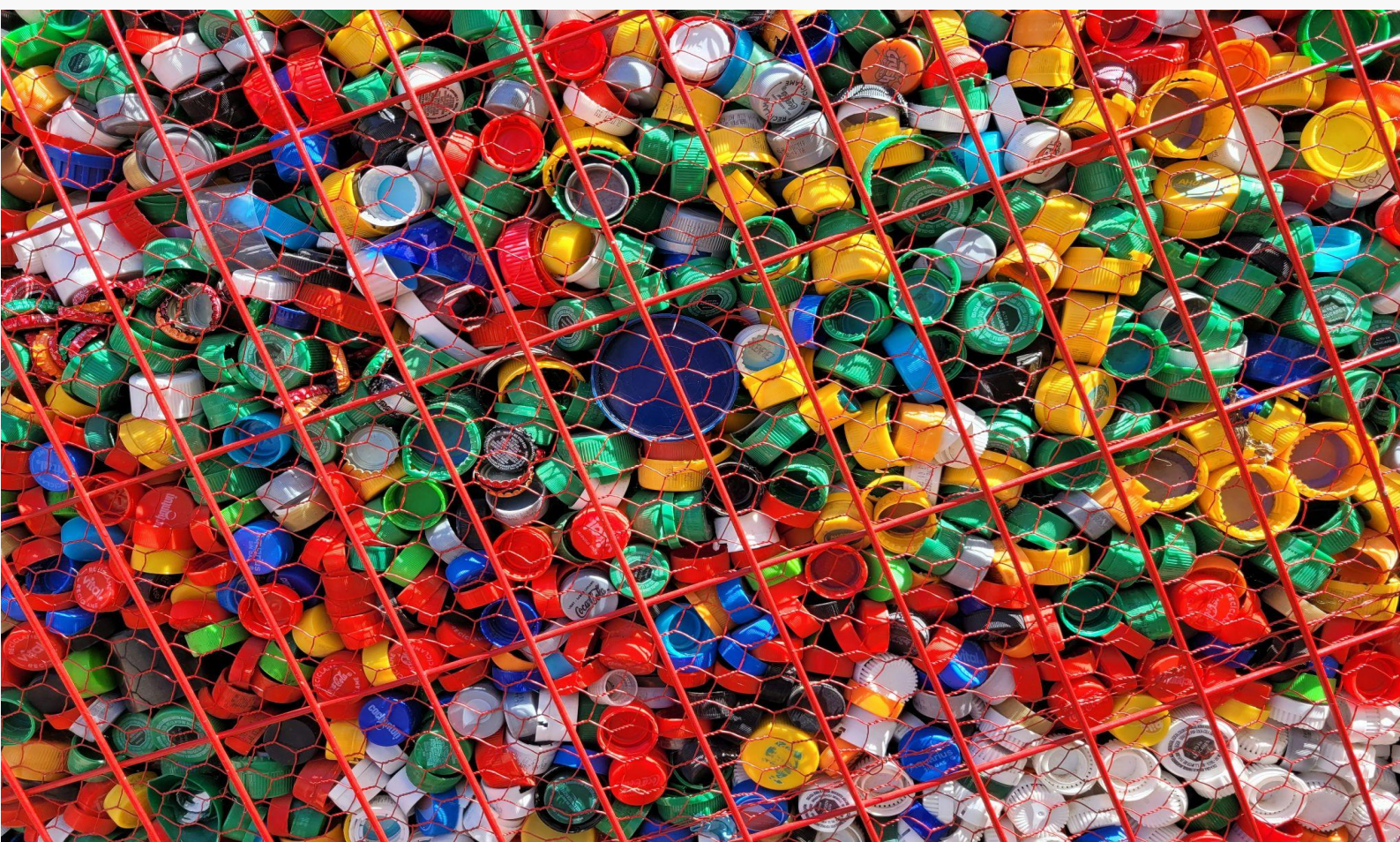


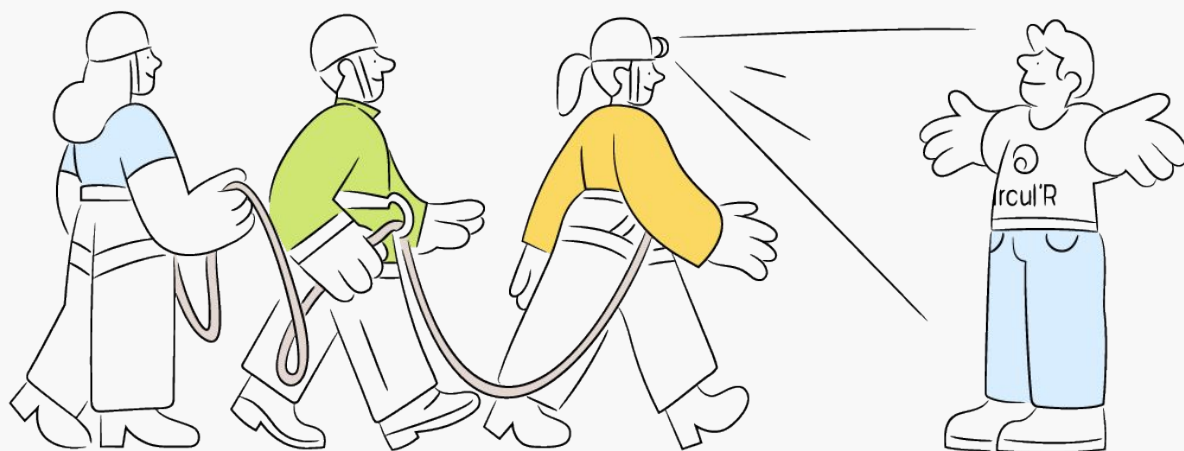
Filière « plastique et composites » en région Hauts-de-France

Synthèse bibliographique



Mise à jour en mai 2025

Chez Circul'R, nous croyons à l'émergence d'un modèle fondé sur l'équilibre entre enjeux économiques et respect des limites planétaires.



Pour créer les conditions de ce futur souhaitable, nous plaçons notre expertise et celle de notre écosystème au service de la transition des entreprises et des territoires vers une économie circulaire.

Table des matières

I Introduction

II La filière « plastique et composites » en Europe et en France

- Rappel sur le plastique
- Veille réglementaire
- Les acteurs impliqués et les chiffres clés
- La collecte et le recyclage
- Focus sur trois industries
 - Emballages
 - BTP
 - Automobile

III La filière « plastique et composites » en Hauts-de-France

- 1 Chiffres clés de la filière
- 2 Les grands enjeux de la filière

IV Annexes

La mise à jour en mai 2025 a permis d'actualiser les chiffres présents dans la première version de la synthèse bibliographique, diffusée en octobre 2024.





#1

Introduction

INTRODUCTION

Contexte de l'étude



Qui est l'Odema ?

Les enjeux liés à la production de déchets sont devenus cruciaux au fil des décennies qui ont vu s'installer un modèle de développement basé sur une économie linéaire et destructrice pour les milieux. Afin de prendre en compte les limites planétaires et les externalités négatives des activités de production, de nouveaux marqueurs des transitions sont apparus : sobriété, économie circulaire, analyse de cycle de vie, éco-conception, nouveaux modes de consommation, etc.

Afin de soutenir cette dynamique de transition générale, la connaissance et l'observation sont nécessaires pour objectiver les réalités régionales et outiller les décideurs publics et privés. **C'est dans ce cadre que l'Observatoire déchets-matières (Odema) des Hauts-de-France a été créé en 2022 par l'État, la Région et l'ADEME. Le portage est assuré par le Cerdd.** Il a pour ambition d'avoir une vision élargie à la fonction « matière » issue des déchets et des flux matières.

La filière plasturgie et composites des Hauts-de-France occupe la 2^{ème} place au niveau national en termes d'effectifs et de volumes produits en 2019. Depuis de nombreuses années, des études ont été menées par différents acteurs régionaux de la filière. Pour autant, les données sur l'ensemble de la chaîne de valeur de la filière ne sont pas suffisantes aujourd'hui pour actionner les différents piliers de l'économie circulaire.

C'est dans ce contexte que l'Observatoire déchets-matière régional réalise une étude d'une durée d'un an sur la filière plastique et composites en Hauts-de-France.

Méthodologie de l'étude

Le périmètre de l'étude s'étend du besoin en matière première vierge, à la matière recyclée en passant par les phases de transformation, de stockage des déchets, de recyclage, etc. Trois sous-filières ont été choisies pour être détaillées plus spécifiquement dans ces travaux : **l'automobile, le BTP et les emballages.**

L'Odema a missionné le cabinet d'expertise Circul'R et le pôle d'excellence Plastium pour la réalisation de cette étude qui se déroule en deux grandes phases. La première consiste en la réalisation d'une synthèse bibliographique permettant **d'établir un état des lieux de la filière**, de positionner la région des Hauts-de-France au regard des dynamiques nationales et européennes et de mettre en visibilité les défis à relever sur le territoire. **La seconde phase quant à elle, a vocation de mettre en perspective l'offre régionale en économie circulaire.** Cela inclut d'une part la mise en visibilité des compétences, connaissances et accompagnements des acteurs présents sur notre territoire, au travers d'un annuaire d'acteurs, et d'autre part la réalisation d'une enquête pour quantifier et caractériser les gisements régionaux suivants : **la fabrication de matières vierges, le gisement déchets et le gisement de résines recyclées.**

La présente synthèse bibliographique constitue le livrable de la première phase de l'étude sur la filière « plastique et composites » en région Hauts-de-France. Elle s'appuie sur une vingtaine d'études sélectionnées (voir la liste en annexe) conjointement avec l'Odema, Plastium et Circul'R. Ce premier travail permet de mettre en avant un certain nombre d'éléments structurants la filière : les enjeux, les réglementations, les différents types d'acteurs, mais aussi les chiffres clés tels que les gisements en matières et déchets, le chiffre d'affaire de la filière, le nombre d'employés ou encore le nombre d'entreprises au cœur de celle-ci.

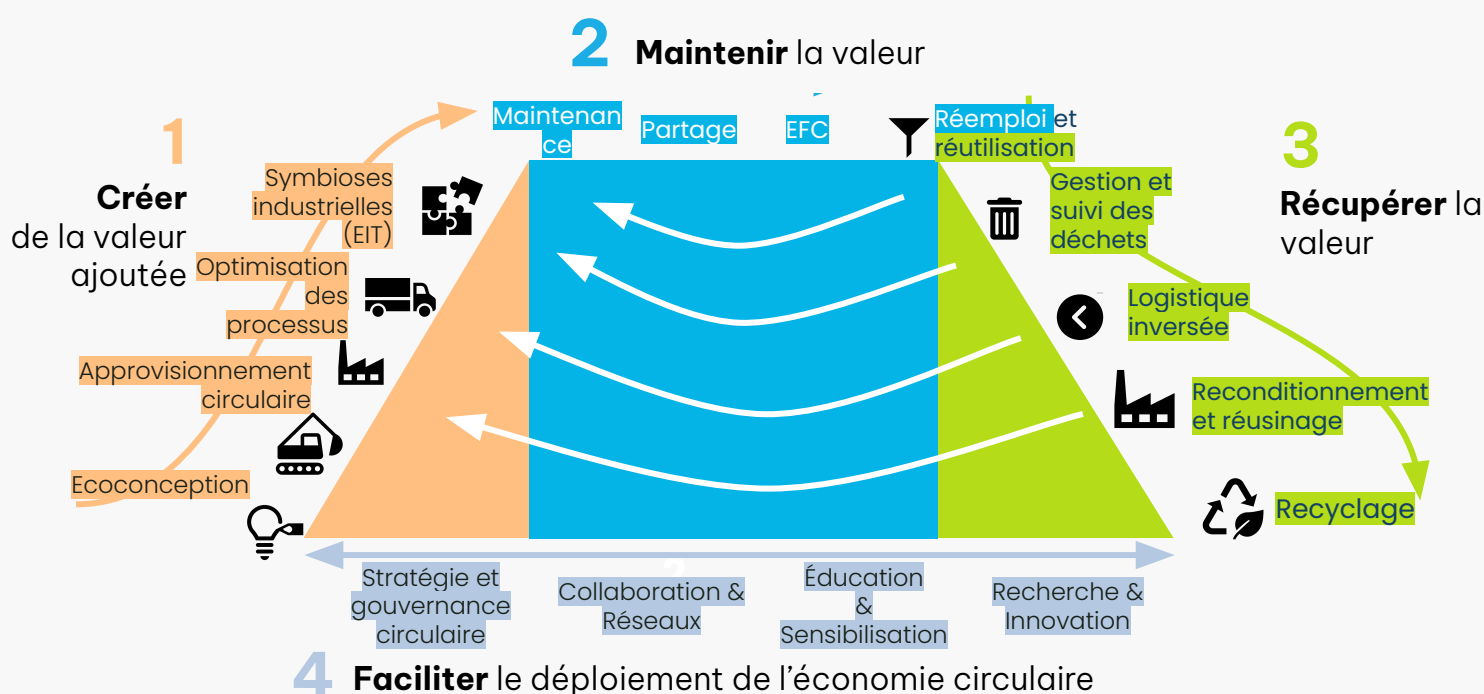
Afin de s'inscrire au plus proche des réalités de terrain, **ce document a été réalisé avec l'aide d'un groupe de travail rassemblant différents acteurs de la filière** : fédération transformateur (fabricant de produits finis), régénérateur (recycleur), institut de recherches, pôle d'excellence et de compétitivité, collectivité, éco-organisme, etc. **Ces derniers se sont réunis à plusieurs reprises afin d'apporter leurs expertises et leurs points de vue. Cette synthèse bibliographique est le fruit de cette coopération.**

L'économie circulaire pour répondre aux enjeux de la filière

L'économie circulaire représente aujourd'hui un modèle incontournable pour répondre aux enjeux environnementaux et économiques de notre époque. En opposition à l'économie linéaire, où les produits sont fabriqués, consommés, puis jetés, l'économie circulaire vise à repenser les modes de production et de consommation pour prolonger la durée de vie des produits, réduire les déchets, et réutiliser les ressources de manière optimale. L'économie circulaire vise plusieurs objectifs :

- Favoriser la sobriété, en modifiant les modèles de consommation sur le long terme, en faisant évoluer les modes de vie ainsi que les codes sociaux de la consommation (consommer moins ou moins souvent).
- Transformer le modèle économique en impliquant tous les acteurs : entreprises, collectivités et particuliers.
- Encourager les dynamiques collectives car la coopération est une clé du succès du déploiement de l'économie circulaire.

