



DÉPLASTIFIER LE MONDE

1 MAGAZINE + 1 PORTAIL WEB POUR PARTAGER LES SAVOIRS
popsciences.universite-lyon.fr

HISTOIRE

Un encombrant déchet

RECYCLAGE

L'illusion d'un modèle vertueux

ÉCOTOXICOLOGIE

Les milieux aquatiques
au bord de l'overdose ?

MICROPLASTIQUES

Maxi-risques ? Une approche
systémique à privilégier

ÉCONOMIE CIRCULAIRE

Le zéro déchet, c'est pour quand ?

ANTHROPOLOGIE

Le paradoxe de la
civilisation plastique



ÉDITO

Matériau polymère aux propriétés exceptionnelles, omniprésent dans l'ensemble des secteurs d'activité de nos sociétés modernes et mondialisées, il n'aura fallu qu'un demi-siècle au plastique pour devenir indispensable, mais également proliférer au point de générer une pollution qui semble hors de contrôle.

Nous sommes *addicts* au plastique. Chaque seconde l'activité humaine engendre 10 tonnes de ce matériau. Sur les 460 millions de tonnes de matières plastiques générées en 2019, à peine 20 % ont été recyclés, un quart incinérés, le reste a été jeté en décharge ou perdu dans l'environnement.

La métaphore de l'iceberg s'applique parfaitement à la pollution engendrée par ces matériaux. La partie émergée correspond à la pollution visible : celle qui flotte ou s'enfonce dans les eaux du globe, vole au vent, se coince sur les bas-côtés des routes... La partie immergée, plus grande et invisible, se compose d'une gigantesque masse de microparticules que les scientifiques peinent encore à quantifier, mais à propos de laquelle ils s'accordent à dire qu'elle s'immisce à chaque recoin de notre planète : dans l'air, au sommet des massifs et au sein-même des organismes vivants... humains compris.

Dès lors, nous avons souhaité mobiliser les savoirs actuels de scientifiques de nombreuses disciplines pour comprendre l'ensemble de la chaîne de production et de distribution des plastiques, et de gestion de leurs déchets, mais également pour dessiner les contours d'un monde qui pourrait se défaire de sa dépendance aux plastiques.

Ce nouveau numéro du Pop'Sciences Mag croise les regards de physiciens, géographes, historiens, chimistes et sociologues pour tenter de répondre à une problématique plus complexe qu'il n'y paraît : sommes-nous capables d'enrayer la prolifération indomptée de plastique dans l'environnement ?

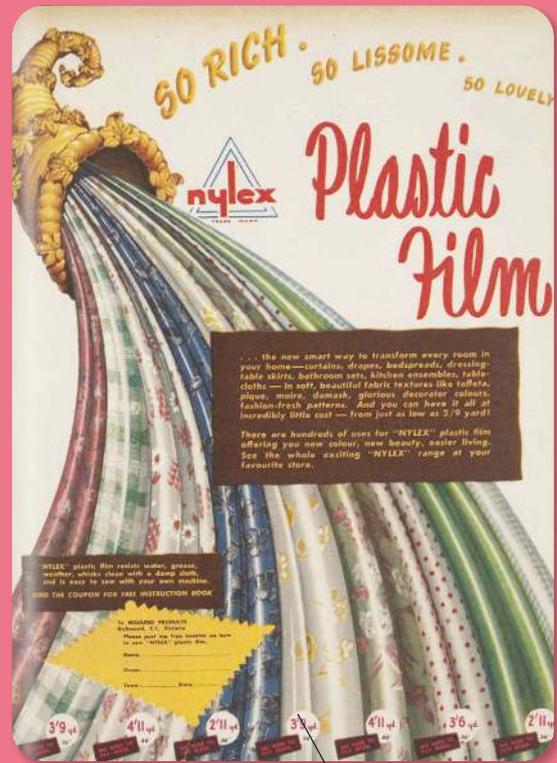
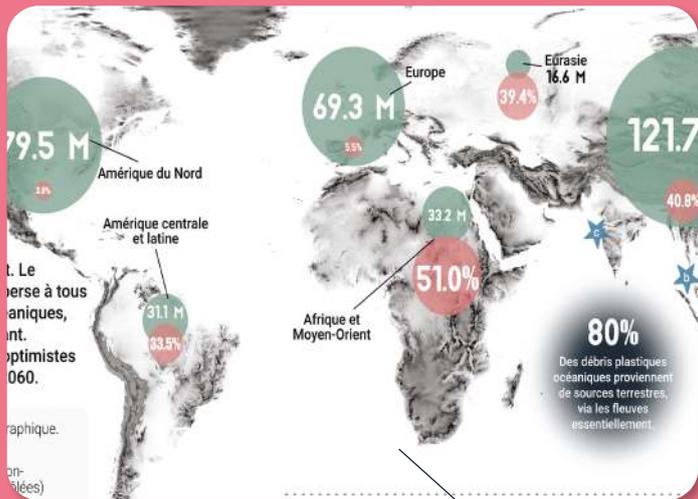
Isabelle Bonardi

Directrice de la Direction Culture, Sciences et société – ComUE Université de Lyon

Avec la participation des instituts et établissements suivants :

Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail, Centre de documentation, de recherche et d'expérimentations sur les pollutions accidentelles des eaux, École Centrale de Lyon, École Urbaine de Lyon, Institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement (Inrae), Institut national des sciences appliquées (INSA) Lyon, Université Claude Bernard Lyon 1 (UCBL), Université d'Aix-Marseille, Université Jean Monnet Saint-Étienne, Université de Liège, Université Lumière Lyon 2, Université de Picardie – Jules Verne, Université de Reims Champagne-Ardenne, Université Savoie Mont Blanc (USMB).

SOMMAIRE



04

INFOGRAPHIE

GLOBE DE PLASTIQUE

06

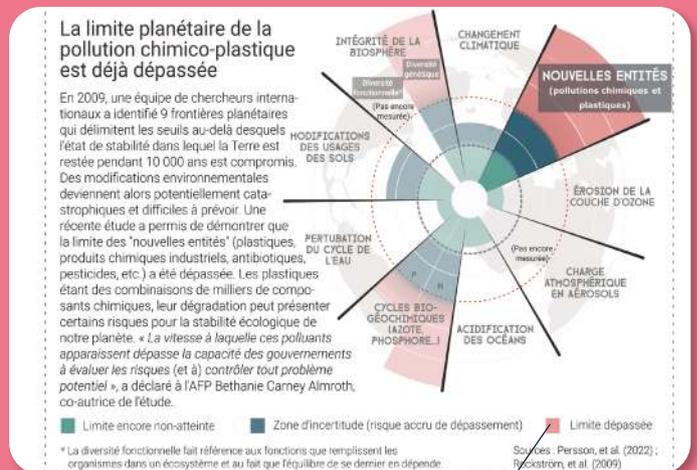
HISTOIRE

UN ENCOMBRANT DÉCHET

12

RECYCLAGE

L'ILLUSION D'UN MODÈLE VERTUEUX



18

INFOGRAPHIE

L'EMPREINTE INDÉLÉBILE DU PLASTIQUE



20

ÉCOTOXICOLOGIE

LES MILIEUX AQUATIQUES
AU BORD DE L'OVERDOSE ?



26

MICROPLASTIQUES

MAXI-RISQUES ?
UNE APPROCHE SYSTÉMIQUE
À PRIVILÉGIER



32

ÉCONOMIE CIRCULAIRE

LE ZÉRO DÉCHET,
C'EST POUR QUAND ?

38

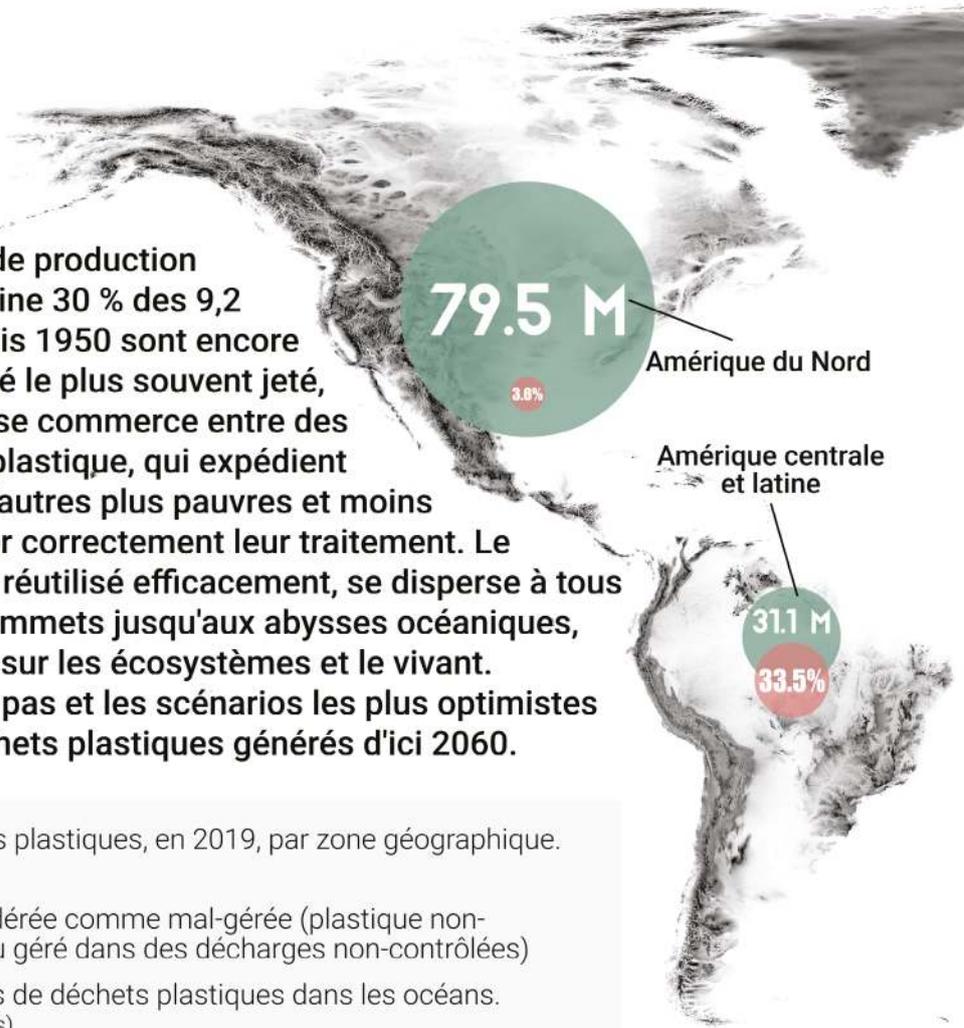
ANTHROPOLOGIE



LE PARADOXE DE LA
CIVILISATION PLASTIQUE

GLOBE DE PLASTIQUE

Les déchets résultants de 70 ans de production plastique sont surabondants. À peine 30 % des 9,2 milliards de tonnes générées depuis 1950 sont encore en cours d'utilisation. Le reste a été le plus souvent jeté, incinéré, ou a fait l'objet d'un intense commerce entre des pays aisés et consommateurs de plastique, qui expédient une partie de leurs déchets vers d'autres plus pauvres et moins bien équipés pour pouvoir assumer correctement leur traitement. Le reste, faute d'être isolé, recyclé ou réutilisé efficacement, se disperse à tous les recoins du globe, depuis les sommets jusqu'aux abysses océaniques, faisant peser de lourdes menaces sur les écosystèmes et le vivant. Pourtant, la production ne se tarie pas et les scénarios les plus optimistes anticipent un doublement des déchets plastiques générés d'ici 2060.

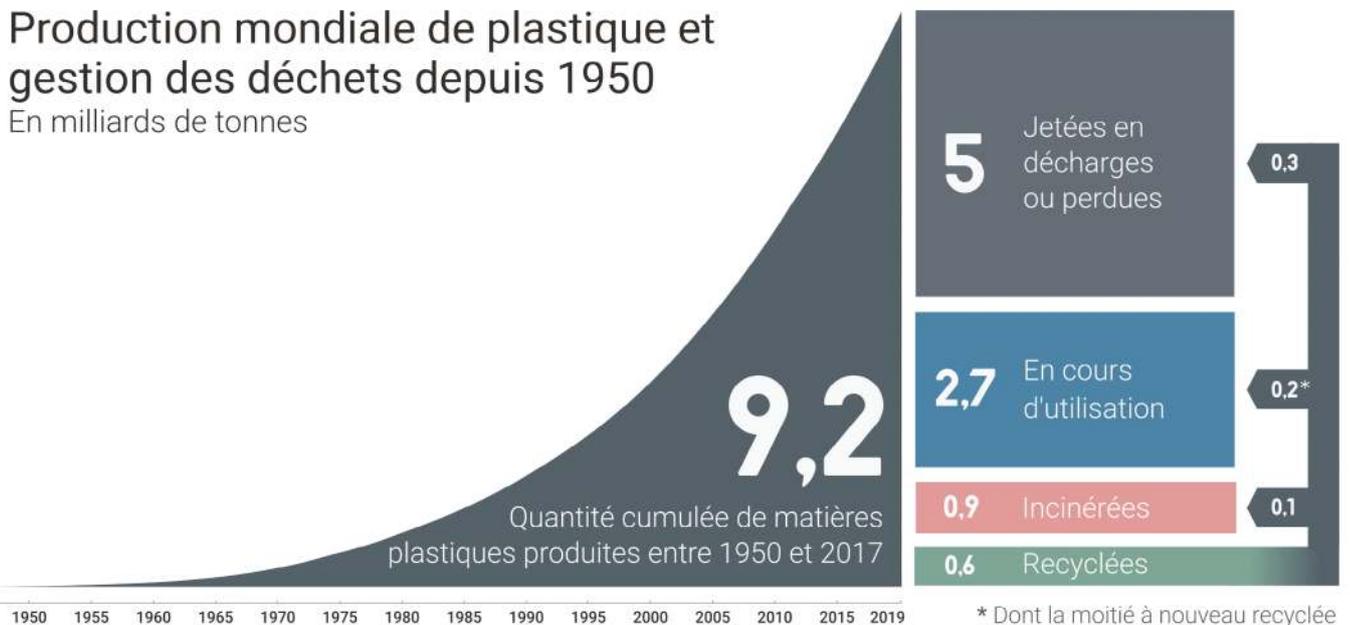


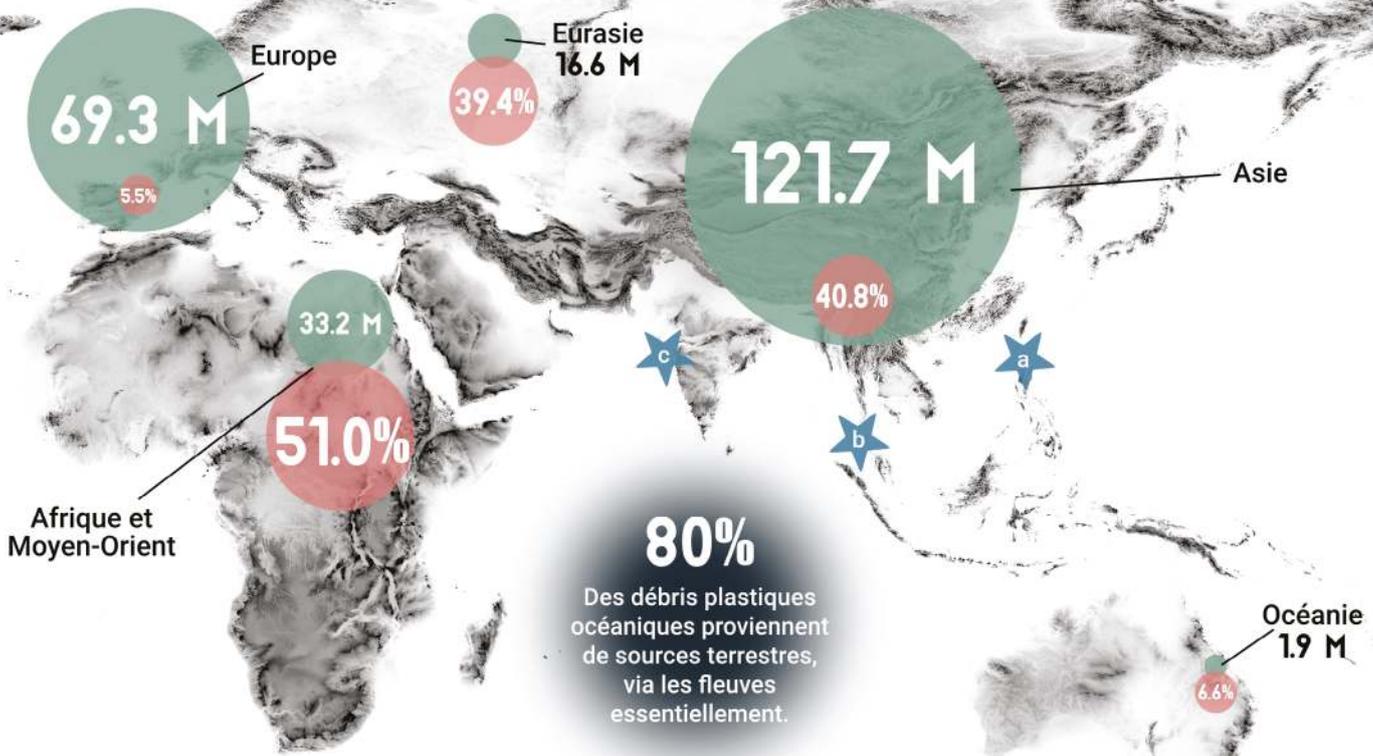
- Millions de tonnes (MT) de déchets plastiques, en 2019, par zone géographique.
TOTAL MONDIAL : 353 MT
- Part (%) de cette production considérée comme mal-gérée (plastique non-collecté, jeté sur la voie publique ou géré dans des décharges non-contrôlées)
- ★ Les trois fleuves les plus émetteurs de déchets plastiques dans les océans.
(En % des émissions mondiales de déchets)

a. Pasig (Philippines)	6.43%
b. Klang (Malaysia)	1.33%
c. Ulhas (India)	1.33%

Production mondiale de plastique et gestion des déchets depuis 1950

En milliards de tonnes





Solde net des flux de déchets plastiques en 2017 et 2021

En milliers de tonnes, par pays

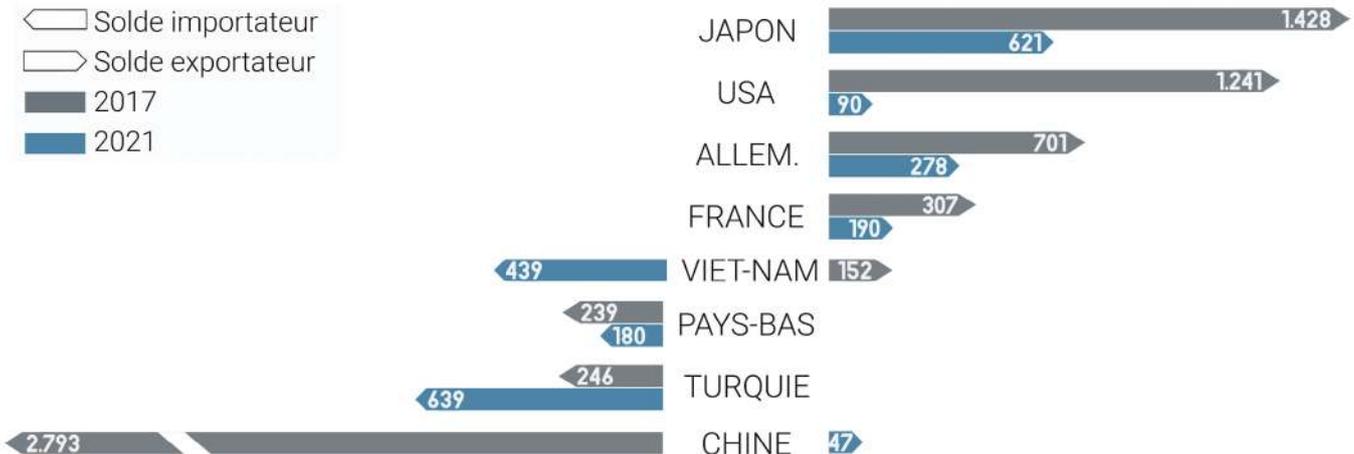
Jusqu'en 2017, la Chine importait plus de ¾ des déchets plastiques échangés dans le monde. L'annonce de l'arrêt définitif de ces importations dès 2018 a entraîné une baisse brutale des volumes échangés et profondément réorganisé la gestion mondiale des déchets plastiques. Les pays historiquement exportateurs, comme les États-Unis qui transportaient chaque jour environ 4 000 conteneurs d'ordures vers Pékin, doivent désormais assumer eux-mêmes la gestion de ces déchets. Ainsi, les expéditions de rebus de plastique vers d'autres pays continuent, mais dans une moindre mesure qu'auparavant. Dès lors, le Viêt-Nam ou encore la Turquie, ont vu leurs volumes de déchets importés sensiblement augmenter, pour pallier en partie le colossal trou d'air créé par la décision chinoise.

