



Alain Bobé
Directeur
Pure Laboratoire

Plastique recyclé destiné au contact alimentaire : technologies, réglementation et risque chimique

Au niveau des emballages, un défi majeur est d'inciter à l'incorporation de matière recyclée pour un retour au contact alimentaire. L'utilisation de plastique recyclé au contact de denrées alimentaires doit se faire tout en maîtrisant le risque sanitaire lors de l'utilisation finale (prioritaire), en maintenant les propriétés physico-mécaniques nécessaires lors de la production ou de l'utilisation finale et en préservant les qualités visuelles de finition pour l'application prévue (brillance, transparence, etc.).

D'une économie linéaire à circulaire pour les emballages plastiques

La production et l'utilisation de plastique est un excellent exemple d'économie linéaire dans lequel les ressources naturelles sont extraites, utilisées pour produire des produits et éliminées comme déchets à la fin de leur durée de vie utile. L'augmentation constante de la production de plastique entraîne de graves problèmes environnementaux, notamment la forte demande énergétique lors de la production, la consommation (et épuisement) de combustibles fossiles et l'accumulation de déchets plastiques dans les décharges et les milieux naturels.

Au niveau de l'Europe, l'Union Européenne (UE) prend des mesures concernant les plastiques pour lutter contre la pollution plastique et les déchets marins, et pour accélérer la transition vers une économie circulaire des plastiques (Commission européenne, Énergie, changement climatique, environnement, plastique, https://environment.ec.europa.eu/topics/plastics_en, 2024).

La stratégie mise en place par l'UE en matière de matières plastiques vise à transformer la manière dont les produits en plastique sont conçus, produits, utilisés et recyclés. Des règles

et objectifs spécifiques s'appliquent à certains domaines, notamment les plastiques à usage unique (avec la directive UE n° 2019/904 du 5 juin 2019 relative à la réduction de l'incidence de certains produits en plastique sur l'environnement), les emballages plastiques (avec le futur règlement PPWR et ses règles relatives aux emballages et aux déchets d'emballages), ou encore les microplastiques (en adoptant des mesures qui limitent les microplastiques intentionnellement ajoutés aux produits dans le cadre de la législation européenne sur les produits chimiques REACH).

Au niveau de la France, les approches mises en place pour réduire ou ralentir la demande de plastique incluent (1) la réduction (poids et/ou du volume des emballages à titre d'exemple), (2) le réemploi des emballages et (3) le recyclage de certains polymères au travers de la loi n° 2020-105 du 10 février 2020 relative à la lutte contre le gaspillage et à l'économie circulaire (dite loi AGEC) et son décret d'application, le décret n° 2021-517 du 29 avril 2021 dit « 3R ». Ce décret fixe notamment de tendre vers 100 % de recyclage des emballages en plastique à usage unique d'ici le 1^{er} janvier 2025 et, pour y parvenir, un objectif que tous les emballages en plastique à usage unique mis sur le marché disposent d'ici le 1^{er} janvier 2025 d'une filière de recyclage opérationnelle (Ministère de la transition écologique, Stratégie

3R (réduction, réemploi, recyclage) pour les emballages à usage unique, 2022).

Aussi bien au niveau européen ou français, un axe important et stratégique est de rendre le recyclage des plastiques rentable pour les entreprises avec de nouvelles règles pour améliorer la collecte sélective des déchets plastiques, améliorer la recyclabilité des plastiques et augmenter la demande de contenu en plastique recyclé.

I. Un emballage plastique recyclable selon la réglementation

La recyclabilité du plastique est un véritable challenge à relever car le plastique est une matière complexe, constituée habituellement d'un polymère (mono composant) ou de plusieurs polymères (multicouches) et de nombreux additifs (stabilisants, colorants, plastifiants, pigments, etc.) choisis en fonction des propriétés d'usages requises. Le plastique est intégré dans un emballage qui est une combinaison fréquente de plusieurs matériaux, avec d'autres plastiques voire d'autres matériaux (verre, métaux, etc.). Cet emballage peut être souillé par des impuretés organiques et inorganiques, autres polymères, autres non polymères (bois ou papier), métaux non ferreux (par exemple, aluminium), produits chimiques, PVC (polychlorure de vinyle), ou des aliments.

