



LE CENTRE DE LA PLASTURGIE
TECHNIQUE ET DES COMPOSITES
INDUSTRIEL

Le recyclage des composites : Éléments de règlementations et axes stratégiques IPC

Lorient, le 25 septembre 2025
Romain Agogué

Pour une plasturgie éthique, performante et durable

Le recyclage des composites : Éléments de réglementations et axes stratégiques IPC

- ➡ **#1 - IPC / Service Recherche**
- ➡ **#2 – Quelques éléments réglementaires (... vus par l'ingénieur matériaux...)**
- ➡ **#3 – le recyclage des composites : un écosystème français en structuration**
- ➡ **#4 – Feuille de route IPC et exemples de projets réalisés / en cours**
- ➡ **#5 – Synthèse & conclusions**

#1 - IPC Recherche



**IPC
RECHERCHE**



**IPC
COLLECTIF**



**IPC
ENTREPRISE**



**IPC
NORMALISATION**



**IPC
CERTIFICATION**



**Création de
connaissances**

**Accompagnement, transfert de
connaissances et de technologies**

DE 30 PROJETS

+ DE 15 PROJETS/AN

MATERIAUX

PRODUITS

PROCÉDÉS

CYCLE DE VIE



RecyClass



LES OUTILS

POLYMEDIA®
LA PLATEFORME DE VEILLE D'IPC

C3R' IMPACT
L'ACV PAR IPC

POLYMEO
LA BASE DE DONNÉES
MATÉRIAUX PAR IPC

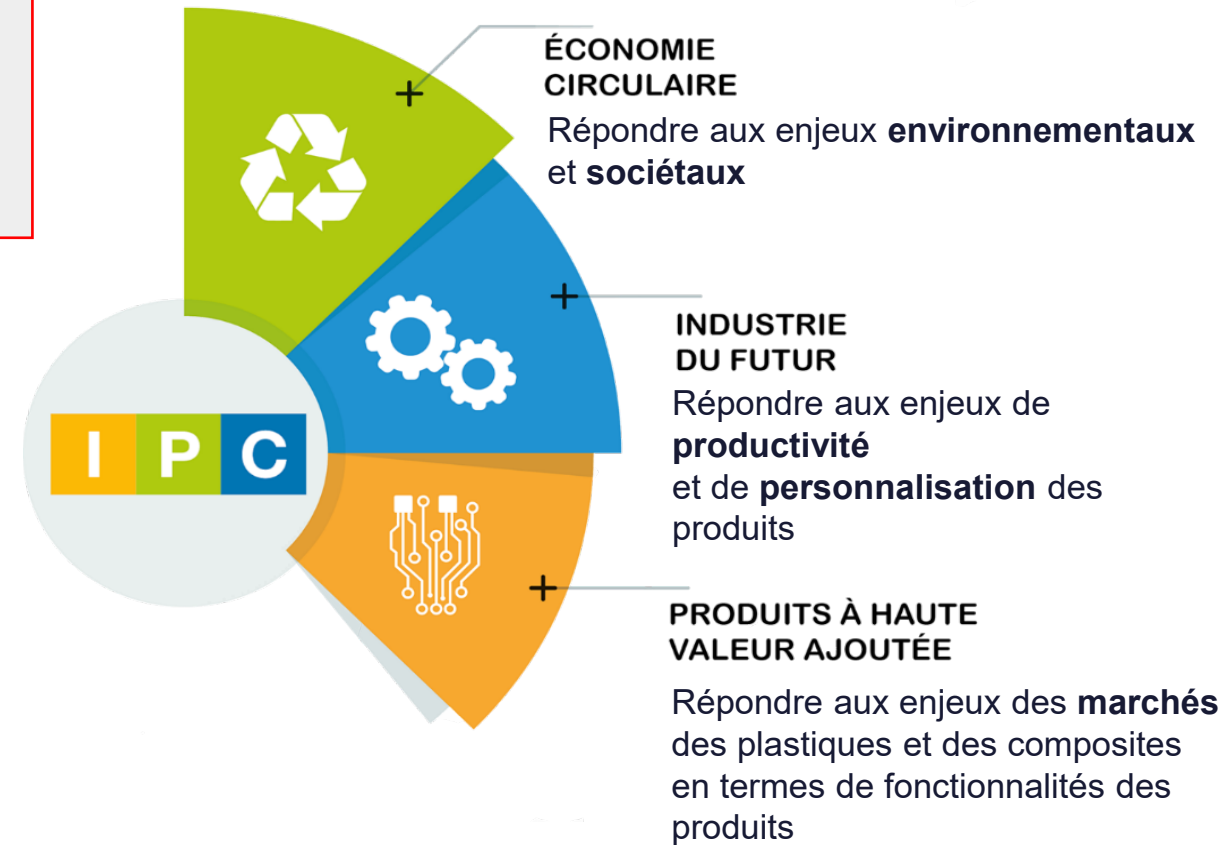
COMPAREF
LA SÉCURITÉ DES
ALIMENTS EMBALLÉS
PAR IPC

R-TECH
L'INVENTAIRE DU
RECYCLAGE PAR IPC

PÔLES DE COMPÉTENCES ET MOYENS INDUSTRIELS



LES 3 AXES STRATEGIQUES D'IPC



#2 – Quelques éléments réglementaires

(... vus par l'ingénieur matériaux...)

Quelques éléments réglementaires (1/3)

Règlementaire – focus hiérarchisation des déchets et REP

Hiérarchisation réglementaire
de la gestion des déchets [2]