Ce modèle repose sur quatre grands piliers représentés au sein de cette “value hill” : la création de valeur de façon plus durable (moins de besoin d'extraction, approvisionnement plus durable), le maintien de cette valeur dans le temps, la rétention des ressources et enfin, la facilitation de la transition vers des pratiques plus circulaires.



La filière plasturgie et composites est à l'heure actuelle principalement linéaire, avec des impacts environnementaux majeurs à chaque étape de la chaîne de valeur. Les activités telles que l'extraction de ressources, la transformation et l'élimination des déchets ont en effet un impact important sur pollution des sols, la qualité de l'eau, et l'émission de gaz à effet de serre.

Ces enjeux sont clairement identifiés par le Secrétariat Général à la Planification Écologique dans ses travaux sur la planification écologique pour l'économie circulaire¹ qui préconise de réduire le gisement de plastiques – via notamment l'éco-conception, la sobriété et le réemploi – et optimiser le traitement en fin de vie.



#2

La filière plastique et composites en Europe et en France



La filière plasturgie et composites

La filière plasturgie et composites est un ensemble d'activités industrielles et de services qui interviennent tout au long du cycle de vie des plastiques et matériaux composites, depuis l'extraction des matières premières jusqu'au recyclage en passant par la conception, la transformation, et l'usage final des produits. Elle inclut des technologies de fabrication avancées et des innovations dans le domaine des matériaux pour répondre à des besoins variés.

Le plastique est un matériau polymère, constitué de longues chaînes moléculaires, utilisé dans une large gamme d'applications industrielles et quotidiennes. Historiquement, il est apparu au début du XXe siècle, avec la découverte de la bakélite, le premier plastique synthétique et industriel. Mais l'utilisation des premiers polymères naturels, comme le latex ou l'albumine, remontent à plusieurs millénaires. De nos jours, la **production mondiale de plastique est d'environ 390 millions de tonnes**. La plasturgie a connu cette évolution fulgurante grâce à la variété des propriétés physiques et chimiques que les polymères permettent d'obtenir. Leur malléabilité en fait des matériaux de choix dans des secteurs variés, allant de l'emballage alimentaire à l'industrie automobile en passant par l'électronique. **Le plastique est désormais omniprésent dans nos vies** pour sa capacité à répondre à une diversité de nos besoins, et ce, à moindres coûts économiques.

Les plastiques sont généralement classés en deux grandes catégories : les thermoplastiques et les thermodurcissables (voir annexe pour plus de contenu) :

- **Les thermoplastiques**, tels que le polyéthylène (PE), le polypropylène (PP), le PET, le PVC, le PEHD ou encore le PEBD par exemple, sont **recyclables**, car ils peuvent être fondus et reformés à plusieurs reprises. Ils sont largement utilisés dans l'emballage et les pièces industrielles grâce à leur souplesse et leur faible coût de transformation.
- **Les thermodurcissables**, comme la résine époxy, deviennent rigides après durcissement et ne peuvent pas être remodelés. Leur structure moléculaire réticulée, obtenue après polymérisation, les rend plus résistants à la chaleur et aux produits chimiques, mais non recyclables.

Les matériaux composites sont formés par l'association de deux ou plusieurs matériaux ayant des propriétés différentes. Ils incluent généralement une matrice (polymère, métal ou céramique) renforcée par des fibres (verre, carbone, etc.), offrant légèreté et robustesse. Les composites sont largement utilisés dans les secteurs exigeant des matériaux de haute performance.

Les plastiques biosourcés sont constitués de polymères d'origine totalement ou partiellement renouvelable. Selon les cas, la part de matière renouvelable dans un plastique biosourcé peut représenter une proportion très variable du matériau, aucun seuil minimum n'étant spécifié aujourd'hui pour l'utilisation des dénominations. Deux types de polymères biosourcés sont à distinguer : ceux possédant une structure identique à celle des polymères d'origine fossile (PE et PET issus de canne à sucre par exemple) et ceux ayant une structure innovante, c'est-à-dire différente de celles des polymères pétrochimiques existants (PLA issu d'amidon par exemple). **L'origine biosourcée ne signifie pas que le polymère est biodégradable.** Ainsi l'utilisation du terme « bioplastique » pour qualifier ces plastiques présente un risque de confusion entre l'origine et la fin de vie des plastiques composés de polymères biosourcés. Par conséquent, le terme « plastiques biosourcés » est à privilégier.¹

Malgré des avantages indéniables, les plastiques présentent des **inconconvénients tout aussi notables**. Leur production repose majoritairement sur les **énergies fossiles (pétrole)**, ce matériau a donc un **impact environnemental alarmant tant à l'étape de production qu'à l'étape de fin de vie**. Leur durabilité entraîne des problématiques liées à la gestion des déchets, les plastiques pouvant mettre des siècles à se décomposer dans l'environnement. Bien que certains types de plastiques soient recyclables, le taux de recyclage global des plastiques reste faible en raison de la complexité des processus de tri et de recyclage.

Ces différents matériaux composent la filière "plastique et composites" ce qui explique la technicité et la complexité de gestion. Chaque typologie de matériaux nécessite un traitement adéquat, que ce soit lors de sa production ou de sa fin de vie. Pour ce faire, cela implique un tri efficace afin de réutiliser au mieux la matière déjà créée et en circulation.

Plastique et composites

Quelles lois encadrent la filière ?

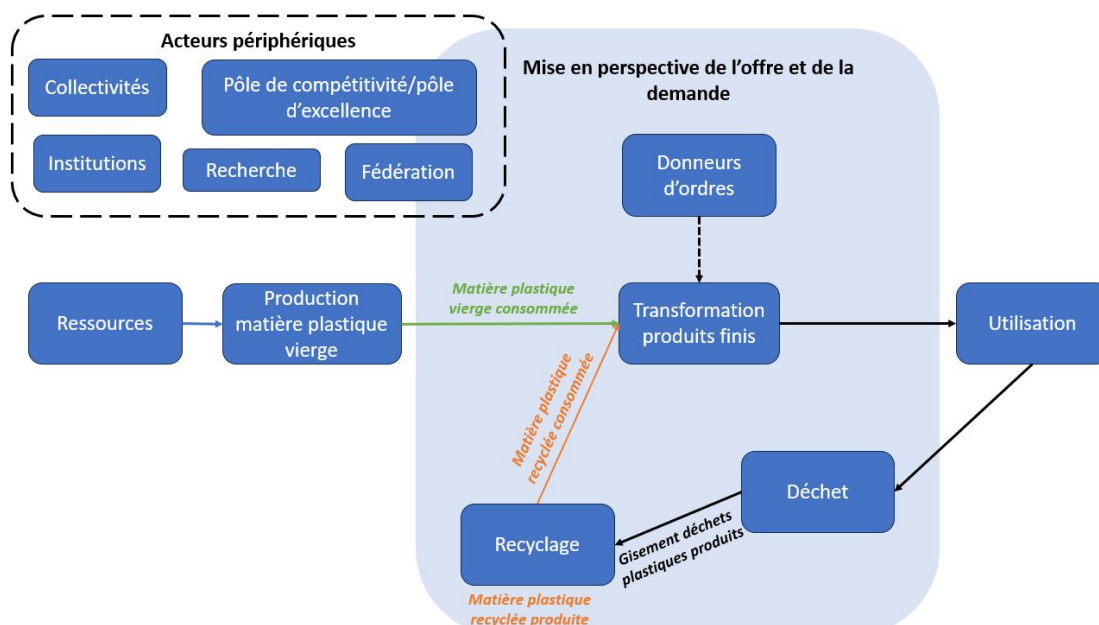


La filière plasturgie et composites

Types d'acteurs de la filière

- **Donneurs d'ordres** : ils sont à l'origine des commandes de produits à mettre en marché, et définissent les cahiers des charges techniques.
- **Producteurs de matières premières** : fabriquent les polymères ou les résines composites de base.
- **Transformateurs** : utilisent les matières premières pour fabriquer des produits finis ou semi-finis (par injection, extrusion, moulage, etc.).
- **Collecteurs** : acteurs privés ou public (EPCI) assurant la collecte des déchets, premier maillon pour le traitement des déchets (valorisation ou élimination).
- **Eco-organismes** : récoltent les éco-contributions auprès des producteurs. Ces éco-contributions permettent de financer l'ensemble des obligations des producteurs (prévention, réemploi, collecte, tri, recyclage des déchets, sensibilisation...). Si elles respectent certains critères environnementaux incitatifs, notamment liés à l'éco-conception des produits, les contributions peuvent être modulées.
- **Recycleurs** : sont en charge du recyclage des déchets collectés.
- **Bureaux d'études et de recherches** : travaillent sur l'innovation et l'éco-conception des produits pour répondre aux enjeux d'allègement des matériaux, de performance, et de recyclabilité.
- **Pôle d'excellence/compétitivité** : accompagne les acteurs de la filière pour la faire évoluer (veille, innovation, etc.).

Chaîne de valeur de la filière plasturgie



À l'échelle européenne

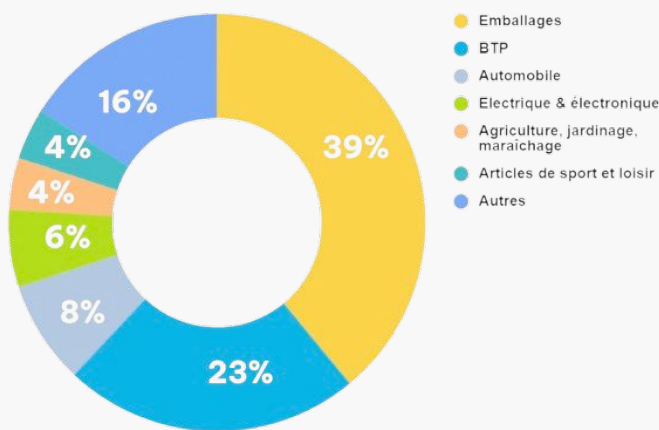
>400 milliards d'euros de chiffre d'affaires en 2022¹

1,5 million d'employés en 2022¹

53 000 entreprises en 2022'

**53,3 millions de tonnes de plastiques
consommées en 2022³**

Répartition de la transformation de plastique en produits pour les entreprises UE par secteurs d'activité¹



À l'échelle nationale

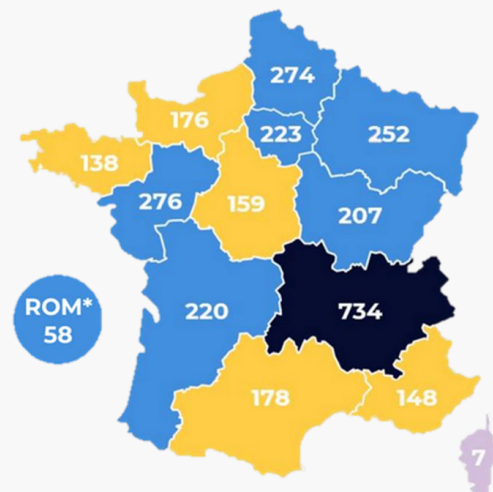
42 milliards d'euros de chiffre d'affaires en 2022 du cœur plasturgie*²

126 000 employés en 2021⁴

3500 entreprises en 2021⁴

6,38 millions de tonnes de plastiques consommées en 2022³

Répartition des établissements de transformation des matières plastiques en 2022²



Selon Polyvia, le nombre d'entreprises formant le cœur de la filière s'avère stable au fil des années. Il n'a en effet reculé que de 1,6% entre 2019 et 2022. L'emploi s'est également maintenu.²

Une filière mondiale dépendante du contexte géopolitique

Consommatrice de pétrole brut, la filière “plastique et composites” est une filière mondialisée. Elle est donc sensible à de nombreux facteurs extérieurs, qu’ils soient politiques ou environnementaux. Après la crise sanitaire du Covid, c’est aujourd’hui le conflit Russo-ukrainien qui depuis février 2022 est responsable d’une nouvelle hausse des prix pour les industriels dû à la perturbation des chaînes d’approvisionnement. Cela crée des pénuries augmentant par conséquent les prix.

