

### Le recyclage des plastiques et composites : une opportunité de croissance ?

**Résumé** Cet article dresse un état des lieux non exhaustif de la gestion des déchets plastiques en France. La réglementation, les derniers chiffres recensés et les limites y sont décrits, avec un focus sur les solutions de valorisation. Les avantages et inconvénients de chacune d'entre elles sont présentés et illustrés par des exemples de développements récents.

**Mots-clés** Plastique, recyclage, composite thermoplastique, valorisation de déchets.

**Abstract** **Plastics and composites recycling: a development opportunity?**

This article provides a non-exhaustive inventory of plastic waste management in France. Current regulation, recent statistics and limits are described, with a focus on the recovery solutions. The advantages and disadvantages of each of them are presented and illustrated by examples of recent developments.

**Keywords** Plastic, recycling, thermoplastic composite, waste valorisation.

Dans un contexte général de raréfaction des ressources accessibles en matières comme en énergie, l'industrie des plastiques et des composites doit faire face à des défis inédits et se réinventer à court terme. À cette nécessaire mutation, s'ajoutent une crise sanitaire et une prise de conscience écologique sans précédent, qui mènera durablement toutes les filières de la plasturgie à certaines orientations stratégiques.

#### Plastiques et composites recyclés, les matériaux du XXI<sup>e</sup> siècle

À l'heure où la pression réglementaire et l'opinion publique poussent les industriels à réduire l'empreinte carbone de leur activité, le recyclage, longtemps délaissé par le passé, apparaît comme une nouvelle opportunité de croissance.

Quasi inexistants au début des années 1950, les plastiques et composites sont actuellement produits dans le monde respectivement à raison de 350 et 10 millions de tonnes (Mt) par an. Incarnant la modernité et la performance au siècle dernier, ils figurent cependant parmi les matériaux les plus mal recyclés actuellement (30 % pour les plastiques, 10 % pour les composites). Ce qui pouvait apparaître autrefois comme un inconvénient mineur devient aujourd'hui, compte tenu des volumes produits, une menace pour l'activité de toute la filière.

Ces gisements de déchets, largement sous-exploités, font depuis de nombreuses années l'objet d'études et de travaux académiques, qui peinent cependant à être transposés à l'échelle industrielle car non viables sur le plan économique la plupart du temps. La raréfaction des ressources naturelles ainsi que cette prise de conscience écologique vont imposer à court terme un changement de paradigme et favoriser la mise en application de nouvelles technologies.

#### Des gisements en constante augmentation...

Le volume des déchets plastiques collectés par an et par habitant n'a cessé d'augmenter au cours de ces dernières années (29,1 Mt de déchets collectés en 2018 en Europe, en augmentation de 18 % par rapport à 2006). Mais malgré ce volume et l'augmentation conséquente de la part de déchets plastiques valorisés en douze ans (voir figure 1),

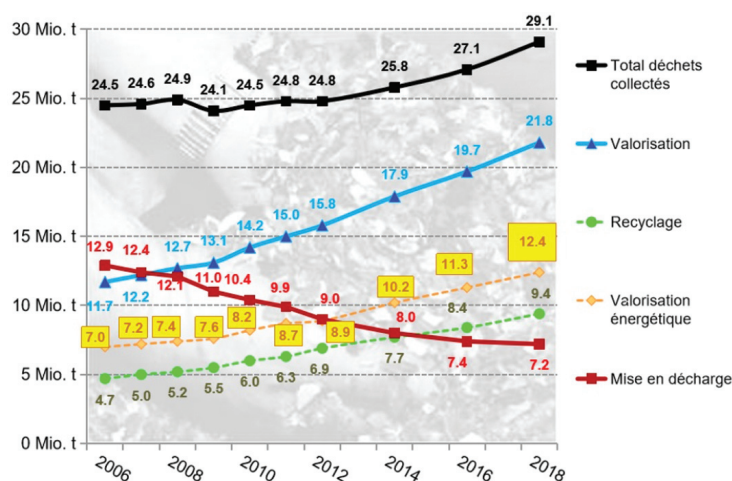


Figure 1 - Évolution des tonnages (en millions de tonnes) collectés, recyclés, valorisés énergétiquement, mis en décharge et valorisation totale (recyclage + valorisation énergétique) en Europe sur la période 2006-2018 [1] (source : PlasticsEurope et Conversio Market & Strategy GmbH).

