



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

Rapport Final - Aluminium | Paris, le 12 juin 2025

STRAT ANTICIPATION | *Be One Step Ahead*

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

Résumé Exécutif (1/2)

TECHNOLOGIE

- ▶ **Deux filières de recyclage** : En plus de l'aluminium primaire, deux principales filières existent pour le recyclage de l'aluminium : l'**affinage**, qui utilise jusqu'à 95 % de matières premières recyclées (MPR), et le **recyclage direct**, dont les taux de réincorporation sont très variables en fonction du type de déchet utilisé et des spécifications du produit fini. Il nécessite souvent l'ajout d'aluminium primaire pour atteindre les standards de pureté requis
- ▶ **Flexibilité des filières** : L'affinage est plus flexible quant aux types de déchets utilisés, alors que le recyclage direct se concentre davantage sur des déchets de haute qualité, tels que les canettes de systèmes de consigne

CHIFFRES-CLÉS FRANCE

- ▶ **Usage des déchets** : En France, 40 % des déchets d'aluminium collectés sont exportés. Pour les déchets restants en France, la filière de recyclage direct absorbe environ 35 % des déchets collectés, suivie par la filière d'affinage avec 25 % des déchets collectés
- ▶ **Excès de collecte par rapport à la capacité de recyclage** : Même dans un scénario maximaliste de recyclage, la quantité de déchets d'aluminium collectés dépasse les capacités de recyclage en France
- ▶ **Attractivité des déchets d'aluminium & capacités françaises de recyclage** : Le vrai facteur limitant de la réutilisation des déchets d'aluminium en France, est leur caractère très attractif, car ils sont tendanciellement moins chers que la matière vierge et ont un potentiel technique identique s'ils sont bien triés. Certains pays sont prêts à payer davantage pour ces déchets et de ce fait, les capacités de recyclage françaises actuelles ne sont pas pleinement utilisées
- ▶ **Types de déchets**: Les déchets post-consommation représentaient 71% de la collecte apparente en France en 2019

CHIFFRES-CLÉS UNION EUROPEENNE

- ▶ **Pays nettement importateur** : L'Espagne avait une collecte apparente de déchets post-consommation négative en 2017, car ses imports étaient supérieurs à la somme de sa consommation d'aluminium et de ses exports, notamment car elle dispose d'une capacité à traiter les déchets à bas coût
- ▶ **Circularité incertaine**: A 2030 et 2050, seul un scénario optimiste (avec un niveau d'investissement élevé dans les technologies avancées de tri des déchets post-consommation) voit se réduire significativement la part de l'aluminium primaire et des imports au profit des déchets pré et post-consommateur, par rapport à 2019

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

Résumé Exécutif (2/2)

FLUX COMMERCIAUX

- ▶ **Exportations et importations françaises** : La France est un exportateur majeur de déchets d'aluminium, avec la Belgique et les Pays-Bas servant souvent de relais avant un export final vers des destinations plus lointaines comme Hong-Kong, l'Inde et le Pakistan
- ▶ **Balances commerciales en Europe** : L'Italie est un importateur majeur de déchets d'aluminium au sein de l'UE, tandis que la France exporte une grande partie de ses déchets. La majorité des flux commerciaux de déchets d'aluminium se fait de manière intra-européenne, bien que certaines destinations internationales existent pour les surplus
- ▶ **Consentement à payer pour la qualité** : Les marchés étrangers sont prêts à payer davantage pour les déchets à haute teneur en résiduels, ce qui explique certains exports hors UE pour la France

BESOIN EN MPR DE L'AUTOMOBILE ET DES AUTRES SECTEURS

- ▶ **Consommation sectorielle** : En France, l'automobile (VUL & PL compris) représente 13 % de la demande d'aluminium, derrière le BTP (22%) et les biens d'équipement (20%). Les besoins de l'automobile incluent des produits spécifiques comme les pièces de fonderie, les bobines et les profilés
- ▶ **Gisement emballage sous-exploité** : Le gisement emballage est encore mal valorisé (31%) étant donné sa pureté, en particulier les emballages flexibles, par rapport à des applications plus homogènes telles que les canettes
- ▶ **Valorisation des VHU** : Le gisement VHU pour l'aluminium n'est valorisé qu'à 58,9 % par les filières agréées en France, le reste étant exporté sous forme de VO ou de carcasse (13%) ou non tracé (28,1%)

UN POTENTIEL TECHNIQUE NON PLEINEMENT EXPLOITÉ

- ▶ **Répétabilité des alliages d'aluminium** : Tout alliage d'aluminium peut être reproduit, sans perte de propriété, un nombre infini de fois s'il est correctement trié. Néanmoins, l'addition d'un élément d'alliage, à l'exception du manganèse, est définitif et pose souvent un problème pour le recyclage dans un autre alliage. Les alliages de corroyage peuvent être recyclés en alliages de fonderie, mais l'inverse est moins vrai, en particulier avec de fortes concentrations en Si. Les séries d'alliages de corroyage 5xxx, 6xxx et 7xxx se recyclent mal entre elles
- ▶ **Solutions à y apporter** : Plusieurs options sont envisageables sur ce sujet : éco-conception avec des mono-alliages de série 6xxx, démontage de pièces attractives sur le plan technico-économique pour les centres VHU (jantes, portières, capots, ...), réduction des exigences des alliages ou des cahiers des charges constructeur, équipements de tri post-broyage avancé qui peuvent aller jusqu'au tri par série d'alliage, mais qui n'existent pas aujourd'hui en France (LIBS)

AGENDA

▶ INTRODUCTION

- ▶ ÉTAT DES LIEUX
- ▶ CIRCUIT DE RECYCLAGE & OBJECTIFS RÉGLEMENTAIRES
- ▶ PRINCIPAUX USAGES D'ALUMINIUM DANS UN VÉHICULE & DÉMONTABILITÉ DES PIÈCES
- ▶ TRI POST-BROYAGE DES ALLIAGES D'ALUMINIUM
- ▶ PRINCIPAUX ALLIAGES D'ALUMINIUM AUTOMOBILES & RECYCLABILITÉ
- ▶ ÉCO-CONCEPTION: DESIGN MONO-ALLIAGE AVEC DES ALUMINIUMS DE SÉRIE 6XXX
- ▶ SUJETS CLÉS IDENTIFIÉS
- ▶ ANNEXE A - AUTRES FAMILLES DE COMPOSANTS EN ALUMINIUM
- ▶ ANNEXE B - AUTRES ALLIAGES D'ALUMINIUM

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...

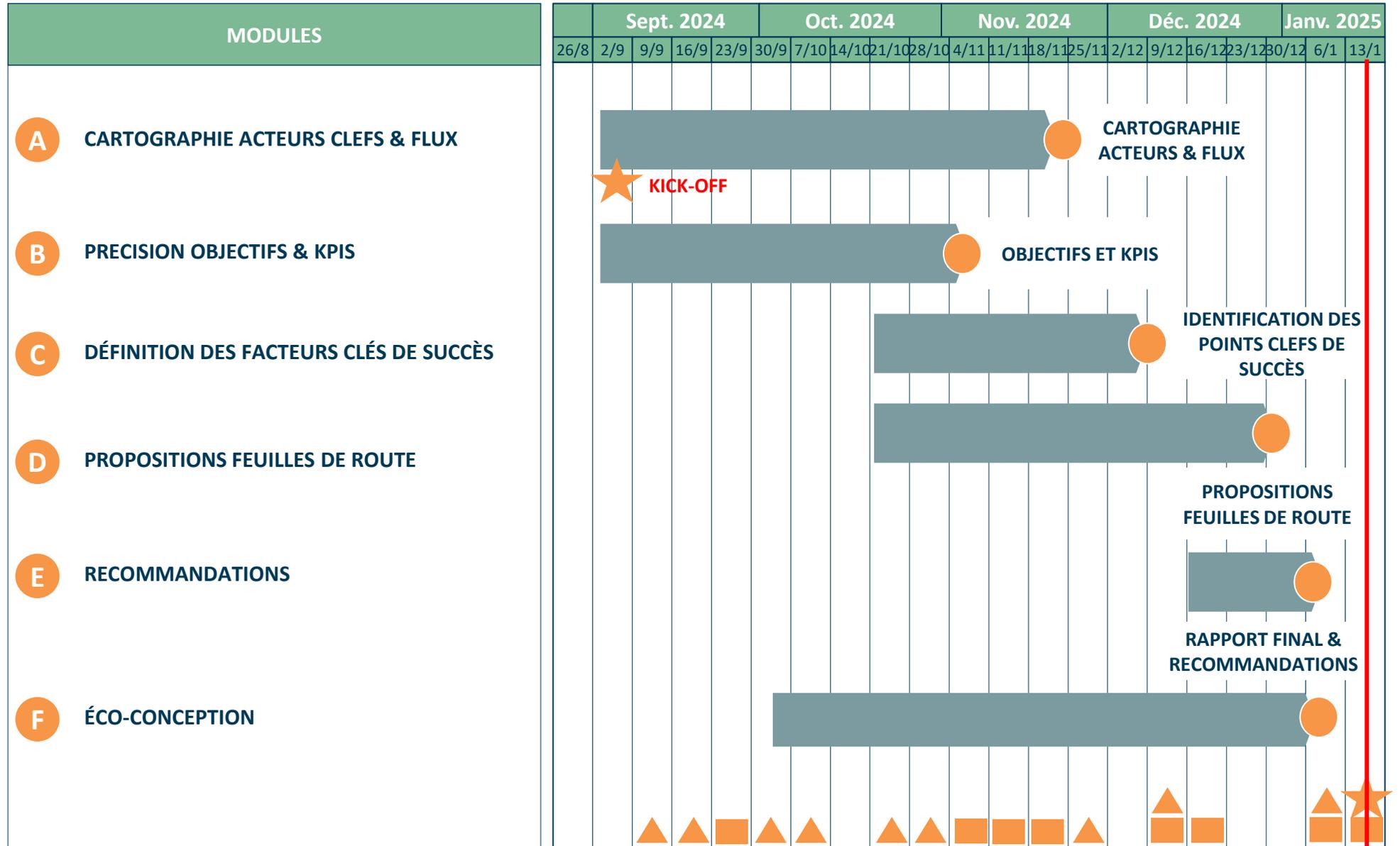
— Projet Économie Circulaire – Description Méthodologie

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

France: TATA STEEL (Port Yeu, 2020), YATTA (Port Yeu, 2027), Dunkerque (2027), URBITY (2024), Dunkerque (2024).

Belgique: Gand (2020), 2.5Mtpa, 42M€.

Allemagne: Hamburg (2026), 0.1 puis 1 Mtpa, 41.5M€, 2.1Mtpa, 42M€.

Autres: HVBRIIT (2026), Stegra (2026), Brême & Eisenbüttenhardt (2020), Salzgitter (2026), Danubio (2024), Tansito (2024), Galati (2020), Ojón & Avilés (2024), AnsoMetal (2024).

2

SYNTHÈSE PAR
CHANTIER

SYNTHÈSES

	2022	UE 27+3	FRANCE	Objectif réglementaire
PLASTIQUES AUTOMOBILES COLLECTÉS N DES BESOINS POUR LA PRODUCTION	37%	49%	-	
PLASTIQUES AUTOMOBILES RECYCLÉS ¹ N DES BESOINS POUR LA PRODUCTION	7%	19%	-	
INTEGRATION DE PLASTIQUE RECYCLÉ ² DANS LE SECTEUR AUTOMOBILE N DES BESOINS POUR LA PRODUCTION	5%	7%	25%	
INTEGRATION DE PLASTIQUE RECYCLÉ ³ DANS LE SECTEUR AUTOMOBILE EN BOUTEILLE ESUJES N DES BESOINS POUR LA PRODUCTION	<0,5% **	<1% ***	6,25%	

PLASTIQUES PER ISSUS DE L'AUTOMOBILE ET UTILISÉS PAR AUTRES SECTEURS | Europe, 2020, tonnes, imports exports inclues

369 tonnes

- 100 (27%) Recyclés vers le secteur de l'emballage
- 170 (46%) Recyclés vers le secteur de la construction
- 68 (18%) Recyclés vers le secteur des transports
- 68 (18%) Recyclés vers les autres secteurs

3

PROPOSITION DE
FEUILLES DE ROUTE
PAR CHANTIER

FEUILLE DE ROUTE

5.4 DÉVELOPPER ET SOUTENIR L'INCORPORATION DE PLASTIQUE RECYCLÉ DANS LES VÉHICULES NEUFS

5.4.1 CRÉER UN LANGAGE COMMUN ENTRE L'OFFRE ET LA DEMANDE POUR LES PLASTIQUES RECYCLÉS AUTOMOBILES EN ÉTABLISSANT DES STANDARDS CLAIRS SUR LES PRODUITS INTERMÉDIAIRES

- 1 Définition et validation de critères essentiels de performance auxquels les MPR doivent répondre, par résine et par application, favorisant ainsi l'émergence de nouveaux projets de validation des matériaux.
- 2 Identifier les pièces pour lesquelles les taux d'intégration de MPR pourraient être augmentés grâce à des standards de produits intermédiaires.
- 3 Identifier les insuffisances de disponibilité potentielle des MPR pour certaines résines
- 4 Lier les analyses précédentes aux besoins de démontage de pièces dans les VHU ainsi qu'au potentiel atteignable en boucle fermée.

5.4.2 RÉALISER UN TRAVAIL COLLECTIF AVEC LES FORMULATEURS, QUI IMPLIQUENT UN VUE CLÉ DU COMMUNICANT DES MATÉRIEAUX VERTUELS ET RECYCLÉS POUR ENCADRER LE LANGAGE SPÉCIFIQUE DEMANDÉ PAR LE CLIENT

- 1 Développer des guides spécifiques incorporant un pourcentage de matériaux recyclés tout en maintenant les performances requises
- 2 Mettre en place des systèmes pour assurer la traçabilité type blockchain (origines et procédés) des matériaux recyclés dans les formulations finales.
- 3 Mesurer l'impact environnemental des nouvelles formulations pour démontrer leurs avantages par rapport aux matériaux vierges.

4

SYNTHÈSE GLOBALE
DU PROJET

PRÉSENTATION FINALE

PRINCIPES RÉGLEMENTAIRES

- La législation doit adopter une approche technologique
- Les définitions et indicateurs doivent être clairs et communs
- Il doit y avoir une traçabilité et un contrôle sur les marchés concernés en respectant les règles
- Il faut prendre en compte la complexité des chaînes de flux pour construire des boucles sur le plan industriel
- Il faut des études d'impact détaillées avant de réglementer, pour évaluer si on peut proposer des matériaux flexibles avec de bonnes intentions

OBJECTIFS SPÉCIFIQUES PAR MATIÈRE

- Il faut des objectifs par matière, réalisés qui doivent tenir compte des grades, des valeurs de charges et des matériaux techniques, tout en étant flexibles dans le temps pour assurer une mise en œuvre progressive
- Les objectifs doivent intégrer les chaînes physiques ou technologiques liées aux matières au-delà de l'incorporation de recyclé. Ils doivent pouvoir être revisés dans le temps en fonction de la disponibilité des données
- Les aspects industriels existants doivent être pris en considération, avant de considérer des objectifs de recyclage ou de incorporation pour une matière & le type de nouvelles capacités

TRACABILITÉ DES EXPERTS

Environ 40% des véhicules disponibles dans l'UE sont des flexibles. Les gouvernements doivent améliorer leur suivi et il est crucial que les gouvernements légifèrent en conséquence sur les flux non-traditionnels des flexibles par défaut et qu'ils valident la traçabilité end-to-end via l'UE

Il y a des problèmes similaires pour certains déchets, comme l'acier et les batteries, nécessitant une approche spécifique des flux.

PARTIS DES VHU DANS DESTINATION CORRAIE AU BIEN DE VUE | En millions de tonnes, UE, 2019-2020

2017: 2 000 (70%) Recyclés, 800 (30%) Incinérés

2024: 2 800 (70%) Recyclés, 1 000 (30%) Incinérés

2024: 2 800 (70%) Recyclés, 1 000 (30%) Incinérés

2024: 2 800 (70%) Recyclés, 1 000 (30%) Incinérés

2024: 2 800 (70%) Recyclés, 1 000 (30%) Incinérés

14

AGENDA

▶ INTRODUCTION

▶ ÉTAT DES LIEUX

- INTRODUCTION DE LA FILIÈRE
- CARTOGRAPHIE DES CAPACITÉS DE PRODUCTION
- ÉMISSIONS DE LA FILIÈRE
- CHIFFRAGE DE LA PRODUCTION ET DE L'USAGE DES DÉCHETS
- FLUX COMMERCIAUX
- UTILISATION DE L'ALUMINIUM HORS-AUTOMOBILE
- VUE ACTUELLE & FUTURE SUR LES BESOINS EN RECYCLAGE & INCORPORATION DE L'AUTOMOBILE

▶ CIRCUIT DE RECYCLAGE & OBJECTIFS RÉGLEMENTAIRES

▶ PRINCIPAUX USAGES D'ALUMINIUM DANS UN VÉHICULE & DÉMONTABILITÉ DES PIÈCES

▶ TRI POST-BROYAGE DES ALLIAGES D'ALUMINIUM

▶ PRINCIPAUX ALLIAGES D'ALUMINIUM AUTOMOBILES & RECYCLABILITÉ

▶ ÉCO-CONCEPTION: DESIGN MONO-ALLIAGE AVEC DES ALUMINIUMS DE SÉRIE 6XXX

▶ SUJETS CLÉS IDENTIFIÉS

▶ ANNEXE A - AUTRES FAMILLES DE COMPOSANTS EN ALUMINIUM

▶ ANNEXE B - AUTRES ALLIAGES D'ALUMINIUM

AGENDA

▶ INTRODUCTION

▶ ÉTAT DES LIEUX

▪ INTRODUCTION DE LA FILIÈRE

- CARTOGRAPHIE DES CAPACITÉS DE PRODUCTION
- ÉMISSIONS DE LA FILIÈRE
- CHIFFRAGE DE LA PRODUCTION ET DE L'USAGE DES DÉCHETS
- FLUX COMMERCIAUX
- UTILISATION DE L'ALUMINIUM HORS-AUTOMOBILE
- VUE ACTUELLE & FUTURE SUR LES BESOINS EN RECYCLAGE & INCORPORATION DE L'AUTOMOBILE

▶ CIRCUIT DE RECYCLAGE & OBJECTIFS RÉGLEMENTAIRES

▶ PRINCIPAUX USAGES D'ALUMINIUM DANS UN VÉHICULE & DÉMONTABILITÉ DES PIÈCES

▶ TRI POST-BROYAGE DES ALLIAGES D'ALUMINIUM

▶ PRINCIPAUX ALLIAGES D'ALUMINIUM AUTOMOBILES & RECYCLABILITÉ

▶ ÉCO-CONCEPTION: DESIGN MONO-ALLIAGE AVEC DES ALUMINIUMS DE SÉRIE 6XXX

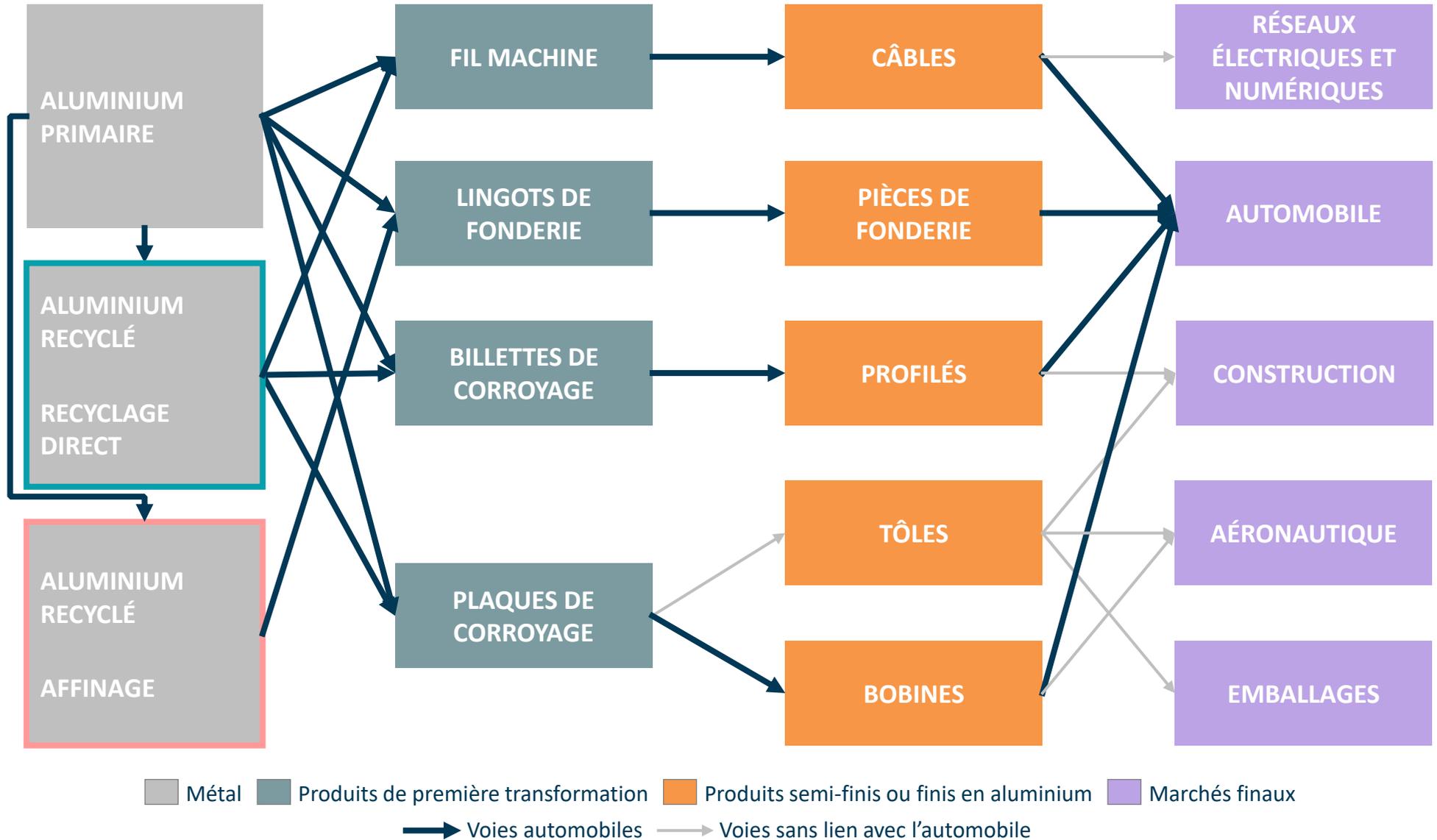
▶ SUJETS CLÉS IDENTIFIÉS

▶ ANNEXE A - AUTRES FAMILLES DE COMPOSANTS EN ALUMINIUM

▶ ANNEXE B - AUTRES ALLIAGES D'ALUMINIUM

L'automobile a besoin de pièces de fonderie, de profilés et de bobines, qui nécessitent à des degrés divers les trois filières de production d'aluminium

Schéma des procédés & produits de la filière aluminium



L'aluminium peut être recyclé par affinage ou recyclage direct, mais les taux de réincorporation sont très variables aujourd'hui

Avantages & inconvénients de l'affinage et du recyclage direct

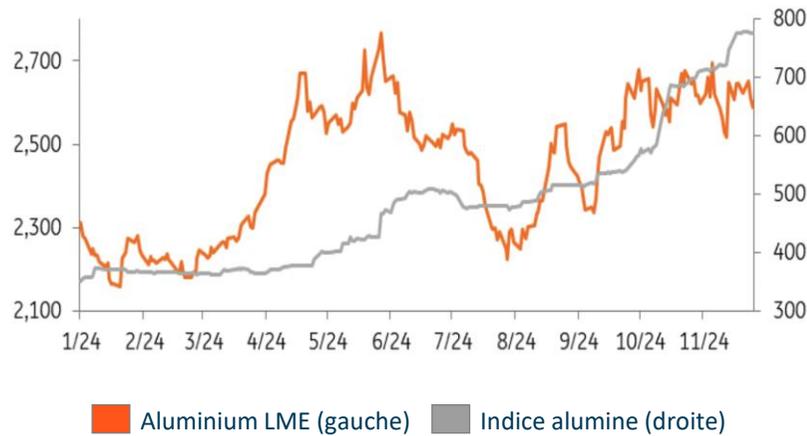
	AFFINAGE	RECYCLAGE DIRECT
ORIGINE DES MPR	Déchets de pré- ou post-consommation, chutes, débris, cendres d'aluminium	Déchets de pré- ou post-consommation homogène
TAUX D'INCORPORATION DE DÉCHETS	95%	Pas de % fixe actuellement ¹ , de 0 à 100% selon les cas
PRODUITS FINIS EN ALUMINIUM	Lingots de fonderie	Billetes de corroyage, Plaques de corroyage
SECTEURS DESTINATAIRES	Automobile, en particulier les blocs moteurs	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Automobile : pas utilisé pour les ICE, mais sera possible pour les EV ▶ Emballage, Transport, Construction, Industries mécaniques

1 : Dépend des besoins du consommateur et de la pureté des matières premières
 Source : ADEME, European Aluminium, CSF Mines et Métallurgie, Entretiens, recherche & analyse Strat Anticipation

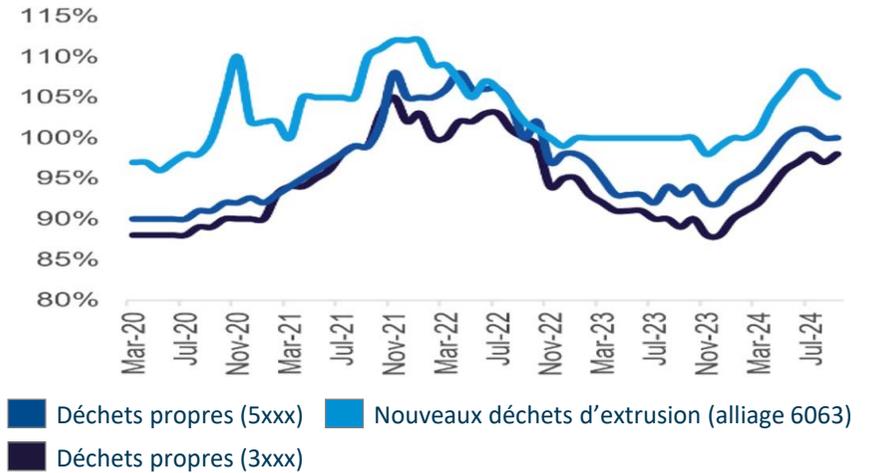
Ces dernières années, les déchets de basse qualité et même parfois ceux de haute qualité ont été moins chers que l'aluminium primaire, ce qui rend ce gisement très attractif

Variation des prix de l'aluminium primaire et des déchets

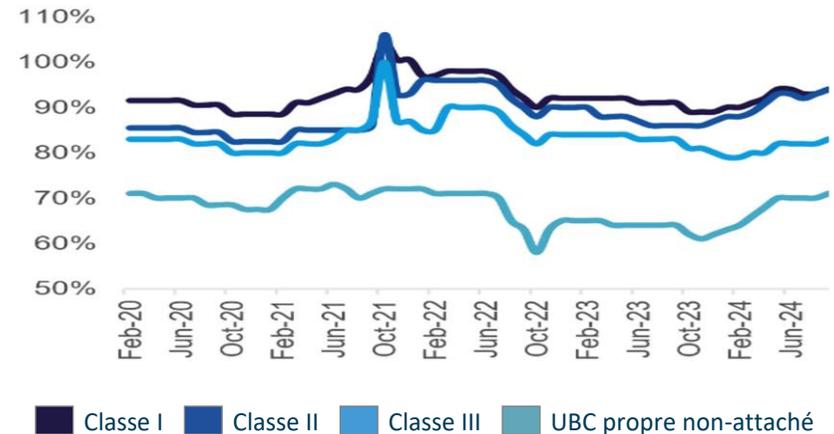
VARIATION DES PRIX DE L'ALUMINIUM LME COMPARÉ À CEUX DE L'ALUMINE | En \$U.S. / tonnes



VARIATION DU PRIX DES DÉCHETS DE HAUTE QUALITÉ RAPPORÉ AUX PRIX DE L'ALUMINIUM LME | En % du prix aluminium LME



VARIATION DU PRIX DES DÉCHETS DE BASSE QUALITÉ RAPPORÉ AUX PRIX DE L'ALUMINIUM LME | En % du prix aluminium LME



Source : CRU, ING - Aluminium deficit to support prices in 2025

AGENDA

- ▶ INTRODUCTION

- ▶ **ÉTAT DES LIEUX**

 - INTRODUCTION DE LA FILIÈRE

 - **CARTOGRAPHIE DES CAPACITÉS DE PRODUCTION**

 - ÉMISSIONS DE LA FILIÈRE

 - CHIFFRAGE DE LA PRODUCTION ET DE L'USAGE DES DÉCHETS

 - FLUX COMMERCIAUX

 - UTILISATION DE L'ALUMINIUM HORS-AUTOMOBILE

 - VUE ACTUELLE & FUTURE SUR LES BESOINS EN RECYCLAGE & INCORPORATION DE L'AUTOMOBILE

- ▶ CIRCUIT DE RECYCLAGE & OBJECTIFS RÉGLEMENTAIRES

- ▶ PRINCIPAUX USAGES D'ALUMINIUM DANS UN VÉHICULE & DÉMONTABILITÉ DES PIÈCES

- ▶ TRI POST-BROYAGE DES ALLIAGES D'ALUMINIUM

- ▶ PRINCIPAUX ALLIAGES D'ALUMINIUM AUTOMOBILES & RECYCLABILITÉ

- ▶ ÉCO-CONCEPTION: DESIGN MONO-ALLIAGE AVEC DES ALUMINIUMS DE SÉRIE 6XXX

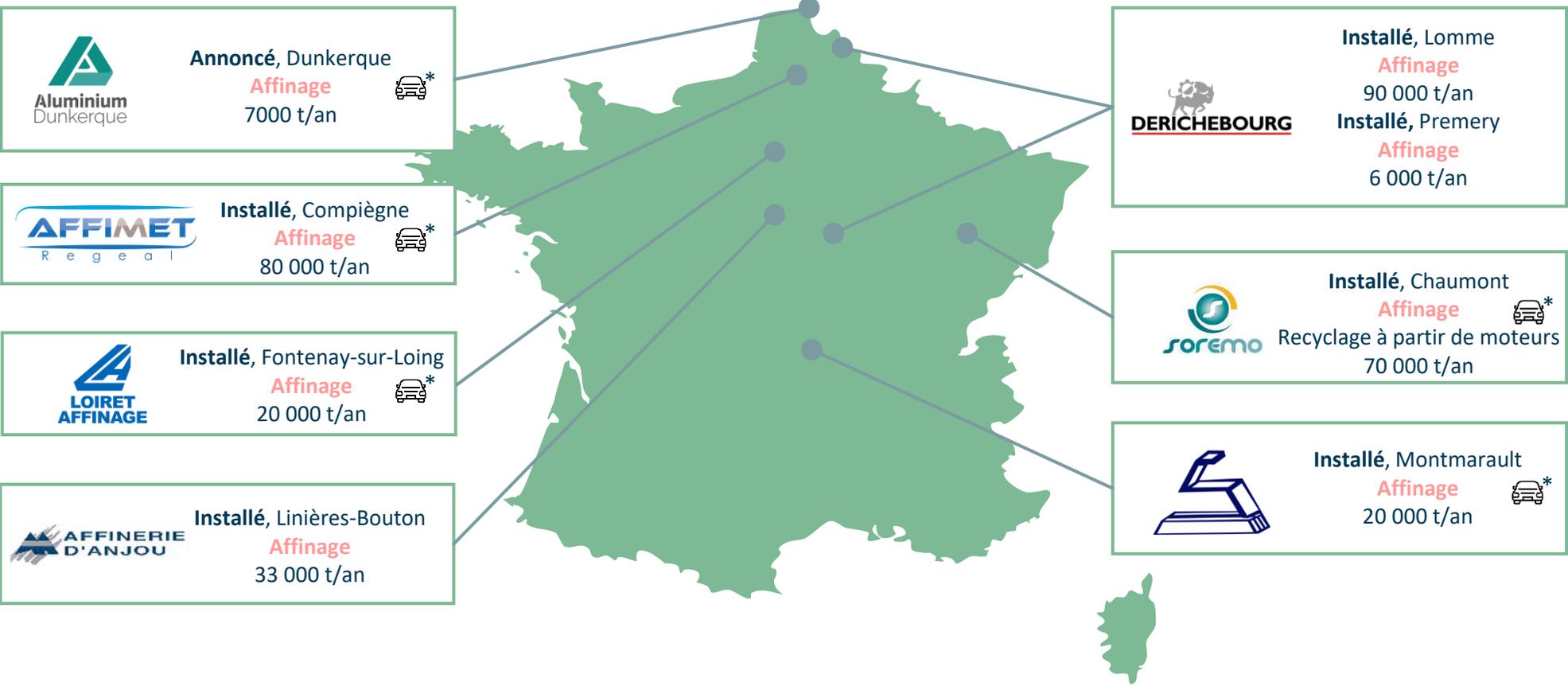
- ▶ SUJETS CLÉS IDENTIFIÉS

- ▶ ANNEXE A - AUTRES FAMILLES DE COMPOSANTS EN ALUMINIUM

- ▶ ANNEXE B - AUTRES ALLIAGES D'ALUMINIUM

En France, la capacité de recyclage par affinage est environ de 320 000 tonnes par an, pour une production réelle qui ne dépasse pas les 200 000 tonnes