Tous les postes d'achats sont touchés, ce contexte inflationniste s'inscrit dans la durée et ne permet toujours pas un retour aux prix pré-pandémie au niveau national comme européen. Compte tenu du fait que la chaîne de valeur de la filière est très exposée à l'international (on importe presque autant de résines qu'on en produit et on en exporte autant qu'on en importe) il est primordial de se concentrer sur notre souveraineté sur le sujet.

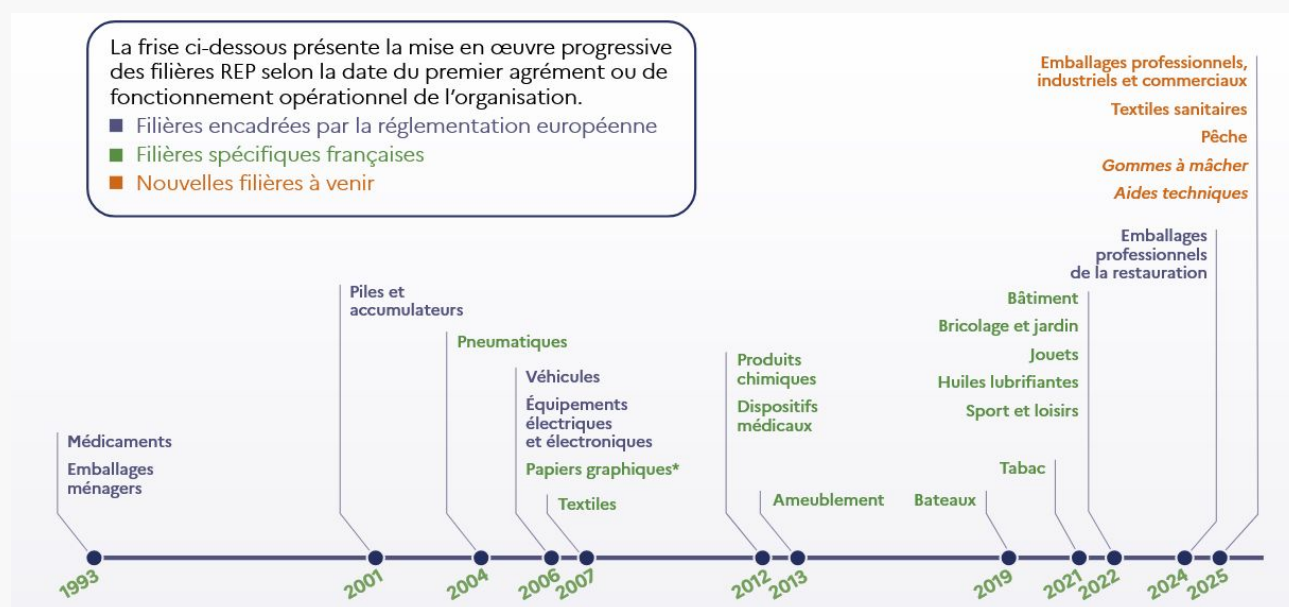
Un système de gestion financé par les producteurs

Dans l'organisation française de gestion des déchets, on note la présence de filières dites REP (Responsabilité Élargie du Producteur), construites sur le **principe du “pollueur-payeur”** et dont l'objectif est d'**impliquer les acteurs économiques sur l'ensemble du cycle de vie de leurs produits**. De la création (éco-conception...) jusqu'à leur fin de vie, en favorisant également les mesures de prévention, réemploi, réparation...

La mise en œuvre opérationnelle des filières REP est gérée par les éco-organismes ayant obtenu un agrément de la part de l'État. Ils peuvent ainsi **collecter les éco-contributions des metteurs sur le marché** en fonction des quantités de produits mis sur le marché et de leur complexité de recyclage.

L'action des éco-organismes est régie par des cahiers des charges fixant les objectifs de la filière en termes de réduction de production, de collecte, de recyclage... Des indications sont également données concernant les financements à diriger vers la sensibilisation (des professionnels et des consommateurs), l'éco-conception, la R&D, les projets de réemploi...

En 2024, on dénombre **18 filières REP en France et 25 éco-organismes agréés**.



Dans le cadre de cette étude, un focus sera fait sur les filières REP en lien direct avec les secteurs étudiés :

- **Emballages** : REP EMBPAP (Emballages ménagers et papiers graphiques) et Emballages professionnels (emballages industriels et commerciaux) et Emballages agricoles
- **BTP** : REP PMCB (Produits et matériaux de construction du secteur du bâtiment)
- **Automobile** : filière VHU (Véhicules hors d'usage)

Système présentant des limites

Le système des REP, malgré sa réforme par la loi AGECE de 2020, **reste centré sur la gestion des déchets, limitant son efficacité à prévenir leur production**, pourtant un objectif clé depuis 2014. La majorité des investissements dans des filières comme les emballages se concentrent sur le recyclage, négligeant ainsi, les autres priorités de l'économie circulaire, telles que la réduction à la source. De plus, l'administration des éco-organismes par les producteurs crée un **conflit d'intérêts**, freinant l'adoption de mesures plus ambitieuses et durables.

Les différents types de recyclage

Pour répondre aux objectifs de recyclage qui demeurent au cœur des stratégies de gestion des déchets, il est important de comprendre les solutions disponibles de nos jours. Le **recyclage mécanique** est le processus de recyclage le plus pratiqué, il fournit les plus grandes quantités de plastiques recyclés. En complément, deux autres technologies sont déployées, le **recyclage chimique** et le **recyclage par dissolution**.

Le recyclage mécanique

Le **recyclage mécanique**, procédé historiquement le plus employé, désigne un processus de transformation des déchets plastiques en Matières premières de recyclage (MPR) sans modifier la structure chimique des polymères qui la composent. Concrètement, la matière plastique est triée, broyée, lavée puis fondue pour être transformée en granulés prêts à être utilisés pour la fabrication de nouveaux produits. En France, 98% du recyclage des plastiques est réalisé mécaniquement.

Dans certains cas, les granulés avec additifs peuvent être réutilisés pour la même application, comme pour les bouteilles en PET, dans un recyclage en boucle fermée. Si les granulés contiennent trop d'additifs, ils sont utilisés pour des applications moins exigeantes, comme les sacs-poubelles, dans un recyclage en boucle ouverte.

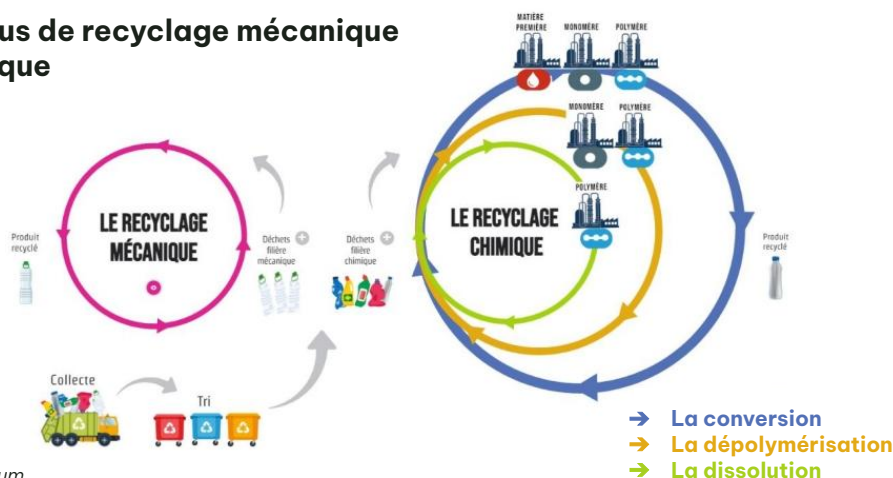
La différence principale entre ces deux technologies repose sur le fait que la matière recyclée obtenue par recyclage mécanique se dégrade au fur et à mesure du nombre de cycles de recyclage, dû notamment aux additifs encore présents et aux chauffages successifs, alors que le recyclage chimique, en écartant les additifs lors du processus, permet d'aboutir à une matière recyclée « neuve » de la même qualité que de la matière vierge. Pour autant, des interrogations persistent sur les impacts environnementaux du recyclage chimique et la pertinence de cette nouvelle filière : processus très énergivore, effluents toxiques concentrés en additifs, effet de risque de diminution des efforts d'écoconception de la filière, perturbation de la filière de recyclage mécanique... **Pour ces raisons, le recyclage chimique est une filière qui reste aujourd'hui encore à l'état d'expérimentation.**

Le recyclage chimique et par dissolution

Le **recyclage chimique**, en plein développement, consiste à modifier la structure chimique des polymères plastiques par différents processus pour obtenir une matière chimique purifiée : dépolymérisation par voie chimique (solvant) ou par voie thermique (cracking, pyrolyse et gazéification). Cette matière, débarrassée des additifs, ainsi proche ou équivalente aux molécules plastiques d'origine, peut ensuite être utilisée pour produire de nouveaux polymères, ou pour fabriquer d'autres produits chimiques, comme des carburants.

Pour le moment, le recyclage chimique représente environ 1% des matières plastiques recyclées, soit 0.1 million de tonnes.

Processus de recyclage mécanique et chimique



Source : Plastium



Un manque à gagner important en capacité de recyclage

Selon une note de l'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques, les chiffres concernant le plastique et son recyclage dans l'UE en 2020 seraient les suivants :

- **53,6 millions de tonnes de plastiques consommées**
- **29,5 millions de tonnes de déchets plastiques collectées**
- **9,1 millions de tonnes envoyées pour recyclage, soit 30,8 %**
- **5,5 millions de tonnes de produits recyclés ont été récupérées à l'issue du processus de recyclage, soit 18,6 %**

La méthodologie de **calcul de la masse des déchets plastiques ne fait pas consensus**. Il est obtenu par addition de toutes les tonnes de déchets déclarées dans chaque pays européen. Or, les **tonnes de déchets dans les ordures ménagères sont difficiles à quantifier**.

Ainsi, PlasticsEurope estime **que 43 % du plastique mis sur le marché en Europe n'est pas comptabilisé**, soit **22 millions de tonnes par an**. Dans cette hypothèse, le **taux de plastiques recyclés dans l'Union européenne serait de 21,1 % à l'entrée du processus de recyclage et de 10,7 % à la sortie du processus de recyclage**.



L'Europe à la recherche de la bonne méthodologie de calcul

La certification des plastiques recyclés par pyrolyse soulève de nouvelles questions. L'Europe veut **fixer les règles de traçabilité** de ces polymères qui changent radicalement de forme, sont dilués, puis reformulés.

Concrètement, la commission européenne est sur le point d'adopter une décision concernant la prise en compte **du plastique recyclé chimiquement dans le calcul du taux d'incorporation de la matière recyclée**.

Cela **complètera la directive européenne SUP**, qui encadre entre autres le calcul et la vérification de la teneur en plastique recyclé dans les bouteilles en plastique. **Pour le moment, ce texte ne fixe les règles de calcul que pour le recyclage mécanique.**⁴

Manque à gagner similaire à l'échelle nationale

6,38 millions de tonnes de produits finis en plastique consommés en France en 2022⁵

3,76 millions de tonnes de déchets plastiques post-consommation en 2020²

1,33 million de tonnes de plastiques ont été collectées en 2020 pour le recyclage, dont 900 000 tonnes de déchets post-consommation et 400 000 tonnes de déchets de fabrication²

0,7 million de tonnes de matières premières de recyclage ont été incorporées en 2020²

Zoom sur la Matière première recyclée (MPR)

- **571 100 tonnes** de MPR produites mécaniquement en 2023 en France selon le Syndicat des régénérateurs de matières plastiques (SRP).³
- **Taux d'incorporation de MPR** dans les produits plastiques en **France et en Europe** : environ **10 % en 2022** selon l'OCDE.
- **Pourquoi un résultat si bas ?** Car le marché des MPR dépend conjoncturellement du prix du pétrole. **Dès que le prix du baril baisse en dessous d'un certain seuil, le plastique vierge devient moins cher que le plastique recyclé. C'était le cas en 2024.** Les MPR produites en UE ont également tendance à être plus chère que leurs voisines car elles répondent à des réglementations plus strictes.



