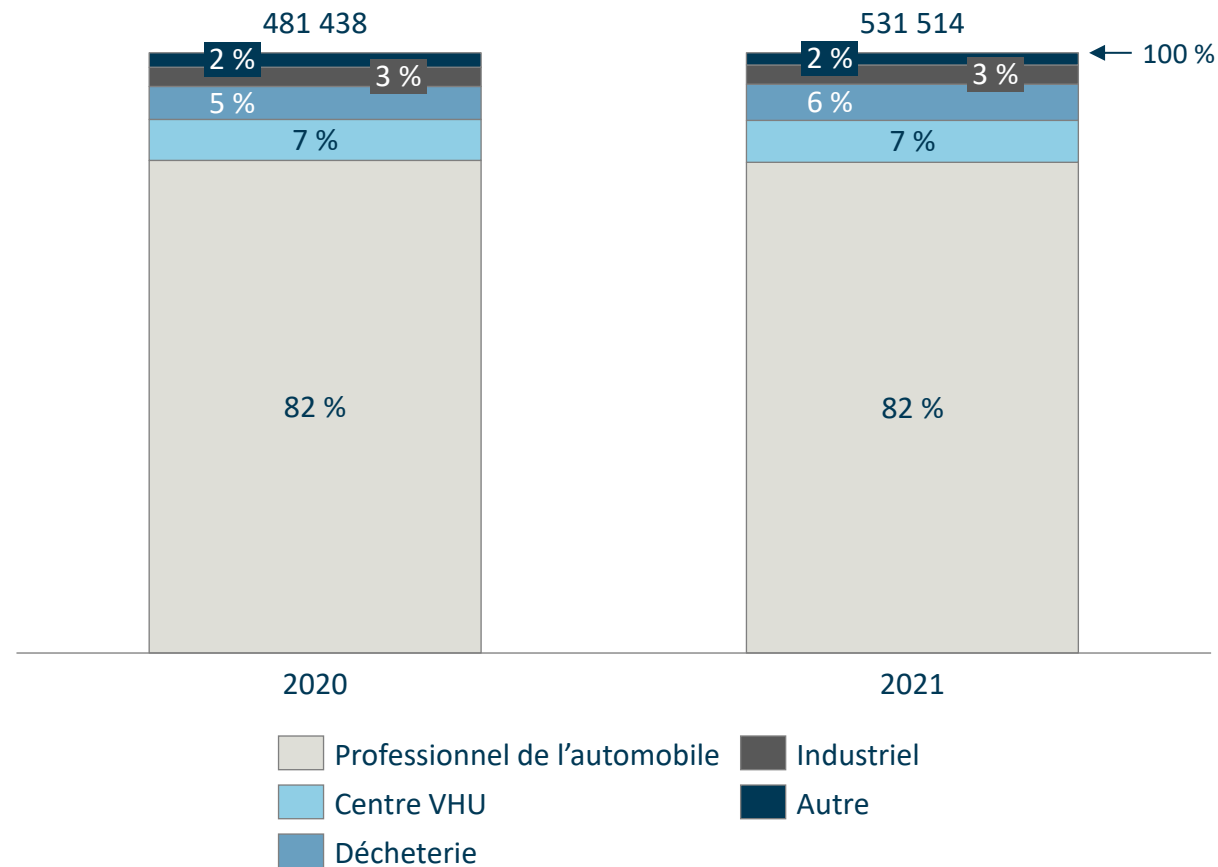
AGENDA

- ▶ INTRODUCTION
- ▶ INTERVIEWS RÉALISÉES ET ÉTUDES COLLECTÉES
- ▶ INTRODUCTION DE LA FILIÈRE : CATÉGORIES DE PIÈCES, RÉGLEMENTATIONS ET TECHNOLOGIES
- ▶ **PNEUMATIQUES**
 - CARTOGRAPHIE DES FLUX ET ACTEURS : SITES DE TRANSFORMATION EN FRANCE, TYPE DE VALORISATION, FLUX SORTANTS
 - QUANTIFICATION DE LA MISE SUR LE MARCHÉ ET DE LA COLLECTE
- ▶ **VUE ACTUELLE ET FUTURE SUR LES BESOINS EN RECYCLAGE ET RÉINCORPORATION DE L'AUTOMOBILE : GISEMENTS, CAPACITÉS, PRÉVISIONS**
- ▶ CAOUTCHOUCS INDUSTRIELS
- ▶ SYNTHÈSE DES SUJETS REMONTÉS EN INTERVIEW
- ▶ IDENTIFICATION DES SUJETS CLÉS POUR DISCUSSION
- ▶ ANNEXES

Les pneus collectés en France proviennent à 82% des professionnels de l'automobile, qui constituent le gisement le plus important

Gisements actuels de pneumatiques usagés – France

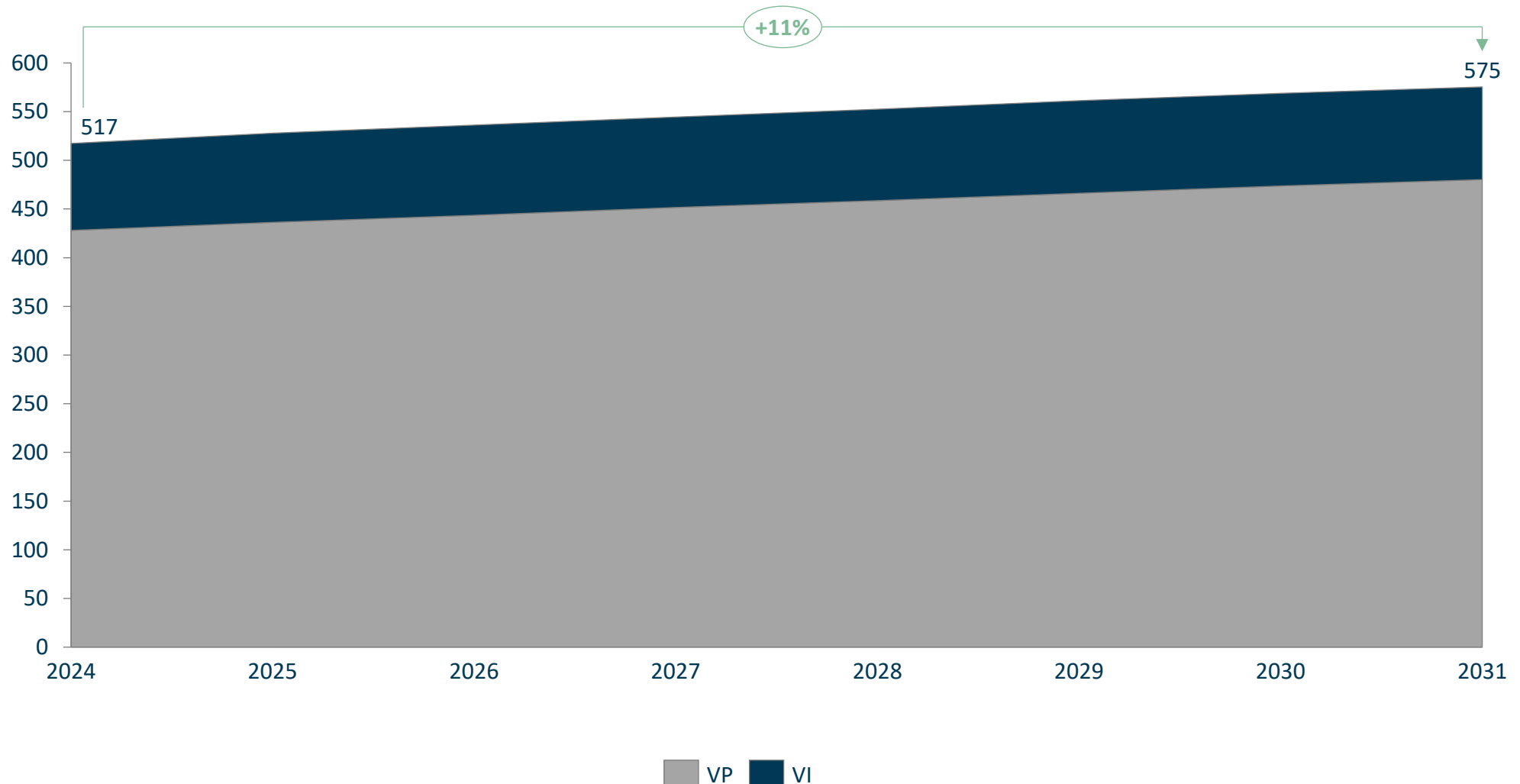
DISTRIBUTION DES GISEMENTS DE PNEUS | En Tonnes, France, 2020-2021