Un emballage plastique recyclable selon la réglementation doit disposer d'une filière de recyclage opérationnelle, ce qui signifie au niveau :

- **de l'écoconception**, l'emballage est conçu pour être recyclable. Les exemples d'écoconception selon les cas peuvent concerner : la substitution des complexes par des mono-matériaux ; l'intégration de colorants compatibles au tri ; l'utilisation de polymères ou le développement de polymères pouvant intégrer les filières de recyclage existantes ; le remplacement des polymères non recyclables actuellement ; l'emballage purifié ; etc. Des exemples plus concrets et détaillés sont décrits dans des guides d'écoconception COTREP (Elipso, Citeo, Valorplast) par exemple (Comité technique pour le recyclage des emballages plastiques (Elipso, Citeo, Valorplast), Recyclabilité des emballages en plastique, éco-concevoir pour mieux recycler, Cotrep ; Le guide éditions 2017 et 2022) ;
- **de la collecte**, l'emballage est intégré aux consignes de tri (avec une maturité du tri du citoyen) ;
- **du tri**, l'emballage est détectable, triable et ne contient pas d'éléments ou de substances perturbant le tri ou le recyclage. Cette étape cruciale se modernise et s'automatise (partiellement) pour le tri manuel, avec l'utilisation de technologies proche infrarouge (NIR) pour déterminer le type de polymère avec une reconnaissance optique des couleurs triant les plastiques en fractions claires et colorées et l'apport de technologies complémentaires basées sur les rayons X, la densité, l'électrostatique, le point de fusion, la dissolution sélective, etc. Les innovations sont nombreuses avec par exemple

des marquages « *watermarks* » (filigranes numériques) sur les emballages ; des marquages polymères précis (colorants fluorescents type terre rare et inorganiques identifiables par des techniques spectroscopiques) ;

- **du recyclage**, l'emballage intègre une filière de recyclage permettant d'assurer des capacités de recyclage (la capacité de la matière recyclée produite par le recyclage doit représenter plus de 50 % du déchet collecté).

En France, les filières de recyclage existantes et en consolidation des emballages ménagers sont les bouteilles PET (polytéréphthalate d'éthylène) clair, bouteilles PET coloré et opaque, autres rigides PET sans opercule, rigides en PE (polyéthylène), rigides en PP (polypropylène) et souples en PE. Les filières de recyclage en cours de développement sont les autres rigides PET avec opercule, rigides en PS (polystyrène) (de densité > 1) et les souples en PP.

II. Les différentes technologies de recyclage

Le recyclage en boucle fermée (primaire) consiste en une transformation des matières plastiques (non contaminées par des agents biologiques) en un nouveau « produit » sans perte des propriétés physico-chimiques et fonctionnelles.

Le recyclage mécanique (secondaire) n'altère pas la structure chimique de la matière mais modifie partiellement ou globalement les propriétés physico-chimiques (et donc fonctionnelles) finales. Une telle technologie intègre des processus avec des étapes de tri, broyage, nettoyage, décontamination et granulation. Dans le cadre d'un futur contact alimentaire, des étapes de nettoyages supplémentaires peuvent être requises avec des traitements d'incubation à haute température, sous vide ou sous gaz inerte, de surface avec des produits chimiques, extraction au dioxyde de carbone supercritique, etc.

