



PEP

CENTRE TECHNIQUE
DE LA PLASTURGIE
ET DES COMPOSITES

Solutions pour le recyclage des composites, verrous et opportunités

Mathieu SCHWANDER, Skander
MANI – PEP

*Colloque Mecamat
24 janvier 2014 - Aussois*



PEP

CENTRE TECHNIQUE
DE LA PLASTURGIE
ET DES COMPOSITES

Pourquoi recycler ?
Quoi recycler ?

➔ Directives générales

- Sur les déchets et leur gestion
1999/31/CE & 2006/12/CE
- Relative à l'incinération 2000/76/CE
- « Waste Framework Directive » 2008/98/EC

➔ Directives sectorielles

- 2000/53/CE : Véhicules hors d'usage
- 2002/96/CE : DEEE

- 
- Principe « Pollueur = Payeur »
 - Restrictions à l'enfouissement et à l'incinération
 - Favorisation de la réutilisation (valorisation matière)
 - Objectifs chiffrés de revalorisation



➔ La directive sur les VHU fixe des objectifs précis de valorisation

➔ Données 2008 :

- * 1 110 000 véhicules traités
- * Réutilisation & recyclage : 79,6% (Objectif 2010 : 80%)
- * Valorisation : 80,7% (Objectif 2010 : 85%)

➔ Les objectifs 2015 sont respectivement 85 et 95%.

Intérêt

- Volumes importants disponibles (10-16 kt production + VHU)
- Filière de déconstruction opérationnelle.
- Diminution des séries et allègement.
➔ Progression de l'emploi des composites.

Difficultés

- Part des composites relativement faible
- Solutions de recyclage méconnues composites ➔ Pas d'intérêt pour leur démontage

⌚ Principales applications employant des thermodurcissables :

- Equipement électrique & électronique professionnel (disjoncteurs, coffrets ...)
- Petit électroménager (machines à café, grilles-pain ...)

⌚ Les objectifs réglementaires sont atteints mais les seuils pourraient être relevés.

⌚ La part des TD est faible (< 1%) mais représente un volume important (3 kt).

⌚ Les pièces concernées contiennent aussi métaux précieux.

➔ Déchets de production

- Production française $\approx$ 300 kt (87 % GFRP)
- Types de déchets : chutes (5 à 30% selon les procédés, rebuts, matériaux périmés ...)
- Résine polymérisé ou non, présence de peinture, de films, d'inserts ...



➔ Déchets en fin de vie

- Déchets complexes (multi-composition), faibles volumes vs plastiques
- Chiffres-clés
 - Automobile : 1,8m VHU / an
 - BPHU : multiplication par 4 d'ici 2025
 - Aéronautique : 7200 aéronefs / 20 ans
 - Eolien : marché en forte croissance (x 7-8 en 2020)

ESTIMATION DU GISEMENT FRANCAIS
10 – 22 kt / an

➔ Une forte progression de l'emploi des composites

- dans de nombreux secteurs : automobile, aéronautique, éolien ... **mais freinée par une image de matériaux non recyclables**

➔ Des problématiques techniques

- Un matériau composite comprend par définition de multiples composants (Résine, fibres, charges) ➔ **Multi-matériau**
- **Les solutions de recyclage sont méconnues.**

➔ Une problématique économique

- Part des composites relativement faible (vs plastiques, aciers)
 - ➔ Pas d'intérêt pour leur récupération en fin de vie
- Mais des atouts
 - ➔ Potentiel de haute valeur ajoutée

Technologies de recyclage pour les composites « classiques »



COMPOSITEC
INNOVATION

Classement des modes de traitement

- Valorisation : toute opération dont le résultat principal est que des déchets servent à des fins utiles.
- Recyclage : toute opération de valorisation par laquelle les déchets sont retraités en produits, matières ou substances aux fins de leur fonction finale ou à d'autres fins.