La collecte des pneus devrait continuer à croître avec l'élargissement du parc roulant

Collecte des pneus des véhicules en circulation

PRÉVISION DE LA COLLECTE DE PNEUS DES VÉHICULES EN CIRCULATION | En Kt, France, Parc, 2022-2031

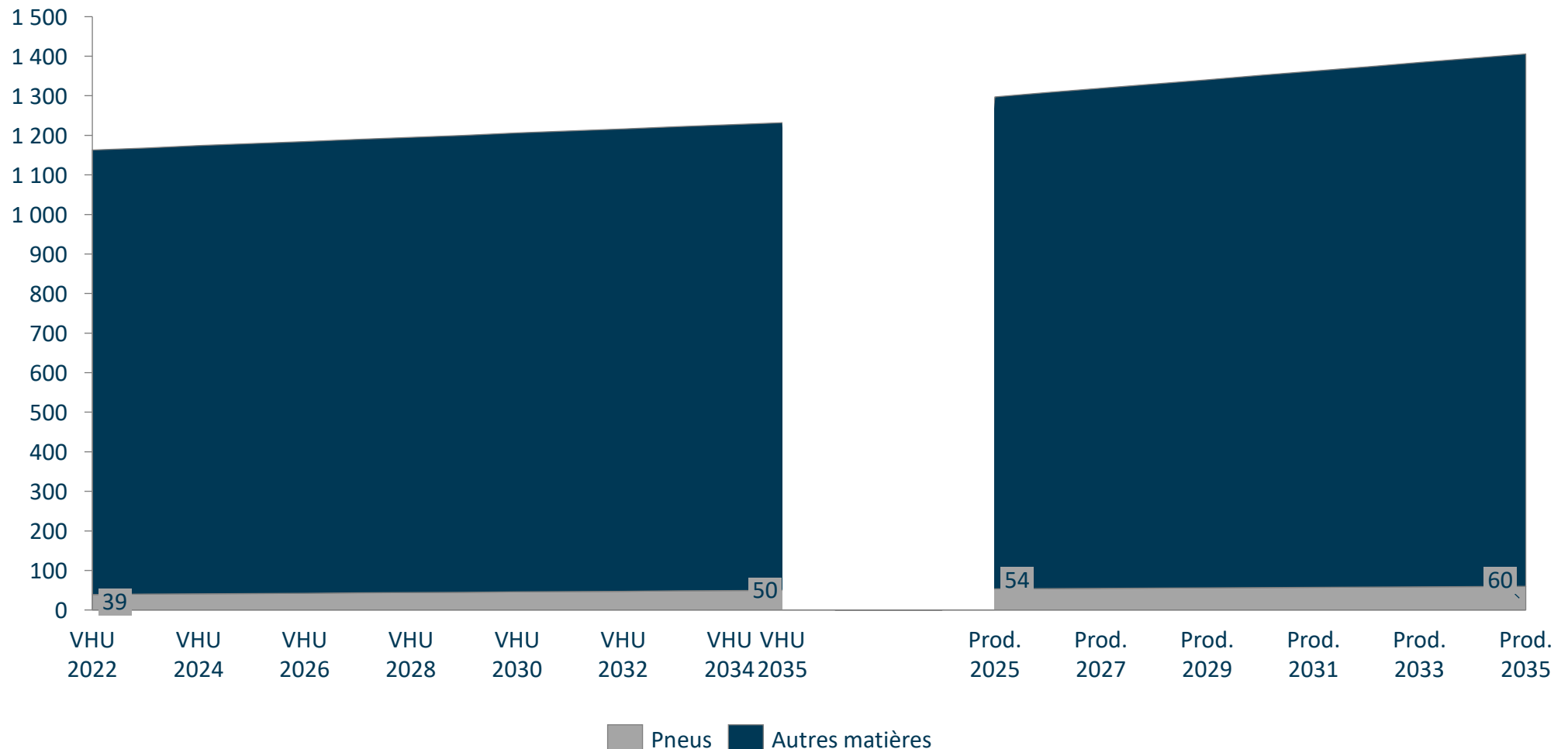


La masse moyenne des véhicules devrait continuer à croître avec l'électrification, avec une augmentation de la masse des pneus

Contenu moyen en pneu dans un véhicule

PRÉVISION DE L'ÉVOLUTION DU CONTENU MOYEN EN PNEUS DANS UN VÉHICULE |

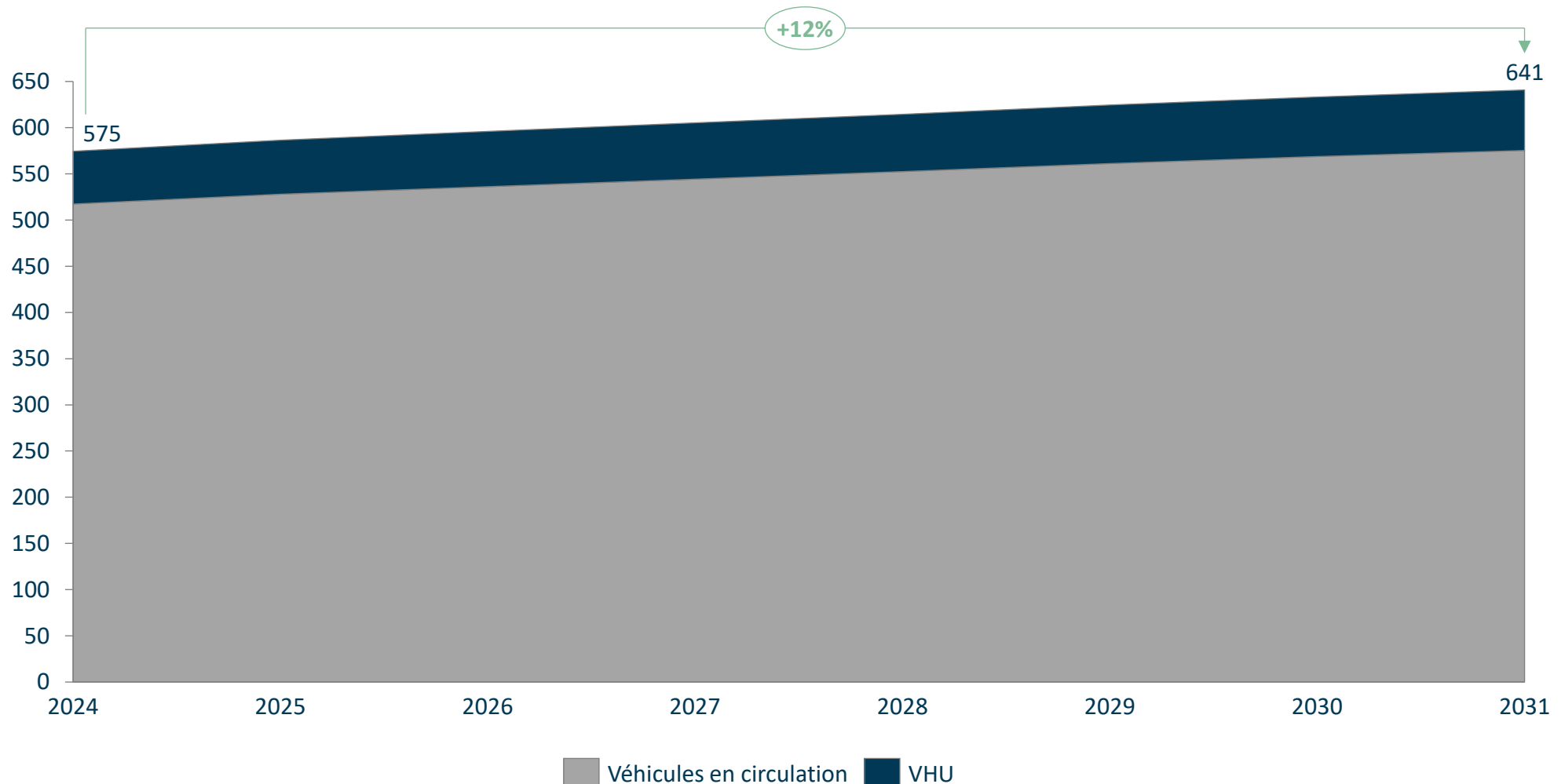
En kg, France & UE, VHU 2022-2035 - Sortie d'usine 2025-2035



La collecte des pneus devrait continuer à croître avec l'élargissement du parc roulant