L'Europe continue de mettre en décharge plus de 7 Mt de déchets plastiques en 2018. Avec un gisement de 3,5 Mt/an, la France quant à elle affiche des performances médiocres en matière de récupération et de recyclage (24,2 %) par rapport à la moyenne européenne (32,5 %) et doit continuer à progresser [1-2]. L'extension des consignes de tri à l'intégralité du territoire national et la modernisation annoncée des centres de tri d'ici 2022 devraient permettre de combler ce retard.

Les volumes de déchets composites sont quant à eux moins conséquents que ceux des plastiques (30 000 t/an pour la France). Ce gisement est néanmoins en forte croissance, compte tenu de la mise au rebut des premières générations de produits développées dans les années 1970-80.

#### La réglementation

En France, les premières prises de conscience se font dans les années 1975 avec la mise en place du principe pollueur-payeur et le changement de responsabilité pour la collecte, transport et traitement des déchets ménagers par les collectivités locales (loi du 15 juillet 1975). Ce texte est renforcé avec l'adoption de la loi Royal (1992), avec une recommandation

forte de la valorisation des déchets par réemploi, recyclage ou toute autre action visant à obtenir de nouvelles matières premières. Des premiers objectifs chiffrés – réduction de la production de déchets ménagers de 7 % avant 2014, diminution des quantités de déchets stockés et incinérés de 15 %, hausse programmée du taux de recyclage des déchets d’emballages ménagers de 75 % en trois ans – ont été promulgués en juillet 2009 avec la loi de programmation et d’orientation du Grenelle de l’environnement. Cette prise de conscience s’est faite en parallèle dans de nombreux pays, mais l’une des solutions mises en place a été la sous-traitance des actions de tri et de valorisation du recyclage par des pays ayant des coûts moindres. Les États-Unis et certains pays européens avaient ainsi pris l’habitude d’envoyer leurs déchets plastiques en Chine, celle-ci les achetant pour en faire des produits en tout genre, essentiellement en plastique en mélange.

Une urgence sur le paysage du recyclage des plastiques s’est alors fait sentir lorsqu’en 2017, la Chine a interdit officiellement l’importation sur son territoire de déchets plastiques générés en Occident. En parallèle, des experts ont estimé que le rejet de plastiques pourrait tripler en vingt ans [3]. Ils ont aussi conclu que seul un changement de politique pourrait réduire la pollution par les plastiques. Les changements proposés sont de différents types, telle la limitation de l’utilisation des plastiques dans certains cas d’usages, avec comme exemple la directive européenne 2019/904 qui interdit en 2021 la mise sur le marché de plusieurs produits en plastique à usage unique, cette directive fixant aussi aux États membres un objectif de collecte. Un autre changement possible étant l’obligation de modifier la formulation des plastiques en y incorporant de façon réglementaire un certain pourcentage de plastique recyclé – les bouteilles commercialisées dans l’UE devront contenir au moins 25 % de plastique recyclé en 2025 et au moins 30 % en 2030. Des directives dans ces sens sont ainsi appliquées de façon nationale, allant même à une réglementation particulière pour certains déchets (emballages, pneumatiques, équipements électriques et électroniques).

## Limites du recyclage

Plusieurs phénomènes propres aux plastiques limitent leur recyclage ou du moins posent problème. En effet, comparativement aux autres matériaux facilement recyclés comme les métaux et le verre, les propriétés des plastiques peuvent évoluer lors de leur mise en œuvre et surtout de leur utilisation (oxydation, rupture de chaînes, réticulation...). Le recyclage thermique lui-même comporte des actions thermiques avec au minimum un passage en extrudeuse pour granulation. D’autres voies de recyclage sont ainsi explorées, mais conduisent également à leurs propres limites. Nous verrons les limites de chacune de ces techniques de recyclage plus loin.