Elimination - Enfouissement

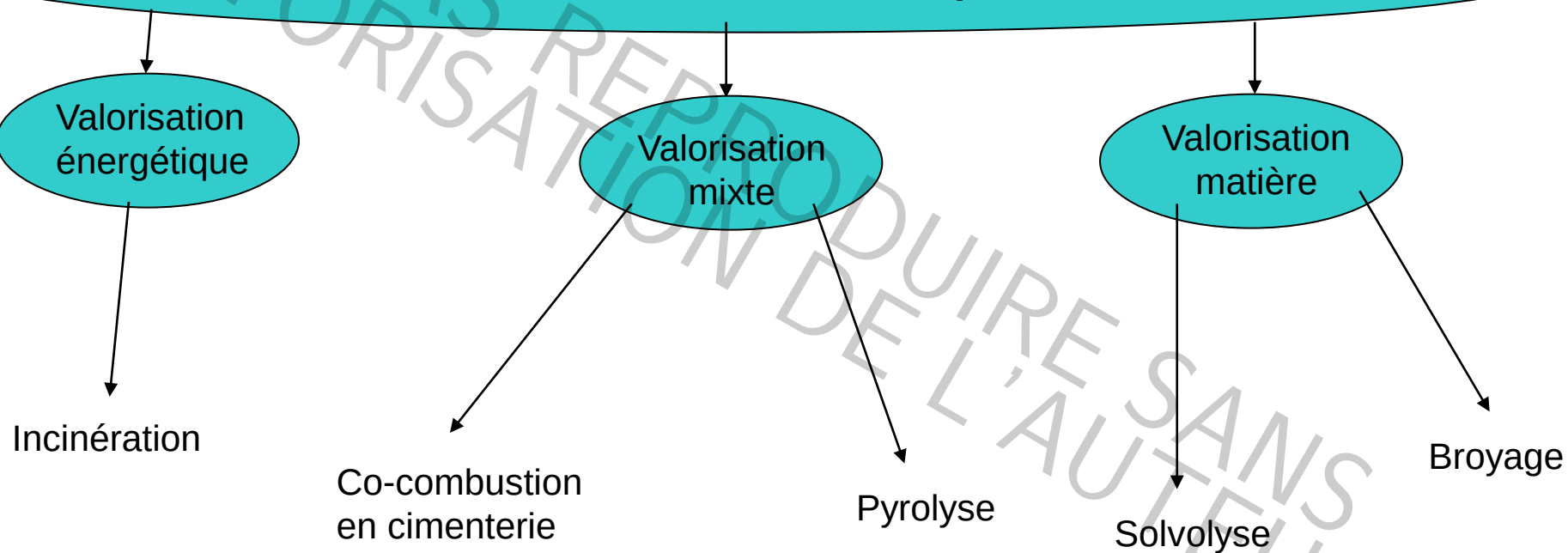
Valorisation énergétique

Valorisation mixte énergie matière

Valorisation matière
(propriétés inférieures)

Valorisation matière (iso-propriétés)

Les voies de valorisation des déchets en composites thermodurcissables



➔ Exemple : MCR (Tournon sur Rhône, 07)



Fibres (<20 mm)
→ **béton**



Poudre (0-300 μ)
→ compounds

➔ Avantages

- Economie de matières premières
- Réintroduction partielle dans filière initiale

➔ Limites

- Dispersion granulométrie / longueurs
- Mauvaise séparation des composants
- Propriétés < matière vierge



Valorisation énergétique
Combustion de la partie
organique (résine)

Valorisation matière
Partie minérale récupérée
dans le clinker puis ciment

➔ Valorisation mixte

➔ Limitations sur composition des produits en entrée

- pas de plastiques chlorés, pas de métaux, mais GFRP acceptés

➔ Démarrage en France

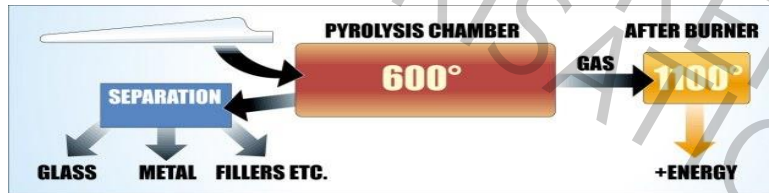
- Faisabilité : Projet Recycomp 2004, Campagne GPIC 2010
- Premiers partenariats en 2012

➔ Système fonctionnel en Allemagne

- CompoCycle – Zajons / Holcim (2010)

➔ Exemple GFRP : ReFiber Aps (DK)