◀ Solde importateur

▶ Solde exportateur

■ 2017

■ 2021





06

HISTOIRE

UN ENCOMBRANT DÉCHET

Propos recueillis par Samantha Dizier, journaliste.

Quand des archéologues fouilleront les vestiges de notre société, le plastique sera très probablement le matériau marqueur de notre époque. Près de 5 milliards de tonnes de déchets plastiques ont été rejetés dans notre environnement depuis 1950¹. Avec des durées de vie pouvant aller jusqu'à plusieurs centaines d'années, cette matière sera probablement représentative de notre ère, à l'instar des céramiques ou des métaux pour les civilisations anciennes. Depuis la fin de la Seconde Guerre mondiale, le plastique a envahi notre monde : une abondance de nouveaux objets, qui, étant facilement jetables, constituent une abondance de détritiques dont l'accumulation est aujourd'hui un véritable sujet. Comment avons-nous pris la mesure d'une telle quantité de déchets ? Et quels choix de gestion avons-nous opérés pour y faire face ? Pour répondre à ces problématiques, Yann Brunet, doctorant en histoire à l'Université Lumière Lyon 2², et Aurore Richel, professeure en chimie des ressources renouvelables à l'Université de Liège, reviennent avec nous sur l'histoire de ce matériau aussi révolutionnaire qu'encombrant.

Comment les plastiques ont-ils inondé le monde ?

Aurore Richel - La première chose à rappeler est que le mot plastique désigne toute matière qui peut être mise en forme. On parle ainsi de matières plastiques. Leur utilisation est très ancienne : les Aztèques utilisaient, par exemple, les résines de caoutchouc qui provenaient des hévéas. Mais c'est au moment de la révolution industrielle que les premières formes de plastique à destination du grand public sont apparues. Il s'agissait alors de trouver des alternatives à des ressources en déficit ou trop coûteuses. Au 19^e siècle, il y avait, par exemple, une pression importante sur l'ivoire. L'une des premières utilisations

industrielles de matière plastique a ainsi été de remplacer l'ivoire pour la production de boules de billard. Entre la fin du 19^e siècle et le début du 20^e siècle, l'humanité a commencé à mieux maîtriser le pétrole, entraînant une croissance de la production de ces matériaux. Puis, la Seconde Guerre mondiale a été un moment charnière. Il était alors très difficile de s'approvisionner en ressources renouvelables. Et le pétrole était, quant à lui, largement disponible, peu onéreux, et permettait de produire des matériaux de substitution. La guerre et l'après-guerre ont ainsi été de fortes périodes de production de ces matériaux plastiques qui séduisaient grâce à de nombreux avantages. Une matière plastique peut prendre toutes les formes et toutes les fonctions souhaitées, bien plus facilement ❶

1 > Geyer, R. et al.
Production, use and fate of all plastics ever made, *Science Advances* (2017).

2 > Laboratoire d'études rurales, Laboratoire environnement - ville - société, École Urbaine de Lyon.

3 > Sur les 6,3 milliards de tonnes de déchets plastiques créées entre 1950 et 2015, 0,8 milliard de tonnes ont été incinérées (Geyer et al., 2017).

4 > Ces additifs sont, par exemple, des retardateurs de flammes (hydroxyde d'aluminium, phosphonates), des antioxydants (diphénylamine), des agents biocides, des stabilisants d'ultraviolets, ou bien des colorants.

que pour le papier, le verre ou le métal. Une matière plastique est légère, très résistante et hygiénique. Et grâce à l'ajout d'additifs, on peut lui donner une large gamme de propriétés comme la transparence ou la conduction électrique. Ces matériaux sont alors créés pour être durables dans le temps. Ils ne sont pas produits pour se dégrader. Ce qui a assez vite posé la question de l'accumulation de ces matières dans l'environnement.



© DR

« La très grande majorité des déchets plastiques - près des trois quarts - a été enfouie dans les sols. »

Yann Brunet

Doctorant en histoire à l'Université Lumière Lyon 2.

Comment a-t-on géré ces nouveaux déchets ?

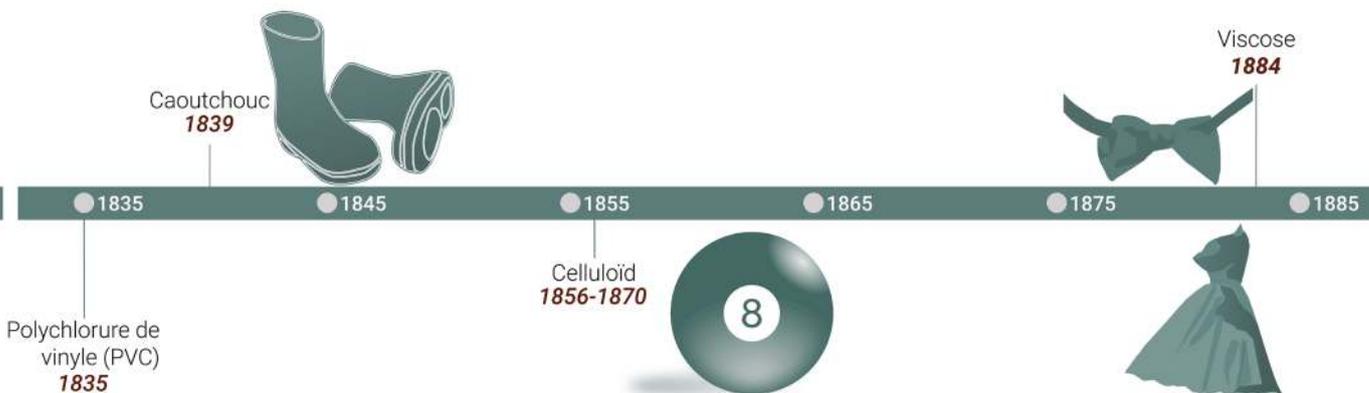
Yann Brunet - La très grande majorité des déchets plastiques - près des trois quarts - a été enfouie dans les sols. La pollution des océans par le plastique est souvent mise en avant, mais les sols sont les premiers touchés. Ces déchets étaient alors principalement concentrés en décharges. Dans certains cas, ils étaient incinérés³.

Aurore Richel - Les techniques de recyclage, elles, ne sont apparues que tardivement, à la fin des années 1990. Auparavant, tout était mis dans la même poubelle et géré de la même manière : soit les déchets étaient incinérés, soit ils étaient envoyés dans des centres d'enfouissement. Au bout d'un moment, les ordures ménagères se décomposaient et les plastiques commençaient à remonter à la surface. Les plastiques que nous retrouvons aujourd'hui dans notre environnement sont bien souvent des vestiges des années 1950, et non des résidus de notre consommation contemporaine.

Et en quoi ces déchets sont-ils problématiques ?

Aurore Richel - Le problème des matières plastiques, ce n'est pas le plastique en lui-même, mais les additifs qui ont été ajoutés⁴. Sous le terme générique de plastique, on désigne tout un tas de matières qui sont différentes du point de vue de leur structure

EXEMPLES DE MATIÈRES PLASTIQUES INVENTÉES DU 19^E SIÈCLE AUX ANNÉES 1950





© DR

« Les plastiques que nous retrouvons aujourd'hui dans notre environnement sont bien souvent des vestiges des années 1950. »

Aurore Richel

Professeure en chimie des ressources renouvelables à l'Université de Liège.

chimique : il y en a des centaines et des centaines. Ce sont des matériaux extrêmement hétérogènes, qui ne se décomposent pas de la même manière dans les sols. Et c'est également pour cela que le recyclage de ces déchets peut être compliqué. De plus, dans le cas de leur incinération, les fumées émises peuvent contenir des molécules variées selon la composition des plastiques, tels que des composés chlorés et des composés soufrés, néfastes pour l'environnement et notre santé.

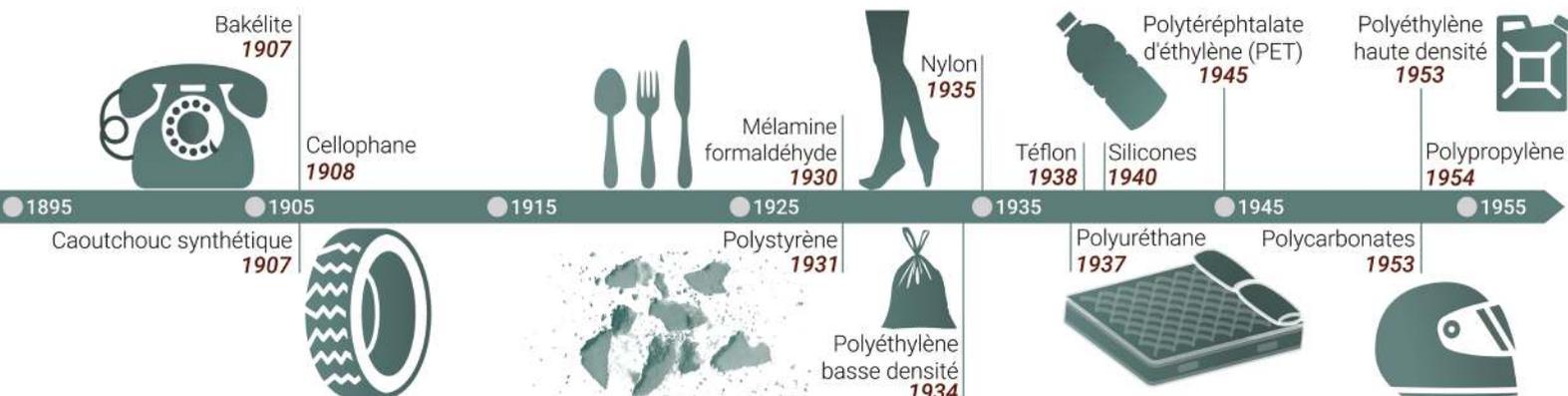
Yann Brunet - En France, le premier texte de loi réglementant les émissions de ces incinérations date de 1986. Jusque-là, les matières plastiques étaient incinérées avec les autres déchets sans vraiment se soucier

des conséquences environnementales ou sanitaires. À partir des années 1990, avec la mise en place de nouvelles usines d'incinération, des dispositifs pour traiter les fumées ont été installés. Ce sont alors souvent des procédés à base de chaux. Ces techniques sont, elles aussi, génératrices de rebuts, chargés de substances délétères, qui doivent être gérés de manière spécifique. On a ainsi déplacé le problème de la pollution de l'air vers une autre forme de contamination : celle des matériaux de traitement.

5 > L'invasion plastique, JT du 13H du 20 juin 1974.

Quand a-t-on pris conscience des problématiques liées aux déchets plastiques ?

Yann Brunet - Très rapidement, les scientifiques mettent en avant les problèmes potentiels associés à la production de ces matières-là. Dès les années 1970, on commence à s'interroger sur la santé des ouvriers des usines qui fabriquent des objets en plastique. La question de l'accumulation de ces déchets en quantité dans l'environnement émerge également. Il n'y avait alors pas forcément d'études scientifiques, mais il s'agissait de questions posées publiquement sur ce qui était appelé « l'invasion plastique »⁵. L'incinération posait aussi question : brûler des PVC (polychlorure de vinyle) émet de l'acide chlorhydrique qui dégrade les installations. Cela posait donc des problèmes importants d'un point de vue économique. Des groupes industriels ont alors mandaté des études dans les années 1970 pour saisir l'ampleur des impacts de ce « nouveau matériau » sur l'industrie. ➔



6 > La loi du 17 août 2015 relative à la transition énergétique pour la croissance verte a un objectif d'étendre progressivement les consignes de tri à l'ensemble des emballages plastiques sur l'ensemble du territoire avant 2022. Des expériences d'extension de ces consignes ont ainsi été instaurées dans plusieurs agglomérations (Lyon, Paris, Lille, etc.) dès 2019 par Citeo, entreprise privée spécialisée dans le recyclage des emballages ménagers.



À LIRE → P.26

Micro-plastiques, maxi-risques ?

7 > Eco-Emballage est l'un des deux éco-organismes agréés par l'État pour organiser, superviser et accompagner le recyclage des emballages ménagers en France.



À LIRE → P.32

Le zéro déchet, c'est pour quand ?

➤ **Aurore Richel** - Au départ, les matières plastiques présentaient de nombreux avantages pour le consommateur. Depuis, les images témoignant de la pollution plastique diffusées dans les années 2000, comme celles de tortues s'étouffant avec des sacs plastiques, ont sensibilisé et alerté l'opinion publique. Et ces matériaux sont apparus comme des éléments à bannir de notre quotidien. Maintenant, le consommateur veut revenir à des composants naturels. Or, dans 99 % des cas, la production des matières plastiques reste plus avantageuse pour l'environnement que ne l'est celle des matériaux traditionnels. Ces derniers n'ont pas une empreinte écologique nulle : il faut de l'énergie pour fabriquer du verre, il faut ajouter des agents chimiques dans la fabrication du carton. Le plastique a ainsi une mauvaise image, mais **beaucoup d'éléments liés à son impact global sont méconnus.**

Quelles réponses a-t-on apportées à ces problèmes ?

Aurore Richel - Les premières politiques de recyclage ou de changement de composition des plastiques étaient davantage liées à des questions d'économie plutôt que de protection de l'environnement. Le but était avant tout de préserver les matières premières, comme le montrent les exemples des chocs pétroliers des années 1970. C'est l'augmentation du coût du pétrole qui a poussé les producteurs de plastiques à se tourner vers des ressources renouvelables.

Yann Brunet - La question du recyclage des plastiques a été posée relativement tôt, mais n'a été effective que tardivement. Dans les années 1970, il y a eu des premières expériences de recyclage, de collecte de verre et de PVC au sein de l'agglomération lyonnaise. Mais ces exemples ne sont que très marginaux. Cela ne débute réellement qu'avec la loi de 1992, relative à l'élimination des déchets, qui impose aux producteurs de déchets de les gérer. Suivant cette réglementation, seuls certains types de déchets ont été véritablement recyclés, car une grande partie des plastiques est très difficile à traiter. **Pour pouvoir étendre le recyclage à l'ensemble des plastiques, des technologies « de pointe » sont nécessaires** et cela a un coût important. Ainsi, les premières stratégies de

collecte et traitement de toute la gamme des plastiques ménagers sont très contemporaines et ne datent que de 2019⁶.

Aurore Richel - Les études sur le recyclage sont très récentes. C'est un sujet qui a longtemps été mis de côté, car les matières plastiques avaient été créées pour durer. Nous manquons ainsi de maturité technologique : ce qui explique que les procédés ne sont pas toujours efficaces, qu'ils demandent beaucoup d'énergie et qu'ils coûtent chers. Encore aujourd'hui, il y a peu de financements pour des études universitaires sur le recyclage. C'est un sujet qui est laissé aux grandes entreprises. Or, nous voyons bien que nous manquons de connaissances fondamentales sur le sujet, et c'est là où les pouvoirs publics feraient bien d'investir.

Qu'a-t-il été fait à une échelle politique et législative ?

Aurore Richel - La principale difficulté des textes de loi est que généralement ils ne s'intéressent qu'à un type d'application ou à un type de matière spécifique. Il y a eu beaucoup de législation sur les emballages ou les plastiques à usage unique, mais d'autres plastiques peuvent être très problématiques, tels que les masques chirurgicaux, les films à l'intérieur des gobelets en carton, etc. C'est là toute la complexité de la législation autour de ces matières : comme il s'agit d'un secteur avec des applications et des problématiques très différentes, il faudrait énormément de lois pour répondre à tous les problèmes liés au plastique.

Yann Brunet - Dans les années 1970, la multiplication des textes relatifs à l'environnement s'accompagne du développement des technologies propres - destinées à permettre la transformation de l'appareil productif dans ce contexte de préoccupations environnementales. Ces réglementations ont favorisé le développement d'un « marché de l'environnement » de plus en plus florissant. On a alors produit de la valeur à partir des déchets. Concernant le recyclage, **les grands groupes industriels sont bien souvent au cœur et à l'initiative des politiques de recyclage.** Anticipant les restrictions à venir, elles prennent l'initiative, pour garder un contrôle sur la mise en forme de ces politiques. Nous pouvons ainsi

citer l'exemple de la législation de 1992 sur les emballages, pour laquelle 19 industriels s'étaient regroupés en amont du décret pour former Eco-Emballage⁷. Or, il ne faudrait pas poser la question des déchets seulement sur le terrain des industriels, ni se contenter uniquement de solutions technologiques. À mes yeux, il s'agit d'une question de planification du territoire, qui doit se dérouler très en amont. Pour l'exemple des emballages, il faudrait ainsi penser l'aménagement du territoire en fonction du système alimentaire, pour rendre ce dernier moins énergivore et moins consommateur en plastique. L'enjeu n'est pas de se focaliser sur les déchets, mais sur le système qui les produit.