La filière des emballages

Principaux plastiques utilisés dans le secteur de l'emballage¹ :

- **Polyéthylène Téréphtalate (PET)** : Utilisé pour les bouteilles d'eau, de boissons gazeuses, et les emballages alimentaires rigides.
- **Polyéthylène Haute Densité (PEHD)** : Utilisé pour les bouteilles de lait, les flacons de produits ménagers, les sacs plastiques rigides, conteneurs industriels, les palettes en plastique, les bidons de produits chimiques, et les conteneurs de stockage d'eau.
- **Polypropylène (PP)** : Utilisé pour les barquettes alimentaires, les bouchons de bouteilles, les films d'emballage, les boîtes de rangement, les palettes et les caisses logistiques.
- **Polystyrène (PS)** : Utilisé dans les barquettes alimentaires (polystyrène expansé ou PS-E), les gobelets jetables, les pots de yaourt, les filets de protection des cultures, les sacs d'engrais, les cordes et les ficelles agricoles.
- **Polyéthylène Basse Densité (PEBD)** : Utilisé pour les sacs plastiques fins, les films alimentaires et d'emballage, les sacs de transport de marchandises, les enveloppes plastiques, les films d'ensilage, les bâches de protection des cultures, les films de serre.
- **Polychlorure de vinyle (PVC)** : Utilisé pour les films étirables, les emballages rétractables, et les gaines de protection.
- **Éthylène-Vinyl Acétate (EVA)** : Utilisé dans les films agricoles pour la couverture des serres en raison de sa flexibilité et de sa résistance aux UV.

Dans la catégorie des emballages, on distingue trois différents types d'emballages :

- **Ménagers** : emballages utilisés par les consommateurs finaux pour les produits de consommation courante (alimentaire, boissons, produits d'hygiène, etc.) On utilise ici le PET, PEHD, PP, PS, PEBD.²
- **Industriel et commerciaux** : activités professionnelles, ces emballages protègent les produits pendant leur transport, stockage ou manipulation entre entreprises. On utilise ici le PP, PEHD, PEBD, PC.²
- **Agricoles** : produits utilisés dans l'agriculture, tels que les sacs de semences, les bidons de produits phytosanitaires, les films agricoles (plastiques utilisés pour la protection des cultures), etc. On utilise ici le PEBD, PEHD, PP, EVA.²

Fonctionnement de la filière REP des emballages ménagers

Les **emballages ménagers** sont gérés par la REP EMPAP (et les éco-organismes Citeo, Leko et Adelphe) en charge de récolter les éco-contributions des metteurs en marché pour financer la bonne gestion de la fin de vie des emballages ménagers dans le cadre de la filière à Responsabilité élargie du producteur (REP).

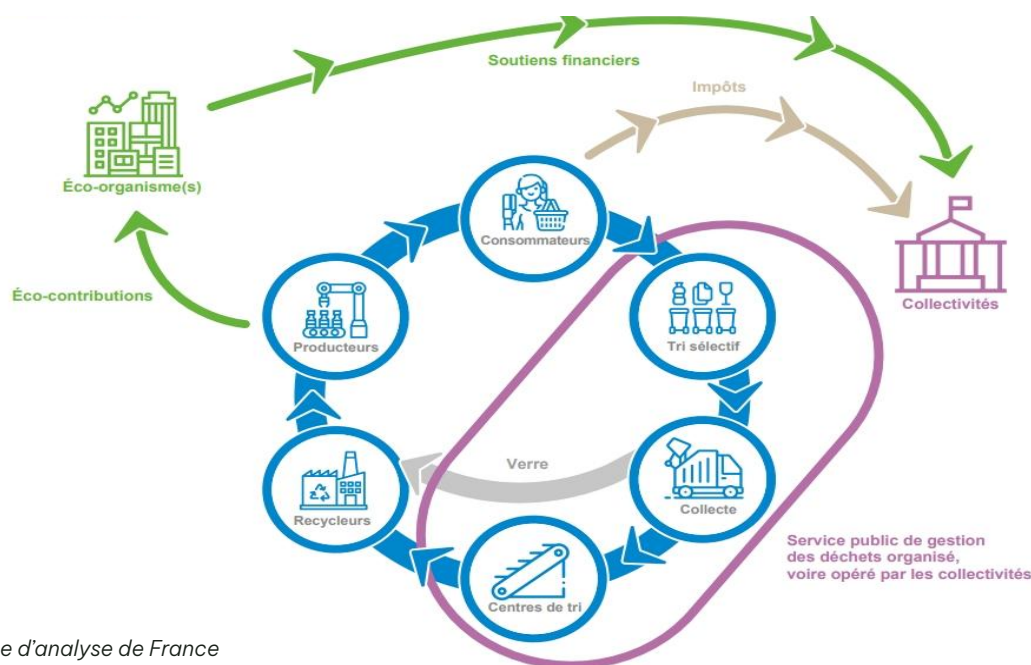
En 2023, en France, **5,5 millions de tonnes d'emballages ménagers, industriels et commerciaux ont été mis sur le marché³, dont 1,2 million de tonnes d'emballages plastiques⁴ qui finissent en déchets**. Sur cette quantité, seulement 27 % des emballages plastiques ont été recyclés soit 324 000 tonnes.

Zoom par secteur d'activité

Les emballages



Schéma de gestion actuelle de la filière des emballages ménagers :



Source : Note d'analyse de France Stratégie - Janvier 2024

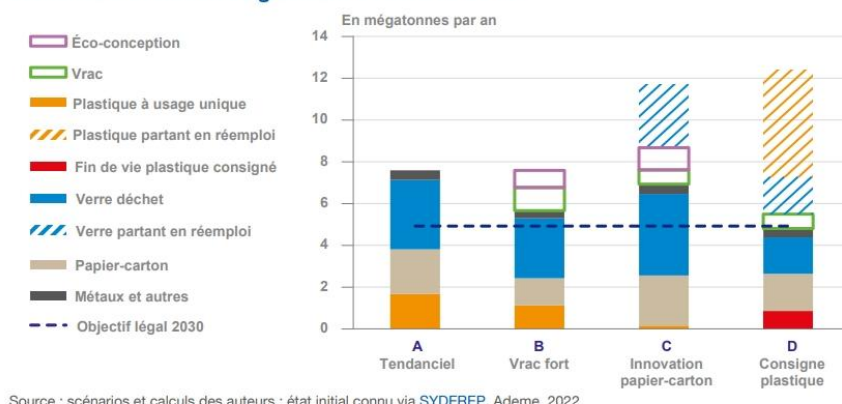
Selon France Stratégie¹, plusieurs **initiatives pourraient améliorer la gestion des emballages ménagers** dont :

- l'extension des consignes de tri qui devraient faire baisser les quantités de déchets non-collectées
- la mise en place d'une consigne pour recyclage des bouteilles et l'augmentation des réglementation pour réduire le gisement à la source
- la concertation entre les éco-organismes, les recycleurs et les centres de tri

Parmi les objectifs de la filière REP emballages ménagers, on retrouve :

- Réduire de 15 % le tonnage de déchets ménagers (emballages et autres déchets) par habitant en 2030
- Éradiquer le plastique à usage unique avant 2040
- Collecter pour recyclage 77% en 2025 et 90% en 2029 des bouteilles en plastique
- Recycler 100% des bouteilles PET d'ici le 1er janvier 2025

Scénarios d'évolution du gisement à l'horizon 2040





Fonctionnement de la filière REP des emballages industriels et commerciaux

La filière **REP Déchets d'Emballages Industriels et Commerciaux (DEIC)** sera mise en place en 2025. Pour le moment, le secteur souffre de l'absence d'un système efficace de traçabilité et de collecte des déchets. Aucune donnée relative aux déchets issus des emballages industriels et commerciaux importés ou exportés n'a été trouvée. Cette absence de système est à l'origine du manque de données par rapport aux quantités envoyées en valorisation énergétique ou en enfouissement.

La **FEDERREC** estime tout de même qu'environ **0,36 million de tonnes de plastiques émises par ce secteur ont été collectées en 2019**¹. Si aujourd'hui les emballages industriels et commerciaux n'atteignent pas encore les résultats des emballages ménagers par rapport au recyclage mécanique, c'est également parce que ces emballages peuvent contenir des **substances dangereuses provenant des produits qu'ils emballent**. L'amélioration des taux de recyclage nécessite donc une évolution des technologies de recyclage et la massification des quantités apportées aux opérateurs. Ils doivent assurer une certaine rentabilité du processus, ainsi qu'une meilleure qualité du gisement entrant pour en permettre le traitement.

Aujourd'hui, les industriels échangent directement avec des opérateurs de collecte pour traiter leurs déchets (existence des contrats privés avec Paprec, ou Veolia par exemple, qui s'occupent du recyclage, de la valorisation ou de l'enfouissement des déchets). Cependant, aujourd'hui, il **n'existe aucune obligation de reporting public** sur ces données-là, notamment à cause de l'absence d'une filière REP. Étant donné que la décision de recycler les emballages est prise par les opérateurs privés qui collectent les déchets, il est important que ces acteurs soient incités à appliquer des modèles de fin de vie circulaires.

Tonnages collectés et non-collectés par résine au sein de la filière des emballages industriels et commerciaux en 2019

	Tonnage collecté pour être recyclé mécaniquement 2019 [t] ^x	Tonnage non-collecté (différence entre gisement et collecte) 2019 [t] ^y	Ratio de tonnage collecté pour être recyclé mécaniquement par rapport au gisement disponible [%] ^y
PEBD	235 000	205 000	53 %
PEHD	76 000	217 000	26 %
PP rigide	27 000	183 000	13 %
PET	21 000	61 000	26 %
Autres plastiques	0	183 000	0 %
Total	359 000	849 000	30 %

Tonnages collectés et non-collectés par résine au sein de la filière des emballages industriels et commerciaux en 2019. Etude sur les gisements de déchets plastiques pouvant être traités par recyclage chimique et physico-chimique en France par l'ADEME (2022).¹

Fonctionnement de la filière française de gestion des déchets phytopharmaceutiques professionnels²

Pour ce qui est des **emballages agricoles**, les valeurs présentées dans le rapport ADIVALOR ont permis d'estimer un total de **0,1 million de tonne de plastiques mises sur le marché français en 2020** et **0,06 million de tonnes de plastiques ont été collectées et envoyées au recyclage mécanique**. Ces plastiques sont principalement utilisés dans les produits suivants : films, ficelles, et grands récipients vrac. Il a également été considéré que les gisements de déchets plastiques étaient équivalents aux quantités mises sur le marché en raison du court cycle de vie de ces produits. **En 2023, 97 000 tonnes de déchets ont été collectées, soit 4 000 tonnes de plus que l'année précédente selon ADIVALOR. Cela représente un taux de collecte de 79 % avec une augmentation particulièrement forte des volumes de collectes pour les plastiques d'élevage.**

Le secteur du BTP

Principaux types de plastiques utilisés dans la filière PMCB :

- **Polychlorure de vinyle (PVC)** : Utilisé dans les tuyaux de canalisation, les revêtements de sol, les fenêtres, les gouttières et les conduits électriques. Cela représente environ 50% des plastiques présents dans la construction.
- **Polyéthylène Haute Densité (PEHD)** : Utilisé dans les tuyaux de drainage, les systèmes d'irrigation, et les membranes géosynthétiques.
- **Polyuréthane (PU)** : Utilisé dans les isolants thermiques pour les murs et les toitures, les mousses d'isolation, et les colles.
- **Polystyrène expansé (PS-E)** : Utilisé pour l'isolation thermique et phonique des bâtiments, et dans les panneaux de construction.
- **Polypropylène (PP)** : Utilisé pour les géotextiles, les systèmes de drainage, les mousses d'isolation et les fixations de construction.

Résines	Tonnage collecté [t] ^v xxxi	Tonnage collecté envoyé en recyclage [t] ^v xxxi	Tonnage collecté non-recyclé (différence entre collecté et recyclé) [t] ^v	Ratio entre tonnage envoyé en recyclage mécanique et tonnage collecté [%] ^v
PVC rigide	60 000	11 000	49 000	18%
PVC souple	50 000	10 000	40 000	20 %
PEHD	20 000	12 700	7 300	64 %
PS/PSE	19 800	0	19 800	0 %
PU rigide	12 000	0	12 000	0 %
PP rigide	8 000	180	7 820	2 %
<i>Total</i>	<i>169 800</i>	<i>33 880</i>	<i>135 920</i>	<i>20 %</i>

Tonnages des plastiques collectés et recyclés au sein de la filière bâtiment et revêtement de sol.
Etude sur les gisements de déchets plastiques pouvant être traités par recyclage chimique et physico-chimique en France par l'ADEME (2022) ¹.

Fonctionnement de la filière REP PMCB

Le secteur du bâtiment est le deuxième plus grand utilisateur de plastiques après celui des emballages. Bien que les technologies actuelles permettent de recycler la majorité de ces matériaux, leur valorisation reste limitée en France.

En France, le secteur du bâtiment génère environ **42 millions de tonnes de déchets par an** selon le rapport d'étude de préfiguration de la nouvelle filière REP pour le secteur du bâtiment publié par l'ADEME en mars 2021. Dans ce même rapport, l'ADEME a estimé les **quantités de déchets plastiques valorisables à près de 171 000 tonnes par an** (hors moquettes). Le taux de valorisation des déchets des matériaux de construction est de l'ordre de 69% mais ce chiffre masque de fortes disparités selon les matériaux. Pour améliorer la collecte et la valorisation des déchets issus des activités de déconstruction et de rénovation, une **nouvelle filière REP pour les Produits et matériaux de construction du secteur du bâtiment (PMCB)** a été créée dans le cadre de la loi AGECE. Le cahier des charges de la filière REP fixe un objectif de recyclage des plastiques de 17% en 2024 et de 24% en 2027².

