

PLASTIQUES RECYCLES & CONTACT ALIMENTAIRE

ALAIN BOBE

DIRECTEUR PURE
LABORATOIRE



L'Europe dans le cadre de sa stratégie plastique, et la France au travers de sa feuille de route économie circulaire ont formulé des objectifs ambitieux en termes d'intégration de matières plastiques recyclées. Selon la Directive 2018/852 du Paquet « Economie Circulaire » (Révision de la directive 94/62) l'objectifs à atteindre pour les états membres de l'Europe est de 55% de taux de recyclage en poids pour les plastiques au 31/12/2030.

Le terme « recyclage » selon la directive cadre déchets 2008/98/CE signifie toute opération de valorisation par laquelle les déchets sont retraités en produits, matières ou substances aux fins de leur fonction initiale ou à d'autres fins.

Différents types de recyclage sont possible. Actuellement en Europe, le recyclage mécanique est majoritaire (99% du recyclage des plastiques). Face aux défis et enjeux de la valorisation des plastiques et fin de vie, de nombreux espoirs sont aujourd'hui mis dans les voies de recyclage chimique pour accroître la qualité et la quantité des plastiques recyclés.

De nombreux challenges sont à relever pour maintenir les propriétés mécaniques du matériau recyclé, en raison de la dégradation du polymère au cours de son vieillissement et au cours de son recyclage. Il est important également de maintenir les propriétés visuelles et olfactives.

Le respect de la conformité réglementaire pour l'utilisation de matériaux plastiques recyclées au contact de denrées alimentaires est fondamental

La réglementation Matériaux au contact des denrées alimentaires (MCDA) exige le même niveau de sécurité pour les matériaux plastiques recyclés et vierges. Cependant, la sécurité chimique des emballages alimentaires recyclés est une question sensible à prendre en compte.

4 Eléments clés



Nouvelle ambition de l'économie circulaire pour les plastiques (source Fondation Ellen Macarthur).

Eléments clés n°1 : Le recyclage mécanique des plastiques

Ce recyclage se fait de façon schématique en trois étapes. Le premier stade est la transformation d'un produit en fin de vie en flux de déchets de différentes natures (ou différents matériaux). Une fois séparés des éléments métalliques et autres (métaux ferreux, métaux non ferreux, bois, ...) un flux de déchets de fragments plastiques est isolé.

Le second stade est la séparation de ces flux de fragments plastiques en flux de plastiques de même nature type polypropylène PP, polyéthylène basse densité PEBD, polyéthylène haute densité PEHD, polystyrène PS, polyéthylène téréphtalique PET, polychlorure de vinyle PVC, ...

Le troisième stade est la régénération de ces fragments plastiques pour obtenir une matière plastique recyclée (généralement sous forme de granulés) apte à la transformation et à l'utilisation pour la fabrication de nouveaux produits.

Ces divers stades peuvent combiner différentes techniques de types démantèlement, broyage, tri exploitant les technologies basées sur des différences de densité, de propriétés magnétiques, électrostatiques ou spectroscopiques (UV/Vis, IR ou RX). La régénération combine plusieurs techniques de type broyage, lavage, séchage, densification, micronisation, granulation, compoundage, ...

Différentes technologies existantes ou à l'étude pourront contribuer à améliorer la qualité des matières premières recyclées mécaniquement par une séparation plus efficace des différents plastiques.

Des pilotes sont en cours pour l'optimisation du tri des plastiques non liés par flottation qui repose sur le caractère hydrophile ou hydrophobe des matériaux. Ces technologies de flottation sont déjà industrialisées dans l'extraction des métaux et du papier.

AUTRES ELEMENTS CLES

**RECYCLAGE
CHIMIQUE**

**REGLEMENTATION
CONTACT ALIMENTAIRE**

**RISQUES DE
CONTAMINATION**

PLASTIQUES RECYCLES

*Eléments clés n°1 le recyclage mécanique
 Pilotes, essais industriels d'optimisation*

Des pilotes sont en cours pour l'optimisation du tri des plastiques non liés par flottation qui repose sur le caractère hydrophile ou hydrophobe des matériaux.

Ces technologies de flottation sont déjà industrialisées dans l'extraction des métaux et du papier.