➔ Schéma de principe



➔ Réutilisation : produit d'isolation

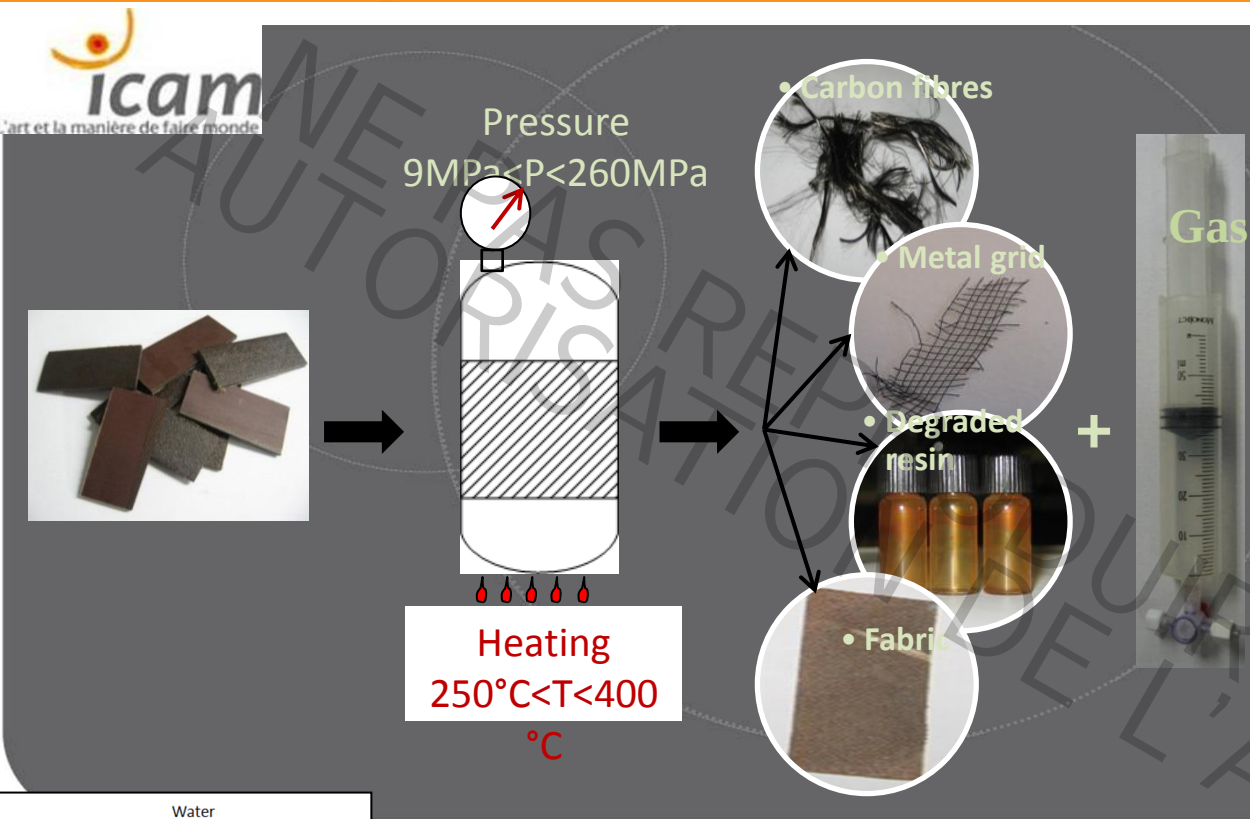


➔ Valorisation mixte

- ➔ Récupération des fibres avec perte de propriétés mécaniques (- 5% à - 50% selon nature)
- ➔ Energie utilisée pour chauffer l'installation

➔ Deux unités opérationnelles européennes dédiées aux CFRP :

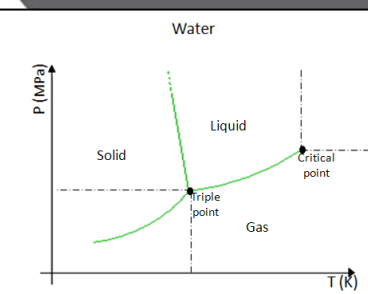
- ➔ ELG Carbon Fibre Ltd (UK)
- ➔ CFK Valley Stade Recycling GmbH & Co. KG (D)



⊕ Valorisation matière

- Récupération des fibres
- Fraction liquide issue de la dépolymérisation de la matrice

⊕ Procédé existant à l'échelle pilote



➔ **Caractéristiques matériaux bio-sourcés**

- Faible tenue relative en température des fibres naturelles = pas de valorisation matière possible avec des températures de traitement élevées
- Composition 100% organique si matrice et fibres bio-sourcées

