



HAL
open science

Transition écologique dans les laboratoires d'histologie : pourquoi et comment aller vers un usage raisonné des plastiques

Emmanuelle Chiffoleau, Tristan Ménard, A. Bencsik

► To cite this version:

Emmanuelle Chiffoleau, Tristan Ménard, A. Bencsik. Transition écologique dans les laboratoires d'histologie : pourquoi et comment aller vers un usage raisonné des plastiques. *Revue Française d'Histotechnologie*, 2024, 36 (1), pp.287-336. 10.25830/afh.rfh.2024.36.1.287. anses-04621700

HAL Id: anses-04621700

<https://anses.hal.science/anses-04621700v1>

Submitted on 4 Jul 2024

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Copyright

TRANSITION ECOLOGIQUE DANS LES LABORATOIRES D'HISTOLOGIE : POURQUOI ET COMMENT ALLER VERS UN USAGE RAISONNE DES PLASTIQUES

CHIFFOLEAU Emmanuelle¹, MENARD Tristan¹, BENCSIK Anna²

¹ Anses Laboratoire de Fougères 14 rue Claude Bourgelat –
PA de la Grande Marche – Javené – CS 70611 –
35306 FOUGERES Cedex, FRANCE

² Université Lyon 1 – Anses Laboratoire de Lyon –
31 avenue Tony Garnier 69364 Lyon Cedex 07, FRANCE

Auteurs correspondants : emmanuelle.chiffoleau@anses.fr
anna.bencsik@anses.fr

ECOLOGICAL TRANSITION IN HISTOLOGY LABORATORIES: WHY AND HOW TO MOVE TOWARDS RATIONAL USE OF PLASTICS

ABSTRACT

Plastic has gradually become an ubiquitous material in our environment. Research laboratories are major consumers of plastics. However, this material is an environmental disaster, designed to be inert (not chemically reactive with its environment) and very solid, plastic degrades very little, slowly and very poorly in the nature. As a result, more than 350 million tons of plastic waste are generated each year worldwide. If nothing is done, this amount is expected to triple by 2060. This plastic disrupts the environment as well as living beings with its waste, whether it is still in its visible state or not, since it «degrades» into micro and nanoparticles, which are now evident in all compartments of the environment and living beings as well.

It is crucial to act urgently and at different scales, industrial, political, but also individual and collective to reduce this catastrophic amount of waste. In this article, after a few historical and contextual reminders of the issue aimed at enlightening the reader on why it is urgent to reduce the use of plastic in our daily lives, - including in laboratories, we will give the first elements of possible practical actions giving clues on how to modify laboratory practices in order to move towards a more virtuous approach to the use of plastic.

KEY WORDS

Ecological transition, Environmental impact, Good practices, Histology laboratory, Office, Plastic, Plastic footprint, Research, Solutions, Stakeholders, Sustainable development, Sustainable purchasing, Waste.

RESUME

Le plastique est devenu progressivement une matière omniprésente dans notre environnement, professionnel ou personnel. Les laboratoires de recherche sont de grands consommateurs de plastiques. Cette matière est cependant un désastre environnemental. Conçue pour être inerte (non réactive chimiquement avec son environnement) et très solide, la matière plastique se dégrade très peu et très mal dans la nature. Ainsi plus de 350 millions de tonnes de déchets plastiques sont générées chaque année à l'échelle de la planète. Si rien n'est fait, cette quantité devrait tripler d'ici à 2060. Ce plastique perturbe l'environnement comme les êtres vivants par ses déchets, qu'ils soient encore à l'état visible ou non, puisqu'ils se « dégradent » en micro et nanoparticules, mis en évidence dans tous les milieux y compris dans les organismes vivants. Et sa production principalement d'origine pétrolière génère un impact environnemental très dommageable (gaz à effets de serre, pollution, etc.).

Il est crucial d'agir de toute urgence et à différentes échelles, industrielle, politique, mais aussi individuelle et collective afin de réduire cette quantité catastrophique de déchets permanents et de réduire notre dépendance à cette matière. Dans le présent article, après quelques rappels historiques et contextuels de la problématique visant à éclairer le lecteur sur le pourquoi il est urgent de réduire l'utilisation du plastique dans notre quotidien, - y compris dans les laboratoires, nous donnerons des premiers éléments d'actions pratiques possibles. Nous partageons ainsi des pistes sur le comment modifier les pratiques au laboratoire afin de se diriger vers une démarche plus vertueuse d'utilisation du plastique.

MOTS CLES

Achats durables, Bureau, Bonnes pratiques, Déchets, Développement durable, Empreinte plastique, Impact environnemental, Laboratoire d'histologie, Parties prenantes, Plastique, Recherche, Solutions, Transition écologique.

INTRODUCTION

Plastique, de quoi parle-t-on ?

Doit-on parler de « plastique », de « matière plastique » ou de « polymères » ? Ou encore ne serait-il pas plus correct de parler « des plastiques » tant la diversité existe au sein de cette catégorie de produits ? Cette matière, devenue omniprésente dans nos vies, se cache derrière le mot générique de plastique, qui vient du latin « *plasticus* », et du grecque « *plastikos* » (source Larousse¹) qui signifie « capable d'être modelé ou moulé », faisant référence à la malléabilité du matériau. Ainsi de nombreuses matières d'origines naturelles entrent dans la catégorie des matières plastiques, on peut citer par exemple, l'argile, la cire, l'ambre, la corne, le caoutchouc, ou même les écailles de tortue !

Cependant, la matière plastique « moderne » à laquelle est associée ce mot générique de plastique fait surtout appel à une matière de synthèse, avec la mise au point des premiers plastiques artificiels à partir de la fin du XIXe siècle (**Figure 1**). On peut citer en premier lieu la parkésine, mise au point en 1862 par l'anglais Alexander Parkes (1813-1890) qui a présenté pour la première fois sa matière plastique artificielle à l'Exposition Internationale de Londres. Fabriquée à partir de nitrate de cellulose extrait de végétaux, cette nouvelle matière artificielle présentait des qualités similaires à celles du caoutchouc naturel, tantôt rigide, tantôt flexible, résistant à l'eau, opaque, pouvant être coloré, moulé par compression, bref une matière plastique de synthèse très prometteuse. En 1869, un autre plastique synthétique, le celluloid, est inventé par le chimiste américain John Wesley Hyatt (1837-1920) pour remplacer l'ivoire qui était difficile à obtenir. Il a été fabriqué à partir de cellulose issue de fibre de coton additionné de camphre. Cette découverte fut révolutionnaire car elle montrait qu'il était possible de fabriquer à l'échelle industrielle une matière plastique à usage varié (pellicules photographiques, boules de billard...) sans être dépendant des ressources naturelles [1].

1 <https://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/plastique/61502#:~:text=%28latin%20plasticus%2C%20du%20grec%20plastikos%29%201.%20Se%20dit,modelage%20ou%20par%20moulage%20%3A%20L%27argile%20est%20plastique>

En 1884, Hilaire de Chardonnet (1839-1924), invente la soie artificielle, faite également à base de cellulose modifiée chimiquement, la viscose, un matériau polymère utilisé dans le secteur du textile encore aujourd'hui.

En 1907, Léo Baekeland (1863-1944), un chimiste belge exilé aux Etats-Unis, mit au point la bakélite en cherchant un substitut à la gomme-laque, un excellent isolant non inflammable, résineux produit par un insecte asiatique, le *laccifer lacca*, mais dont la production n'arrivait pas à satisfaire à la demande grandissante de l'industrie électrique en plein essor. Il arrive à créer dans un «bakelizateur», une sorte d'autoclave de son invention, une substance gélatineuse à base de polymères du benzène, capable d'être moulée en de multiples formes solides, soit le premier plastique entièrement synthétique, sans aucune molécule présente dans la nature [2]! Cette invention d'une matière malléable, isolante, dure, résistante aux chocs et à la température, issue de déchets industriels (goudron de charbon, distillat d'alcool de bois, respectivement sources de phénol et de formaldéhyde, dont le mélange produit à travers une réaction violente une sorte de goudron dont il est quasiment impossible de se défaire) lui valut d'être récompensé par la médaille Franklin en 1940. En effet, cette nouvelle matière aux multiples usages rencontre un immense succès et la bakélite sera *quasi* le seul matériau « plastique » sur le marché jusqu'à la seconde guerre mondiale. On la trouvera dans d'innombrables applications en noir ou en couleur, la plus emblématique étant celle des téléphones mais aussi, toutes sortes d'objets, des cadres, des bijoux, ... Léo Baekeland est considéré comme « Le père de l'industrie du plastique ».

Notons au passage que le PVC ou polychlorure de vinyle, bien que synthétisé pour la première fois dès 1835 par le français Henri Victor Regnault (1810-1878) puis reproduit en laboratoire en 1872 par le chimiste Allemand Eugen Baumann (1846 -1896), ne commencera à être produit à l'échelle industrielle qu'à partir de 1928.

Un tournant marquant dans l'histoire des matières plastiques tient à l'ouverture de nouveaux marchés pour le pétrole dont l'extraction et le raffinage considérablement améliorés au début du XXe siècle, en font une matière première de choix pour de nombreuses industries dont l'automobile

mais aussi celle du plastique. Les **Figures 2** et **Figure 3** illustrent les matières plastiques inventées au cours du XXe siècle et reposant sur une production à partir d'une fraction du pétrole.