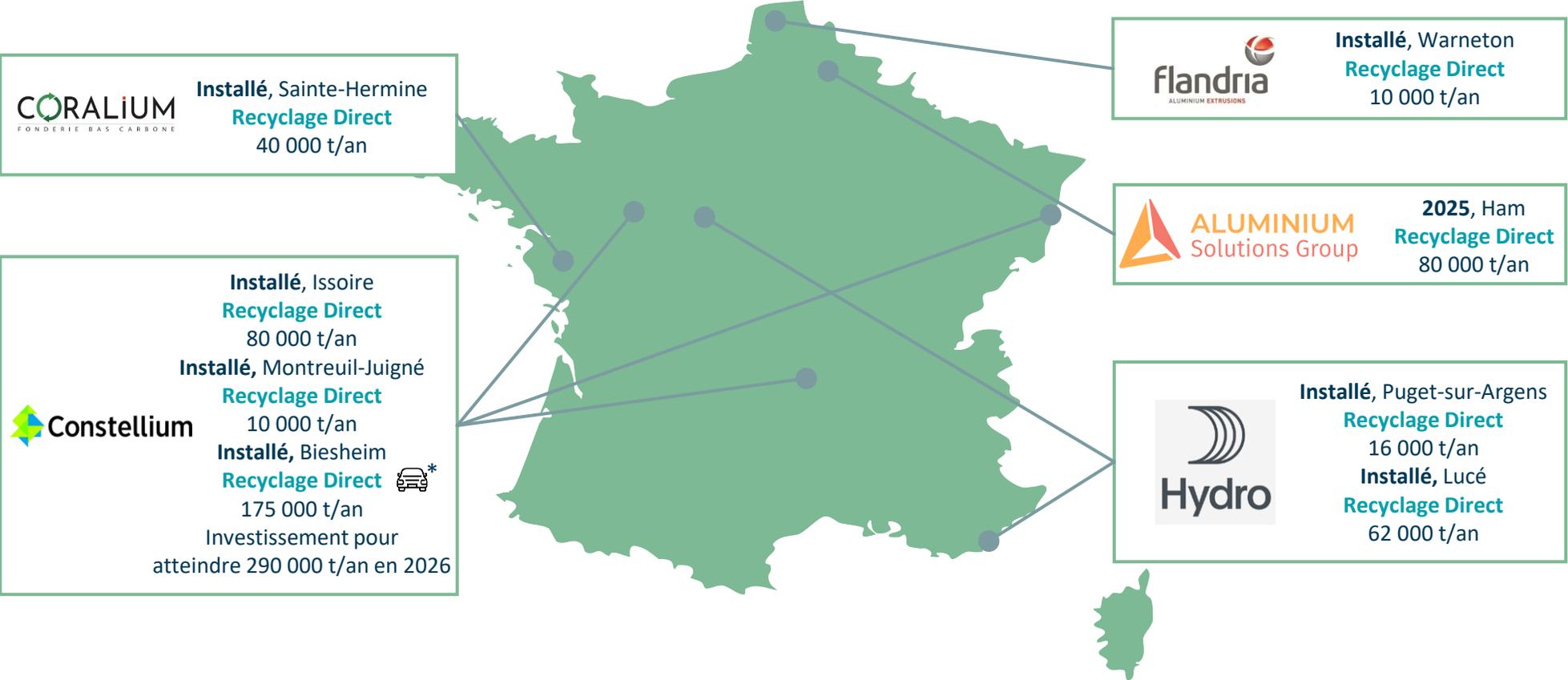
Cartographie des capacités d'affinage d'aluminium en France



* Sites dont il est publiquement avéré qu'ils fournissent l'industrie automobile
 Source : recherche & analyse Strat Anticipation, ADEME, Aluminium France, Sites internet et rapports annuels des entreprises

La capacité de recyclage direct actuelle est de 470 000 tonnes par an en France, et devrait atteindre environ 600 000 tonnes avec l'investissement de Constellium à Biesheim

Cartographie des capacités de recyclage direct d'aluminium en France



* Sites dont il est publiquement avéré qu'ils fournissent l'industrie automobile
 Source : recherche & analyse Strat Anticipation, ADEME, Aluminium France, Sites internet et rapports annuels des entreprises

AGENDA

▶ INTRODUCTION

▶ ÉTAT DES LIEUX

- INTRODUCTION DE LA FILIÈRE
- CARTOGRAPHIE DES CAPACITÉS DE PRODUCTION

▪ ÉMISSIONS DE LA FILIÈRE

- CHIFFRAGE DE LA PRODUCTION ET DE L'USAGE DES DÉCHETS
- FLUX COMMERCIAUX
- UTILISATION DE L'ALUMINIUM HORS-AUTOMOBILE
- VUE ACTUELLE & FUTURE SUR LES BESOINS EN RECYCLAGE & INCORPORATION DE L'AUTOMOBILE

▶ CIRCUIT DE RECYCLAGE & OBJECTIFS RÉGLEMENTAIRES

▶ PRINCIPAUX USAGES D'ALUMINIUM DANS UN VÉHICULE & DÉMONTABILITÉ DES PIÈCES

▶ TRI POST-BROYAGE DES ALLIAGES D'ALUMINIUM

▶ PRINCIPAUX ALLIAGES D'ALUMINIUM AUTOMOBILES & RECYCLABILITÉ

▶ ÉCO-CONCEPTION: DESIGN MONO-ALLIAGE AVEC DES ALUMINIUMS DE SÉRIE 6XXX

▶ SUJETS CLÉS IDENTIFIÉS

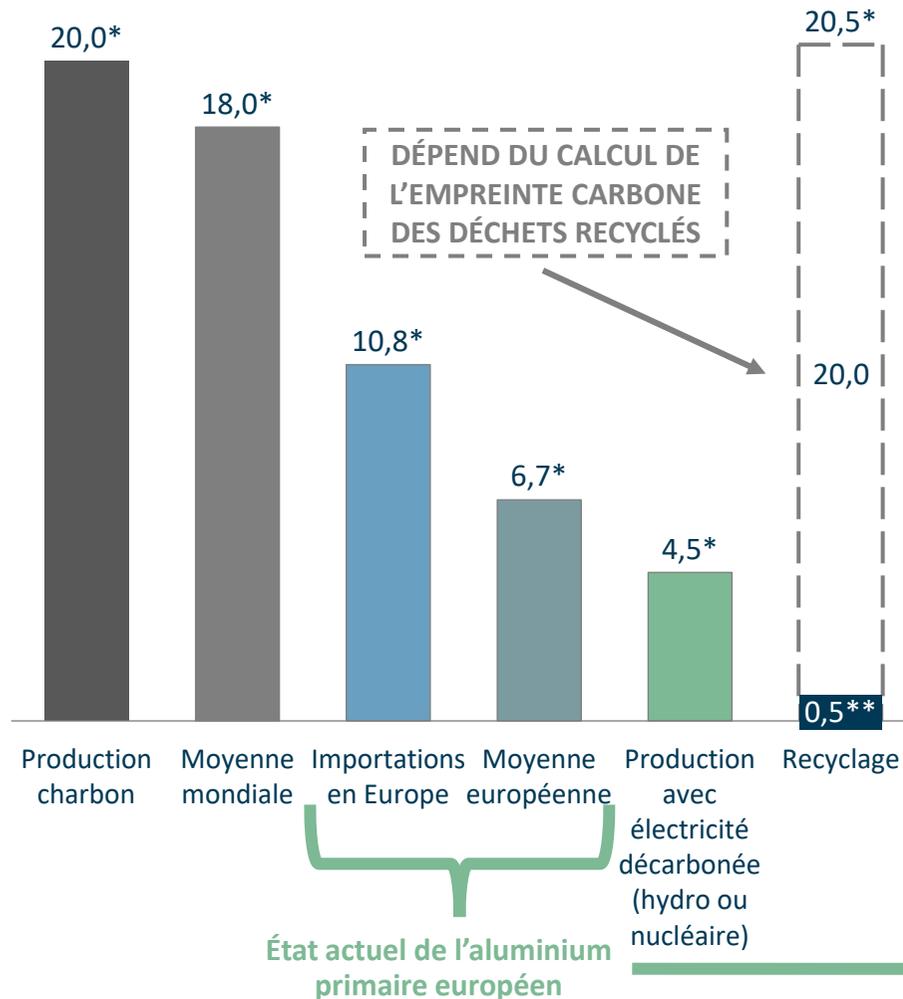
▶ ANNEXE A - AUTRES FAMILLES DE COMPOSANTS EN ALUMINIUM

▶ ANNEXE B - AUTRES ALLIAGES D'ALUMINIUM

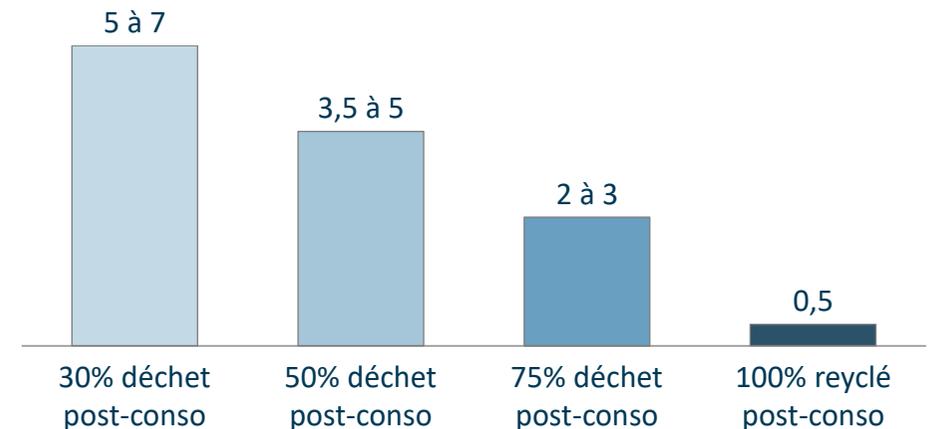
L'aluminium européen émet nettement moins d'émissions que celui qui est importé en Europe ou produit dans le reste du monde, grâce à un mix électrique bas carbone

Réduction des émissions de CO₂ dans la production d'aluminium par source et niveau de déchets traités

ÉMISSIONS DE CO₂ PAR SOURCE DE PRODUCTION D'ALUMINIUM PRIMAIRE | En tCO₂ / tAl, méthode cradle to gate* & gate to gate**



ÉMISSIONS DE CO₂ SELON LE NIVEAU DE DÉCHET DANS LA PRODUCTION D'ALUMINIUM | En tCO₂ / tAl, méthode gate to gate**



* Méthode de calcul « cradle to gate » de l'extraction des matières premières de l'aluminium à sa production

** Méthode de calcul « gate to gate » comptabilisant uniquement la production de l'aluminium

Source : Aluminium France, Constellium

La France se démarque, y compris par rapport à ses voisins européens, par des émissions de scope 2 très faibles grâce à son mix énergétique plus décarboné

Distinctions entre les scopes 1, 2 et 3 d'émissions carbone de production d'aluminium primaire en France

SCOPE 1

Émissions directes de CO₂ du site industriel : électrolyse de l'alumine, fonderie, cuisson des anodes

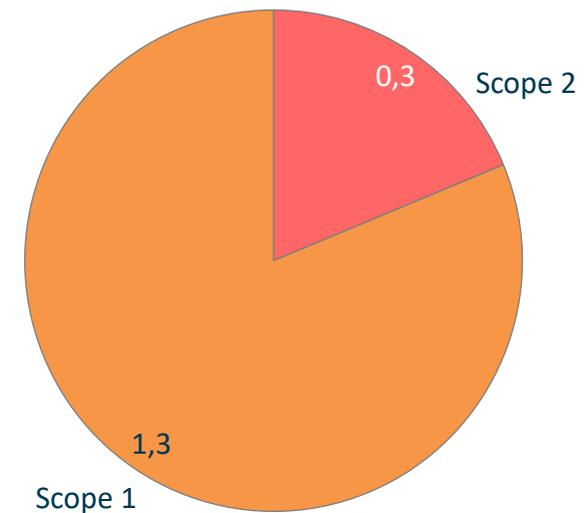
SCOPE 2

Émissions indirectes de CO₂ liées à la consommation de l'énergie acheminée sur le site industriel

SCOPE 3

Autres émissions indirectes : extraction de bauxite, production d'alumine, autres matières premières (coke, braie, graphite), transport entre les étapes de la chaîne de valeur

ÉMISSIONS DE LA PRODUCTION D'ALUMINIUM PRIMAIRE | 
En MtCO₂e, France, 2023

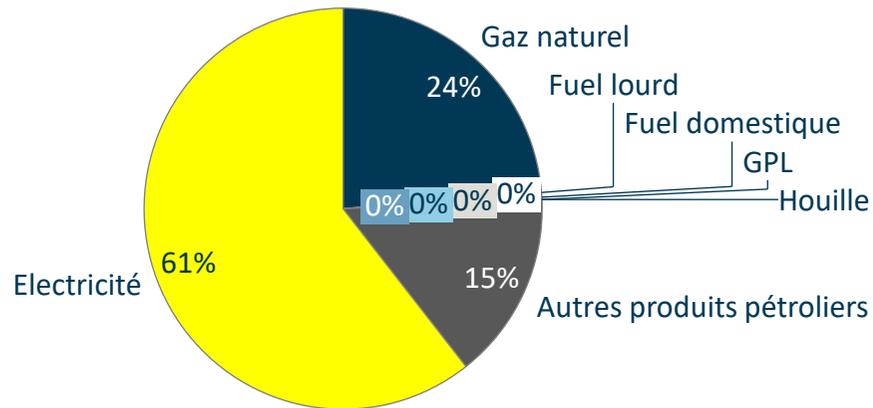


LE MIX ÉLECTRIQUE FRANÇAIS BAS CARBONE PERMET DE RÉDUIRE SIGNIFICATIVEMENT LA PART DU SCOPE 2 DANS LES ÉMISSIONS
LES ÉMISSIONS DE SCOPE 1 & 2 SONT 6 FOIS PLUS ÉLEVÉES EN CHINE

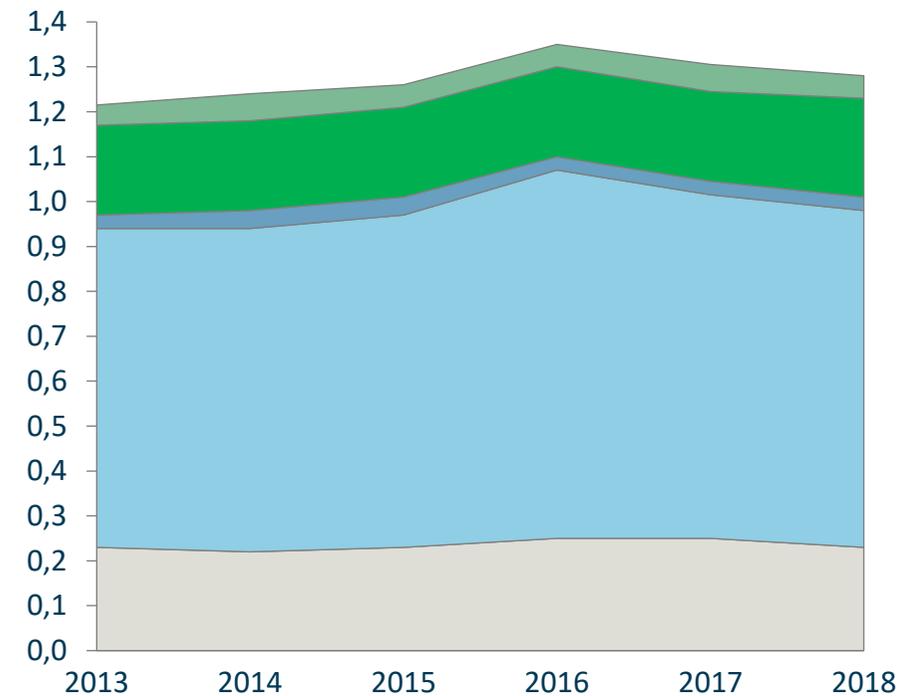
La filière aluminium française opère principalement à l'électricité, et ses émissions sont très majoritairement liées à la production d'aluminium primaire

Émissions de la production d'aluminium en France

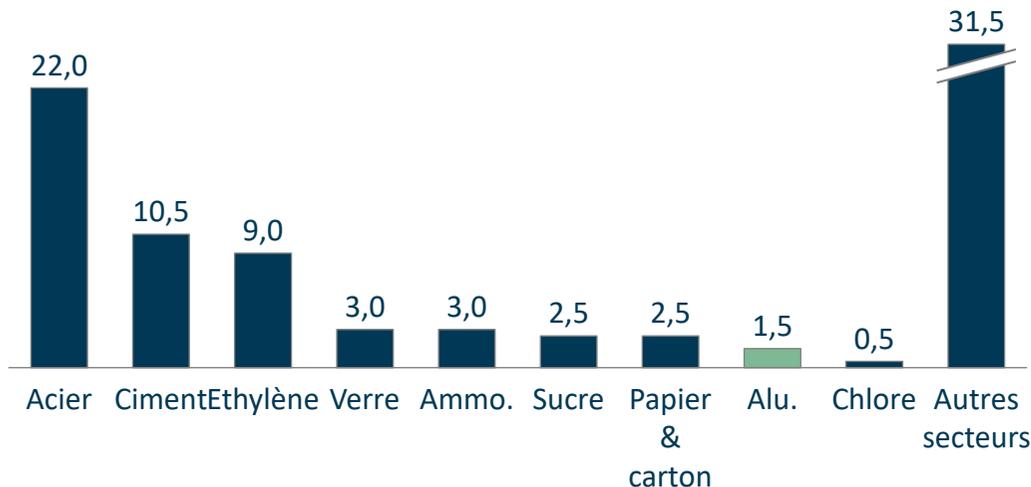
CONSOMMATIONS ÉNERGÉTIQUES DE LA MÉTALLURGIE DE L'ALUMINIUM | En %, France, 2023



ÉMISSIONS DE GES DE L'INDUSTRIE DE L'ALUMINIUM PAR ÉTAPE DE PRODUCTION | En MtCO₂e, France, 2013-2018



ÉMISSIONS DIRECTES DE GES DES PRINCIPAUX SECTEURS ÉNERGO-INTENSIFS | En MtCO₂e, France, 2015



Source : ADEME - Plan de transition sectoriel de l'industrie de l'aluminium en France, CEREN, recherche & analyse Strat Anticipation

AGENDA

▶ INTRODUCTION

▶ ÉTAT DES LIEUX

- INTRODUCTION DE LA FILIÈRE
- CARTOGRAPHIE DES CAPACITÉS DE PRODUCTION
- ÉMISSIONS DE LA FILIÈRE

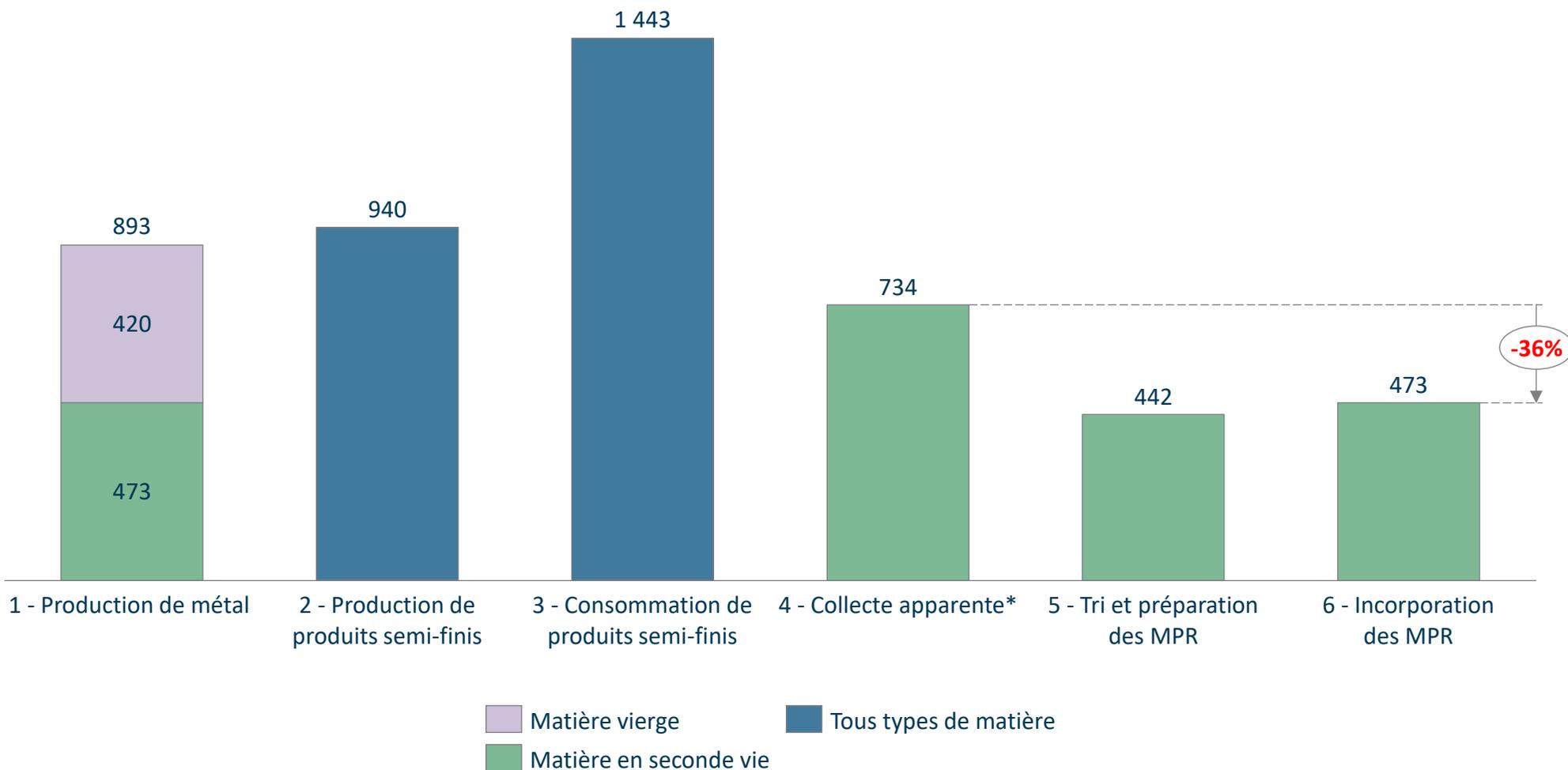
▪ CHIFFRAGE DE LA PRODUCTION ET DE L'USAGE DES DÉCHETS

- FLUX COMMERCIAUX
- UTILISATION DE L'ALUMINIUM HORS-AUTOMOBILE
- VUE ACTUELLE & FUTURE SUR LES BESOINS EN RECYCLAGE & INCORPORATION DE L'AUTOMOBILE
- ▶ CIRCUIT DE RECYCLAGE & OBJECTIFS RÉGLEMENTAIRES
- ▶ PRINCIPAUX USAGES D'ALUMINIUM DANS UN VÉHICULE & DÉMONTABILITÉ DES PIÈCES
- ▶ TRI POST-BROYAGE DES ALLIAGES D'ALUMINIUM
- ▶ PRINCIPAUX ALLIAGES D'ALUMINIUM AUTOMOBILES & RECYCLABILITÉ
- ▶ ÉCO-CONCEPTION: DESIGN MONO-ALLIAGE AVEC DES ALUMINIUMS DE SÉRIE 6XXX
- ▶ SUJETS CLÉS IDENTIFIÉS
- ▶ ANNEXE A - AUTRES FAMILLES DE COMPOSANTS EN ALUMINIUM
- ▶ ANNEXE B - AUTRES ALLIAGES D'ALUMINIUM

En France, 36% du tonnage de la collecte apparente* de déchets d'aluminium n'est finalement pas réincorporée dans la production, et est principalement exportée

Tonnages d'aluminium en France par étape de la chaîne de valeur

SYNTHÈSE DES TONNAGES D'ALUMINIUM EN FRANCE À CHAQUE ÉTAPE DE LA CHAÎNE DE VALEUR | En Kt, France, 2019

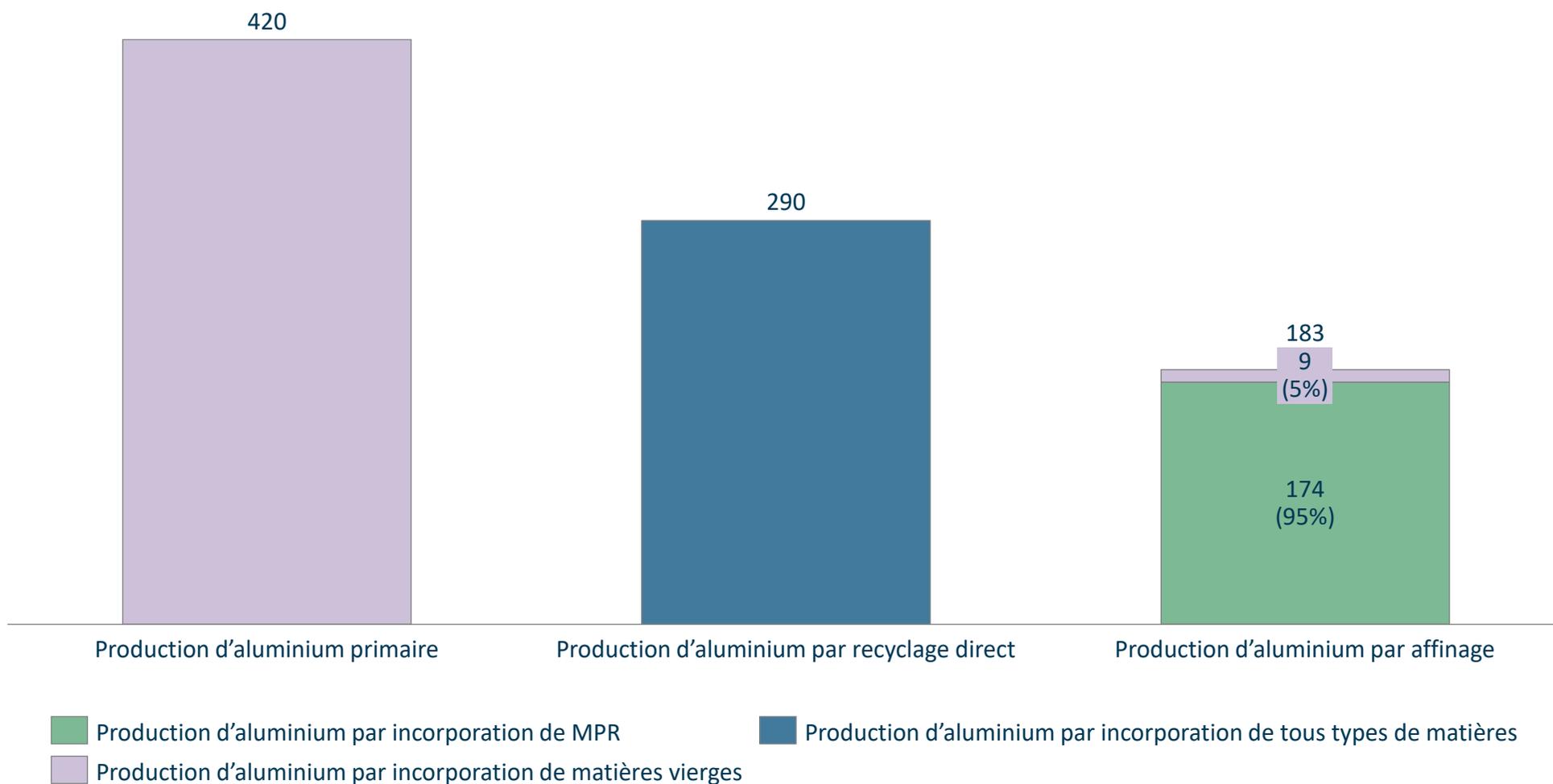


Collecte apparente = Incorporation de MPR dans la production française + Exports de déchets - Imports de déchets
 Source : ADEME - Étude d'amélioration du potentiel de recyclage des métaux en France, recherche & analyse Strat Anticipation

La production par affinage est composée à 95% de MPR, alors que la part de MPR est très variable pour le recyclage direct, selon les intrants & le produit final souhaité