Ce type de recyclage est moyennement adapté (1) aux déchets contenant des mélanges de plusieurs types de plastiques (pour des performances optimales) et (2) aux déchets contenant des plastiques auxquels adhèrent des résidus alimentaires. Il ne peut pas être maintenu indéfiniment et présente certaines limites dont les principales sont :

- une dégradation partielle des squelettes polymères par chauffage pouvant entraîner la rupture des liaisons intramoléculaires entraînant une distribution de poids moléculaire plus faible ;
- une dégradation par des influences extérieures lors de l'utilisation ou de la gestion des déchets (contact avec des substances acides, rayonnements ultraviolets et températures extrêmes) ;
- une diminution des fonctionnalités des additifs type antioxydants et stabilisants à la suite de dégradations ; et
- une modification des propriétés mécaniques et optiques du polymère recyclé (augmentation de la fragilité et de l'opacité).

Le recyclage chimique (tertiaire) consiste en une modification de la structure chimique avec décomposition du polymère en molécules de plus faibles poids moléculaire (Recyclage chimique des déchets plastiques : situation et perspectives, état de l'art et avis d'expert, Réseau Coopératif de Recherche sur les Déchets et l'Environnement (Record), C. Delavelle ; B. De Caebel, 2015).

La dépolymérisation est une décomposition en oligomères, monomères (substances de départ) ou autres substances chimiques qui pourraient être utilisées pour la synthèse de nouveaux polymères. Différents types de dépolymérisation notamment chimique selon le type d'agent chimique (solvant mis en jeu) peuvent être utilisées : méthanolyse (méthanol), glycolyse (glycol), hydrolyse (eau), aminolyse (amines), ammonolyse (ammoniaque), etc. La dépolymérisation enzymatique est une technologie basée sur l'hydrolyse avec pour catalyseur des enzymes. Ces technologies (boucles de recyclages courtes) sont à haute valeur ajoutée pour le recyclage des matériaux au contact des denrées alimentaires et adaptées aux polymères de condensation polyester (PET et polytéréphtalate de butylène PBT), au PU (polyuréthane), au PC (polycarbonate), au PA (polyamide), au PLA (acide polylactique) et aux déchets plastiques homogènes (le tri étant très important). Des défis scientifiques et techniques sont à relever pour assurer la qualité des substances chimiques finales générées (notamment le degré de pureté).

La conversion conduit à l'obtention d'hydrocarbures (naphtas ou gaz de synthèse) susceptibles de réintégrer un complexe pétrochimique pour produire, entre autres, des monomères. Différents procédés peuvent être appliqués. La pyrolyse (craquage thermique) permet une décomposition de la macrostructure, en absence d'oxygène, pour obtenir des huiles d'hydrocarbures. Une telle technologie relativement simple est adaptée au recyclage des déchets plastiques difficiles à dépolymériser et à de nombreux polymères plastiques de type : HDPE (polyéthylène haute densité), LDPE (polyéthylène basse densité), PP, PMMA (polyméthacrylate de méthyle), PS, ABS (acrylonitrile butadiène styrène) ou mixte PE/PP/PS. À l'inverse, en raison de la formation de composés chlorés, cette technologie est peu adaptée au PVC dans la matière première. Ces procédés sont connus pour leurs consommations d'énergies élevées et leurs recyclats de qualité inférieure comparativement à la dépolymérisation. La gazéification est une oxydation partielle des déchets plastiques, à des températures élevées comprises entre 700 °C et 1 200 °C en fonction de l'agent oxydant, type un mélange de vapeur et d'oxygène pur ou de l'air. La décomposition du polymère produit un gaz de synthèse (CO₂, H₂ et hydrocarbures) et dont la composition est variable selon la température appliquée. Une telle technologie peut être énergivore. La pyrolyse et la gazéification sont considérées comme des boucles de recyclage longues avec obtention de matière première recyclée de moindre valeur ajoutée. De telles technologies sont existantes et matures pour traiter des plastiques en mélange. Des développements par hydrocraquage, pyrolyse assistée micro-ondes, pyrolyse au plasma et gazéification au plasma sont en cours pour une optimisation (Chemical Recycling : Status, Sustainability, and Environmental Impacts, Global Alliance for Incinerator Alternatives, A. Rollinson ; J. Oladej, 2020).