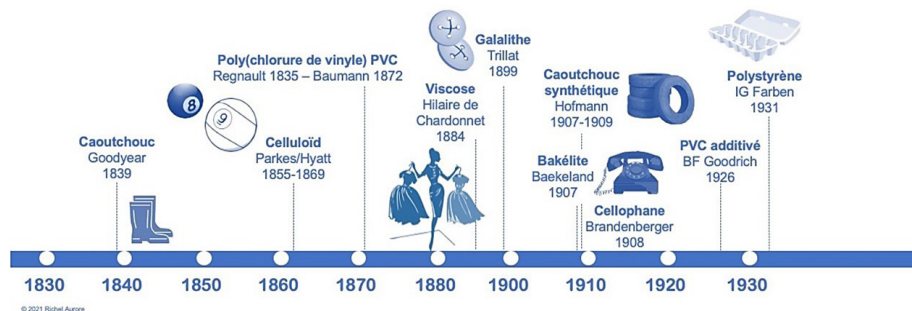


Figure 1 : Les premières matières plastiques de l'ère industrielle (XIXe siècle et début du XXe siècle).

[3] © Richel A.

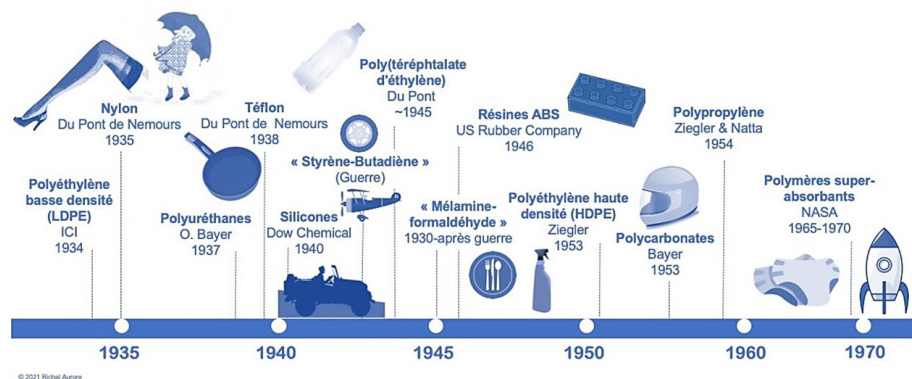


Figure 2 : Quelques repères marquant l'histoire de l'industrie du plastique du XXe siècle : Une diversité de matières et d'usages. [3] © Richel A.

Mais ce n'est qu'après la seconde guerre mondiale, dans les années 50 que débute véritablement l'ère de la consommation de masse des matières plastiques, qui progressivement remplacent dans l'usage quotidien les matériaux traditionnels tels que le bois, le verre, les fibres naturelles d'origine animale ou végétale ou encore le papier.



Figure 3 : La dinette rétro en formica et chrome des années 50 est équipée de chaises en vinyle vert, photo n°3212990 © Image libre de droits de Dinette set. <https://www.shutterstock.com/>

Leur utilisation s'est considérablement développée car le plastique, bon marché et disponible en quantité, peut se plier à toutes les exigences. En ajoutant des additifs, leurs propriétés peuvent être facilement

modifiées et adaptées à toute sorte de besoin. Opaque ou transparent, de formes variées - films, fils, fibres, plaques, tubes, bouteilles, de n'importe quelle couleur, souple, étirable, rigide, léger, incassable, il a tout pour plaire, ou presque.

Composition et caractéristiques

Les plastiques au sens d'aujourd'hui sont donc des produits chimiques de synthèse, principalement produits à partir de dérivés du pétrole, auquel on a associé un ou plusieurs additifs pour lui conférer des propriétés spécifiques, telles que la transparence, une coloration particulière, un caractère antioxydant, de la souplesse, etc. [4, 5]. Ces additifs sont souvent toxiques et soumis à une réglementation de plus en plus exigeante et les interdisant comme avec le bisphénol A par exemple [6].

Fabriqués à partir d'hydrocarbures (chaînes composées d'atomes d'hydrogène et de carbone), la plupart des plastiques sont des polymères, c'est-à-dire de longues molécules composées de nombreuses répétitions d'une molécule de base appelée monomère (**Figure 4**).

Garantie par les liaisons fortes entre ses molécules, c'est cette structure particulière qui rend le plastique singulièrement durable et résistant dans le temps. On le considère ainsi comme inerte avec l'environnement, et conséquemment non biodégradable. On estime que certains objets en

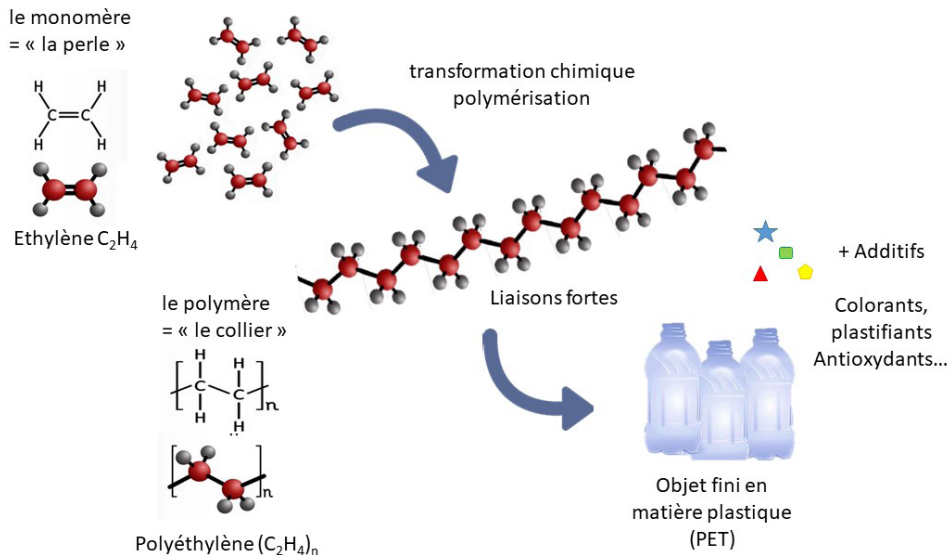


Figure 4 : Le monomère peut être comparé à une perle, le polymère peut alors s'apparenter à un collier de perles fortement reliées entre elles. Ici l'exemple de l'éthylène comme base du polyéthylène (ou PET) utilisé pour les bouteilles en plastiques. Ce polymère peut être enrichi de divers additifs pour varier ses propriétés. © 2024 Bencsik A. Licence CC BY 4.0

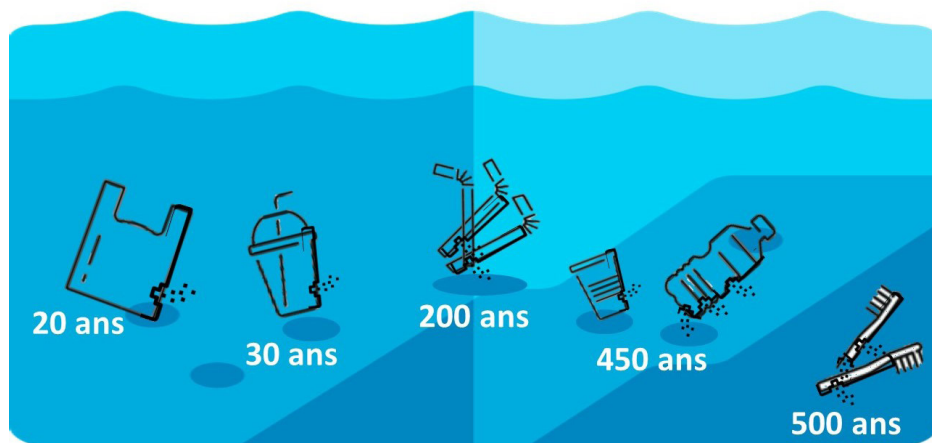


Figure 5 : Dans l'océan les emballages plastiques peuvent perdurer plus de 500 ans. Illustration créée à l'aide de Flaticon. © 2024 Bencsik A. Licence CC BY 4.0

plastique, comme les bouteilles en plastique par exemple, ont une durée de vie de plus de 200 ans dans la nature (**Figure 5**) [7].

La combinaison de cette très lente décomposition avec l'omniprésence des plastiques utilisés dans une part énorme et croissante de produits faits de plastique et le tonnage grandissant de la production elle-même de plastique - plus de la moitié de tous les plastiques ont été fabriqués depuis 2000 [8] (**Figure 6**) font que la quantité totale de déchets plastiques produite dans le monde depuis les années 50 s'accumule et connaît une croissance exponentielle alarmante et cause déjà de graves dommages à l'environnement et la santé. Ainsi plus de 9 milliards de tonnes de plastique ont été produits depuis 1950 [8]) ce qui représente 150 fois plus que la masse totale

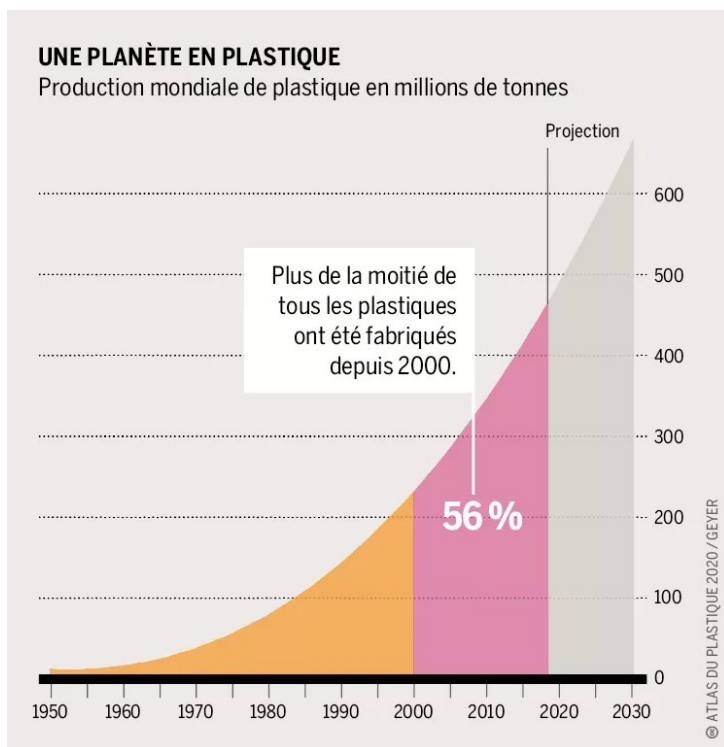


Figure 6 : Illustration de la croissance exponentielle de la production mondiale de plastique depuis les années 50. Les projections sont alarmantes et indiquent l'urgence à réagir. [8] © ATLAS DU PLASTIQUE 2020 \ GEYER

des humains (0,06 milliards de tonnes). Si on continue sur cette croissance, en 2050, il y aura plus de plastique que de poissons dans les océans [9]!