Consommation de déchets et de matières premières vierges par filière

SYNTHÈSE DE LA CONSOMMATION DE DÉCHETS ET DE MATIÈRES PREMIÈRES VIERGES PAR LES TROIS FILIÈRES | En Kt, France, 2019

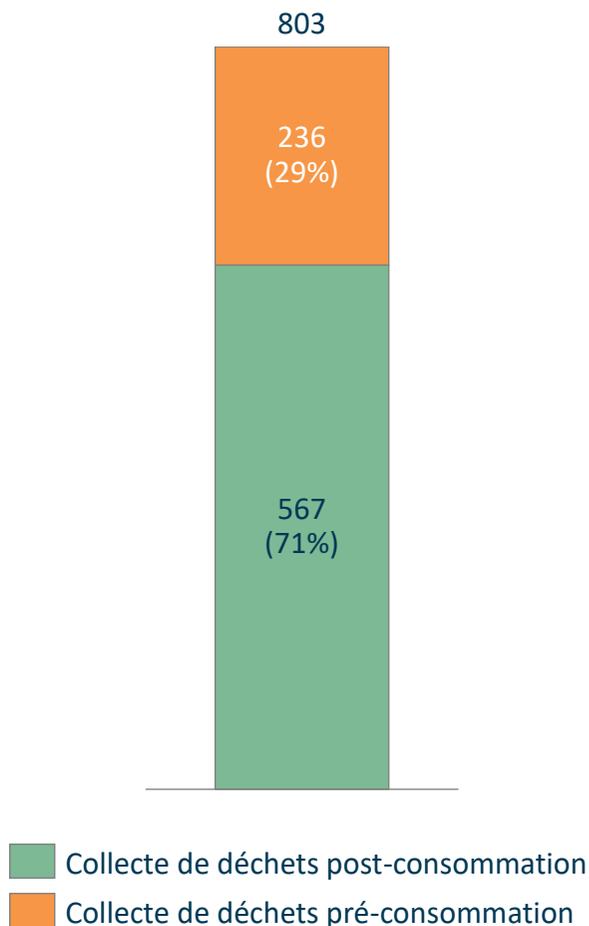


Source : ADEME - Étude d'amélioration du potentiel de recyclage des métaux en France, recherche & analyse Strat Anticipation

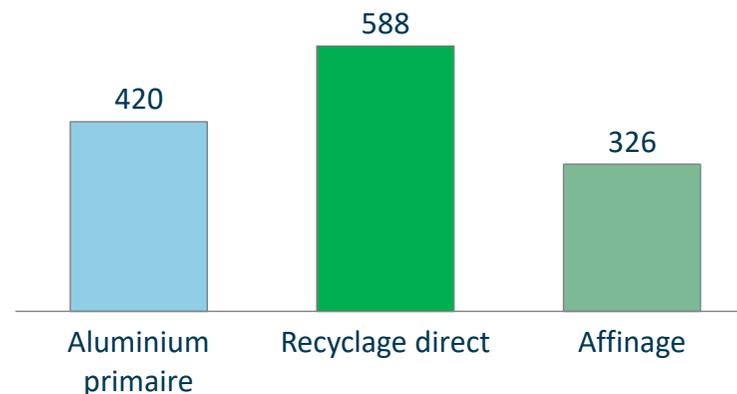
Seuls 12% des déchets d'aluminium collectés ne pourrait être absorbés par les capacités de recyclage installées à 2026 : il y a plutôt un sujet de disponibilité du gisement

Comparaison entre la collecte et le potentiel théorique de recyclage

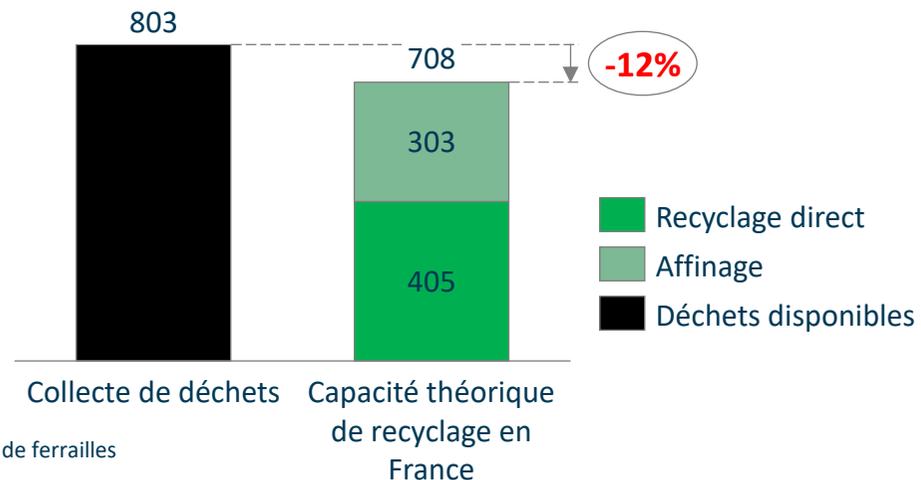
COLLECTE ANNUELLE DE DÉCHETS EN FRANCE¹ |
En Kt, France, 2019 pour le pré-conso & 2021 pour le post



CAPACITÉ DE PRODUCTION D'ALUMINIUM INSTALLÉE PAR FILIÈRE² | En Kt, France, 2026



POTENTIEL DE RECYCLAGE COMPTE TENU DE CES CAPACITÉS³ | En Kt, Scénario maximaliste, France, 2026

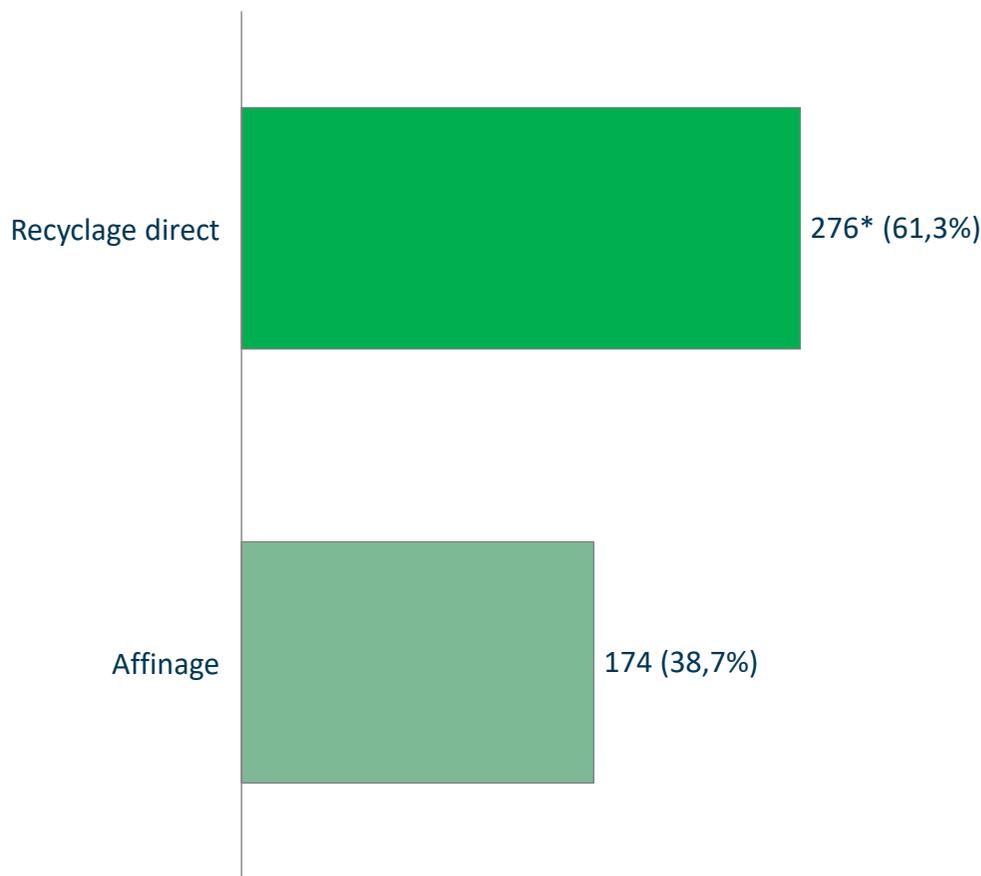


1 : Collecte apparente = Incorporation de ferrailles en sidérurgie + Exportations de ferrailles - Importations de ferrailles
 2 : Chiffres de capacités issus de la cartographie réalisée par Strat Anticipation
 3 : Hypothèses de limites techniques d'incorporation : 70% en recyclage direct et 95% en affinage
 Source : ADEME - Étude d'amélioration du potentiel de recyclage des métaux en France, recherche & analyse Strat Anticipation

La filière de recyclage direct fonctionne essentiellement avec des déchets de bonne qualité, là où l'affinage est plus versatile bien qu'il nécessite parfois du primaire

Quantité et typologie de déchets incorporés par filière

QUANTITÉ DE DÉCHETS INCORPORÉS PAR FILIÈRE ET TYPOLOGIE | En Kt & %, France, 2022



MATIÈRES INCORPORÉES

- ▶ Déchets post-consommation de composition homogène (ex. canettes des systèmes de consigne pour recyclage)
- ▶ Déchets de pré-consommation comme les chutes neuves
- ▶ Déchets de démolition pour faire des billettes
- ▶ Déchets de pré-consommation automobile pour faire des plaques

- ▶ Déchets pré- et post-consommation de différents types

Note: Chiffre maximal théorique retenu avec un taux d'incorporation de MPR de 95%
 Source : ADEME - Étude d'amélioration du potentiel de recyclage des métaux en France, recherche & analyse Strat Anticipation

Dans la nomenclature ISRI, 49 grades de déchets d'aluminium sont répertoriés et classés en 5 groupes, avec à chaque fois des propriétés et cas d'usages différents

Principales catégories de déchets d'aluminium

CATÉGORIE	GRADES ISRI	DESCRIPTION	PRIX (\$/kg)*	CONTENU ALUMINIUM
Fils d'aluminium	Talon, Tann, Tassel, Tablet, Tank, Tarry, Taste, Tease, Trill, Twang	Nus, propres et dépourvus d'alliage. Issus d'appareils électroniques et de vieux moteurs électriques.	0,35	99%
Extrusions d'aluminium	Tata, Toto	Alliage 6063 de très haute valeur. Principalement sourcés dans le bâtiment et de la construction	0,28	97-99%
	Tutu	Alliages 6061/7075 de haute valeur. Issus des pièces de véhicules, chemins de fers, avions, etc.		
	Tooth, Tough, Tread, Troma, Trump, Twist	Autres pièces d'extrusion d'alliage variés	n.d.	n.d.
Tôles d'aluminium	Taint, Tabor, Tablet, Tabloid, Tepid, Terse, Tesla, Tetra	Dépourvues d'alliage. Tôles, gouttières, panneaux issus du bâtiment et de la démolition.	0,24	n.d.
Canettes d'aluminium ou UBC	Talk, Take, Talcred, Taldack, Taldon, Taldork	Catégorie la plus courante. Issue de la grande distribution.	n.d.	n.d.
Tournages et alésages d'aluminium	Telic, Thigh, Thirl, Twitch, Tweak, Twire, Twirl	Plus de 2 alliages. Générée lors du déchiquetage de l'aluminium en processus recyclage ou fabrication.	n.d.	97-99%
Hors-catégorie	Taboo, Tale, Talk, Tall, Tally, Tense, Thorn, Throb, Zorba	Le zorba se distingue des grades hors-catégorie par un mélange de métaux non-ferreux traité à l'aide d'aimants	n.d.	n.d.

n.d. : Non disponible

* : Prix estimés en dollars U.S. au 3 novembre 2022.

Sources : ISRI – Scrap Specifications Circular 2022, Recycle In Me (2022) – Knowing the Different Grades of Aluminium Scrap

Les possibilités d'incorporation de déchets sont soumises à différentes variables, parmi lesquelles la qualité du déchet, ainsi que l'alliage souhaité et ses propriétés

Taux de déchets d'aluminium acceptable selon leur grade et la nature de l'alliage (résistance, richesse)

Flux de déchets	Alliages à faible résistance Pauvre ← → Riche			Alliages à forte résistance Pauvre ← → Riche		
	Grade 1	21-40%	81-100%	81-100%	81-100%	81-100%
Grade 2	21-40%	81-100%	61-80%	61-80%	81-100%	81-100%
Grade 3	0-20%	41-60%	41-60%	21-40%	61-80%	81-100%
Grade 4	0-20%	21-40%	21-40%	0-20%	41-60%	41-60%
Grade 5	21-40%	61-80%	61-80%	81-100%	81-100%	81-100%
Grade 6	0-20%	21-40%	21-40%	0-20%	21-40%	41-60%

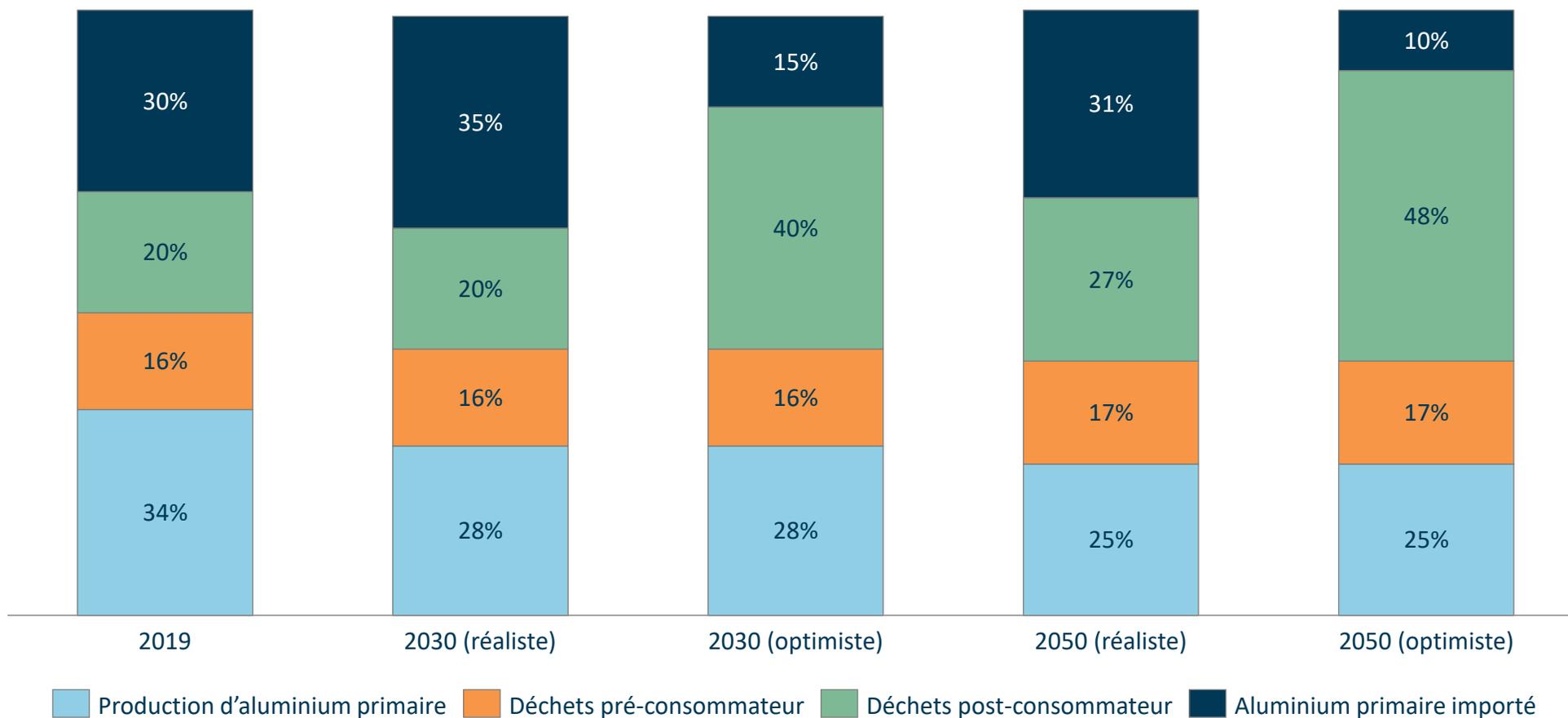
Taux de déchet acceptable – en % de l'échantillon selon le grade de déchet et l'alliage



Il y a un écart important à terme entre les scénarios réaliste & optimiste sur la part des déchets, mais peu d'évolution entre 2030 & 2050 au sein de chaque scénario

Répartition de la production d'aluminium par filière

PROJECTION SUR LA RÉPARTITION DE L'OFFRE D'ALUMINIUM AU SEIN DE L'UE EN 2019, 2030 & 2050 | En Kt, UE, Projection de 2022



Note : Les scénarios optimistes & pessimistes supposent un recyclage efficace et un taux d'incorporation constant des déchets de pré-consommation. La différence entre les deux scénarios consiste en un niveau d'investissement différent dans des technologies avancées de tri des déchets post-consommation

Source : ADEME - Étude d'amélioration du potentiel de recyclage des métaux en France, European Aluminium, recherche & analyse Strat Anticipation

AGENDA

▶ INTRODUCTION

▶ ÉTAT DES LIEUX

- INTRODUCTION DE LA FILIÈRE
- CARTOGRAPHIE DES CAPACITÉS DE PRODUCTION
- ÉMISSIONS DE LA FILIÈRE
- CHIFFRAGE DE LA PRODUCTION ET DE L'USAGE DES DÉCHETS

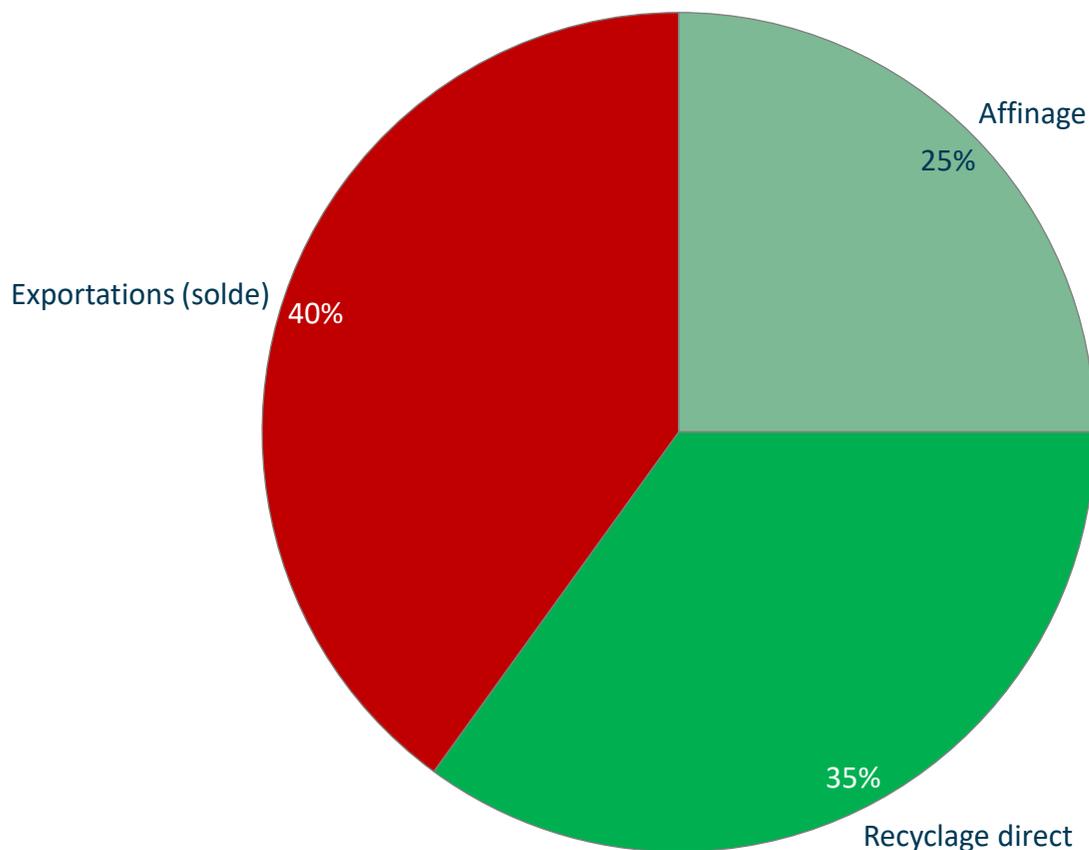
▪ FLUX COMMERCIAUX

- UTILISATION DE L'ALUMINIUM HORS-AUTOMOBILE
- VUE ACTUELLE & FUTURE SUR LES BESOINS EN RECYCLAGE & INCORPORATION DE L'AUTOMOBILE
- ▶ CIRCUIT DE RECYCLAGE & OBJECTIFS RÉGLEMENTAIRES
- ▶ PRINCIPAUX USAGES D'ALUMINIUM DANS UN VÉHICULE & DÉMONTABILITÉ DES PIÈCES
- ▶ TRI POST-BROYAGE DES ALLIAGES D'ALUMINIUM
- ▶ PRINCIPAUX ALLIAGES D'ALUMINIUM AUTOMOBILES & RECYCLABILITÉ
- ▶ ÉCO-CONCEPTION: DESIGN MONO-ALLIAGE AVEC DES ALUMINIUMS DE SÉRIE 6XXX
- ▶ SUJETS CLÉS IDENTIFIÉS
- ▶ ANNEXE A - AUTRES FAMILLES DE COMPOSANTS EN ALUMINIUM
- ▶ ANNEXE B - AUTRES ALLIAGES D'ALUMINIUM

En France, une part importante des déchets d'aluminium sont exportés (40%), le reste est pris en compte par la filière de recyclage direct (35%), et par l'affinage (25%)

Répartition de la consommation de matière première recyclée par filière

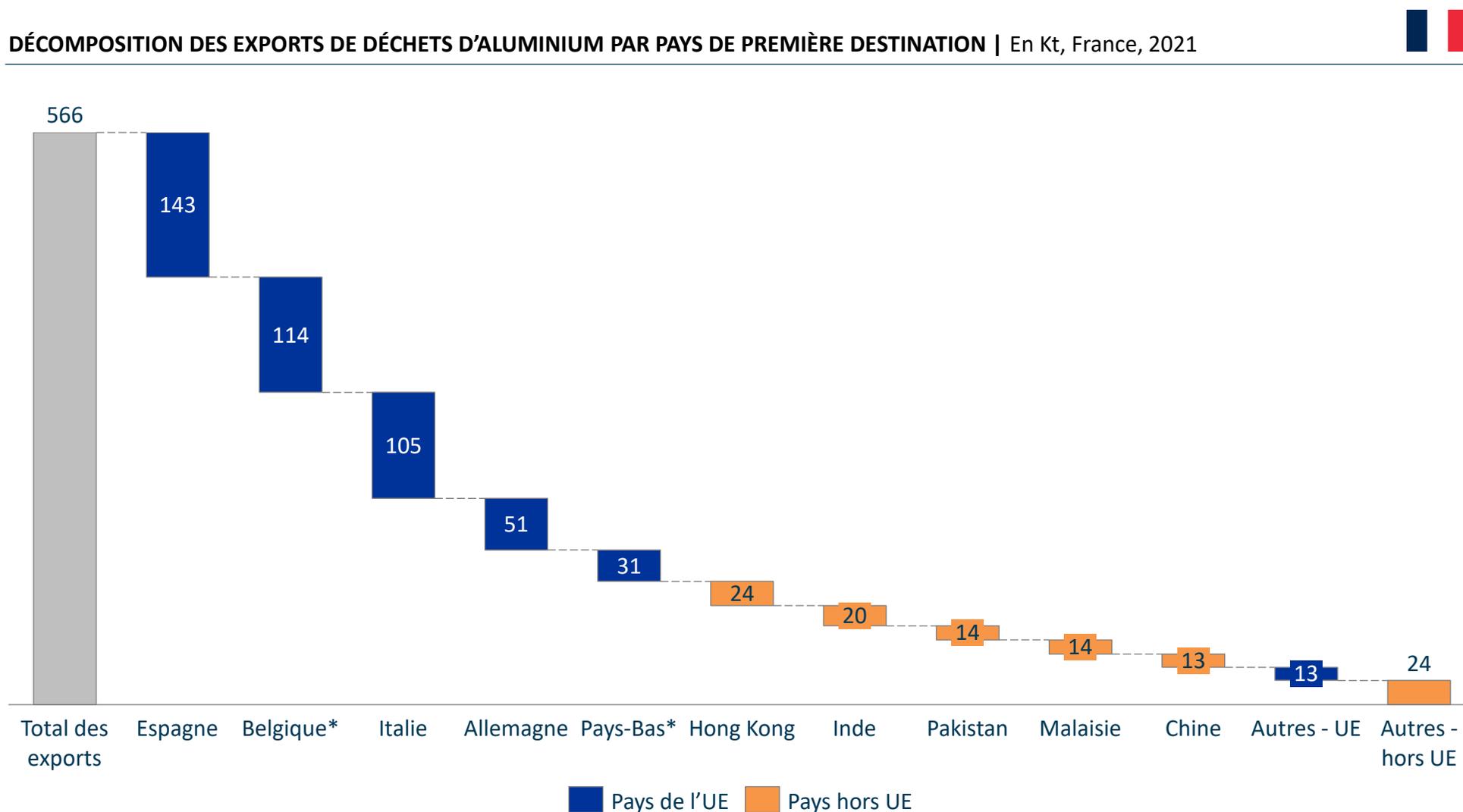
RÉPARTITION DES DÉCHETS D'ALUMINIUM PAR FILIÈRE CONSOMMATRICE EN FRANCE | En %, France, 2022



Les pays de première destination des déchets français sont largement européens, mais avec la Belgique ou les Pays-Bas qui sont une étape avant le grand export

Principales destinations des déchets d'aluminium français

DÉCOMPOSITION DES EXPORTS DE DÉCHETS D'ALUMINIUM PAR PAYS DE PREMIÈRE DESTINATION | En Kt, France, 2021



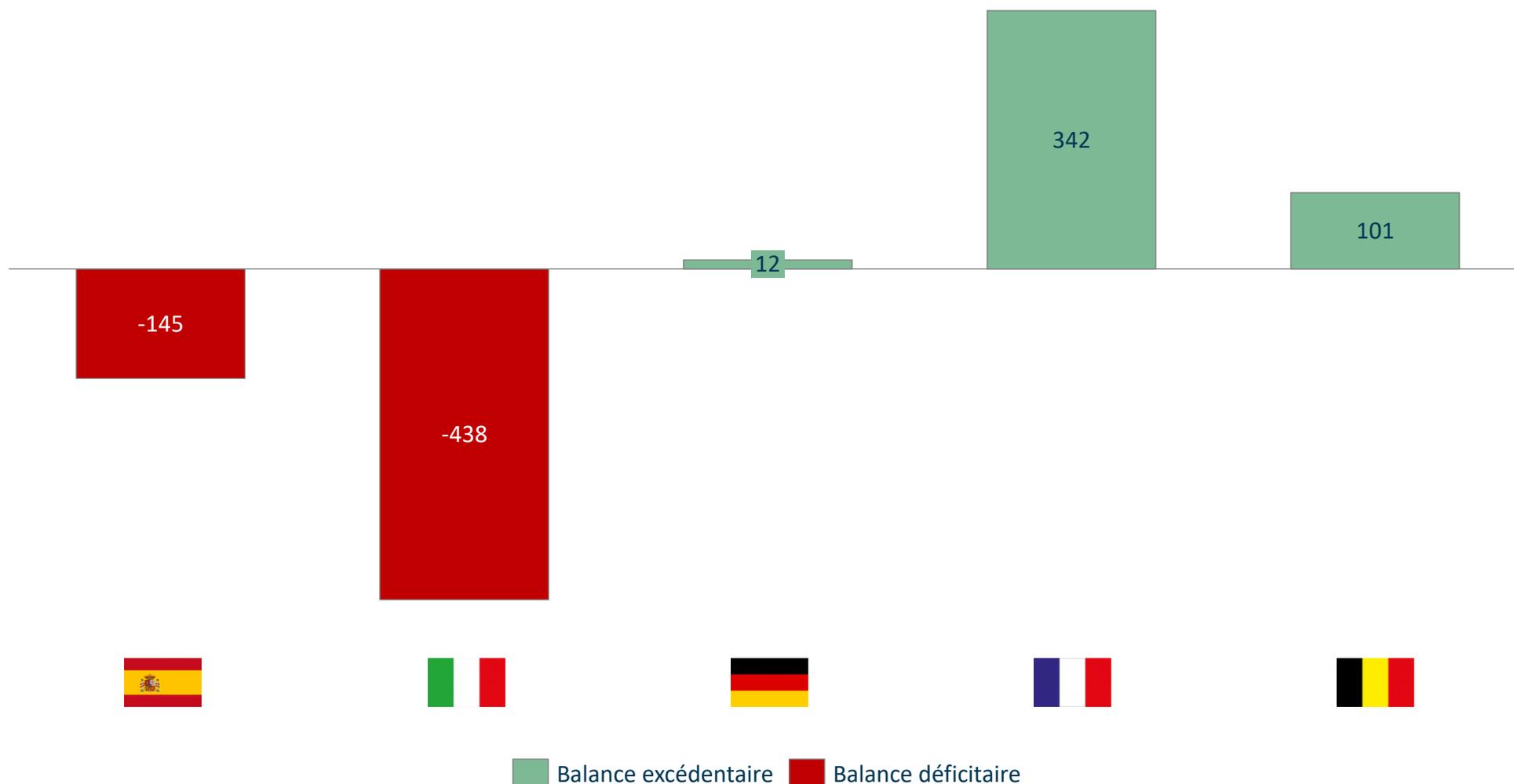
Note : La Belgique et les Pays-Bas sont largement des pays de transit avant le grand export hors UE, là où dans les autres pays, les déchets sont davantage consommés sur place

Source : ADEME - Étude d'amélioration du potentiel de recyclage des métaux en France, recherche & analyse Strat Anticipation

La France est un exportateur majeur de déchets d'aluminium, là où l'Italie est un importateur majeur

Balance commerciale d'une sélection de pays de l'UE sur les déchets

BALANCE COMMERCIALE DES IMPORTS/ EXPORTS DE DÉCHETS D'ALUMINIUM | En Kt, UE, 2021

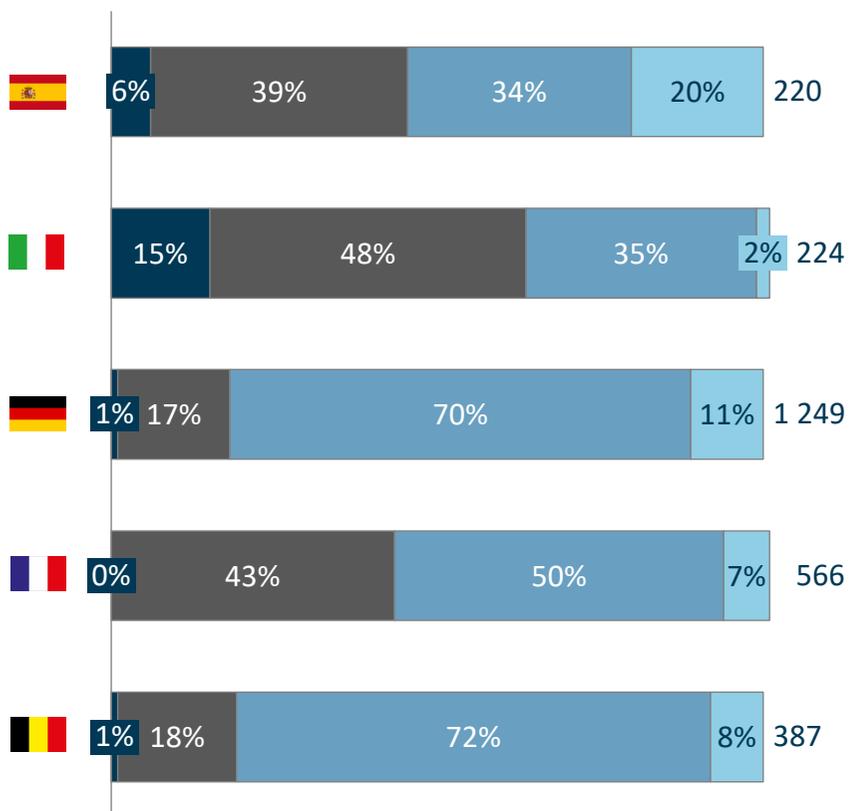


Tous secteurs confondus, le consentement à payer est plus élevé hors de France pour les déchets à faibles en résiduels, ce qui explique les imports-exports français

Typologie des déchets importés et exportés

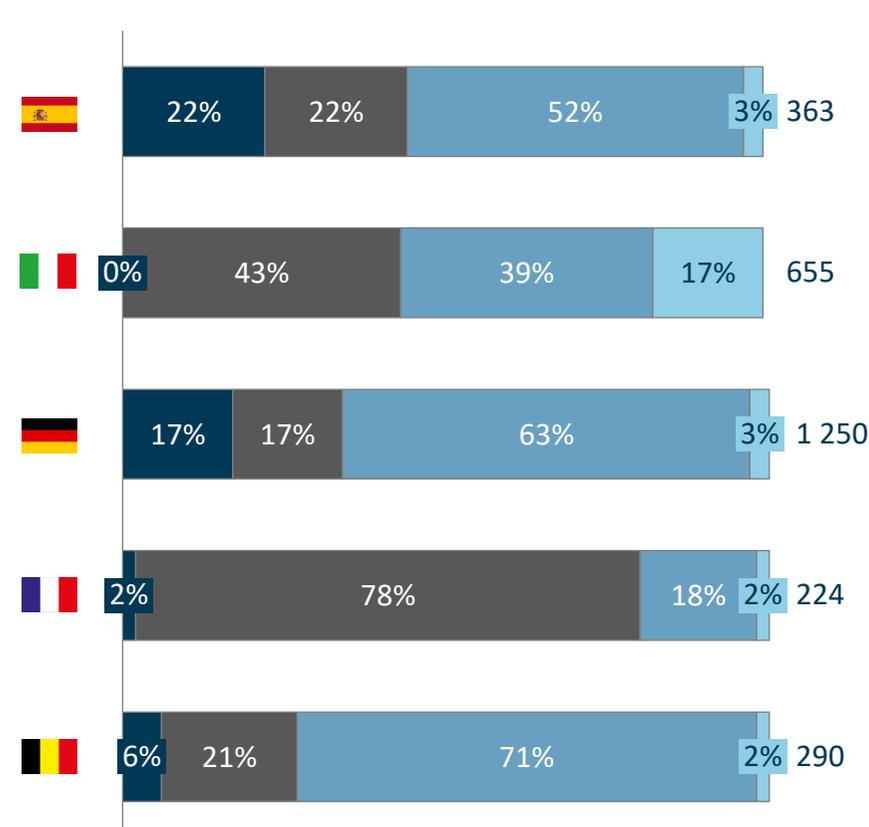
TYPE DE DÉCHETS EXPORTÉS PAR 5 PAYS EUROPÉENS |

En Kt, UE, 2021



TYPE DE DÉCHETS IMPORTÉS PAR 5 PAYS EUROPÉENS |

En Kt, UE, 2021



Cendres
 Déchets
 Débris
 Tournures, meulures, etc...