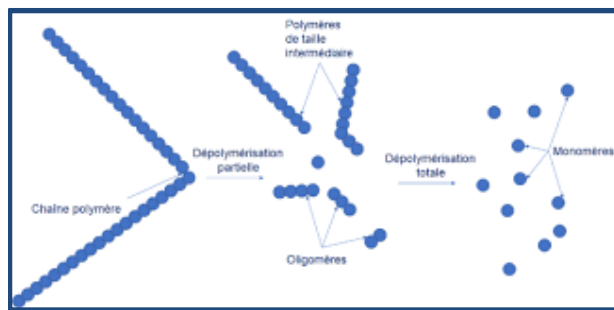
Des pilotes sont également en cours pour l'utilisation des technologies de marquage et d'identification de traceurs à intégrer pour optimiser le tri optique des plastiques.

La technique de dissolution sélective est prometteuse pour séparer les matières intimement liées par exemples le PVC issu des câbles électriques, les films multicouches PE/PA, les complexes plastiques/métaux, ...

En parallèle de ces développements, de nombreux travaux sont réalisés autour de la conception en vue du recyclage final par des intégrations dans les emballages de nouveaux colorants noirs, par l'intégration de traceurs pour faciliter le tri, la substitution de produits multicouches par un produit monocouche avec les mêmes propriétés, ...



Le monde se met au recyclage chimique du plastique (source Les échos)



Recyclage chimique des déchets plastiques – dépolymérisation partielle et totale (source Association Alliance Chimie Recyclage)

Eléments clés n°2 : le recyclage chimique

Le recyclage chimique des plastiques est défini selon la norme ISO 15270 comme la conversion en monomère ou la production de nouvelles matières premières par modification de la structure chimique des plastiques par cracking, gazéification ou dépolymérisation.

Il convient de distinguer deux approches différentes : la **dépolymérisation chimique** (y compris enzymatique) et la **dépolymérisation thermique ou cracking** pouvant être réalisé de différentes manières (thermique uniquement, catalytique, ou hydrocatalytique)

Une telle dépolymérisation peut être soit partielle permettant d'obtenir des polymères de taille intermédiaires ou des oligomères, soit totale permettant d'obtenir des monomères.

La **dépolymérisation chimique** fait appel à des technologies de dégradation par action d'un solvant (solvolyse) qui peut être soit l'eau (hydrolyse), soit un alcool type par exemple éthylène glycol (glycolyse) ou méthanol (méthanolyse) ou une amine (aminolyse) type ammoniacque, éthylène diamine, ...

Pour un même polymère, les différents types de procédés de solvolyse conduisent à des produits de dégradation différents

Pour être totale, ces dépolymérisations chimiques nécessitent d'être menées à chaud et/ou en présence de catalyseurs métalliques ou enzymatiques. Dans ce dernier cas on parle d'une dépolymérisation enzymatique.

La **dépolymérisation chimique** est un procédé qui peut être sélectif à condition d'être réalisé sur une seule et unique résine. Pour être efficace, il est donc essentiel de réaliser une préparation et un tri en amont du flux.

Les technologies de solvolyse sont généralement utilisées pour les polymères contenant dans leur squelette des hétéroatomes (essentiellement oxygène et azote) en plus des atomes de carbone (polyéthylène téréphtalique PET, polyuréthane PUR, polyamide PA).

Des projets potentiellement prometteurs visent essentiellement des **flux de PET, non valorisés à ce jour**, comme les barquettes (et en particulier les barquettes multicouches), les textiles polyesters ou les bouteilles en PET opaque. La transformation de mousse PUR en production de polyols sont en cours d'essais, ainsi que le développement d'un procédé industriel de recyclage enzymatique du PET par une société française CARBIOS.

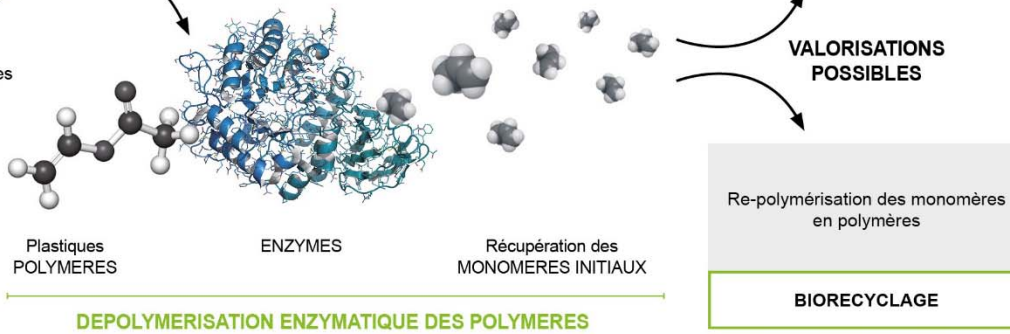
La **dépolymérisation thermique et cracking** sont essentiellement basés sur des techniques de pyrolyse ou de gazéification en milieu réducteur (en défaut d'oxygène). Ces technologies sont particulièrement adaptées pour les polymères à squelette uniquement carboné comme les acryliques (PMMA), les polyoléfinés (PE, PP) et le polystyrène (PS).