Prévision de la collecte de pneus en France

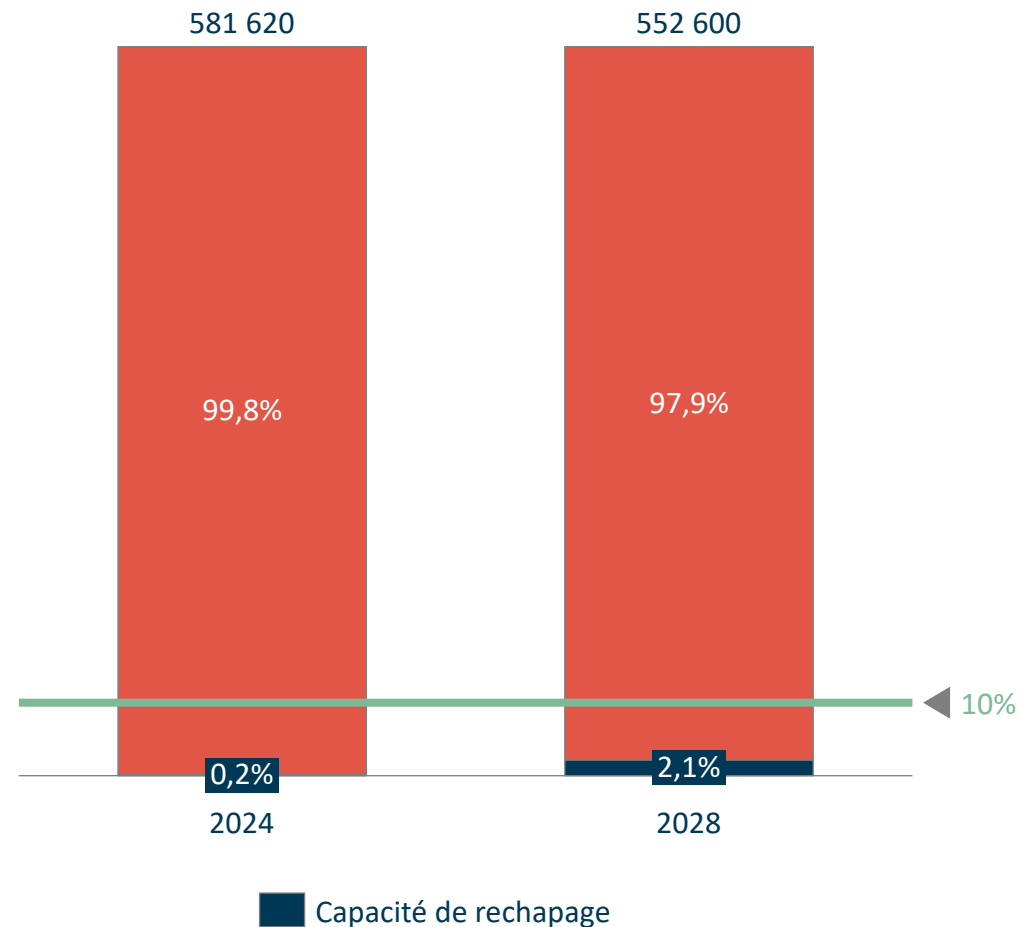
PRÉVISION DE LA COLLECTE DE PNEUS | En Kt, France, Parc et VHU, 2022-2031



Même si Black-Star augmente ses capacités, l'objectif de 10% de rechapage pour les VP fixés par le cahier des charges de la filière REP pour 2028 est difficile à atteindre

Capacités de rechapage et objectifs de la filière REP - VP

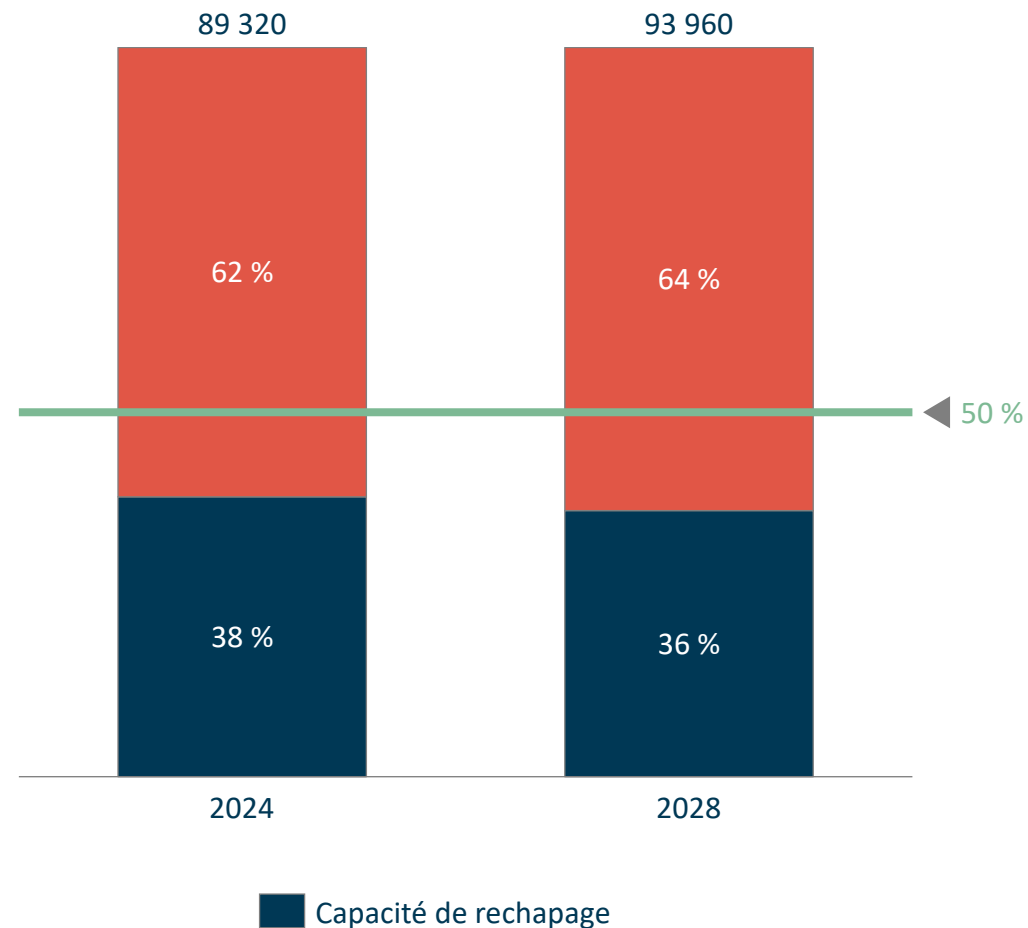
COLLECTE PRÉVISIONNELLE ET CAPACITÉ DE RECHAPAGE DES PNEUS POUR VP | En tonnes, France, VP, 2024-2028



L'objectif de rechapage fixé par la filière REP déchets pneumatiques pour les VI à l'horizon 2028 est également complexe à atteindre sans capacités supplémentaires

Capacités de rechapage et objectifs de la filière REP - VI

COLLECTE PRÉVISIONNELLE ET CAPACITÉ DE RECHAPAGE DES PNEUS POUR VI | En tonnes, France, VI, 2024-2028



Le démontage des pièces en caoutchouc dans les véhicules n'est pas encore généralisé, à cause de l'environnement qui dégrade la qualité des pièces

Etat de la filière de recyclage du caoutchouc industriel

FILIÈRE REP	Une filière REP n'est pas encore établie concernant le caoutchouc industriel
PRINCIPALES PIÈCES	• Joints de portière et joints de fenêtres • Durites et tuyaux de refroidissement de moteurs • Gaines de faisceaux
DÉMONTAGE	Les pièces ne sont pas démontées généralement, sauf dans le cas spécifique d'une étude
FREINS AU DÉMONTAGE DES PIÈCES	• La petite taille des pièces • Les manipulations multiples pour démonter les pièces (démonter le moteur pour les tuyaux, démonter les portières pour les gaines de faisceaux, ...)
FREINS AU RECYCLAGE DU CAOUTCHOUC	• Les huiles, essence, et liquides en contact avec le caoutchouc qui dégradent sa qualité • L'exposition à une température élevée sur de longue période altère les propriétés du caoutchouc • La présence de substances qui sont désormais interdites à l'utilisation
PISTES DE SOLUTION POUR FAVORISER LE RECYCLAGE	• Mettre en place un traitement dès la récupération pour purifier le caoutchouc avant le recyclage • Une réglementation plus claire sur la gestion des substances interdites et leur traitement • La définition de caoutchouc « recyclé » prenant en compte les rebuts de production traités et réincorporés