La pollution plastique, un problème longtemps inaperçu

Ces nombreux déchets plastiques résultent à la fois du développement économique et de l'évolution des modes de vie de nos sociétés qui ont radicalement changé en quelques décennies. Est apparue une société de consommation à outrance, entraînant une augmentation continue des déchets ménagers, souvent envoyés en décharge jusque dans les années 70, représentant non seulement un énorme gaspillage de matières premières mais aussi de la pollution. En France, une première grande loi sur la gestion des déchets qui date du 15 juillet 1975 obligeait chaque commune à collecter et à éliminer les déchets ménagers. Et ce n'est qu'en 1992, que la loi Royal sera adoptée pour interdire la mise en décharge et valoriser les déchets ménagers. C'est à cette époque que des bacs de tri seront installés pour inciter la population à trier leurs déchets. Mais cette gestion reste très largement insuffisante notamment pour la prise en compte de la pollution générée par les déchets plastiques, une problématique totalement ignorée.

L'éveil des consciences est venu de la mer à partir des années 1960 avec le constat alarmant de l'augmentation exponentielle des débris d'objets en plastique dans les océans [1]. Tout le monde a en mémoire ces images de tortue s'étouffant avec des sacs plastiques et l'apparition dans les médias du terme effrayant de 7ème continent plastique !

Cette pollution plastique est ubiquitaire, cumulative et irréversible car le plastique n'est pas biodégradable et la gestion des déchets plastiques reste très limitée. Les dernières estimations indiquent que seulement 9% des plastiques sont recyclés actuellement dans le monde, 12% sont incinérés (occasionnant ainsi une pollution atmosphérique et une augmentation des gaz à effet de serre) et 79% sont rejetés dans la nature [10]. Avec cette pollution massive et ce recyclage minime, il est donc urgent et nécessaire de baisser immédiatement la production de déchets en combinant cette action à une meilleure gestion des déchets.

GLOBAL MISMANAGED PLASTIC WASTE GENERATION

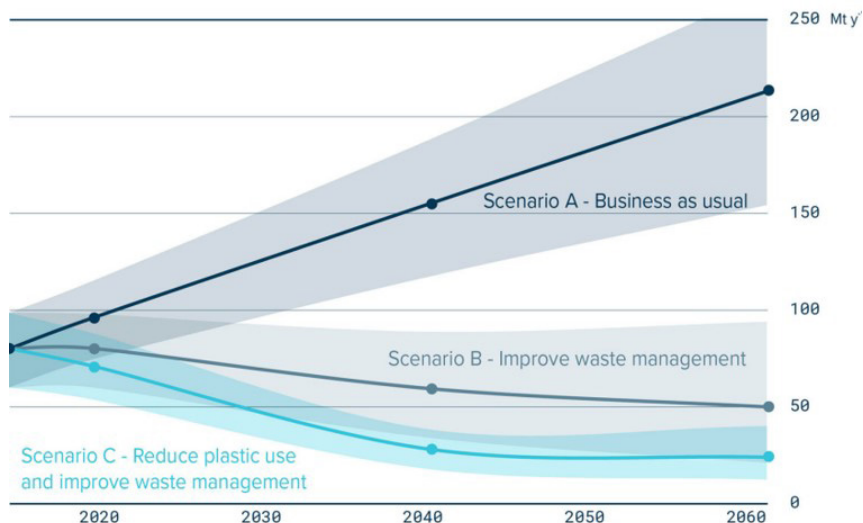


Figure 7 : Projections à long terme de la production mondiale de déchets plastiques résultant d'une mauvaise gestion. Le scénario C permet de réduire de façon la plus rapide et la plus significative la quantité de déchets plastiques produits [11] © Lebreton L. Licence CC BY 4.0 <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

Dans l'étude de Lebreton et Andrady [11], il est clairement mis en avant que si on ne fait rien, selon un scénario A, les déchets plastiques « non maîtrisés » vont continuer de se retrouver dans la nature et s'accumuleront de façon irrémédiable en dépassant les 200 milliards de tonnes en 2060 (**Figure 7**). Dans un scénario B, si on améliore la gestion de ces déchets, sans changer le niveau croissant de production de nouveaux plastiques, on limitera la quantité de déchets dans la nature mais pas autant que si on combine les deux, en fermant le robinet du plastique et en améliorant la gestion des déchets, seul moyen de diminuer de façon significative la production mondiale de déchets plastiques « non maîtrisés ».

Pour savoir où agir prioritairement, il est intéressant de revenir sur les usages du plastique dans le monde. Des estimations faites en 2020 [8] indiquent clairement que c'est le secteur de l'emballage - avec près de 158 millions de tonnes produites en 2017 - qui est le premier de tous les secteurs d'utilisation

du plastique, loin devant le BTP avec « seulement » 71 millions de tonnes, le textile avec 62 millions de tonnes, suivi en 4ème position par les biens de consommations courants avec 45 millions de tonnes. C'est le cas aussi en France qui en 2017 apparait comme étant le plus mauvais élève de l'Europe en termes d'usage du plastique et de mauvaise gestion des déchets, avec une consommation de près de 4,8 millions de tonnes par an, soit 70 kg par habitant. En France aussi, l'emballage est le 1er secteur d'usage avec 45,5% des plastiques consommés. Ce secteur est le plus dramatique car il est produit en masse pour une utilisation la plus courte (à peine emballé, tout de suite jeté) et pour une durée de vie problématique pouvant aller de plusieurs années, décennies voire de siècles ! [7]

L'empreinte plastique

En fait les plastiques vieillissent mal. Lors de leur transport, leur stockage, leur usage et selon leur composition et leurs conditions de fin de vie, dans les poubelles, dans les décharges, ou dans la nature en milieu terrestre ou aquatique, le plastique se fragmente continuellement dans l'environnement, libérant parfois ses additifs, générant des morceaux de tailles de plus en plus petites, microscopiques voire nanométriques. Ainsi, sous l'action mécanique (frottements), thermique, enzymatique (*via* les micro-organismes), combinée entre elles, la dégradation du plastique s'opère par étapes, débutant par une altération et usure accompagnées d'une perte visible de qualité. Elle est ensuite suivie d'une étape de fragmentation où les fissurations progressent avec la génération de microplastiques. Puis vient la phase de libération correspondant à la coupure des chaînes de polymères, la désorption, la diffusion et le désenchevêtrement de la structure libérant des nanoparticules et autres molécules. En réalité tous ces processus dont la cinétique est encore mal connue, interviennent de façon concomitantes et résultent de réactions diverses de gonflement du matériau, d'hydrolyse, d'oxydation, à travers l'exposition aux UV, à l'eau, l'oxygène, les enzymes, le vent, la pluie, la température ambiante. Ce qui est certain, c'est que les objets en plastique se dégradent progressivement et irrémédiablement en petites particules

jusqu'à devenir des micro- et nano-plastiques qui sont maintenant présents dans tous les compartiments environnementaux [12]. De par leur petite taille, ils sont moins visibles à l'œil nu, mais ils s'infiltrent dans le sol et les nappes phréatiques, contaminent les rivières et les océans, et sont aussi emportés par le vent dans les nuages, transportés jusqu'aux massifs montagneux. Leur présence détectée dans la stratosphère explique comment ensuite ils peuvent être mis en évidence jusqu'aux pôles. Lorsqu'ils retombent en pluie ils peuvent aussi être absorbés par les plantes (**Figure 8**) et se retrouvent dans le sol pour être sédimentés au point de devenir des marqueurs de la couche géologique de l'anthropocène [13].

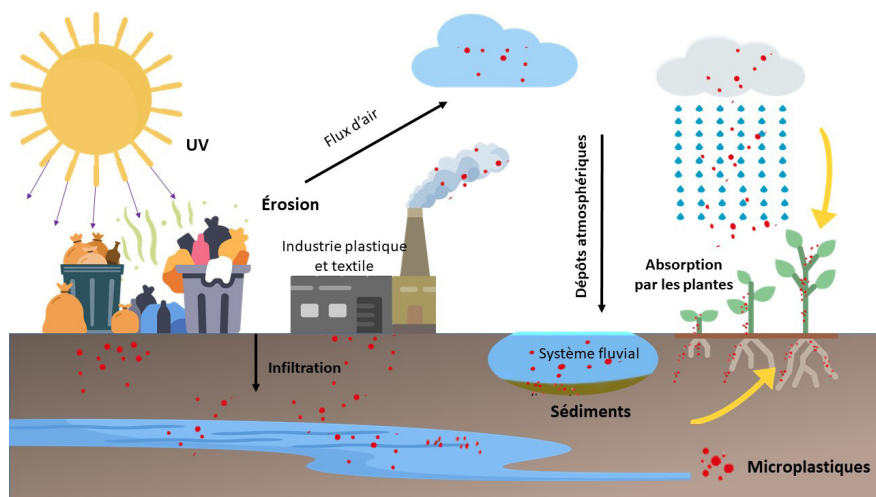


Figure 8 : Des micro- et des nano-plastiques présents dans tous les compartiments. Illustration créée à l'aide de Flaticon. © 2024 Bencsik A. Licence CC BY 4.0

Sur le plan de l'impact environnemental, si on analyse le cycle de vie du plastique produit en masse depuis les années 50, on s'aperçoit que – aussi bien sa production, que son usage et en post usage, sa fin de vie à court terme, comprenant l'incinération, le recyclage, la mauvaise gestion des déchets, – le plastique génère une empreinte carbone élevée et des polluants en masse (**Figure 9**). Mais surtout à terme, le plastique laisse une empreinte considérable qu'il faut impérativement prendre en main, ce matériau étant dommageable autant pour la santé que pour l'environnement [14].