Le problème ne s’arrête pas là, car il n’existe pas *un* plastique, mais *des* plastiques ; cette multiplicité apporte des difficultés au moment du recyclage car les divers plastiques sont le plus souvent incompatibles entre eux et leurs mélanges conduisent à des matériaux peu intéressants.

En dernier lieu, la valeur des matières plastiques est très fluctuante et elle est même en baisse ces dernières années à cause de la chute du prix du pétrole, mais également à cause d’une faible demande de matériaux recyclés toujours associés à un déchet avec l’idée de propriétés moins performantes et de la présence de polluants potentiellement dangereux. Tous

ces points conduisent le secteur à une évolution et la création d’innovation permanente apportant des solutions nouvelles à la valorisation des déchets plastiques.

## La valorisation des déchets : quelles solutions ?

La valorisation des déchets plastiques et composites est un terme général qui englobe les notions de valorisation énergétique (production d’énergie calorifique via l’incinération) et de valorisation matière (mécanique ou chimique) qu’il est important de distinguer. L’utilisation de la voie énergétique fait cependant débat car elle ne réduit pas la production et la consommation de plastiques. La valorisation matière peut permettre aux fabricants de pièces plastiques de réduire leur besoin en matières premières et donc le coût de la pièce produite. À l’inverse, les cimentiers par exemple poussent dans le sens de la valorisation énergétique ; ils y voient une source d’énergie peu chère et un moyen de réduire leur dépendance aux énergies fossiles.

### Recyclage matière : la solution actuelle, ou le « downcycling »

Concernant les plastiques, le recyclage par voie thermomécanique représente 99 % des volumes recyclés en Europe, ce qui constitue ainsi la principale forme de recyclage selon le site de PlasticsEurope [4]. Cette voie, économiquement avantageuse, permet de donner une seconde vie aux polymères grâce à une série de procédés mécaniques :

- Lavage, broyage et tri des déchets plastiques pour l’obtention de paillettes,
- Extrusion des paillettes pour la production de granulés (régénération),
- Réutilisation des granulés dans la plasturgie.

Ces opérations sont techniquement simples ; elles peuvent être réalisées à petite échelle et les filières en place sont bien développées.

Le recyclage en boucle fermée (réutilisation pour une fonction équivalente, ou iso) est difficile dans le cas du recyclage thermomécanique, car dans la majorité des cas, il entraîne une baisse de la qualité des plastiques. Il concerne parfois les rebuts de production monomatières, valorisés en interne par les entreprises productrices de pièces plastiques, qui intègrent une partie de la matière recyclée dans la matière vierge. Les mélanges de matières constituant le gisement de déchets le plus important, une forte proportion de la matière recyclée est donc orientée pour d’autres applications que celles d’origine, à plus faible valeur ajoutée (boucle ouverte) : on parle alors de « downcycling ». Les objets produits sont par exemple des cintres, du textile, du mobilier urbain ou des matériaux de construction.

Cette perte de performances est souvent liée à la présence de contaminants organiques ou non organiques, de plusieurs polymères de nature différente, et au processus même de régénération imposant un traitement thermique au-delà de 200 °C la plupart du temps. Ainsi, arrivés à la fin de leur deuxième vie, ces plastiques seront trop fragilisés pour être à nouveau injectés dans un circuit de recyclage.

À titre d’exemple, les effets du recyclage sur le comportement du polypropylène (PP), qui constitue l’un des plus gros volumes de déchets plastiques régénérés en France, ont fait l’objet de nombreuses études. Malgré le fait qu’il s’agisse d’un gisement essentiellement constitué de PP, différentes études ont mis en évidence que les propriétés mécaniques ainsi que

les caractéristiques rhéologiques sont dégradées dès le premier cycle de recyclage. L'indice de fluidité d'un PP (vierge) est doublé après trois cycles d'extrusion successifs, tandis que la résistance à la rupture est divisée par deux [5-6]. Cette modification des caractéristiques est due aux scissions de chaînes lors du passage en extrusion et peut être accentuée par la présence de différents types de polluants (peintures, pigments, etc.).