➔ **Broyage**

- Procédé adapté, y compris pour renforts secs (chute de découpe de renforts 2D) qui peuvent être ré-employés sous formes de fibres courtes
- Points-clés : maîtrise des caractéristiques, de la séparation des composants et de la morphologie des produits issus du recyclage

➔ **Cimenterie, pyrolyse, solvolyse**

- Possibilité d'obtenir une valorisation énergétique.
- Technologies à tester sur composites bio-sourcés

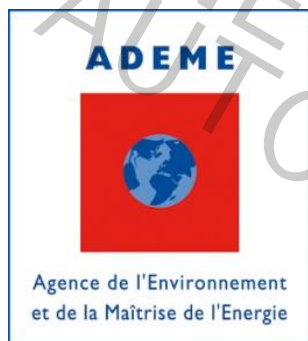


PEP

CENTRE TECHNIQUE
DE LA PLASTURGIE
ET DES COMPOSITES

Solutions propres aux biocomposites

Le projet ENOLIBIO



ENOLIBIO

End of Life of Biocomposites



- ➔ **ENOLIBIO est un projet collaboratif d'une durée de 3 ans (clôture en octobre 2014) financé par l'ADEME**
- ➔ **Le but du projet est d'étudier et comparer trois scénarii de fin de vie des biocomposites afin :**
 - d'apporter des recommandations aux producteurs actuels et à venir de biocomposites
 - d'intégrer la fin de vie optimale dès la conception des pièces et donc de réduire leurs impacts environnementaux
- ➔ **3 modes de valorisation étudiés**
 - Régénération.
 - Compostage.
 - Incinération.

➔ Représentatifs du marché actuel et à venir des biocomposites

Identification de 2 principaux marchés

Construction

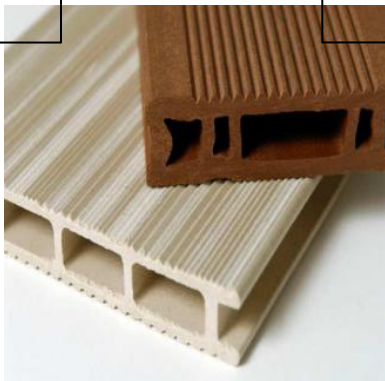
(75% de part de marché)

Matrices

PP
PE
PVC

Renforts

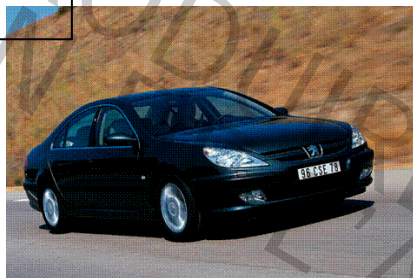
Fibres et
farines de
bois



Automobile

(20% de part de marché)

Matrice
PP



Renforts

Fibres de
bois, de
lin et de
chanvre



+ Biocomposites en devenir:
PLA et PA11 renforcé lin ou chanvre

➔ **Les biocomposites cibles ont été élaborées au PEP en utilisant :**

- une extrudeuse bi-vis corotative de Clextral (modèle EVOLUM HT 32 avec un L/D = 44 et un diamètre de vis de 32 mm)
- un profil de vis optimisé pour assurer la dispersion des renforts dans les matrices polymères et garantir de bonnes performances mécaniques des biocomposites
- un doseur bivi volumétrique de type Coperion K-Tron K-MV-KT20 dédié aux fibres naturelles.



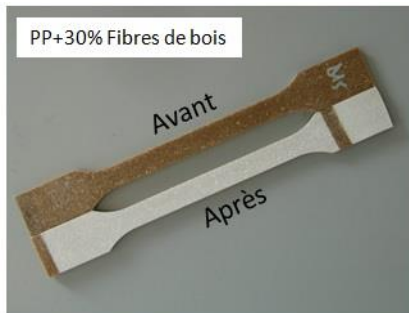
➡ Effet du vieillissement artificiel sous UV relatif au marché de la construction (pour les biocomposites à matrice PP, PE et PVC)

- Réalisé au PEP à l'aide d'un Weather-Ometer® à arc Xénon modèle Ci 35A
- Répétition d'un cycle d'exposition UV avec vaporisation d'eau périodique pendant 14 jours.