Pour faciliter une transition rapide et efficace vers l'incorporation de matières plastiques recyclées, les hydrocarbures obtenus sont mélangés dans des infrastructures industrielles existantes (à grande échelle) avec les hydrocarbures d'origines fossiles. La mise en œuvre de l'approche « *mass balance* » est par conséquent nécessaire. La méthodologie de calcul et l'ensemble des règles, permettant de déterminer le niveau de contenu recyclé dans un produit final lorsque des matières premières recyclées et vierges sont utilisées dans le processus, doivent être finalisées au niveau européen.

III. Des mesures spécifiques harmonisées pour les plastiques recyclés au contact des denrées alimentaires avec le règlement UE n° 2022/1616

Ce nouveau règlement UE n° 2022/1616 du 15 septembre 2022 relatif aux matériaux et objets en matière plastique recyclée destinés à entrer en contact avec des denrées alimentaires abroge l'ancien règlement CE n° 282/2008 du 27 mars 2008 à compter du 10 octobre 2022, avec des dispositions transitoires décrites dans les articles 31 et 32. Il a pour objectif de légiférer (1) sur le développement et l'exploitation de technologies, de procédés et d'installations de recyclage dans le but de produire du plastique recyclé destiné à être utilisé dans ces matériaux et objets en matière plastique et (2) sur l'utilisation, en contact avec des denrées alimentaires, de matériaux et objets en matière plastique recyclée (Commission européenne, Food, Chemical safety, Food Contact Materials, Plastic Recycling, https://food.ec.europa.eu/safety/chemical-safety/food-contact-materials/plastic-recycling_en, 2024).

A. Technologies appropriées et nouvelles

Ce règlement UE n° 2022/1616 présente les technologies pouvant être utilisées, divisées en deux catégories : appropriées et nouvelles.

La **technologie** est dite « **appropriée** » s'il est démontré qu'elle permet de recycler des déchets en matériaux et objets en matière plastique recyclée qui sont conformes à l'article 3 du règlement CE n° 1935/2004 du 27 octobre 2004 concernant les matériaux et objets destinés à entrer en contact avec des denrées alimentaires et sûrs sur le plan microbiologique. Le recyclage mécanique du PET post-consommation et le recyclage à partir de circuits de produits en chaîne fermée et contrôlée entrent dans cette catégorie. Pour chacun de ces recyclages en annexe I dudit règlement UE n° 2022/1616, des précisions sont détaillées sur (1) les spécifications du type de polymère à utiliser, de la matière plastique première à recycler et du produit sortant et (2) les descriptions de la technologie de recyclage et de décontamination. Pour le recyclage mécanique du PET post-consommation, ce dernier est un bon candidat car il se caractérise par une faible sorption des aliments, un traitement aux températures élevées possibles, une diffusion des molécules dans le matériau moindre

et une faible gamme d'additifs. Pour les spécifications matière première plastique « PET à recycler », elle peut contenir au maximum 5 % de matériaux et objets utilisés en contact avec des matériaux ou substances non alimentaires. Pour les spécifications produits sortant « PET décontaminé », les matériaux et objets finaux ne peuvent être utilisés ni au four à micro-ondes ni au four conventionnel. Pour cette technologie appropriée, les processus individuels nécessitent une autorisation par l'Autorité européenne de sécurité des aliments (EFSA).

Toute **technologie** qui n'a pas fait l'objet d'une décision quant à son caractère approprié est considérée comme **nouvelle**. Elle n'est pas encore vérifiée de manière indépendante et elle peut être autorisée sur le marché sous certaines conditions (plan de surveillance avec limitation dans le temps) pour le développement de données. Le recyclage mécanique de polymères autres que le PET est une technologie nouvelle. Le recyclage chimique entre également dans cette catégorie si la dépolymérisation est incomplète. Si la dépolymérisation complète génère des substances (notamment monomères) listées dans le tableau 1 de l'annexe I du règlement CE n° 10/2011 du 14 janvier 2011 concernant les matériaux et objets en matière plastique destinés à entrer en contact avec des denrées alimentaires, le recyclage chimique est exempté du règlement UE n° 2022/1616. L'utilisation de plastique recyclé derrière une barrière fonctionnelle entre également dans le champ d'application de ce règlement sur le recyclage des plastiques au contact des denrées alimentaires. La barrière fonctionnelle devra être prouvée, ce qui pourra s'avérer être un véritable challenge.