AGENDA

▶ INTRODUCTION

▶ ÉTAT DES LIEUX

- INTRODUCTION DE LA FILIÈRE
- CARTOGRAPHIE DES CAPACITÉS DE PRODUCTION
- ÉMISSIONS DE LA FILIÈRE
- CHIFFRAGE DE LA PRODUCTION ET DE L'USAGE DES DÉCHETS
- FLUX COMMERCIAUX

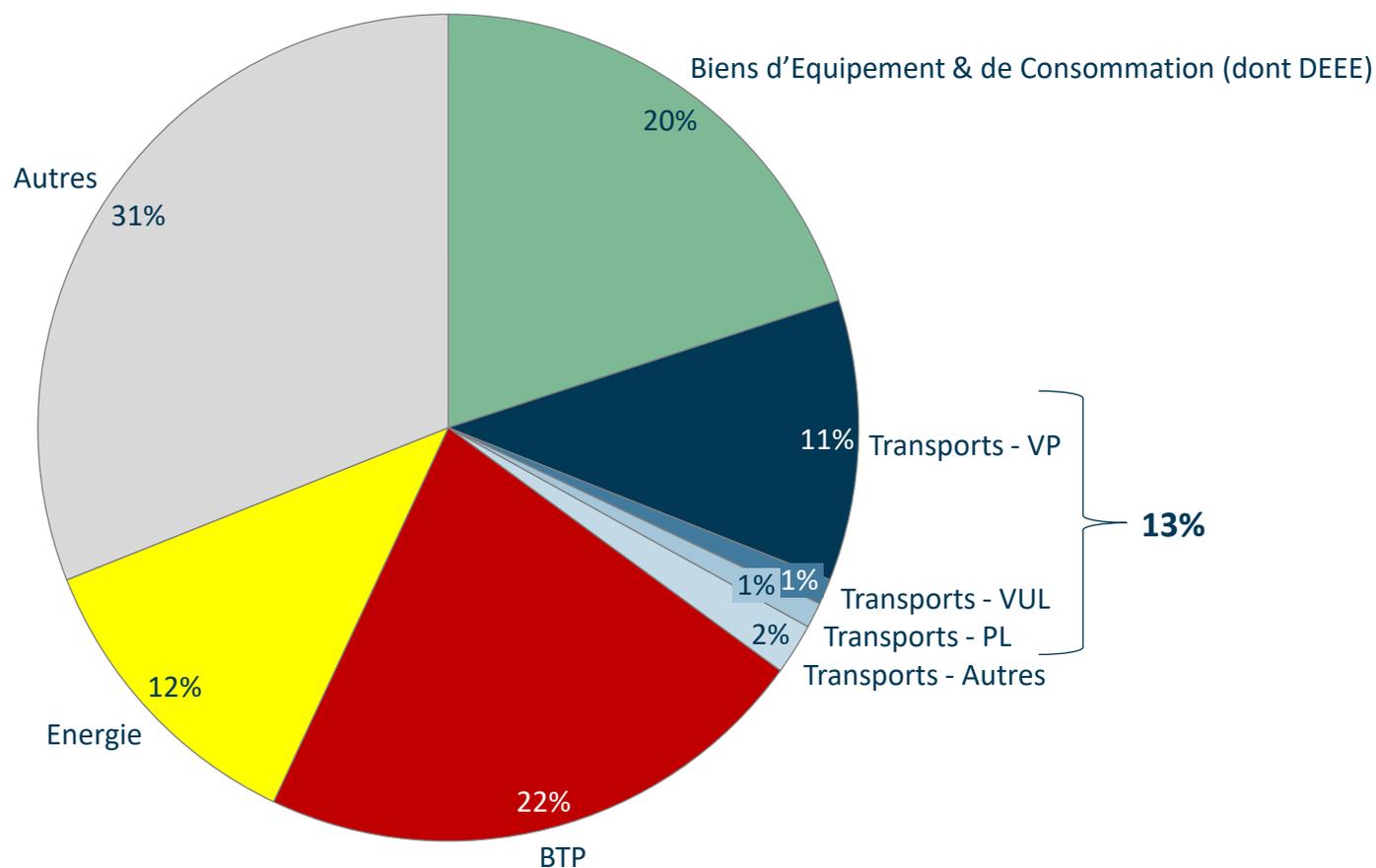
▪ UTILISATION DE L'ALUMINIUM HORS-AUTOMOBILE

- VUE ACTUELLE & FUTURE SUR LES BESOINS EN RECYCLAGE & INCORPORATION DE L'AUTOMOBILE
- ▶ CIRCUIT DE RECYCLAGE & OBJECTIFS RÉGLEMENTAIRES
- ▶ PRINCIPAUX USAGES D'ALUMINIUM DANS UN VÉHICULE & DÉMONTABILITÉ DES PIÈCES
- ▶ TRI POST-BROYAGE DES ALLIAGES D'ALUMINIUM
- ▶ PRINCIPAUX ALLIAGES D'ALUMINIUM AUTOMOBILES & RECYCLABILITÉ
- ▶ ÉCO-CONCEPTION: DESIGN MONO-ALLIAGE AVEC DES ALUMINIUMS DE SÉRIE 6XXX
- ▶ SUJETS CLÉS IDENTIFIÉS
- ▶ ANNEXE A - AUTRES FAMILLES DE COMPOSANTS EN ALUMINIUM
- ▶ ANNEXE B - AUTRES ALLIAGES D'ALUMINIUM

L'automobile au sens large, représente 13% de la consommation d'aluminium en France, et est donc le 3^{ème} secteur utilisateur après le BTP & les biens d'équipement

Principaux secteurs consommateurs d'aluminium

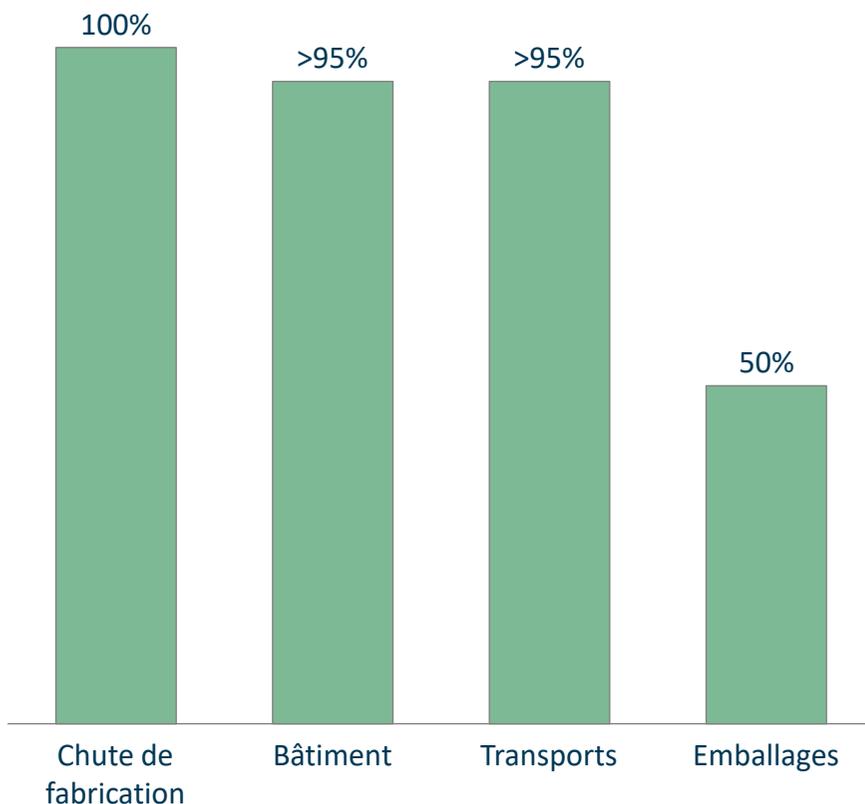
DÉBOUCHÉS SECTORIELS DE L'ALUMINIUM EN FRANCE | En %, France, 2022



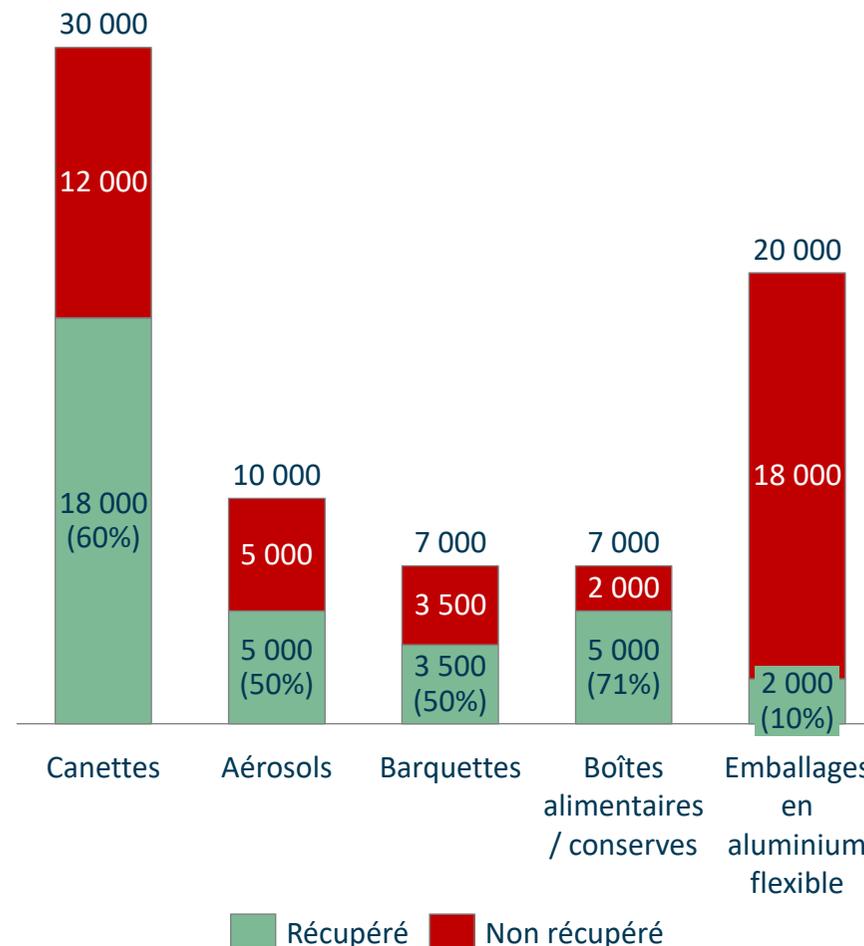
Le recyclage actuel de l'aluminium se fait en partie en boucle ouverte, avec des flux entre secteurs pour des raisons technico-économiques, mais cela crée du décyclage

Aptitude des différents secteurs au recyclage de l'aluminium

ESTIMATION DES TAUX DE RECYCLAGE POUR DIVERSES APPLICATIONS | En %, France, 2023



ESTIMATION DES TAUX DE RÉCUPÉRATION SELON LES TYPES D'EMBALLAGES | En tonnes & %, France, 2023

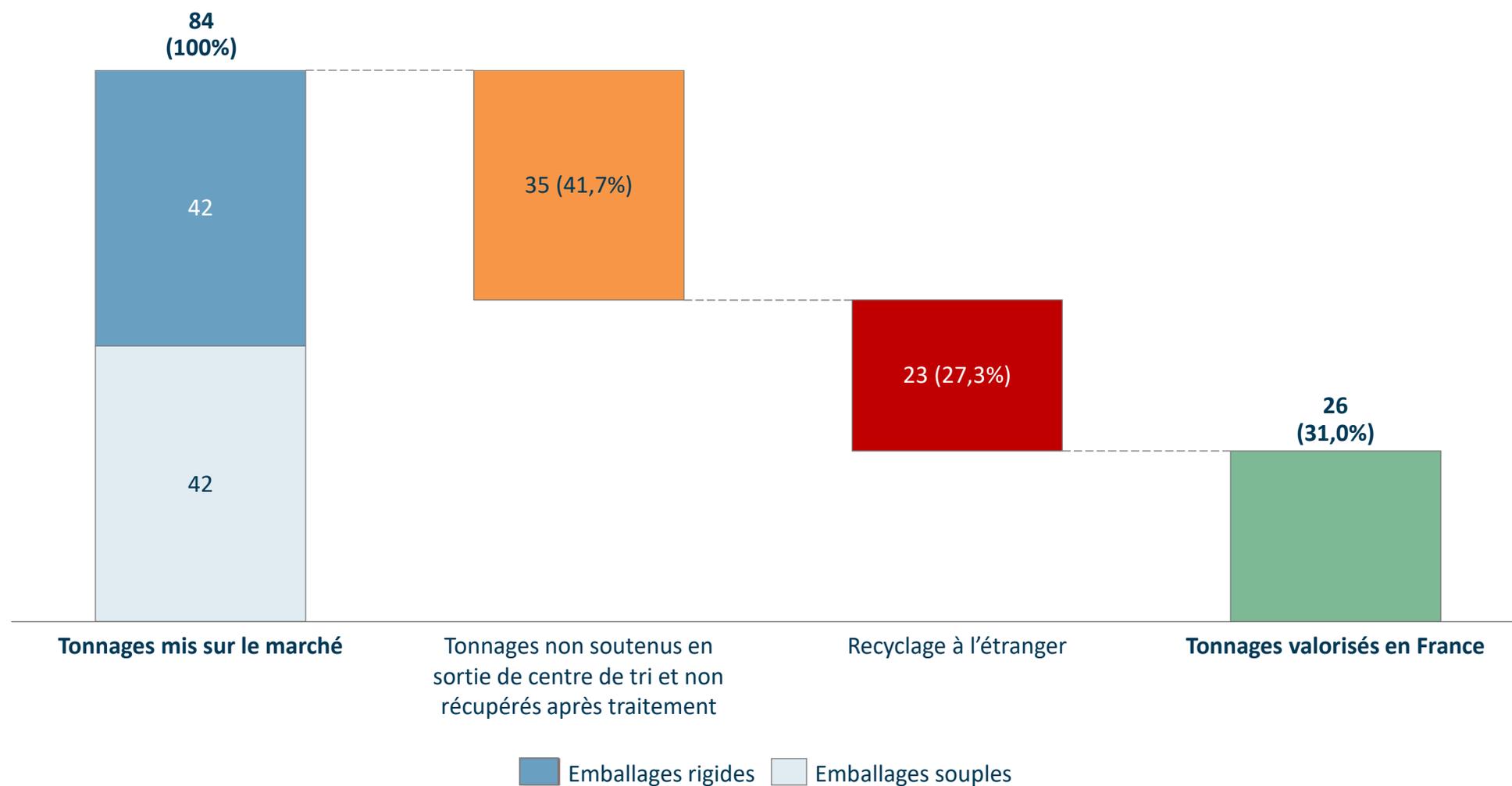


Source : ADEME - Plan de transition sectoriel de l'industrie de l'aluminium en France, Bilan National du Recyclage, Aluminium France, recherche & analyse Strat Anticipation

Le gisement emballages, qui est pratiquement deux fois plus petit en masse, est aussi quasiment deux fois moins valorisé en pourcentage que le gisement VHU

Etats des lieux du gisement emballages

DESTINATIONS DES EMBALLAGES EN ALUMINIUM | En Kt, France, 2021



AGENDA

▶ INTRODUCTION

▶ **ÉTAT DES LIEUX**

- INTRODUCTION DE LA FILIÈRE
- CARTOGRAPHIE DES CAPACITÉS DE PRODUCTION
- ÉMISSIONS DE LA FILIÈRE
- CHIFFRAGE DE LA PRODUCTION ET DE L'USAGE DES DÉCHETS
- FLUX COMMERCIAUX
- UTILISATION DE L'ALUMINIUM HORS-AUTOMOBILE

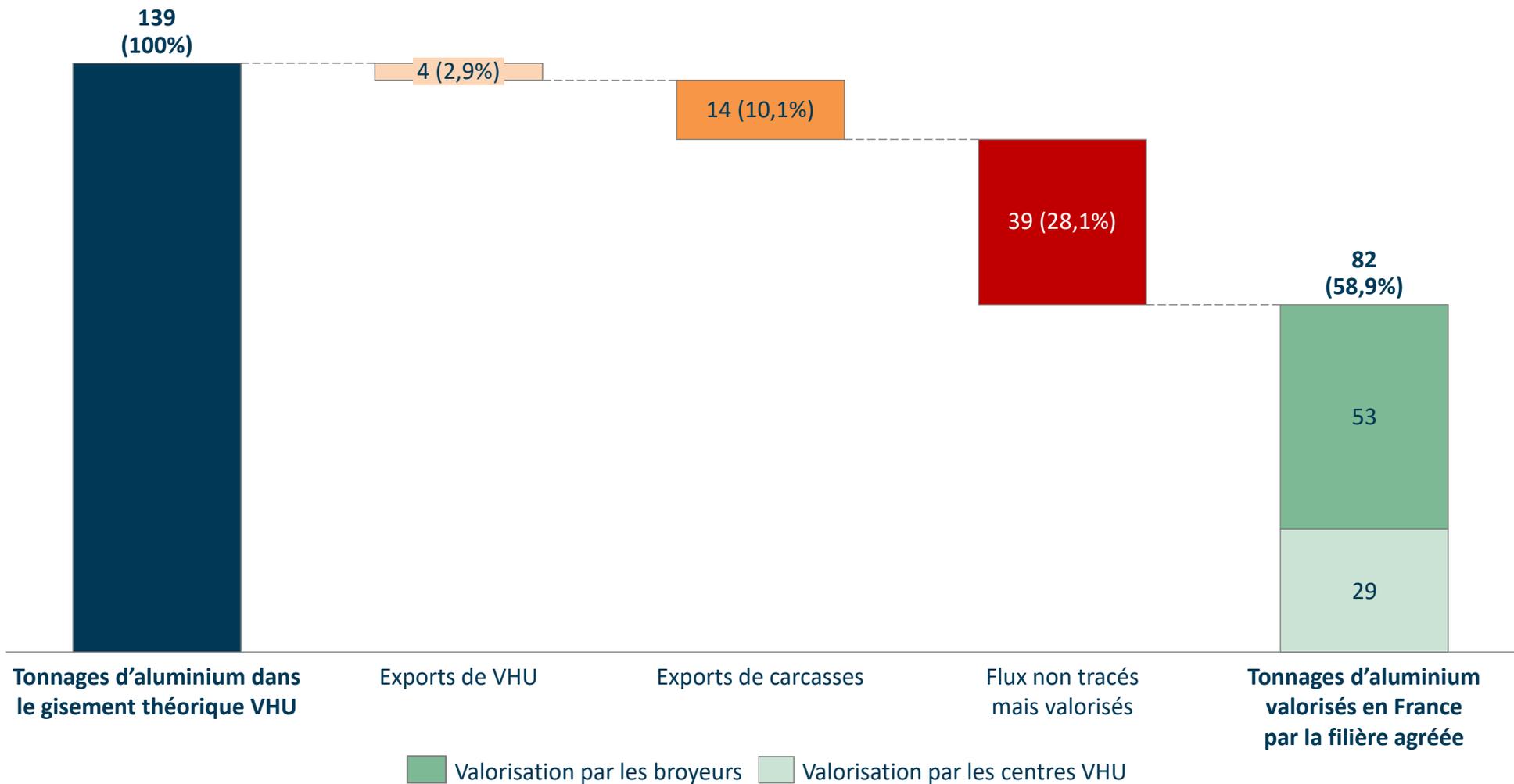
▪ **VUE ACTUELLE & FUTURE SUR LES BESOINS EN RECYCLAGE & INCORPORATION DE L'AUTOMOBILE**

- ▶ CIRCUIT DE RECYCLAGE & OBJECTIFS RÉGLEMENTAIRES
- ▶ PRINCIPAUX USAGES D'ALUMINIUM DANS UN VÉHICULE & DÉMONTABILITÉ DES PIÈCES
- ▶ TRI POST-BROYAGE DES ALLIAGES D'ALUMINIUM
- ▶ PRINCIPAUX ALLIAGES D'ALUMINIUM AUTOMOBILES & RECYCLABILITÉ
- ▶ ÉCO-CONCEPTION: DESIGN MONO-ALLIAGE AVEC DES ALUMINIUMS DE SÉRIE 6XXX
- ▶ SUJETS CLÉS IDENTIFIÉS
- ▶ ANNEXE A - AUTRES FAMILLES DE COMPOSANTS EN ALUMINIUM
- ▶ ANNEXE B - AUTRES ALLIAGES D'ALUMINIUM

A l'heure actuelle, le gisement VHU aluminium n'est valorisé qu'à 58,9% par la filière agréée française, même si rien n'est mis en décharge étant donné la valeur du métal

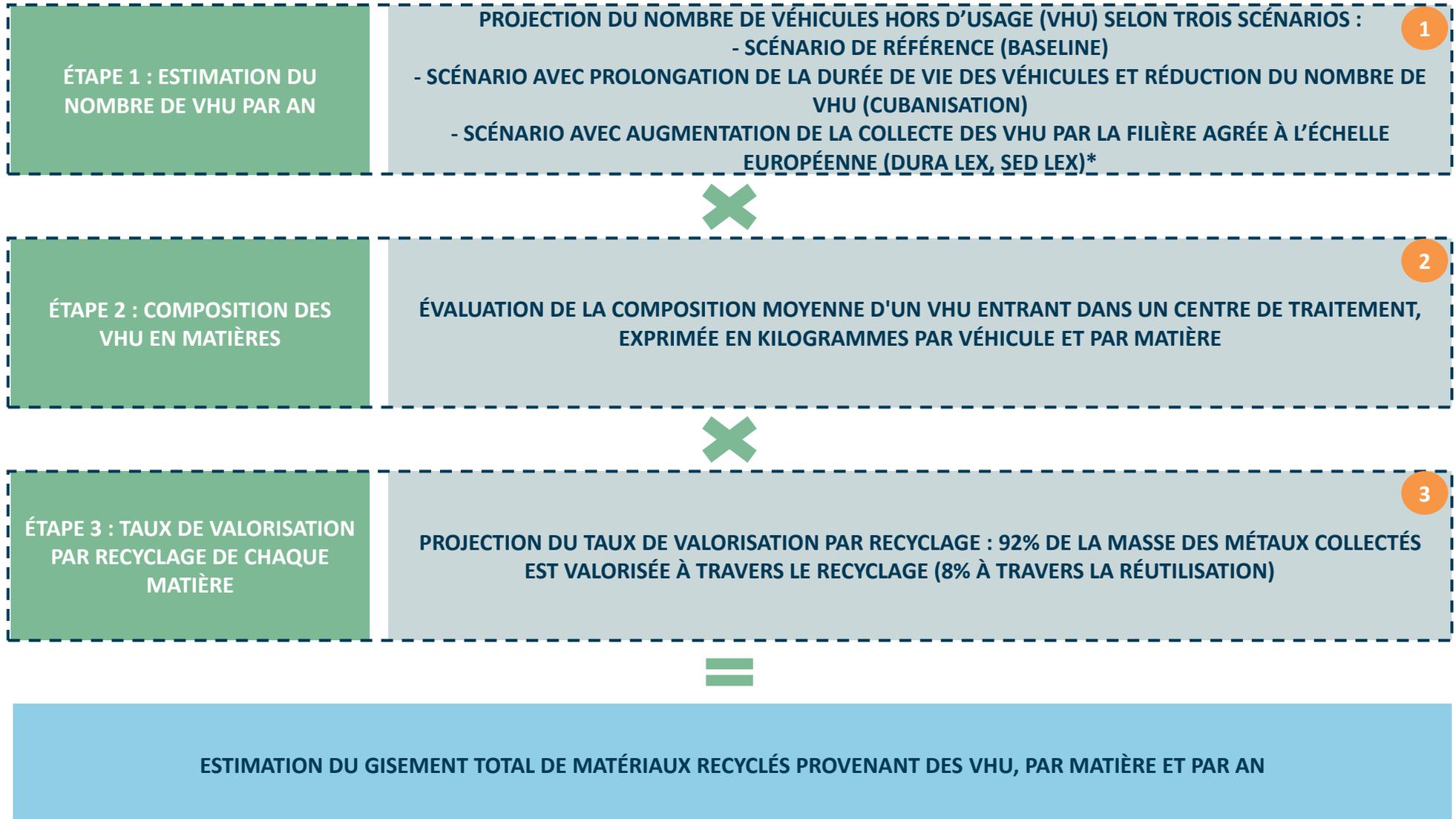
Etats des lieux du gisement VHU

DESTINATIONS DE L'ALUMINIUM CONTENU DANS LES VHU | En Kt, France, Moyenne annuelle sur la période 2017-2020



Nous voulons cerner le champ des possibles en termes de gisement automobile potentiel pour le recyclage via une modélisation

Méthodologie d'évaluation du gisement VHU - Métaux



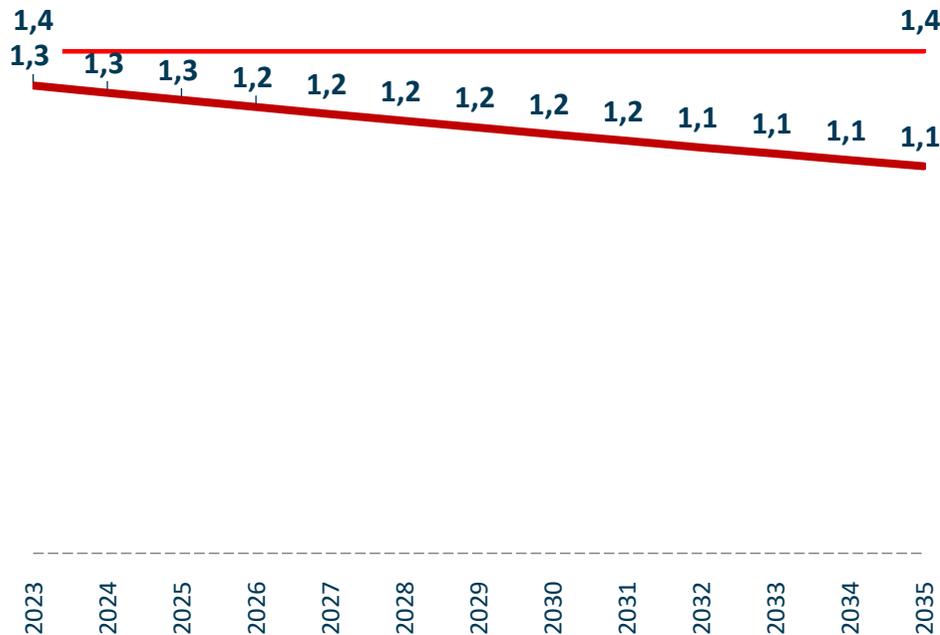
*Les taux de collecte en France est déjà très élevé
Source : modélisation Strat Anticipation

La mise en application du règlement VHU pourrait permettre un meilleur contrôle des exports de VO / VHU et ainsi de davantage les traiter au sein de la filière agréée