AGENDA

- ▶ INTRODUCTION
- ▶ INTERVIEWS RÉALISÉES ET ÉTUDES COLLECTÉES
- ▶ INTRODUCTION DE LA FILIÈRE : CATÉGORIES DE PIÈCES, RÉGLEMENTATIONS ET TECHNOLOGIES
- ▶ PNEUMATIQUES
- ▶ **CAOUTCHOUCS INDUSTRIELS**
 - **PIÈCES EN CAOUTCHOUC DANS UN VÉHICULE**
 - ETAT DE LA FILIÈRE
 - VUE ACTUELLE ET FUTURE SUR LES BESOINS EN RECYCLAGE ET RÉINCORPORATION DE L'AUTOMOBILE : GISEMENTS, CAPACITÉS, PRÉVISIONS
- ▶ SYNTHÈSE DES SUJETS REMONTÉS EN INTERVIEW
- ▶ IDENTIFICATION DES SUJETS CLÉS POUR DISCUSSION
- ▶ ANNEXES

Les pièces d'étanchéité de carrosserie sont en EPDM et TPE, alors que les joints pour moteur et transmission sont en ACM, Vamac ou HNBR principalement

Pièces d'étanchéité

FONCTION	PIÈCE	MATÉRIAU	COMMENTAIRE
Etanchéité de carrosserie	Joint statiques 	EPDM ou TPE	Les joints en EPDM flockés, les joints en TPE sont garnis d'une flock-tape collée, ou vernis avec une résine à base de silicone
	Joint de vitrage fixe encapsulé 	EPDM ou TPE	Base rigide en U (thermoplastique et fibres de verre) et d'une partie souple en TPE-S surmoulée par injection
	Joint Dynamiques 	EPDM compact et cellulaire	Pour les parties mobiles (portières, capot, coffre). Partie dynamique en cellulaire, vernie pour l'esthétique, équipée d'une pince en métal ou thermoplastique pour le montage
Etanchéité dynamique	Joint d'arbres 	ACM, FKM ou Vamac pour le moteur HNBR ou Vamac pour la transmission	Armature métallique sur laquelle est surmoulé et adhésivé un joint en caoutchouc. Localisés sur l'arbre de vilebrequin, l'arbre à cames, et sur la transmission (1 joint en entrée de boîte, et 2 joints sur les axes de transmission)
	Joint d'étanchéité de roulement de roues et joints de passage de direction 	NBR pour les joints de roulement de roue EPDM ou silicone pour les joints de passage de direction	Les joints de roulement de roue sont associés à un codeur qui mesure en continu la vitesse de rotation des roues. Le joint de passage de direction assure l'étanchéité entre l'habitacle et le compartiment moteur
	Joint de Piston de BVA 	ACM ou Vamac	Les pistons des transmissions automatiques sont équipés de joints d'étanchéités
Etanchéité statique	Joint d'étanchéité statique	ACM, Vamac, parfois en HNBR	Joint de couvre de culasse et joint de carter d'huile. Ils sont moulés et comportent parfois des inserts métalliques

Les raccords de transfert de fluides doivent résister à des conditions plus contraignantes, leur composition est donc plus complexe

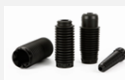
Raccords de transfert de fluide

PIÈCE	MATÉRIAU	COMMENTAIRE
Circuit de refroidissement	EPDM	Un ou deux petits tuyaux pour remplissage et dégazage, deux raccords de plus gros diamètre pour l'entrée et la sortie du radiateur, deux tuyaux aérotherme pour un radiateur secondaire pour chauffage de l'habitacle
Turbocompresseurs	TPE, AEM, ACM pour durites d'admission d'air Intérieur en ACM, AEM, FKM, FVMQ et extérieur en ACM, AEM, VMQ pour durites de sortie de turbo	Les durites d'admission d'air ne sont pas exposées à de très hautes températures Les durites de sortie de turbo doivent résister à très haute température et chargés de vapeur d'huile
Raccord de blow-by	ACM ou AEM intérieur et extérieur, tricotés	Les gaz de blow-by sont des vapeurs d'huile, avec un peu de vapeur d'eau. Les raccords résistent à la température et aux huiles chaudes
Système Selective Catalytic Reduction (SCR)	EPDM tricoté, réchauffé par une gaine en caoutchouc conducteur à effet PTC	Le système SCR transforme les oxydes d'azote Nox en azote et vapeur d'eau, en présence de l'AdBlue. Le circuit de transport comporte des éléments en caoutchouc
Circuit de carburant	Manchon de remplissage en FKM intérieur et extérieur Raccord à la rampe d'injection en FKM intérieur et HNBR extérieur	Le manchon de remplissage assure l'étanchéité au vapeur de carburant au niveau du réservoir. La pièce est moulée ou extrudée. Le carburant arrive à la rampe d'injection grâce à un raccord en caoutchouc
Tuyaux haute pression	Pour l'air conditionné, multicouches, par exemple butyl, puis polyamide, puis butyl, puis tressage et revêtement en EPDM Pour la direction assistée, ACM ou Vamac et tressés avec du polyamides et polyester Pour le circuit de freinage, en ACM ou Vamac	Pour l'air conditionné, les tubes métalliques et raccords doivent résister à une haute pression. Pour la direction assistée, les raccords doivent résister en plus aux fluides hydrauliques.

Note : EPDM : Ethylène Propylène Diène Monomère, TPE : Elastomère thermoplastique, AEM : Ethylène Acrylate Monomère, ACM : Acrylate Monomère, FKM : Fluorine Kautschuk Material, FVMQ : FluoroVinyl Méthyl Silioxane, PTC : Coefficient de Température Positif
Source : SNCP-LRCCP, recherche & analyse Strat Anticipation

Les systèmes antivibratoires sont majoritairement en caoutchouc naturel, alors que les systèmes de transmission ont des compositions plus complexes

Systèmes antivibratoires, de transmission, et autres pièces

FONCTION	PIÈCE	MATÉRIAU	COMMENTAIRE
Systèmes antivibratoires	Suspension moteur	NR	Le système de suspension est constitué de 3 éléments : les supports moteur gauche et droite qui filtrent les vibrations en provenance du moteur et de la transmission, et la billette de reprise de couple qui limite le débattement
	Liaison au sol	NR	Plusieurs dispositifs pour l'amortissement et la filtration des vibrations : appuis d'amortisseurs, paliers de barre antiroulis, articulations de bras de suspension et d'essieux
	Ligne d'échappement	Partie la plus chaude en silicone, partie centrale en EPDM, partie la moins chaude en NR	Ligne d'échappement supportée par 2 voire 3 suspensions
Systèmes de transmission	Courroie d'accessoires 	EPDM avec des câblés polyester ou aramide	Une courroie qui entraîne tous les accessoires, jusqu'à deux mètres de longs
	Courroie de distribution 	HNBR et des câblés d'aramide	Courroie plate, crantée, fabriquée par moulage d'une confection de caoutchouc/câblés. En cours de substitution par une chaîne, ayant une plus longue durée de vie
Autres pièces	Essuie-glaces 	NR, NR/EPDM ou CR	Pièce très technique, constituée d'une lame en élastomère montée sur une armature métallique
	Soufflets 	CR, mais de plus en plus de TPE	Pièces qui protègent les organes mécaniques du cardan et de la transmission. Elles sont fabriquées par injection.
	Capuchons de bougie 	Polyéthylène chloré, EPDM ou silicone	Pièces moulées qui assurent l'étanchéité de la connexion entre le câble d'allumage et la bougie.