Différentes définitions sont décrites pour pouvoir réglementer efficacement différents aspects de la fabrication de plastiques recyclés. Il est important de comprendre les différents concepts de « technologie de recyclage », « processus de recyclage » et « installations de recyclage ». Les recycleurs utilisent une installation de recyclage pour fabriquer du plastique recyclé selon un processus de recyclage. Les processus et installations de recyclage ne peuvent s'appuyer que sur des technologies appropriées, à moins que la technologie sur laquelle ils reposent soit encore en cours de développement en tant que technologie nouvelle.

Plus précisément, il convient de décrire :

- une technologie de recyclage par la combinaison spécifique de concepts, principes et pratiques physiques ou chimiques dont la finalité est de recycler un flux de déchets d'un certain type, collectés d'une certaine manière, en matériaux et objets en matière plastique recyclée d'un type donné qui sont destinés à une certaine utilisation, et comprenant une technologie de décontamination ;
- un processus de recyclage par une séquence d'opérations unitaires destinées à fabriquer des matériaux et objets en matière plastique recyclée grâce à des étapes de pré-transformation, un processus de décontamination et des étapes de post-transformation, et reposant sur une technologie de recyclage spécifique ; et

- une installation de recyclage par un équipement permettant le déroulement d'une partie au moins d'un procédé de recyclage.

B. Développement et utilisation de technologies nouvelles

Les règles relatives au développement et à l'utilisation de technologies nouvelles de recyclage stipulent qu'un concepteur qui développe une nouvelle technologie est tenu de notifier la nouvelle technologie à la Commission, accompagnée de la documentation appropriée, décrivant la nouvelle technologie et son processus (type, schéma fonctionnel des principales étapes, règles de fonctionnement, etc.) avec des preuves et études scientifiques sur la maîtrise du risque et une synthèse des critères d'évaluation pour un fonctionnement futur. Les recycleurs utilisant une nouvelle technologie notifiée doivent respecter les articles 11 et 12 du règlement UE n° 2022/1616 décrivant les conditions relatives à l'exploitation des installations de recyclage appliquant de nouvelles technologies. Ils doivent (1) respecter certaines exigences administratives ; (2) communiquer et mettre à jour des informations résumant le processus complet et les principales étapes de fabrication, avec pièces justificatives ; et (3) surveiller les niveaux moyens de contamination en échantillonnant les lots de plastique entrants et sortants (informations sur le niveau de contamination fortuite présent dans la matière première plastique à recycler, sur l'efficacité de la décontamination, sur la contamination résiduelle estimée présente dans la matière plastique recyclée et sur le devenir des contaminants éliminés au cours du processus de décontamination). Les recycleurs fournissent au concepteur, au moins tous les six mois, les données issues de la surveillance ainsi que leur argumentation actualisée. Le concepteur publie tous les six mois un rapport sur son site web, fondé sur les informations les plus récentes provenant de l'installation qui utilise la nouvelle technologie.

La Commission (quand elle estime que des données suffisantes sont disponibles) demande à l'EFSA d'évaluer une nouvelle technologie, afin de décider de l'approuver. Elle peut décider, soit de sa propre initiative, soit à la demande d'un État membre de l'UE, d'appliquer des conditions supplémentaires à l'utilisation d'une technologie ou de la considérer comme inadaptée.

Sur la base de l'avis de l'EFSA notamment, la Commission décide si la nouvelle technologie constitue une nouvelle technologie de recyclage appropriée et décide si les processus de recyclage qui appliquent cette dernière doivent faire l'objet d'une autorisation. Le chapitre V du règlement UE n° 2022/1616 décrit la procédure d'autorisation des différents processus de recyclage. Conformément à l'article 23, de sa propre initiative ou à la demande d'un État membre ou de la Commission, l'EFSA peut modifier, suspendre ou révoquer l'autorisation d'un procédé de recyclage.