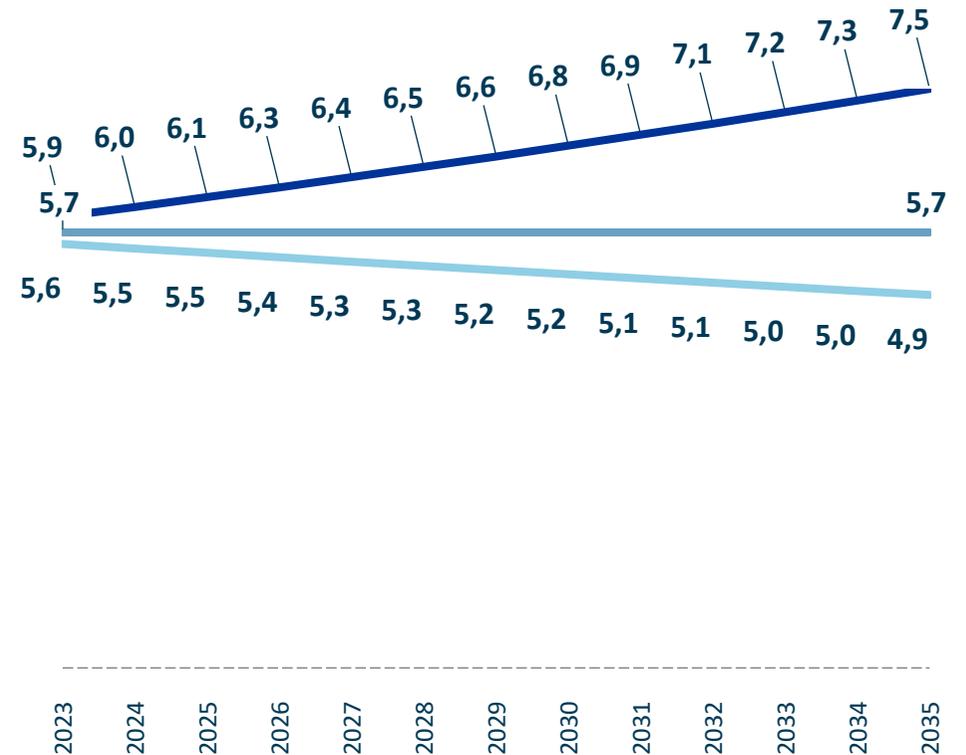
Méthodologie d'évaluation du gisement VHU - Etape 1 : Estimation du nombre de VHU par an

1

SCÉNARIOS DE NOMBRE DE VHU TRAITÉS PAR LA FILIÈRE AGRÉÉE EN FRANCE | En millions / an, France, 2023-2035



SCÉNARIOS DE NOMBRE DE VHU TRAITÉS PAR LA FILIÈRE AGRÉÉE DANS L'UE | En millions / an, UE, 2023-2035



— France - Baseline
— France - Cubanisation

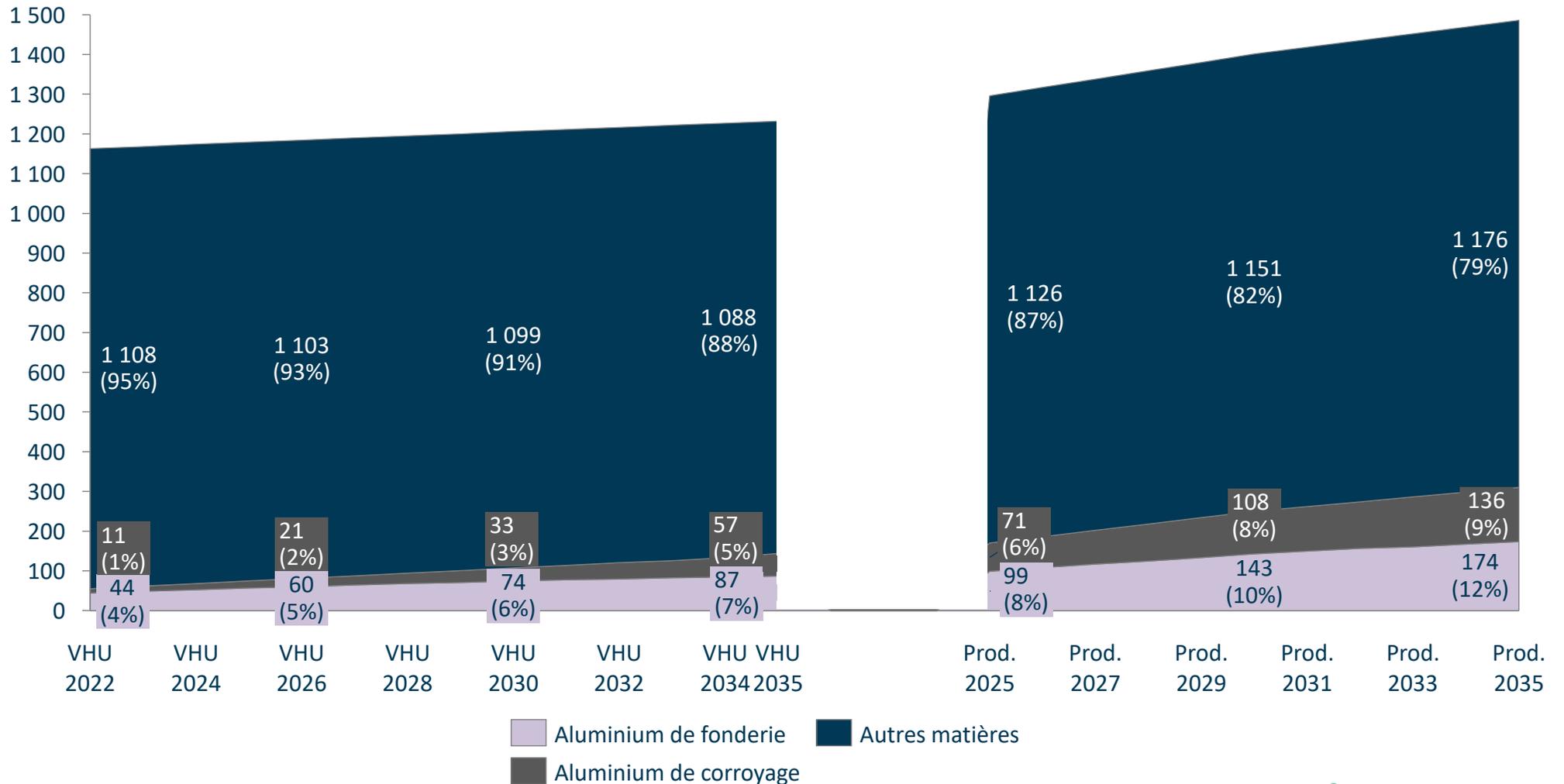
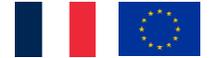
— UE - Baseline — UE - Dura lex, sed lex
— UE - Cubanisation

Le contenu moyen en aluminium devrait être multiplié par 6 entre un VHU de 2022 et la production de 2035, notamment avec l'aluminium de corroyage pour l'électrification

Méthodologie d'évaluation du gisement VHU - Etape 2 : Contenu moyen en aluminium dans un véhicule

2

PRÉVISION DE L'ÉVOLUTION DU CONTENU MOYEN EN ALUMINIUM DANS UN VÉHICULE |
 En Kg, France & UE, VHU 2022 - Sortie d'usine 2035

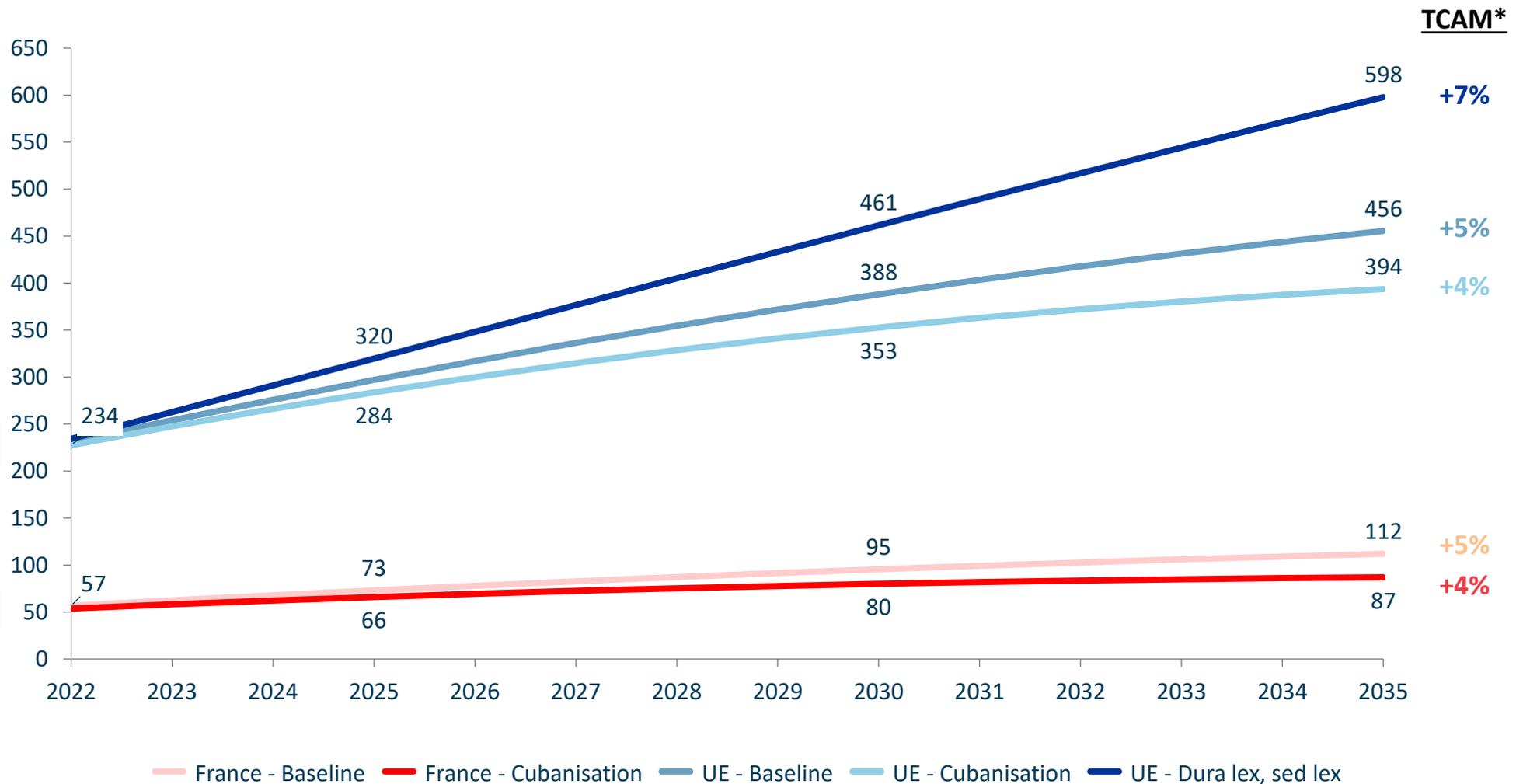


Source : modélisation Strat Anticipation

Les sorties d'aluminium de fonderie issu des centres VHU vont augmenter d'entre 4 et 7% / an d'ici à 2035, avec les véhicules qui en intègrent pour l'allègement

Sorties matières issues du gisement VHU pour le recyclage - Aluminium de fonderie

PRÉVISION DES TONNAGES D'ALUMINIUM DE FONDERIE GÉNÉRÉS PAR LA FILIÈRE VHU POUR LE RECYCLAGE |
 En Kt, France & UE, Centres VHU & broyeurs, 2022-2035

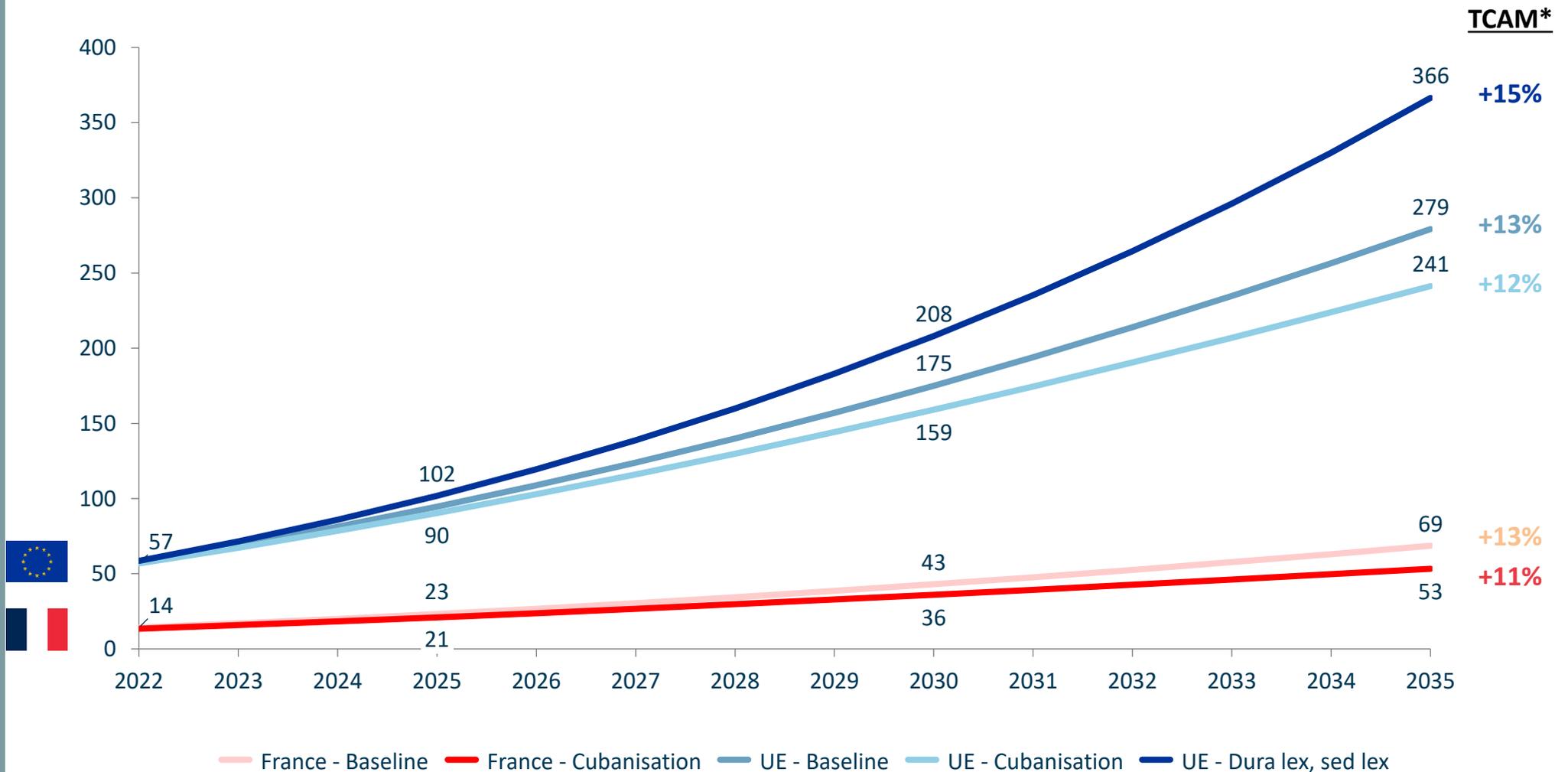


TCAM : Taux de Croissance Annuel Moyen
 Source : modélisation Strat Anticipation

Les sorties d'aluminium de corroyage issu des centres VHU vont augmenter d'entre 11 et 15% / an d'ici à 2035, entre autres avec l'arrivée en centre des premiers VE

Sorties matières issues du gisement VHU pour le recyclage - Aluminium de corroyage

PRÉVISION DES TONNAGES D'ALUMINIUM DE CORROYAGE GÉNÉRÉS PAR LA FILIÈRE VHU POUR LE RECYCLAGE |
 En Kt, France & UE, Centres VHU & broyeurs, 2022-2035

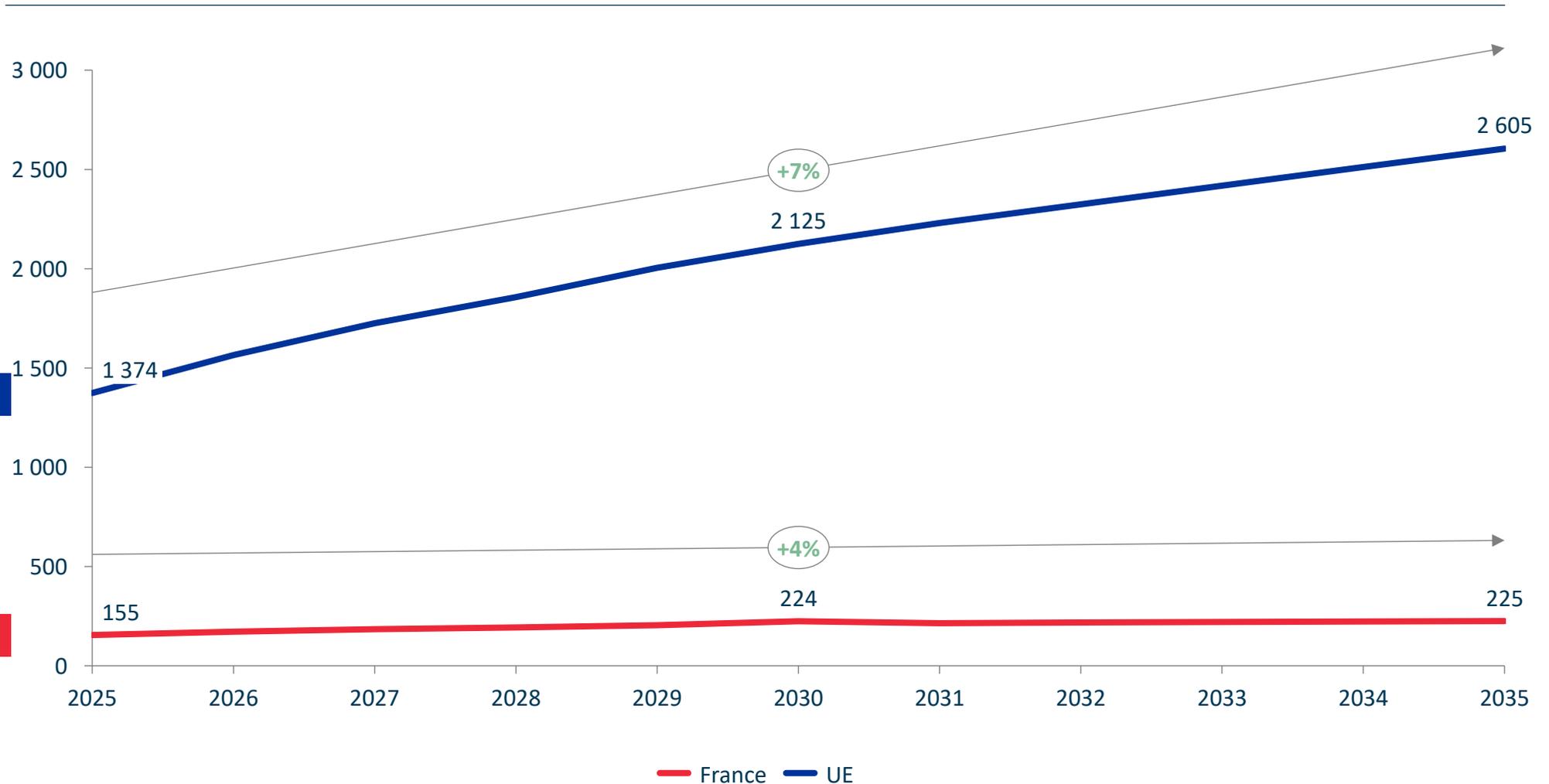


TCAM : Taux de Croissance Annuel Moyen
 Source : modélisation Strat Anticipation

Le besoin total des usines automobiles en aluminium de fonderie devrait croître de 7% par an entre 2025 et 2035 dans l'UE, contre 4% pour la France

Besoin total des usines automobiles françaises & européennes en aluminium - Aluminium de fonderie

PRÉVISION DU BESOIN AUTOMOBILE TOTAL EN ALUMINIUM DE FONDERIE, TOUTES PROVENANCES CONFONDUES |
 En Kt, France & UE, Prévisions de production GlobalData, 2025-2035

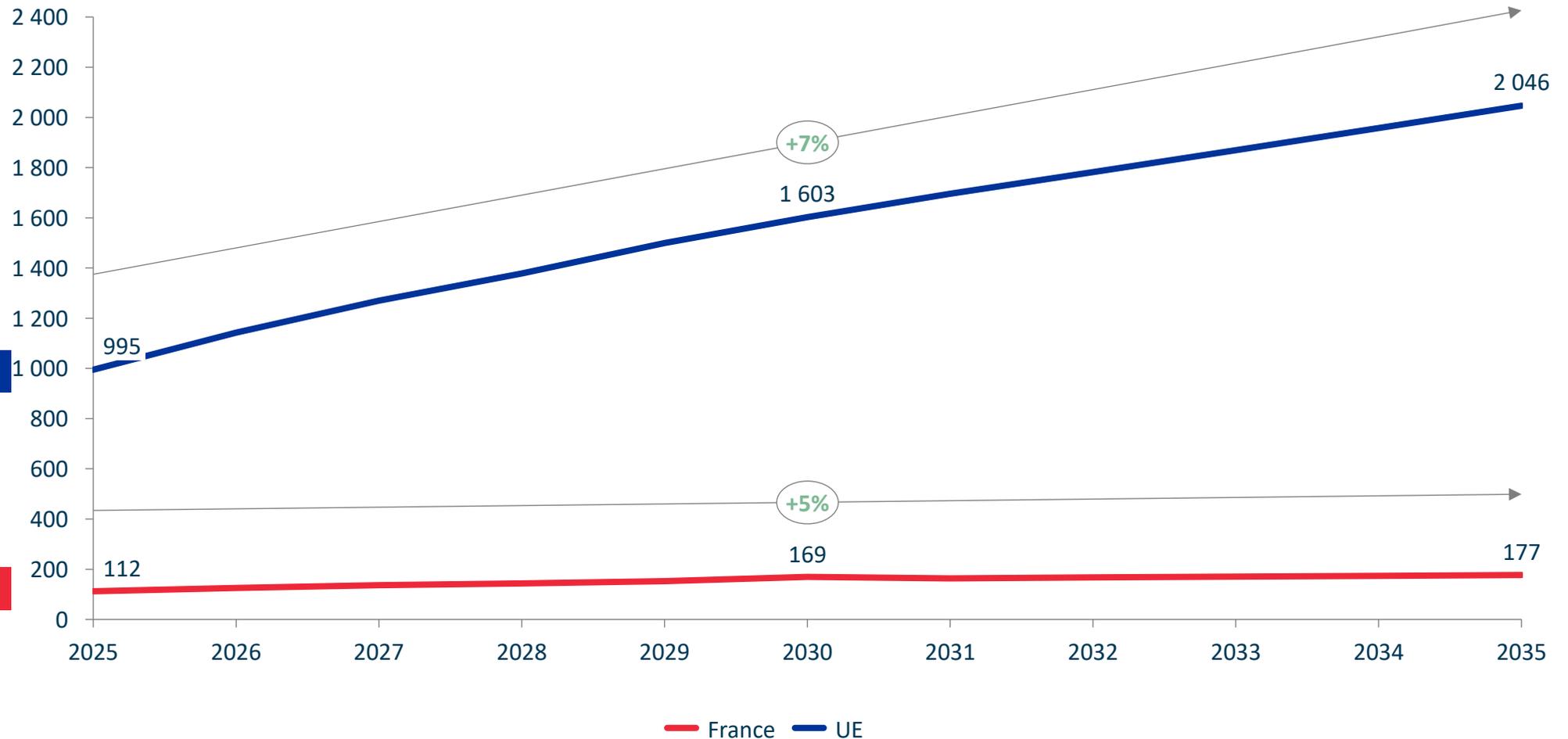


Le besoin total des usines automobiles en aluminium de corroyage devrait croître de 7% par an entre 2025 et 2035 dans l'UE, contre 5% pour la France

Besoin total des usines automobiles françaises & européennes en aluminium - Aluminium de corroyage

PRÉVISION DU BESOIN AUTOMOBILE TOTAL EN ALUMINIUM DE CORROYAGE, TOUTES PROVENANCES CONFONDUES |

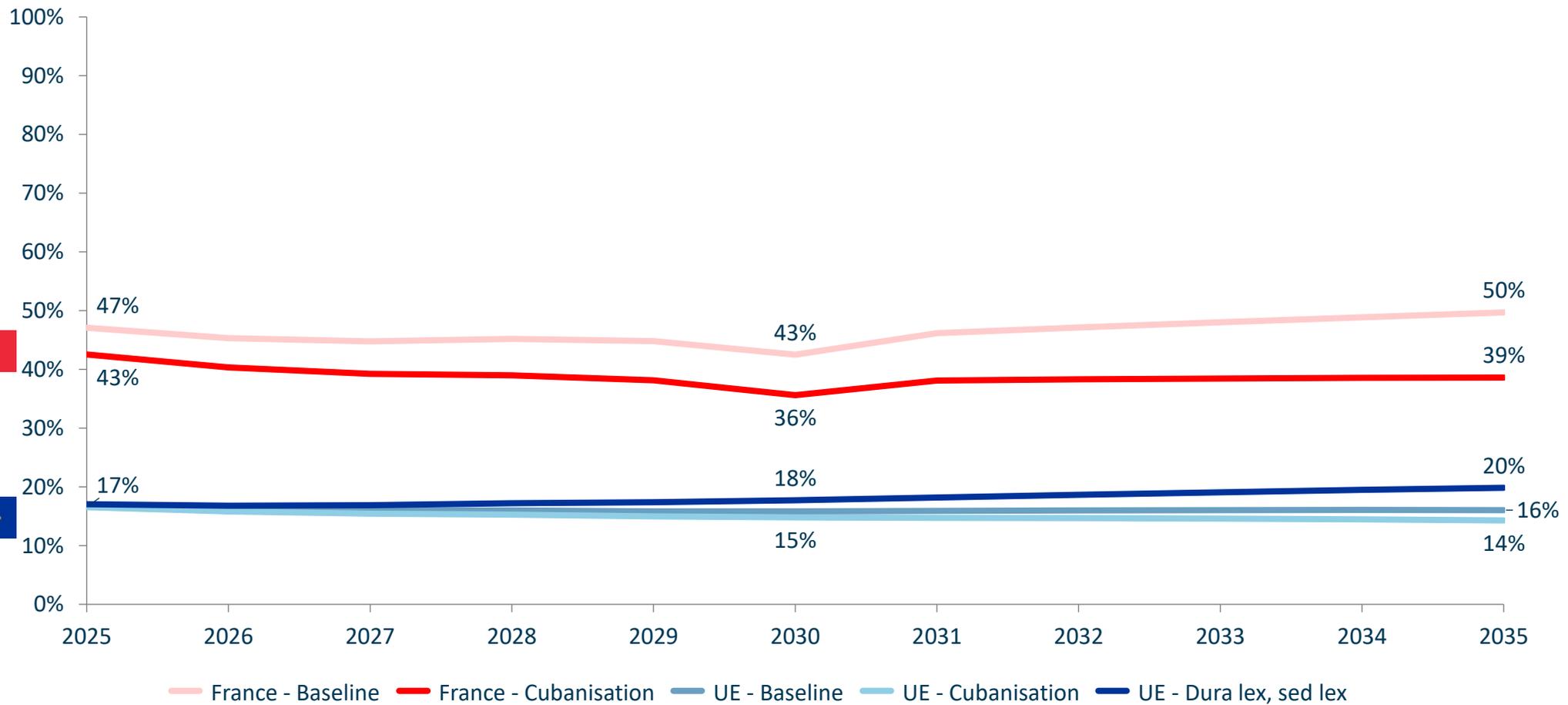
En Kt, France & UE, Prévisions de production GlobalData, 2025-2035



Compte tenu du seul gisement, il serait déjà délicat de travailler en boucle fermée pour l'aluminium de fonderie, du fait de la croissance du contenu moyen par voiture

Potentiel théorique de réincorporation de matière automobile - Aluminium de fonderie

PRÉVISION DU POTENTIEL MAXIMUM DE RÉINCORPORATION D'ALUMINIUM DE FONDERIE AUTOMOBILE, COMPTE TENU DU GISEMENT¹ |
 En %, France, Centres VHU & broyeurs, 2025-2035



1 : Si on exclut les contraintes d'ordre technique et économique, le gisement automobile de déchets permet de couvrir théoriquement X% des besoins de l'industrie automobile en France et en Europe, en fonction du scénario retenu

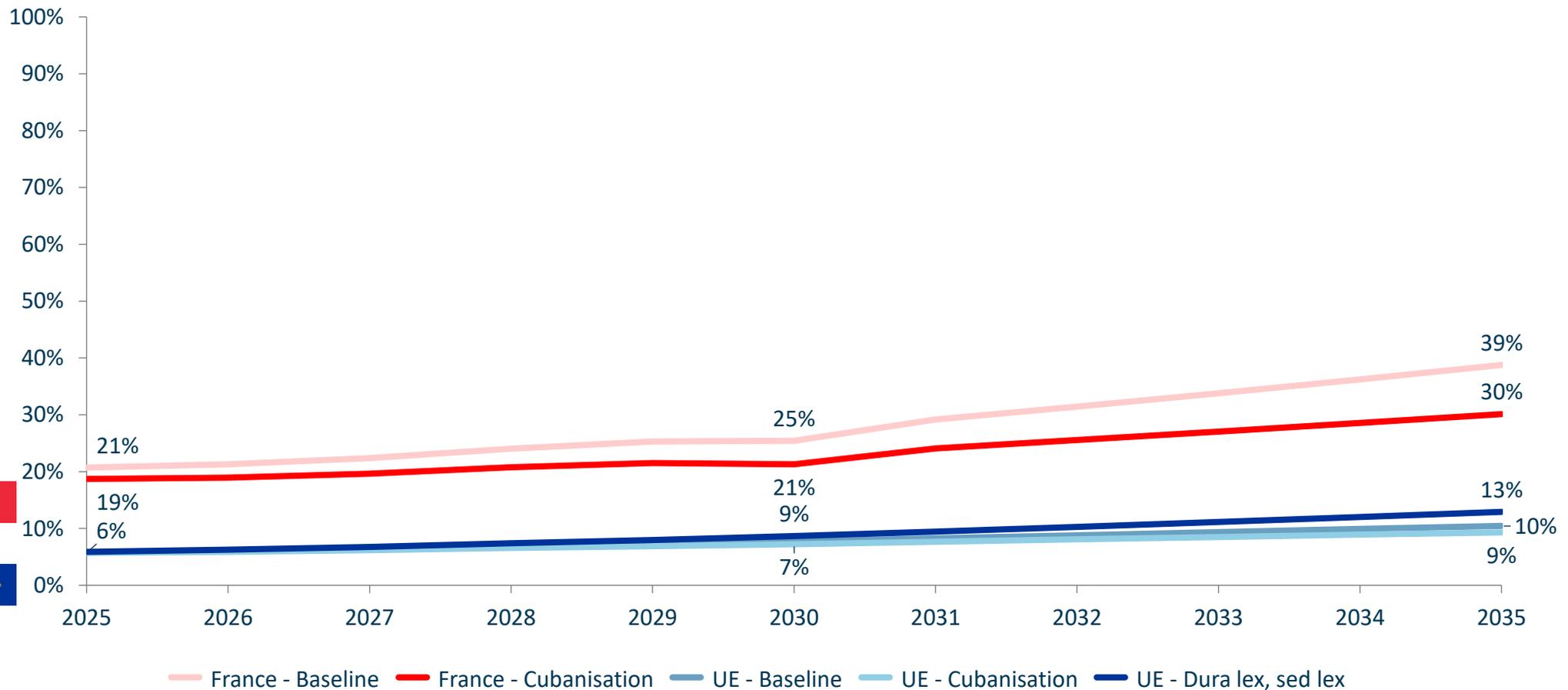
Remarque : La baisse du potentiel de réincorporation d'aluminium de fonderie automobile en 2030, compte tenu du gisement, est liée à une hausse des prévisions de production de véhicules de GlobalData