SO RICH. SO LISSOME. SO LOVELY.

Nylex Plastic Film

... the new smart way to transform every room in your home—curtains, drapes, bedspreads, dressing-table skirts, bathroom sets, kitchen ensembles, tablecloths — in soft, beautiful fabric textures like taffeta, pique, moire, damask, glorious decorator colours, fashion-fresh patterns. And you can have it all at incredibly little cost — from just as low as 2/9 yard!

There are hundreds of uses for "NYLEX" plastic film offering you new colour, new beauty, easier living. See the whole exciting "NYLEX" range at your favourite store.

"NYLEX" plastic film resists water, grease, weather, whisks clean with a damp cloth, and is easy to sew with your own machine.

SEND THE COUPON FOR FREE INSTRUCTION BOOK

TO: MOULDED PRODUCTS
Buckmond, 8-11, Victoria
Please post me free booklet on how to sew "NYLEX" plastic film.

Name _____
Street _____
Town _____ State _____

3'9 yd. 36" NO NEED TO PAY MORE
4'11 yd. 48" NO NEED TO PAY MORE
2'11 yd. 36" NO NEED TO PAY MORE
3'9 yd. 36" NO NEED TO PAY MORE
4'11 yd. 48" NO NEED TO PAY MORE
3'6 yd. 36" NO NEED TO PAY MORE
2'11 yd. 36" NO NEED TO PAY MORE

MOULDED PRODUCTS (AUSTRALASIA) LIMITED
MELBOURNE - SYDNEY - BRISBANE - ADELAIDE - PERTH - LAUNCESTON - HOBART - NEWCASTLE - TOWNSVILLE

MP 317
Page 43

The AUSTRALIAN WOMEN'S WEEKLY - October 29, 1952



UNE MATIÈRE POLYVALENTE

Rideaux, dessus de lit, nappes... Les usages du film plastique Nylex se comptent par centaines. Dans cette publicité australienne de 1952, les promesses de ce matériau semblent sans limite : il imite de nombreuses textures, il résiste à l'eau et à la graisse, il est facilement lavable. Et tout cela pour un prix « incroyablement » bas. Dans les années cinquante, les matières plastiques ont ainsi révolutionné le quotidien de nombreux foyers dans le monde entier. À la suite de la Seconde Guerre mondiale, leur production s'est amplifiée et leurs usages se sont multipliés, accompagnant la naissance de la société de consommation et du « tout-jetable ».



À LIRE → P.38

Le paradoxe de la civilisation plastique

Bibliographie

Monsaingeon B., Plastiques : ce continent qui cache nos déchets, *Mouvements*, 2016.
Comment le monde s'est plastifié, *The Conversation*, septembre 2019.
Un monde en plastique, *France Culture*, juin 2019.



12

RECYCLAGE

RECYCLAGE, L'ILLUSION D'UN MODÈLE VERTUEUX

Par Grégory Fléchet, journaliste.

Chaque année, le recyclage gagne du terrain et occupe une place prépondérante dans les campagnes de lutte contre la pollution par les déchets plastiques. Présentée comme une solution idéale face à la surabondance de plastique, cette méthode n'en reste pas moins sous-développée et encore inadaptée à certains types de polymères. Le recyclage se révèle ainsi incapable d'endiguer un flux de matière en perpétuelle croissance, tandis que la promesse d'une économie circulaire qui abolirait l'idée même de déchet, piétine à l'état d'utopie.

Les chiffres de la production mondiale de plastiques ont de quoi donner le vertige. À l'échelle de la planète, ce sont désormais **plus de 400 millions de tonnes qui inondent chaque année tous les secteurs de l'économie**. Si le tiers de cette production est assuré par la Chine, l'Europe n'est pas en reste. En 2020, le vieux continent a généré à lui seul 58 millions de tonnes de matières plastiques. Pour limiter leur dispersion dans l'environnement, trois stratégies sont actuellement mises en œuvre. La plus répandue reste l'incinération. « *En Europe, plus de 40 % des déchets plastiques sont utilisés comme combustibles. Ils viennent notamment alimenter les fours des cimenteries* » précise Yvan Chalamet, enseignant-chercheur en science des matériaux à l'Université Jean Monnet Saint-Étienne et au Laboratoire ingénierie des matériaux polymères. (CNRS). Alors que 25 % des plastiques usagés continuent d'être enfouis en décharge, le tiers de ces déchets est désormais recyclé. Ces vingt dernières années, le taux de recyclage dans l'Union européenne a même quadruplé :

10 millions de tonnes de déchets plastiques y sont recyclés tous les ans. Ces chiffres encourageants masquent toutefois une réalité moins reluisante.

Parmi les dizaines de composés plastiques produits à l'échelle industrielle, une petite minorité est facilement recyclable. Au sein de ce club très fermé, le polyéthylène téréphtalate (PET) tient le haut du pavé. Cette matière transparente est avant tout dédiée à la fabrication des bouteilles d'eau minérale, de jus de fruits et de sodas. « *De par sa structure chimique, le PET est capable de faire barrière aux molécules de grande taille auxquelles appartiennent la plupart des polluants. Ce qui facilite sa réutilisation comme contenant alimentaire* », explique Yvan Chalamet. Ce polymère¹ a, en outre, la particularité de conserver des fonctions réactives à chacune de ses extrémités. Une propriété qui permet aux courtes chaînes de PET générées par son recyclage mécanique (qui consiste à broyer le matériau, puis le réduire sous forme de paillettes) de se réassembler très facilement. Les longs chapelets de molécules ainsi obtenus peuvent ensuite servir à façonner une nouvelle bouteille en plastique. ➔



À VOIR

→ P. 04

Globe de plastique

1 > Un polymère est une molécule constituée d'une chaîne de molécules semblables et répétitives, appelées monomères.

2 > Procédé de transformation d'un déchet en un nouveau matériau ou produit de qualité ou de valeur moindre.



À LIRE

→ P. 32

Le zéro déchet, c'est pour quand ?

› Purifier le plastique en misant sur la chimie

Pour la majorité des autres matières plastiques fabriquées à partir d'hydrocarbures, le recyclage se révèle plus complexe. C'est le cas du polyéthylène (PE) et du polypropylène (PP) qui représentent, à eux seuls, 60 % des plastiques consommés dans le monde. Comme toutes les substances de la famille des polyoléfines, le PE et le PP ont une certaine propension à retenir les substances toxiques avec lesquelles elles se retrouvent en contact. Ainsi, les bouteilles conçues à partir de PE ne peuvent être réemployées pour façonner un nouvel emballage alimentaire. Afin de répondre au besoin de purification préalable de ces polyoléfines et parvenir à les réutiliser, les industriels de la pétrochimie misent désormais sur le recyclage chimique. L'opération consiste à séparer les constituants de base d'un polymère, que sont les monomères. En Europe, plusieurs usines pilotes utilisent déjà le recyclage chimique. Les procédés qu'elles emploient reposent pour la plupart sur le traitement à haute température des déchets de plastique, par pyrolyse ou gazéification. Toutefois, « ces formes de recyclage sont bien plus énergivores que leur pendant mécanique et nécessitent l'utilisation de différentes substances nocives pour l'environnement », prévient Nathalie Gontard, directrice de recherche à l'Institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement (Inrae), spécialiste des matières plastiques et de leur recyclage. Avec la hausse spectaculaire des prix du gaz et de l'électricité, à laquelle la plupart des pays du globe sont désormais confrontés, la montée en puissance du recyclage chimique des plastiques pourrait bien faire long feu.

Qu'il soit dédié à la protection des aliments ou au transport de produits non périssables, l'emballage reste de loin le premier poste d'utilisation des matières plastiques. À lui seul, il accapare 40 % de la production mondiale. Or, **les méthodes de recyclage actuelles ne peuvent assurer le renouvellement de la ressource à partir des seuls contenants usagés**. Dans le cas des



© DR

« Dans 95 % des cas, ces plastiques, soi-disant recyclés, ne servent pas à reconstituer le même produit, mais d'autres objets. »

Nathalie Gontard

Directrice de recherche à l'Institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement (Inrae), spécialiste des matières plastiques et de leur recyclage.

bouteilles en PET, qui reste le plastique le plus simple à recycler, deux à trois réutilisations successives peuvent être envisagées, avant que le matériau ne devienne trop fragile pour servir à fabriquer de nouvelles bouteilles.

Les dommages collatéraux du recyclage

Pour Nathalie Gontard, la notion de recyclage est d'ailleurs inappropriée lorsqu'on l'applique aux plastiques : « il s'agit avant tout de "décyclage"² puisque dans 95 % des cas, ces plastiques, soi-disant recyclés, ne servent pas à reconstituer le même produit, mais d'autres objets comme des vêtements, des cintres ou des panneaux d'isolation qui eux ne seront pas recyclés. » Si ce recyclage déguisé ne fait que différer dans le temps la pollution environnementale par les plastiques, il vient aussi concurrencer d'autres produits plus durables. « Les trois-quarts de nos vêtements chauds étant désormais confectionnés à partir de polyester en partie recyclé, les filières textiles reposant sur l'utilisation de fibres naturelles telles que la laine ou le coton sont aujourd'hui menacées de disparition », déplore la scientifique de l'Inrae. Le même constat peut être fait dans



DÉPOLLUER LES EMBALLAGES POUR RENFORCER LEUR RECYCLAGE

L'amélioration du recyclage passera-t-elle par le développement de nouvelles techniques d'extrusion ? C'est en tout cas l'une des voies qu'explore depuis peu la plateforme Fluscritex installée au Centre des savoirs pour l'innovation de l'Université Jean Monnet. Cette extrudeuse de dimension semi-industrielle doit notamment servir à mettre au point de nouvelles méthodes de dépollution des granulés de plastiques fabriqués à partir de films alimentaires. « Pour relever ce défi, nous cherchons à coupler le procédé d'extrusion à l'injection de CO₂ à l'état supercritique**, ce qui implique de mener l'opération à très haute pression, détaille Yvan Chalamet qui supervise cette toute nouvelle plateforme scientifique. Dans de telles conditions, le CO₂ est capable de piéger les substances toxiques susceptibles d'avoir contaminé notre film plastique. » Une fois l'opération de décontamination terminée, le CO₂ est extrait pour être ramené à l'état gazeux tandis que les molécules indésirables, demeurées à l'état liquide, peuvent être isolées sans difficulté. « Des collaborations initiées autour de cette technologie, avec plusieurs industriels du département de la Haute-Loire, visent à recycler des films plastiques alimentaires dans la perspective d'en faire un matériau réutilisable », illustre l'enseignant-chercheur stéphanois.

le secteur du BTP, où le plastique recyclé vient peu à peu se substituer à des matériaux isolants ne posant pas ou peu de problèmes environnementaux tels que le bois ou la terre cuite.

En outre, un pays qui fait le choix de développer massivement le recyclage du plastique n'a pas pour autant l'assurance de réduire sa consommation. En Allemagne et en Autriche, où le taux de recyclage atteint, voire dépasse, les 50 %, la consommation de plastique vierge reste stable depuis plusieurs années. Car une fois opérationnelle, toute usine de recyclage doit être alimentée en permanence par de gros volumes de matières plastiques pour que l'activité reste rentable. « Pour pouvoir fabriquer des bouteilles en PET recyclé, un ajout de plastique vierge est souvent indispensable pour que le nouveau contenant conserve des propriétés fonctionnelles satisfaisantes, ce qui a pour effet de maintenir à un niveau important la production de PET », complète Nathalie Gontard.

Quel que soit le niveau de recyclage que parviennent à atteindre les riches pays du Nord, la tentation d'expédier une partie de leurs déchets vers des états moins bien lotis économiquement reste grande. Pendant longtemps, la Chine fut la principale terre d'accueil de ce trop-plein de plastiques, celle-ci absorbant jusqu'à 80 % des exportations provenant des États-Unis, d'Europe, du Japon ou d'Australie. Depuis plusieurs années, ces déchets, constitués pour l'essentiel d'emballages usagés, inondent aussi d'autres pays d'Asie du Sud-Est au premier rang desquels figurent la Malaisie, la Thaïlande et le Viêt-Nam. ➔



© Olivier Sarrazin

« Le commerce international des déchets plastiques peut être interprété comme une continuité dans le temps et l'histoire de l'économie coloniale. »

Mikaëla Le Meur

Anthropologue à l'Université d'Aix-Marseille.

* > Procédé de transformation en continu permettant de façonner un produit plastique profilé long ou plat à partir de granulés solides injectés dans un tube chauffé muni d'une vis sans fin.

** > État de la matière lorsque celle-ci est chauffée au-delà de sa température critique et comprimée au-delà de sa pression critique. Le CO₂ atteint l'état supercritique lorsqu'il est porté à une température de 31 °C et une pression de 73,8 bars.



**À LIRE
-> P. 04**

Globe de plastique



© Mikaëla Le Meur

Tri préalable au recyclage des matières plastiques que les pays riches envoient au Viêt-Nam.

© Mikaëla Le Meur



Réutilisation de cette matière pour fabriquer des sacs en plastiques recyclés.

› Invisibiliser les déchets via le commerce international

Apparu avec la vague de « conteneurisation »³ qui a suivi la chute du mur de Berlin, le phénomène s'est intensifié à mesure que l'économie se mondialisait. Le mécanisme qui l'alimente est d'une redoutable simplicité : une fois les produits manufacturés des usines asiatiques arrivés à destination, les conteneurs ayant servi à les transporter repartent dans l'autre sens chargés de rebuts. Bien souvent constituée d'emballages plastiques de qualité et de nature variables, cette « matière secondaire » est devenue une marchandise comme les autres. « *Le commerce international des déchets plastiques s'inscrivant dans un jeu de circulation matérielle inégale, il peut être interprété comme une continuité dans le temps et l'histoire de l'économie coloniale* », analyse Mikaëla Le Meur, anthropologue à l'Université d'Aix-Marseille, qui a longtemps travaillé sur le recyclage des déchets plastiques au Viêt-Nam. Dans ce pays,

le recyclage est en partie assuré par des entreprises familiales, chacune d'elles achetant un ou deux conteneurs de déchets débarqués dans le port de Hanôï. Les cargaisons sont ensuite acheminées par la route vers les villages de l'intérieur des terres, où sont implantées ces petites

3 > Développement d'un système de transport de fret intermodal, mondialisé, standardisé et utilisant des conteneurs.

unités de recyclage. « Une fois les matières plastiques valorisables récupérées et lavées, elles servent à fabriquer des granulés de plastiques qui seront à leur tour transformés en sacs plastiques de piètre qualité ou en films destinés à l'agriculture locale », précise Mikaëla Le Meur.

Depuis le 1^{er} janvier 2018 et la décision du gouvernement chinois d'interdire les importations de déchets plastiques sur son territoire, la géopolitique du recyclage s'est massivement déportée vers d'autres territoires du sud-est asiatique. En Thaïlande, les flux de plastiques ont, par exemple, été multipliés par 70 entre janvier et avril 2018 par rapport à la même période de l'année précédente. Confronté à un emballage similaire, le Viêt-Nam a décidé de stopper pendant plusieurs mois le débarquement des conteneurs de déchets plastiques dans le port de Hanoï. Comme d'autres États de la région, le Viêt-Nam envisage désormais d'interdire définitivement l'importation de matières plastiques usagées. Une mesure salutaire pour la santé et l'environnement de sa population, qui ne résout toutefois en rien le casse-tête du retraitement des déchets plastiques à l'échelle de la planète. « Tant que les pays riches poursuivront leurs exportations de plastique, il y aura toujours la possibilité de trouver de nouveaux exutoires dans les économies les plus paupérisées de la planète », s'insurge Mikaëla Le Meur. Si la prise en charge du recyclage des déchets plastiques par le territoire qui les produit relève du plus évident principe de justice sociale, cette approche présente une autre vertu cardinale : inciter les citoyens que nous sommes à prendre enfin conscience de notre consommation excessive de plastiques en cessant une bonne fois pour toute de l'invisibiliser.

Bibliographie

Le Meur M., Le mythe du recyclage, *Premier parallèle* (2021).

Gontard, N., Seinger, H., Plastique, le grand emballage, *Stock* (2020).



DANS LA JUNGLE DES PLASTIQUES VERTS

Qu'ils soient biosourcés, biodégradables ou compostables, les polymères élaborés à partir de biomasse végétale prétendent offrir des alternatives durables aux matériaux plastiques issus des hydrocarbures. Sont-ils pour autant parés de toutes les vertus que leur prêtent leurs promoteurs ?

L'un des principaux griefs adressés aux plastiques fabriqués à partir de combustibles fossiles tient à leur robustesse exceptionnelle. Abandonnés dans la nature, ils peuvent alors persister des centaines, voire des milliers d'années, sans se dégrader. Si n'importe quel emballage plastique finit par se fragmenter sous l'action du rayonnement solaire et des intempéries, les molécules qui le constituent ne peuvent en revanche réintégrer aucun des grands cycles biogéochimiques de la biosphère. Depuis quelques années, des polymères d'un nouveau genre prétendent offrir des alternatives durables aux plastiques conventionnels. Qualifiés le plus souvent de biosourcés, ces produits issus de la transformation de ressources végétales représentent actuellement 1 % de la production mondiale de matières plastiques. « Parmi ces produits, un peu plus de la moitié se contentent de reproduire des polymères conventionnels comme le PET ou le PE ce qui ne leur octroie en rien un caractère biodégradable puisqu'ils se comportent de la même manière que n'importe quel plastique dérivé des hydrocarbures », constate Frédéric Dubreuil, maître de conférences en physique-chimie à l'École Centrale de Lyon et chercheur au laboratoire de tribologie et dynamique des systèmes.