Les enzymes sont les nouveaux catalyseurs de haute-performance pour l'industrie chimique

Les micro-organismes produisent des enzymes pour dégrader les molécules complexes

Sélection de micro-organismes dégradant les plastiques



Recyclage enzymatique des polymères (source Société CARBIOS)

Plastique = polymère + additifs / Polymère = Enchaînement moléculaire de monomères

● **Dissolution :** Récupérer les chaînes de polymères Ex : Dissolution du PVC



● **Dépolymérisation:** Revenir aux motifs élémentaires Ex : Solvolyse du PET



● **Conversion :** Craquer ou convertir les polymères Ex : Pyrolyse PE/PP/PS → Oils



Recyclage chimique de plastique : différents principes de technologies (source IFPEN)

REGLEMENTATION EUROPE ET ETATS MEMBRES

Eléments clés n°3 : plastiques recyclés au contact des aliments

La réglementation MCDA en Europe exige le même niveau de sécurité pour les matériaux plastiques recyclés et vierges. Les plastiques recyclés sont inclus dans les groupes de matériaux du règlement cadre CE n°1935/2004. Leur utilisation est spécifiquement réglementée par les règlements CE n°10/2011 et amendements (plastique) et CE n°282/2008 (plastique recyclé). Une déclaration de conformité est obligatoire.

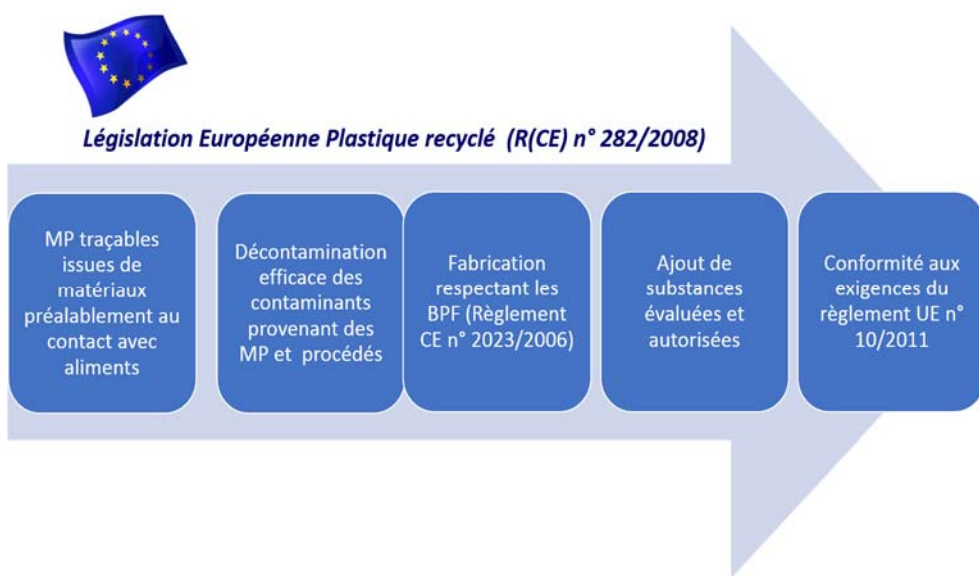
Les évaluations des risques tiennent compte de la traçabilité et de la qualité des intrants, de l'efficacité du processus de recyclage pour éliminer les contaminants et de l'utilisation prévue du plastique recyclé au contact des aliments.

Concernant la qualité des intrants en plastique, pour éviter tout risque de contamination chimique et de migration, les emballages en plastique utilisés pour les produits non alimentaires (tels que les solutions de nettoyage) ne doivent pas être recyclés en matériaux utilisés ultérieurement pour le contact avec les aliments.