PRÉVENTION

RÉUTILISATION

RECYCLAGE

AUTRES VALORISATIONS
DONT ÉNERGÉTIQUE

ÉLIMINATION AVEC
ENFOUISSEMENT

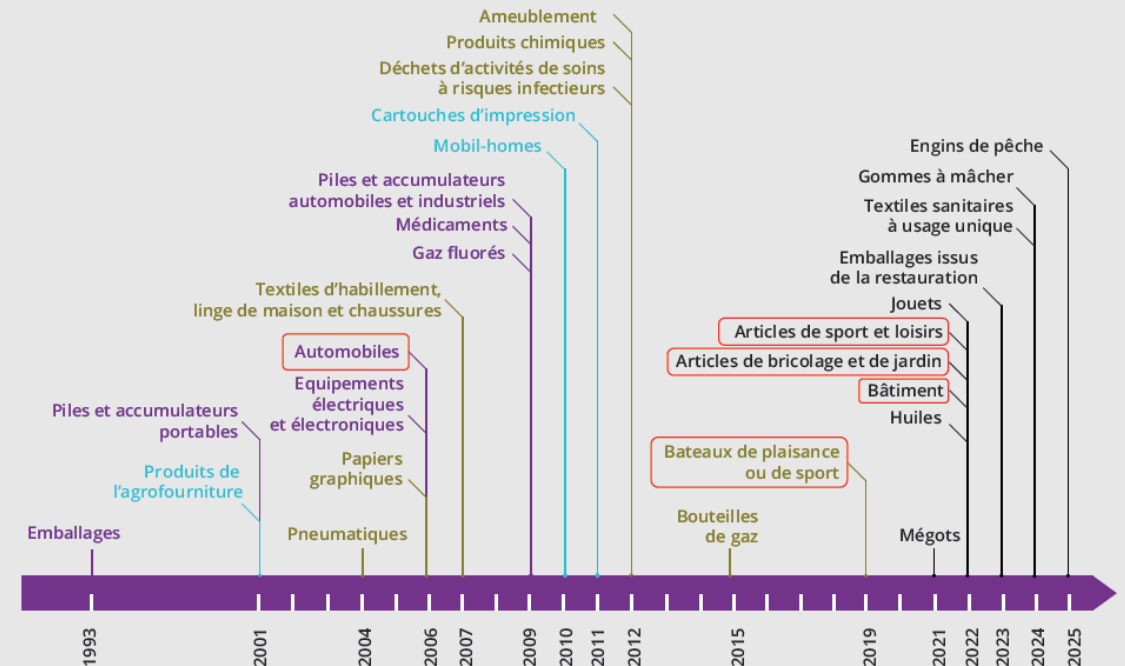


Et des réglementations spécifiques par marché, par ex :

- **Commande publique** : vers un recyclage/réutilisation
- **Automobile** : Directive européenne sur les Véhicules Hors d'Usage (VHU) (2000/53/EC)
- **Eolien** : 55% des rotors réutilisables ou recyclables en 2025
- **Bâtiment** : Déclaration environnementale des produits (FDES)
- Etc.

+ **REACH** (1907/2006), EU Digital Product Passeport

Filière REP et date de mise en oeuvre opérationnelle
En rouge, les filières où les matériaux composites sont présents [10]



Projet de règlement – écoconception et fin de vie des véhicules

Réglementation

Publié le : 07/07/2025 par Sofia KAZAKOVA

Un champ d'application large (article 2):

- Majoritairement aux véhicules des catégories M1 et N1 (voitures et camionnettes). Toutefois, certaines dispositions relatives à la gestion des VHU et à l'exportation concernent également :
- Certains véhicules de la catégorie L (moto, quad, etc)
- Les camions, autobus et remorques

Exemples d'exigences:

- Réutilisabilité, recyclabilité, valorisabilité des véhicules (**taux minimum**)
- Restriction de **substances dangereuses**
- **Taux minimal de matières plastiques recyclées** (25 % de plastiques recyclés issus de déchets post-consommation, dont 25 % provenant de VHU)
- Instructions de démantèlement et **passport de circularité des véhicules**

Source:

<https://www.ct-ipc.com/blog-ipc/projet-de-reglement-ecoconception-et-fin-de-vie-des-vehicules/>

Quelques éléments réglementaires (2/3)

➤ Objectif de diminution des déchets enfouis de 50% d'ici 2025 par rapport à 2010.

Article L541-1 du code de l'environnement, issu de l'article 10 de la loi AGECE

➤ Responsabilité du déchet :

« Tout producteur ou détenteur de déchets est responsable de la gestion de ces déchets jusqu'à leur élimination ou valorisation finale, même lorsque le déchet est transféré à des fins de traitement à un tiers par le producteur jusqu'à l'exutoire final même si le déchet est transféré à un tiers.

Code de l'environnement (article [L541-2](#))

➤ Sortie implicite de statut de déchet reconnue en 2023

Article [L541-4-3 du code de l'environnement](#) de la loi « INDUSTRIE VERTE »

1/ L'objet fabriqué à partir des déchets devrait être similaire à l'objet qui aurait été produit en utilisant des ressources vierges.

2/ Le respect des mêmes conditions que celles de la procédure dite « explicite » de la sortie du statut de déchet :

Usage – Marché – Technique et législation/normes – Santé et environnement

« Une substance/objet élaboré dans une installation de production qui utilise pour tout ou partie des déchets comme matière première n'a pas le statut de déchet si cette substance ou cet objet est similaire à la substance/objet qui aurait été produit sans avoir recours à des déchets, sous réserve que l'exploitant de l'installation de production respecte les conditions mentionnées ».

➤ Registre de déchets – obligation pour DD & DND de tenu à disposition de l'autorité administrative.

Article [L541-7 code de l'environnement](#), issu de l'article 117 de la loi AGECE,

Ce point est une synthèse et une vulgarisation de très nombreuses dispositions légales et réglementaires et n'a pas vocation à être exhaustif