Le plastique compostable promis à un bel avenir

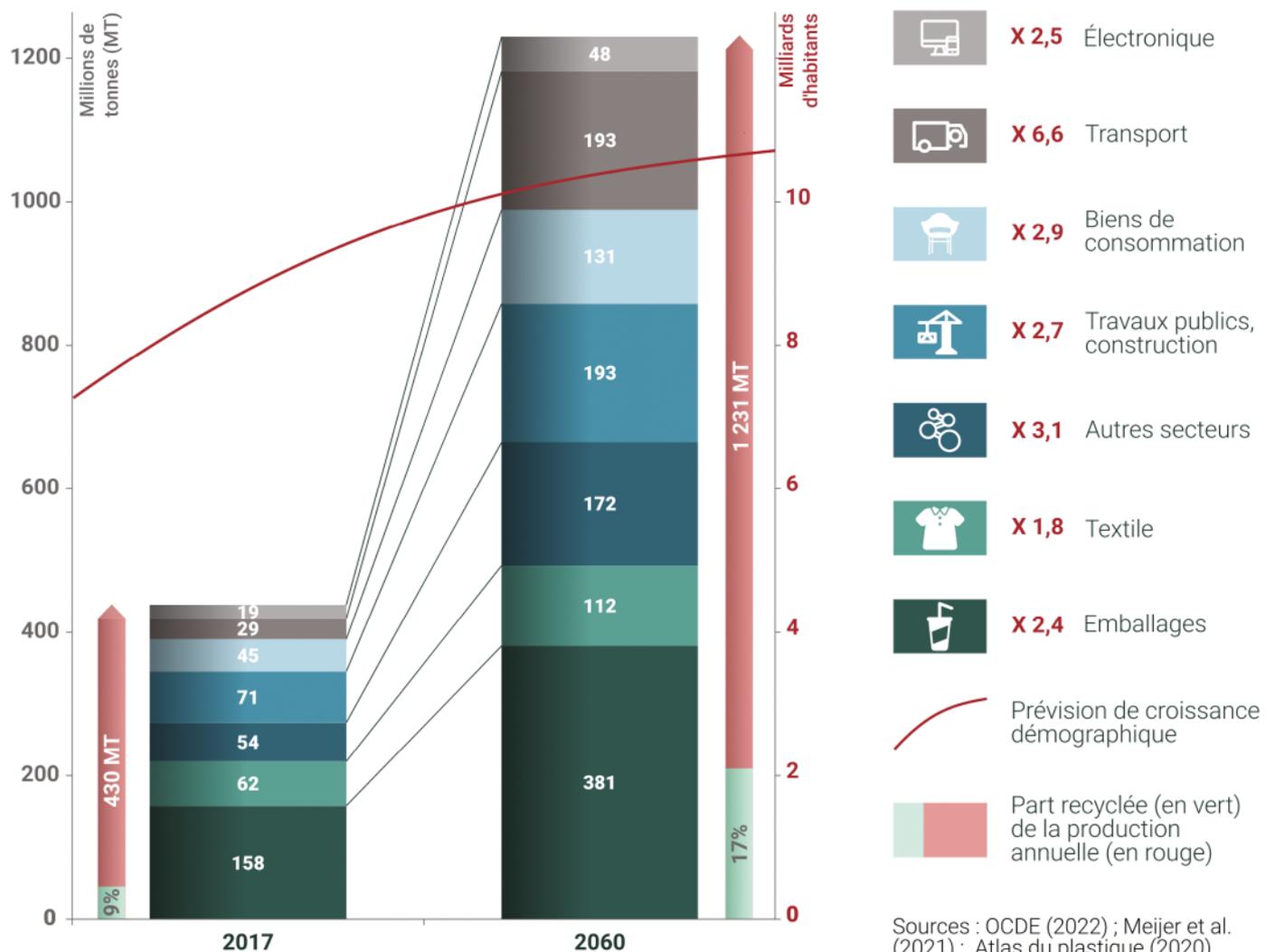
À peine plus de 40 % de ces polymères biosourcés sont par ailleurs véritablement biodégradables. « Il s'agit en majorité de films bioalimentaires élaborés à partir d'amidon de maïs ou de pomme de terre, dont le pouvoir plastifiant résulte de l'incorporation de composés organiques d'origine naturelle comme le glycérol ou le sorbitol », précise le chercheur. L'acide polylactique (PLA) constitue environ 10 % de ces plastiques "écologiques". Présenté par les industriels de la plasturgie comme la première alternative naturelle au polyéthylène (PE), le PLA n'est pas à proprement parler un plastique biodégradable selon Nathalie Gontard : « bien que les promoteurs du PLA le présentent comme un matériau compostable, l'opération de compostage doit être réalisée à une température de 60°C. Ce qui implique de mettre en place une filière industrielle spécifique. » Quid, enfin, de l'impact environnemental des différents plastiques élaborés à partir de la biomasse végétale ? « Les seules substances véritablement inoffensives une fois retournées à l'état de rebuts sont les plastiques biodégradables en conditions naturelles comme les polyhydroxyalcanoates (PHAs) », tranche la directrice de recherche. Bien qu'ils ne constituent pour l'instant qu'une infime partie de la grande famille des bioplastiques, les PHAs semblent promis à un bel avenir. Car, contrairement aux autres polymères biosourcés, dont la production entre directement en concurrence avec celle de nos ressources alimentaires, les PHAs peuvent être élaborés à partir de simples résidus agricoles.

L'EMPREINTE INDÉLÉBILE DU PLASTIQUE

Même si sa production cessait immédiatement, le plastique aura irrémédiablement marqué l'écosystème terrestre. Son empreinte chimique est durable dans l'air, l'eau et les sols. De récentes études pointent deux phénomènes concomitants et - de fait - inquiétants : d'abord, les effets écotoxicologiques à long terme du plastique pourraient menacer la santé humaine et l'équilibre biologique des milieux naturels ; ensuite, aucun scénario socio-économique n'anticipe ne serait-ce qu'une baisse de l'utilisation des plastiques d'ici la fin du siècle.

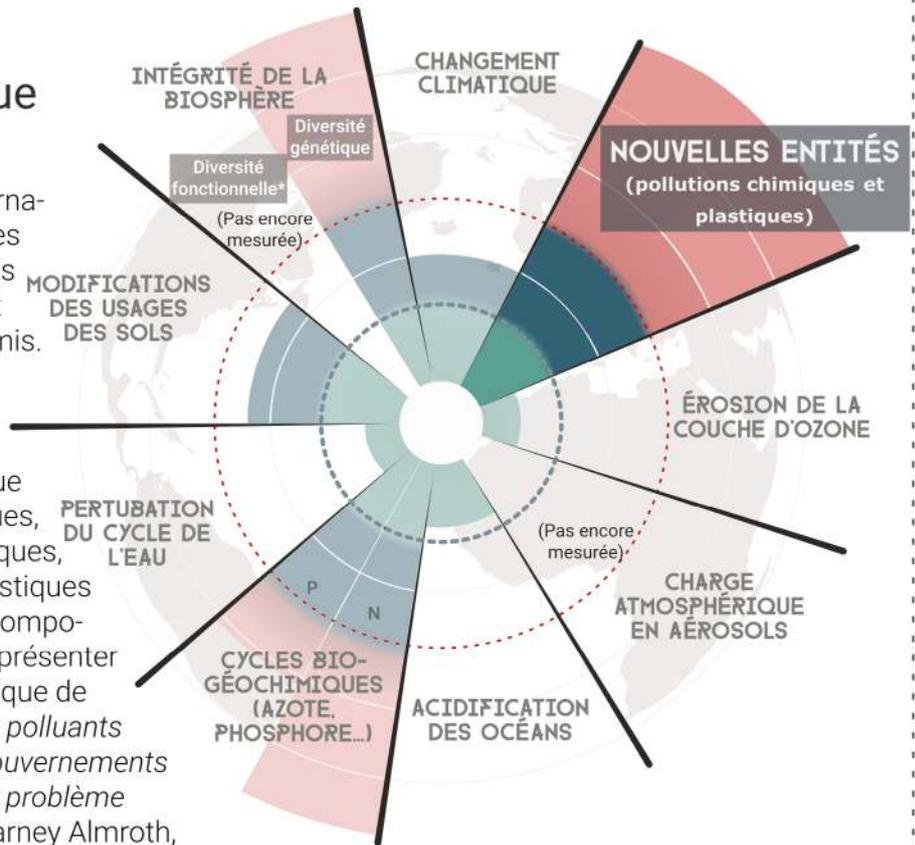
Prévision d'évolution de l'utilisation des plastiques entre 2017 et 2060

Dans son récent rapport, l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE) suggère que sans changement drastique, la consommation mondiale de plastique pourrait tripler d'ici 2060, de même que la production de déchets (dont la moitié serait toujours enfouie et moins d'un cinquième recyclé). Dans le même temps, la population mondiale devrait augmenter de 40 %, tandis que les besoins en plastique par habitant seront 4 fois supérieurs à ceux d'aujourd'hui.



La limite planétaire de la pollution chimico-plastique est déjà dépassée

En 2009, une équipe de chercheurs internationaux a identifié 9 frontières planétaires qui délimitent les seuils au-delà desquels l'état de stabilité dans lequel la Terre est restée pendant 10 000 ans est compromis. Des modifications environnementales deviennent alors potentiellement catastrophiques et difficiles à prévoir. Une récente étude a permis de démontrer que la limite des "nouvelles entités" (plastiques, produits chimiques industriels, antibiotiques, pesticides, etc.) a été dépassée. Les plastiques étant des combinaisons de milliers de composants chimiques, leur dégradation peut présenter certains risques pour la stabilité écologique de notre planète. « *La vitesse à laquelle ces polluants apparaissent dépasse la capacité des gouvernements à évaluer les risques (et à contrôler tout problème potentiel)* », a déclaré à l'AFP Bethanie Carney Almroth, co-auteurice de l'étude.



■ Limite encore non-atteinte ■ Zone d'incertitude (risque accru de dépassement) ■ Limite dépassée

* La diversité fonctionnelle fait référence aux fonctions que remplissent les organismes dans un écosystème et au fait que l'équilibre de ce dernier en dépende.

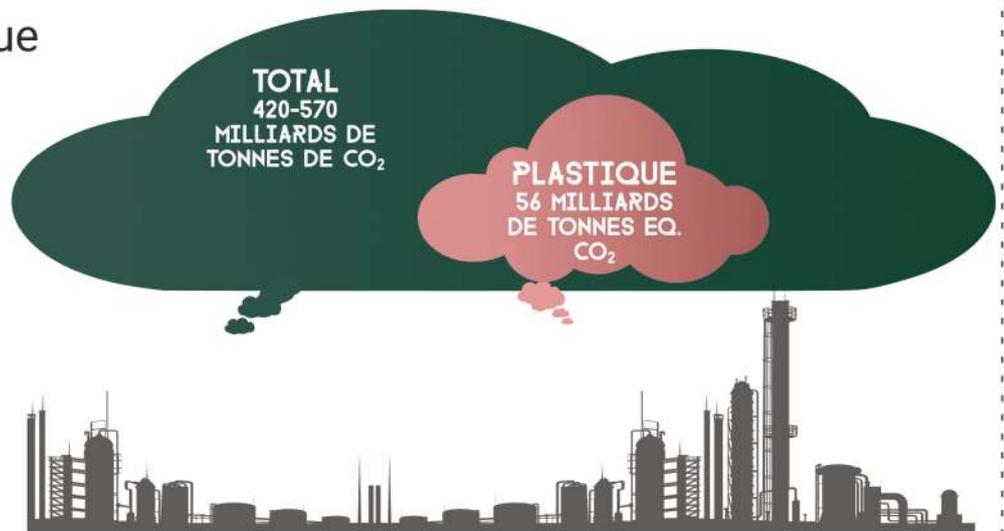
Sources : Persson, et al. (2022) ; Rockström, et al. (2009)



Dans le rapport Perspectives mondiales des plastiques, publié par l'OCDE, la quantité de déchets plastiques accumulés dans les océans du monde est estimée à 30 millions de tonnes (MT) et pas moins de 109 MT pour ce qui concerne les cours d'eau. Fatalement, ce document prospectif avertit que ces débris « continueront de se déverser dans la mer pendant des décennies, même à supposer que l'on parvienne à réduire sensiblement la quantité de déchets plastiques mal gérés ».

L'industrie du plastique menace le climat

Projection de la part des émissions de CO₂ dues à la production mondiale de plastique, dans le total des émissions que nous ne devons pas excéder pour rester en dessous de 1,5°C de hausse des températures d'ici 2050.



Source : Atlas du plastique (2020)
Reproduction



20

ÉCOTOXICOLOGIE

LES MILIEUX AQUATIQUES AU BORD DE L'OVERDOSE ?

Par Marie Privé, journaliste.

Partout autour du globe, les déchets plastiques s'amoncellent dans les eaux des mers et des océans. Tandis que les gros débris menacent de blesser les animaux de grande taille, les microplastiques présentent quant à eux un risque de toxicité à tous les niveaux du réseau trophique* marin. Après s'être principalement intéressés aux impacts en mer, les chercheurs remontent aujourd'hui jusqu'à la source de cette pollution par le plastique, la terre, pour mieux comprendre ses effets sur les écosystèmes d'eau douce, comme les fleuves et les rivières.

Des poissons piégés dans des sacs plastiques, des tortues avec une paille coincée dans le nez... Ces images tristement explicites, largement médiatisées, témoignent de l'ampleur d'une pollution identifiée depuis presque 50 ans¹, celle provoquée par la dissémination des déchets plastiques. De la surface jusqu'aux fonds des océans, ce matériau a progressivement colonisé l'ensemble des habitats marins. Des particules de plastique ont été retrouvées jusque dans la fosse des Mariannes, la fosse océanique la plus profonde connue à ce jour (près de 11 km de profondeur). À l'échelle mondiale, on estime qu'il y aurait environ 30 millions de tonnes de plastique dans les océans et près de 110 millions dans les cours d'eau. Au fur et à mesure de leur dérive, les débris plastiques se concentrent dans les gyres océaniques (zones de convergence de courants marins circulaires), dont le plus grand, situé dans le Pacifique Nord, est surnommé le « septième continent de plastique »... un peu à tort : il ne s'agit pas d'une étendue solide sur laquelle on peut marcher, mais plutôt d'une sorte de

« smog » marin, un mélange toxique de gaz et de particules, à l'instar de ce que l'on peut observer sous forme de brume dans l'air des grandes villes polluées. Des concentrations de débris plastiques encore plus élevées ont été observées dans certaines zones côtières, comme en Méditerranée ou dans le Golfe du Bengale, avec des densités au-dessus du million de particules plastiques par km² (contre en moyenne quelques centaines de milliers dans les gyres océaniques)².

Le plastique a colonisé les milieux marins

Cette soupe de plastique géante menace l'équilibre des écosystèmes marins. Les impacts qu'elle génère sur le vivant peuvent être classés en trois grandes catégories. D'abord, on observe des conséquences liées aux plus gros débris plastiques, les macro-déchets, qui affectent principalement la macro-faune avec des phénomènes d'obstruction des voies respiratoires et digestives, des emmêlements, des étranglements ou des blessures qui peuvent provoquer la mort des animaux. ➔

* > Désigne l'ensemble des interactions alimentaires au sein d'un même écosystème.

1 > Les premiers articles décrivant la présence de plastique dans les océans Pacifique et Atlantique Nord datent de 1972 et 1974. Source : Ifremer.

2 > Galgani, F. et al., Pollution des océans par les plastiques et les microplastiques, *Techniques de l'ingénieur* (2020).

3 > Les concentrations utilisées pour les tests en laboratoire sont plus importantes que la quantité de microplastiques observée dans le milieu naturel actuel, mais elles pourraient refléter la réalité d'ici une vingtaine d'années, à cause de la fragmentation continue des plastiques en mer.



À LIRE

→ P.26

Micro-plastiques, maxi-risques ?

4 > Paul-Pont I., Un océan de plastiques : quels impacts sur le vivant ? [Vidéo] Canal Uved, (2021).

5 > Sussarellu R., et al., Oyster reproduction is affected by exposure to polystyrene microplastics, PNAS, 113-9 (2016).

6 > Centre de documentation, de recherche et d'expérimentations sur les pollutions accidentelles des eaux.

» Les tortues marines constituent un indicateur fiable du niveau de pollution par le plastique en mer : « Ces espèces ont une forte propension à avaler des déchets », explique Gaëlle Darmon, biologiste de l'environnement, chercheuse indépendante. De plus, on les retrouve partout dans les eaux marines du globe, ce qui permet de comparer les variations spatiales. » De 2017 à 2021, la biologiste a autopsié des tortues caouannes retrouvées mortes sur les côtes atlantiques et méditerranéennes. Elle a confronté ses résultats avec des données récoltées depuis 1988 sur 1116 spécimens. Si à peine 2 % des tortues ont directement été tuées par des déchets (obstruction, perforation du tractus digestif), 70 % d'entre elles en ont ingérés. « Un chiffre qui grimpe à 100 % dans certaines zones, comme le sud-est de la côte méditerranéenne française », précise la chercheuse. En moyenne, 38 % de la surface de leur tube digestif est occupée par du plastique. Et les conséquences sont graves, comme le rapporte la biologiste : « Une partie de la place habituellement occupée par la nourriture est remplacée par du plastique. Les tortues grossissent moins, elles ont des difficultés à plonger pour trouver à manger, à se déplacer vers les zones de reproduction et à échapper aux prédateurs, ce qui entrave la capacité de survie de ces espèces ».

La menace des microplastiques se précise

La pollution aux macro-plastiques constitue la face émergée de l'iceberg : ce sont les effets qui se voient, qui choquent, et qui ont donc été les plus étudiés. Récemment, une autre catégorie de pollution plastique, plus insidieuse, a été mise au jour. Dissipés dans l'environnement, les plastiques se dégradent et se fragmentent en micro et nanoplastiques. Du fait de leur petite taille, ils peuvent être ingérés par l'ensemble des maillons de la chaîne alimentaire, du plus petit zooplancton au plus grand mammifère marin. Si la recherche fait encore face à des difficultés de méthode pour évaluer l'impact réel des microplastiques en milieu naturel, les études en laboratoire³ ont permis d'observer deux types d'impacts. Les premiers sont des impacts directs liés à la présence de microplastiques dans le tractus digestif de l'animal (comme pour les tortues avec les macro-déchets) ; et les seconds, des impacts indirects de toxicité chimique due au relargage de molécules toxiques depuis les plastiques vers les animaux. Il s'agit soit d'additifs ajoutés au plastique lors de sa production (colorants, plastifiants...), soit de contaminants déjà présents dans l'environnement et qui vont se fixer sur les plastiques (hydrocarbures, pesticides, PCP...)⁴. Dans les deux cas, les microplastiques peuvent perturber le métabolisme énergétique (les réactions chimiques internes qui produisent de l'énergie) et les grandes fonctions physiologiques (croissance, reproduction, survie, système immunitaire) de la biodiversité marine. Chez l'huître, par exemple, une étude⁵ a montré qu'une exposition aux microplastiques pendant la période de reproduction augmentait significativement sa prise alimentaire, pour compenser la perte énergétique liée à l'ingestion de plastique. « Cela provoque des effets néfastes sur le système reproducteur du mollusque », commente Kevin Tallec, écotoxicologue au Cedre⁶. Les huîtres exposées au plastique ont produit moins de cellules reproductrices (spermatozoïdes et ovocytes), et celles qu'elles ont produites étaient de moins bonne qualité, avec des larves plus faibles (retard de croissance). »



© Kélonia_INDICIT

Déchets plastiques retrouvés lors de l'autopsie d'une tortue, sur l'île de la Réunion.