Malgré ces observations, le recyclage thermomécanique reste actuellement la voie la mieux adaptée aux déchets relativement purs et disponibles en grandes quantités. Cependant, une grande quantité de nos déchets contiennent également des produits associant plusieurs types de plastiques ou d'autres matériaux, économiquement impossibles à trier en vue d'un recyclage thermomécanique. De plus, la quantité de plastique produit ne cessant d'augmenter avec des matériaux toujours plus complexes, cette filière de recyclage se retrouve confrontée à des objectifs titanesques. Il faut pouvoir développer et s'appuyer sur d'autres procédés.

Concernant les composites, matériaux intégrant dans près de 95 % des cas des résines thermodurcissables (polyesters insaturés) associées à de la fibre de verre (longue ou continue, sous forme de tissu, mat...), le broyage mécanique constitue la seule voie actuelle de valorisation matière. Les broyats une fois obtenus sont intégrés sous forme de charges à des résines thermoplastiques ou thermodurcissables. Ce débouché à faible valeur ajoutée peine à se développer, concurrencé par le bas coût des matières premières (silice, talc...) présentes sur le marché pour ce type d'application.

### **Recyclage matière : les perspectives, ou l'« isocycling »**

Le recyclage chimique a été plus récemment développé à l'échelle industrielle pour recycler des déchets plastiques pour lesquels il n'existe pas de solution viable, afin d'aller plus loin que la voie thermomécanique qui limite actuellement le taux de recyclage. Ces dernières années, de plus en plus de travaux consacrés au recyclage chimique ont été menés. En effet, le gouvernement mise sur le développement de nouvelles techniques de recyclage.

Le terme de « recyclage chimique » recouvre en fait différentes technologies (pyrolyse, dépolymérisation, etc.) qui conduisent généralement à la destruction complète du polymère ou à la conversion des macromolécules en molécules plus courtes prêtes à être utilisées pour de nouvelles réactions chimiques. Certains processus de dépolymérisation en voie de développement permettent même de revenir au monomère pouvant servir à la production de résine vierge.

À titre d'exemple, en 2020, la société Carbios et le Toulouse Biotechnology Institute (TBI) ont publié leurs travaux sur le recyclage chimique du polyéthylène téréphtalate (PET) [7]. Ils décrivent le développement d'une nouvelle enzyme capable de dépolymériser par voie biologique tous les déchets plastiques en PET, avec un taux de conversion de 97 %.

À Strasbourg, l'industriel Soprema recycle chimiquement du PET opaque et des emballages complexes en PET multicouches, que le recyclage traditionnel ne parvient pas à traiter. Dans ce procédé, les paillettes de PET sont traitées chimiquement par glycolyse afin d'obtenir un polyol utilisé par Soprema pour fabriquer des panneaux d'isolation. En 2019, ils ont traité 2 000 tonnes de déchets et espèrent atteindre les 6 000 tonnes en 2024 [8].

Valorplast, entreprise française, a démarré en 2019 des travaux concernant le recyclage chimique du polystyrène

en partenariat avec la plateforme Styrenics Circular Solutions (SCS).

Pour les industriels, le développement de ce type de réalisation vise également à réduire leur dépendance pétrochimique. Le groupe Total par exemple est impliqué dans plusieurs projets de développement du recyclage chimique. Associé avec Citeo, Saint-Gobain et Syndifrais, le pétrochimiste travaille sur un projet visant à faire émerger une filière de recyclage chimique du polystyrène choc (pots de yaourt) en France à l'horizon 2020 [9]. La quantité de polystyrène mise sur le marché français pour l'emballage s'élève à 110 000 tonnes par an.