C. Prétraitements, décontamination et post-traitements

L'ancien règlement CE n° 282/2008 focalisait sur la décontamination du procédé de recyclage. Ce nouveau règlement UE n° 2022/1616 prend également en compte des règles spécifiques

applicables sur les étapes de prétraitement, décontamination et post-traitement. Le prétraitement englobe les opérations de collecte, tri, broyage et pré-lavage des déchets plastiques et conduit à un apport de matière plastique à décontaminer. La post-transformation comprend l'ensemble des opérations unitaires qui suivent le processus de décontamination, par lesquelles le produit issu de la décontamination est traité et transformé donnant lieu à des matériaux et objets en matière plastique recyclée à l'état fini. Les articles 6, 7 et 8 définissent respectivement les exigences de ces étapes. Les déchets plastiques collectés proviennent uniquement :

- de déchets municipaux, de la vente au détail de denrées alimentaires, ou d'autres entreprises du secteur alimentaire pour autant qu'ils aient été destinés uniquement à entrer en contact avec des denrées alimentaires et utilisés à cet effet ; et
- de matériaux et objets en matière plastique fabriqués conformément au règlement UE n° 10/2011 ou de matériaux et objets en matière plastique recyclée fabriqués conformément au présent règlement.

Les déchets plastiques font l'objet d'une collecte séparée. La présence de matériaux et objets en matière plastique différente de la matière plastique visée par le processus de décontamination, y compris les bouchons, étiquettes et adhésifs, d'autres matériaux et substances, ainsi que les restes de denrées alimentaires, sont à minimiser au maximum.

D. Enregistrement des informations nécessaires aux contrôles et documentation relative à la conformité

La législation établit un registre public de l'Union des nouvelles technologies, des recycleurs, des procédés de recyclage, des systèmes de recyclage et des installations de décontamination.

Ce registre reprend notamment :

- les noms des nouvelles technologies, les noms et adresses des concepteurs ;
- la désignation des procédés de recyclage autorisés, les noms et adresses des titulaires d'autorisation, ainsi que la technologie sur laquelle repose chaque procédé ;
- le statut d'autorisation de chaque procédé de recyclage enregistré, mentionnant si l'autorisation est suspendue, révoquée ou soumise à des dispositions transitoires, ainsi que la dernière date de modification du statut d'autorisation ;
- la raison sociale et l'adresse du siège social des recycleurs exploitant une installation de décontamination ;
- les adresses des établissements de recyclage ;
- les installations de décontamination, la technologie qu'elles utilisent, l'établissement dans lequel elles se trouvent et le procédé autorisé qu'elles appliquent, le cas échéant ;
- le statut d'enregistrement des installations de décontamination, mentionnant si l'installation est « nouvellement enregistrée », « en cours d'établissement », « active » ou

« suspendue », ainsi que la dernière date de modification de ce statut ;

- la dénomination des systèmes de recyclage, ainsi que le nom et l'adresse de l'entité gestionnaire du système.

Avec l'affectation de numéros :

- RAN, le numéro d'autorisation des procédés de recyclage ;
- RON, le numéro de recycleur ;
- RIN, le numéro d'installation de recyclage ;
- RSN, le numéro de système de recyclage ;
- RFN, le numéro d'établissement de recyclage ; et
- NTN, le numéro de nouvelle technologie.

Les recycleurs doivent se conformer aux exigences administratives, telles qu'informer la Commission et leurs autorités nationales 30 jours avant de commencer la production de plastique recyclé. Parmi leurs obligations, ils doivent établir une fiche récapitulative de contrôle de conformité pour chaque installation de décontamination sous leur contrôle (modèle figurant à l'annexe II du règlement UE n° 2022/1616), et la faire approuver par l'autorité compétente de leur territoire. Ils doivent fournir aux transformateurs une déclaration de conformité conformément à la description et au modèle figurant dans la partie A de l'annexe III. Les transformateurs fournissent une déclaration de conformité sur la base de la description et du modèle figurant à la partie B de l'annexe III.