« La plupart de ces déchets restent bloqués sur terre. »

Gaëlle Darmon

Biologiste de l'environnement.

Le plastique convoyeur de parasites

Enfin, la présence de déchets plastiques en mer induit des risques liés au transport d'espèces. Une fois dans l'eau, le plastique est colonisé par un grand nombre d'organismes marins : des invertébrés (mollusques, crustacés), mais aussi d'autres micro-organismes invisibles à l'œil nu comme des bactéries, des virus, des champignons... Les déchets plastiques étant très mobiles, ces parasites peuvent facilement être transportés d'un point A à un point B de la planète. À la suite du tsunami qui toucha le Japon en 2011, une étude⁷ a, par exemple, montré que près de 300 espèces marines japonaises s'étaient déplacées jusqu'aux côtes ouest nord-américaines et hawaïennes, en s'accrochant aux débris plastiques brassés par le tsunami. « Ces nouvelles espèces peuvent s'avérer très nocives, note Kevin Tallec. Potentiellement invasives, elles peuvent prendre la place d'une autre espèce native et détruire l'écosystème présent à la base. » À cela s'ajoute le risque de transport de maladies ou de pathogènes dont les plastiques sont vecteurs et qui peuvent nuire à l'équilibre du milieu dans lequel ils se retrouvent. En examinant l'état de santé de 159 récifs coralliens d'Asie du Sud-Est, des chercheurs ont découvert que les coraux

vivant dans des zones contaminées par le plastique avaient 20 fois plus de risques de développer des maladies⁸.

Une quatrième catégorie d'impacts pourrait encore s'ajouter à la liste, mais elle reste hypothétique : des tests en laboratoire ont suggéré que les micro et nanoplastiques pouvaient interférer avec la vitesse à laquelle descend la "neige marine", ces agrégats de débris d'origine organique produits en surface qui descendent dans la colonne d'eau et dont se nourrissent les animaux des profondeurs⁹. La modification de ce flux de carbone vers l'océan profond pourrait ainsi affecter cet écosystème très particulier qui n'a pas accès à d'autres types de nourriture. Elle empêcherait également la séquestration du carbone dans les eaux profondes, un processus qui participe au phénomène de puits de carbone océanique¹⁰ et contribue à l'équilibre du climat terrestre.

Si l'océan est contaminé, l'état des fleuves est alarmant

Si des zones d'ombre subsistent, on sait néanmoins que la dissémination de plastiques provoque des effets néfastes sur l'ensemble du vivant des mers et des océans, à tous les niveaux du réseau trophique marin. Mais qu'en est-il des impacts en amont ? Les images chocs des plastiques dans les océans ont aidé à créer des financements orientant jusqu'à maintenant la recherche vers les milieux marins. Pourtant, 80 % de ces déchets en mer seraient issus du milieu terrestre, en grande partie véhiculés par les fleuves et les rivières. Et ce n'est pas le plus alarmant, puisque « la plupart de ces déchets restent bloqués sur terre », rappelle Gaëlle Darmon, et leurs impacts sur les écosystèmes d'eau douce sont très peu connus. À l'aune des conséquences délétères en mer, « il faut s'attendre à des résultats "trash" concernant l'impact terrestre », avance la biologiste.

Les effets des macro-déchets sur la faune terrestre sont globalement similaires à ce qui se passe en mer : des ingestions, des étranglements, des emmêlements et, chez les oiseaux, l'utilisation de plastique pour construire leurs nids. « Ils font exprès de prendre ces déchets, explique la

7 > Carlton, JT. et al., Tsunami-driven rafting: Transoceanic species dispersal and implications for marine biogeography, *Science*, 357-6358 (2017).

8 > Lamb, J. et al., Plastic waste associated with disease on coral reefs, *Science*, 359-6374 (2018).

9 > Tallec, K., Impacts des nanoplastiques et microplastiques sur les premiers stades de vie (gamètes, embryons, larves) de l'huître creuse *Crassostrea gigas* (p.43). *Thèse de doctorat*. Université de Bretagne occidentale - Brest (2019).



À LIRE
→ P.38

Le paradoxe de la civilisation plastique

10 > L'océan est capable de capturer le CO₂ atmosphérique grâce au couplage de phénomènes physiques et biologiques. C'est ainsi qu'il est qualifié de « puit de carbone », puisqu'il séquestre à lui seul près de 30 % du CO₂ émis par les activités humaines.

12 > Sanchez, W., Contamination des poissons d'eau douce par les microplastiques. *Rapport Scientifique INERIS* (2014).

13 > L'association HISA, le CEFE (CNRS), l'OFB et le laboratoire départemental d'analyses de la Drôme.

» chercheuse. Ils les choisissent en fonction de leur odeur pour faire fuir les prédateurs (mégots) ou de leurs couleurs vives pour la sélection sexuelle. Ces interactions ont été observées, mais leur impact reste méconnu. » Concernant les microplastiques, une étude¹² portant sur 812 goujons (poissons d'eau douce très répandus), dans 33 cours d'eau français, a montré que 10 % des spécimens étaient contaminés aux microplastiques, sans pour autant établir de lien avec d'éventuels effets sur leur santé. En effet, comme en milieu marin, ceux-ci restent complexes à évaluer en conditions réelles. Cependant, des bioessais d'écotoxicité réalisés en laboratoire ont souligné l'impact des microplastiques sur la croissance, la reproduction et la mortalité d'organismes d'eau douce comme certaines algues et micro-crustacés.

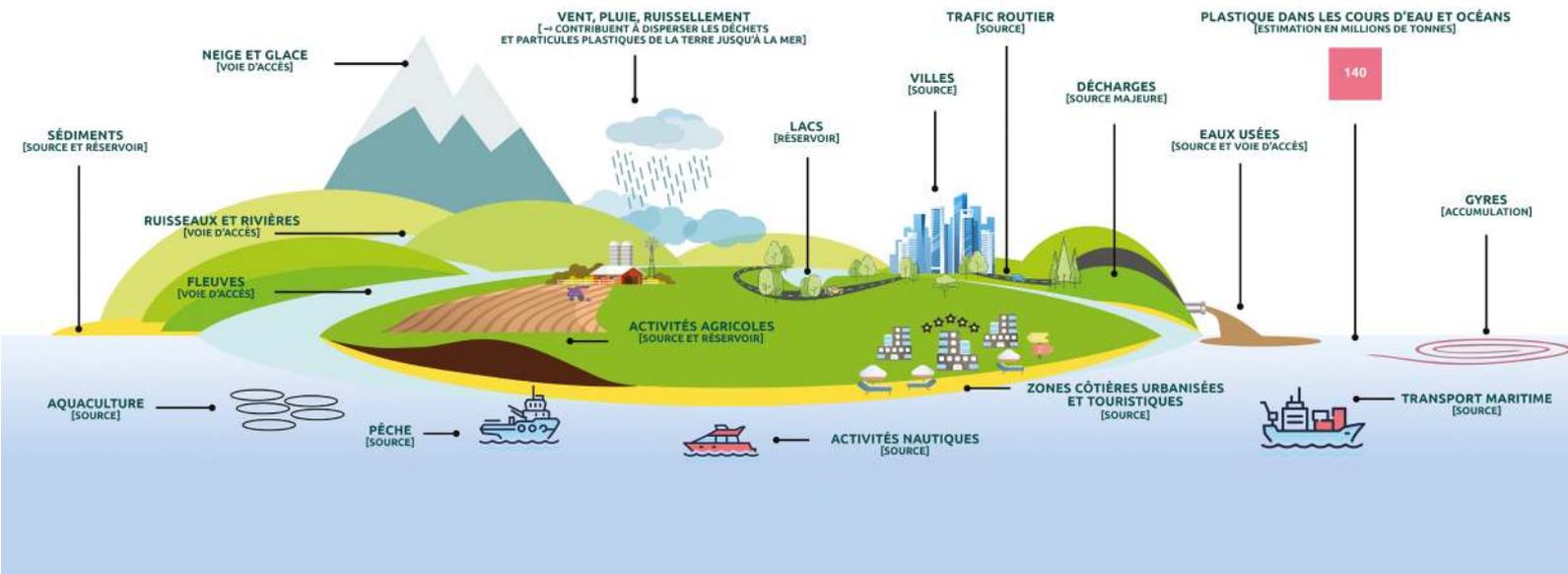
La recherche doit se poursuivre

Si l'état de la recherche à terre ne permet pas encore de tirer de conclusions en matière de toxicité, l'heure est au changement. Des

études plus globales sur les milieux d'eau douce sont en cours, comme la mission Tara Microplastiques, qui a collecté des milliers d'échantillons de microplastiques dans neuf grands fleuves européens (résultats attendus à l'automne 2022) ou encore Plastic-Rhône, première évaluation mondiale de la pollution plastique réalisée à l'échelle d'un continuum fleuve-mer (lancée en 2021). Gaëlle Darmon démarre également, avec plusieurs partenaires¹³, une évaluation des microplastiques ingérés par les poissons d'eau douce sur l'ensemble du territoire national : « On doit mieux comprendre le comportement et les impacts des déchets plastiques de la terre jusqu'à la mer, afin de montrer la réalité aux pouvoirs publics, pour qu'ils agissent et amorcent des directives. » C'est en documentant l'hémorragie de sacs plastiques et de pailles échoués en mer que ces objets furent respectivement interdits en 2015 et en 2021. Un premier pas qui doit désormais ouvrir la voie vers des mesures renforcées et globales contre la dissémination des plastiques dans l'environnement.

PRINCIPALES SOURCES ET VOIES D'ACCÈS DES DÉCHETS PLASTIQUES DANS LE MILIEU MARIN

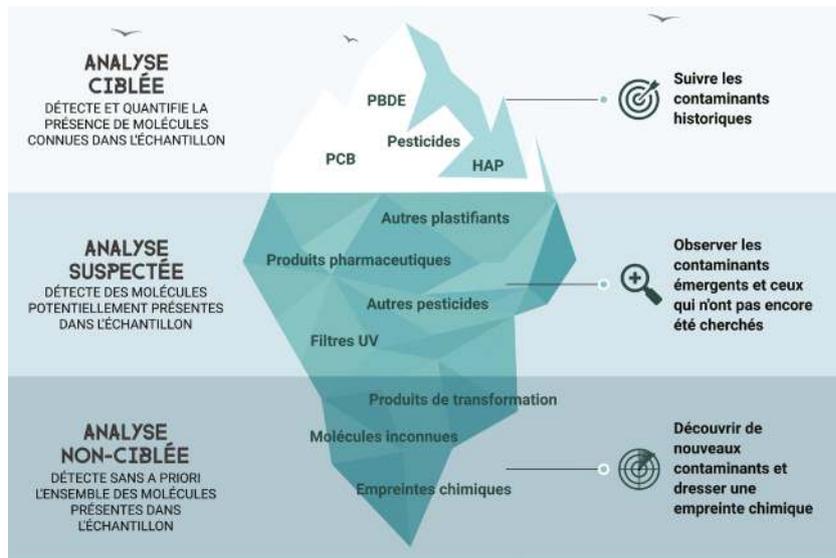
SOURCE : GRID - ARENDAL





UN ESPOIR POUR PERCER LES MYSTÈRES DE LA POLLUTION PLASTIQUE À L'ÉCHELLE MOLÉCULAIRE

Pour évaluer les effets cachés de la pollution plastique sur les écosystèmes aquatiques, il est nécessaire de s'intéresser à la structure moléculaire des micropolluants libérés dans l'eau lorsque le plastique se dégrade. Pour repérer ces substances, les chimistes mettent en œuvre des analyses chimiques ciblées qui permettent d'identifier des molécules déjà connues. En parallèle, ils ont recours à des techniques de pointe plus performantes, les analyses non-ciblées, dans le but d'étudier de nouveaux contaminants encore inconnus et potentiellement toxiques.



Dans quelle mesure les eaux sont-elles polluées par les substances chimiques issues des plastiques qui se désintègrent ? S'il est encore trop tôt pour apporter des réponses précises à cette question, celle-ci fait l'objet d'un intérêt grandissant afin de mieux comprendre l'impact de la pollution aux micro et nanoplastiques sur l'environnement. Dispensées par le vent, par les eaux de ruissellement ou directement rejetées par les stations d'épuration, les substances chimiques liées aux activités humaines se retrouvent en grande partie dans les milieux aquatiques. Fabriquées à l'origine par l'industrie chimique pour notre confort (médicaments, pesticides, colorants...), ces molécules, une fois rejetées dans la nature, se transforment en micropolluants organiques pour la faune et la flore. Les phtalates, par exemple, couramment utilisés pour assouplir les matières plastiques et reconnus comme perturbateurs endocriniens, sont des micropolluants omniprésents dans le milieu aquatique. D'après un rapport de l'Institut national de l'environnement industriel et des risques (Ineris), ils ont été retrouvés dans 95 % des eaux de surfaces continentales évaluées*.

On ne trouve que ce que l'on cherche

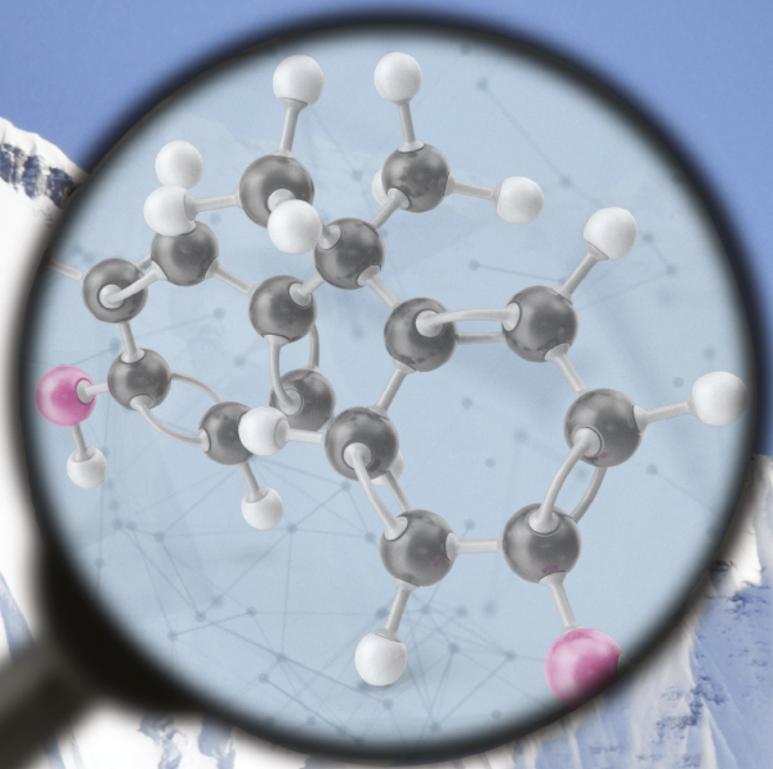
Pour détecter cette pollution au niveau moléculaire et ainsi évaluer l'état chimique d'une rivière ou d'un cours d'eau, les chercheurs utilisent habituellement la spectrométrie de masse** selon une approche dite "ciblée". Cette technique d'analyse chimique permet de détecter et de quantifier des micropolluants dans un échantillon d'eau, de sédiment ou de boue. « Ça, c'est la partie visible de l'iceberg, observe Cécile Miège, chimiste et directrice adjointe de l'unité de recherche RiverLy (Centre Inrae Lyon-Grenoble Auvergne-Rhône-Alpes). On ne retrouve que des molécules déjà connues et que l'on a décidé de chercher. » Bien que performante, l'analyse ciblée ne permet de détecter qu'une minorité des micropolluants potentiellement toxiques. Avec cette méthode, l'état chimique d'une rivière est évalué sur la base d'une cinquantaine de substances préalablement connues. « En une seule analyse non-ciblée, on peut recueillir des informations sur plusieurs milliers de molécules, relève Cécile Miège. C'est une méthode d'exploration plus globale et sans a priori. » À terme, les chercheurs peuvent ainsi déterminer la formule brute d'un micropolluant inconnu. L'objectif ? Découvrir de nouveaux contaminants et identifier les plus préoccupants, afin d'œuvrer à leur réduction.

De nombreuses nanomolécules à passer au crible

Technique encore coûteuse et chronophage, l'analyse chimique non-ciblée n'est utilisée que depuis très récemment dans le cadre de la surveillance des milieux aquatiques. Si cette nouvelle méthode n'est pas encore directement appliquée aux matières plastiques, elle pourrait à l'avenir permettre de mieux décortiquer leurs structures moléculaires et leurs interactions avec l'environnement : « Aux polymères de base s'ajoutent une vaste gamme d'additifs et de colorants, ce qui rend la composition des plastiques très complexe, note la chimiste. On suspecte qu'ils regorgent d'un magma de nombreuses nanomolécules encore inconnues, d'où l'intérêt de développer l'exploration des matières plastiques en analyse non-ciblée. »

* > Institut national de l'environnement industriel et des risques. Résultats de l'étude prospective 2012 sur les contaminants émergents dans les eaux de surface continentales de la métropole et des DOM (2014).

** > Technique physique d'analyse très puissante et sensible qui permet de détecter et d'identifier des structures moléculaires par mesure de leur masse.



26

MICROPLASTIQUES

MICROPLASTIQUES, MAXI-RISQUES ? UNE APPROCHE SYSTÉMIQUE À PRIVILÉGIER

La preuve scientifique d'un risque sanitaire ou environnemental lié aux microplastiques n'est, aujourd'hui, pas établie. Pourtant, le traitement médiatique de ce sujet suggérerait l'inverse. D'après les chercheurs, l'écho donné à leurs travaux témoigne d'abord d'une montée en puissance de notre conscience environnementale.

Par Caroline Depecker, journaliste.

Les dernières années ont été marquées par une augmentation importante des actions de recherche sur les microplastiques en dehors du milieu marin. Le volume annuel de publications scientifiques traitant de ces fragments de polymères, d'une taille inférieure à 5 millimètres, a en effet triplé au cours des 10 dernières années. À la lecture d'une récente revue de ces articles¹, un constat s'impose : les microplastiques sont ubiquistes, autrement dit on les retrouve partout. De l'Arctique aux abysses, **en passant par les glaciers alpins** ou l'étal du poissonnier, où que le regard du chimiste se pose pour les chercher, il les trouve, moyennant quelques précautions. Grâce à des modes de transport variés, les microplastiques contaminent tous les compartiments de la planète : l'eau salée et l'eau douce, la neige, la glace, les sols, les sédiments et l'atmosphère. Quid des risques qu'ils représentent pour les écosystèmes et la santé humaine ?

Des millions de microplastiques libérés dans les biberons, Les microplastiques, véritable danger pour le cerveau et les défenses immunitaires, Alerte aux microplastiques². En guise d'exemple, ces titres accrocheurs, extraits de papiers journalistiques ou de

campagne d'associations, témoignent du caractère anxiogène des informations données sur le sujet. L'affaire serait pliée : les risques sont avérés.