Nestlé, Mars et Total se sont lancés dans la mise en place d'un site pilote de recyclage chimique des emballages plastiques (multicouches en polypropylène (PP) et polyéthylène (PE)) difficilement recyclables mécaniquement. La solution technologique choisie est celle du craquage thermique par pyrolyse, qui vise à récupérer le monomère d'origine par dépolymérisation en présence de solvants. Le procédé permet de valoriser les plastiques sous forme d'huiles d'hydrocarbures (commercialisées sous le nom de Plaxx), utilisables pour la production de nouveaux monomères ou comme carburant. En 2019, le processus permet de produire 5 200 tonnes de Plaxx par an et devrait passer à l'échelle supérieure dans les prochaines années [10].

Plus récemment, l'Américain Dow et Éco-mobilier, organisme en charge des déchets d'ameublement, collaborent afin de proposer une valorisation de matelas usagés (projet Renuva). L'objectif d'ici 2021 est de convertir les mousses de polyuréthanes issues des matelas en polyols, destinées à la production de nouvelles matières. Le projet vise à recycler jusqu'à 200 000 matelas par an en France, et ainsi limiter la mise en décharge et l'incinération de ce type de déchets.

La contrainte économique reste le principal frein à cette voie de recyclage, car la dépolymérisation coûte cher, surtout avec un prix des matières vierges pétrosourcées qui est toujours compétitif. Cependant, le nombre d'acteurs s'impliquant dans le recyclage chimique ne cesse de croître ; il convient donc d'imaginer que cette tendance pourrait s'inverser dans les prochaines années.

Dans le cas des composites, certaines matières premières très coûteuses peuvent faire pencher la balance économique du côté du recyclage chimique. Différentes technologies de séparation fibre/matrice ont ainsi été mises au point dans l'objectif de dégrader thermiquement ou chimiquement la matrice afin de récupérer les fibres. C'est le cas notamment des composites renforcés en carbone provenant des secteurs aéronautique, spatial et automobile. La pyrolyse reste ici la technologie la plus industrialisée, notamment en Europe, avec par exemple l'Allemand ELG Carbon Fibre. Les propriétés mécaniques des fibres sont conservées en moyenne à hauteur de 90 % [11].

### **Recyclage matière : la troisième voie, ou l'« upcycling »**

Peu de travaux ont à ce jour été menés sur le recyclage matière des plastiques et composites destinés à des applications à plus forte valeur ajoutée. La quasi-totalité des développements technologiques conduit à la production d'une matière régénérée (sous forme de granulés) destinée à être transformée par des procédés traditionnels de mise en œuvre (injection, extrusion...), pour des applications à durée de vie courte dans la majorité des cas. Cette approche met nécessairement en concurrence le recyclé avec la matière vierge, sur le plan économique comme technique.



Figure 2 - Quelques réalisations effectuées au Cetim Grand Est, de gauche à droite : plaque issue du procédé ThermoSaic® (PPS-verre ; Porcher Industries) ; skateboard électrique intégrant une plaque estampée issue du procédé ThermoSaic® (PP-verre) ; malette d'ordinateur portable réalisée à partir de plaques thermo-estampées (PP-lin) issues du procédé ThermoPRIME®.

Compte tenu des limites de chacune des technologies décrites ci-dessus, des solutions hybrides commencent à émerger, visant à compenser les lacunes des différentes voies afin de proposer une valorisation à haute valeur ajoutée.

L'une d'entre elles consiste, lors du procédé de régénération thermomécanique, à créer des réactions chimiques entre les différents polymères en présence. Il s'agit de l'extrusion réactive, qui s'avère particulièrement adaptée pour les mélanges de matière. En effet, dans certaines conditions de transformation et/ou par ajout d'additifs, une synergie des propriétés des différents polymères peut être créée par compatibilisation, permettant le développement de nouveaux matériaux à plus forte valeur ajoutée. À titre d'exemple, une étude brésilienne publiée en 2019 montre des résultats prometteurs concernant la compatibilisation de mélanges à base de polyéthylène basse densité recyclé (LDPE) et de PP, constituants principaux des emballages plastiques multicouches [12]. Il est montré qu'avec l'utilisation d'additifs compatibilisant appropriés à hauteur de 5 %, il est possible de diminuer la perte de viscosité du mélange lors des cycles d'extrusion par recombinaison des macromolécules entre elles et d'en augmenter la résistance mécanique (+ 50 %).