Des contrôles officiels des installations de recyclage seront mis en place par les autorités nationales sur la base d'audits des opérateurs, d'évaluation des bonnes pratiques de fabrication, d'examen des contrôles et de suivi du respect des procédures en place.

IV. Risques chimiques des plastiques recyclés au contact des denrées alimentaires

L'application de ce règlement UE n° 2022/1616 doit garantir que le nouveau matériau plastique obtenu est sûr au niveau des contaminants microbiologiques et chimiques. La contamination microbiologique ne pose généralement pas de problème en raison des températures élevées utilisées lors du recyclage des plastiques, mais les contaminants chimiques peuvent provenir de plusieurs sources (Food packaging in the circular economy : overview of chemical safety aspects for commonly used materials, B. Geueke ; K. Groh ; J. Muncke, Journal of Cleaner Production, 2018, p. 491 à 505).

Les contaminants peuvent provenir de matières plastiques à recycler non conformes, à la suite d'une collecte des plastiques « non alimentaires » utilisés en contact avec des substances de types détergents, pesticides, etc. À titre d'exemple, la présence de matériaux de qualité non alimentaire peut également générer la présence de retardateurs de flammes bromés dérivés d'équipements électriques et électroniques.

Les contaminants peuvent provenir de l'utilisation antérieure de l'emballage et de son contact avec des aliments. Des substances contenues dans les aliments peuvent avoir contaminé le plastique. Un mésusage, c'est-à-dire une mauvaise utilisation potentielle des plastiques, n'est pas à exclure avec des utilisateurs qui peuvent avoir utilisé des emballages alimentaires pour y stocker d'autres produits : peinture, diluants pour peinture, carburants, détergents et autres produits ménagers. Des études révèlent la présence (aléatoire et non récurrente) dans le PET recyclé de 2-méthoxynaphtalène (probablement dérivé d'adouçissants liquides), d'éthanol et d'huiles (probablement dérivés d'alcool distillé à la maison), et d'autres contamination de substances.

Des contaminations croisées lors de la collecte avec la présence de matériaux plastiques autres (de qualité alimentaire ou non) peuvent également se produire : des études révèlent pour le PET recyclé la présence (aléatoire et non récurrente) de benzène suite à la présence de traces de PVC dans le flux de déchets, de phtalates, adipates et érucamide par contamination externes irrégulières suite au mélange avec d'autres types de polymères, de dibenzoate de diéthylène glycol et d'antioxydants couramment utilisés dans le PVC et/ou les polymères polyoléfinés.

Les risques liés à la présence de substances non intentionnellement ajoutées (NIAS), qui comprennent les impuretés, les produits de dégradation et néoformés, peuvent être plus importants en conséquence de la dégradation des polymères et des additifs.

Des études révèlent la présence d'oligomères linéaires et cycliques dans le PET recyclé, les di- et trimères étant les espèces prédominantes. Ces oligomères ne sont pas des NIAS spécifiques au recyclage, mais inhérents au polymère PET. Cependant certaines études révèlent des teneurs plus significatives dans du PET recyclé comparativement au PET vierge.

Pour des polymères de type PEHD (polyéthylène haute densité) et PP, certains additifs ont montré des taux de migration croissants lors de recyclages répétés. Les niveaux de migration plus élevés des stabilisants Irgafos 168, Irganox 1010 et Chimisorb 944 à partir des polyoléfinés recyclées s'expliquent par l'ajout de ces produits chimiques à chaque étape de recyclage, et non par les procédés de recyclage eux-mêmes. De même, les produits de dégradation des additifs typiquement utilisés dans le PEHD et le PP ont augmenté après plusieurs séquences de recyclage, par exemple le 2,4-di-tert-butylphénol. ■