« *C'est un fait. Il y a aujourd'hui une accélération de la recherche et de la communication, autour des problématiques environnementales, des plastiques en particulier,* observe Rémy Bayard, enseignant-chercheur spécialiste du traitement des déchets pétro-sourcés au laboratoire DEEP de l'INSA Lyon³. *La façon dont la société s'en empare, impacte en retour notre travail* ». Au sein de cette grande école lyonnaise, une thèse a débuté en 2021, qui vise à comprendre les processus à l'œuvre lors du transport des microplastiques dans le réseau d'assainissement. Le travail repose sur l'emploi de billes synthétiques modèles, placées dans des conditions reproduisant l'écoulement des eaux de pluie et des eaux usées. L'objectif : comprendre comment les microparticules s'échappent dans l'environnement à partir de certains compartiments clés (les déversoirs d'orage, par exemple). « *C'est un enjeu majeur pour réduire la dissémination des microplastiques, notamment ceux issus des territoires urbains* », souligne Rémy Bayard. ➔

1 > Allen, S., et al., Micro(nano)plastics sources, fate, and effects : what we know after ten years of research, *Hazardous Materials Advances*, 6 (2022).



**À LIRE
→ P. 31**
Des microplastiques sur les pentes des glaciers

2 > Titres d'articles de presse issus du *Monde*, de *CNEWS* et d'*Agir pour l'environnement*.

3 > Laboratoire DEEP, déchets, eau, environnement, pollutions est un laboratoire de l'Institut national des sciences appliquées de Lyon.

› L'évaluation des risques diffère de leur perception

« Il apparaît important d'amener un regard circonstancié sur les conclusions à venir dont certaines intéresseront directement les gestionnaires de l'eau. Aussi, avec nos collègues des sciences sociales du S2HEP⁴, nous avons lancé une étude sur la perception des risques associés aux microplastiques », complète le chercheur. Dans quelle mesure les usagers et les décideurs ont-ils une vision juste des propos scientifiques en lien avec cette pollution ? De mauvaises interprétations des rapports d'experts existent-elles ? Les résultats de l'étude devraient être connus fin 2022.

Évaluer les risques environnementaux d'une substance est un processus scientifique qui repose sur deux étapes essentielles : d'une part, caractériser les dangers liés au produit ; puis, d'autre part, estimer le degré d'exposition des organismes vivants audit produit, notamment en le quantifiant. Or, ces deux phases sont loin d'être résolues. En 2020, dans son rapport *Pollution plastique : une bombe à retardement ?*, l'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques effectue un bilan des connaissances sur les microplastiques. Il souligne le manque « d'informations chiffrées précises » sur les flux de polluants, ainsi que « les lacunes » à ce sujet. Le document relève toutefois

une quantité minimale de microplastiques perdus dans l'environnement : **entre 1,8 et 5 millions de tonnes par an au niveau mondial.**

D'après une étude citée dans ce rapport, le Rhône charrierait annuellement 22 tonnes de microplastiques jusqu'à la Méditerranée, qualifiée de « mer la plus polluée au monde » au vu des concentrations rencontrées. Le LEHNA⁵, basé sur le campus de Vaulx-en-Velin, mesure les teneurs en particules plastiques qui s'accumulent dans les sédiments du fleuve. « Nous disposons d'informations robustes depuis seulement 2 ans », explique Brice Mourier, chercheur au laboratoire.

Inventorier les principales zones émettrices en microplastiques

Des prélèvements sédimentaires ont été réalisés en plusieurs endroits de l'agglomération lyonnaise, en amont, en aval et en plein cœur de ville. Les teneurs varient fortement selon l'endroit considéré, l'ordre de grandeur est de 1 000 à 30 000 particules par kilogramme de sédiment. « Même si le calcul est délicat à faire, cela représente quelques milligrammes de plastique par kilo, voire le gramme à certains endroits, précise Brice Mourier. Les teneurs les plus importantes sont celles relevées dans les bassins de rétention des eaux pluviales ».

Dans ces derniers convergent les eaux de pluie qui, ruisselant sur le bassin versant urbain, collectent sur leur passage tous les déchets environnants. Ceux fabriqués en plastique se fragmentent naturellement en micro-débris. Les ouvrages mentionnés constituent ainsi logiquement une des sources principales susceptibles d'émettre des microplastiques. Dans le cadre d'une thèse menée avec le laboratoire DEEP, un inventaire des zones produisant le plus de ces polluants est en cours. Il identifiera, quand c'est possible, les activités anthropiques induisant ces pollutions.



À LIRE

→ P. 20

Les milieux aquatiques au bord de l'overdose ?

4 > Laboratoire S2HEP (Sciences, Société, Historicité, Éducation, Pratiques) est sous tutelle de l'Université Claude Bernard Lyon 1 (UCBL), avec un engagement fort de l'INSA Lyon.

5 > Laboratoire d'écologie des hydrosystèmes naturels et anthropisés (LEHNA) est sous tutelle de l'ENTPE, de l'UCBL et du CNRS.



© DR

« Les microplastiques sont invisibles à l'œil nu. Cependant, si on arrive à documenter leur présence où que l'on creuse, c'est qu'il y a un problème. »

Brice Mourier

Chercheur au laboratoire LEHNA.

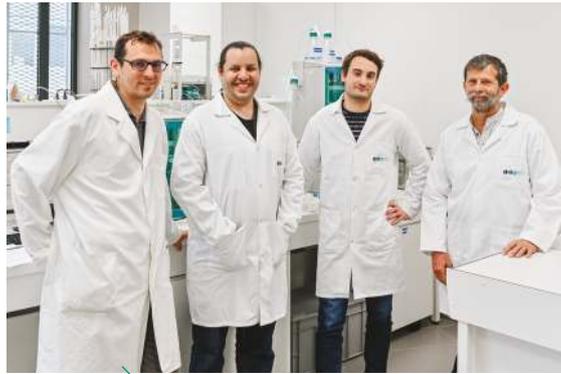
Les métaux et les polluants organiques persistants bénéficient d'un suivi réglementaire qui permet de retracer l'historique de leur émission dans l'environnement. Ce n'est pas le cas pour les microplastiques.

« Nous manquons de recul par rapport à nos données d'observation actuelles, souligne Brice Mourier. Ces teneurs sont-elles importantes au vu de celles du passé ? Si elles augmentent, ou diminuent, avec quelle vitesse le font-elles ? » Pour pallier ce problème, des carottes sédimentaires sont en cours de prélèvement en différents points du Rhône. Grâce à elles, il sera possible de voir comment a évolué cette pollution lors des 40 dernières années. Brice Mourier souligne : « Quels que soient nos résultats futurs, une chose est sûre : les microplastiques sont invisibles à l'œil nu. Cependant, si on arrive à documenter leur présence où que l'on creuse, c'est qu'il y a un problème ».

Interroger le rôle du chercheur dans le discours des médias

Les microplastiques ont été détectés dans de nombreux aliments de consommation courante comme l'eau potable, le lait, le miel ou encore les fruits de mer. L'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation (Anses) pilote, depuis 2015, plusieurs études afin d'en qualifier la toxicité. L'observation révèle des concentrations élevées en microplastiques chez les poissons, non dans leur chair, mais surtout dans leurs estomacs et intestins. Des morceaux qui ne sont pas consommés généralement. En 2019, l'Anses a confirmé qu'en mangeant des moules, nous pouvions ingérer des microplastiques en quantités extrêmement faibles⁶. Les effets qu'elles pourraient avoir sur notre système digestif restent à clarifier.

Des données récentes obtenues chez les souris, montrent qu'en cas d'ingestion majeure de microplastiques, le microbiote intestinal des mammifères est perturbé et le tissu recouvrant la surface interne des intestins lésé. De quoi envisager des effets similaires chez l'humain ? Interrogé, Guillaume Duflos, chef de l'unité



© NicolasFagotStudio9

« Les fuites de microplastiques dans l'environnement représentent moins de 1 % de cette production, mais les volumes émis sont énormes. »

Johnny Gaspéri

Chimiste au Laboratoire eau et environnement (LEE - Université Gustave Eiffel), ici entouré de ses collègues.

physico-chimie des produits de la pêche et de l'aquaculture de l'Anses précise : « La littérature est pour l'instant insuffisante sur le devenir des microplastiques dans notre organisme. Nous ne pouvons réaliser une évaluation complète de leurs risques pour notre santé ».

Faute de données, il n'y a pas de preuve scientifique, aujourd'hui, indiquant qu'un risque sanitaire ou environnemental associé aux microplastiques existe. Alors comment expliquer le traitement médiatique plutôt alarmiste ? L'absence de preuve n'est pas preuve de l'absence, ce qui laisse la place à la suspicion et aux craintes.

Le choix des mots pour aborder le sujet des microplastiques est important. En 2021, dans la revue *Natures Sciences Sociétés*⁷, une équipe de chercheurs en sciences de l'environnement, parmi les premiers à s'être intéressés à la quantification de ces polluants sur le continent, mettent en perspective les travaux de recherche sur leur dissémination. Ils s'interrogent sur le rôle du chercheur dans le discours médiatique et sur la prise en compte de sa parole dans la société. ➔

6 > Hermabessiere, L., et al., Microplastic contamination and pollutant levels in mussels and cockles collected along the channel coasts, *Environmental Pollution*, 250 : 807-819 (2019).

7 > Blot, D., et al., Le continent oublié. Lumières et zones d'ombre des recherches sur la dissémination des plastiques, *Natures Sciences Sociétés*, 29 (4) : 469-78 (2021).

› L'émergence d'une conscience environnementale

« Notre mission première, c'est avant tout d'exposer les faits, commente Johnny Gaspéri, l'un des auteurs de l'article et chimiste au Laboratoire eau et environnement (LEE)⁸. Lorsqu'il s'agit d'un sujet aussi sensible, sans doute devrions-nous nous engager davantage dans le processus de communication pour porter un message plus clair auprès des non-scientifiques ». La pertinence des informations relayées auprès du grand public et leur visée sensationnaliste lui semblent parfois critiquables, pour autant il se félicite de l'élan médiatique donné autour des microplastiques. « C'est un bon signe, ajoute-t-il. Celui qu'une conscience environnementale est en train d'émerger au sein de la société et de s'amplifier ».

Réfléchir en termes de toxicité, ou d'écotoxicité, correspondrait à une vision étriquée des risques associés aux microplastiques, selon Bruno Tassin, autre co-auteur et directeur de recherches au Laboratoire eau, environnement et systèmes urbains (Leesu). Il explique : « le vrai problème, à mon sens, c'est de retrouver ces produits partout dans l'environnement alors qu'ils sont en dehors des cycles biogéochimiques. Ils n'ont rien à faire là. Au même titre que toutes les substances qui entrent dans la composition des plastiques et qui sont renouvelées en continu par l'industrie ». L'enjeu des microplastiques est donc avant tout systémique et reflète plus globalement la pollution chimique à l'échelle de la planète. Avec une production annuelle de l'ordre de 460 millions de tonnes en 2019, le plastique est le troisième matériau le plus consommé

au monde. Au rythme actuel, cette valeur devrait doubler d'ici à 2050. « Les fuites de microplastiques dans l'environnement représentent moins de 1 % de cette production, mais les volumes émis sont énormes », pose Johnny Gaspéri. « Cette observation témoigne d'un dysfonctionnement manifeste de nos modes de consommation et de notre modèle de société ».

Ainsi, pour ce collectif de chercheurs, l'enjeu des microplastiques ne se situe pas dans la compréhension des risques qui leur sont associés. Celle-ci arrivera, mais nécessitera un temps qui nous fait défaut. Les scientifiques insistent sur la mise en œuvre du principe de précaution. Et ils nous invitent, chacun d'entre nous, à dépasser l'idée fataliste selon laquelle la présence des plastiques dans l'environnement est une donnée à accepter comme une autre. Dans cet élan, il s'agit à la fois de trouver des solutions alternatives aux plastiques et d'y sensibiliser le citoyen, de légiférer pour diminuer leur production, de mettre au point des technologies visant à limiter leurs impacts, de changer les comportements. Un enjeu de société.

Lors des prélèvements dans les torrents glaciaires, le filet retient des particules aussi fines que l'épaisseur d'un cheveu.



© ZIMY DA KID

8 > Université Gustave Eiffel.



DES MICROPLASTIQUES SUR LES PENTES DES GLACIERS

Grâce aux courants atmosphériques, les plastiques voyagent sur de longues distances et polluent des sites que nous pensions encore préservés. Sur le massif du Mont Blanc, la contamination est généralisée.



Sur le toit des Alpes, la neige est immaculée. Mais à y regarder de plus près, elle contient, elle aussi, des microplastiques. Une expédition scientifique s'en est assurée l'année dernière, en allant prélever l'eau de fonte des 18 plus grands glaciers du massif du Mont Blanc. « *Quel que soit le site de collecte, on y a retrouvé du plastique*, explique David Gateuille, enseignant-chercheur* à l'Université Savoie Mont Blanc et référent scientifique de la mission. *Si on considère l'ensemble des bassins versants couverts par les torrents glaciaires étudiés, c'est 80 % du massif qui est concerné par cette contamination dont l'origine est en partie atmosphérique* ».

Organisée par Aqualti et Summit Foundation, deux associations française et suisse, l'opération s'est déroulée en juin 2022. Pendant cinq jours consécutifs, les membres de l'expédition Clean Mont Blanc ont appliqué un même protocole : disposer un filet en forme d'entonnoir, fermé au fond par une « chaussette », au milieu du courant alimenté par le glacier. La largeur de la maille est de 50 microns - soit 50 millièmes de millimètre - l'épaisseur d'un cheveu. Après avoir filtré un volume d'eau suffisant pour récupérer de la matière, le filet est retiré et placé dans un bocal. Une quarantaine d'échantillons ont été ainsi récoltés. La suite se déroule au laboratoire. Une fois les débris organiques et minéraux éliminés, le nombre de particules plastiques et leurs natures sont déterminés par analyse infrarouge.

Sans surprise, les polymères identifiés correspondent aux matériaux de nos biens de consommation les plus courants, à savoir le polyéthylène, le polypropylène et le PET de nos bouteilles plastiques. « *Les quantités mesurées avoisinent celles que nous observons dans les lacs d'altitude, soit 10 microparticules pour 1 000 litres d'eau* », observe David Gateuille. Ces valeurs sont faibles, environ cent fois moindres que celles relevées dans des lacs de plaine et de milieu urbain, pour lesquels les sources de pollution directes sont nombreuses.

Le scientifique continue : « *Pareillement, on observe une forte variabilité des mesures : certains torrents présentent des concentrations 10 fois plus élevées que d'autres, sans explication évidente. Ce jeu de données est inédit. Il nous reste à l'étayer* ».

L'équipe embarquée dans le projet Clean Mont Blanc n'en est pas à son premier projet scientifique dédié à l'étude de sites isolés. En 2019, avec la campagne *Plastilac*, son action s'était concentrée sur neuf lacs alpins situés à plus de 1 800 mètres d'altitude, difficiles d'accès et, à l'image des glaciers, éloignés de l'activité humaine. « *Caractériser la pollution des torrents glaciaires s'inscrit naturellement dans la continuité de cette campagne*, commente David Gateuille. *Puisqu'ils les alimentent en eau, les glaciers constituent une source de contamination des lacs en microplastiques. L'intérêt, c'est d'en évaluer les flux entrants* ». Le rôle du manteau neigeux comme zone de stockage temporaire des polluants est également une autre question investiguée.

* > Laboratoire environnements, dynamiques et territoires de montagne - Edytem. (CNRS ; USMB)



32

ÉCONOMIE CIRCULAIRE

LE ZÉRO DÉCHET, C'EST POUR QUAND ?

Par Yvan Chalamet, enseignant-chercheur en sciences des matériaux au Laboratoire ingénierie des matériaux polymères, vice-président de l'Université Jean Monnet Saint-Etienne ; et Pierre Desvaux, docteur en géographie, chercheur au Laboratoires Pacte et au Laboratoire environnement - ville - société, post-doctorant à l'École Urbaine de Lyon.

Article publié en partenariat avec AOC.

AOC
[Analyse Opinion Critique]

Déplastifier le monde / novembre 2022
popsciences.univ-st-etienne.fr/le_mag

33

Les appels à rompre avec le principe du tout-jetable insistent sur la nécessité de repolitiser notre rapport au monde matériel et aux artefacts humains, pour questionner la phase amont de la génération de déchets, notamment les sphères de production et de consommation. Malgré cela, le concept de « zéro déchet » ne parvient pas à percer dans nos sociétés, que ce soit du côté des consommateurs ou des industriels, encore largement dépendantes de ces matériaux plastiques jetables et difficilement recyclables.

Une prise de conscience à petits pas

Si le plastique peut parfois souffrir de son image de « camelote », ses propriétés (légèreté, flexibilité, résistance thermique ou électrique, par exemple) et sa facilité de mise en œuvre en font un matériau de choix pour de nombreuses applications de la vie quotidienne, aussi bien pour les secteurs de l'emballage alimentaire, de la santé, de la construction ou du transport. Ces quatre secteurs représentent aujourd'hui plus de 75 % de la consommation des matières plastiques à l'échelle européenne et 83 % de la production de déchets.

De l'omniprésence du plastique dans nos pratiques quotidiennes de consommation, ont résulté des pollutions qu'on ne peut désormais plus ignorer (dans les gyres océaniques, dans l'estomac des oiseaux d'îles isolées, voire dans l'air des hauts sommets européens¹). La prise de conscience des risques associés à l'usage de ces matériaux pour la santé et la **biosphère** a depuis été progressive, sans pour autant que la courbe des déchets issus des plastiques ne s'inverse. Au contraire, même si plusieurs mouvements invitent à reconsidérer l'usage de ces matériaux ➔

1 > Allen, S., Allen, D., Baladima, F. et al. Evidence of free tropospheric and long-range transport of microplastic at Pic du Midi Observatory. *Nat Commun* 12, 7242 (2021).



À LIRE
→ P. 20

Les milieux aquatiques au bord de l'overdose ?

2 > SYSTEMIQ

(rapport), ReShaping Plastics: Pathways to a Circular, Climate Neutral Plastics System in Europe (2022).



©DR

Yvan Chalamet

Enseignant - chercheur en sciences des matériaux au Laboratoire ingénierie des matériaux polymères, vice-président de l'Université Jean Monnet de Saint-Etienne.

3 > Transfert de produits chimiques des matériaux plastiques vers les produits alimentaires avec lesquels ils sont en contact.

› (ZeroWaste, #breakfreefromplastic, etc.) ont émergé ces dernières années, le zéro déchet reste un horizon très lointain.