La place des éco-organismes

Pour répondre à ces objectifs, quatre éco-organismes ont été agréés en 2022 par les pouvoirs publics pour la gestion de déchets de PMCB¹ :



Au sein de la filière PMCB, les matériaux ont été divisés en 2 catégories : les matériaux à base de minéraux (catégorie 1) sont gérés par Ecominero et Valobat. Les autres matériaux font partie de la catégorie 2 (dont le plastique) et sont gérés par Ecomaison, Valdelia et Valobat. L'organisme coordonnateur **OCA Bâtiment** est chargé depuis 2023 d'assurer la bonne réalisation des travaux de la filière REP au travers des différents éco-organismes.

Tout comme les emballages, des évolutions dans ce secteur sont à prévoir. Le type de matériaux mis en marché, leur quantité, la manière de les déclarer, de les trier, de les gérer en fin de vie sont amenés à être de plus en plus régulés par les lois en vigueur.

Dans le cadre du **Circular economy package**² proposé récemment par la Commission européenne, une nouvelle stratégie pour les produits de construction est en cours d'élaboration. Le règlement révisé introduira des critères de durabilité, obligeant les fabricants à fournir des informations sur le cycle de vie de leurs produits et à respecter des exigences, telles que la préférence pour les matériaux recyclables, le respect des obligations en matière de contenu recyclé, et la conception facilitant la réutilisation, la réparation et le recyclage des produits.

Les grands enjeux de ce secteur sont :

- **l'écoconception des bâtiments pour :**
 - limiter les quantités de matières premières utilisées / incorporer des matières recyclées
 - favoriser la déconstruction permettant le réemploi et/ou le recyclage
 - anticiper la valorisation des matériaux lors de la fin de vie du projet
- **la gestion des déchets contaminés**, en provenance de bâtiments construits avant les réglementations actuelles (déchets hérités). On peut en effet trouver des substances interdites par la réglementation REACH ce qui complique le traitement.
- **le développement de la filière de recyclage des plastiques et composites** est également un défi pour la filière PMCB. Le maillage d'acteurs capables de prendre en charge les déchets afin de les trier et de les valoriser doit être complet et optimisé pour améliorer les performances de la filière. Il y a notamment un manque de site capable de trier le mix résine.



Le secteur de l'automobile

Le plastique dans l'industrie automobile : une matière omniprésente, mais complexe à recycler

Aujourd'hui, les plastiques représentent en moyenne jusqu'à 20 % de la composition d'une voiture, ce qui équivaut à plus de 2 000 pièces telles que les pare-chocs, clignotants, capots, airbags et ceintures de sécurité. Après les métaux, les plastiques sont ainsi les seconds matériaux les plus utilisés dans le secteur automobile¹.

Les principaux types de plastiques utilisés dans l'automobile :

- **Polypropylène (PP)** : utilisé pour la façade des pare-chocs, les bidons de gaz, les couvercles de moteur, l'isolation des câbles et les tableaux de bord.
- **Polyuréthane (PU)** : employé dans la fabrication des sièges, appuie-tête, systèmes d'insonorisation et de filtrage de l'air, pare-chocs, isolateurs de suspension, et même dans les pneus.
- **Polystyrène (PS)** : présent sous forme de mousse d'isolation.
- **Polychlorure de vinyle (PVC)** : utilisé dans les panneaux de portes et les câbles de commande.

Le plastique est devenu un **matériau essentiel dans l'industrie automobile** pour plusieurs raisons :

- **Légèreté** : le plastique est plus léger que les métaux, ce qui permet de réduire le poids total du véhicule et, par conséquent, de diminuer les émissions de CO₂ en améliorant l'efficacité énergétique.
- **Sécurité** : certains plastiques, comme les polymères utilisés pour les airbags et les ceintures de sécurité, jouent un rôle crucial dans la sécurité des usagers.
- **Coût** : le plastique est moins cher à produire et à transformer que de nombreux métaux, ce qui en fait un choix privilégié pour les constructeurs automobiles.

En réponse aux préoccupations climatiques, le Parlement européen a adopté en 2014 une réforme imposant aux constructeurs automobiles de réduire de 27 % les émissions de CO₂ des véhicules neufs entre 2015 et 2021. Cette réglementation a poussé l'industrie à utiliser davantage de matériaux plastiques et composites pour alléger les voitures et répondre aux nouvelles normes environnementales¹. Cependant, cette transition vers des matériaux plus légers n'a pas totalement résolu les problèmes liés à la gestion de ces plastiques en fin de vie.

Le fonctionnement de la filière des VHU

Le secteur des Véhicules hors d'usage (VHU) bénéficie d'un **système de collecte performant en France**. Toutefois, la récupération des matières plastiques reste un défi majeur car leur **dispersion dans les composants composites complique fortement le processus de séparation et de collecte**. Souvent, les fractions plastiques, lorsqu'elles ne sont pas démontées manuellement, sont envoyées dans les broyeurs avec les autres matériaux des carcasses. À ce stade, les coûts élevés et le manque de technologies de tri appropriées rendent le recyclage mécanique des plastiques peu rentable.

Pour améliorer la gestion des matériaux de la filière, la **REP des VHU a été instaurée en 2022**. En France, un **éco-organisme (Recyclermonvehicule)** et **4 systèmes individuels ont été agréés pour la gestion**². L'objectif de la filière est de réduire le besoin en matière première vierge. Pour se faire, un maillage efficace de collecte, de tri et de remise en circulation de MPR est primordial.

Zoom par secteur d'activité

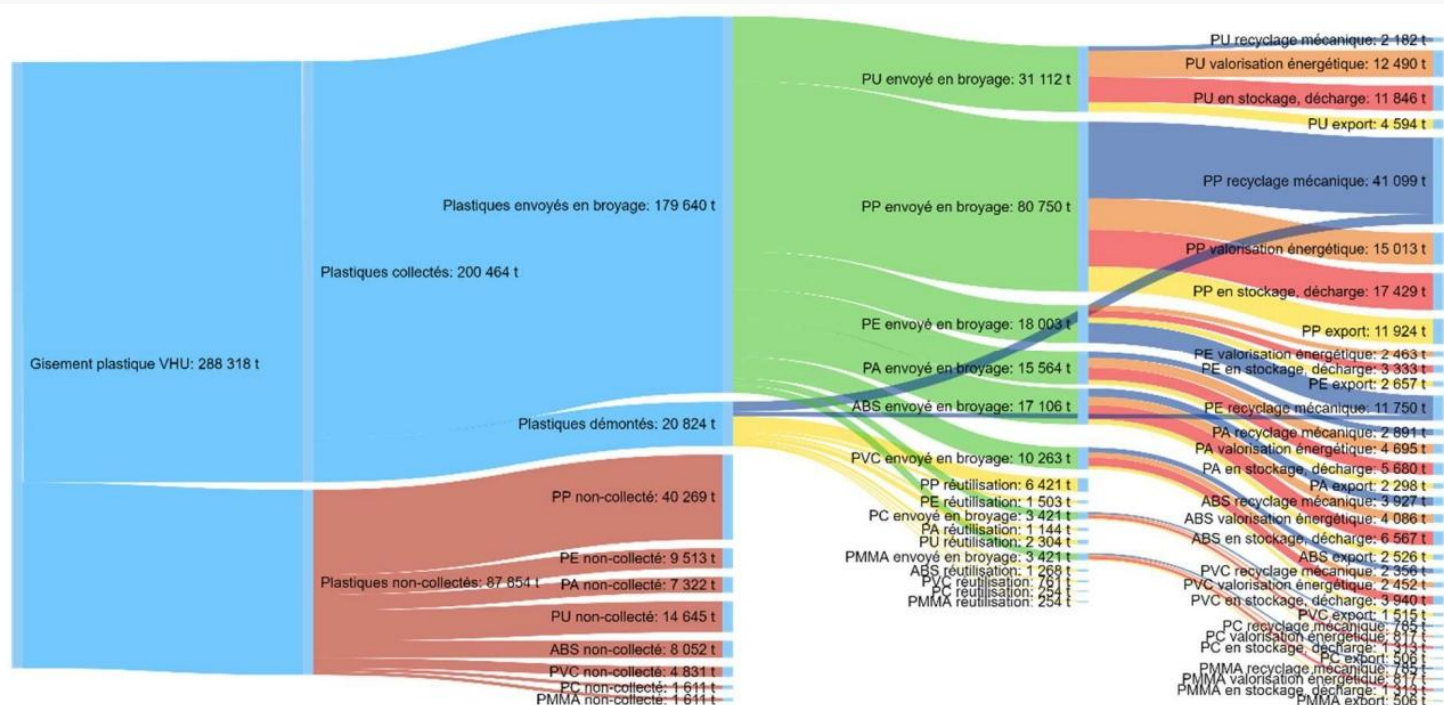
L'automobile



Quelques chiffres clés de la filière VHU en France¹ :

- Environ 1,2 million de véhicules hors d'usage sont traités chaque année pour environ 2 millions de véhicules neufs mis sur le marché.
- Ces véhicules sont principalement des voitures particulières et sont pris en charge dans 1 700 centres de traitement de VHU et 60 broyeurs agréés.
- L'âge moyen des VHU est d'environ 19 ans.
- En 2018, 211 014 tonnes de plastiques ont été collectées à partir des VHU.
- La récupération et la valorisation des plastiques automobiles est complexe, ceux-ci étant dispersés dans les véhicules et incorporés dans des matériaux composites

Diagramme de flux - Filière VHU



Etude sur les gisements de déchets plastiques pouvant être traités par recyclage chimique et physico-chimique en France par l'ADEME (2022).



#3

La filière plastique et composites en Hauts-de-France

Les chiffres clés de la filière

En Hauts-de-France

274 établissements de transformation des matières plastiques en 2022¹

11 187 employés par la filière plasturgie en 2022¹

0,57 million de tonnes de produits finis en plastique consommées en 2022²

0,33 million de tonnes de déchets post-consommation produites en 2020³

0,13 million de tonnes de plastiques ont été collectées en 2020 pour le recyclage, dont 90 000 tonnes de déchets post-consommation et 40 000 tonnes de déchets de fabrication⁴

0,07 million de tonnes de matières premières de recyclage ont été incorporées en 2020⁴

Evolution prospective de la filière

Rev3 est une dynamique collective initiée par la Région Hauts-de-France et la CCIR, pour promouvoir une région plus durable et plus solidaire. Dans ce contexte une étude établissant des scénarios prospectifs sur l'économie de la région ont été réalisés par un collectif d'acteurs (l'ADEME Hauts-de-France, le Conseil Régional, la Chambre de commerce et d'industrie régionale (CCIR), la Préfecture de région et la Mission rev3).

Les ordres de grandeur des flux de plastique de cette étude, *Économie circulaire et emplois Hauts-de-France*, ont évolué depuis sa parution mais les enseignements qualitatifs suivants et tendances de la filière selon les scénarios sont intéressants à souligner⁵ :

- La consommation de plastiques :

Elle évolue très différemment selon les scénarios, puisqu'elle **reste stable dans le tendanciel**, mais **diminue drastiquement au sein du scénario ambitieux** à horizon 2050, grâce à la mise en place de leviers forts : réglementations, changements de pratiques et comportements d'usage, etc.

Au sein de cette consommation, **l'analyse met de plus en évidence que la part des plastiques à longue durée de vie devrait augmenter d'ici 2030 tandis que celle des plastiques à courte durée de vie devrait diminuer¹.**

- La production de plastiques :

Dans les trois scénarios, **la production de plastiques en Hauts-de-France utilise de plus en plus de matière première recyclée (MPR) et biosourcée**, ce qui amène à une quasi-disparition de la production de plastiques pétrosourcés en 2050 dans le scénario ambitieux.

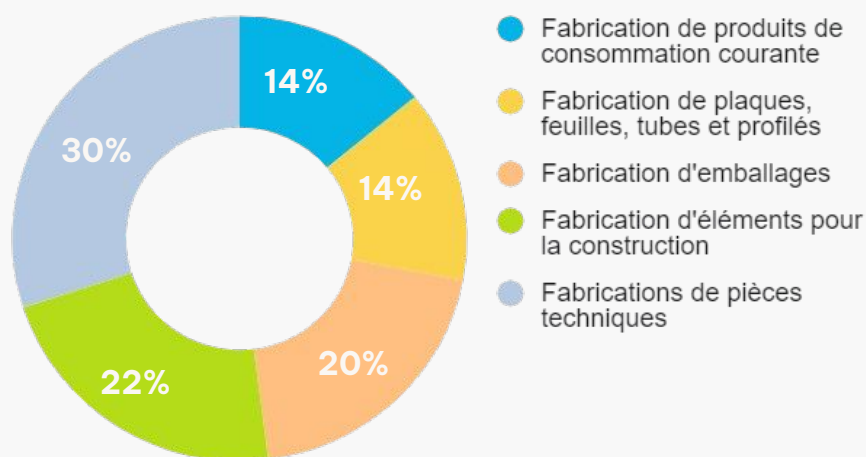
Sources : ¹Panorama 2022 de la plasturgie et des composites-Polyvia, ²Calcul : 8,9% des données nationales présentées page 14 (part population HdF/France, données INSEE 2022), ³Calcul : 8,9% des données nationales présentées page 14 (part population HdF/France, données INSEE 2020), ⁴Calcul : 10,1% des données nationales présentées page 14 (part du captage HdF/France, données FEDERREC 2020), ⁵Étude prospective dans les champs de l'économie circulaire, la bioéconomie et l'économie de la fonctionnalité (2019)-ADEME

Les chiffres clés de la filière

Les emplois

La région Hauts-de-France, historiquement industrielle, occupe une position stratégique dans le paysage économique français, avec une contribution notable de **7 % au PIB national** et une forte concentration d'**activités industrielles, représentant 13 % des emplois régionaux**⁴. Parmi les secteurs clés, la plasturgie et les composites se distinguent par leur importance, regroupant **274 entreprises** et employant environ **11 187 salariés en 2022 selon Polyvia**. Les acteurs de la filière sont aujourd'hui capables de réaliser l'ensemble des procédés de transformation du plastique en région.