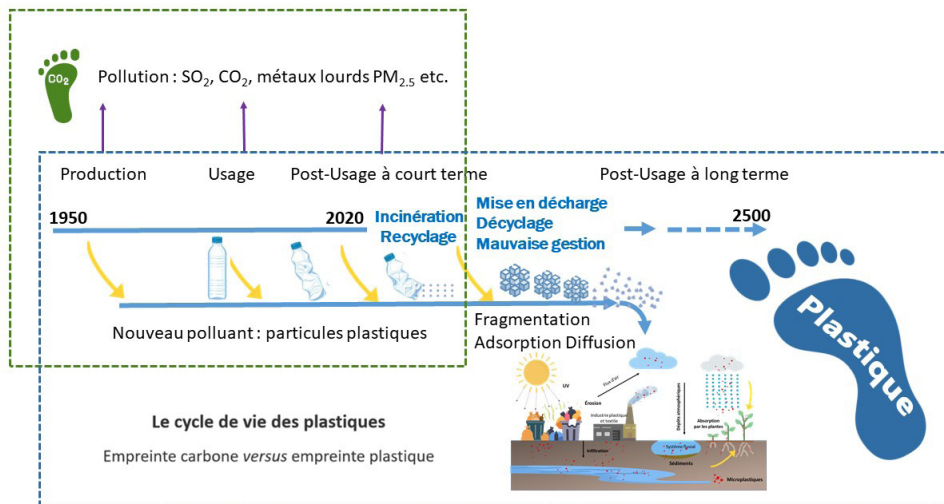


Figure 9 : Il est urgent de prendre conscience de l’empreinte plastique qui commence à peine à être mesurée. Illustration créée d’après Gontard *et al.* [14] à l’aide de Flaticon. © 2024 Bencsik A. CC BY 4.0

Les risques sanitaires et environnementaux

En plus de la dangerosité de la désorption des additifs présents dans les plastiques et pas toujours connus [8], des contaminants biologiques, tels que des bactéries, des plasmides porteurs de gènes de résistances aux antibiotiques et/ou des contaminants chimiques, notamment des micropolluants, des pesticides, des métaux lourds, des désinfectants, et autres résidus médicamenteux (**Figure 10**) [15] peuvent s’agréger dans ces plastiques du fait de leurs propriétés « absorbantes ». Ainsi, les déchets des matières plastiques sont comme des cargo non seulement de toute une variété d’espèces de microorganismes regroupée sous le terme de plastisphère comprenant des unicellulaires (algues) et des invertébrés (vers, crustacés,...) [16] mais aussi et de façon plus préoccupantes de polluants organiques et chimiques néfastes pour la santé, ce qui les rend encore plus dangereux pour l’environnement et les êtres vivants, notamment en cas d’absorption [17].

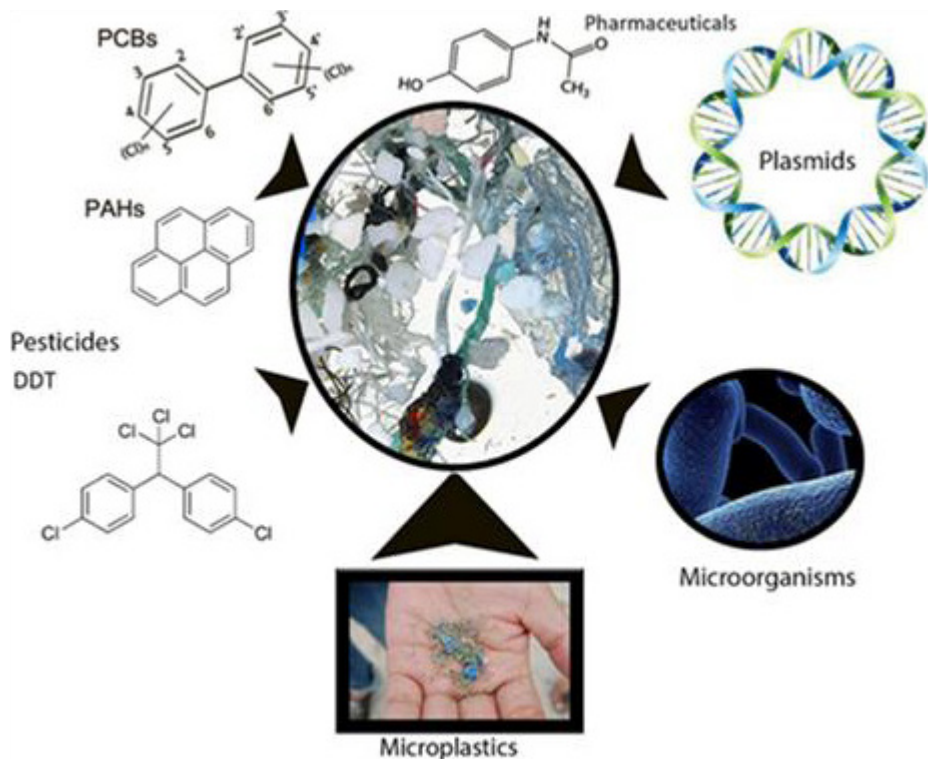


Figure 10 : Les particules de micro-plastiques peuvent être porteuses de divers micropolluants et métaux toxiques ainsi que de contaminants biologiques spécifiques ou de gènes de résistance.[15] (BPC : biphényles polychlorés ; HAP : hydrocarbures aromatiques polycycliques; DDT : dichlorodiphényltrichloroéthane). [15] © Cverenkarova K. Licence CC BY 4.0 <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

L'homme et les animaux sont donc exposés continuellement aux micro- et nano-plastiques par l'air qu'ils respirent et l'ingestion de nourriture et de boissons. L'estimation de la quantité absorbée chez l'homme en une semaine est souvent rapportée à 5g qui est l'équivalent en poids d'une carte bancaire en plastique. Même si ce chiffre est discutable [18], il est par contre prouvé que les êtres vivants, humains ou animaux, ont des micro- et nano- plastiques, dans leur corps et dans leurs organes, et que ceux-ci peuvent provoquer des maladies par exemple chez les oiseaux marins pour lesquels on propose de qualifier leur maladie de « plasticose » [19] et

les recherches récentes continuent à explorer les dommages qu'ils peuvent produire. Cependant, il s'agit d'un nouveau champ de recherche avec encore peu de données dû à la complexité et l'ampleur des situations à étudier. Les difficultés à surmonter sont nombreuses. Est-ce le polymère lui-même qui pourrait être toxique, le sont-ils tous, à quelle dose? ou bien est-ce plutôt leurs additifs, si oui lesquels, quid de l'effet de leurs contaminants ? Quels autres facteurs de taille et de formes de ses fragments, pourraient porter un caractère de dangerosité vis-à-vis des organismes vivants ? De plus, ces questions essentielles réclament une démarche et des outils spécifiques et surtout des précautions particulières lors de la manipulation des échantillons à étudier pour éviter toutes contaminations avec des micro-plastiques issus de l'environnement immédiat du laboratoire [20]. Les micro-plastiques sont détectables dans tous les matériaux et procédés utilisés lors de l'analyse en laboratoire d'échantillons biologiques ou/et environnementaux. Présents dans l'eau, les produits chimiques, les filtres et l'air du laboratoire, ils peuvent résulter de relargage à partir des petits matériels habituels des laboratoires, y compris les équipements de protection individuel comme les blouses jetables ou en fibres synthétiques. Il est possible et donc nécessaire de prendre des mesures préventives pour minimiser ces contaminations, notamment en réduisant l'usage de plastique en laboratoire.

Qu'en est-il plus précisément dans les laboratoires ?

Quelle est la contribution de la recherche scientifique à la consommation mondiale de plastique à usage unique? A la production de déchets plastiques? La recherche bibliographique a permis de recenser quelques articles sur le sujet qui n'est pas encore très pris en considération par les laboratoires. Ce sont surtout des équipes anglo-saxonnes qui ont communiqué en premier sur ce sujet, notamment en 2015, dans un article paru dans la prestigieuse revue Nature [21]. Cet article rend compte du travail d'une équipe en biosciences de l'Université d'Exeter (UK) qui a effectué un calcul pour estimer la quantité de déchets plastiques générés par leurs laboratoires scientifiques en un an. Leurs 280 chercheurs à la paillasse ont produit 267 tonnes de déchets plastique

en 2014, ce qui équivaut à environ 5,7 millions de bouteilles de plastique vides ! En considérant qu'à travers le monde, il y a près de 20 500 institutions impliquées dans la recherche, qu'elle soit biologique, médicale ou encore pour l'agriculture, les auteurs arrivent à une estimation de près de 5,5 millions de tonnes de déchets plastique produits par les laboratoires pour 2014 [21], soit 2,5 % des déchets plastiques totaux produits par an dans le monde.

La littérature scientifique rapporte aussi des initiatives individuelles de quantification de pesée telle que celle par exemple réalisée par une doctorante travaillant au Laboratoire Européen de Biologie Moléculaire (European Molecular Biology Laboratory-EMBL) en Allemagne. Cette scientifique a collecté pendant un jour tous les déchets plastiques issus de ses expériences scientifiques : embouts de pipettes, tubes, gants etc. se sont rapidement additionnés pour totaliser en fin de journée, 230 g de déchets de plastiques et de nitrile. D'après le rythme de ses activités de laboratoire, elle a estimé que cela représenterait environ 60 kg produit en un an, soit le poids d'une personne [22].