L'émergence de concepts tels que l'économie circulaire, ou la récente parution du rapport *ReShaping Plastics*², forment ainsi de nouveaux cadres d'appréhension de notre dépendance à un ensemble de flux matériels dont les conséquences sur les ressources, la biosphère et le climat se font de plus en plus pressantes. On comprend dès lors que le développement de filières de recyclage est un impératif écologique, notamment dans l'industrie. Malgré cela, certains secteurs (comme l'emballage, le transport et la construction, que nous allons développer) éprouvent des difficultés et/ou n'accélèrent pas le développement du recyclage des matières plastiques qu'ils utilisent.

« La grande majorité des films multicouches et multi-matériaux est soit incinérée soit enfouie. »

L'emballage – point noir du recyclage

Intéressons-nous dans un premier temps aux emballages plastiques venant directement en contact avec le produit alimentaire, appelés également emballages primaires. Leur conception, comme c'est le cas pour les films souples d'opercules, doit répondre à un cahier des charges strict : résistance mécanique, propriétés barrières aux gaz, migration³ limitée ; mais aussi apporter des informations aux consommateurs, ce qui nécessite une impression. Une seule matière plastique ne peut actuellement répondre à l'ensemble de ces obligations techniques et réglementaires. La solution passe alors par la fabrication de films multicouches, constitués de matières plastiques de natures différentes, difficiles à séparer et donc à recycler.

En outre, lors de son utilisation, l'emballage sera potentiellement contaminé par l'aliment qu'il recouvre, par l'encre d'impression d'une de ses faces, ou encore par des sources de pollution extérieures provenant du contact avec d'autres matières, notamment dans les bacs de collecte des ordures ménagères. Pour un retour à l'alimentarité, il est donc nécessaire de s'assurer que la matière plastique recyclée soit exempte de tous produits chimiques, additifs ou tout autre résidu contaminant. Ces contraintes techniques font qu'aujourd'hui **le recyclage de ce type d'emballage est économiquement peu viable**, et conduit à ce que la grande majorité des films multicouches et multi-matériaux soit incinérée ou enfouie.



À LIRE

→ P. 12

**Recyclage :
l'illusion d'un
modèle vertueux**

BTP et génie civil - le long chemin vers plus de circularité

Concernant le secteur de la construction, les matières plastiques sont également largement présentes, aussi bien pour l'adduction d'eau, les applications électriques, les revêtements de sols et également pour l'isolation thermique. Ce dernier point constitue le principal levier de réduction des émissions de gaz à effet de serre (GES), et d'allègement de la facture énergétique du parc immobilier. Le secteur de la construction intègre déjà un fort pourcentage de matière recyclée dans l'édification de logements neufs : il constitue un des principaux exutoires de matières plastiques recyclées, car leurs applications ne sont pas soumises aux mêmes exigences que dans les autres secteurs en termes de caractéristiques mécaniques ou de rendus visuels. Toutefois, la principale difficulté pour le BTP concerne la gestion post-usage de ces divers matériaux, au moment de la démolition. Les matières plastiques se retrouvent mélangées avec d'autres matériaux (plâtre, béton, métaux...) difficilement séparables. Ils représentent alors une part très faible de l'ensemble des déchets et disposent de propriétés très dégradées, suite à un temps d'utilisation très important.

Dès lors, leur recyclage, à proprement dit, s'avère périlleux. En effet, afin de respecter les normes actuelles de qualité, il est, là encore, nécessaire d'extraire tous les additifs de la matière. Or, malgré l'interdiction d'utiliser des composés halogénés (brome, chlore, etc.) à partir de la fin des années 1990, les gisements de déchets issus des démolitions ou des rénovations d'ampleur sont de piètre qualité et donc très peu rentables économiquement. Ainsi, ce secteur présente un niveau de circularité très faible – 20 % - et une quasi-absence de réutilisation de matières plastiques issues de ces démolitions.

© DF



Pierre Desvaux

Docteur en géographie, chercheur au Laboratoire Pacte et au Laboratoire environnement - ville - société, post-doctorant à l'École Urbaine de Lyon.

Des matériaux encore indispensables dans l'automobile

Dans le secteur des transports, et plus particulièrement celui de l'automobile, l'utilisation des matières plastiques est devenue incontournable en l'espace de quelques décennies. Ces matières apportent une versatilité et flexibilité dans le design des véhicules, mais également une intégration de différentes fonctions en une seule pièce, telle que la plastronique⁴ pour divers éléments de sécurité. Et surtout, elles permettent un allègement global des véhicules. Sans l'utilisation de ces matériaux, le poids moyen des véhicules serait augmenté de 200 kg supplémentaires, et la consommation énergétique serait donc plus importante. Les matières plastiques entrent également dans la fabrication des batteries pour alimenter les véhicules électriques destinés à remplacer rapidement ceux à moteur thermique. L'utilisation de polymères dans les batteries sécurisera certainement leurs usages, mais entraînera aussi une consommation accrue de matières plastiques dans l'automobile de l'ordre de 25 % d'ici 2050. ➔

4 > Procédé combinant la plasturgie et l'électronique, qui permet d'intégrer des circuits électroniques directement sur des pièces thermoplastiques en une seule opération de fabrication.

5 > L'essentiel des peintures à usage industriel sont constituées de composants plastiques (liants, additifs...).



À LIRE
-> P. 38

Le paradoxe de la civilisation plastique

6 > SYSTEMIQ (rapport), ReShaping Plastics: Pathways to a Circular, Climate Neutral Plastics System in Europe (2022).

7 > Grosse, F. Les limites du recyclage dans un contexte de demande croissante de matières premières, *Annales des Mines - Responsabilité et environnement*, n°76-4, 58-63 (2015).

› Comme pour les emballages alimentaires, la conception de tous ces éléments nécessite le respect de cahiers des charges complexes. Par exemple, les éléments montés sous le capot du moteur devront résister à des températures élevées en présence d'hydrocarbures ; les éléments de carrosserie potentiellement peints⁵ devront résister aux chocs, aux rayures et également aux effets du rayonnement solaire ; et enfin, les éléments de l'habitacle devront aussi résister à la chaleur et à l'usure. Tout cela entraîne l'usage de matières présentant des propriétés spécifiques, en quantités et formes très diverses. Cette diversité génère par conséquent des contraintes pour le recyclage de ces matériaux. En effet, pour obtenir des gisements aptes à être recyclés, il sera nécessaire de réaliser un tri qui ne peut s'envisager que par un démantèlement rigoureux des véhicules. Cette opération, pourtant indispensable pour avoir un flux de matières propres, est difficilement mécanisable et donc (là encore) très peu rentable économiquement. Les matières plastiques issues des véhicules hors d'usage sont ainsi très peu recyclées ou réutilisées : seulement 9 %⁶, le reste de ces matières étant incinéré ou enfoui.

Ne pas se contenter du recyclage

Le système économique européen actuel est ainsi essentiellement basé sur une économie linéaire présentant un taux de recyclage de 14 %, le reste étant principalement incinéré avec une récupération d'énergie et mis en décharge. Si rien n'est fait, les projections sur l'avenir montrent une augmentation de

30 % de la consommation des matières plastiques d'ici 2050, ce qui accroît mécaniquement les émissions de gaz à effet de serre (GES). Pour développer la circularité et tendre vers le zéro-déchet, d'ambitieuses politiques réglementaires doivent voir le jour afin de contraindre l'industrie européenne à viser un taux de recyclage de 33 % d'ici 2030. Ces mesures devraient aboutir à une réduction d'émission de GES et de déchets, mais ne seront pas suffisantes pour atteindre les accords de Paris et de Glasgow sur le climat. On peut ainsi regretter la prégnance - toujours marquée - pour les solutions orientées vers la gestion des déchets, et notamment le recyclage (**techno-solutionnisme**), sans que les enjeux d'épuisement des ressources naturelles et de soutenabilité de nos habitudes de consommation ne soient réellement adressés à l'échelle collective et politique.

« Les enjeux posés par les matières plastiques peuvent difficilement se réduire à un débat " pour " ou " contre " ces matériaux. »

Si des solutions industrielles de traitement comme le recyclage permettent de réduire les besoins en matières premières vierges et de limiter les émissions de GES, leur impact ne peut enclencher de réelle transformation de l'économie sans réflexion sur la croissance - toujours exponentielle (la production est passée de 15 millions de tonnes en 1964 à 311 en 2014) - de l'usage du plastique à l'échelle mondiale.⁷

Les enjeux posés par les matières plastiques peuvent difficilement se réduire à un débat « pour » ou « contre » ces matériaux. Si certains usages permettent d'envisager des alternatives, dans d'autres la substitution est difficile voire impossible. Le "zéro déchet" ou le "zéro plastique" est ainsi à appréhender plus comme la volonté de développer une - nécessaire - réflexion politique et une action sur les fondements matériels et les enjeux écologiques des sociétés de consommation contemporaines. Pour atteindre cet objectif, il doit être partagé par l'ensemble des acteurs de la chaîne de valeur, en mobilisant les entreprises (donneurs d'ordre, producteurs, transformateurs, collecteurs, recycleurs) et le consommateur, en lien avec une politique publique volontariste.

Une pluralité de solutions

La notion d'amont et d'aval par rapport à l'usage de la matière est souvent représentée par la règle des 3R : Réduire – Réutiliser – Recycler. En aval de l'usage, l'un des premiers leviers pour réduire la génération de déchets consiste à diminuer, voire éliminer certains emballages secondaires ou suremballages. Le deuxième levier consiste à favoriser le partage des ressources et le réemploi, comme c'est actuellement en train de se mettre en place aussi bien au niveau des consommateurs pour l'achat de denrées en vrac ou sous forme de recharges, qu'à l'échelle de l'industrie. Dans ce cas, le fournisseur met à disposition de ses clients des emballages souples ou rigides qu'il récupère après usage. Enfin, le recyclage, troisième levier pour atteindre les objectifs de zéro déchet, doit se penser dès la conception

« Il n'y a pas de solution unique pour diminuer la production de déchets de matières plastiques. »

du produit en limitant, par exemple, le nombre de matériaux entrant dans sa composition, ou en facilitant son démantèlement. La qualité du tri peut aussi être nettement améliorée en sensibilisant encore plus les consommateurs, ainsi qu'en généralisant les technologies de marquage qui permettent de différencier facilement les matériaux sur les lignes des centres de tri, voire d'aller vers une traçabilité précise du produit et du fabricant associé. C'est indispensable puisque la qualité du tri conditionne la dernière étape du recyclage, celle de la régénération de la matière soit par recyclage mécanique soit par recyclage chimique.

Ainsi, il n'y a pas de solution unique pour diminuer la production de déchets de matières plastiques. Des solutions en amont de l'usage, comme la réutilisation, peuvent avoir un effet à court terme. D'autres, au contraire, telles que l'écoconception des matériaux du secteur du bâtiment, auront des effets à plus long terme. Mais le point central, qui constitue certainement le principal défi pour viser le zéro déchet, reste le volet économique. L'accroissement de la circularité des matières plastiques présente un coût qui doit être partagé par l'ensemble de la chaîne de valeur et surtout accompagné, voire imposé, par l'ensemble des instances politiques nationales et européennes à travers une politique incitative et législative commune.



38

ANTHROPOLOGIE

LE PARADOXE DE LA CIVILISATION PLASTIQUE

Par Samuel Belaud, journaliste.

« Nous vivons à une époque où nous touchons plus souvent du plastique que nous ne touchons ceux que nous aimons », annonce sinistrement l'avant-propos de l'Atlas du Plastique (2020)*. À elle seule, cette déclaration révèle le paradoxe de notre civilisation moderne, fascinée par le plastique comme avancée technologique majeure et qui fait tout pour oublier qu'elle s'y noie tragiquement. Éclaircissements sur un aveuglement collectif, auquel les puissantes industries de l'emballage et de l'agroalimentaire ne sont pas étrangères.

Dans une scène du film *Le Lauréat* réalisé par Mike Nichols et sorti en 1967, un homme d'affaires, sans doute bien averti, prend à part le personnage principal joué par Dustin Hoffman (Ben) et lui prodigue un éminent conseil censé le mener à « *un grand avenir* ». Il lui annonce ainsi que sa réussite ne tient qu'à un seul mot : « Plastique ». Visionnaire, n'est-ce pas ? 60 ans plus tard, nous nous couvrons de vêtements majoritairement composés de microfibres plastiques, nous nous lavons les dents avec des brosses en plastique, nous buvons et mangeons des aliments conditionnés dans du plastique, nous recouvrons nos murs et nos véhicules de peinture à base de plastique ... Nous aimons la praticité, la reproductibilité et l'accessibilité de tous ces objets composés de polymères.

Les plastiques ont pourtant un cycle d'utilisation très court (81 % deviennent des déchets en moins d'un an¹) et génèrent des milliards de tonnes de déchets dont la volatilité est telle qu'ils ont déjà contaminé **chaque recoin du Globe**, après plusieurs décennies de dispersion aveugle. Comment expliquer le paradoxe qui veut que nous soyons pleinement conscients que plusieurs centaines d'années sont nécessaires à l'effacement (d'une partie) des traces visibles de plastique dans l'environnement², bien que nous n'en ayons jamais autant produit qu'en 2021 ? ➔

« Les discours portés par ceux dont l'intérêt est de poursuivre la production de ce matériau infusent encore largement dans nos sociétés. »

* > Fondation Heinrich-Böll Stiftung, Fabrique Écologique, mouvement Break Free From Plastic.



À LIRE
→ P. 04
Globe de plastique

1 > Assemblée Nationale, Pollution plastique, une bombe à retardement ? (2020).

2 > Agence américaine d'observation océanique et atmosphérique, *Marine Debris Program poster* (2011).

› Les traces ineffaçables du plastique

Baptiste Monsaingeon est chercheur à l'Université de Reims Champagne-Ardenne et au Laboratoire d'économie et gestion de Reims (REGARDS), et conduit des recherches à la frontière de l'anthropologie, de la sociologie et de l'histoire des sciences, pour comprendre les déchets en tant que nouvelle catégorie de matière. Pour lui, ainsi disséminés, « *les polymères constituent des éléments nouveaux de notre système environnemental. On continue à produire depuis près de 70 ans des matériaux dont on ne sait toujours pas comment se défaire et dont on ne pourra sans doute jamais effacer les traces* ». Nous sommes donc à la fois dépendants d'un matériau peu cher, flexible et qui compose la majorité des objets de nos sociétés modernes et, dans le même temps, de plus en plus lucides sur le fait que les déchets de plastique sont ingérables et que leur dissémination représente un risque pour notre santé et l'environnement. C'est une des illustrations du paradoxe de la « civilisation plastique ».

Comme pour tout paradoxe, celui de la civilisation plastique consiste en un récit dont les différentes versions présentent des aspects fondamentalement contradictoires. L'équation n'est ainsi pas posée de la même manière selon que l'on se positionne du côté des consommateurs, des scientifiques, des décideurs politiques, des associations de défense de l'environnement, ou de celui des industriels. Malgré les innombrables signaux d'alertes, aucune échappatoire au « tout plastique » ne semble émerger. Une impasse qui s'explique par le fait que les discours portés par ceux dont l'intérêt est de poursuivre la production de ce matériau infusent encore largement dans nos sociétés.

Le projecteur mal-braqué

Les rebus de plastiques ont une « fâcheuse » tendance à se désagréger extrêmement lentement. Ils restent donc très visibles, très longtemps, dans l'environnement, particulièrement lorsqu'ils y sont abandonnés. Les représentations du 7^e



© DR

« L'érosion de la biodiversité ou la concentration d'aérosols chimiques dans l'atmosphère, bien qu'aussi importants et inquiétants, ne jouissent pas de la même attention. »

Denis Blot

Sociologue de l'environnement. Maître de conférences à l'Université de Picardie – Jules Verne.

continent qui campe au milieu du Pacifique, les photographies de tortues étouffées par des sacs, ou encore **les autopsies de mammifères marins gavés de polymères en tout genre, ont ainsi envahi les espaces médiatiques, politiques, scientifiques et militants dès les années 1980**. Plus récemment, les médias se sont fait l'écho de nombreuses études qui décrivent l'immission de fragments de plastiques (micro et nano plastiques) dans des renforcements encore plus inattendus : manteau neigeux de l'Antarctique, **pententes des glaciers alpins** et même au sein de nos organes.

Ce matériau est ainsi – malgré lui – « *devenu un étendard de la crise écologique que nous subissons* » indique le sociologue de l'environnement Denis Blot, également maître de conférences à l'Université de Picardie – Jules Verne. « *À l'inverse, poursuit-il, l'érosion de la biodiversité ou la concentration d'aérosols chimiques dans l'atmosphère, bien qu'aussi importants et inquiétants, ne jouissent pas de la même attention* ». La pollution par le plastique se situe ainsi du "bon" côté de la frontière entre le visible et l'invisible et bénéficie d'une attention particulière de la part des scientifiques, des industriels et a *fortiori* des pouvoirs publics et des citoyens. Pourtant, à l'instar d'un projecteur qui serait volontairement mal dirigé, cette mise en lumière n'a pas aidé à résoudre le problème. Au contraire, l'industrie du plastique s'est saisie de cette mise en lumière pour, non pas remettre en question ou réinventer sa production, mais plutôt se



À LIRE
→ P. 20
Les milieux aquatiques au bord de l'overdose ?



À LIRE
→ P. 31
Des microplastiques sur les pentes des glaciers



délester du poids de la responsabilité sur les consommateurs et perpétuer un fructueux commerce (les échanges mondiaux de plastique ont atteint en 2018 les 1 000 milliards de dollars annuels, soit 5 % du commerce global de marchandises³).

Pour y parvenir, les industriels ont activé trois leviers : d'abord, en nous invitant à ne plus jeter nos plastiques dans l'environnement ; ensuite, en promettant la production de **plastiques biodégradables et/ou biosourcés comme une solution imminente et absolue (mais qui peine toujours à s'imposer face aux plastiques conventionnels)** ; enfin, en occultant leur rôle dans cette tragédie environnementale par des stratégies discursives (lobbying, marketing, campagnes de sensibilisation...) rondement menées.

L'industrie juge et partie

Les discours majoritaires autour de la pollution plastique sont ainsi construits autour d'une double simplification : celle du problème et des solutions. Denis Blot précise cette analyse : « *d'un côté, chacun est prié de devenir à son niveau un écolo en triant et jetant bien son plastique dans la poubelle jaune (problème simplifié) ; de*

l'autre, les industriels financent largement des programmes de sensibilisation, de recherche et d'innovation qui visent, non pas à substituer le plastique ou à sortir du principe du jetable, mais à rendre « moins polluante » sa prolifération » (solution simplifiée).