Source : modélisation Strat Anticipation

La problématique est encore plus forte sur l'aluminium de corroyage, même si l'écart de potentiel entre les deux types d'alliages commencera à se résorber vers 2035

Potentiel théorique de réincorporation de matière automobile - Aluminium de corroyage

PRÉVISION DU POTENTIEL MAXIMUM DE RÉINCORPORATION D'ALUMINIUM DE CORROYAGE AUTOMOBILE, COMPTE TENU DU GISEMENT¹ | En %, France, Centres VHU & broyeurs, 2025-2035



1 : Si on exclut les contraintes d'ordre technique et économique, le gisement automobile de déchets permet de couvrir théoriquement X% des besoins de l'industrie automobile en France et en Europe, en fonction du scénario retenu

Remarque : La baisse du potentiel de réincorporation d'aluminium de fonderie automobile en 2030, compte tenu du gisement, est liée à une hausse des prévisions de production de véhicules de GlobalData

Source : modélisation Strat Anticipation

AGENDA

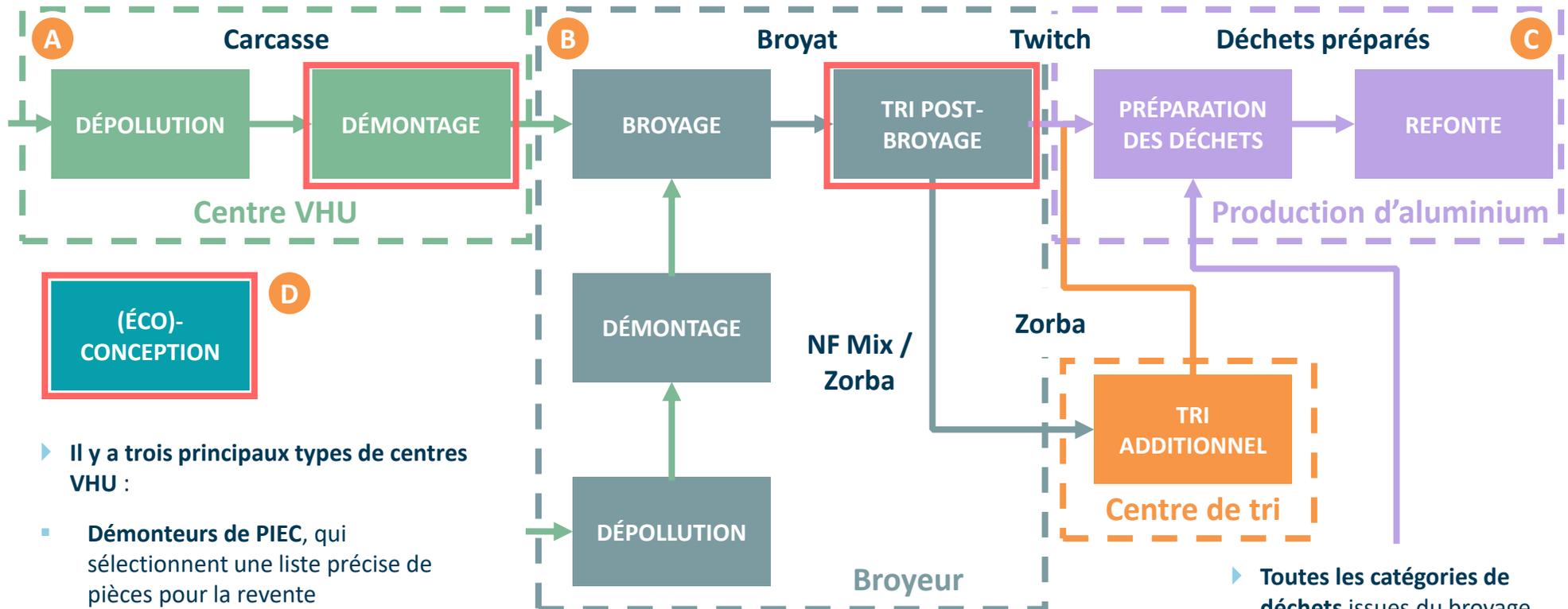
- ▶ INTRODUCTION
- ▶ ÉTAT DES LIEUX

▶ CIRCUIT DE RECYCLAGE & OBJECTIFS RÉGLEMENTAIRES

- ▶ PRINCIPAUX USAGES D'ALUMINIUM DANS UN VÉHICULE & DÉMONTABILITÉ DES PIÈCES
- ▶ TRI POST-BROYAGE DES ALLIAGES D'ALUMINIUM
- ▶ PRINCIPAUX ALLIAGES D'ALUMINIUM AUTOMOBILES & RECYCLABILITÉ
- ▶ ÉCO-CONCEPTION: DESIGN MONO-ALLIAGE AVEC DES ALUMINIUMS DE SÉRIE 6XXX
- ▶ SUJETS CLÉS IDENTIFIÉS
- ▶ ANNEXE A - AUTRES FAMILLES DE COMPOSANTS EN ALUMINIUM
- ▶ ANNEXE B - AUTRES ALLIAGES D'ALUMINIUM

Il y a 3 possibilités principales d'amélioration du recyclage de l'aluminium: en amont, l'éco-conception et en aval, le démontage & le tri post-broyage

Circuit complet du traitement de l'aluminium issu des VHU en Europe



▶ Il y a trois principaux types de centres VHU :

- Démonteurs de PIEC, qui sélectionnent une liste précise de pièces pour la revente
- Démonteurs pour la matière, qui retirent des pièces spécifiques et séparent les différents métaux pour les vendre (cuivre, aluminium, acier, etc.)
- Ferrailleurs & broyeurs, qui dépolluent et envoient directement au broyeur



Principaux axes d'amélioration du recyclage de l'aluminium

▶ Toutes les catégories de déchets issues du broyage ne peuvent pas être directement refondues, en moyenne seulement 40 %

Le règlement VHU va imposer le démontage obligatoire de certaines pièces en centre VHU, mais la liste n'est pas encore arrêtée et des exemptions existent

TEXTE
PROVISOIRE

Implications du règlement VHU sur le démontage - Version actuelle du texte

▶ Parties à retirer sans exemption :

- Batteries de véhicules électriques + **batteries LMT (Moyen de transport léger)**
- SLI + **batteries portables**
- Moteurs électriques
- Pots catalytiques
- **Au moins 70 % du verre total** des pare-brises, des vitres arrière et latérales
- **Roues Jantes**
- Pneus **en caoutchouc**
- **Tableaux de bord**
- Parties directement accessibles du système d'infotainment intégré
- Phares **et feux arrière**
- **Réservoirs de liquides** Réservoirs de carburant en **plastique**
- Échangeurs thermiques
- **Composants en plastique renforcé de fibres de carbone**
- **Système E-call**

▶ Exemption possible selon l'article 30.2 :

- Moteurs à combustion
- Boîtes de vitesses, **y compris unités de contrôle**
- Faisceaux de câbles **principaux**
- **Pare-chocs** **Système de gestion des chocs**
- **Tout composant métallique mono-matériau > 10 kg**
- **Tout composant plastique mono-matériau > 10 kg**
- Composants électriques et électroniques

▶ Pour ces pièces, le retrait avant broyage n'est pas obligatoire si :

- La PST (Post Shredder Technology) permet de séparer les matériaux aussi efficacement que dans un processus de démontage manuel
- Les critères et valeurs limites de la Partie G de l'Annexe VII sont respectés

■ Modifications apportées sous la Présidence Belge (S1 2024)

■ Modifications apportées sous la Présidence Hongroise (S2 2024)

AGENDA

- ▶ INTRODUCTION
- ▶ ÉTAT DES LIEUX
- ▶ CIRCUIT DE RECYCLAGE & OBJECTIFS RÉGLEMENTAIRES
- ▶ **PRINCIPAUX USAGES D'ALUMINIUM DANS UN VÉHICULE & DÉMONTABILITÉ DES PIÈCES**
- ▶ TRI POST-BROYAGE DES ALLIAGES D'ALUMINIUM
- ▶ PRINCIPAUX ALLIAGES D'ALUMINIUM AUTOMOBILES & RECYCLABILITÉ
- ▶ ÉCO-CONCEPTION: DESIGN MONO-ALLIAGE AVEC DES ALUMINIUMS DE SÉRIE 6XXX
- ▶ SUJETS CLÉS IDENTIFIÉS
- ▶ ANNEXE A - AUTRES FAMILLES DE COMPOSANTS EN ALUMINIUM
- ▶ ANNEXE B - AUTRES ALLIAGES D'ALUMINIUM

Le contenu moyen en aluminium est plus élevé pour un BEV, hors gestion thermique, mais il y a un biais de surreprésentation des segments premiums

Contenu moyen¹ en aluminium par famille de composants en Europe en 2022 et 2030

	VÉHICULE THERMIQUE (EN KG)		VÉHICULE ÉLECTRIQUE (EN KG)		DIFFÉRENCE DE POIDS ENTRE UN ICE ET UN BEV (EN KG)	
	2022	2030	2022	2030	2022	2030
Roues	40,9	40,7	43,8	43,9	+2,9	+3,2
Groupe moteur	34,3	33,9	-	-	-	-
Caisse en blanc	26,7	31,5	43,0	50,6	+16,3	+19,1
Transmission	23,9	27,4	-	-	-	-
Gestion thermique	19,8	20,8	15,9	15,8	-3,9	-5
Ouvrants	17,6	18,4	22,6	22,4	+5	+4
Châssis	16,7	16,2	22,9	28,5	+6	+12,3
Spécifique VE	-	-	123,3	103,7	-	-
Direction	4,2	4,1	4,8	4,2	+0,6	+0,1
Freins	3,8	3,5	4,9	4,6	+1,1	+1,1
Garnitures	1,4	1,4	1,6	1,5	+0,2	+0,1
Chaîne de traction	1,4	1,5	-	-	-	-

1 : Ce contenu moyen tient compte de la structure du marché en Europe en 2022, donc il y a un biais haussier pour les VE, concentrés sur le haut de gamme
Source : Ducker Research & Consulting et European Aluminium - Aluminium Content in Passenger Vehicles (Mars 2023), recherche & analyse Strat Anticipation

Avec 41 kg d'aluminium en moyenne par voiture, les roues sont un contributeur important au contenu total, et leur teneur en aluminium va encore croître légèrement

Contenu moyen en aluminium par famille de composants en Europe en 2022 - Roues (1/12)

Contenu moyen par véhic. (en kg)			
Année	ICE ¹	BEV	% de péné.
2022	40,9	43,8	86%
2026	40,9	46,8	88%
2030	40,7	43,9	88%



Roues

D
41,2 kg

F 97%

C 3%

D Pièce souvent démontée² D Pièce parfois démontée² D Pièce rarement démontée²

F Pourcentage / Dominance des alliages de fonderie C Pourcentage / Dominance d'alliages de corroyage utilisés

1 : ICE = ICE strict + MHEV, FHEV & PHEV

2 : Correspond à une estimation du démontage moyen réalisé par les centres VHU, mais il y a une diversité de pratiques parmi les acteurs

Note : Le contenu moyen n'est égal au poids de la pièce qu'avec un taux de pénétration de l'aluminium égal à 100%

Source : Ducker Research & Consulting et European Aluminium - Aluminium Content in Passenger Vehicles (Mars 2023), recherche & analyse Strat Anticipation

En raison de la transition vers les VE, la teneur moyenne en aluminium par véhicule associée au groupe motopropulseur va fortement diminuer jusqu'en 2030

Contenu moyen en aluminium par famille de composants en Europe en 2022 - Groupe moteur (2/12)

Supports d'accessoires D F	Carter d'alternateur D F	Plaques de base D F	Bloc-moteur D 12,4 kg F 100% C 0%	Têtes de cylindre D 8,9 kg F 100% C 0%	Couvercle avant D F
--	--	-----------------------------------	--	---	-----------------------------------

Contenu moyen par véhic. (en kg)		
Année	ICE ¹	BEV
2022	34,3	-
2026	33,8	-
2030	33,9	-

Rampe d'injection

 D F

Collecteur d'admission D F	Supports de fixation D C	Adaptateur de filtre à huile D F	Carter d'huile D F	Pistons D C	Carter de démarreur D F
--	--	--	----------------------------------	---------------------------	---------------------------------------

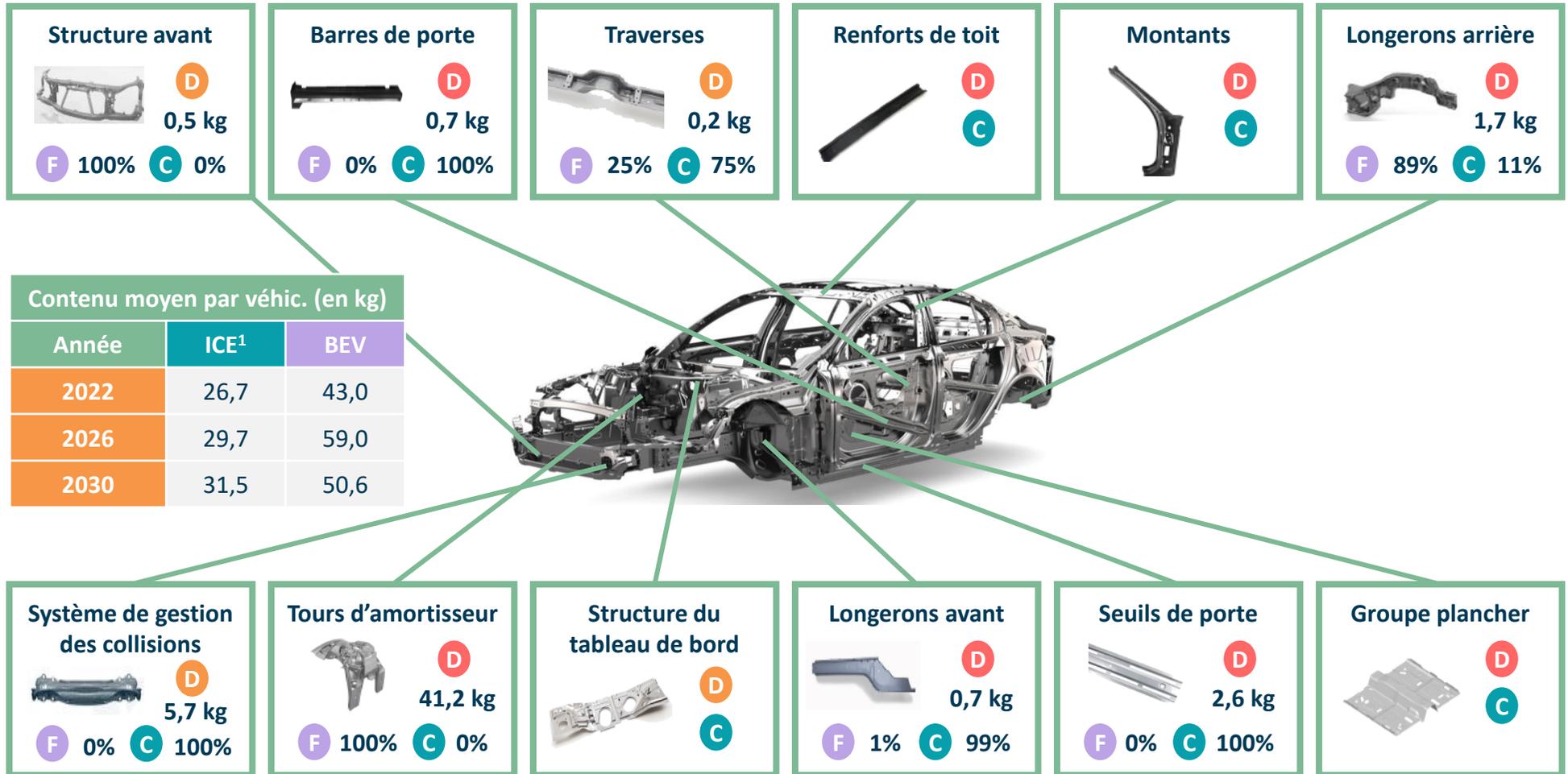
Boîtier de thermostat D F	Couvercle de chaîne de distrib. D F	Boîtier de turbo D F	 Tubes de sortie d'eau D F	Boîtier de pompe à eau D F	Couvre-culasse D F
---	---	------------------------------------	--	--	----------------------------------

D Pièce souvent démontée²
D Pièce parfois démontée²
D Pièce rarement démontée²
F Pourcentage / Dominance des alliages de fonderie
 C Pourcentage / Dominance d'alliages de corroyage utilisés

1 : ICE = ICE strict + MHEV, FHEV & PHEV
 2 : Correspond à une estimation du démontage moyen réalisé par les centres VHU, mais il y a une diversité de pratiques parmi les acteurs
 Note : Le contenu moyen n'est égal au poids de la pièce qu'avec un taux de pénétration de l'aluminium égal à 100%
 Source : Ducker Research & Consulting et European Aluminium - Aluminium Content in Passenger Vehicles (Mars 2023), recherche & analyse Strat Anticipation

La demande d'allègement des BEV et les économies réalisées grâce aux pièces de fonderie expliquent la hausse de la teneur en aluminium de la caisse en blanc

Contenu moyen en aluminium par famille de composants en Europe en 2022 - Caisse en blanc (3/12)



D Pièce souvent démontée² **O** Pièce parfois démontée² **R** Pièce rarement démontée²

F Pourcentage / Dominance des alliages de fonderie **C** Pourcentage / Dominance d'alliages de corroyage utilisés

1 : ICE = ICE strict + MHEV, FHEV & PHEV

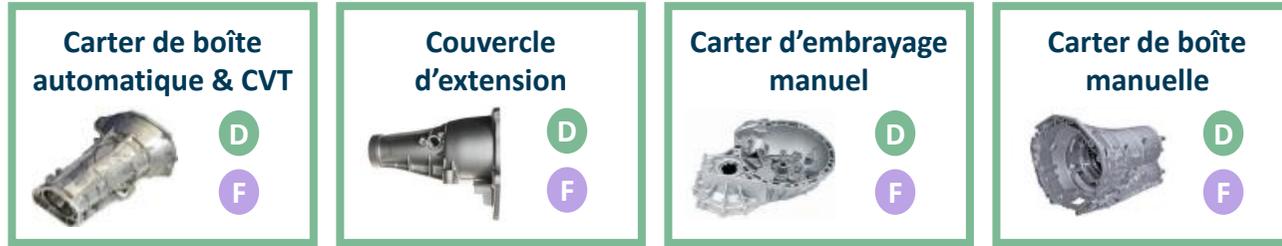
2 : Correspond à une estimation du démontage moyen réalisé par les centres VHU, mais il y a une diversité de pratiques parmi les acteurs

Note : Le contenu moyen n'est égal au poids de la pièce qu'avec un taux de pénétration de l'aluminium égal à 100%

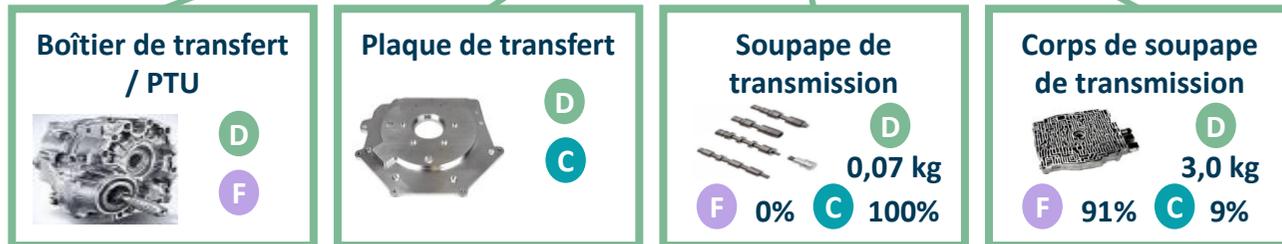
Source : Ducker Research & Consulting et European Aluminium - Aluminium Content in Passenger Vehicles (Mars 2023), recherche & analyse Strat Anticipation

Les transmissions classiques sont en déclin, mais les modèles à double embrayage, avec une teneur en aluminium plus élevée, gagnent des parts de marché

Contenu moyen en aluminium par famille de composants en Europe en 2022 - Transmission (4/12)



Contenu moyen par véhic. (en kg)		
Année	ICE ¹	BEV
2022	23,9	-
2026	25,8	-
2030	27,4	-



D Pièce souvent démontée² **O** Pièce parfois démontée² **R** Pièce rarement démontée²

F Pourcentage / Dominance des alliages de fonderie **C** Pourcentage / Dominance d'alliages de corroyage utilisés

1 : ICE = ICE strict + MHEV, FHEV & PHEV

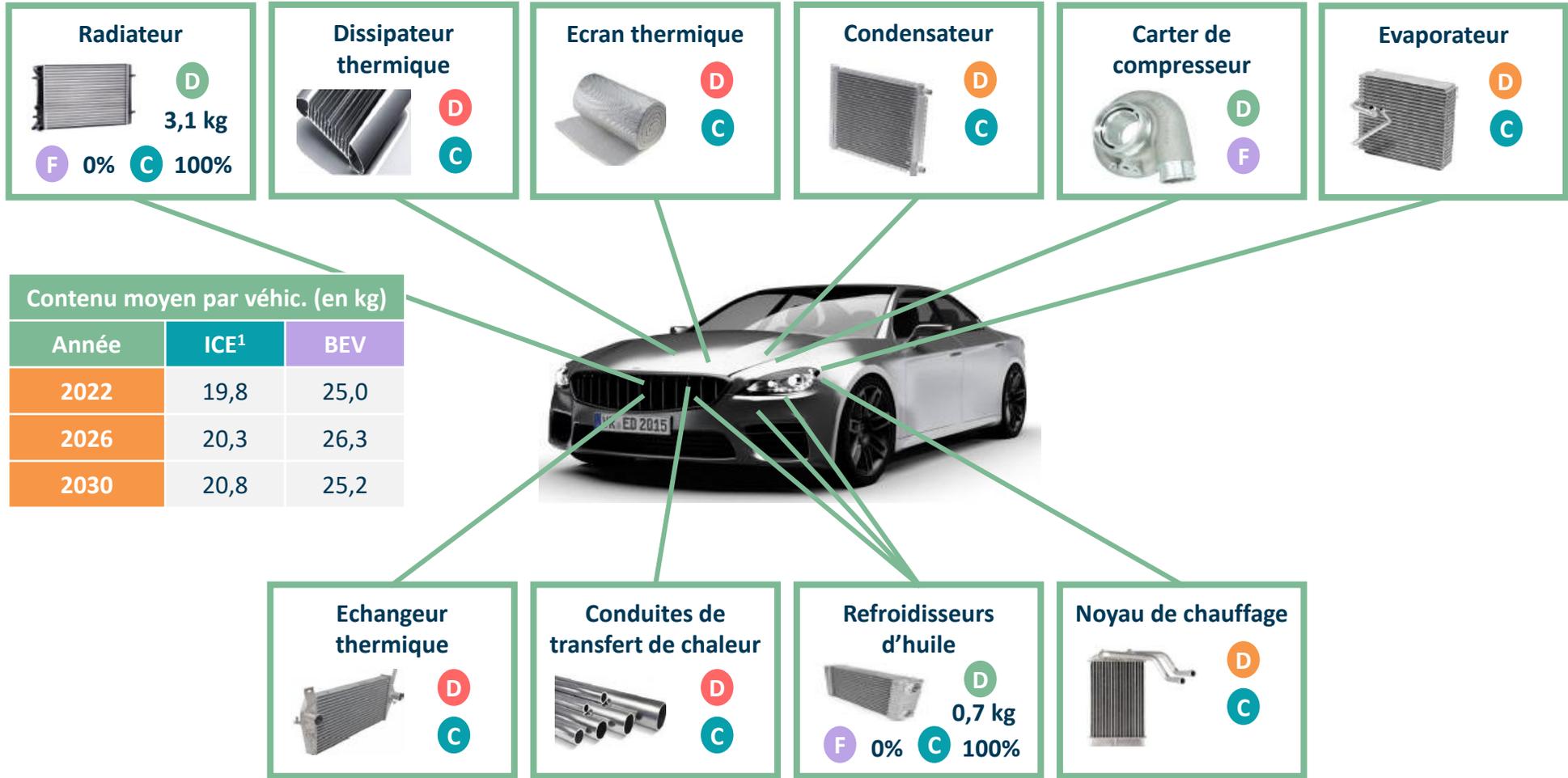
2 : Correspond à une estimation du démontage moyen réalisé par les centres VHU, mais il y a une diversité de pratiques parmi les acteurs

Note : Le contenu moyen n'est égal au poids de la pièce qu'avec un taux de pénétration de l'aluminium égal à 100%

Source : Ducker Research & Consulting et European Aluminium - Aluminium Content in Passenger Vehicles (Mars 2023), recherche & analyse Strat Anticipation

La gestion thermique traditionnelle n'aura plus d'application dans les VE, mais d'autres composants de gestion thermique spécifique exigeront de l'aluminium

Contenu moyen en aluminium par famille de composants en Europe en 2022 - Gestion thermique (5/12)



D Pièce souvent démontée²
 D Pièce parfois démontée²
 D Pièce rarement démontée²
F Pourcentage / Dominance des alliages de fonderie
 C Pourcentage / Dominance d'alliages de corroyage utilisés

1 : ICE = ICE strict + MHEV, FHEV & PHEV

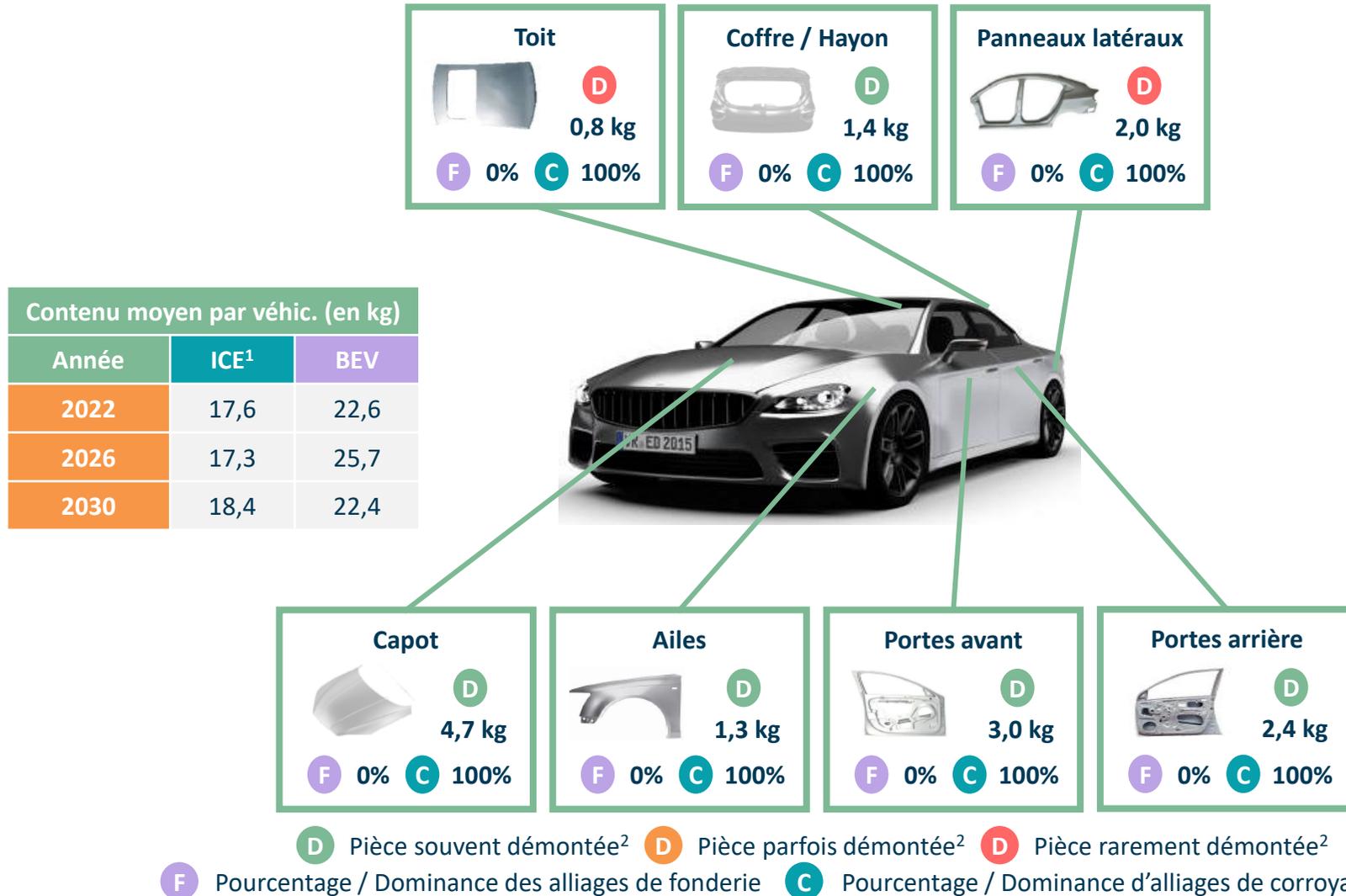
2 : Correspond à une estimation du démontage moyen réalisé par les centres VHU, mais il y a une diversité de pratiques parmi les acteurs

Note : Le contenu moyen n'est égal au poids de la pièce qu'avec un taux de pénétration de l'aluminium égal à 100%

Source : Ducker Research & Consulting et European Aluminium - Aluminium Content in Passenger Vehicles (Mars 2023), recherche & analyse Strat Anticipation

Les exigences accrues d'allègement et les véhicules des segments premiums stimuleront la demande en aluminium pour les ouvrants

Contenu moyen en aluminium par famille de composants en Europe en 2022 - Ouvrants (6/12)



1 : ICE = ICE strict + MHEV, FHEV & PHEV

2 : Correspond à une estimation du démontage moyen réalisé par les centres VHU, mais il y a une diversité de pratiques parmi les acteurs