Répartition des entreprises de plasturgie et composites en Hauts-de-France



10% des postes salariés industriels en région appartiennent à l'industrie du plastique et autres produits non minéraux. Et la région concentre en 2023 11,7% des emplois salariés industriels de la filière à l'échelle nationale selon l'URSSAF³. **52% des emplois du secteur sont des CDI, 20% sont des CDD de 6 mois et plus, 19% sont des CDD de 1 à 6 mois.**¹

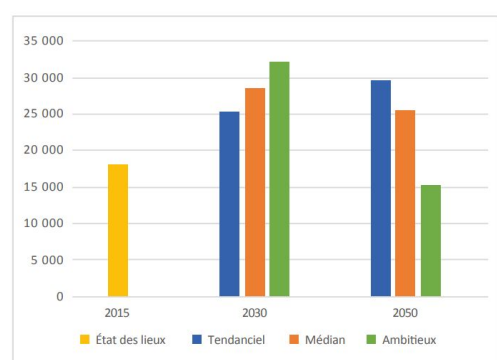


Figure 7 : Emplois soutenus dans la collecte & tri des plastiques à durée de vie longue (ETP)

Selon les scénarios de l'étude Rev3, l'évolution des emplois dans les trois filières analysées (collecte et tri des plastiques à durées de vie courte et longue, et recyclage des plastiques) suit en grande partie les flux de consommation.

On assiste donc à une **augmentation des emplois, jusqu'en 2050 dans le scénario tendanciel, stoppée après 2030 du fait du recul de la consommation dans les deux autres scénarios**. La filière de la collecte et du tri des déchets plastiques à durée de vie longue (les DEEE, articles de loisirs, équipements divers,...), est celle qui génère le plus d'activité : jusqu'à 14 000 emplois supplémentaires en 2030 en Hauts-de-France dans le scénario ambitieux.

Depuis **début 2024, on observe 1070 projets de recrutements dans le secteur de la plasturgie et des minéraux non métalliques** dans les Hauts-de-France selon France Travail. On peut s'attendre à une spécialisation accrue des recycleurs par résine ou par type de déchet.²

Au sein de cette chaîne de valeur, d'autres **évolutions importantes sont à prévoir selon l'ADEME, comme le développement de l'éco-conception, des fonctions d'ingénieurs plasturgistes, et de la R&D pour accompagner l'intégration de plus en plus importante de matières recyclées dans la chaîne de production.**

Les grands enjeux de la filière

Environnementaux comme sociaux

Dépendance externe et infrastructure

La filière plasturgie-composites en Hauts-de-France est fortement dépendante d'acteurs extérieurs, notamment en raison de la localisation des centres de décision des donneurs d'ordres, souvent situés en dehors de la région. Par ailleurs les PME sous-traitantes ont peu de contrôle sur leurs approvisionnements en matières premières, les fournisseurs locaux de plastiques et composites étant rares en France.

L'infrastructure régionale de gestion des déchets et du recyclage est inégale, avec des zones mieux dotées que d'autres en solutions locales de collecte et de tri. Cette disparité ralentit la performance environnementale des entreprises, augmentant les coûts et les temps de traitement, notamment dans les zones où les solutions de revalorisation sont peu développées.

L'utilisation de plastiques pétrosourcés, largement majoritaire, amplifie cette dépendance, alors que les plastiques biosourcés représentent moins de 1 % du marché européen, et aucun producteur n'est présent dans la région. L'option de la matière première recyclée (MPR) est également à étudier car aujourd'hui, **seule une petite partie de la MPR est utilisée par la plasturgie en Hauts-de-France, les 2/3 étant exportés.** Cela peut s'expliquer par le fait que certains pays étrangers achètent la matière recyclée plus chère, mais aussi par la difficulté d'intégrer cette matière dans certains produits du fait de l'impact parfois rédhibitoire sur les performances du produit final (ex : les emballages alimentaires et la réglementation strictes auxquels ils doivent répondre). **La fermeture progressive des frontières aux déchets plastiques impose une évolution vis-à-vis de ces pratiques d'exportations.** De plus, la volatilité des prix du pétrole exacerbe ces défis, renforçant l'urgence de repenser l'approvisionnement et l'infrastructure pour la transition écologique de la filière.

Capital humain et compétences

La filière plasturgie-composites en Hauts-de-France fait également face à des défis importants en matière de capital humain. Le secteur souffre d'un **manque d'attractivité, avec des difficultés croissantes à recruter, en particulier dans les métiers industriels.** Le désintérêt général pour les filières industrielles est un frein majeur à la montée en compétences des salariés, indispensable pour intégrer de nouvelles technologies et matériaux.¹

En outre, la filière manque de diversité, avec seulement **31 % de femmes employées en 2022** selon Polyvia, ce qui pose un problème de féminisation dans un secteur déjà en pénurie de main-d'œuvre. Ce déficit de ressources humaines complique la mise en œuvre des stratégies nécessaires pour répondre aux exigences réglementaires croissantes et accélérer la transition vers une économie circulaire. Par ailleurs, le **manque de coopération entre les donneurs d'ordres et les sous-traitants limite la capacité de la filière à travailler de manière plus collaborative et efficace.** Cette absence de partage d'information et de coordination réduit la capacité de l'écosystème à s'adapter aux transformations indispensables.¹

Impact environnemental

Au delà des problématiques évidentes liées au plastique que l'on rencontre à toutes échelles confondues, la région des Hauts-de-France se doit de protéger la faune et la flore locale pour préserver son patrimoine régional. La pollution par les **microplastiques, notamment dans les océans, est une problématique urgente pour cette région, bordée par des littoraux particulièrement vulnérables.** La biodiversité marine est gravement menacée par cette pollution et on compte selon France Nation Verte, jusqu'à 695 M€/an de coût lié à la pollution des écosystèmes marins en Europe².

De plus, la fin de l'exportation des déchets plastiques a conduit à une surcharge des recycleurs locaux, qui peinent à rivaliser avec la matière vierge asiatique. Cette situation s'aggrave à cause de la dégradation de la qualité des déchets et du manque de technologies capable de trier les mix de résines, entraînant des défis supplémentaires en termes de gestion écologique du plastique.



Les initiatives pour y répondre

Un soutien financier pour promouvoir l'économie circulaire

Lancé en 2016, puis relancé en 2018 dans le cadre du plan de relance et de la loi AGECL, l'appel à projet **ORPLAST (Objectif Recyclage PLASTiques)** vise à soutenir financièrement l'intégration de matières plastiques recyclées par les PME utilisatrices de matières plastiques. Elle prend en compte les adaptations techniques nécessaires pour intégrer ces matières dans leurs chaînes de production. 185 dossiers ont été déposés lors des deux premiers appels à projets ORPLAST, dont **125 ont été retenus et 104 financés pour un montant d'aide de plus de 26 millions d'euros**.

En 2023, l'ADEME lançait le premier Appel à Projets **ORMAT** dédié au soutien à la production et à la réincorporation de 6 matières premières de recyclage (MPR), financé par le Fonds Economie Circulaire. Avec **107 projets déjà soutenus, correspondant à 115 millions d'euros d'investissement, et près de 20 millions d'aides déjà octroyées**, ORMAT a confirmé la demande des entreprises françaises pour accélérer le déploiement du surtri de déchets (tri supplémentaire visant à améliorer la performance de recyclage des déchets), et pour la production et l'utilisation de Matières Premières de Recyclages (MPR). ORMAT accompagne les industriels aux différents stades de leur projet, grâce à :

- Un **premier axe dédié aux diagnostics** – études de faisabilité et essais – pour les entreprises qui ont besoin de consolider leurs choix techniques et préparer leur décision d'investissement,
- Un **deuxième axe dédié aux investissements** dans des projets industriels de taille intermédiaire (plafond de l'assiette prise en compte pour le calcul de l'aide, compris entre 1 et 5 M€ selon le matériau considéré) basés sur des technologies matures.

La Région Hauts-de-France dispose de plusieurs outils stratégiques soutenant les filières d'économie circulaire en particulier celle du plastique. Ils permettent d'articuler développement économique, recherche- innovation, aménagement du territoire :

- dès 2020 la **Feuille de route régionale pour le déploiement de l'économie circulaire** soutient la nécessaire transition des acteurs régionaux de la filière plasturgie et encourage des solutions innovantes, des modèles de développement résilients et durables par la réduction, la réutilisation, et le recyclage des matières plastiques dans tous les secteurs d'activité régionaux ;
- La filière plastique figure également parmi les grandes filières du plan régional d'actions en faveur de l'économie circulaire intégré en 2020 **au volet déchets du SRADET Hauts-de-France** (Schéma régional d'aménagement et de développement durable des territoires) ;
- Le **SRDEII** (Schéma régional de développement économique, d'innovation et d'internationalisation) 2022-2028 soutient la structuration de **filières émergentes REV3** et le déploiement de l'économie circulaire (dans son orientation 2 – axe3) ;
- Le **SRESRI** (Schéma régional de l'enseignement supérieur, de la recherche et de l'innovation) 2022-2028 et sa Stratégie de spécialisation intelligente (S3 "Smart specialisation strategy") associe monde académique et monde économique notamment autour de l'économie circulaire et des nouvelles fonctionnalités des matériaux.

L'Europe dispose également d'initiatives soutenant les régions dans leur transition vers la neutralité climatique d'ici à 2050 comme le **Fonds pour une transition juste**. En décembre 2019, la Commission a adopté une communication sur le pacte vert pour l'Europe contenant sa feuille de route vers une nouvelle politique de croissance pour l'Union. Dans le cadre de ce pacte vert et dans le but d'atteindre de manière efficace et équitable l'objectif de neutralité climatique de l'Union, la Commission a proposé la création d'un mécanisme pour une transition juste, doté d'un **Fonds pour une transition juste**. Elle a indiqué que le mécanisme devrait cibler les régions et les secteurs les plus affectés par la transition du fait de leur dépendance aux combustibles fossiles, notamment le charbon, la tourbe et le schiste bitumineux, ou à des procédés industriels fortement émetteurs de gaz à effet de serre. L'objet principal du Fonds pour une transition juste est d'accorder des subventions.

Remerciements

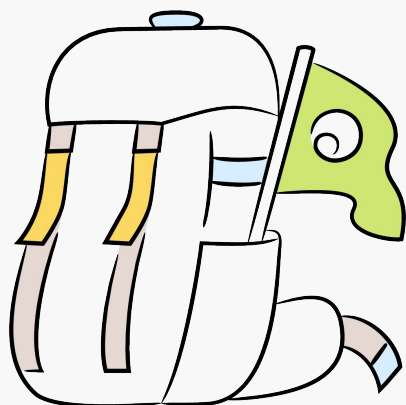
Aux membres des deux groupes de travail

Les équipes de l'Odema, Plastium et Circul'R tiennent à remercier chaleureusement l'ensemble des participants des groupes de travail pour leur implications et leur précieux commentaires.

Cette étude n'aurait évidemment pas été possible sans la présence et l'engagement de plusieurs membres du groupe de travail : **Polyvia, CRITT polymère, Team2, Euramaterials, FNADE, Baudalet, CABBALR, Valobat, Ecomaison, CIFRA, CITEO, ADEME, la Région Hauts-de-France, CERDD.**

Merci à toutes et tous pour votre soutien tout au long de l'élaboration de cette synthèse.