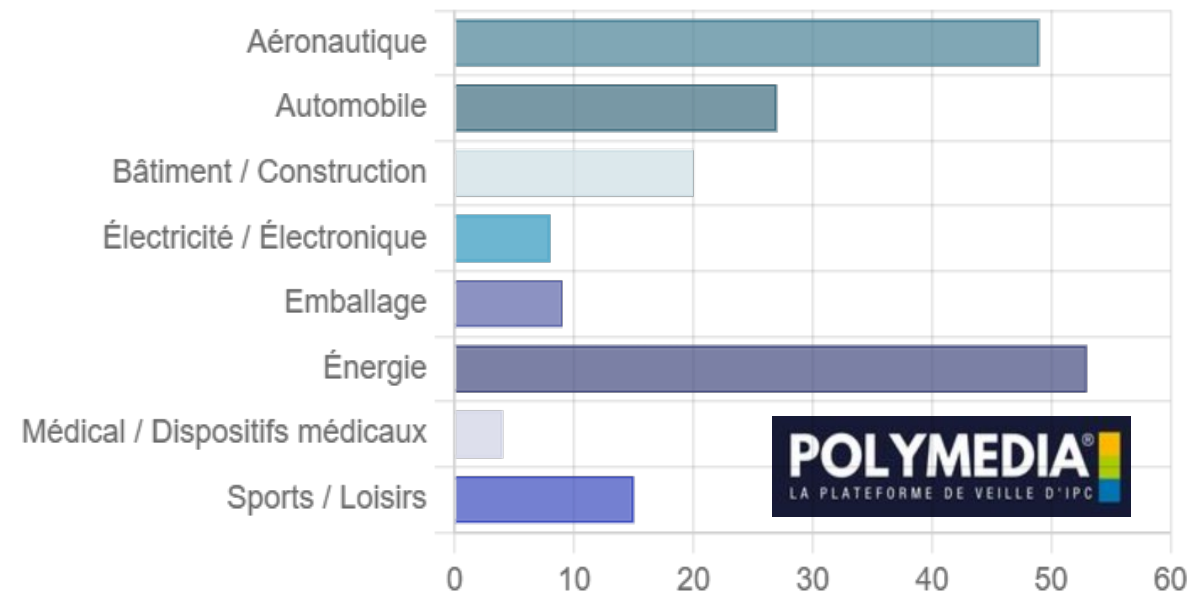
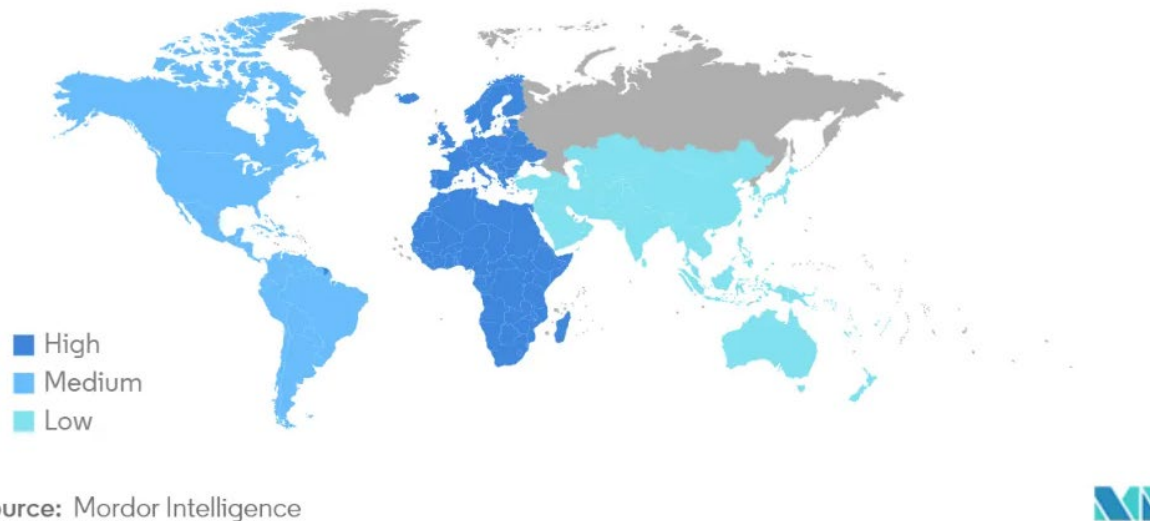
#3 – le recyclage des composites : un écosystème français en structuration ?

Tendances du marché du recyclage des composites

Recyclage des composites, un marché en croissance :

- Europe: Dominant region with a CAGR of 9.1%
- USD 153.2 - 500 million in 2024 and is estimated to grow at a CAGR of over 8% - 11.5% from 2025 to 2034

Recycled Carbon Fiber Market: Forecasted Five-Year Growth Rate, By Region



Source: <https://www.gminsights.com/industry-analysis/recycled-carbon-fiber-market> ; <https://stratisticsresearch.com/report/fiber-reinforced-plastics-recycling-market>; <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/recycled-carbon-fiber-market>

Ce document et les informations qu'il contient sont la propriété d'IPC. Ils ne doivent pas être copiés ni communiqués à un tiers sans l'autorisation préalable et écrite d'IPC

En Europe: European Circular Composites Alliance (ECCA)

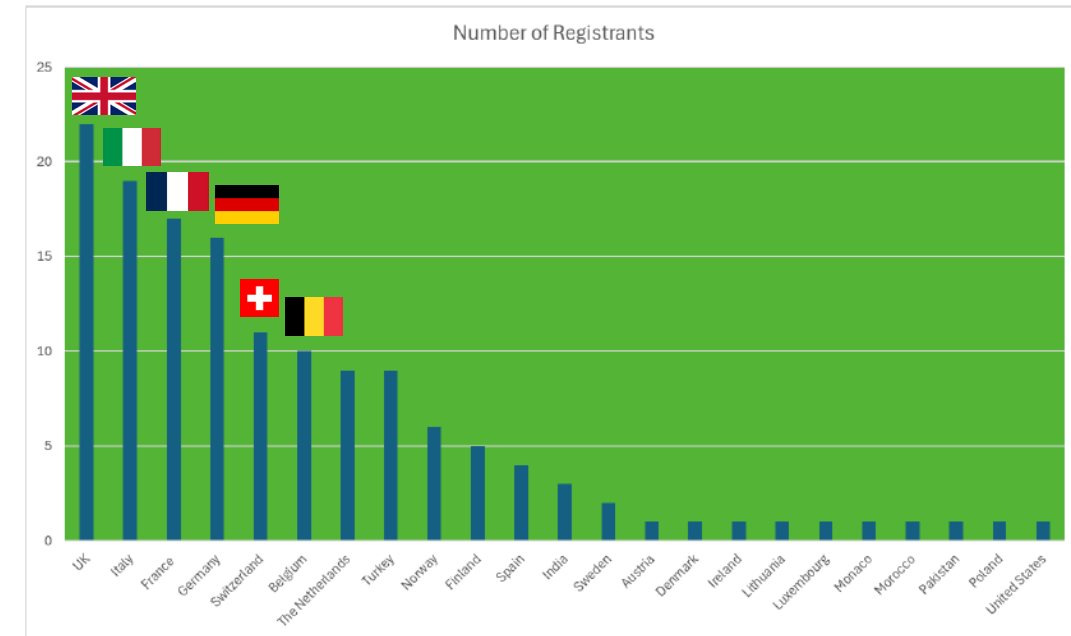
Mission Accélérer l'économie circulaire des matériaux composites en fédérant tous les acteurs pour une action collective

Objectifs

- Mobiliser les **investissements (publics/privés)** dans le recyclage et la R&D.
- Développer des **méthodes standardisées** (ACV, qualité des déchets triés).
- Établir des **recommandations (guidelines)** pour l'écoconception et le recyclage.
- Créer un système EU harmonisé **de traçabilité des composites** recyclés.
- Encourager les **engagements volontaires** des industriels.

Livrables

- **Augmenter la circularité** des composites :
- Lever les barrières **juridiques, économiques et techniques**.
- Réduire l'extraction de matières premières et la pollution.