Autre exemple, le Cetim Grand Est a développé deux technologies originales, ThermoPRIME® et ThermoSaic®, permettant de valoriser différemment plastiques et composites thermoplastiques respectivement.

Par une voie thermomécanique pas à pas, un procédé innovant permet de fabriquer en continu des semi-produits se présentant sous forme de panneaux composites thermoplastiques de grandes dimensions.

Plus précisément, la technologie ThermoPRIME® (Thermo Plastic Recycling for Innovative Material and Ecodesign) consiste à produire un panneau possédant la structure classique d'un stratifié, associant une matrice recyclée, avec un renfort fibreux long ou continu (mat, tissu...) vierge ou lui-même recyclé. Le niveau de performance mécanique obtenu est très proche de celui de plaques élaborées à partir de matières vierges. En effet, les propriétés du composite sont assurées avant tout par le renfort, la matrice (malgré une légère érosion des performances due au recyclage) n'étant présente que pour transmettre les efforts d'une fibre à l'autre. La qualité de la réalisation des panneaux passe par la maîtrise des paramètres de mise en œuvre propres à la technologie

ThermoPRIME®, associée à un savoir-faire dans la formulation des matières recyclées (permettant d'optimiser l'interface fibre-matrice).

La Technologie ThermoSaic® consiste quant à elle à agglomérer des broyats de composites thermoplastiques afin d'obtenir des plaques esthétiques possédant des propriétés mécaniques élevées (compte tenu de la longueur des fibres présentes), sensiblement isotropes, à haut potentiel de formage (par estampage, thermocompression...).

Développée à l'échelle préindustrielle, la ligne pilote du Cetim Grand Est conçue de manière flexible et polyvalente, dans un souci d'efficacité économique (procédé continu), permet de valoriser des gisements de déchets variés pour produire des plaques composites à valeur ajoutée et faible impact environnemental, destinées à des applications à durée de vie longue. La figure 2 donne un aperçu de quelques réalisations.

### Vers de nouvelles perspectives

Ces dernières années, les enjeux autour du recyclage des déchets plastiques semblent prendre une place dominante, comme l'atteste le nombre croissant d'études et de projets portant sur le sujet. En effet, le durcissement de la réglementation pousse les acteurs de l'industrie des polymères à développer les voies de recyclage actuelles qui atteignent leurs limites, voire à trouver de nouvelles solutions de valorisation. Les nombreux exemples et réussites que l'on peut trouver attestent du dynamisme et de la capacité de développement et d'innovation dans le domaine. Bien que le recyclage des plastiques reste un défi difficile à relever, car dépendant d'un grand nombre d'étapes allant de la récolte des déchets au produit final, les volontés politiques, les actions lancées ainsi que la capacité et la qualité des recherches réalisées permettent des avancements majeurs laissant entrevoir de belles perspectives.

[1] M. Combe, *PlasticsEurope décortique les déchets plastiques en Europe*, *Techniques de l'Ingénieur*, 2020, [www.techniques-ingenieur.fr/actualite/articles/plasticseurope-decortique-les-dechets-plastiques-en-europe-74668](http://www.techniques-ingenieur.fr/actualite/articles/plasticseurope-decortique-les-dechets-plastiques-en-europe-74668)

[2] *PlasticsEurope, Plastics – the Facts 2018*, 2018, p. 38.

[3] W.W.Y. Lau *et al.*, *Evaluating scenarios toward zero plastic pollution*, *Science*, 2020, 369, p. 1455-61.

[4] [www.plasticseurope.org](http://www.plasticseurope.org) (consulté le 22/07/2020).