#4

Annexes

Les sources

Nom de la source	Auteur
Étude prospective dans les champs de l'économie circulaire, la bioéconomie et l'économie de la fonctionnalité (2019)	ADEME
Étude d'opportunité pour une réindustrialisation dans les industries de transformation des matériaux en Hauts-de-France (2022)	Technopolis et In Extenso
Économie circulaire et emplois en Hauts-de-France (2020)	ADEME
État des lieux sur l'utilisation de matières plastiques recyclées en Occitanie (2020)	Polyvia
Panorama 2022 de la plasturgie et des composites (2022)	Polyvia
Gisements de déchets plastiques pouvant être traités par recyclage chimique et physico-chimique (2022)	ADEME
Eclairage secteur industrie dans les Hauts-de-France (2024)	France Travail
The Circular Economy for Plastics – A European Analysis (2024)	Plastics Europe
Plastics, the fast facts (2023)	Plastics Europe
Bilan national du recyclage 2012-2021 (2024)	ADEME
Emballages ménagers : quel cadre d'organisation ? (2024)	France Stratégie
Observation de la production et de la gestion des déchets du BTP en Hauts-de-France (2023)	CERC Hauts-de-France
Bilan 3R en 2023 pour les emballages en plastique à usage unique en France (2024)	ADEME
Étude URSSAF - Emploi Industrie HDF (2023)	URSSAF
Étude sur la filière "plastique et composites" en région Hauts-de-France, généralités sur les plastiques (2024)	Plastium
Économie circulaire, point d'avancement sur l'avancée des travaux (2024)	France Nation Verte
Revoir le système des REP (2023)	Zero waste France
Memo des REP (2022)	ADEME
Statistiques 2023 du SRP	SRP
Bruxelles veut encadrer le recyclage chimique des plastiques (2024)	Actu Environnement
Rapport d'activité 2023	ADIVALOR
Étude de préfiguration de la filière REP Produits et matériaux de construction du secteur du bâtiment (2021)	ADEME
Emballages Ménagers (2023)	ADEME
Circular economy action plan (2020)	European Commission
Avec les plastiques, l'automobile évolue et innove	Polyvia
Les entreprises de la plasturgie & composites (2021)	Polyvia
L'emploi en France (2021)	Polyvia
Comment diminuer vos déchets plastiques (2023)	ADEME
Avec les plastiques, l'automobile évolue et innove (2024)	Polyvia
VHU (2018)	Ministère de la transition écologique
Les plastiques biosourcés (2013)	ADEME
Les avis de l'ADEME (2025)	ADEME

Les plastiques

Si nous consommons autant de produits plastiques dans le monde, c'est parce que le plastique est omniprésent dans nos vies. Polyvalents et durables, les plastiques nous permettent de répondre à nos besoins. On les retrouve dans nos objets du quotidien et ils sont utilisés dans diverses applications.

I. Caractéristiques et avantages des plastiques

Les plastiques se distinguent par leur légèreté, leur résistance à la corrosion, leur capacité à être moulés sous différentes formes, ainsi que leur faible coût de production. Ils sont également relativement durables et peuvent résister à des conditions chimiques ou climatiques extrêmes. Leur malléabilité en fait des matériaux de choix dans des secteurs variés, allant de l'emballage alimentaire à l'industrie automobile en passant par l'électronique.

II. Types de plastiques

Les plastiques sont généralement classés en deux grandes catégories : les thermoplastiques et les thermodurcissables. Les thermoplastiques, tels que le Polyéthylène (PE) et le Polypropylène (PP), sont recyclables car ils peuvent être fondus et reformés à plusieurs reprises. Ils sont largement utilisés dans l'emballage et les pièces industrielles grâce à leur souplesse et leur faible coût de transformation. En revanche, les thermodurcissables, comme la résine époxy, deviennent rigides après durcissement et ne peuvent pas être remodelés. Leur structure moléculaire réticulée, obtenue après polymérisation, les rend plus résistants à la chaleur et aux produits chimiques, mais non recyclables.

1. Les thermoplastiques

L'adjectif thermoplastique est composé de deux termes : « thermo » faisant référence à la température et « plastique » faisant référence à la plasticité d'un matériau et donc à sa malléabilité. Un matériau thermoplastique est un matériau dont la forme et la malléabilité varient selon la température. Ainsi il n'y a pas que les plastiques qui sont thermoplastiques. On inscrit également dans cette catégorie le verre, les métaux et l'argile.

Un polymère thermoplastique possède la propriété de se ramollir, voire de fondre, lorsqu'il est chauffé jusqu'à une température critique, mais il se resolidifie en se refroidissant. Les matériaux thermoplastiques sont transformés sans réaction chimique et sans aucune dégradation de la structure moléculaire du polymère.

Ces étapes de ramollissement et de solidification peuvent donc être répétées de manière quasi infinie sans que la matière ne perde son caractère réversible. Un matériau thermoplastique apparaît donc comme potentiellement recyclable après broyage.

À l'état solide, les thermoplastiques se présentent généralement sous la forme d'une poudre ou de granulés. À l'état ramolli, ils prennent une forme liquide visqueuse et pourront être mis en forme de différentes façons, généralement par formage dans un moule. La cadence de transformation de ces polymères est rapide puisqu'elle est presque exclusivement liée à leur vitesse de refroidissement.

Les plastiques

Il existe une multitude de matériaux polymères thermoplastiques.

- Les thermoplastiques de grande diffusion : Les thermoplastiques de grande diffusion, aussi appelés thermoplastiques de consommation ou de commodité, ont généralement un coût faible et sont utilisés dans de nombreux domaines, notamment celui de l'emballage et/ou de l'alimentaire, ce qui explique que leur utilisation soit si courante.
- Les thermoplastiques techniques : Au coût plus élevé, ils participent à la conception de produits servant pour des applications aux contraintes techniques spécifiques. Ils sont capables de répondre à des cahiers des charges exigeants grâce à des propriétés plus importantes.

2. Les thermodurcissables

Les polymères thermoplastiques et les polymères thermodurcissables se distinguent de par leur comportement lorsqu'ils sont exposés à la chaleur.

D'une part, les polymères thermoplastiques peuvent se ramollir, se déformer, voire fondre lorsqu'ils sont exposés à des températures spécifiques. Cette propriété permet notamment de recycler un produit thermoplastique.

D'autre part, les matériaux thermodurcissables sont des matériaux polymères ne pouvant être mis en œuvre qu'une seule fois et qui deviennent infusibles et insolubles après polymérisation [2]. En effet, lors de la mise en forme initiale d'un polymère thermodurcissable, un traitement thermique est appliqué, ayant pour effet de fixer les propriétés physiques et chimiques du matériau après refroidissement. Dès lors, la chaleur n'a plus d'effet sur les propriétés de ces matériaux. On dit que la polymérisation d'un matériau thermodurcissable est irréversible. Une fois durci, sa forme ne peut plus être modifiée, limitant fortement la possibilité de remettre en forme ou de recycler ces matériaux.

On utilise généralement les œufs comme base de comparaison :

Thermodurcissable



Thermoplastique



Un polymère thermodurcissable se comporte un peu comme un œuf : il se présente sous une forme à peu près liquide et se transforme en solide en étant chauffé. Une fois cuit, la transformation est irréversible car, même réchauffé, il ne retrouvera jamais son état d'origine. Le cuire davantage le ferait simplement brûler. Au contraire, les polymères thermoplastiques se comportent plus comme des œufs en chocolat : ils fondent à chaque montée en température jusqu'à atteindre un état liquide et redeviennent solides à chaque refroidissement.

Le polymère thermodurcissable est vendu dans un état plastique, appelé résine, où la polymérisation n'est que partielle. C'est dans un moule que l'on achève la polymérisation, par chauffage et/ou en présence de catalyseur, le matériau adoptant une forme définitive.

Ce sont généralement des matériaux plus rigides et aux propriétés thermomécaniques supérieures offrant une combinaison améliorée et performante de stabilité thermique, de résistance chimique et d'intégrité structurelle. Les composants thermodurcissables sont utilisés dans une grande variété d'industries notamment dans les industries de l'automobile, de l'électroménager, de l'électricité, de l'éclairage et de l'énergie en raison de leur excellente stabilité chimique et thermique.

Valorisation des déchets plastiques

Ces différences de comportement notables sont principalement dues à la composition chimique des thermodurcissables.

Tout comme pour les thermoplastiques, il existe une multitude de polymères thermodurcissables. Rigides et stables, les polymères thermodurcissables sont généralement utilisés pour des applications nécessitant une excellente résistance thermomécanique et chimique. Dans certains cas, les polymères thermodurcissables peuvent même remplacer des pièces métalliques.

Du fait de la grande variété de polymères thermodurcissables, la liste que nous allons présenter est non exhaustive. De plus, la structure moléculaire d'une résine peut varier pour une même famille en fonction des paramètres de la polymérisation et des monomères et additifs utilisés. Les représentations moléculaires données sont donc uniquement des formulations possibles.¹

III. La valorisation des déchets plastiques

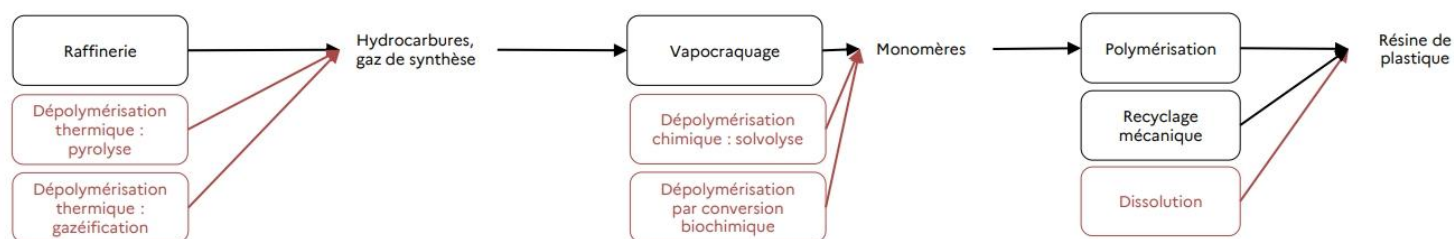
La collecte en France s'améliore grâce à différents dispositifs : Extension des consignes de tri (ECT) et mise en place de **filières à Responsabilité élargie des producteurs (REP)**. Ces dernières contribuent à la **collecte** des déchets en plastique et les données présentées dans ce document s'y réfèrent. D'autres filières volontaires permettent également de collecter les flux associés à certains gisements (PVC, PSE notamment). Après la collecte, les déchets plastiques sont, dans un premier temps, séparés des autres matériaux puis, dans un second temps, triés par polymères. Différents procédés peuvent être combinés selon les exigences de qualité, depuis le **tri** manuel jusqu'au tri automatique (par exemple, tri optique) réalisé dans les centres spécialisés ou chez les régénérateurs. La **décontamination** des déchets plastiques fait également partie des procédés mis en place dans les usines de recyclage. Une partie des déchets plastiques post-consommation collectés et triés ne sont pas recyclés, et la **valorisation énergétique** représente des volumes encore significatifs de déchets plastiques. Elle est réalisée dans un incinérateur d'Ordures ménagères résiduelles (OMR) avec récupération d'énergie ou sous forme de Combustibles solides de récupération (CSR), à destination des cimentiers, chaufourniers et autres industriels consommateurs d'énergie.²

Les différentes technologies de recyclage

La **régénération** correspond à l'étape de production des Matières premières de recyclage (MPR). Elle s'effectue après des étapes de tri complémentaires, broyage, lavage, affinage, densification, voire micronisation ou granulation/extrusion. Les résines régénérées sont disponibles sous forme de paillettes, de granules, ou de poudre. En complément de ces procédés mécaniques, d'autres technologies de recyclage se développent pour dépolymériser le plastique et sont actuellement au stade d'innovation ou de première industrialisation : recyclage du PET enzymatique ou par solvolysse, premières usines de recyclage de déchets PP/PE par pyrolyse (Espagne, ~10 kt/an), etc.²

Le recyclage chimique

Focus 1 : le recyclage chimique est à appréhender de manière pragmatique avec une planification des capacités ¹



Postulats du recyclage chimique	Points d'attention
« Le recyclage chimique permet de traiter des plastiques en mélange »	La plupart des procédés nécessitent toujours du tri et un prétraitement des déchets en entrée, équivalent à ce qui est fait pour le recyclage mécanique. Les performances du recyclage chimique dépendent aussi du niveau de tri des déchets.
« Le recyclage chimique permet de traiter des plastiques contaminés avec des substances dangereuses »	Les émissions dépendent de la composition des déchets : en présence d'additifs et contaminants, le traitement thermique peut former des produits et gaz toxiques et des précurseurs de particules dangereuses (PAHs, composants bromés, dioxines, furanes, PCB, COV...). Par ailleurs, peu d'études s'intéressent au devenir des substances préoccupantes pour les différentes technologies. L'une d'elle a identifié que des composés bromés pouvaient être retrouvés dans les huiles de pyrolyse. D'autres études montrent que la pyrolyse ne minéralise pas efficacement les PFAS, si il n'y a pas une combustion ultérieure.
« Le recyclage chimique permet de conserver la qualité de la résine »	En effet, la qualité est conservée , mais pour certaines résines et dans certaines conditions, le recyclage mécanique permet également d'obtenir une qualité correcte. Le recyclage chimique devrait arriver en complément du recyclage mécanique, car : • La dépolymérisation thermique a une empreinte plus lourde que le recyclage mécanique (toxicité, eutrophisation, acidification, carbone) ; • Les coproduits générés vont devoir être gérés et il y a à ce jour peu de visibilité sur leur traitement et leur absence de nocivité ; • Aux Etats-Unis, la dépolymérisation thermique produit des combustibles ne servant pas à la production de plastique ; il y a un risque de détournement de la matière, diminuant la circularité. Par ailleurs les rendements des unités de recyclage chimique sont nettement inférieurs à ceux du recyclage mécanique (80 mécanique % vs 70 % pour la solvolyse ; 35 % pour la pyrolyse).