- 1ere assemblée générale en décembre 2025
- ~150 signataires à date
- 5 GT : aéro, construction, transport routier, industrie et loisirs, actions transverses

Et en France ? La circularité des composites : une priorité



Contrat Stratégique de la Filière

Chimie et Matériaux

2023/2027



PROJET N°3 :

« Développer en France une filière de collecte et de recyclage des composites »

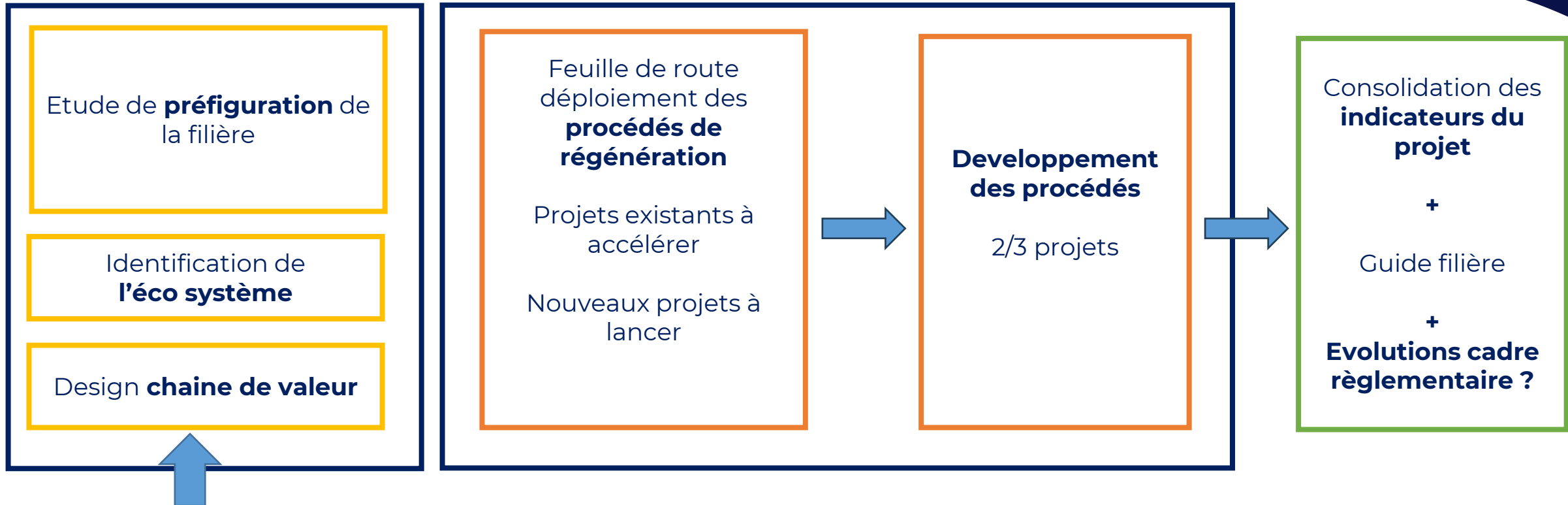
OBJECTIFS DU PROJET :

- ✓ Lancer des projets pilotes en France.
- ✓ Accélérer l'intégration dans le marché des composites de produits intégrant des fibres recyclées.

OBJECTIFS TRANSVERSES :

- ✓ Contribuer à l'harmonisation de la filière
- ✓ Accélérer les initiatives en cours en apportant des données filières
- ✓ Encourager la mutualisation des initiatives spécifiques par marché
- ✓ Encourager la coopération des parties prenantes

PROJET CSF : FAIRE EMERGER DES PROJETS FILIERE STRUCTURANTS



Un projet alimenté par les ressources issues de la littérature et de travaux

IPC : GREC, ICV composites, cartographie déchets, etc

- + Plateforme AFNOR

« Nouveaux projets à lancer » : Lien avec le PEPR Recycomp ?

AFNOR - Atelier « Recyclage des composites »

Webinaire avec plus de 60 participants en mars 2025 :

- Stabiliser les bonnes pratiques en faveur de la circularité des composites,
- Partager les solutions et innovations techniques dans le recyclage,
- Répondre aux exigences réglementaires nationales et européennes,
- Prendre ensemble un leadership fort sur ce sujet stratégique.



Réunion de lancement (identification des besoins en juin 2025) avec une vingtaine de participants.

Prochain rendez-vous :
30 septembre 2025

Terminologie, principes, cadre général	Conception produits, recyclabilité, ACV	Matériaux, caractéristiques
Mode de calcul de l'incorporation des matières recyclées Traçabilité et certification Communication sur l'utilisation de ces matières Aspects réglementaires (valoriser le recyclage) Définition du déchet en fonction du secteur Modèle économique Mapping entre procédés, performances et standards	Recyclabilité des matières par rapport aux process (ex. plastiques) Quid du mélange des matières, influence sur la qualité du produit derrière ? Ecoconception de produits Produits issus du recyclage Valorisation des produits dont ceux en fin de vie sur 20 ans Economie circulaire ACV (empreinte carbone, analyse cycle de coût)	Penser à tous les gisements, au-delà du carbone et des résines thermoplastiques Comment gère-t-on la performance d'entrée (en conception et en production) ? Définition de nouvelles matières premières
Méthodes d'essai, d'analyse, d'évaluation	Processus de recyclage	Cas d'usages, secteurs
Caractérisation des produits issus du recyclage Méthode d'analyse des matériaux après le recyclage Voir les substances réglementées (CEN/TC) Définition de la matière recyclée avec des critères européens	Question du volume (échelle EU?) Solutions émergentes Risque de contamination des matériaux avec d'autres éléments (traçabilité) Qu'est-ce que le recyclage des composites ? Normes sur le recyclage : ISO/TC 61/SC 13/WG 8 Transparence sur les déchets	Acceptation de ces matières par les secteurs/cas d'usage Usage par rapport au prix Santé et sécurité au travail, en particulier la découpe Chaîne logistique (efficacité)