Concernant l'évaluation de l'efficacité de décontamination du processus de recyclage, des tests de simulation sont mis en place avec granules de plastiques contaminés artificiellement à des niveaux élevés de substances chimiques (représentants différents groupes de contaminants) et soumis à toutes les étapes du processus de recyclage. Après recyclage, les niveaux de substitués résiduels sont analysés pour évaluer l'efficacité du processus d'élimination. Il est obligatoire de soumettre un dossier à l'EFSA qui doit émettre un avis favorable avec un numéro d'agrément.

Au final, ce plastique recyclé doit être conforme, au règlement plastique UE n°10/2011 et amendements, avec pour exigence (1) l'obligation d'utiliser des substances chimiques de départ et additifs autorisés et listés dans le règlement, (2) de respecter essentiellement les critères d'inertie (migrations globales, spécifiques, ...) pour les conditions normales et prévisibles d'emploi et (3) des restrictions d'usage (type d'aliments, durée, température) lorsqu'elles existent.

Il est également important de respecter les bonnes pratiques de fabrication (BPF) tout au long de la chaîne de valeur, conformément au règlement CE n° 2023/2006.

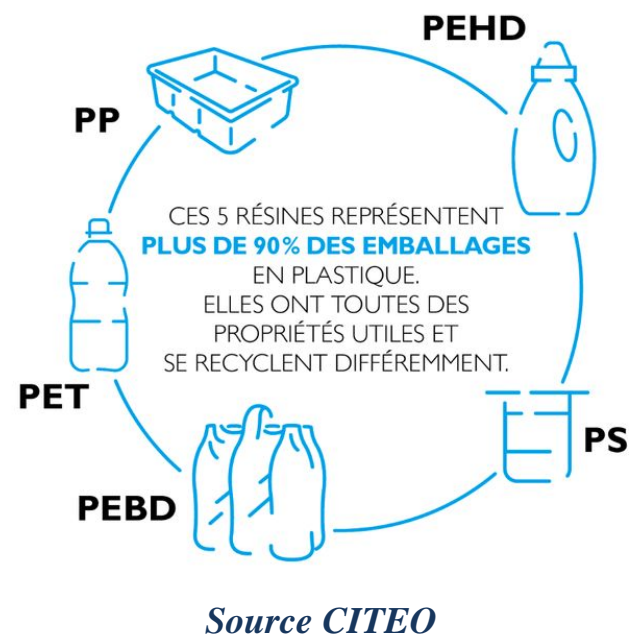
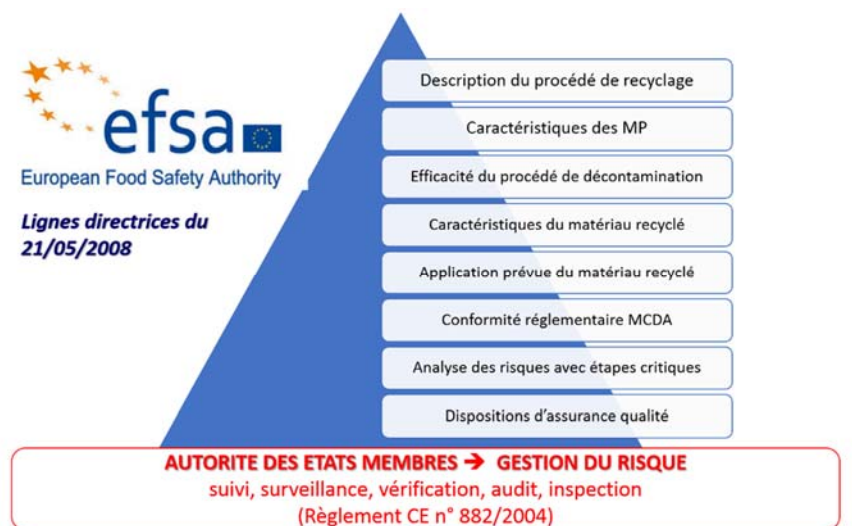


RÈGLEMENT (CE) n° 282/2008 DE LA COMMISSION du 27 mars 2008 - relatif aux matériaux et aux objets en matière plastique recyclée destinés à entrer en contact avec des denrées alimentaires et modifiant le règlement (CE) no 2023/2006*

Article 4 - Conditions d'autorisation des procédés de recyclage

Pour être autorisé, un procédé de recyclage doit satisfaire aux conditions suivantes :