Plusieurs initiatives du même genre se sont depuis mises en place avec par exemple un mouvement « *Lab Waste Day* » organisé annuellement par le groupe de scientifiques « *eLife Ambassadors for sustainable science* » [23]. Créé en 2019, ce dernier organise une journée de collecte de ces estimations, une fois par an, le 3ème mardi de septembre, et invite les scientifiques à diffuser/partager sur les réseaux sociaux leur pesée avec une photo à l'appui et autant que possible accompagnée d'idées sur la manière de réduire la production de déchets plastiques dans le laboratoire. Il est ainsi possible de suivre ces estimations individuelles et les idées de solution par les mots clés *#LabWasteDay* and *#SustainableScience #eLifeAmbassadors*. Ces pesées permettent de façon rigoureuse de mesurer précisément la quantité de déchets plastiques que produisent les activités au laboratoire et peuvent être inspirantes pour les décliner non seulement à la journée, parfois pas assez représentative, mais aussi à l'expérience qui peut parfois être étendue sur plusieurs jours successifs, voire appliquer cette démarche de pesée sur une semaine type en matière d'activités au laboratoire. Sur une journée, en effet en fonction des domaines d'activités, de grandes variations peuvent

être observées, et en moyenne, les scientifiques qui ont participé à ce « *LabWasteDay* » ont produit 300 à 400 g de déchets plastiques en une journée, ce qui équivaut à 70-100 kg par an. Un participant a même accumulé 3,41 kg de déchets en une seule journée de travail « pas extraordinairement laborieuse »... Un article récent souligne de façon choc, que l'activité expérimentale des scientifiques pourrait produire jusqu'à 20 fois plus de déchets plastiques qu'un citoyen ordinaire [24]. Sans doute il serait intéressant d'avoir les estimations pour d'autres secteurs d'activité, l'agriculture, le e-commerce, et bien d'autres encore pour positionner les efforts à faire. Toujours est-il que chacun doit faire l'effort indispensable aujourd'hui pour réduire l'empreinte plastique aussi bien dans son quotidien personnel que son quotidien professionnel quel qu'il soit. Au bout du compte, ces estimations personnelles recueillies à travers l'action « *LabWasteDay* » participent à l'éveil des consciences sur la quantité de déchets plastiques produits par les usages professionnels dans les laboratoires de recherche et par la connaissance de solutions appliquées par d'autres, elles encouragent la communauté scientifique à réduire ces quantités.

La réduction des déchets de laboratoire est-elle une mission impossible ?

En réalité, non !

Aujourd'hui, les exigences réglementaires et les directives mondiales nous aident à minimiser l'empreinte écologique des laboratoires et notamment en matière de plastique à usage unique. En janvier 2018, l'Union Européenne (UE) a adopté une stratégie européenne sur les matières plastiques [25] qui a donné naissance en 2019 à une directive sur la régulation du plastique à usage unique interdisant le plastique jetable à partir de 2021 dans l'Union européenne [26]. En 2020, la Commission européenne (CE) a adopté un nouveau plan d'actions pour mettre en place une économie circulaire sur son territoire, comprenant des propositions législatives révisées sur les déchets (dont les déchets plastiques) [27]. Du fait de la production et de la vente de plus en plus fréquente de plastiques dits biosourcés, biodégradables ou compostables (voir lexique en fin d'article), la CE a adopté en 2022 une

communication sur un cadre politique pour ces types de plastique [28]. Et en 2023, la CE a adopté plusieurs initiatives en vue d'une diminution des microplastiques dans l'environnement (Figure 11).

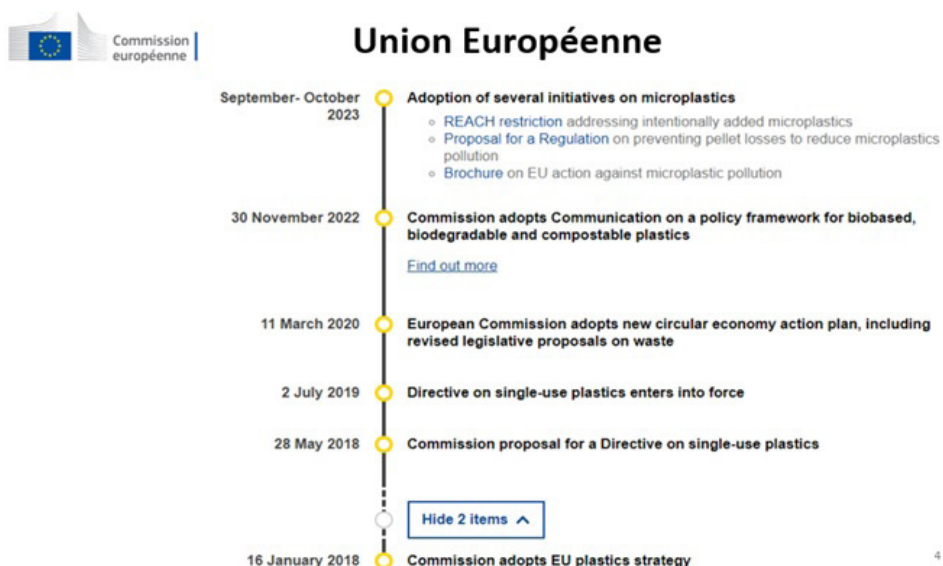


Figure 11 : Chronologie des actions passées et à venir définies dans le cadre de la stratégie européenne de l'UE sur les matières plastiques [29] © European Union. Licence CC BY 4.0

En France, le 10 février 2020, la directive européenne de 2019 a été transposée dans le droit français en votant la loi AGEC (loi Anti-Gaspillage pour une Economie Circulaire) [30]. Cette loi vise à transformer notre économie linéaire : produire, consommer, jeter, en une économie circulaire : produire, consommer, recycler. En particulier, la loi AGEC fixe comme objectif ultime d'atteindre la fin de la mise sur le marché d'emballages en plastique à usage unique d'ici à 2040 en suivant le calendrier décliné dans la **Figure 12**.

Cette loi a permis de voir la disparition effective de la commercialisation de pailles, de couverts jetables et autres produits à usage unique avec plusieurs dispositifs de communication et d'actions incitatives au changement de comportement des citoyens, dans les commerces ou les entreprises par



Figure 12 : Chronologie des actions passées et à venir définies par la France pour sortir du plastique à usage unique [31] © MTE (Ministère de la transition écologique et de la cohésion des territoires)

exemple. La loi a parfois du mal à être appliquée dans son intégralité sous l'influence des lobbys du secteur du plastique et de l'emballage qui en 2023 ont activement œuvré pour faire reculer un maximum de mesures prévues par la loi. En revanche, cette loi AGEC a le mérite de nourrir les réflexions au sein de l'Europe et la Commission européenne souhaite s'en inspirer pour aller plus loin dans le futur règlement des emballages et déchets d'emballages [32]. La lutte contre la pollution plastique n'a pris une dimension internationale que récemment en mars 2022. L'Assemblée des Nations unies a adopté une résolution historique visant à négocier un traité mondial pour mettre fin à la pollution plastique d'ici fin 2024. L'échéance approche et après de nombreuses discussions, une dernière réunion prévue en novembre 2024 devrait voir aboutir un traité applicable mondialement [33].

La loi AGEC s'applique aussi aux activités de recherche, qui utilisent toute une liste de consommables en plastique à usage unique pour lesquels la loi demande de les remplacer. Difficile de répondre à une telle demande, dans

un délai très court, dans un contexte où la plupart des scientifiques ignorent les tenants et les aboutissants des questions relatives à l'usage immodéré du plastique. Certains instituts contactés ont pu faire jouer une dérogation « globale » au vu des activités de recherche nécessitant un respect strict des règles d'hygiène et de sécurité. Pourtant des changements peuvent et doivent s'opérer et ce à plusieurs niveaux.

Leviers d'action

1. Changer la culture et la mentalité :

Il est certain que l'industrie du plastique doit limiter sa production et se tourner vers des matériaux innovants permettant le recyclage et la biodégradabilité notamment des emballages, mais les fournisseurs de matériels pour laboratoire doivent également proposer des alternatives. Ces dernières années, on peut remarquer un effort notable qui se poursuit et qui est à encourager par les personnels de laboratoire, en formulant auprès d'eux lors de visites des représentants des fournisseurs ou lors des commandes, la recherche de produits plus respectueux de l'environnement. Certains grands distributeurs généralistes proposent même des webinaires qui offrent une vitrine aux fournisseurs de consommables de laboratoire pour faire une présentation de leurs produits présents ou futurs, axés sur le développement durable. Attention au caractère parfois limite de « *greenwashing* », il reste pour autant la marque d'un changement de mentalité amorcé prometteur et à suivre.

Les institutions de recherche peuvent et doivent aussi faire plus pour promouvoir la science verte. Pour réussir à mettre en œuvre de bonnes pratiques environnementales, il est essentiel de sensibiliser les personnels des laboratoires et leur direction afin de recueillir leur soutien, un facteur primordial pour la réussite de cette transition indispensable car ces changements peuvent nécessiter, dans un premier temps, des investissements en temps et parfois en argent. Un autre type de soutien fort consiste en la possibilité de fournir aux acteurs des laboratoires une formation continue sur ces sujets. Nous l'avons évoqué plus haut, en mesurant la quantité de déchets

produite au laboratoire par ses activités, il est également possible d'aider au changement d'attitude concernant l'usage des plastiques. Comme en témoigne l'expérience de #LabWasteDay, les résultats partagés motivent la communauté scientifique – qui comprend aussi bien des seniors que des plus jeunes en formation, une coexistence de générations dont il est possible de jouer pour changer sa culture du plastique. Ces pesées permettent en outre de fixer des objectifs de réduction des déchets plastiques.

Le soutien indispensable au démarrage de ces changements peut gagner en force en suivant des exemples ou en rejoignant des programmes qui peuvent être structurant comme en Angleterre par exemple avec le programme de durabilité et le cadre d'évaluation de l'efficacité des laboratoires de l'University College London (programme LEAF)). En France, le groupement de recherche LaboPoint5 [34] propose, entre autres, des activités et outils pertinents et efficaces pour réduire l'impact environnemental des laboratoires de recherche nationaux. Il est utile d'encourager les laboratoires à rejoindre et suivre ces groupes. Ainsi, il est possible d'évaluer les performances de votre laboratoire et suivre les bonnes pratiques pour devenir une unité plus écologique et plus rentable.