#4 – Feuille de route IPC et exemples de projets réalisés / en cours

Feuille de route IPC

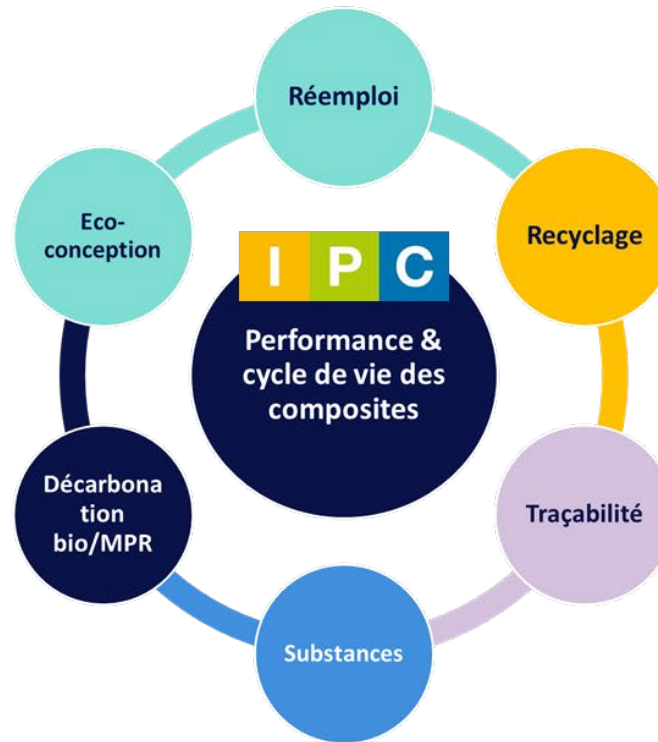
➡ Éléments relatifs à l'économie circulaire des composites



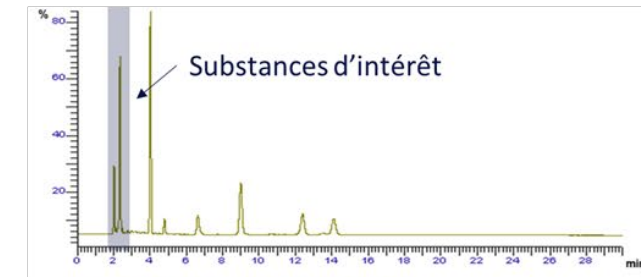
projet EU REWIND & ADEME
Ecoconception composites



Projet RECOMPOSE (FR 2030)
Incorporation fibres recyclées dans BMC/SMC



Tri et séparation : Qualité des gisements

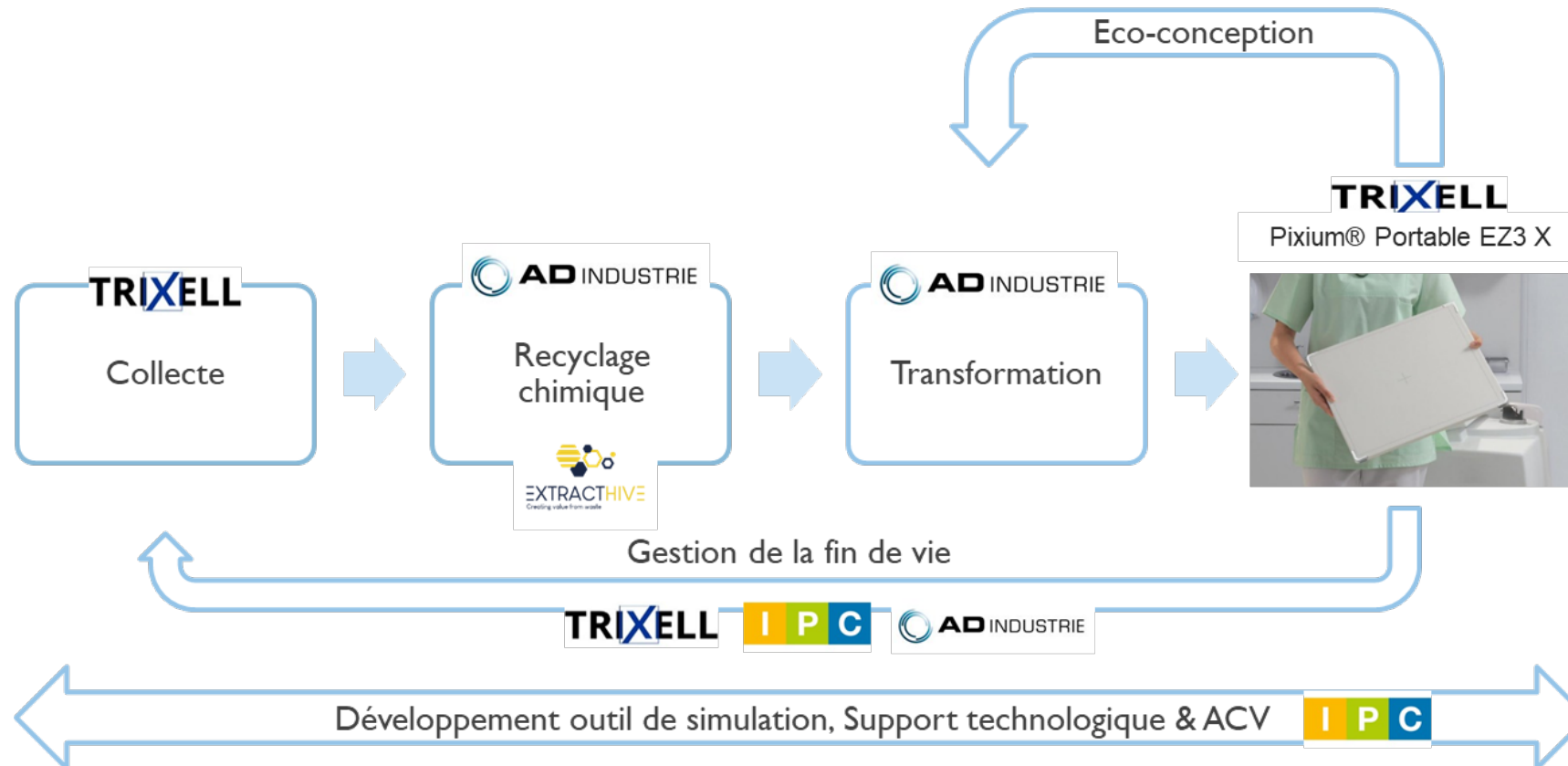


Projet PCSUR (FR2030)
Conformité réglementaires recyclage (REACH, etc.)

RECOMPOSE : Quelle performance technico-économique pour les composites avec fibres recyclées ?

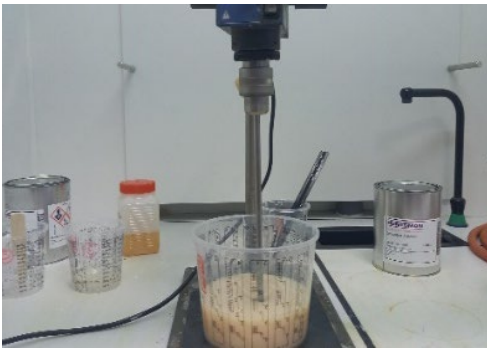
Objectif du projet :

- Economie circulaire adaptée aux détecteurs radiographique composites via le recyclage en boucle fermée de fibres de carbone, les procédés BMC (Bulk Molding Compound) ou SMC (Sheet Molding Compound) et une écoconception des nouvelles générations du produits



RECOMPOSE : Quelle performance technico-économique pour les composites avec fibres recyclées ?