- a) la qualité de la matière première plastique doit être spécifiée et contrôlée conformément à des critères préétablis garantissant la conformité des matériaux et des objets finaux en plastique recyclé avec l'article 3 du règlement (CE) no 1935/2004;
- b) la matière première plastique doit provenir de matériaux et d'objets en plastique fabriqués conformément à la législation communautaire sur les matériaux et objets en plastique mis en contact avec des denrées alimentaires, notamment la directive 78/142/CEE du Conseil du 30 janvier 1978 relative au rapprochement des législations des États membres en ce qui concerne les matériaux et objets contenant du chlorure de vinyle monomère destinés à entrer en contact avec les denrées alimentaires (6), et la directive 2002/72/CE;
- c) i) soit les matières premières plastiques doivent provenir d'un circuit de produits se trouvant dans une chaîne fermée et contrôlée garantissant que seuls des matériaux et des objets destinés à entrer en contact avec des denrées alimentaires sont utilisés et que toute contamination peut être exclue ;
ii) soit il doit être démontré, par un test de simulation ou par d'autres méthodes scientifiques appropriées, que le procédé est en mesure de réduire toute contamination des matières premières plastiques à une concentration ne présentant aucun risque pour la santé humaine ;
- d) la qualité du plastique recyclé doit être spécifiée et contrôlée conformément à des critères préétablis garantissant la conformité des matériaux et des objets finaux en plastique recyclé avec l'article 3 du règlement (CE) no 1935/2004;
- e) les conditions établies d'utilisation du plastique recyclé doivent garantir la conformité des matériaux et des objets finaux en plastique recyclé avec l'article 3 du règlement (CE) no 1935/2004



Eléments clés n°4 : Analyse de risque des sources de contamination

La sécurité chimique des emballages alimentaires recyclés est une question sensible à prendre en compte. Les sources de contamination peuvent être multiples et les contaminants indésirables ou inattendus peuvent provenir (1) de matériaux non alimentaires entrant dans le flux de recyclage, (2) de l'utilisation antérieure, (3) d'une mauvaise utilisation antérieure, (4) de substances utilisées lors du processus de recyclage et (5) de substances non intentionnellement ajoutées (NIAS) qui sont des produits de dégradation du polymère ou des additifs (le matériau pouvant être dégradé pendant son utilisation et/ou le recyclage).

Différents groupes de contaminants, sont régulièrement signalés dans les plastiques recyclés : composés odorants, oligomères, additifs et leurs produits de dégradation, retardateurs de flammes bromés, produits chimiques issus d'abus de consommation, ... Ces contaminations sont aléatoires. **Une évaluation de ces NIAS par des méthodes de criblage chimique pertinente est nécessaire.**

La présence d'huiles essentielles à base d'agrumes a été détectées dans des boissons non alcoolisées stockées dans des bouteilles en PET recyclé. Des composés de type terpènes limonène, γ -terpinène, et p-cymène ont été identifiés dans du PET recyclé. Des composés présents dans les parfums type limonène, 3-carène, bétamyrcène et terpinolène ont été mesurés dans du PEHD recyclé.

Les oligomères peuvent être des produits de réaction secondaire formés lors de la synthèse des plastiques et/ou des produits de dégradation générés lors de leur utilisation et/ou au cours du processus de recyclage. Ces composés peuvent être présents dans le matériau recyclé et migrer dans les aliments.

Des analyses ont révélé la présence de phtalates DEHP, DiBP, DBP et BBP dans des eaux conditionnées dans des bouteilles en PET contenant 20 à 30% de contenu recyclé. Une telle présence est surprenante car ces additifs ne sont généralement pas nécessaires comme plastifiants dans le PET. Les contaminations croisées par ces molécules peuvent être fréquentes et multiples.

Des niveaux de migration plus élevés d'additifs Irgafos 168©, Irganox 1010© et Chimisorb 944© ont été observés pour des polyoléfines, après plusieurs séquences de recyclage, qui peuvent s'expliquer par l'ajout de ces produits chimiques lors de chaque étape de recyclage, et non pas par les processus de recyclage eux-mêmes (effet d'accumulation).

Des produits de dégradation (2,4-di-tert-butylphénol, éthylbenzène, isomères de xylènes), d'additifs utilisés dans le PEHD et le PP, ont augmenté après plusieurs séquences de recyclage.

Des retardateurs de flammes bromés ont été mesurés dans des plastiques noirs recyclés destinés au contact alimentaire. De tels composés proviennent de plastiques d'équipements électriques et électroniques donc l'utilisation initiale était non alimentaire.

