

Le recyclage chimique : un nouvel horizon pour les déchets plastiques ?

Aurore RICHEL (a.richel@uliege.be)

En 2023, la production mondiale de plastiques a atteint un seuil historique, dépassant les 413,8 millions de tonnes. Plus de 90% de cette production demeure ancrée dans l'exploitation de ressources fossiles, tandis que les plastiques issus de matières premières renouvelables (biomasse et dioxyde de carbone) n'ont représenté que 0,8% du marché global. Les plastiques produits, en tout ou en partie, à partir de résines recyclées ont compté pour environ 9% de l'offre. Dans son ensemble, la chaîne de valeur des plastiques est responsable de l'émission de plus de 1,8 milliard de tonnes de CO₂ équivalent par an, dont plus de 85% proviennent de la seule phase de production (qui inclut l'extraction des ressources fossiles et leur raffinage). Si les plastiques sont indéniablement essentiels dans de nombreux domaines en raison de leurs propriétés physico-chimiques et fonctionnelles, l'impact sur le climat de leur chaîne de valeur constitue donc un défi majeur en pleine expansion. Cette problématique est aussi exacerbée par les enjeux complexes liés à la gestion des plastiques en fin de vie qui engendrent des défis environnementaux supplémentaires. À l'échelle mondiale, près de 22% des plastiques post-consommation sont encore mal gérés, finissant par s'infiltrer dans les écosystèmes terrestres et marins. La majorité des plastiques usagés est quant à elle dirigée soit vers les centres d'enfouissement techniques (50%) ou vers l'incinération (19%).

Le recyclage ne concerne seulement que 9% des plastiques post-consommation. La méthode de recyclage la plus répandue, à l'heure actuelle, est appelée « recyclage mécanique ». Elle repose sur des procédés physiques de dissolution ou de refonte de la matière et se prête bien aux thermoplastiques (en particulier le PET et les polyoléfinés). Son efficacité n'est cependant grande que pour des flux de matériaux homogènes et purs, ce qui contraste avec la diversité et la complexité des plastiques issus des usages domestiques, industriels et médicaux, souvent hétérogènes et/ou contaminés. Ce recyclage ne s'applique pas aux thermodurcissables et s'avère peu adapté aux matériaux composites. De plus, les résines recyclées par ces procédés subissent des altérations de certaines de leurs propriétés (notamment mécaniques et esthétiques), ce qui les décline souvent vers des applications de moindre valeur ajoutée.

Face aux limites intrinsèques du recyclage mécanique, certains scientifiques considèrent donc le recyclage chimique comme une alternative sérieuse pour atteindre les objectifs de circularité imposés au secteur. Sur le plan technique, le recyclage chimique repose sur la rupture ciblée des liaisons chimiques constitutives des polymères en vue de convertir ces derniers en unités moléculaires de plus faible masse molaire qui seront alors revalorisées comme combustibles, réactifs pour l'industrie chimique ou monomères destinés à la production de nouveaux polymères. Selon les conditions opératoires, le recyclage chimique peut être classé en deux catégories : la dépolymérisation contrôlée et la dégradation thermochimique. La dépolymérisation contrôlée, opérant généralement dans une fenêtre thermique de 300 à 350 °C, repose sur l'action de catalyseurs chimiques ou enzymatiques, souvent en présence de solvants, afin de cliver sélectivement certaines liaisons covalentes. Cette approche permet de reconstituer les monomères d'origine (ou des intermédiaires) favorisant leur réintégration dans la chaîne de production. Elle est bien documentée pour les polyesters (PET, PLA), certains polyamides et polyuréthanes ou le polycarbonate, dont les structures chimiques se prêtent à une hydrolyse, une glycolyse, une aminolyse ou une méthanolyse. En revanche, la dégradation thermochimique, qui regroupe des procédés tels que la gazéification, la pyrolyse ou le traitement hydrothermique, intervient à des températures plus élevées (supérieures à 400°C) et induit une fragmentation aléatoire des chaînes macromoléculaires. Il en résulte la formation de mélanges complexes liquides (huiles pyrolytiques) ou gazeux (enrichis en CO et H₂) pouvant être revalorisés en carburants ou en intermédiaires chimiques. Cette voie thermochimique offre de nombreuses perspectives pour le traitement des polyoléfinés, ainsi que des matériaux complexes comme les multicouches, les composites, les plastiques mélangés ou enduits. Elle permet aussi, dans une certaine mesure, de s'affranchir d'un tri sélectif préalable.

Bien que le recyclage chimique semble plus « universel » que son homologue mécanique, il reste limité à l'échelle industrielle en raison de défis technologiques, économiques et structurels. Certaines technologies sont encore en phase de développement, avec des niveaux de maturité variés, ce qui rend leur industrialisation incertaine. D'un point de vue économique, les investissements initiaux sont souvent considérables, et les procédés impliquent une consommation énergétique élevée. Par conséquent, la rentabilité du recyclage chimique dépend largement de l'échelle de production, seules les installations de grande capacité étant capables de réaliser les économies d'échelle nécessaires à une

viabilité financière. De plus, un autre obstacle majeur réside dans la volatilité des prix des produits issus du recyclage chimique, dont la compétitivité est étroitement liée aux fluctuations des prix des hydrocarbures et des plastiques vierges, généralement moins coûteux à produire.

Si le recyclage chimique est optimisé sur les plans technologique et économique et fait l'objet d'une évaluation rigoureuse de ses externalités environnementales, il pourrait alors constituer un prolongement stratégique du recyclage mécanique dans la gestion des déchets plastiques. Toutefois, il ne prendra son sens que s'il permet une réintégration efficiente des matériaux régénérés dans les cycles de production industrielle, garantissant ainsi une véritable circularité des ressources. Qu'il soit mécanique ou chimique, le recyclage ne doit pas occulter les efforts qui doivent être réalisés dans le remaniement de la chaîne de valeur des plastiques dans son ensemble, qui passera par réduction à la source de l'empreinte carbone, une amélioration substantielle de l'écoconception, ainsi qu'une réévaluation des usages non essentiels de ces matériaux.