Les joints d'étanchéité associées au moteur thermique vont disparaître avec la généralisation des véhicules électriques, alors que les autres ne seront pas touchés

Influence de l'électrification de la motorisation sur les pièces en caoutchouc (1/3)

FONCTION	VÉHICULE THERMIQUE	VÉHICULE HYBRIDE FHEV/PHEV	VÉHICULE ÉLECTRIQUE BEV	COMMENTAIRES
Etanchéité de carrosserie	Joint d'étanchéité dynamique	=	=	Joints plus légers, plus résistifs, plus de TPE
	Joint d'étanchéité statique	=	=	Joints plus légers, plus résistifs, plus de TPE
	Joint encapsulé	=	=	Joints plus légers, plus de TPE
Etanchéité dynamique	Joint à lèvres de vilebrequin	=	X	Disparition
	Joint à lèvres d'arbre à cames	=	X	Disparition
	Joints à lèvres de boîte de vitesses	=	=	Boîte de vitesse automatique généralisée / transmission sur BEV
	Joint à lèvres de roue	=	=	Pas d'évolution notable
	Joint à lèvres de colonne de direction	=	=	Pas d'évolution notable
	Joint de piston de boîte	+++	X	Généralisation des boîtes automatiques, puis disparition sur BEV
Etanchéité statique	Joint de couvre culasse	=	X	Down sizing puis disparition sur BEV
	Joint de carter d'huile	=	X	Down sizing puis disparition sur BEV

Les courroies et les systèmes de transfert de carburant vont disparaître sur les BEV, contrairement aux raccords de circuit de refroidissement qui vont évoluer

Influence de l'électrification de la motorisation sur les pièces en caoutchouc (2/3)

FONCTION	VÉHICULE THERMIQUE	VÉHICULE HYBRIDE FHEV/PHEV	VÉHICULE ÉLECTRIQUE BEV	COMMENTAIRES
Transmission de puissance	Courroie de distribution	--	X	Remplacement progressif de la courroie par une chaîne puis disparition de la fonction distribution
	Courroie d'accessoires	--	X	Diminution de la taille des courroies puis disparition presque totale de la courroie d'accessoires
Transfert de fluides	Raccord de circuit de refroidissement	+++	+++	Besoin de refroidissement supplémentaire sur les packs batterie
	Raccord de circuit de carburant	=	X	Identique sur hybride, inexistant sur électrique
	Raccord de turbo	+	X	Généralisation sur hybride, disparition sur BEV
	Raccord de blow-by	=	X	Identique sur hybride, disparition sur BEV
	Raccord de SCR	=	X	Identique sur hybride, disparition sur BEV
	Raccord d'air conditionné	=	=	Même besoin sur les 3 types de véhicules
	Raccord de direction assistée	=	-	Evolution vers une direction assistée électrique
	Raccord de circuit de freinage	=	=	Pas d'évolution dans l'immédiat

Peu d'évolutions vont toucher les systèmes antivibratoires et les autres pièces en caoutchouc avec l'électrification des véhicules

Influence de l'électrification de la motorisation sur les pièces en caoutchouc (3/3)

FONCTION	VÉHICULE THERMIQUE	VÉHICULE HYBRIDE FHEV/PHEV	VÉHICULE ÉLECTRIQUE BEV	COMMENTAIRES
Antivibratoire	Support moteur	+	=	Besoin de filtrer les vibrations des 2 moteurs sur hybrides, un seul moteur pour BEV
	Liaison au sol	=	=	Pas d'évolution notable
	Ligne d'échappement	=	X	Pas d'impact pour les hybrides, disparition sur les BEV
Divers	Essuie-glaces	=	=	Pas d'évolution
	Soufflets	+	=	Généralisation des TPE
	Faisceau d'allumage	+	X	Davantage de faisceaux multi capuchons pour les hybrides essence, disparition sur les BEV

L'utilisation des EPDM et VMQ et TPE va augmenter avec l'électrification pour répondre aux besoins en systèmes de refroidissement pour les batteries

Influence de l'électrification de la motorisation sur les élastomères

FONCTION	VÉHICULE HYBRIDE FHEV/PHEV	VÉHICULE ÉLECTRIQUE BEV	COMMENTAIRES
NR	=	=/-	Principalement fonction antivibratoire
CR	=	=	Principalement utilisé pour les essuie-glaces et soufflets
NBR	=	X	Essentiellement utilisé pour la tenue aux huiles
HNBR	-	X	Disparition progressive de la courroie de transmission et des besoins en résistance aux carburants et température
EPDM	+	+++	Disparition progressive de la courroie d'accessoire mais circuit de refroidissement de plus en plus important. Peu de changement pour les joints
ACM	+	--	Principalement utilisés pour la résistance haute température et la tenue aux huiles chaudes
AEM	+	--	Principalement utilisés pour la résistance haute température et la tenue aux huiles chaudes
FKM	=/+	X	Principalement utilisé pour la résistance haute température et la tenue aux carburants
VMQ	+	++	Fort besoin pour les circuits de refroidissement et joints statiques d'étanchéité pour la batterie et l'électronique
FVMQ	=/+	X	Comme pour le FKM, généralisation du turbo puis disparition du besoin
TPE, TPEV	+	+++	Les contraintes thermiques sont moins fortes, leur densité est plus basse et ils sont recyclables
CM	=/+	X	Peu utilisé (capuchons de bougie)

AGENDA

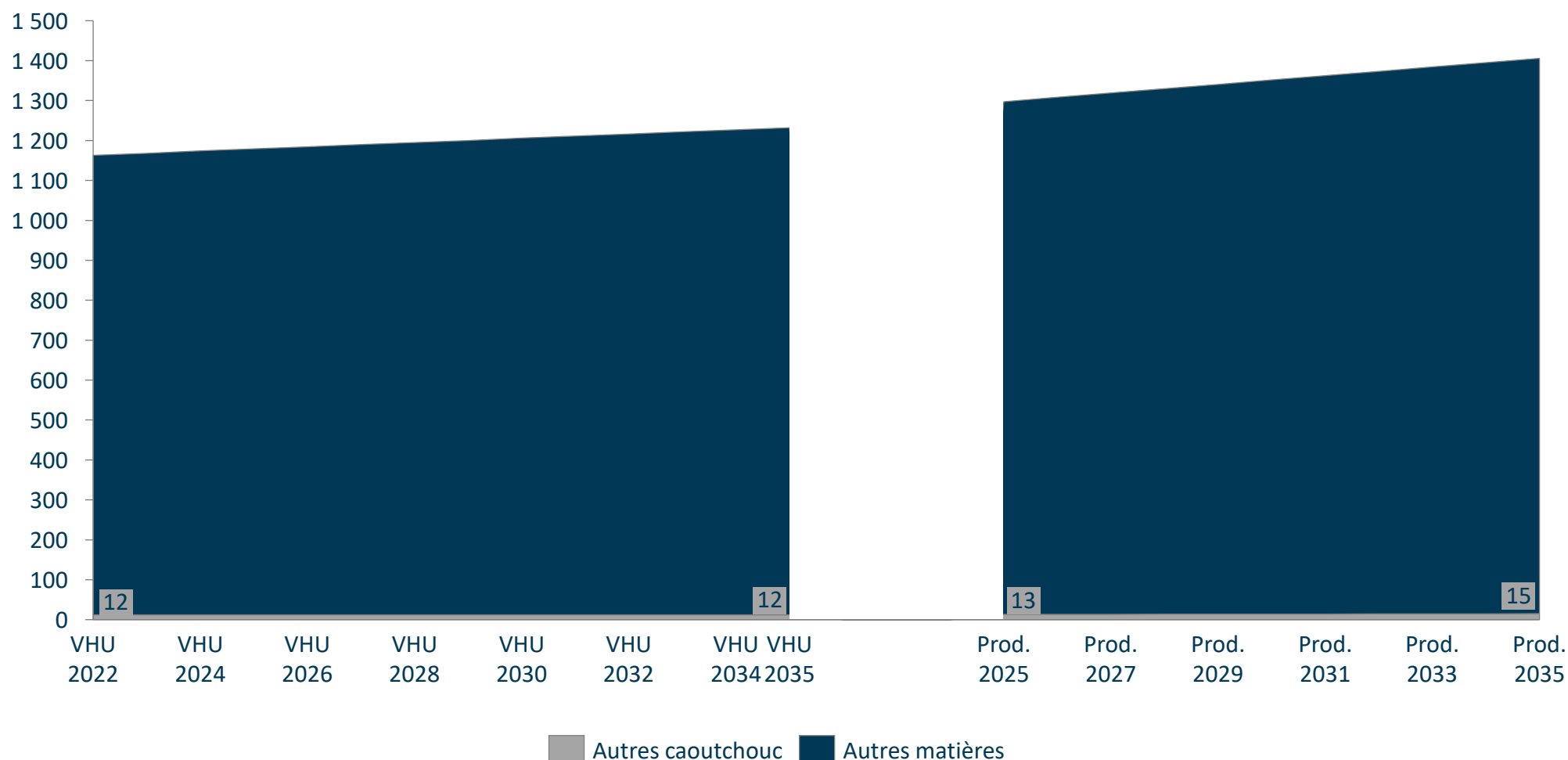
- ▶ INTRODUCTION
- ▶ INTERVIEWS RÉALISÉES ET ÉTUDES COLLECTÉES
- ▶ INTRODUCTION DE LA FILIÈRE : CATÉGORIES DE PIÈCES, RÉGLEMENTATIONS ET TECHNOLOGIES
- ▶ PNEUMATIQUES
- ▶ **CAOUTCHOUCS INDUSTRIELS**
 - PIÈCES EN CAOUTCHOUC DANS UN VÉHICULE
 - ETAT DE LA FILIÈRE
- **VUE ACTUELLE ET FUTURE SUR LES BESOINS EN RECYCLAGE ET RÉINCORPORATION DE L'AUTOMOBILE : GISEMENTS, CAPACITÉS, PRÉVISIONS**
- ▶ SYNTHÈSE DES SUJETS REMONTÉS EN INTERVIEW
- ▶ IDENTIFICATION DES SUJETS CLÉS POUR DISCUSSION
- ▶ ANNEXES