Le recyclage est au cœur de ces discours. « *C'est le facteur d'acceptabilité du plastique, renchérit Baptiste Monsingeon, car il est une bonne raison pour continuer à en produire* ». Autrement dit, plutôt que de réduire les volumes qui sont produits, le recyclage nous attribue (consommateurs) un rôle de contrôleurs de la pollution, mais ne réduit en rien nos besoins et perpétue plutôt notre dépendance au plastique. Certains industriels du plastique jouent ainsi sur plusieurs tableaux, en soutenant des associations/ONG environnementales dans leurs campagnes de sensibilisation à la pollution⁴, ou encore en administrant et finançant des organismes de collecte de déchets plastiques⁵. Les lobbies de l'industrie plastique réussissent alors le tour de force d'être à la fois juge et partie de cette affaire, en imposant le recyclage et les « écogestes » comme seuls recours contre la pollution du globe ; tout en veillant à ne pas transformer les modes de production et de consommation actuels. ➔

3 > Conférence de l'Organisation des Nations unies sur le commerce et le développement,

Global trade in plastics: insights from the first life-cycle trade database (2021).



À LIRE

→ P. 12

Recyclage : l'illusion d'un modèle vertueux

4 > Une enquête de l'ONG Corporate Europe Observatory, parue en 2018, pointe, par exemple, le rôle des industries et des lobbies du plastique dans la création de l'association Clean Europe Network, dont l'objectif est de « *trouver de nouvelles façons d'améliorer les efforts individuels* » et de parvenir à créer « *une société sans déchets* », mais pas sans plastique. Tête pensante de cette initiative : Pack2Go (désormais rebaptisé 360foodservice), un lobby « *représentant les principaux fabricants d'emballages alimentaires (et leurs solutions innovantes d'emballage à usage unique* ».

5 > CITEO, entreprise française privée, à but non lucratif, spécialisée dans le recyclage des emballages ménagers, est ainsi administrée par 5 collègues représentatifs de la filière des produits emballés. On compte parmi eux des représentants de Danone, L'Oréal, Auchan, Interemballage... qui fixent eux-mêmes les objectifs de lutte contre les déchets.



Au cœur des discours industriels : le recyclage qui nous attribue (consommateurs) un rôle de contrôleur de la pollution, mais ne réduit en rien nos besoins et perpétue plutôt notre dépendance au plastique.
Campagne de publicité du groupe Coca-Cola en Belgique (2019).

6 > Dans un article qu'ils ont co-écrit, Julie Désert et Denis Blot ajoutent : « *les projets de nettoyage renforcent l'idée que la mainmise sur la nature, bien qu'elle ait parfois des effets pervers, ne doit pas connaître de limites.* » Nettoyer la nature, est-ce vraiment une bonne idée ? *The Conversation*, décembre 2019.



À LIRE

→ P. 17

Dans la jungle des plastiques verts

7 > **Sherman, P., Van Sebille, E.** Modeling marine surface microplastic transport to assess optimal removal locations. *Environmental Research Letters*, 11 (2016).

8 > « *Tous les matériaux ne sont pas les mêmes face au coronavirus et le plastique à usage unique est un matériau de choix pour assurer l'hygiène et la sécurité des consommateurs.* » Propos tirés d'une lettre ouverte du lobby pro-plastique European Plastic Converters, adressée à la commission européenne le 8 avril 2020.

9 > Van Doremalen, N. et al. Aerosol and Surface Stability of SARS-CoV-2 as Compared with SARS-CoV-1, *New England Journal of Medicine*, 382:1564-1567 (2020)

» Le techno-solutionnisme aveugle

C'est ainsi que nous considérons communément que la problématique puisse finalement être résolue grâce aux progrès technologiques. Le recyclage en tête, mais aussi les **bioplastiques**, les bactéries mangeuses de PET, ou encore la transformation de plastique usagé en carburant pour voiture. Autant d'idées qui émergent çà et là, mais qui ne pourront suffire à régler le problème de la contamination plastique des écosystèmes vivants. En effet, même déployées à très grande échelle, ces innovations ne sont pas des solutions puisqu'elles nous enjoignent à poursuivre l'utilisation massive de polymères sans questionner le paradigme de consommation dans lequel nous vivons. Tant que nous produirons du plastique, il y aura des fuites dans son cycle de vie.

Baptiste Monsaingeon explique que « *ce techno-solutionnisme entretient le déni et s'inscrit dans une série de "rituels sociotechniques" que nos civilisations modernes ont mis en place. Ils visent à refouler les déchets vers l'invisible, à cacher nos immondices pour que nous puissions continuer à vivre.* ». Or, force est de constater que ces solutions d'invisibilisation ne suffisent pas à contenir les abandons et les fuites de déchets. Les centres de recyclage, d'enfouissement, ou d'incinération n'ont jamais été aussi nombreux, pourtant les déchets plastiques perdus dans l'environnement non plus. « *Dès lors que la dissimulation ne fonctionne plus, la société développe une pulsion à la dépollution*, insiste Baptiste Monsaingeon. *On me demande ainsi très régulièrement comment faire pour réparer et restaurer les milieux ? Or, il est très difficile d'effacer nos traces et paradoxalement les tentatives peuvent s'avérer finalement plus néfastes pour l'environnement que si nous laissons faire l'espace naturel* » ajoute-t-il.⁶

Le chercheur convoque l'exemple du bateau dériveur du projet *Ocean Cleanup* qui ratisse le gyre de plastiques du Pacifique. Au-delà de l'idée initiale – tout à fait louable – de récolter les plastiques flottants à la surface océanique, le projet fait face à plusieurs contraintes technico-biologiques qui contreviennent à sa



© DR

« Ce techno-solutionnisme entretient le déni et s'inscrit dans une série de "rituels sociotechniques" que nos civilisations modernes ont mis en place. Ils visent à refouler les déchets vers l'invisible, à cacher nos immondices pour que nous puissions continuer à vivre. »

Baptiste Monsaingeon

Chercheur à l'Université de Reims Champagne-Ardenne.

dimension écologique. Le fait, par exemple, que chaque morceau de plastique flottant puisse être une véritable plateforme de vie pour des micro-organismes (comme le zooplancton - à la base de la chaîne alimentaire marine) qui s'y accrochent et s'y développent. Les ôter indistinctement du milieu marin ne peut alors pas être sans conséquence pour les écosystèmes, qui verraient une partie de la base de leur alimentation disparaître avec. Placer des collecteurs de déchets dans les rivières pourrait être un moyen plus efficace d'arrêter le flux de plastique⁷ avec l'avantage supplémentaire de réduire les risques pour la vie marine.

Ce mythe du techno-solutionnisme et ces promesses de « dépollution », entretiennent irrémédiablement l'espoir de continuer à consommer du plastique.

La crise qui en cache une autre

« *La crise des plastiques, telle qu'elle est racontée, occulte finalement les raisons profondes de sa survenue, car elle les a technicisées* » observe Denis Blot. Nous avançons donc à tâtons, aveuglés par la promesse technique, preuve en est avec le retour en force du plastique (notamment à usage unique) pendant la pandémie de Covid-19. « Hygiène », « fiabilité », « sécurité », etc. ont été les maîtres mots de l'industrie⁸ pour remettre ce matériau sur le devant de la scène, profitant de l'anxiété sanitaire, pour retarder des réglementations à venir (celles



sur les plastiques à usage unique en Europe, par exemple). Les affirmations des industriels ont pourtant été largement contredites par des études scientifiques démontrant que le SARS-CoV-2 était « plus stable sur le plastique et l'acier inoxydable que sur le cuivre et le carton, et un virus viable a été détecté jusqu'à 72 heures après l'application sur ces surfaces ».⁹

C'est là une nouvelle manière pour l'industrie d'alimenter le paradoxe d'une civilisation accro au plastique puisqu'il sert son confort immédiat, malgré la menace à long terme qu'il fait peser sur sa survie et l'équilibre biologique de son environnement. Le philosophe Hans Jonas, précurseur, interrogeait déjà cette contradiction dans *Le principe de responsabilité* en 1979 : « Comment fonder une éthique qui rendrait les humains responsables à la fois de la permanence et de la qualité autant de leur propre espèce que de toute vie répandue sur la surface du globe ? » Pour y répondre, l'auteur avançait la notion de « responsabilité » et proposait comme nouvel impératif : « Agis de telle sorte que les effets de ton action ne soient pas destructeurs pour la possibilité future d'une telle vie ». Qu'aurait fait Ben si ce conseil lui avait été soufflé à l'oreille ?

PAUVRES POLLUEURS

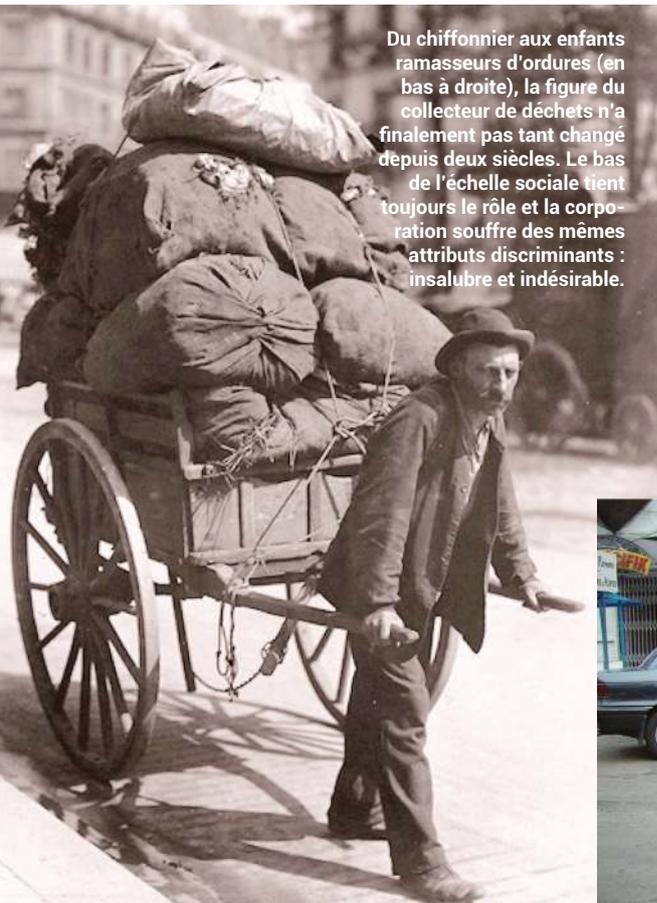
En matière de déchets et particulièrement dans le cas du plastique, la responsabilité de la pollution incombe encore largement aux consommateurs, notamment à travers l'injonction au tri. Mais cette culpabilisation est telle que ces derniers développent ensuite une attitude sociale ambiguë, qui consiste à rejeter à nouveau la faute sur d'autres citoyens plutôt que de regarder à la source du problème. Et comme bien souvent, ce sont ceux qui génèrent le moins de déchets, c'est-à-dire les populations défavorisées, qui souffrent le plus de cette stigmatisation.

Denis Blot explique qu'on ne sait finalement pas vraiment comment les déchets se retrouvent dans la nature et que face à cette méconnaissance, nous avons tendance à convoquer des stéréotypes sociaux plutôt que de nous tourner vers les raisons profondes de la contamination. Pour le chercheur, « à de très rares exceptions, dans mes études de terrain, ce sont toujours les populations reléguées qui sont désignées comme responsables des pollutions : les roms, les sdf, les "cassos"... ». Il s'agit d'un préjugé social prégnant, « qui date de l'hygiénisme de la fin du 19^e siècle », précise-t-il, qui veut que les plus pauvres négligent plus que les autres la salubrité de leur environnement. Cette « frontière morale »* comme définie par Pierre Paugam, confine les débats autour de la responsabilité environnementale à l'échelle des consommateurs ; et occulte le rôle joué par l'industrie dans la dissémination des plastiques.

Cette distinction prégnante entre la négligence des pauvres et la propreté des autres, montrerait donc que les discours dominants de l'écologie sont encore construits autour d'une morale qui appartient essentiellement aux classes aisées. Dans un article paru en 2015^{**}, Jean-Baptiste Comby précisait que ces discours et cette morale contribuent « à un mépris de classe qui, en matière d'écologie, se manifeste toutes les fois où l'on s'étonne du fait que, malgré leurs « vieilles » voitures ou leurs logements « mal » isolés, les modes de vie des moins privilégiés présentent tendanciellement une empreinte écologique plus faible que ceux des autres milieux sociaux ».

Ce sont pourtant bien les 10 % des personnes les plus riches qui génèrent près de la moitié des gaz à effets de serre sur Terre^{***}. Ce déni « de la distribution sociale des pollutions » telle que le chercheur le décrit, occulte la véritable responsabilité des industriels dans la crise écologique, il écarte les populations les plus pauvres de la construction d'une morale environnementale et, *in fine*, entretient le statu quo du tout plastique.

© Jonathan McIntosh (2004)



© Eugène Atget (1899)

Du chiffonnier aux enfants ramasseurs d'ordures (en bas à droite), la figure du collecteur de déchets n'a finalement pas tant changé depuis deux siècles. Le bas de l'échelle sociale tient toujours le rôle et la corporation souffre des mêmes attributs discriminants : insalubre et indésirable.



* > Paugam, S. et al. Ce que les riches pensent des pauvres, *Le Seuil*, Paris, 352 p. (2017).

** > Comby, J. À propos de la dépossession écologique des classes populaires. *Savoir/Agir*, 33 : 23-30, (2015).

*** > Chancel, L., Piketty, T., Saez, E., Zucman, G. et al. *World Inequality Report 2022*, *World Inequality Lab*, p.122 (2022).

OURS

DIRECTION DE LA PUBLICATION : **Frank Debouck**, Président de la ComUE Université de Lyon

DIRECTION DE LA RÉDACTION : **Isabelle Bonardi**, Directrice Culture, Sciences et Société - Pop'Sciences - Université de Lyon

COMITÉ DE RÉDACTION

RÉDACTION EN CHEF : **Samuel Belaud** (rédacteur en chef), **Samantha Dizier** (rédactrice en chef adjointe - Université de Lyon)

RÉDACTEURS JOURNALISTES : **Samuel Belaud**, **Yvan Chalamet**, **Caroline Depecker**, **Pierre Desvaux**, **Samantha Dizier**, **Grégory Fléchet**, **Marie Privé**

DIRECTION ARTISTIQUE : **Antoine Ligier** (Agence Visée.A), **Magdalena Nin Ott** (Agence Visée.A)

CRÉDITS PHOTOGRAPHIQUES ET ILLUSTRATIONS : © **Visée.A**

MAQUETTE ORIGINALE : **Cultivescence**

SECRETARIAT DE RÉDACTION : **Samuel Belaud**, **Samantha Dizier** (Université de Lyon), **Patricia Lamy** (Université de Lyon)

COMITÉ SCIENTIFIQUE

Olivier Brette, économiste, chercheur au Laboratoire Triangle, maître de conférences en sciences économiques à l'INSA Lyon

Yvan Chalamet, chercheur en sciences des matériaux au Laboratoire ingénierie des matériaux polymères, Vice-Président de l'Université Jean Monnet Saint-Étienne

Marina Coquery, chimiste, chercheuse au Laboratoire de chimie des milieux aquatiques - unité de recherche RiverLy (Inrae)

Pierre Desvaux, géographe, chercheur au Laboratoire Pacte et au Laboratoire environnement, ville, société, post-doctorant à l'École Urbaine de Lyon

Stéphane Frioux, historien, chercheur au Laboratoire de recherche historique Rhône-Alpes, maître de conférences d'histoire contemporaine à l'Université Lumière Lyon 2

PARTENAIRE



LABORATOIRES PARTICIPANTS

Merci à tous les scientifiques des laboratoires suivants d'avoir ouvert leurs portes (et leur téléphone) à la rédaction de Pop'Sciences Mag, d'avoir répondu à nos questions et de participer à la réussite de ce numéro.

Laboratoire d'études rurales (Université Lumière Lyon 2, Université de Lyon, ISARA Lyon) **Laboratoire Triangle** (CNRS, ENS de Lyon, Université Lumière Lyon 2, Sciences Po Lyon), **Laboratoire ingénierie des matériaux polymères** (INSA Lyon, Université Jean Monnet Saint-Étienne, UCBL, CNRS), **Laboratoire Pacte** (CNRS, Université Grenoble Alpes, Sciences Po Grenoble), **Laboratoire environnement, ville, société** (CNRS, Université Jean Moulin Lyon 3, Université Lumière Lyon 2, Université Jean Monnet Saint-Étienne, École nationale Supérieure des Mines de Saint-Étienne, INSA Lyon, ENS de Lyon, École nationale supérieure d'Architecture de Lyon, ENTPE), **Laboratoire de recherche historique Rhône-Alpes** (CNRS, Université Lumière Lyon 2, Université Jean Moulin Lyon 3, Université Grenoble Alpes, ENS de Lyon), **Laboratoire de chimie des milieux aquatiques** (Inrae), **unité de recherche RiverLy** (Centre Inrae Lyon-Grenoble Auvergne-Rhône-Alpes), **Laboratoire déchets, eaux, environnement, pollutions** (INSA Lyon), **Laboratoire d'écologie des hydrosystèmes naturels et anthropisés** (ENTPE, UCBL, CNRS), **Laboratoire eau et environnement** (Université Gustave Eiffel), **Laboratoire eau, environnement et systèmes urbains** (Université Paris-Est Créteil, École des Ponts ParisTech), **Laboratoire de tribologie et dynamique des systèmes** (CNRS, École Centrale de Lyon, ENTPE, ENISE, Université de Lyon), **Laboratoire environnements, dynamiques et territoires de montagne - Edytem** (CNRS, USMB), **Laboratoire d'économie et gestion de Reims - REGARDS** (Université de Reims Champagne-Ardenne)

CONTACTER LA RÉDACTION

samantha.dizier@universite-lyon.fr

Si vous souhaitez recevoir un exemplaire gratuit du magazine, merci de bien vouloir en faire la demande par email.

Ce numéro est imprimé sur du papier issu de forêts gérées durablement.

ISSN : 2680-5987 – Parution : novembre 2022 – Dépôt légal : septembre 2019
Pop'Sciences est une marque déposée.





**POP'
SCIENCES**
Université de Lyon

RETROUVEZ TOUTE L'ACTUALITÉ SCIENTIFIQUE DE L'UNIVERSITÉ DE LYON SUR LE PORTAIL NUMÉRIQUE POP'SCIENCES !

popsciences.universite-lyon.fr

- P comme **Partager les savoirs**
- O comme **Ouvrir les campus**
- P comme **Produire de la connaissance avec et pour les citoyens...**

Avec Pop'Sciences, l'Université de Lyon donne la possibilité à tous ceux qui ont soif de savoirs ou à tous les curieux de sciences de s'informer, de rencontrer des scientifiques et de se questionner sur des sujets divers qui nous permettent de mieux comprendre le monde qui nous entoure.

Via son site internet, Pop'Sciences met en avant les différents rendez-vous autour des sciences, accessibles à tous, organisés à Lyon et aux alentours et donne accès à une banque de ressources multimédias sur de nombreux thèmes et grands sujets de société.