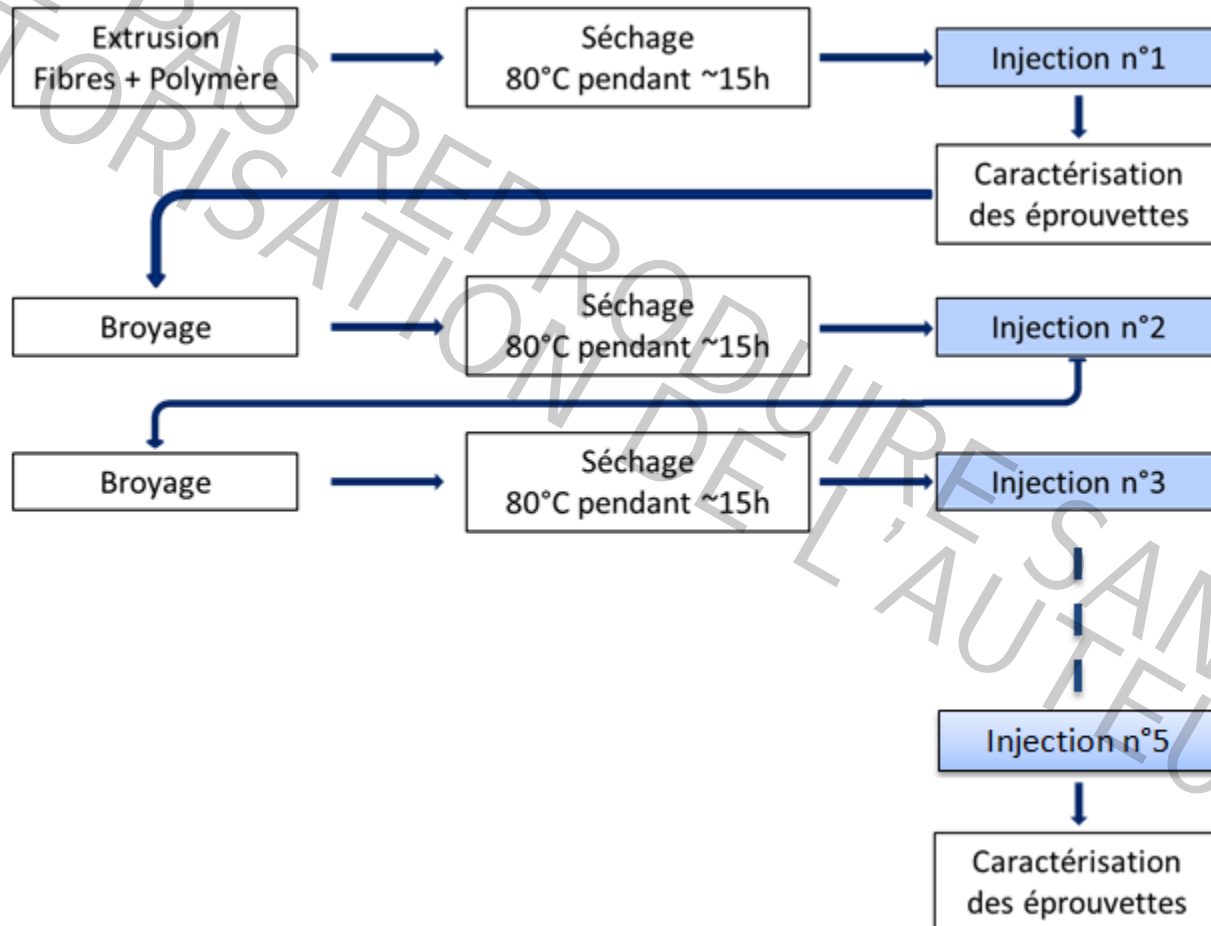


➡ Effets du vieillissement

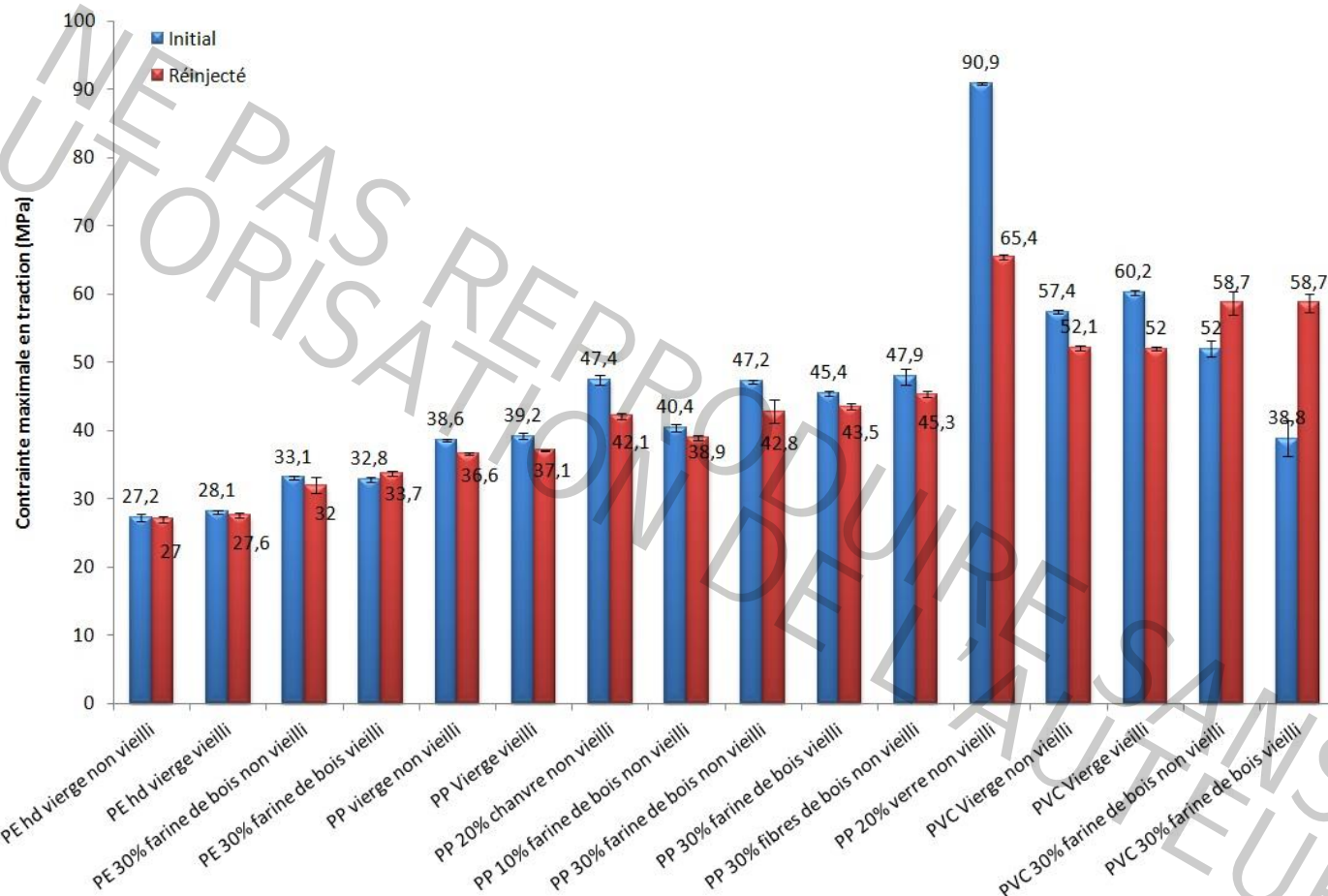
- Décoloration de la surface exposée aux UV (dégradation des charges naturelles à la surface exposées, photodégradation de la lignine qui génère des quinones chromophores).
- Gauchissement dans le cas du PVC limité par l'ajout de la farine de bois; conséquence soit d'une extraction de plastifiants du matériau, soit de réactions chimiques (formation de polyènes + réticulation).



➔ Plusieurs cycles d'injection/broyage successifs des biocomposites vieillis et non vieillis



Régénération des biocomposites non vieillis et vieillis artificiellement au WOM



➔ Les contraintes maximales en traction diminuent légèrement après régénération, exception faite pour le PVC 30% farine de bois (vieilli et non vieilli)

- ⌚ Il est attendu que ce projet, grâce à l'évaluation de trois scénarii majeurs de valorisation des biocomposites en fin de vie, contribue à la mise en place d'une nouvelle filière française du biocomposite organisée et structurée.