2. Réduire les déchets :

Les laboratoires génèrent de grandes quantités de déchets plastiques, dont beaucoup sont considérés comme potentiellement infectieux. En adoptant des pratiques de gestion efficaces qui sont semblables à celles que nous utiliserions pour réduire les déchets plastiques à la maison : réduire, réutiliser, recycler, les laboratoires peuvent aussi bien réduire leur impact environnemental en matière de plastique. De nos jours, chaque scientifique a la responsabilité de planifier les expériences de manière réfléchie et entre autres d'optimiser l'utilisation des matériaux à base de plastique. Mais comment ? Est-il possible d'aller vers un usage raisonné du plastique en laboratoire, pour nos activités de recherche et pour nos autres activités ? Peut-on s'en passer ? Et qu'en est-il dans les laboratoires en histologie ? Pour répondre à ce questionnement, nous partageons à travers cet article une sélection de résultats issus d'un projet scientifique construit en suivant une méthode

originale comprenant 4 opérations menées en parallèle et utilisant certains des outils de développement durable existants [35] et outils sociologiques utiles à la transition écologique [36, 37].

MATERIELS ET METHODES

Retour d'expérience menée à l'échelle nationale au sein de l'ANSES

La méthode

L'originalité de la méthode utilisée pour ce projet scientifique réside dans son ambition à réaliser sur un temps défini un ensemble d'opérations (**Figure 13**) menées en parallèle et couvrant toutes les actions possibles permettant de répondre à notre problématique : est-il possible d'aller vers un usage raisonné des plastiques utilisés dans les laboratoires de recherche de l'Anses (agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail), et ce à l'aide des outils de développement durable et des outils sociologiques au service de la transition écologique de nos laboratoires de recherche et avec un focus sur les activités de recherche en histologie.

Le plastique étant utilisé aussi bien dans les activités de la recherche que les autres activités professionnelles (activités administratives, expertises etc.), nous avons élargi le périmètre à l'ensemble des agents en axant nos questionnements sur 3 situations de travail : au laboratoire, au bureau et en pause. Les agents travaillant en laboratoire de recherche sont donc concernés par ces trois situations, les autres agents seulement par les situations de bureau et de pause.

Les points majeurs pour la réussite de ce projet

Le soutien et la mise en réseau très rapide des laboratoires partenaires Anses sur ce projet, ainsi que l'appui de porteurs de la mission développement durable au niveau de notre Direction générale, ont permis « d'embarquer » un maximum d'agents sur ce projet, condition nécessaire à sa bonne réussite.

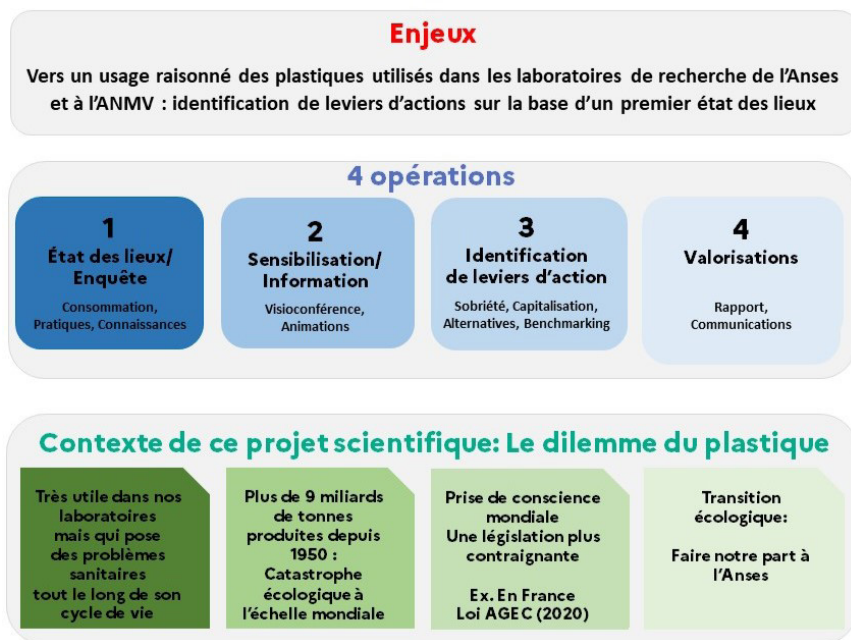


Figure 13 : Présentation sous forme d'infographie de la méthode originale mise en place pour répondre à notre problématique de développement durable. © 2023 Bencsik A. & Chiffolleau E. Licence CC BY 4.0

Le recrutement d'un porteur de projet, un étudiant en Master 2 formé au développement durable et à la sociologie et co-auteur de cet article a été primordial.

La définition d'un calendrier identifiant les étapes clés a permis d'engager un rythme soutenu de visibilité du projet et d'informations sur le sujet du plastique auprès des agents de l'Anses, favorisant leur participation et leur sensibilisation, en instaurant une dynamique d'actions échelonnées sur la durée du stage et jusqu'à fin 2023.

Les 4 opérations

Opération 1 – Etat des lieux

Il était essentiel d'établir un état des lieux sur le plastique en usage dans les entités Anses pour savoir ce qui devrait être amélioré ou non. Une enquête

nationale a donc été menée, du 3 mai au 11 mai 2023, auprès des 1939 agents de l'Anses avec 6 parties déclinées selon les 3 situations: en laboratoire, au bureau, et en pause.

La transition écologique nécessite une conduite du changement qui passe par une connaissance fine du comportement de nos groupes sociaux pour pouvoir collectivement aller vers une transition écologique le plus rapidement possible, et c'est ce que propose la sociologie à travers ces différents outils dont les enquêtes [38-40]. En complément de ce questionnaire, d'autres outils sociologiques ont été utilisés pour apporter des informations plus fines aux réponses collectées. Ont ainsi été réalisés sur le site de Fougères hébergeant un laboratoire de l'Anses et l'ANMV (Agence Nationale du Médicament Vétérinaire), 14 entretiens individuels (5 entretiens exploratoires et entretiens semi-directifs), 8 phases d'observation, 1 carnet de terrain a été tenu et des visites des 4 laboratoires Anses partenaires (Nancy, Maisons-Alfort, Boulogne-sur-Mer et Lyon) ont été menées sur la période de juillet à décembre 2023.

Opération 2 – Sensibilisation et information

Il était essentiel pour l'équipe projet d'informer les personnels des organismes scientifiques de la notion d'empreinte plastique et de la problématique sanitaire et environnementale des déchets plastiques, dont ceux générés par les activités de recherche. Pour cela, l'équipe projet est montée en compétences grâce à la recherche bibliographique, le suivi de séminaires et des échanges avec divers experts nationaux et internationaux. Dans l'optique d'une coopération inter-organismes identifiée comme un levier d'action, un rapprochement a également été opéré avec une équipe INRAE (e-POP - eco-efficient Polymeric and Organic Packaging, Montpellier) engagée parallèlement sur le sujet de la réduction du plastique dans les laboratoires, à travers le projet REDPLAST [41]. Ce projet porté par l'INRAE a pour objectif de développer « une méthodologie permettant d'abord d'effectuer un état des lieux de l'empreinte plastique d'un laboratoire afin d'évaluer ensuite la faisabilité du remplacement de ce plastique par d'autres pratiques ou matériaux permettant d'atténuer cette empreinte ». Ce rapprochement a permis un échange d'expériences et de résultats lors de deux webinaires d'information que nous avons mis en place.

Le 1er, proposé en mai 2023, visait à informer collectivement les agents sur ce qu'était le plastique pour qu'ils puissent ensuite changer leurs pratiques en connaissance de causes. Le deuxième webinaire, organisé en décembre 2023, présentait le résultat des projets scientifiques de l'Anses et de l'INRAE et faisait un point sur la caractérisation des dangers des micro- et nano-plastiques, travaux menés par l'Anses et un point sur les perspectives liées à l'emballage alimentaire, travaux menés à l'INRAE.

La recherche bibliographique a été réalisée en interrogeant les bases de données scientifiques internationales telles que Scopus, Pubmed, CAB Abstracts. Le résultat est capitalisé avec le logiciel bibliographique open source Zotero dans un groupe en ligne sur internet disponible pour tous :

https://www.zotero.org/groups/2456339/empreinte_cologique_de_la_recherchecarbon_footprint_of_research/collections/9LRQWLJV

Ce groupe est alimenté continuellement avec les articles scientifiques issus de la veille bibliographique mise en place sur ces bases de données scientifiques mais aussi avec des articles de vulgarisation sélectionnés par la surveillance du sujet dans l'actualité française et internationale.

En matière de sensibilisation d'autres actions ont pu être mises en œuvre. Notamment l'organisation d'un « challenge national » de pesée des déchets plastiques produits par agent en une semaine d'activités et le développement d'une requête sur les achats en interne pour quantifier les consommables en plastique entrant et sortant dans le laboratoire de Fougères. Ces deux actions ont pour objectif la construction d'un indicateur de l'empreinte plastique, indicateur qui pourrait être recalculé chaque année.

En terme d'animations, le jeu « tri des déchets » [42] a permis d'organiser plusieurs sessions d'animation sur le site de Fougères, lors du séminaire annuel du Laboratoire et à 4 reprises lors des pauses cafés à l'ANMV.

Les visites des laboratoires partenaires (sites de Nancy, Maisons-Alfort, Boulogne-sur-Mer, Lyon) ont aussi été l'occasion d'information et de

sensibilisation des agents rencontrés avec des présentations et des moments d'échanges notamment avec les référents développement durable de ces sites.