La masse moyenne des véhicules devrait continuer à croître avec l'électrification, avec une légère augmentation de la masse des pièces en caoutchouc

Contenu moyen en pièces en caoutchouc dans un véhicule

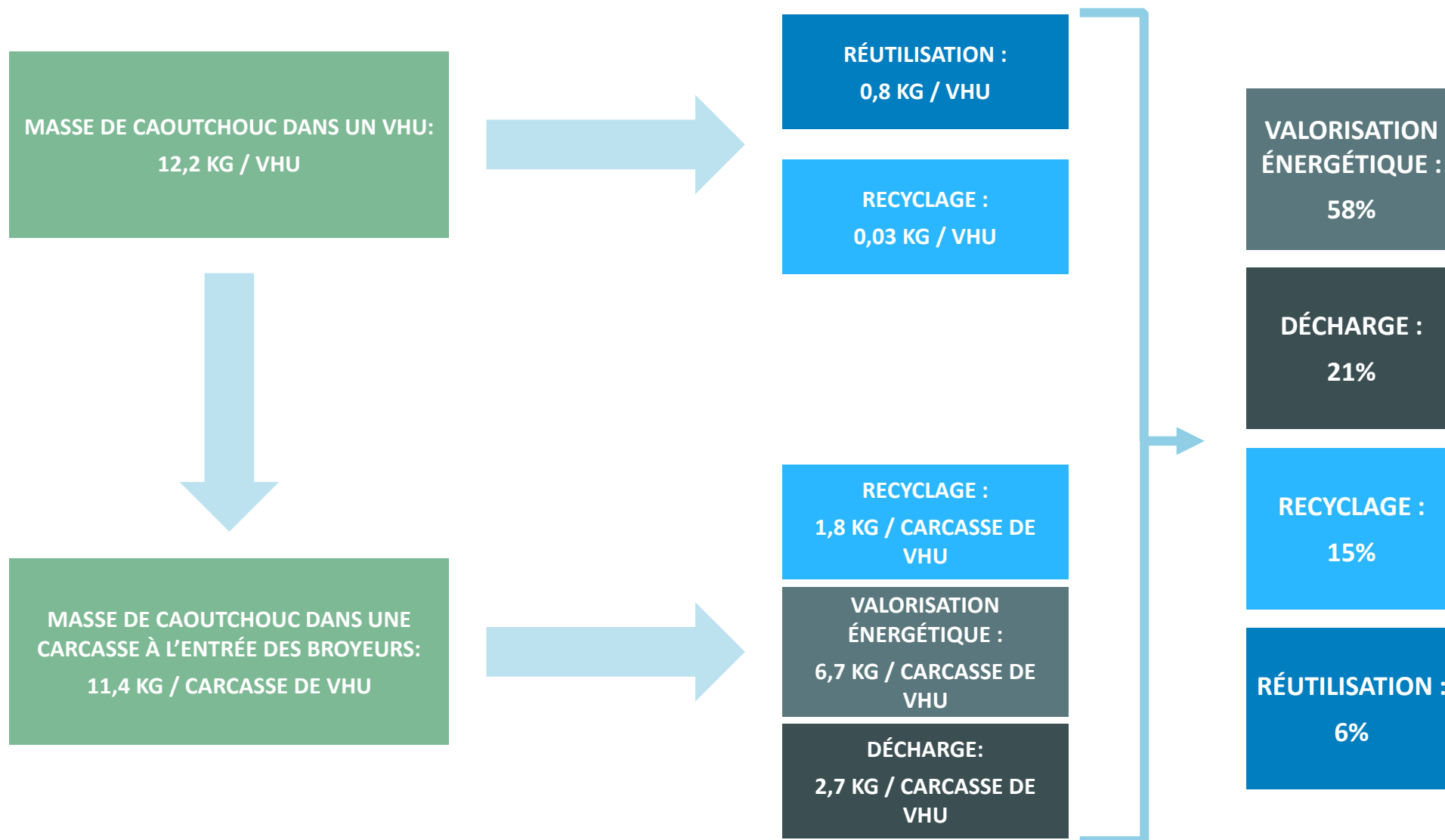
PRÉVISION DE L'ÉVOLUTION DU CONTENU MOYEN EN PIÈCES EN CAOUTCHOUC DANS UN VÉHICULE |

En Kg, France & UE, VHU 2022-2035 - Sortie d'usine 2025-2035



A l'heure actuelle, le caoutchouc industriel est majoritairement collecté au niveau des broyeurs, seulement 21% de la masse valorisée dans l'économie circulaire

Traitement du caoutchouc des VHU – France, 2022



AGENDA

- ▶ INTRODUCTION
- ▶ INTERVIEWS RÉALISÉES ET ÉTUDES COLLECTÉES
- ▶ INTRODUCTION DE LA FILIÈRE : CATÉGORIES DE PIÈCES, RÉGLEMENTATIONS ET TECHNOLOGIES
- ▶ PNEUMATIQUES
- ▶ CAOUTCHOUCS INDUSTRIELS
- ▶ **SYNTHÈSE DES SUJETS REMONTÉS EN INTERVIEW**
- ▶ IDENTIFICATION DES SUJETS CLÉS POUR DISCUSSION
- ▶ ANNEXES

Les sujets clés sont issus des 8 entretiens menés avec des acteurs impliqués dans la production et/ou la manutention du caoutchouc destiné au secteur automobile

EN COURS

Caoutchouc - Sujets clés remontant des interviews (1/2)

PÉRIMÈTRE

- ▶ **Caoutchouc pour les pneumatiques**
- ▶ **Caoutchouc technique dans des pièces mono ou multi-matériaux**
 - **Joints d'étanchéité de carrosserie** : 25% de réincorporation, représentent entre 5 et 10 kg sur un véhicule
 - **Autres pièces complexes à démonter, peu de volume et souvent souillées par l'usage** :
 - Tuyaux / Durites : 25% de réincorporation atteignable (sauf cas particuliers)
 - Joints de boîte de vitesse: 25% de réincorporation atteignable (sauf cas particuliers)

RÉGLEMENTATION

- ▶ **Dans 90% des pays, les pneus démontés sont considérés comme des déchets.** La France est leader, mais la sortie du statut de pneu démonté comme déchet doit être généralisée à l'échelle européenne.
- ▶ **Disparité européenne sur la pratique de la pyrolyse** : besoin de considérer l'huile de pyrolyse et le noir de carbone comme des produits et non des déchets
- ▶ **La révision de la directive ESPR va inclure les pneus**, afin de traiter la question de la durabilité et du recyclage dans un cadre circulaire.
- ▶ La réglementation sur les **substances interdites**, complique le recyclage des pièces
- ▶ La définition de caoutchouc « recyclé » ne prend pas en compte les rebuts de production traités et réincorporés

MATURITÉ TECHNOLOGIQUE

- ▶ **La micronisation et la pyrolyse sont les deux technologies utilisées** pour le recyclage du caoutchouc aujourd'hui
- ▶ La **dé-vulcanisation** : permet de revenir à une **échelle moléculaire voire atomique** et de retrouver les propriétés du caoutchouc vierge. Plus on remonte dans la destruction **plus l'impact environnementale (eau, énergie, carbone) et les coûts sont élevés**
- ▶ **Beaucoup de projets en cours effectifs dans 5/10 ans** : différentes pyrolyses, matériaux biosourcés, élimination des PFAS, impression 3D, amélioration de la durabilité et de la qualité du caoutchouc recyclé
- ▶ **La Plasmalyse, en expérimentation** : très faible empreinte carbone si elle est alimentée en électricité verte