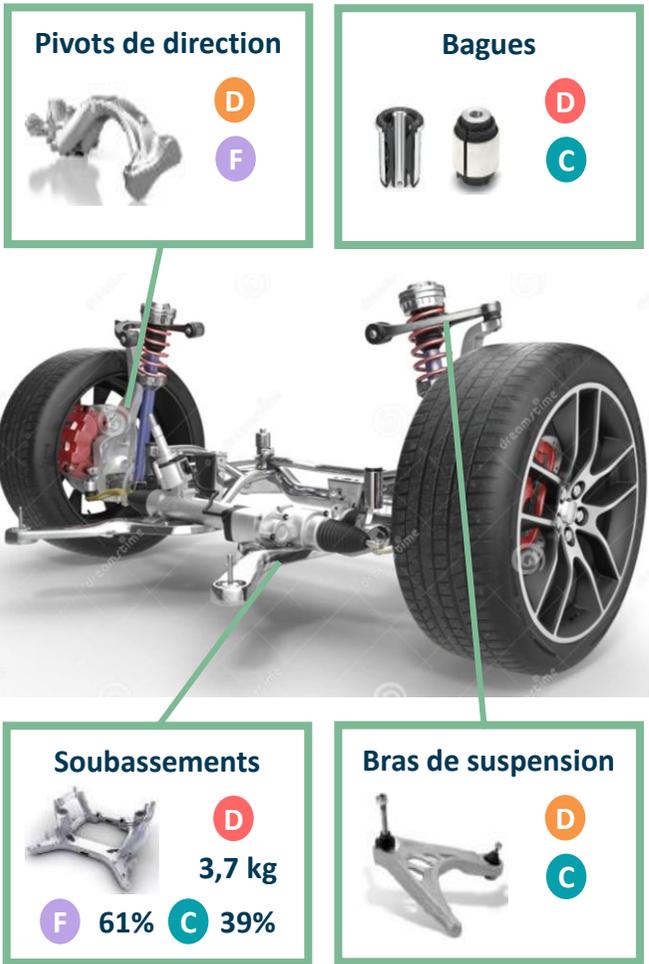
Note : Le contenu moyen n'est égal au poids de la pièce qu'avec un taux de pénétration de l'aluminium égal à 100%

Source : Ducker Research & Consulting et European Aluminium - Aluminium Content in Passenger Vehicles (Mars 2023), recherche & analyse Strat Anticipation

Les exigences en matière d'allègement des BEV entraîneront une croissance de la teneur en aluminium dans les châssis jusqu'en 2030

Contenu moyen en aluminium par famille de composants en Europe en 2022 - Châssis (7/12)

Contenu moyen par véhic. (en kg)		
Année	ICE ¹	BEV
2022	16,7	22,9
2026	17,1	29,7
2030	16,2	28,5



D Pièce souvent démontée²
D Pièce parfois démontée²
D Pièce rarement démontée²
F Pourcentage / Dominance des alliages de fonderie
 C Pourcentage / Dominance d'alliages de corroyage utilisés

1 : ICE = ICE strict + MHEV, FHEV & PHEV

2 : Correspond à une estimation du démontage moyen réalisé par les centres VHU, mais il y a une diversité de pratiques parmi les acteurs

Note : Le contenu moyen n'est égal au poids de la pièce qu'avec un taux de pénétration de l'aluminium égal à 100%

Source : Ducker Research & Consulting et European Aluminium - Aluminium Content in Passenger Vehicles (Mars 2023), recherche & analyse Strat Anticipation

L'aluminium est actuellement privilégié pour certains composants spécifiques aux VE, car il permet de compenser en partie le poids additionnel de la batterie

Contenu moyen en aluminium par famille de composants en Europe en 2022 - Spécifique BEV (8/12)

Contenu moyen par véhic. (en kg)		
Année	BEV	PHEV
2022	123,3	38,4
2026	121,1	41,9
2030	103,7	43,7

Plaques de refroidissement

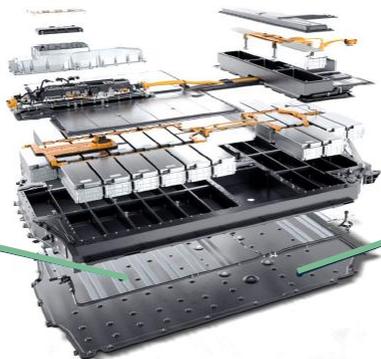


D 9,1 kg
F 0% **C** 100%

Protection balistique



D 17,0 kg
F 0% **C** 100%



Carter d'e-drive

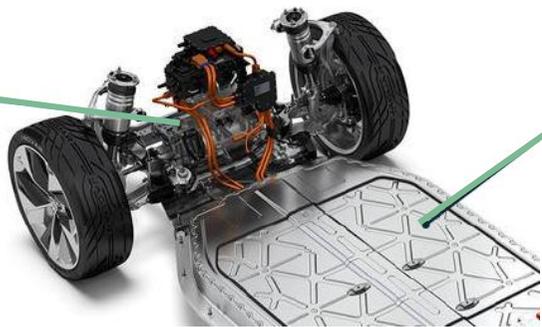


D 33,8 kg
F 100% **C** 0%

Boîtier de pack de batterie



D 46,9 kg
F 27% **C** 73%



D Pièce souvent démontée² **O** Pièce parfois démontée² **R** Pièce rarement démontée²

F Pourcentage / Dominance des alliages de fonderie **C** Pourcentage / Dominance d'alliages de corroyage utilisés

1 : ICE = ICE strict + MHEV, FHEV & PHEV

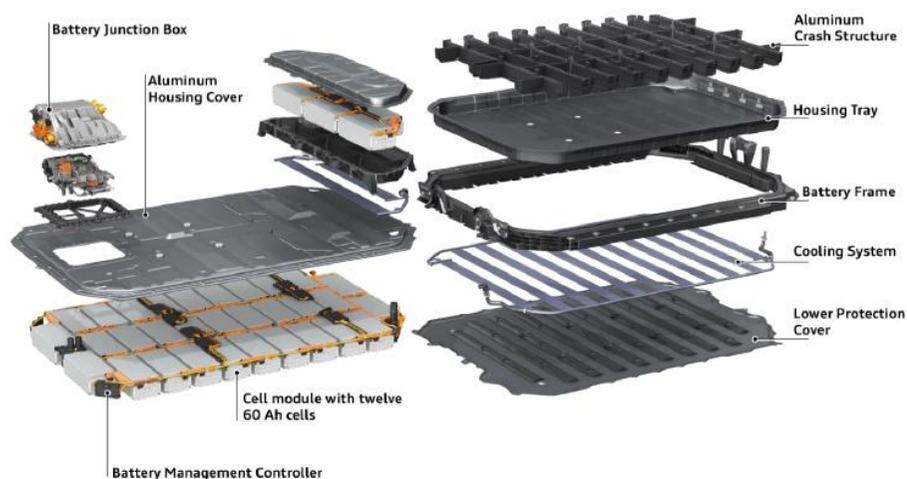
2 : Correspond à une estimation du démontage moyen réalisé par les centres VHU, mais il y a une diversité de pratiques parmi les acteurs

Note : Le contenu moyen n'est égal au poids de la pièce qu'avec un taux de pénétration de l'aluminium égal à 100%

Source : Ducker Research & Consulting et European Aluminium - Aluminium Content in Passenger Vehicles (Mars 2023), recherche & analyse Strat Anticipation

Beaucoup de nouveaux composants liés à l'électrification sont en aluminium, et seront démontés en amont du broyage, par obligation légale ou par intérêt économique

Poids moyen des pièces liées à l'électrification pouvant être réalisées en aluminium



COMPOSANT	PRODUIT D'ALUMINIUM UTILISÉ	POIDS TYPIQUE (En Kg)
CADRE & STRUCTURE	Extrudé	34,0
SYSTÈME DE REFROIDISSEMENT	Extrudé / Tôle	4,5
COUVERCLE	Feuille	6,8
FOND / PARTIE INFÉRIEURE	Tôle / Extrudé / Moulé	20,4

COMPOSANT	PRODUIT D'ALUMINIUM UTILISÉ	POIDS TYPIQUE (En Kg)
CARTER DE MOTEUR	Moulé / Extrudé	13,6
CARTER DE RÉDUCTEUR	Extrudé	11,3
BOÎTIER D'ONDULEUR	Extrudé	2,7
BOÎTIER DU BMS	Extrudé	2,3
CONNECTEUR DE CÂBLAGE	Extrudé / Moulé	1,8

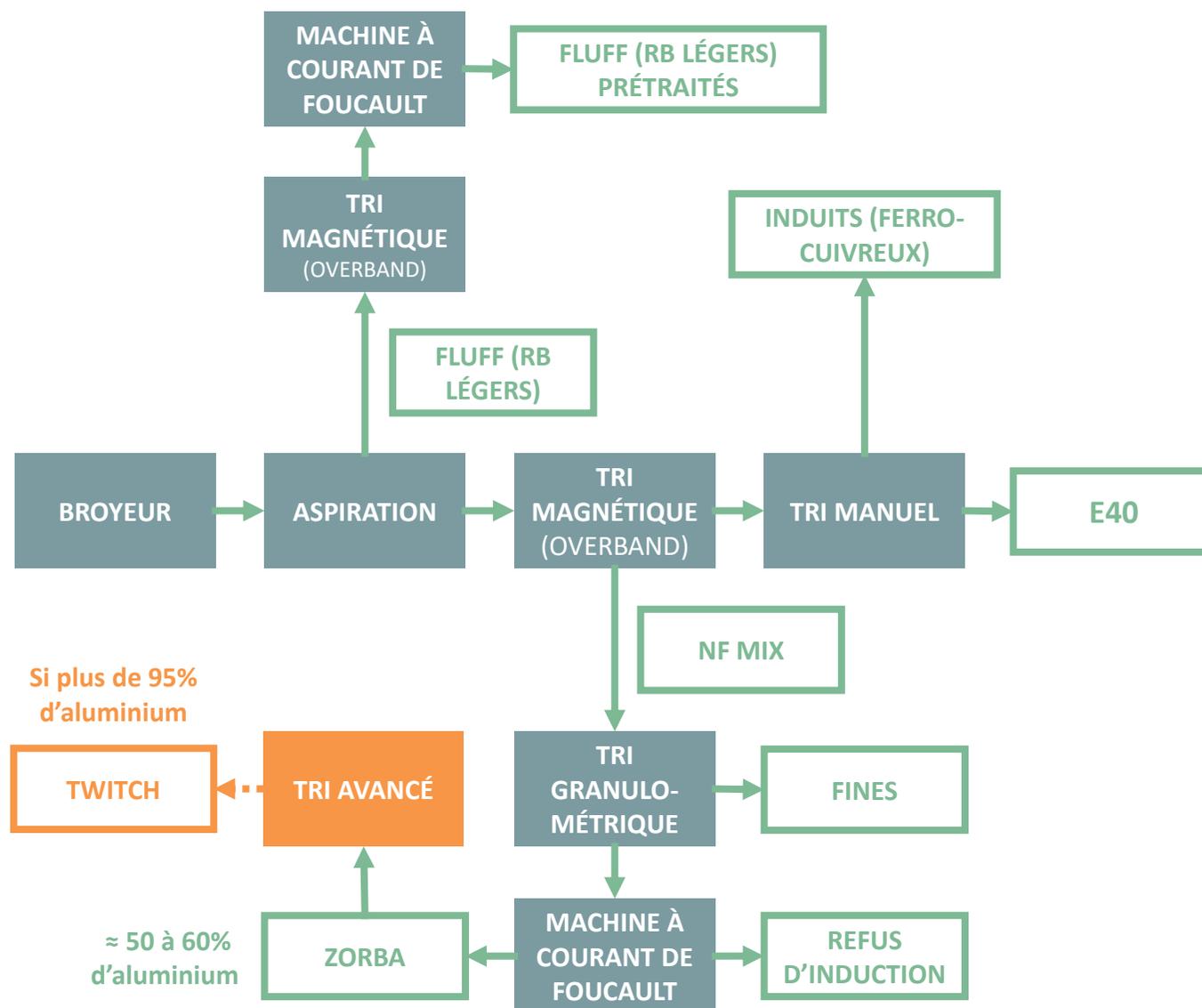
LES POIDS DÉCRITS ICI SONT LES POIDS MOYENS DES PIÈCES EN ALUMINIUM, SANS TENIR COMPTE DE TAUX DE PÉNÉTRATION COMME DANS LES CONTENUS MOYEN ÉVOQUÉS DANS LES SLIDES PRÉCÉDENTES

AGENDA

- ▶ INTRODUCTION
- ▶ ÉTAT DES LIEUX
- ▶ CIRCUIT DE RECYCLAGE & OBJECTIFS RÉGLEMENTAIRES
- ▶ PRINCIPAUX USAGES D'ALUMINIUM DANS UN VÉHICULE & DÉMONTABILITÉ DES PIÈCES
- ▶ **TRI POST-BROYAGE DES ALLIAGES D'ALUMINIUM**
- ▶ PRINCIPAUX ALLIAGES D'ALUMINIUM AUTOMOBILES & RECYCLABILITÉ
- ▶ ÉCO-CONCEPTION: DESIGN MONO-ALLIAGE AVEC DES ALUMINIUMS DE SÉRIE 6XXX
- ▶ SUJETS CLÉS IDENTIFIÉS
- ▶ ANNEXE A - AUTRES FAMILLES DE COMPOSANTS EN ALUMINIUM
- ▶ ANNEXE B - AUTRES ALLIAGES D'ALUMINIUM

La machine à courant de Foucault et le tri magnétique par « overband », sont les solutions de base pour isoler les métaux non ferreux

Schéma du processus typique de traitement des carcasses par les broyeurs agréés

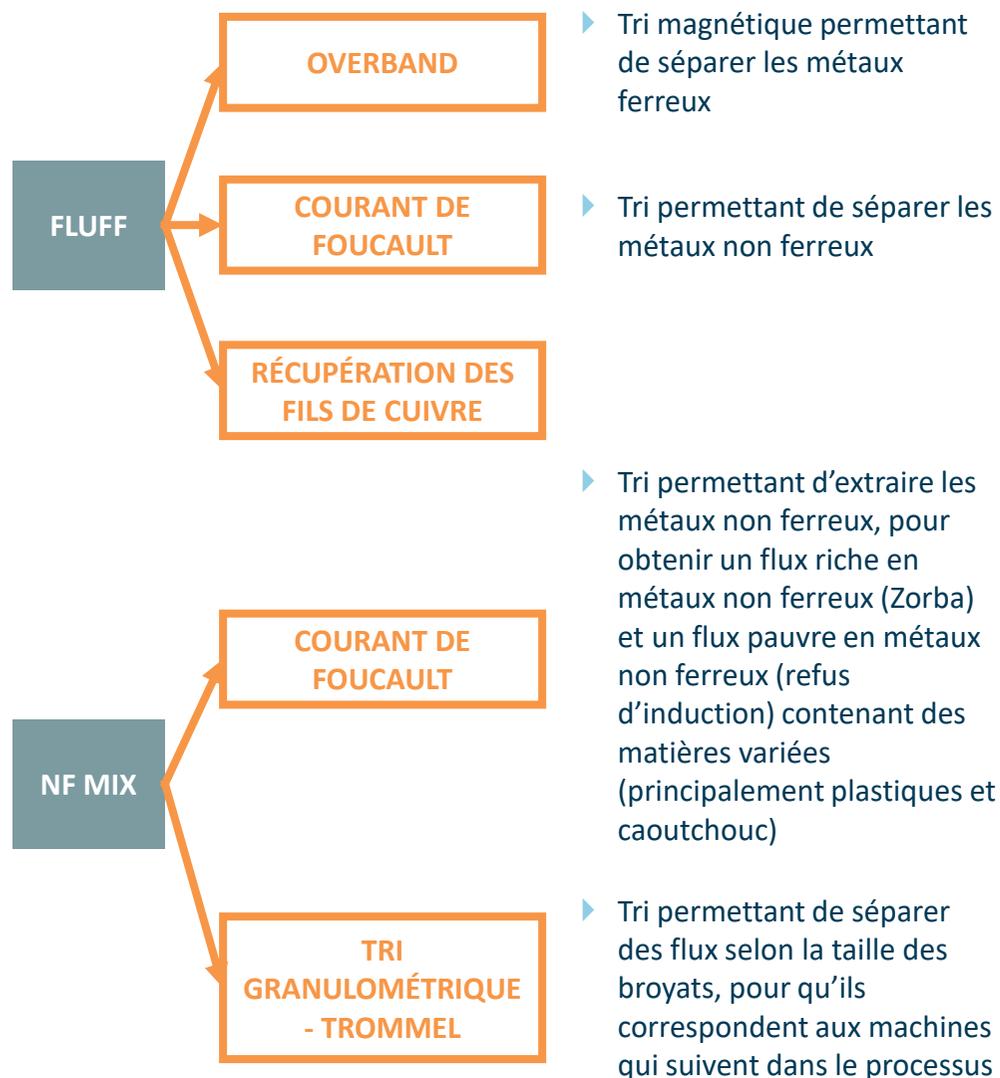


► Le processus typique génère les flux suivants :

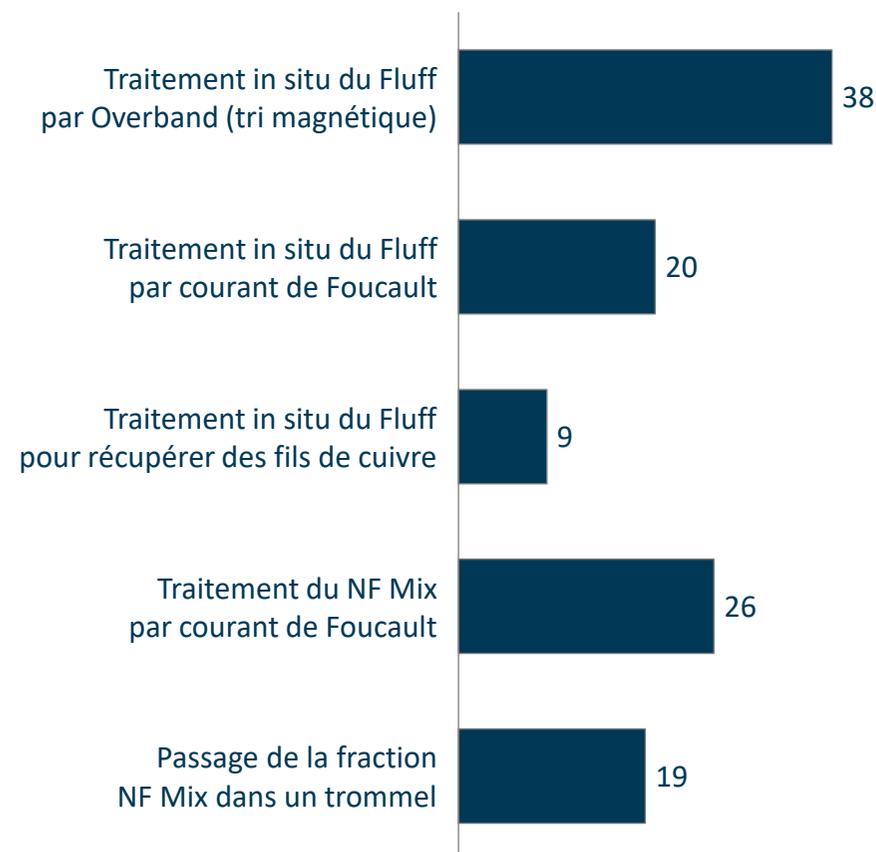
- Des flux métalliques : **induits ferro-cuivreux et E40**
- Le **fluff**, correspondant aux **résidus de broyage légers**
- Le **NF Mix**, en cas d'**absence de machine à courant de Foucault**
- Les **fines**, à la suite d'un passage sur un dispositif de **séparation granulométrique du NF Mix**
- Les **refus d'induction**, flux **pauvre en métaux non ferreux**, issu de la machine à courant de Foucault
- Le **zorba**, flux riche en **métaux non ferreux**, issu de la **machine à courant de Foucault**
- Le **twitch** se distingue du **zorba** par une **plus grande part d'aluminium (95% vs 50-60%)** et peut être utilisé **directement par les affineurs**

La moitié des broyeurs agréés français dispose d'au moins une solution de traitement pour isoler les métaux non ferreux

Traitements pour le tri post-broyage des métaux



TYPES DE TRAITEMENT EFFECTUÉS PAR LES BROYEURS* | En nombre de broyeurs, France, 2022



Note : Sur la base des 56 broyeurs ayant effectué une déclaration en 2023, parmi les 61 broyeurs agréés français : un broyeur peut choisir plusieurs options
 Source : ADEME - Observatoire VHU - État des lieux de la filière VHU en France en 2022, recherche & analyse Strat Anticipation

Au-delà des traitements classiques, il existe des technologies de tri avancé qui permettent d'obtenir du *twitch* à partir du *zorba*, voire d'aller jusqu'au tri par alliage

Traitements avancés pour le tri post-broyage des métaux

	SÉPARATION PAR DENSITÉ AVANCÉE	TRI PAR SPECTROSCOPIE - XRF	TRI PAR SPECTROSCOPIE - LIBS	TRI OPTIQUE PAR CAMÉRAS HYPER-SPECTRALES
PRINCIPE	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Utilise des différences de densité entre les matériaux pour les séparer dans des liquides denses ou des mélanges aqueux ▶ Les métaux légers, comme l'aluminium, flottent tandis que les métaux plus denses, comme le cuivre, coulent 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Les rayons X excitent les atomes dans le matériau, provoquant une fluorescence caractéristique qui permet d'identifier les éléments chimiques présents 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Un laser frappe la surface d'un matériau, générant un plasma dont la lumière émise est analysée pour identifier les éléments chimiques présents ▶ Permet une analyse fine des alliages 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Analyse la lumière réfléchie par les surfaces des matériaux sur une large gamme de longueurs d'onde (visible, proche infrarouge, infrarouge moyen) ▶ Chaque matériau a une signature spectrale unique, utilisée pour l'identifier
APPLICATIONS	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Séparation de l'aluminium des métaux plus lourds ▶ Préparation de flux homogènes avant des étapes de tri chimique 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Identification des métaux non-ferreux comme l'aluminium, le cuivre, le zinc ou leurs alliages ▶ Tri des matériaux même s'ils sont oxydés ou encrassés 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Distingue les différentes séries d'aluminium en fonction de leur composition chimique ▶ Idéal pour trier des alliages mélangés de haute valeur 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Tri des alliages en fonction de leur composition de surface ▶ Identification des métaux non-ferreux dans des flux broyés ou complexes
TRL	9	8-9	7-8	7
AVANTAGES	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Technologie éprouvée et robuste ▶ Excellente solution pour des flux volumineux 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Fonctionne sur des matériaux recouverts d'impuretés ▶ Fiabilité élevée 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Résolution chimique extrêmement précise ▶ Adapté à des flux contenant de multiples alliages 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Fonctionne avec une grande variété de matériaux ▶ Identifie les métaux malgré les variations de taille des fragments
LIMITES	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Ne différencie pas des alliages ayant des densités similaires ▶ Requiert des consommables spécifiques 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Moins précis pour distinguer des alliages complexes ▶ Nécessite des mesures de sécurité liées aux rayons X 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Sensible à l'état de surface (ex. oxydation ou saleté) ▶ Nécessite une infrastructure stable pour fonctionner 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Sensible à la poussière et aux contaminants sur les surfaces ▶ Exige des algorithmes avancés pour interpréter les données

AGENDA

- ▶ INTRODUCTION
- ▶ ÉTAT DES LIEUX
- ▶ CIRCUIT DE RECYCLAGE & OBJECTIFS RÉGLEMENTAIRES
- ▶ PRINCIPAUX USAGES D'ALUMINIUM DANS UN VÉHICULE & DÉMONTABILITÉ DES PIÈCES
- ▶ TRI POST-BROYAGE DES ALLIAGES D'ALUMINIUM
- ▶ **PRINCIPAUX ALLIAGES D'ALUMINIUM AUTOMOBILES & RECYCLABILITÉ**
- ▶ ÉCO-CONCEPTION: DESIGN MONO-ALLIAGE AVEC DES ALUMINIUMS DE SÉRIE 6XXX
- ▶ SUJETS CLÉS IDENTIFIÉS
- ▶ ANNEXE A - AUTRES FAMILLES DE COMPOSANTS EN ALUMINIUM
- ▶ ANNEXE B - AUTRES ALLIAGES D'ALUMINIUM

Dans l'automobile, les familles dominantes d'alliages de corroyage sont la 5XXX, la 6XXX et la 7XXX, qui servent pour faire de la tôle ou des pièces extrudées

Principales familles d'alliages

TYPE DE PROCÉDÉ	FAMILLE D'ALLIAGE	PIÈCE TYPIQUE	ALLIAGE TYPIQUE	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Zn
FONDERIE	Recyclé	<ul style="list-style-type: none"> Bloc moteur Transmission 	AS9U3 (60% de la production d'affinage) AS7G AS12	9.0	1.0	3.5	0.5	0.2	2
	Primaire	<ul style="list-style-type: none"> Roues Caisse en blanc 	A365.1	8.5	0.2	0.1	0.4	0.4	0.1
TÔLE	5XXX	<ul style="list-style-type: none"> Ouvrants Caisse en blanc 	AA5182	0.1	0.2	0.1	0.4	4.7	0.1
	6XXX, - Cu	<ul style="list-style-type: none"> Ouvrants Caisse en blanc 	AA6005	0.7	0.2	0.1	0.1	0.6	0.1
	6XXX, + Cu	<ul style="list-style-type: none"> Caisse en blanc 	AA6111	0.7	0.3	0.7	0.3	0.7	0.2
EXTRUSION	6XXX, - Cu	<ul style="list-style-type: none"> Système de gestion des chocs 	AA6082	1.0	0.4	0.1	0.7	0.7	0.1
	7XXX	<ul style="list-style-type: none"> Caisse en blanc 	AA7008	0.2	0.2	0.1	0.1	1.2	5.0

Un alliage d'aluminium peut être reproduit indéfiniment, sans perte de propriété, mais l'ajout d'un élément d'alliage est lui irréversible dans la plupart des cas

— Défis dans le recyclage des alliages d'aluminium

Alliage d'origine	A380		Fe/Cu	Si/Fe/Cu	Si/Fe	Si/Fe/Cu	Si/Fe/Cu	Si/Fe/Cu
	A365.1			Si	Si	Si	Si	Si
	AA5182	Mg	Mg		Mg	Mg	Mg	Mg
	AA6016			Si				Si
	AA6111		Cu	Si/Cu	Cu		Cu	Si
	AA6082			Si	Mn	Mn		Si
	AA7008	Zn	Zn	Zn	Zn	Zn	Zn	
	A380	A365.1	AA5182	AA6016	AA6111	AA6082	AA7008	
	Pièces moulées		Tôle			Pièces extrudées		
	Alliage produit							

Taux de perte (en %)



- ▶ **Tout alliage peut être recyclé en boucle fermée**, sans perte de propriété, un nombre infini de fois
- ▶ Cependant, l'ajout de la plupart des éléments d'alliage est **irréversible**. Il n'existe actuellement aucune solution technique compétitive, sauf pour le magnésium, afin d'éliminer les éléments Fe, Si, Cu, Mn, Cr, une fois ajoutés à l'aluminium
- ▶ Les alliages de corroyage **peuvent généralement être recyclés** dans des alliages de fonderie à des concentrations élevées sans problème
- ▶ Les alliages de fonderie à haute teneur en Si ne **peuvent pas être recyclés en alliages de corroyage à des concentrations significatives***
- ▶ Les alliages de corroyage des séries 5xxx, 6xxx et 7xxx **ne sont pas facilement recyclables entre eux (avec les compositions d'alliages actuelles)***

Note : Ce sont des opérations possibles techniquement, mais qui nécessitent une dilution importante avec du primaire, ce qui ne fait pas sens économiquement et en termes de circularité
 Source : Alumobility, Constellium

European Aluminium a proposé un tri en 4 familles d'alliages de l'aluminium. Nous en proposons une 5^{ème} en raison de la fréquence des séries 5xxx dans les véhicules français

Proposition amendée d'European Aluminium pour la séparation des alliages dans le cadre du règlement VHU

- ▶ **1** - Fraction d'aluminium avec :
 - une teneur en **silicium** supérieure à 1,5 %
 - une teneur en **cuivre** inférieure ou égale à 0,5 %
 - une teneur en **fer** inférieure ou égale à 0,2 %
- ▶ **2** - Fraction d'aluminium avec :
 - une teneur en **silicium** supérieure à 1,5 % et
 - **qui ne satisfait pas aux exigences de composition de 1)** pour le **cuivre** et le **fer**
- ▶ **3** - Fraction d'aluminium avec :
 - une teneur en **silicium** inférieure ou égale à 1,5 %
 - une teneur en **magnésium** inférieure ou égale à 1,5 %
 - une teneur en **cuivre** inférieure ou égale à 0,3 %
 - une teneur en **zinc** inférieure ou égale à 0,3 %
- ▶ **4** - Fraction d'aluminium avec :
 - une teneur en **silicium** inférieure ou égale à 1,5 %
 - **qui ne satisfait pas aux exigences de composition de 3)** pour le **magnésium**, le **cuivre** et le **zinc**
- ▶ **5** - Ajout proposé par Strat Anticipation - Aluminiums de série 5xxx avec :
 - une teneur en **silicium** inférieure ou égale à 0,15 %
 - une teneur en **magnésium** inférieure ou égale à 1,5 %
 - **une teneur en fer, en cuivre et en manganèse à déterminer**

EST-CE QUE SE FIXER CET OBJECTIF VOUS PARAÎT PERTINENT? EST-CE QU'IL VOUS PARAÎT ATTEIGNABLE ?