Opération 3 – Identification de leviers d'actions

Pour cette opération, l'enquête nationale et les autres outils sociologiques listés à l'opération 2, la recherche bibliographique, les échanges avec nos parties prenantes (DGAL, fournisseurs, etc.) et les laboratoires partenaires ont permis de recueillir toute une liste d'actions déjà mises en place ou d'autres idées à mettre en œuvre.

Afin de catégoriser et organiser au mieux les bonnes pratiques recensées, nous avons pris en compte le principe de la hiérarchie des modes de traitement inscrit au code de l'environnement (article L. 541-1) [43] comme illustré par la **Figure 14**.

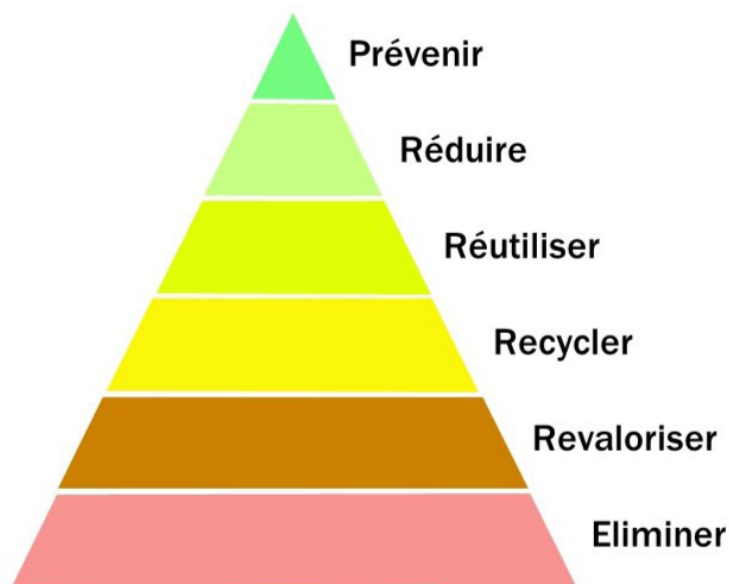


Figure 14 : Présentation schématique du principe de la hiérarchie des modes de traitements inscrit au code de l'environnement (article L. 541-1) © 2024 Licence CC BY 4.0

Opération 4 –Valorisations

La transition écologique nécessite de nombreuses interactions avec les autres et la communication auprès de la communauté scientifique – qui passe par tous les canaux possibles de la valorisation de ce projet et de ses avancées – a été pensée en amont et mise en œuvre au fur et à mesure tout le long du projet.

RESULTATS –DISCUSSION

Les résultats marquants de nos opérations – Les Bonnes pratiques identifiées

L'enquête nationale plastique diffusée auprès des 1939 agents de l'Anses a recueilli 759 réponses, soit 39% de répondants, un score suffisamment conséquent pour une interprétation statistique satisfaisante des résultats. Ce taux de participation montre un fort intérêt des agents de l'Anses pour ce sujet et indique qu'ils sont prêts à s'impliquer.

Cette enquête confirme que le plastique est un matériau omniprésent dans les bureaux et les laboratoires. Elle a permis d'identifier les consommables les plus représentés comme déchets plastiques : les plastiques jetables de laboratoire, tels que les pipettes, les flacons, les gants, les surchaussures, etc. et les emballages. Cet état des lieux permet d'identifier là où concentrer les efforts de réduction sur ces déchets.

L'enquête indique aussi qu'avant les opérations de communication, visant à informer et sensibiliser les agents, il n'y avait pas de représentation commune de la matière plastique au sein de l'Anses : cette représentation est différente selon la classe d'âge et le laboratoire sondé. Il serait intéressant de pouvoir refaire une enquête pour mesurer les changements en matière de représentation de la problématique du plastique dans les laboratoires suite à ce premier projet.

En attendant, cette enquête confirme qu'il existe bien des leviers d'actions pour réduire l'usage du plastique et donc réduire notre empreinte plastique.

Ces leviers pourront être mis en place selon différentes échelles de temps, selon leurs complexités et pour les 3 situations de vie : au bureau, en pause et au laboratoire. Des actions sont possibles, même si elles sont ou seront parfois plus difficiles à mettre en application pour les laboratoires, notamment en fonction des activités, un des freins identifiés étant les contraintes sanitaires et les habitudes de manipulations, ou encore la mise en œuvre de protocoles standardisés dans des activités dites de référence. Pour ces dernières en particulier mais pour toutes les activités en général, ces changements vers moins de plastique ne doivent pas affecter la qualité des résultats d'analyses. Il est donc essentiel de considérer que comme pour tout changement, il sera nécessaire et parfois indispensable de faire la démonstration du maintien de la qualité des résultats d'analyse dans la nouvelle organisation avec moins de plastique. Les résultats de cette étape pourraient être diffusés/partagés le plus largement possible dans la communauté scientifique afin de gagner du temps et de la confiance sur la qualité des protocoles à empreinte plastique réduite.

Actions de remplacement visant à réduire son empreinte plastique

Notre enquête indique qu'une façon de réduire les plastiques en laboratoire est d'envisager son remplacement en utilisant des substituts comme le verre, l'inox, le bois, le carton, le coton.

Le premier exemple qui ressort et pas uniquement pour un laboratoire d'histologie, c'est d'aller vers plus de verrerie. Même si le coût d'achat initial peut être plus élevé, d'une façon générale la verrerie est moins chère à long terme. Par exemple, si on sait que les tubes en verre auto lavables de 30 mL coûtent environ 10 fois le prix d'un seul flacon en plastique, cela signifie qu'ils permettraient d'économiser de l'argent à partir de la 11^{ème} utilisation. Si la production et le recyclage de la verrerie nécessitent une grande quantité d'énergie, celle-ci est inférieure à celle requise pour le plastique. De plus, l'incinération du plastique a un impact énorme sur l'environnement. Par conséquent, dans l'ensemble, un article de verrerie utilisé à plusieurs reprises a un impact environnemental inférieur à son équivalent en plastique. Il faut en revanche ré-intégrer dans les activités du laboratoire un temps dédié au

lavage / stérilisation de cette verrerie. Cette manutention supplémentaire peut être un frein notamment s'il n'y a pas de personnel dédié dans une laverie commune par exemple. Avant les webinaires, l'enquête et les entretiens dans le cadre de notre projet ont permis de voir qu'il était peu probable de revenir vers de la verrerie de façon générale, mais si tous les plastiques ne peuvent être remplacés par de la verrerie, il est toutefois possible et intéressant de la réintroduire dans certains cas, pour des éléments tels qu'éprouvettes, béchers, etc.

Dans un laboratoire d'histologie, il est aussi possible de revenir vers des équipements en inox, on peut citer par exemple de ne plus utiliser de pinces jetables en plastique, uniquement des pinces en acier inoxydable, de même les moules jetables d'inclusion en paraffine devraient être proscrits et remplacés par des moules en inox. On peut citer également les portes lames et autres portoirs, cuvettes de coloration, qui peuvent être remplacés par des modèles en inox.

Toujours en histologie, on peut aussi citer la possibilité de remplacer certains plastiques par du carton. Notamment en matière d'archivage des blocs de paraffine comme de lames colorées, les portoirs en plastique peuvent être facilement et à moindre coût substitués par des modèles en cartons renforcés. D'une façon intéressante on peut aussi à présent trouver des boîtes d'embouts de pipettes avec un taux de plastique réduit de 70% et dont la base intègre du carton.

Notons également au passage qu'en histologie comme dans de nombreux autres secteurs d'activité en laboratoire il est aussi tout à fait possible de revenir à l'usage de blouses en coton au lieu des blouses jetables en fibres synthétiques plastiques.

Les autres leviers d'action seront donc plutôt d'aller vers plus de sobriété, de la miniaturisation et de la réutilisation.

Pour les articles qui doivent rester en plastique, il est toujours possible de réduire la quantité de déchets que vous produisez en concevant soigneusement vos expériences en amont. Dans notre enquête, à la question « pensez-vous à votre consommation de plastique que vous allez avoir avant de commencer

votre projet » seulement 30% des scientifiques ont répondu y penser. Donc il y a là un énorme potentiel en réussissant à embarquer les 70% restant pour leur faire intégrer l'idée des bonnes pratiques pouvant être mises en place dans leur protocole. On peut citer plusieurs exemples comme en culture cellulaire, choisir des plaques plus grandes pour réaliser l'intégralité des expériences sur plusieurs molécules [44].

En optimisant le choix des tubes utilisés lors des expériences, en fonction des volumes réellement mis en œuvre, on peut viser des tubes de plus petite taille pour limiter le poids total du plastique jeté. Lors de pipetages successifs, s'il s'agit de la même solution, ou allant du plus concentré au moins concentré, on peut ne pas changer d'embout et garder le même cône en plastique pour limiter les déchets produits.

En pratiquant une bonne gestion de laboratoire et en stoppant la commande de produits en plastique inutiles qui ne seront jamais utilisés ou qui ne sont pas réellement indispensables, il est possible de réduire encore ses déchets plastiques. Par exemple, n'acheter que des tubes dont la base est droite pour être posés sur la paillasse et qui de fait, rend l'usage de porte-tubes totalement inutiles.