Objectif : Recyclage en boucle fermée des boîtiers Trixell (avec inserts polymère et métallique). 3 types de valorisation sont testés : réemploi (chutes de découpe), recyclage **thermique** (pyrolyse) et recyclage **chimique** (solvolyse)

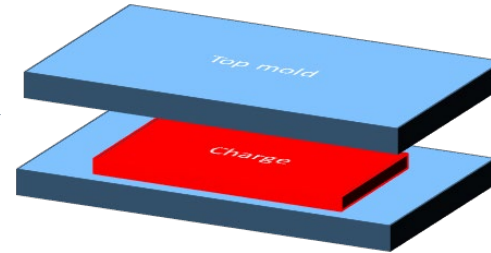


Préparation de la résine (résine, charge, durcisseur)

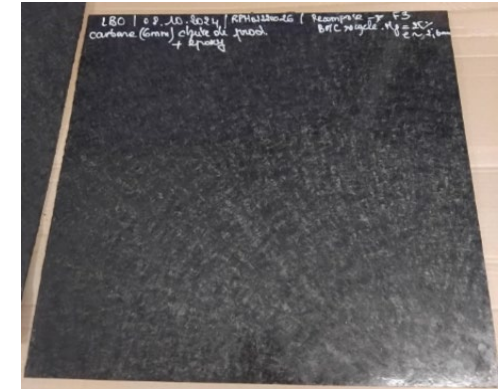


Préparation de BMC avec fibres de carbone recyclées:

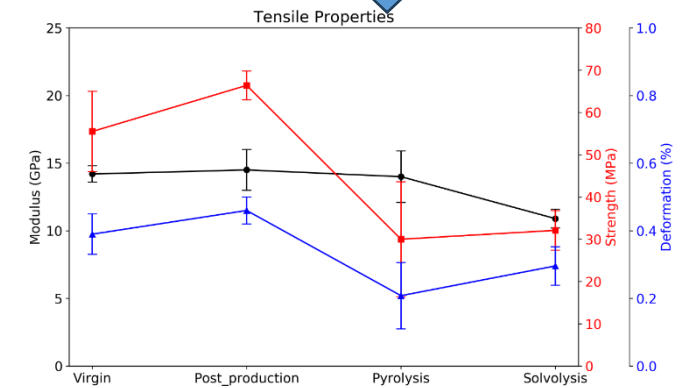
- Pyrolyse et
- Solvolyse



Thermocompression de BMC avec fibres recyclées : outillage (bleu) et charge (rouge)



Fabrication de plaques (500 x 500 mm²)



L. Bouzidi, A. Pisupati, R. Agogué, Influence of Carbon Fiber Recycling Routes on the Structural Integrity and Cost-Efficiency of Bulk Molding Compound Composites, submitted September 2025

Exemple de projet: Chaire Cyclades:

reCYclage Composites et poLYmères : procédés Avancés, DurabilitÉ et Simulation numérique/intelligence artificielle



- Chaire Académique et Industrielle : CEMEF Mines Paris & IPC
- Démarrage octobre 2025, avec 2 thèses

Thèse 1 : Composites Fibres de carbone recyclées - Application Aéronautique

+ Thèse 2 : Compoundage polyoléfines recyclées
- Application Automobile

Sélection des matériaux :
Fibres de carbone recyclées /
Matrice thermoplastique (PPS)

Procédé :
Thermocompression

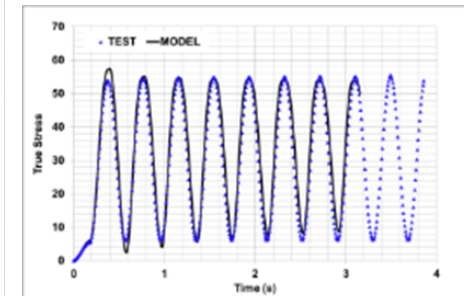
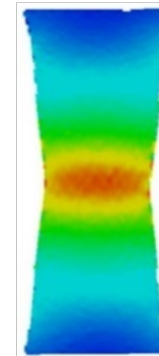
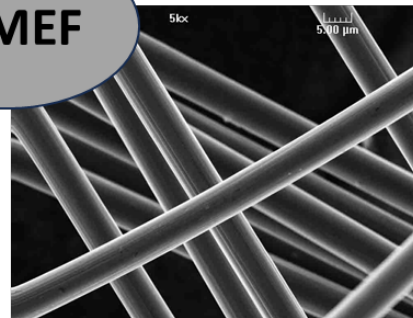
Microstructure induite

Propriétés mécaniques :
- Fluage/relaxation
- Fatigue



IPC

CEMEF



NB : Chaire ouverte si industriels sont intéressés

Exemple de projet : Tri des composites - pouvons-nous améliorer la qualité des gisements ?

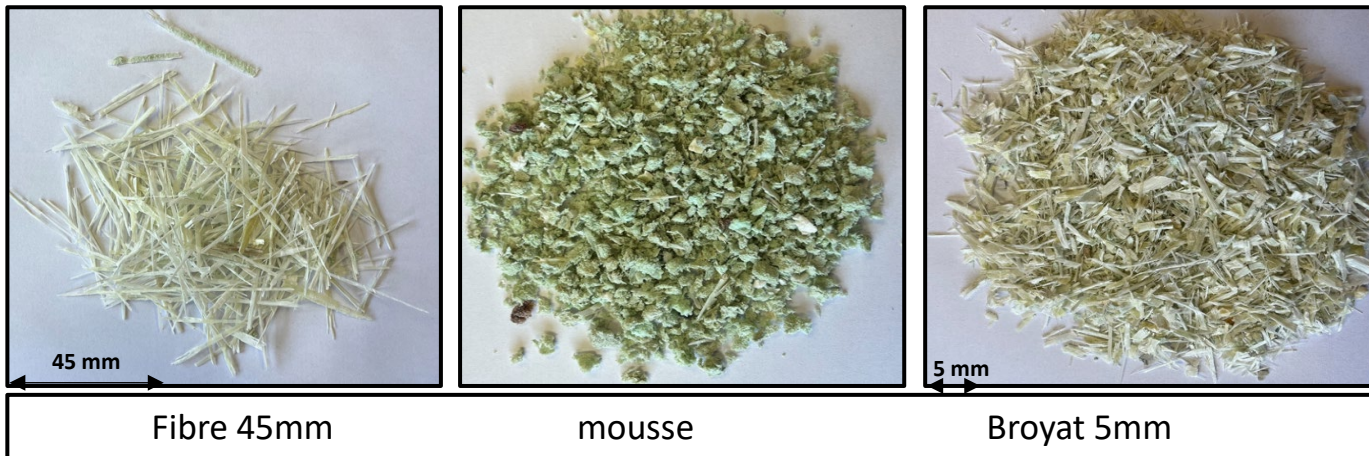
Enjeux : Améliorer la qualité des gisements de matières composites