MATURITÉ INDUSTRIELLE

- ▶ **Besoin d'améliorer tri et collecte du caoutchouc technique** : complexe car beaucoup de diversité et de petites pièces et le nombre important d'acteurs ne facilite pas la collaboration en R&D
- ▶ **Le rechapage**: Blackstar est le seul acteur sur les VP en France, d'autres réchappeurs existent en Europe. Bien établi sur les PL, mais a baissé de 50% à 25% en dix ans, principalement en raison de la concurrence des pneus chinois bon marché
- ▶ **Manque de maturité de l'industrie de la pyrolyse. Commence à passer à l'échelle industrielle**, avec plusieurs projets lancés en Europe, capacité moyenne de petits acteurs aujourd'hui 100T/ an.
- ▶ **L'utilisation de caoutchouc recyclé réduit l'empreinte Carbone sur le scope 3** et est égal au caoutchouc primaire sur les scopes 1&2

**LE RECYCLAGE DES PNEUMATIQUES EST UNE FILIÈRE DÉJÀ MATURE,
LE RECHAPAGE EST EN TRAIN DE SE DÉVELOPPER EN FRANCE MALGRÉ LA CONCURRENCE DE PRODUITS NEUFS IMPORTÉS**

Les sujets clés sont issus des 8 entretiens menés avec des acteurs impliqués dans la production et/ou la manutention du caoutchouc destiné au secteur automobile

EN COURS

Caoutchouc - Sujets clés remontant des interviews (2/2)

DEMANDE DONNEURS D'ORDRE

- ▶ NA

FLUX MATIÈRES, PIÈCES, SYSTÈMES & VÉHICULES

- ▶ **Forte concurrence venant d'Asie** sur les pneumatiques neufs moins chers que les pneumatiques rechapés en France
- ▶ **25% des pneus non valorisés en France** sont exportés vers le Maroc et la Turquie, principalement pour répondre aux besoins de l'industrie cimentière dans ces pays.

ETATS DES LIEUX (% MATIÈRES RECYCLÉES)

- ▶ **Pneumatiques sont recyclés à 95%** mais peu dans les pneumatiques neufs VP (dégradation des spécificités techniques et prix)
- ▶ **Rechapage se fait beaucoup sur les VI** (notamment obligation des collectivités) mais baisse fortement depuis quelques années
- ▶ 20% de recyclé réincorporé dans du pneumatique possible avec des efforts de R&D, **pourcentage réel bien plus faible aujourd'hui : 4%**
- ▶ **Caoutchouc industriel** : difficilement recyclable sauf par micronisation avec réintégration de 10 à 15% max et sinon enfouissement et chaleur fatale.

ETUDES ANALYSÉES

- ▶ **Elanova travaille actuellement sur 3 thèses**
- ▶ **Elanova** : Recyclage des caoutchoucs, 2024
- ▶ **Projet BlackCycle** : « Pyrolysis of End-of-Life tires: Moving from a pilot prototype to a semi-industrial plant using Auger technology, 2024 »

**LE RECYCLAGE DES CAOUTCHOUCS INDUSTRIELS EST PRESQUE INEXISTANT
DE PAR LA COMPLEXITÉ DE RÉCUPÉRATION ET DES PROCÉDÉS**

AGENDA

- ▶ INTRODUCTION
- ▶ INTERVIEWS RÉALISÉES ET ÉTUDES COLLECTÉES
- ▶ INTRODUCTION DE LA FILIÈRE : CATÉGORIES DE PIÈCES, RÉGLEMENTATIONS ET TECHNOLOGIES
- ▶ PNEUMATIQUES
- ▶ CAOUTCHOUCS INDUSTRIELS
- ▶ SYNTHÈSE DES SUJETS REMONTÉS EN INTERVIEW
- ▶ **IDENTIFICATION DES SUJETS CLÉS**
- ▶ ANNEXES



Les études et les entretiens suggèrent les sujets clés à traiter dans la phase 2 du projet : cibles par matière, maturité technologique, tri & collecte.

Sujets clés – Caoutchouc

FIXER DES CIBLES ATTEIGNABLES PAR MATIÈRE, DÉFINIR DE MANIÈRE PRÉCISE LES INDICATEURS & ASSURER LA TRAÇABILITÉ POUR L'HOMOLOGATION

SECURISER LES PNEUS ET PIÈCES EN CAOUTCHOUC A RECYCLER POUR LA BOUCLE FERMÉE

AUGMENTER LE DÉMONTAGE DE PIÈCES À BASE DE CAOUTCHOUC

DÉVELOPPER ET FAVORISER LE RECOURS AU RECHAPAGE

DÉFINIR DES STANDARDS DE CAOUTCHOUC RECYCLÉS ET LES GRADES DE NOIR DE CARBONE RÉGÉNÉRÉ

REVOIR LE CAHIER DES CHARGES DES CONSTRUCTEURS SUR CERTAINES PIÈCES

DÉVELOPPER LA MATURITÉ DES NOUVELLES TECHNOLOGIES EN PARTICULIER DE LA PYROLYSE & LA DEVULCANISATION

RÉDUIRE LES COUTS ET L'EMPREINTE CARBONE DE LA PYROLYSE

AGENDA

- ▶ INTRODUCTION
- ▶ INTERVIEWS RÉALISÉES ET ÉTUDES COLLECTÉES
- ▶ INTRODUCTION DE LA FILIÈRE : CATÉGORIES DE PIÈCES, RÉGLEMENTATIONS ET TECHNOLOGIES
- ▶ PNEUMATIQUES
- ▶ CAOUTCHOUCS INDUSTRIELS
- ▶ SYNTHÈSE DES SUJETS REMONTÉS EN INTERVIEW
- ▶ IDENTIFICATION DES SUJETS CLÉS POUR DISCUSSION
- ▶ **ANNEXE – PIÈCES EN CAOUTCHOUC**

Les pièces d'étanchéité de carrosserie d'un véhicule sont constituées majoritairement d'EPDM et de TPE

Pièces d'étanchéité de carrosserie

► Joints statiques

- Principalement pour encadrer les vitres mobiles
- Fabriqués en TPE-S (principalement pour les constructeurs français), ou en EPDM (Allemagne et US), voire en TPE-V, EPDM+PP (Japon)
- Au niveau mondial, le pourcentage entre EPDM et TPE est sensiblement 50/50
- Les joints EPDM sont flockés, les joints en TPE sont garnis d'une flock-tape collée ou vernis avec une résine à base de silicone



► Joints de vitrage fixe encapsulé

- Joints en TPE (Europe) ou en EPDM (USA)
- Constitués d'une base en U rigide (thermoplastique et fibres de verre) et d'une partie souple en TPE-S surmoulée par injection



► Joints dynamiques

- Assurent l'étanchéité des parties mobiles (portières, coffre, capot)
- Typiquement fabriqués à partir d'EPDM compact et cellulaire. La partie dynamique, montée dans la feuillure de la portière, est en cellulaire souvent verni pour l'esthétique. Elle est équipée d'une pince en métal ou thermoplastique pour le montage sur la carrosserie
- Les joints de toit ouvrant sont fabriqués en silicone (VMQ) le plus souvent



Note : EPDM : Ethylène Propylène Diène Monomère, TPE-S : Elastomère Thermoplastique - Styrène
Source : SNCP-LRCCP, recherche & analyse Strat Anticipation

Les joints d'étanchéité dynamiques, au niveau du moteur et de la transmission sont fabriqués principalement en ACM ou en Vamac

— Joints d'étanchéité dynamiques

► Joints d'arbres

- Constitué d'une armature métallique sur laquelle est surmoulé et adhésivé un joint en caoutchouc
- Localisés sur l'arbre de vilebrequin l'arbre à cames et sur la transmission (1 joint en entrée de boîte et 2 joints sur les axes de transmission)
- Les joints moteurs sont fabriqués en ACM, FKM ou Vamac, les joints de boîte sont en nitrile hydrogéné (HNBR) ou en Vamac



► Joints d'étanchéité de roulement de roue et joint de passage de direction

- Les joints de roulements de roue, sont en général en NBR (caoutchouc nitrile), associés à un joint codeur qui permet de mesurer en continu la vitesse de rotation des roues
- Le joint de passage de direction assure l'étanchéité entre l'habitacle et le compartiment moteur. Il est fabriqué en EPDM ou en silicone



► Joints de piston de BVA

- Dans les transmissions automatiques, les pistons se déplacent en translation sous l'effet de la pression hydraulique
- Pour transmettre efficacement cette pression, les pistons sont équipés de joints d'étanchéité, fabriqués en ACM ou en Vamac