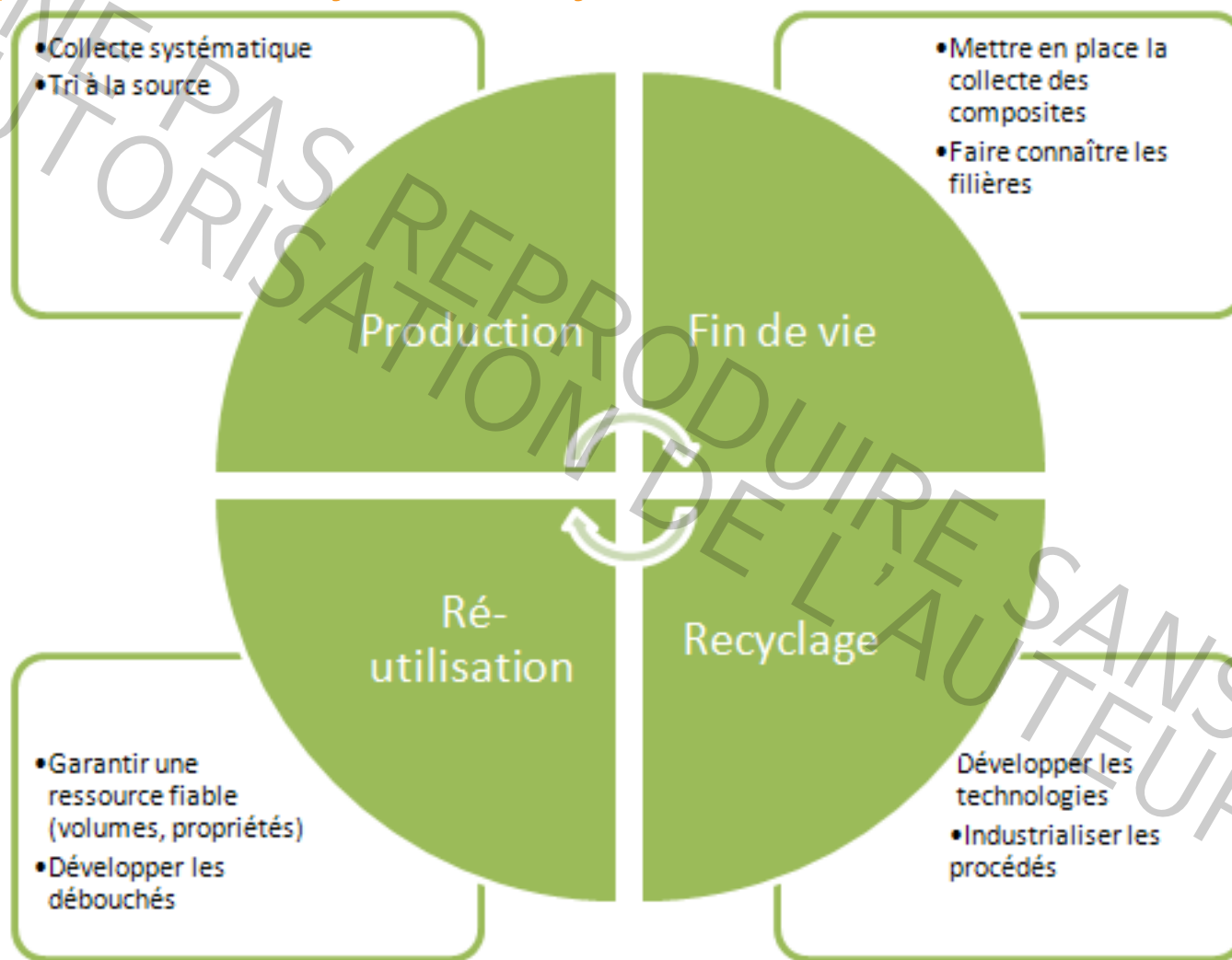
PEP

CENTRE TECHNIQUE
DE LA PLASTURGIE
ET DES COMPOSITES

Vers l'émergence des filières

NE PAS REPRODUIRE SANS
AUTORISATION DE L'AUTEUR

➔ Pour pouvoir dire « recyclable = recyclé »



- Afin d'accélérer le développement des filières, 11 pôles de compétitivité et 3 organismes ont créé à l'occasion du salon JEC 2011



- ⌚ **Mettre en place de manière effective une/des filière/s de recyclage des composites.**
- ⌚ **Mutualiser les efforts et investissements de R&D pour:**
- Eviter les doublons
 - Concentrer les efforts sur les « points durs »
 - Mener une démarche réellement commune à l'échelle nationale