Après dépoussiérage

- 77% : fibres faisant **environ 45 mm** de long, contenant parfois de la mousse collée
- 22% : broyat contenant du composite, des fibres de 5mm environ, de la mousse

Après flottaison

- 88% : composite verre-époxy / 7% : fraction flottante



Conclusions :

- dépoussiérage après l'étape de broyage a permis de retirer les fines
- Obtention fractions composée de fibres faisant environ 45 mm et de 5 mm
- Flottaison adaptée pour la séparation composite/mousse



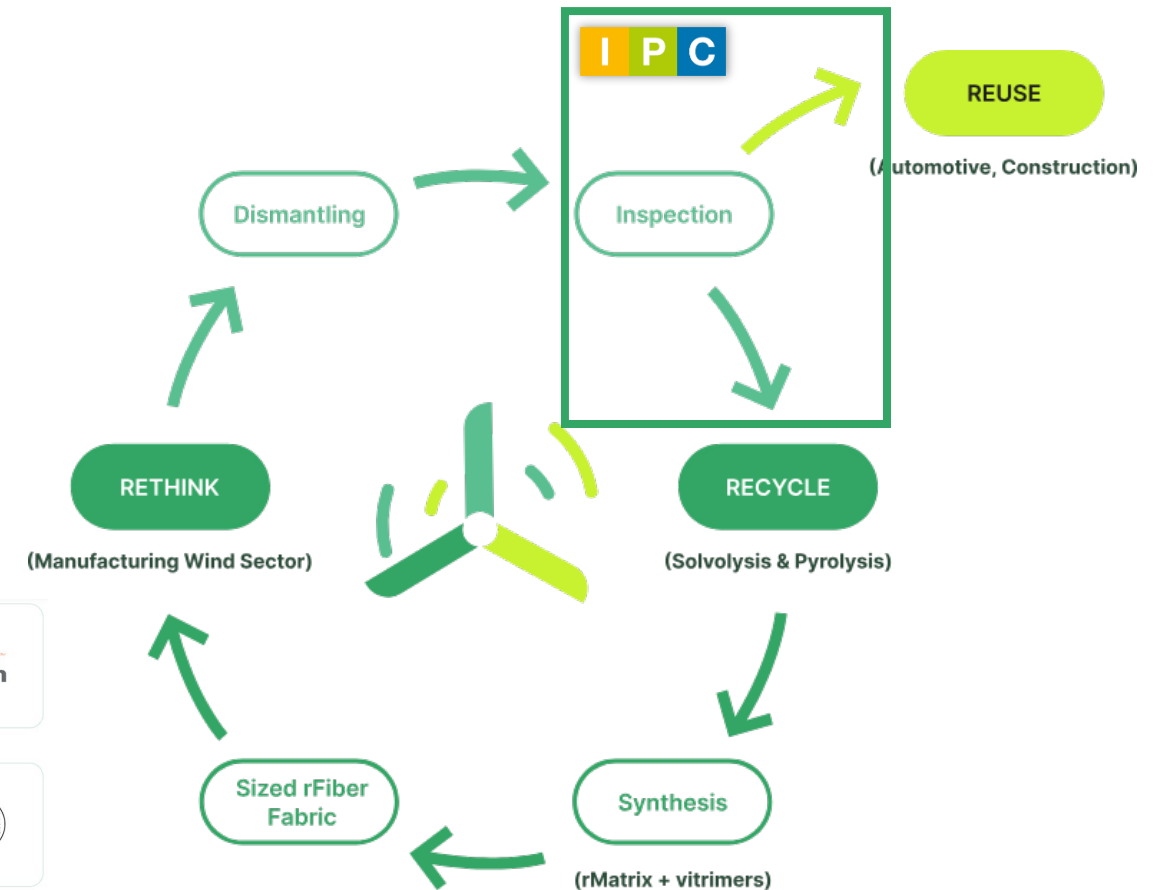
P. Steiner, R. Agogué, B. Aydogan, S. Yildiz, J. Woidasky, C. Lang-Koetz, J. Woidasky, End of life Wind turbine blade waste quantification for Europe 2025-2040, submitted Sept. 2025

REWIND : Qualification des composite en fin vie - Réemploi ou recyclage : comment choisir le meilleur exutoire ?

Objectifs

- Développer des méthodes de démantèlement adaptées pour les matériaux composites en fin de vie (EoL)
- Inspection et caractérisation de la qualité des déchets composites pour évaluer leur valeur résiduelle
- **Décider du sort des pièces composites :**
→ Réutilisation / Recyclage