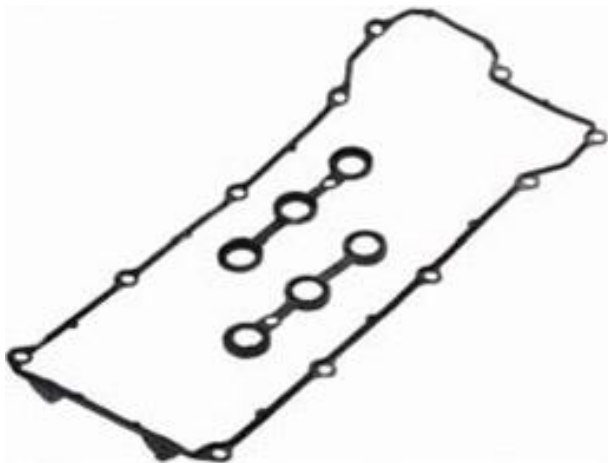


Les moteurs thermiques sont équipés par deux joints statiques, qui vont disparaître avec l'électrification des motorisations

— Joints d'étanchéité statiques

► Joints d'étanchéité statiques

- Deux joints plats de grande taille équipent les moteurs thermiques, le joint de couvre culasse et le joint de carter d'huile
- Associés au joint de culasse, ils assurent l'étanchéité du bloc moteur
- Moulés, et comportent parfois des inserts métalliques. Ils sont fabriqués en ACM, ou en Vamac, et parfois en HNBR



Note : ACM : Acrylate Monomère, HNBR : Caoutchouc en Nitrile Butadiène Hydrogéné
Source : SNCP-LRCCP, recherche & analyse Strat Anticipation

Les raccords de transfert de fluides doivent résister à des conditions plus contraignantes, leur composition est donc plus complexe

Raccords de transfert de fluide (1/2)

► Circuit de refroidissement

- La circulation du liquide de refroidissement (eau + glycol) est assurée par la pompe à eau mue par la courroie de distribution (ou d'accessoires), et est constitué de plusieurs raccords en caoutchouc
- Un ou deux petits tuyaux en matière plastique ou en EPDM pour le remplissage et le dégazage
- Deux raccords de plus gros diamètre en EPDM intérieur et extérieur et tricotés pour l'entrée et la sortie du radiateur
- Deux tuyaux aérotherme en EPDM équipant un radiateur secondaire pour le chauffage de l'habitacle

► Turbocompresseurs

- Les systèmes de transport d'air aspiré par le turbocompresseur sont en caoutchouc
- Les durites d'admission d'air ne sont pas exposées à de très hautes températures et sont fabriqués en TPE, en AEM ou en ACM
- Les durites de sortie de turbo doivent résister à très haute température et chargé de vapeur d'huile. L'intérieur peut être en ACM, AEM, FKM ou FVMQ, et l'extérieur en ACM, AEM ou VMQ

► Raccord de blow-by

- Les gaz de blow-by sont des vapeurs d'huile, contenant un peu de vapeur d'eau qui se forment dans le bas du carter
- Afin de les éliminer, ils sont d'abord réinjectés dans l'admission d'air via un raccord souple
- Ces raccords tricotés doivent résister à la température et aux huiles chaudes, et sont fabriqués en ACM ou en AEM intérieur et extérieur



Les raccords de transfert de fluides doivent résister à des conditions plus contraignantes, leur composition est donc plus complexe

Raccords de transfert de fluide (2/2)

► Système SCR : Selective Catalytic Reduction

- Le système SCR transforme les oxydes d'azote (Nox) en azote et vapeur d'eau en présence de l'AdBlue, injecté en amont du pot catalytique.
- Le circuit de transport comprend un tuyau de remplissage en polyamide et un tuyau de circulation en EPDM tricoté, réchauffé par une gaine en caoutchouc conducteur à effet PTC



► Circuit de carburant

- Le réservoir de carburant est muni d'un manchon de remplissage en FKM ou en thermoplastique fluoré intérieur et en FKM extérieur pour avoir une étanchéité aux vapeurs de carburant. La pièce est moulée ou extrudée.
- Le carburant est envoyé vers le moteur par un tube (deux tubes aller et retour) en thermoplastiques
- Le carburant arrive à la rampe d'injection grâce à un raccord en FKM intérieur et HNBR extérieur

► Tuyaux haute pression

- Pour l'air conditionné, tubes métalliques avec raccords en caoutchouc multicouches, avec un intérieur fabriqué par exemple en caoutchouc butyl, puis polyamide, puis butyl puis tressage et revêtement en EPDM
- Pour la direction assistée, les raccords doivent résister en plus aux fluides hydrauliques, et sont fabriqués en ACM, ou Vamac et tressés avec du polyamide ou polyester
- Pour le circuit de freinage, les raccords et tuyaux sont similaires, en ACM ou Vamac

Note : EPDM : Ethylène Propylène Diène Monomère, PTC : Coefficient de Température Positif, FKM : Fluorine Kautschuk Material, HNBR : Caoutchouc en Nitrile Butadiène Hydrogéné, ACM : Acrylate Monomère
Source : SNCP-LRCCP, recherche & analyse Strat Anticipation

Les systèmes antivibratoires sont majoritairement fabriqués à partir de caoutchouc naturel

Systèmes antivibratoires

► Suspension moteur

- Le système de suspension est constitué de trois éléments : un support moteur gauche, un support moteur droit et une billette de reprise de couple
- Les deux supports hauts filtrent les vibrations en provenance du moteur et de la transmission, la billette limite le débattement et filtre les vibrations
- Ces pièces sont fabriquées en caoutchouc naturel

► Liaison au sol

- Plusieurs dispositifs contribuent à l'amortissement et la filtration des vibrations générées par la liaison au sol : les appuis d'amortisseurs, les paliers de barre antiroulis, les articulations de bras de suspension et d'essieux
- Ces pièces sont majoritairement fabriquées en caoutchouc naturel

► Ligne d'échappement

- La ligne d'échappement est supportée par deux voire trois suspensions qui filtrent les vibrations provenant du moteur
- Les suspentes sont fabriquées en silicone pour la partie la plus chaude, en EPDM pour la partie centrale et en caoutchouc naturel pour la partie la moins chaude

Les courroies d'accessoires et de distribution sont fabriqués à partir de caoutchouc renforcé en câblés ce qui complexifie leur structure

Systèmes de transmission

► Courroie d'accessoires

- En version classique, deux courroies entraînées par la poulie du vilebrequin, qui entraîneront les différents accessoires. Des courroies Poly V trapézoïdales
- Les européens et américains préfèrent une version avec une seule courroie qui entraine tous les accessoires, appelée courroie serpentine. Jusqu'à deux mètres de longs, elle est fabriquée en EPDM avec des câblés polyester ou aramide



► Courroie de distribution

- Courroie plate, crantée, fabriquée par moulage d'une confection caoutchouc/câblés, à partir de nitrile hydrogéné (HNBR) et de câblés aramide
- Durée de vie de 140 000 km environ
- En cours de substitution par une chaîne, plus chère, plus lourde, mais de la même durée de vie que le moteur par certains constructeurs allemands et japonais



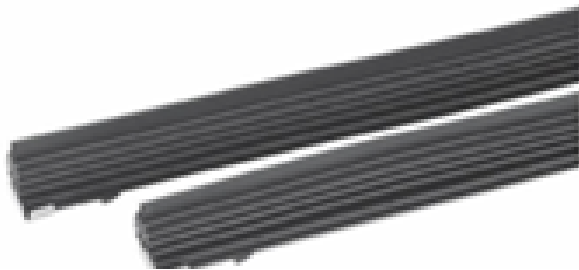
Note : EPDM : Ethylène Propylène Diène Monomère
Source : SNCP-LRCCP, recherche & analyse Strat Anticipation

Les véhicules contiennent aussi d'autres pièces en caoutchouc, comme les essuie-glaces, les soufflets et les capuchons de bougie

— Autres pièces

► Essuie-glaces

- Pièces très techniques, constituées d'une lame en élastomère (NR, NR/EPDM ou CR) montée sur une armature métallique



► Soufflets

- Pièces qui protègent les organes mécaniques du cardan et de la transmission. Ils sont fabriqués par injection, en CR, mais de plus en plus en TPE



► Capuchons de bougie

- Pièces moulées qui assurent l'étanchéité de la connexion entre le câble d'allumage et la bougie.
- Fabriqués par injection à partir de polyéthylène chloré, d'EPDM ou de silicone





Rémi Cornubert

remi@stratanticipation.com

Mobile: +33 6 07 37 84 27

STRAT ANTICIPATION – 121 rue de Tocqueville – 75017 PARIS - FRANCE