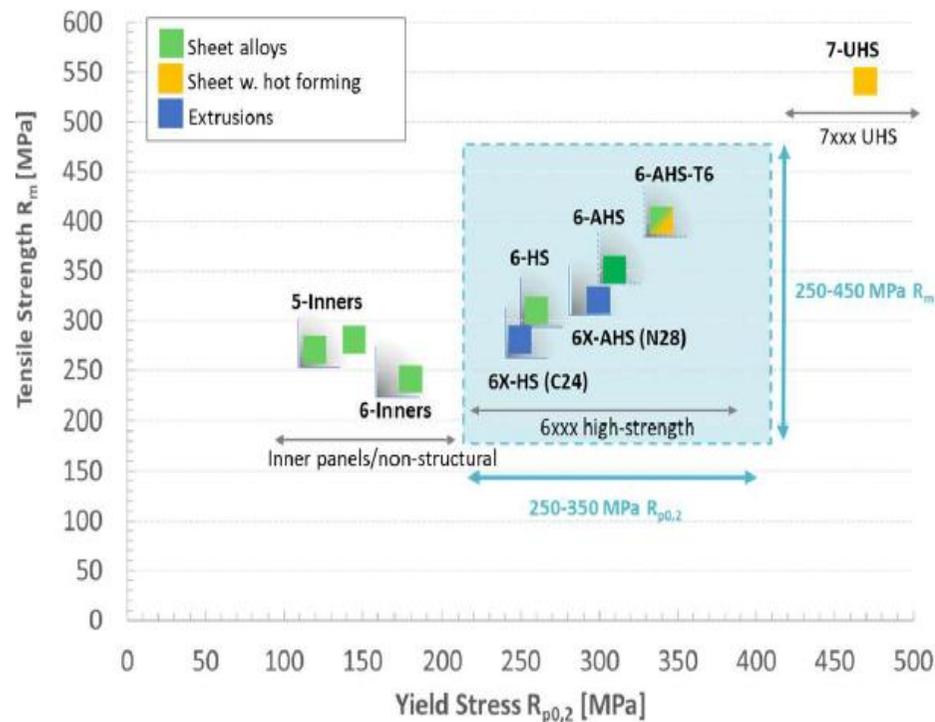
AGENDA

- ▶ INTRODUCTION
- ▶ ÉTAT DES LIEUX
- ▶ CIRCUIT DE RECYCLAGE & OBJECTIFS RÉGLEMENTAIRES
- ▶ PRINCIPAUX USAGES D'ALUMINIUM DANS UN VÉHICULE & DÉMONTABILITÉ DES PIÈCES
- ▶ TRI POST-BROYAGE DES ALLIAGES D'ALUMINIUM
- ▶ PRINCIPAUX ALLIAGES D'ALUMINIUM AUTOMOBILES & RECYCLABILITÉ
- ▶ **ÉCO-CONCEPTION: DESIGN MONO-ALLIAGE AVEC DES ALUMINIUMS DE SÉRIE 6XXX**
- ▶ SUJETS CLÉS IDENTIFIÉS
- ▶ ANNEXE A - AUTRES FAMILLES DE COMPOSANTS EN ALUMINIUM
- ▶ ANNEXE B - AUTRES ALLIAGES D'ALUMINIUM

Les alliages de série 6xxx, qu'ils soient pour l'extrusion ou la tôle, offrent des possibilités pour la quasi-totalité des pièces de carrosserie d'un véhicule

Applications possibles du mono-alliage avec des aluminium de série 6xxx

EXEMPLES D'ALLIAGES UTILISÉS POUR CONCEVOIR LA STRUCTURE DE CARROSSERIE | En MPa



► Avantages des alliages de série 6xxx pour la conception des carrosseries automobiles :

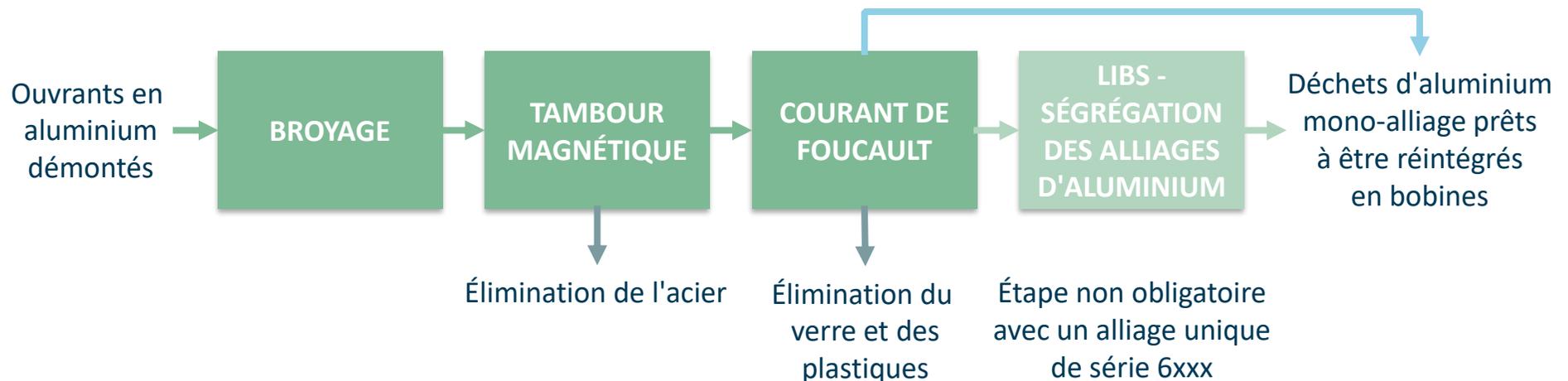
- Alliages adaptés aux tôles et à l'extrusion
- **Formable, y compris pour les pièces les plus délicates** : intérieurs de portes, parties latérales extérieures de la carrosserie...
- Possibilité d'assemblage avec les **principales techniques utilisées pour la caisse en blanc** : RSW, SPR, collage
- **Résistance éprouvée à la corrosion**
- Capable de répondre aux **applications les plus exigeantes en termes de résistance, comme alternative aux aciers à ultra-haute résistance**

Note : 6-HS = 6x high strength, 6-AHS = 6x adv. high strength (Cu-6xxx), +T6 = Peak strength temper, 6X- = Extrusion grade
Source : Alumobility, Constellium

Le mono-alliage avec des aluminiums de série 6xxx simplifie les opérations de recyclage et permet donc d'envisager de reproduire les alliages automobiles

Avantages du recours au mono-alliage avec des aluminiums de série 6xxx

- ▶ **L'empreinte carbone du 6xxx est inférieure à celle du 5xxx**
 - Aluminium : 4-8 kg CO₂ eq./kg vs. Magnésium : 32 kg CO₂ eq./kg
 - Les produits 6xxx ont généralement besoin de moins de 1 % de magnésium contre 4 à 5 % pour les produits 5xxx.
- ▶ **Amélioration de 10 à 20 % de l'empreinte carbone**
- ▶ **Facilite la collecte des déchets pré-consommation**
 - **Plus besoin de séparer les 5xxx et les 6xxx** dans les usines d'emboutissage automobile
- ▶ **Ouvre la voie à la circularité**
 - Pour la collecte en fin de vie, **lorsque la fraction corroyée est isolée, il n'est pas nécessaire de trier les alliages**



AGENDA

- ▶ INTRODUCTION
- ▶ ÉTAT DES LIEUX
- ▶ CIRCUIT DE RECYCLAGE & OBJECTIFS RÉGLEMENTAIRES
- ▶ PRINCIPAUX USAGES D'ALUMINIUM DANS UN VÉHICULE & DÉMONTABILITÉ DES PIÈCES
- ▶ TRI POST-BROYAGE DES ALLIAGES D'ALUMINIUM
- ▶ PRINCIPAUX ALLIAGES D'ALUMINIUM AUTOMOBILES & RECYCLABILITÉ
- ▶ ÉCO-CONCEPTION: DESIGN MONO-ALLIAGE AVEC DES ALUMINIUMS DE SÉRIE 6XXX
- ▶ **SUJETS CLÉS IDENTIFIÉS**
- ▶ ANNEXE A - AUTRES FAMILLES DE COMPOSANTS EN ALUMINIUM
- ▶ ANNEXE B - AUTRES ALLIAGES D'ALUMINIUM

Les études et les entretiens suggèrent les sujets clés suivants pour la phase 2 du projet : améliorer la traçabilité des flux hors Europe, le démantèlement, et le tri

Sujets clés - Aluminium

AMÉLIORER LA TRAÇABILITÉ DES FLUX HORS EUROPE ET LIMITER LES EXPORTS DE DÉCHETS, EN ENCOURAGEANT LES ACTEURS À RÉUTILISER LES GISEMENTS LOCAUX

R

AMÉLIORER LE DÉMANTÈLEMENT ET LA SÉPARATION DES PIÈCES DE CORROYAGE ET DES PIÈCES DE FONDERIE

D

ACCOMPAGNER LES ACTEURS POUR AMÉLIORER LES PROCESSUS DE TRI (INVESTISSEMENTS TECHNOLOGIQUES)

TRAVAILLER LES CAHIERS DES CHARGES EN PARTENARIAT AVEC LES CONSTRUCTEURS POUR LIMITER LA TROP GRANDE VARIÉTÉ DES ALLIAGES

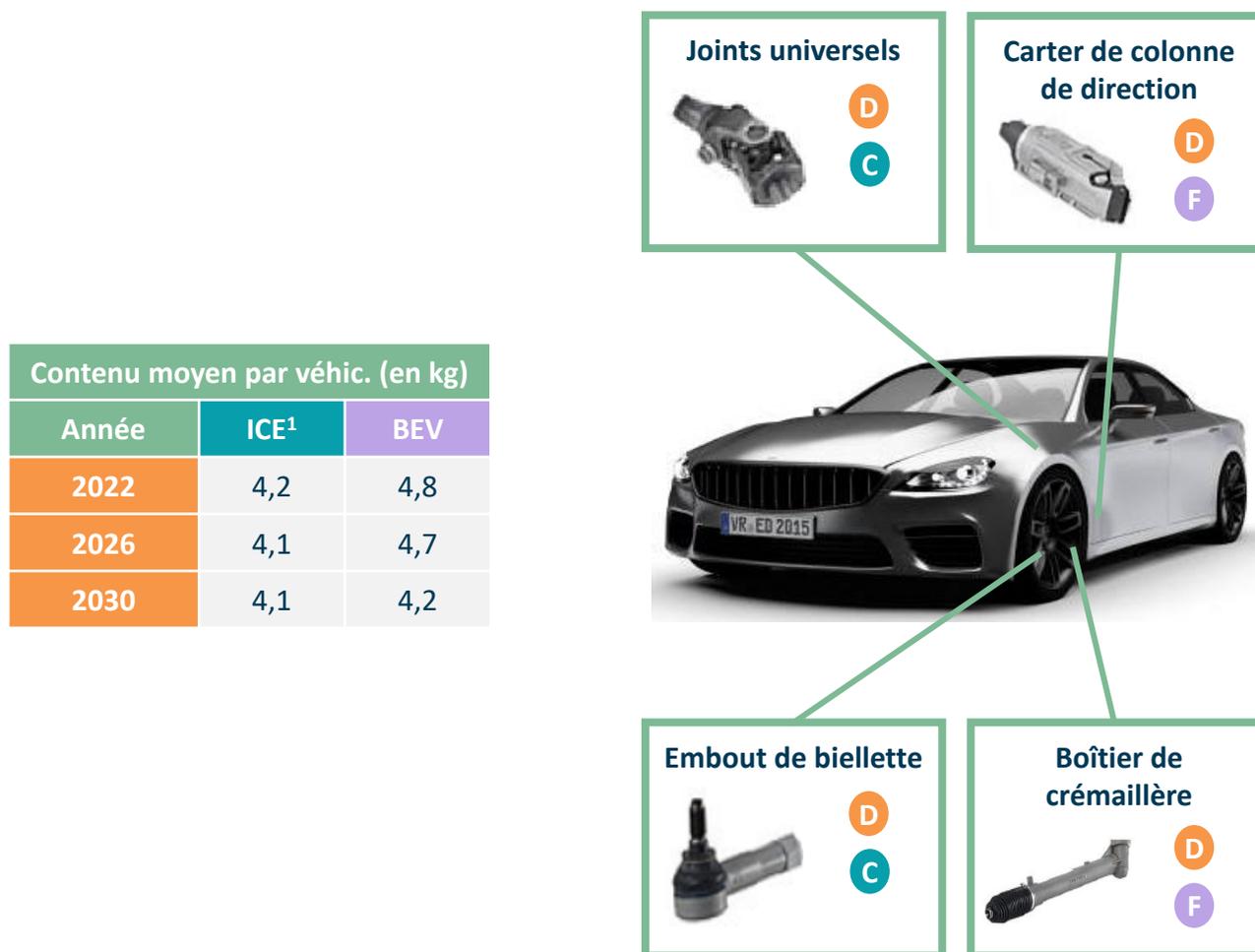
C

AGENDA

- ▶ INTRODUCTION
- ▶ ÉTAT DES LIEUX
- ▶ CIRCUIT DE RECYCLAGE & OBJECTIFS RÉGLEMENTAIRES
- ▶ PRINCIPAUX USAGES D'ALUMINIUM DANS UN VÉHICULE & DÉMONTABILITÉ DES PIÈCES
- ▶ TRI POST-BROYAGE DES ALLIAGES D'ALUMINIUM
- ▶ PRINCIPAUX ALLIAGES D'ALUMINIUM AUTOMOBILES & RECYCLABILITÉ
- ▶ ÉCO-CONCEPTION: DESIGN MONO-ALLIAGE AVEC DES ALUMINIUMS DE SÉRIE 6XXX
- ▶ SUJETS CLÉS IDENTIFIÉS
- ▶ **ANNEXE A - AUTRES FAMILLES DE COMPOSANTS EN ALUMINIUM**
- ▶ ANNEXE B - AUTRES ALLIAGES D'ALUMINIUM

La teneur en aluminium par véhicule restera relativement stable pour la Direction, car ces composants ne sont pas au centre des stratégies d'allègement des OEMs

Contenu moyen en aluminium par famille de composants en Europe en 2022 - Direction (9/12)



D Pièce souvent démontée²
D Pièce parfois démontée²
D Pièce rarement démontée²
F Pourcentage / Dominance des alliages de fonderie
 C Pourcentage / Dominance d'alliages de corroyage utilisés

1 : ICE = ICE strict + MHEV, FHEV & PHEV

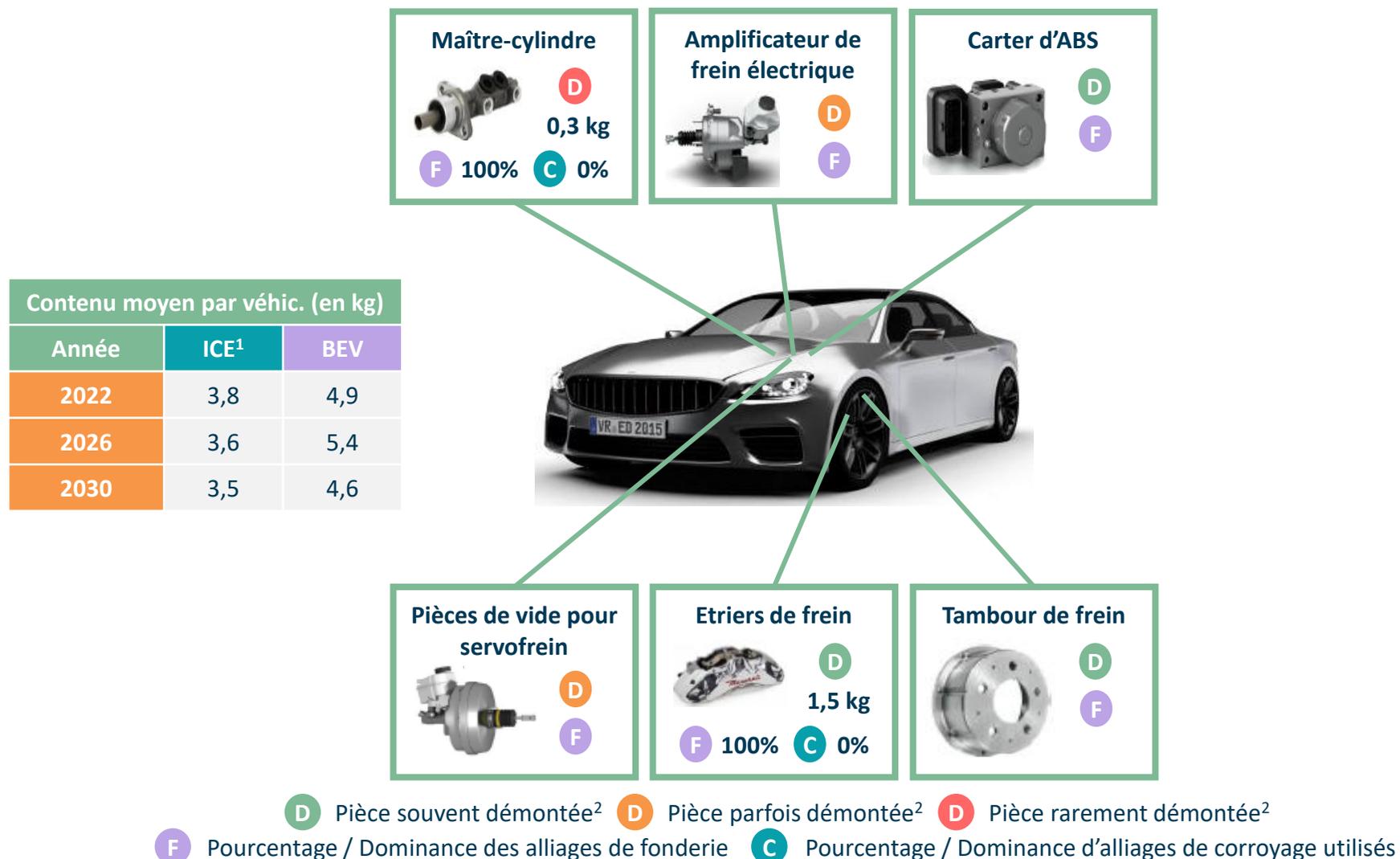
2 : Correspond à une estimation du démontage moyen réalisé par les centres VHU, mais il y a une diversité de pratiques parmi les acteurs

Note : Le contenu moyen n'est égal au poids de la pièce qu'avec un taux de pénétration de l'aluminium égal à 100%

Source : Ducker Research & Consulting et European Aluminium - Aluminium Content in Passenger Vehicles (Mars 2023), recherche & analyse Strat Anticipation

Les nouvelles exigences d'allègement ainsi que l'adoption de systèmes de freinage électrique donneront une hausse de la teneur en aluminium des freins d'ici à 2030

Contenu moyen en aluminium par famille de composants en Europe en 2022 - Freins (10/12)



1 : ICE = ICE strict + MHEV, FHEV & PHEV

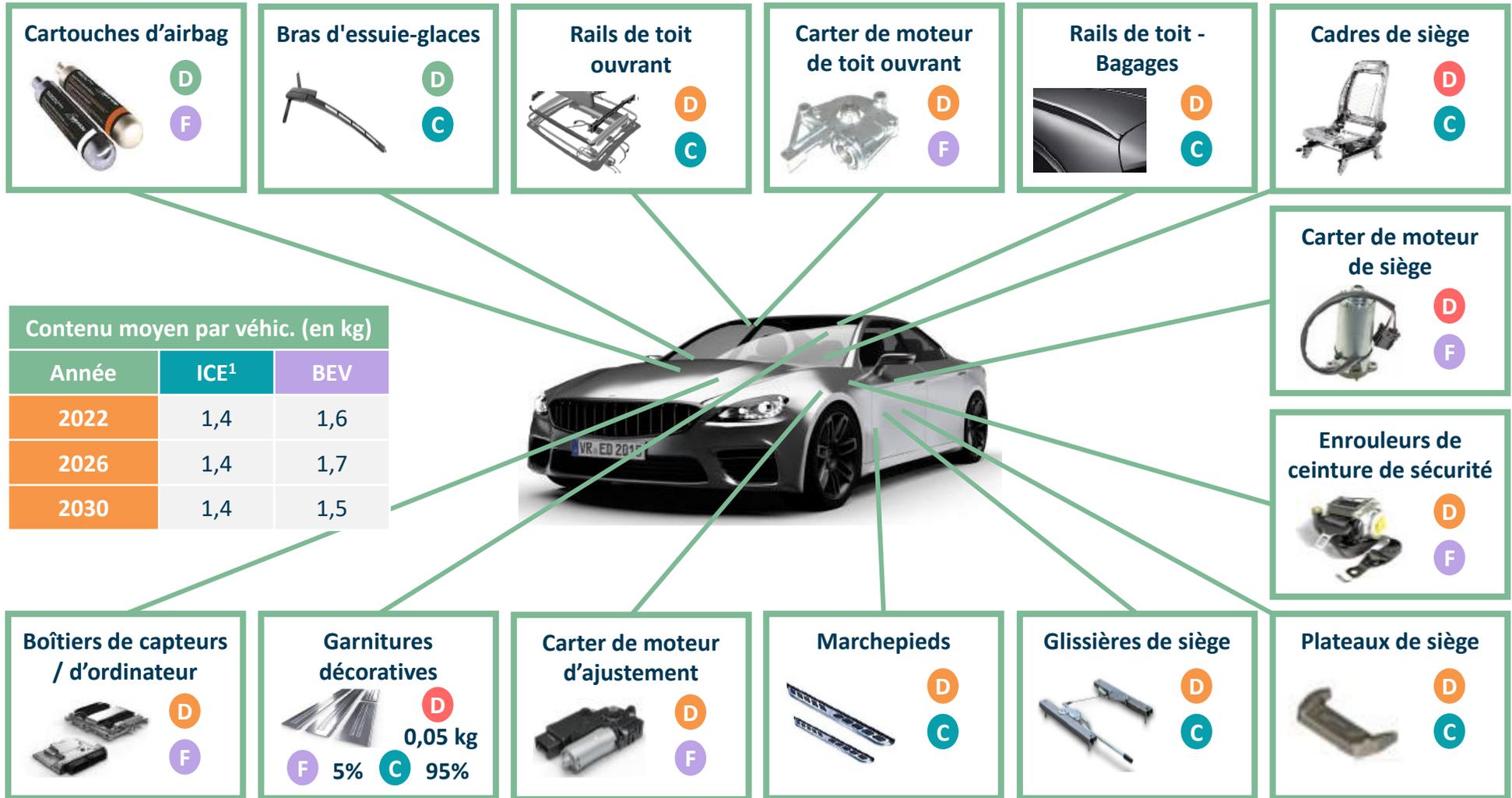
2 : Correspond à une estimation du démontage moyen réalisé par les centres VHU, mais il y a une diversité de pratiques parmi les acteurs

Note : Le contenu moyen n'est égal au poids de la pièce qu'avec un taux de pénétration de l'aluminium égal à 100%

Source : Ducker Research & Consulting et European Aluminium - Aluminium Content in Passenger Vehicles (Mars 2023), recherche & analyse Strat Anticipation

Les BEV affichent un contenu en aluminium pour la garniture un peu plus élevé, en raison de la part plus importante de grands véhicules haut de gamme

Contenu moyen en aluminium par famille de composants en Europe en 2022 - Garnitures (11/12)



D Pièce souvent démontée²
 D Pièce parfois démontée²
 D Pièce rarement démontée²
F Pourcentage / Dominance des alliages de fonderie
 C Pourcentage / Dominance d'alliages de corroyage utilisés

1 : ICE = ICE strict + MHEV, FHEV & PHEV

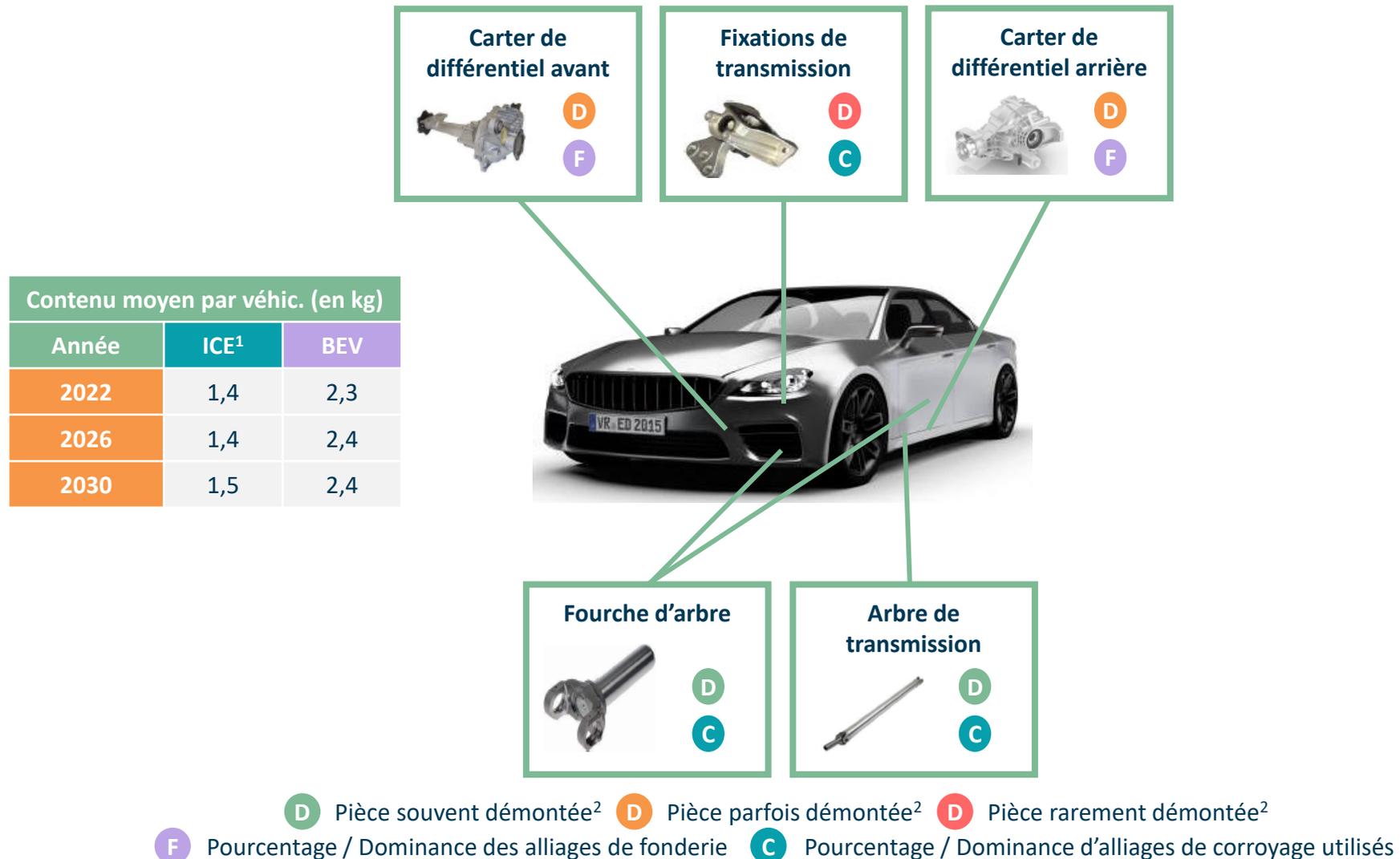
2 : Correspond à une estimation du démontage moyen réalisé par les centres VHU, mais il y a une diversité de pratiques parmi les acteurs

Note : Le contenu moyen n'est égal au poids de la pièce qu'avec un taux de pénétration de l'aluminium égal à 100%

Source : Ducker Research & Consulting et European Aluminium - Aluminium Content in Passenger Vehicles (Mars 2023), recherche & analyse Strat Anticipation

En Europe, la demande d'aluminium pour la chaîne de traction provient essentiellement des boîtiers de différentiel et des supports de transmission

Contenu moyen en aluminium par famille de composants en Europe en 2022 - Chaîne de traction (12/12)



1 : ICE = ICE strict + MHEV, FHEV & PHEV

2 : Correspond à une estimation du démontage moyen réalisé par les centres VHU, mais il y a une diversité de pratiques parmi les acteurs

Note : Le contenu moyen n'est égal au poids de la pièce qu'avec un taux de pénétration de l'aluminium égal à 100%

Source : Ducker Research & Consulting et European Aluminium - Aluminium Content in Passenger Vehicles (Mars 2023), recherche & analyse Strat Anticipation

AGENDA

- ▶ INTRODUCTION
- ▶ ÉTAT DES LIEUX
- ▶ CIRCUIT DE RECYCLAGE & OBJECTIFS RÉGLEMENTAIRES
- ▶ PRINCIPAUX USAGES D'ALUMINIUM DANS UN VÉHICULE & DÉMONTABILITÉ DES PIÈCES
- ▶ TRI POST-BROYAGE DES ALLIAGES D'ALUMINIUM
- ▶ PRINCIPAUX ALLIAGES D'ALUMINIUM AUTOMOBILES & RECYCLABILITÉ
- ▶ ÉCO-CONCEPTION: DESIGN MONO-ALLIAGE AVEC DES ALUMINIUMS DE SÉRIE 6XXX
- ▶ SUJETS CLÉS IDENTIFIÉS
- ▶ ANNEXE A - AUTRES FAMILLES DE COMPOSANTS EN ALUMINIUM
- ▶ **ANNEXE B - AUTRES ALLIAGES D'ALUMINIUM**

L'aluminium pur et les alliages au manganèse sont utilisés pour leur conductivité électrique et thermique; les alliages au magnésium pour leur résistance mécanique

Principales familles d'alliages - Aluminium de corroyage (1/2)

SÉRIES D'ALLIAGES	ALLIAGES	ÉLÉMENT D'ALLIAGE PRINCIPAL (% MASSE)	PROPRIÉTÉS MAJEURES	APPLICATIONS PRINCIPALES	RECYCLABILITÉ À PARTIR DU GISEMENT VHU
1XXX	1350	Aluminium pur	Conductivité électrique élevée	Câbles, barres de connexion, circuits électriques	
3XXX	3003	Manganèse (0,5-1,5%)	Résistance à la corrosion et bonne conductivité thermique	Radiateurs et échangeurs thermiques	
	3105			Composants de refroidissement et systèmes de gestion thermique des batteries	
5XXX	5052	Magnésium (0,5-5,0%)	Panneaux de carrosserie nécessitant une meilleure résistance aux contraintes mécaniques et à la corrosion		
	5056		Rigidité	Cadres de portes et rails	
	5083		Bras de suspension et structures soumises à des contraintes mécaniques importantes		
	5754		Aptitude au formage et résistance à la corrosion	Panneaux de carrosserie, planchers, portes toits, réservoirs de carburant	

Les alliages au magnésium-silicium, très fréquents dans l'automobile, cumulent des qualités de résistance mécanique, de légèreté et de formabilité

Principales familles d'alliages - Aluminium de corroyage (2/2)

SÉRIES D'ALLIAGES	ALLIAGES	ÉLÉMENT D'ALLIAGE PRINCIPAL (% MASSE)	PROPRIÉTÉS MAJEURES	APPLICATIONS PRINCIPALES	RECYCLABILITÉ À PARTIR DU GISEMENT VHU
6XXX	6016	Magnésium (0,5-1,5%) - Silicium (0,5-1,5%)	Résistance à la corrosion, facile à peindre	Panneaux extérieurs, ailes, capots	
	6061		Légèreté, résistance et formabilité	Châssis, bras de suspension, sous-châssis, jantes, cadres de siège	
	6063		Facilement extrudé, et résistance thermique	Boîtiers de pack de batterie, rails de refroidissement	
	6082		Haute résistance mécanique et à la corrosion	Structures porteuses, cadres de batterie, armatures de portes et renforts latéraux	
7XXX	7075	Zinc (5-7%)	Haute résistance mécanique	Pièces de suspension haute performance	
8XXX	8011	Alliages spéciaux	Boîtiers de condensateurs ou films pour protéger les composants électroniques sensibles		

Les alliages de fonderie sont riches en silicium pour la coulabilité. Le métal primaire est plutôt utilisé pour le BIW* et les roues, le secondaire plutôt pour le powertrain

— Principales familles d'alliages - Aluminium de fonderie

SÉRIES D'ALLIAGES	ALLIAGES	ÉLÉMENT D'ADDITION PRINCIPAL	PROPRIÉTÉS MAJEURES	APPLICATIONS PRINCIPALES	RECYCLABILITÉ À PARTIR DU GISEMENT VHU
3XX	319	Silicium - Cuivre	Excellente coulabilité, résistance à la température et la corrosion	Carter moteur, collecteur d'admission, carter d'huile, supports de transmission	
	A319		Résistance mécanique supérieure et stabilité dimensionnelle améliorée	Sous-cadres, culasses, supports de moteur	
	A356	Silicium	Résistance à la corrosion, ductilité élevée et bonne conductivité thermique	Boîtiers de pack de batterie, supports de moteur, jantes	



Rémi Cornubert

remi@stratanticipation.com

Mobile: +33 6 07 37 84 27

STRAT ANTICIPATION – rue de Tocqueville – 75017 PARIS - FRANCE