Consortium



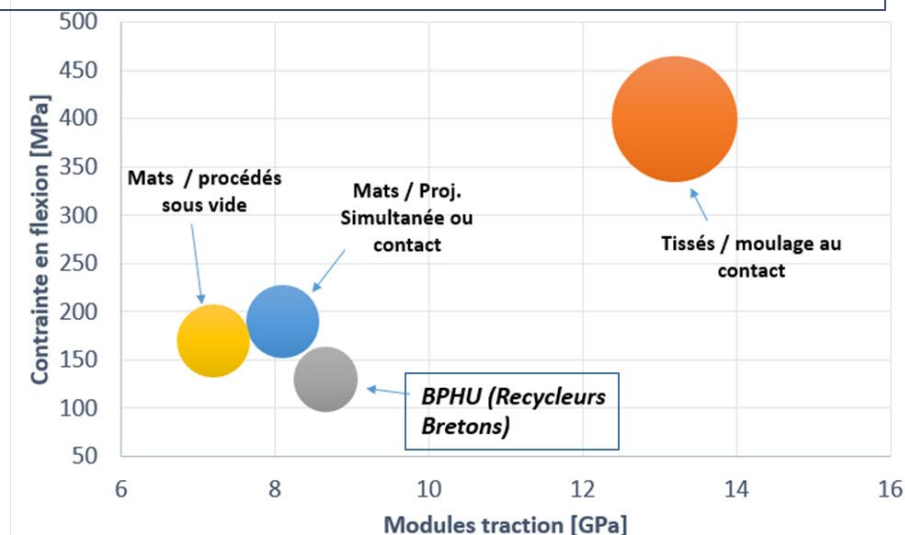
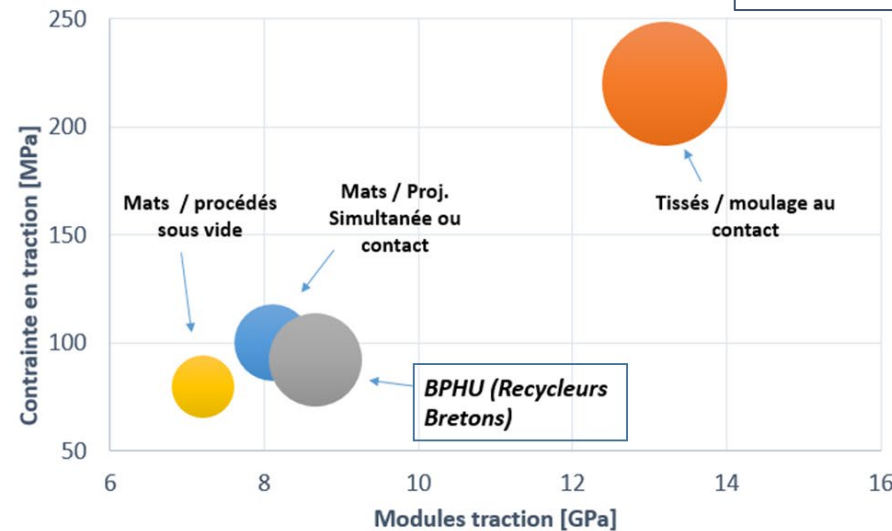
Le réemploi des composites : conserver les performances résiduelles de la matière pour sa 2nd vie (projet BPHU)

Objectifs :

- Evaluation des performances résiduelles des composites issus de bateaux de plaisance en fin de vie
- Tendrer vers le développement d'une méthodologie pour le réemploi des composites

Démarche

1. Sélection d'un marché d'intérêt : le nautisme
2. Analyse des structures et des sollicitations pour chaque zone identifiée
3. Collecte des échantillons
4. **Caractérisations matériaux** →
5. Analyse des résultats obtenus



Collecte des échantillons

Bateaux déconstruits entre décembre 2021 et janvier 2022

Prélèvements d'échantillons sur 8 bateaux hors d'usage

Age moyen 44 ans

Approvisionnement dans le réseau APER

Immatriculation	BATEAU	Marque	Modèle	Type	Année de construction
Lo 29 24 39	MARIE	Johnson	Inconnu	Bateau à moteur rigide monocoque	1975
NC	Br breizhig	Artaban	580	NC	1981
VA 610998	DALIG	BENETEAU	FIRST 32	Voilier monocoque	1983
Br 49 42 17	Le Carol-Ann	inconnue	Eider14	Bateau à moteur rigide monocoque	1980
AY 554738	LA BALEINE	INCONNU	GOBBI	Bateau à moteur rigide monocoque	1982
AY 451224	LA STERNE	KURUNIG	585	bateau à moteur monocoque	1978
LO 689238	LE CORBIC	INCONNU	FLETAN	Bateau à moteur rigide monocoque	1966
LO 357479	CHRISEMA	BIHORE	KURUNIG 610	Bateau à moteur rigide monocoque	1976



Bénétéau First 32



Kurunig 585



Artaban 580

#5 – Synthèse & conclusions

Conclusions et perspectives

➤ Conclusions

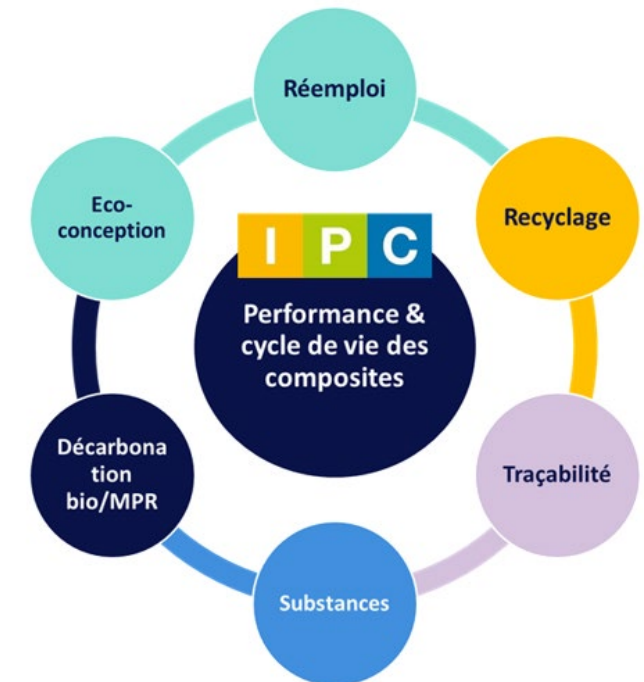
- Recyclage : Ecosystème CFRP / GRFP à dissocier
- Intérêt fort pour le réemploi des composites
- Nécessité de travailler sur les gisements (qualité, traçabilité)
- Nécessité de connaître l'historique de la pièce à réemployer
- Economie circulaire : nécessité de travailler sur des chaînes de la valeurs



Fonctions intégrées; composite Lin/PLA

➤ Quelques perspectives pour IPC

- Qualification des gisements composites (qualité, composition, etc)
- Ecoconception des composites
- Maintenance optimisée (SHM, réparation, etc.) + gestion de la fin de vie
- Vers un réemploi des composites ?
- Résilience de chaînes de la valeur GFRP / CFRP ?



LE CENTRE DE LA TECHNIQUE INDUSTRIELLE ET DES COMPOSITES PLASTURGIE

NOUS CONTACTER

IPC OYONNAX

2 rue Pierre & Marie Curie
01100 BELLIGNAT

IPC ALENCON

Pôle universitaire de Montfoulon
61250 DAMIGNY

IPC LAVAL

Parc universitaire et technologique
Rue Léonard de Vinci
53810 CHANGÉ

IPC CLERMONT

Biopôle Clermont-Limagne
3 Rue Emile Duclaux
63360 SAINT-BEAUZIRE



ct-ipc.com



Gulfstream



Vous pouvez bénéficier d'un bonus Crédit Impôt Recherche pour votre étude d'innovation grâce à notre statut de CTI.