IV. Les plastiques biosourcés ²

Enjeux

L'épuisement des ressources pétrolières, la lutte contre l'augmentation des gaz à effet de serre et la préservation de l'environnement incitent à la recherche d'alternatives aux produits de la pétrochimie. Dans le secteur des plastiques notamment, se développe, depuis les années 2000, une offre de plastiques issus de sources renouvelables (végétale, animale, résiduelle, algale...), également appelés plastiques biosourcés ou « bioplastiques ». S'ils représentent encore une part marginale dans la production de plastiques, ces matériaux sont appelés à se développer rapidement notamment dans le secteur de l'emballage.

Principes techniques

Un matériau plastique est composé de molécules appelées polymères auxquelles sont ajoutés différents additifs. Les plastiques biosourcés sont constitués de polymères d'origine totalement ou partiellement renouvelable. Selon les cas, la part de matière renouvelable dans un plastique biosourcé peut représenter une proportion très variable du matériau, aucun seuil minimum n'étant spécifié aujourd'hui pour l'utilisation des dénominations. Deux types de polymères biosourcés sont à distinguer : ceux possédant une structure identique à celle des polymères d'origine fossile (PE et PET issus de canne à sucre par exemple) et ceux ayant une structure innovante, c'est à dire différente de celles des polymères pétrochimiques existants (PLA issu d'amidon par exemple).

Les plastiques d'origine renouvelable trouvent aujourd'hui des applications majoritairement dans le secteur des emballages (sacs de caisse, sacs de collecte de déchets fermentescibles, emballages cosmétiques, bouteilles...) et le secteur agricole (films de paillage). Ils commencent à être utilisés également dans la construction automobile (pièces), la téléphonie ou la bureautique.

L'origine biosourcée ne signifie pas que le polymère est biodégradable. Ainsi l'utilisation du terme « bioplastique » pour qualifier ces plastiques présente un risque de confusion entre l'origine et la fin de vie des plastiques composés de polymères biosourcés. Par conséquent, le terme « plastiques biosourcés » est à privilégier.

Etat des connaissances

Avantages

L'utilisation de sources renouvelables pour la production de plastiques participe à la réduction du recours aux ressources pétrochimiques et ainsi, à l'indépendance en matières premières fossiles du secteur. La production de plastiques biosourcés offre également des débouchés de valorisation de la biomasse.²

Les plastiques biosourcés

Les polymères biosourcés possédant une structure identique à ceux d'origine pétrochimique (PE, PET...) ont l'avantage de présenter les mêmes performances techniques et d'utiliser les mêmes filières de recyclage que ceux-ci. Dans ce cas, une fois la molécule de base du polymère (le monomère) biosourcée obtenue, son utilisation ensuite ne nécessite pas de gros investissements matériels spécifiques. En effet, le monomère peut entrer pour les étapes suivantes dans les procédés de transformation existants pour l'obtention du polymère puis du plastique.

Les polymères biosourcés de structure innovante présentent, quant à eux, des propriétés spécifiques permettant de satisfaire de nouvelles fonctionnalités. Par exemple, certains polymères biosourcés sont biodégradables ce qui présente pour certaines utilisations un intérêt environnemental, technique et économique (ex : films de paillage agricole).

Toutefois, le développement de ces polymères étant assez récent, leurs performances techniques nécessitent encore des améliorations.

Inconvénients

Des coûts de production encore élevés

Les coûts de production des matériaux polymères biosourcés sont encore 2 à 6 fois plus élevés que ceux des plastiques issus de la pétrochimie. Cette différence, liée au coût des matières premières, de leur transformation mais aussi de la recherche et à l'amortissement des investissements, devrait toutefois se réduire sous l'effet du développement du marché et des économies d'échelle engendrées. L'augmentation du coût du pétrole devrait également les rendre plus compétitifs par rapport aux plastiques issus de la pétrochimie.

Des impacts environnementaux encore mal connus

Une analyse complète sur l'ensemble du cycle de vie des matériaux biosourcés est nécessaire pour établir leur bilan environnemental global. Une attention particulière doit notamment être portée à la phase de production de la ressource (pratiques agricoles et consommations d'intrants) et à leur fin de vie. Par ailleurs, si la production de polymères biosourcés, encore faible en volume, mobilise aujourd'hui peu de ressources, son développement pourrait poser la question de la concurrence avec les usages alimentaires et les autres usages industriels (biocarburants, biocombustibles...) de la biomasse. La recherche se porte ainsi aujourd'hui sur la production de polymères à partir de ressources diversifiées n'entrant pas en concurrence directe avec les cultures vivrières (déchets, co-produits, lignocellulose...).

La complexité de la gestion en fin de vie des polymères à structure innovante

Les plastiques biosourcés à structure innovante sont aujourd'hui très majoritairement incinérés (valorisation énergétique) ou enfouis en fin de vie, comme tous les polymères conventionnels non recyclables. Cependant, la composition et les propriétés de certains d'entre eux ouvrent d'autres options plus intéressantes sur les plans économique et environnemental

que l'enfouissement : recyclage, valorisation organique (si biodégradable), valorisation énergétique. Des études doivent encore être menées afin de déterminer les filières déchets les plus adaptées pour les plastiques biosourcés selon leur recyclabilité, leur pouvoir méthanogène, leur potentiel de biodégradabilité, etc.

Actuellement, l'absence de filières de collecte et de traitement adaptées ainsi que la difficulté d'identifier un matériau composé de ces polymères biosourcés innovants lors des phases de tri des déchets rendent ces opportunités de fin de vie encore théoriques. Ce problème n'est pas inhérent aux produits biosourcés, mais à tout produit innovant.¹

Chaque produit, biosourcé ou non, a un impact sur l'environnement. Utiliser de la matière première issue du monde du vivant en substitution d'une matière non renouvelable est un levier possible pour réduire l'impact environnemental d'un produit. Néanmoins, la réalité de ce gain dépend de nombreux facteurs et doit être confirmée par une évaluation environnementale (par exemple l'Analyse du cycle de vie (ACV)), associée à une démarche d'éco-conception.²

Enjeux associés à la consommation de plastique en France

Focus 4 : la substitution avec les bioplastiques est aborder avec prudence, compte tenu de leur fin de vie ¹

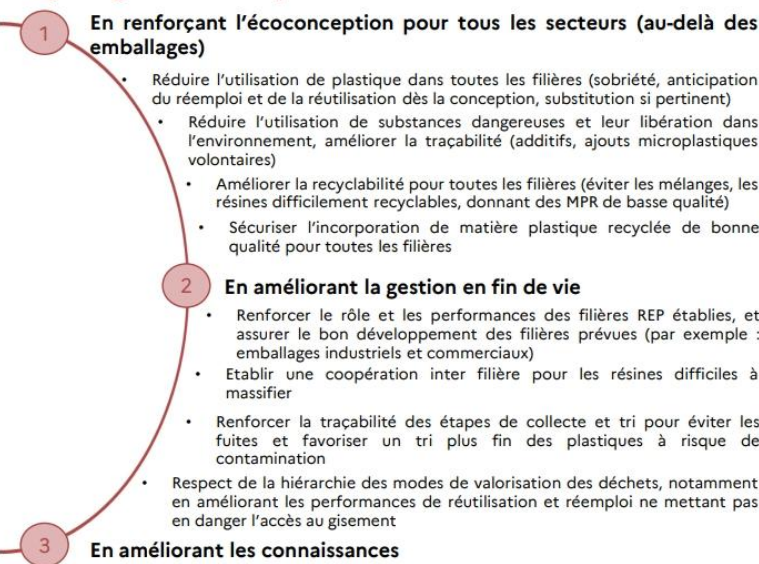
Idées reçues autour des bioplastiques	Points d'attention
« Les bioplastiques se dégradent dans la nature ou dans le compost des consommateurs, ce qui enlève le risque de pollution plastique »	Les bioplastiques peuvent être : - Biosourcés non biodégradables (bio-PE, PA, TPU, TPE) - Biosourcés et biodégradables (PLA, PHA, PBS) - Pétrosourcés et biodégradables (PBAT, PCL) Tout ce qu'on appelle bioplastique n'est donc pas nécessairement biodégradable. Il s'avère d'ailleurs que pour être biodégradés, ces plastiques doivent être traités dans des filières de compostage industriel et non dans des compostages domestiques ou dans l'environnement. Selon l'Anses, aucune sorte de compostage ne garantit l'absence de fuite de macro ou microplastiques dans l'environnement. L'agence recommande d'ailleurs de modifier la réglementation afin que toute incitation ou revendication relative à l'insertion de matières plastiques dans un compost domestique soit interdite.
« Leur degré de toxicité est moins élevé que celui des plastiques vierges »	Une étude scientifique a prouvé que 67% de 43 produits en bioplastiques présentaient une « toxicité de base ».
« Le compost issu des bioplastiques peut servir à fertiliser des sols agricoles et/ou produire du biogaz »	Seuls les véritables biodéchets le peuvent. Si les bioplastiques peuvent en théorie faciliter la collecte des biodéchets, l'Ademe assure que l'emballage en plastique compostable n'a pas de valeur fertilisante par lui-même. Les emballages en plastique compostables atteignent rarement une plateforme de compostage (ils sont principalement incinérés ou enfouis). Lorsque c'est le cas, ils sont souvent extraits des biodéchets avant le processus de compostage pour être incinérés ou enfouis (ce qui évite de perturber le processus, car les produits compostables et non compostables ne peuvent pas être différenciés et les durées de compostage ne sont pas forcément les mêmes).

Synthèse des enjeux ¹

Etat des lieux

Enjeux économiques importants	• ~126 000 emplois en France pour la plasturgie • Chiffre d'affaires du secteur emballage : 8Md € • Chaîne de valeur très exposée à l'international (on importe presque autant de résines qu'on en produit et on en exporte autant qu'on en importe) • 1,5 Md€/an de malus imposé par l'UE pour mauvais taux de collecte d'emballages en vue du recyclage
De grands impacts santé - environnement	• Risque sanitaire, environnemental et économique avéré • 25% des substances présentes dans le plastique identifiées comme préoccupantes • 200 espèces marines comestibles contaminées aux microplastiques • jusqu'à 695 M€/an de coût lié à la pollution des écosystèmes marins en Europe
Limites structurelles du recyclage	• Performances du recyclage mécanique limitées passé un certain seuil (type de matière...) • Nécessité théorique de compenser par du recyclage chimique pour augmenter drastiquement les capacités de recyclage : or, ces technologies ont un rendement plus faible, sont coûteuses en investissements publics et ne sont pas encore passées à l'échelle industrielle

Propositions : réduire le gisement* et optimiser le recyclage mécanique



Source : 'l'Économie circulaire, point d'avancement sur l'avancée des travaux - France Nation Verte

RÉFÉRENCES DES ANNEXES

- [1] la rédaction de Futura, « Définition | Thermoplastique | Futura Sciences », Futura. Consulté le: 14 mars 2023. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.futura-sciences.com/sciences/definitions/chimie-thermoplastique-2016/>
- [2] la rédaction de Futura, « Définition | Thermodurcissable - Polymère thermodurcissable | Futura Sciences », Futura. Consulté le: 21 mars 2023. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.futura-sciences.com/sciences/definitions/chimie-thermodurcissable-2017/>
- [3] palsy@revetem, « Thermodurcissables / Thermoplastiques », Revetem. Consulté le: 27 mars 2023. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.revetem.fr/polymeres-thermodurcissables-vs-thermoplastiques/>
- [4] L. Tech, « Thermodurcissables vs thermoplastiques », Dr. Dietrich Müller GmbH. Consulté le: 21 mars 2023. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.mueller-ahlhorn.com/fr/thermodurcissables-vs-thermoplastiques/>
- [5] « Panorama de la Plasturgie et des Composites 2021 | Polyvia », Panorama de la Plasturgie et des Composites 2021 | Polyvia. Consulté le: 21 février 2023. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.polyvia.fr/fr/economie/panorama-de-la-plasturgie-et-des-composites-2021>
- [6] « IFPEN | Tout savoir sur le recyclage du plastique », IFPEN. Consulté le: 8 mars 2023. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.ifpennergiesnouvelles.fr/enjeux-et-prospective/decryptages/climat-environnement-et-economie-circulaire/tout-savoir-recyclage-du-plastique>
- [7] « Les filières à responsabilité élargie du producteur (REP) et les éco organismes existant avant la Loi AGECE de février 2020 ». Consulté le: 20 septembre 2024. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.ordeco.org/les-filieres-responsabilite-elargie-producteur-rep-et-les-eco-organismes-existant-avant-la-loi-agec>
- [8] ADEME, « Fonctionnement filières à responsabilité élargie du producteur ». Consulté le: 20 septembre 2024. [En ligne]. Disponible sur: <https://filieres-rep.ademe.fr/principe-et-reglementation/fonctionnement>