[5] G. Guerrica-Echevarría *et al.*, Effects of reprocessing conditions on the properties of unfilled and talc-filled polypropylene, *Polym. Degrad. Stabil.*, **1996**, *53*, p. 1-8.  
 [6] M.P. Luda *et al.*, Regenerative recycling of automotive polymer components: poly(propylene) based car bumpers, *Macromol. Mater. Eng.*, **2003**, *288*, p. 613-620.  
 [7] V. Tournier *et al.*, An engineered PET depolymerase to break down and recycle plastic bottles, *Nature*, **2020**, *580*, p. 216-219.  
 [8] M. Chauvot, Soprema innove dans l'économie circulaire en traitant des déchets plastiques jusqu'à présent non recyclables, *Les Échos*, **2019**, [www.lesechos.fr/industrie-services/energie-environnement/soprema-innove-dans-leconomie-circulaire-en-traitant-des-dechets-plastiques-jusquici-non-recyclables-1036829](http://www.lesechos.fr/industrie-services/energie-environnement/soprema-innove-dans-leconomie-circulaire-en-traitant-des-dechets-plastiques-jusquici-non-recyclables-1036829)  
 [9] [www.total.com/fr/medias/actualite/communiqués/recyclage-des-plastiques-total-acquiert-la-societe-francaise-synova](http://www.total.com/fr/medias/actualite/communiqués/recyclage-des-plastiques-total-acquiert-la-societe-francaise-synova)  
 [10] A. Couto, Recyclage chimique des plastiques : la technologie de Total et Citeo pour leur usine pilote décryptée, *Industrie & Technologies*, 2019, [www.industrie-techno.com/article/recyclage-chimique-des-plastiques-la-technologie-de-total-et-citeo-pour-leur-usine-pilote-decryptee.58494](http://www.industrie-techno.com/article/recyclage-chimique-des-plastiques-la-technologie-de-total-et-citeo-pour-leur-usine-pilote-decryptee.58494)

[11] S. Job, Composite recycling: summary of recent research and development, *Knowledge Transfer Networks (KTN)*, *Materials*, **2010**, [compositesuk.co.uk/system/files/documents/Composite%20Recycling.pdf](http://compositesuk.co.uk/system/files/documents/Composite%20Recycling.pdf)  
 [12] R.V. Camargo *et al.*, Mechanical-chemical recycling of low-density polyethylene waste with polypropylene, *J. Polym. Environ.*, **2020**, *28*, p.794-802.

**Nicolas LOGIÉ\***, ingénieur procédés thermoplastiques, **Frédéric PELASCINI**, responsable scientifique, et **Frédéric RUCH**, responsable du service Ingénierie des Polymères et Composites, Cetim Grand Est, Mulhouse

\*nicolas.logie@cetimgrandest.fr

# TABLEAU PÉRIODIQUE DES ÉLÉMENTS ILLUSTRÉS

En 1869, Dmitri Mendeleïev pose les premiers concepts du tableau périodique des éléments, l'alphabet du chimiste. Près de 150 ans de recherche seront nécessaires pour confirmer l'existence des 118 atomes qui le constituent. Associés en une infinité d'assemblages par la nature et le chimiste, ces atomes sont à la base des innovations et des objets de notre quotidien. Derrière ce tableau se cache une modernité que l'on prend plaisir à (re)découvrir.

**LÉGENDE**

- HALOGÈNES
- MÉTAUX ALCALINO-TERREUX
- ACTINIDES
- GAZ NOBLES
- MÉTAUX DE TRANSITION
- AUTRES
- MÉTAUX ALCALINS
- LANTHANIDES

Les cases sans illustration correspondent aux atomes artificiels

Numéro atomique — 29 — 63,55 — Masse molaire (g/mol)

— Cu — Symbole chimique

— CUIVRE — Nom

Pour en savoir plus, [lelementarium.fr](http://lelementarium.fr)

**FRANCE CHIMIE**

#GracealaChimie

#AnnedelaChimie

Société Chimique de France  
Le réseau des chimistes