Certains articles en plastique souvent traités comme jetables peuvent tout de même être réutilisés. Dans les laboratoires d'histologie, plusieurs petits matériels entrent dans cette catégorie. C'est le cas par exemple des supports utilisés dans certains dispositifs d'optimisation des immuno-marquages de type « *coverplate* ». L'autoclavage stérilise les flacons et les boîtes en plastique usagés, et les pointes de pipette peuvent être utilisées plus d'une fois si le laboratoire dispose d'un laveur de pointes de pipette. A présent les fournisseurs d'embouts de pipettes proposent aussi diverses solutions intéressantes comme la reprise des boîtes d'embouts qui seront réutilisées pour être rechargées. De façon très pertinentes les EPI (équipement de protections individuelles) sont souvent jetables, or il est possible de remettre une même blouse plusieurs jours d'affilée si celle-ci n'a pas été souillée, idem pour les surchaussures (**Figure 15**). Autres actions possibles : si vous vous retrouvez avec un surplus de matériels plastiques dont vous n'avez plus l'usage, donnez-le à d'autres chercheurs de votre institut ou trouver un

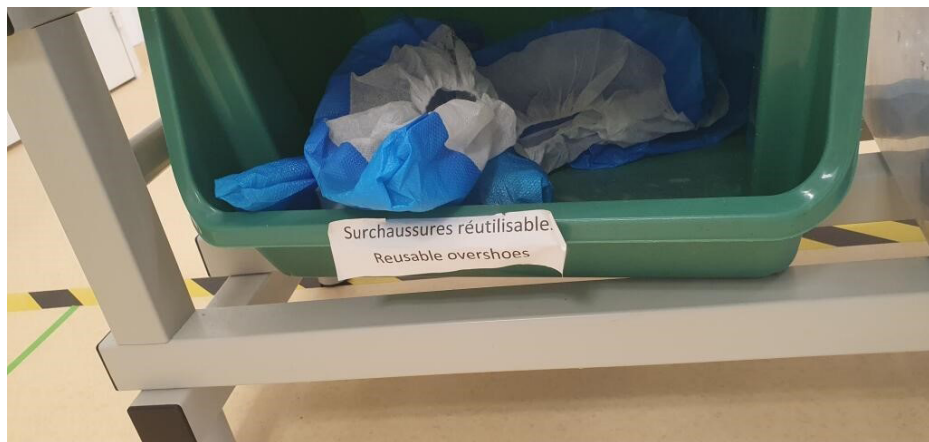


Figure 15 : Photo illustrant l'organisation interne d'un laboratoire en vue de la réutilisation de surchaussures © 2024 Bencsik A. Licence CC BY 4.0

établissement de formation qui pourrait en faire un bon usage. Partager, c'est aussi une stratégie pour un usage raisonné du plastique.

Et lorsqu'un article en plastique arrive en fin de vie, recyclez-le. Pour cela il convient de vérifier ce qui se passe au sein de votre établissement ou à proximité. Les capacités de collecte et de recyclage/décyclage existent peut-être. Il n'y a pas que les emballages qui peuvent être recyclés. Des programmes comme RightCycle de Kimberly-Clark Professional recyclent les gants en nitrile, les boîtes à pointes StarLab peuvent être réutilisées par l'entreprise jusqu'à cent fois si elles sont retournées, et les boîtes en polystyrène utilisées pour expédier les articles sont reprises et réutilisées par des entreprises comme New England Biolabs. Les masques chirurgicaux font également l'objet de collecte pour être recyclés (**Figure 16**) comme par exemple à Bordeaux avec la société Keenat (<https://keenat.com/masques/recyclage/>).

Un laboratoire de l'IUEM de Brest (Institut Universitaire Européen de La Mer) [45] s'est même lancé dans le décyclage de ses déchets pour produire lui-même de nouveaux porte-tubes par exemple, cependant cette démarche ne peut être que d'une portée limitée face à la quantité massive de plastiques utilisée dans les laboratoires.

A l'issue de notre enquête, un fichier recensant l'ensemble des bonnes



Figure 16 : Photo illustrant la collecte mise en place dans un laboratoire pour la valorisation des masques à usage unique © 2024 Bencsik A. Licence CC BY 4.0

pratiques a pu être constitué sous Excel. Il est prévu un transfert de ces bonnes pratiques dans une base de connaissances qui pourra être mise à disposition non seulement à l'Anses mais sur Internet et avec la possibilité de l'amender, sous la forme d'un forum tel que celui proposé récemment par l'AFH en histotechnologie [46]. Cet outil de choix servira à la communauté scientifique pour acquérir collectivement des bonnes pratiques et poursuivre la collecte des nouvelles idées.

Une meilleure gestion des déchets : une collecte passant par le tri

Un autre levier d'action est la nécessité d'améliorer l'identification et le tri des déchets inégalement mis en place selon les sites Anses, ce qui est sans doute le reflet de la disparité qui existe au sein des laboratoires français. Il convient pour cela de s'appuyer sur la réglementation avec la loi AGEC pour faire progresser les pratiques. Il faut continuer la communication et la sensibilisation pour que

les personnels de la recherche montent en compétence sur l'identification des déchets, opération préalable à un tri efficace. Un bon tri est l'assurance d'une valorisation optimale des déchets (**Figure 16**), d'autant plus avec les matières plastiques à la dangerosité et à la valorisation différentes selon sa composition [44] (**Tableau I** en Annexe).

Ainsi, on peut citer en exemple, de collecter systématiquement en amont les emballages plastiques des livraisons devant entrer en zone de laboratoire protégé (P2 et P3) afin de pouvoir les mettre dans des bacs de tri pouvant rentrer dans le recyclage. On évite ainsi de les voir finir dans les poubelles P2 ou P3, destinées à l'incinération car présentant des risques biologiques de niveau 2 ou 3, alors qu'ils sont par définition indemne de risque biologique.

Une estimation de sa production de déchets plastiques

En matière de communication et sensibilisation, on ne peut que recommander aux personnels de la recherche la démarche consistant à évaluer la quantité de ses déchets produits lors des activités expérimentales. Le « Challenge Plastique » à l'échelle nationale à l'Anses s'est déroulé sur trois semaines. Il était demandé aux agents de peser leurs déchets plastiques produits sur une semaine, pour leurs activités en laboratoire ou au bureau (**Figure 17**).

Malgré la période d'été pendant laquelle s'est déroulé ce challenge, 62 personnes ont répondu à l'appel et ont pesé leurs déchets.

En moyenne, 14,3 g ont été pesés pour les déchets plastiques au bureau et 1241,2g pour le laboratoire. Une extrapolation sur une année civile prenant en compte uniquement le personnel des laboratoires de l'Anses aboutit à une estimation de 76 kg de déchets plastique/scientifique, une estimation qui reflète les chiffres que l'on retrouve dans la littérature scientifique [22] et qui le plus souvent sont compris entre 70 et 100 kg/an. Suite à ce challenge, un « Label Plastique Visionnaire 2023 » Anses a été créé et décerné aux gagnants de la meilleure estimation. Ce Label est un outil de valorisation et d'encouragement pour les participants à ce challenge, qui, en étant reconduit annuellement sera un outil d'aide pour la construction d'une prise de conscience de la nécessité de diminuer l'empreinte plastique liée aux activités de recherche et

Projet Développement Durable – Challenge Plastique – Cette semaine, je pèse mes déchets !



Plus que quelques jours pour participer
au Challenge Plastique Laboratoire/Bureau !

Je récolte, je pèse, je saisis mes résultats ici :



*Je ne produis pas de déchets plastiques, je l'indique aussi en entrant
la valeur de 0 sur le questionnaire sphinx.*

Et je donne mon estimation du poids de déchets plastiques moyen
produit par personne et par semaine à l'Anses ! Les gagnants se
verront attribuer le Label Plastique Visionnaire 2023 ;-)

Vos pesées nous permettront d'avancer dans l'estimation des
déchets plastiques produits à l'Anses, un grand merci par avance,
L'équipe DD - Plastique

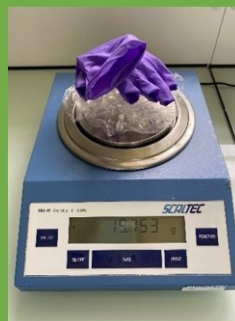


Figure 17 : Visuel utilisé pour le Challenge Plastique interne à l'Anses © 2023 Chiffolleau E. Licence CC BY 4.0

de bureau. Il permettra aussi aux participants de mesurer le résultat de leurs stratégies de réduction de la quantité de plastiques utilisés au laboratoire. Avec ce challenge, il sera possible d'estimer notre empreinte plastique annuelle à l'échelle individuelle et globale et de créer un indicateur mesurant l'évolution de nos pratiques vers moins de déchets plastiques.

Moins d'achats et des achats plus durables en matière de plastiques

En complément de ces actions, une requête basée sur les consommables plastiques a été créée sur le catalogue de notre principal fournisseur l'UGAP – Union des Groupements d'Achats Durables [47]. Cette requête n'est pas encore aboutie et nécessite des ajustements. Une fois finalisée, elle pourra aussi servir d'indicateur pour l'empreinte plastique des consommables plastiques entrants dans les laboratoires et les bureaux de l'Anses.

De façon pertinente et efficace, un des leviers d'action majeurs concerne celui des achats durables [48]. Acheter des consommables auprès de fournisseurs respectant des critères environnementaux tels que le matériau durable, la provenance, le pourcentage de matières recyclées, etc. permet

de diminuer l'empreinte écologique de ces consommables. Ces critères sont présents dans le catalogue UGAP. Au cours de notre étude, un projet de grille multicritère prenant en compte l'impact écologique du produit a été construite et sera proposée aux services achats de l'Anses. Un autre levier d'action est de mettre à disposition directement parmi les consommables destinées aux agents, des produits durables tels que des crayons en bois ou pochettes en carton pour le bureau ou objets en plastiques recyclables par exemple, car l'enquête fait ressortir que les agents n'ont pas la main sur ce type d'achats mais s'approvisionnent directement au magasin général ou dans les armoires communes réservées à cet effet.

Une question de coût

Une étude de coût devra être faite pour mesurer la conséquence sur le budget, et si ce coût est très élevé, ce qui n'est pas nécessairement le cas, il sera toujours possible d'envisager un passage progressif vers des achats durables, en proposant progressivement plus de consommables durables et en compensant le coût par plus de sobriété d'usage par exemple et une amélioration de la gestion de ces consommables. A noter qu'il existe au sein de la fonction publique depuis 2022 un Plan National des Achats Durables (PNAD) 2022-2024 [48] avec un MOOC gratuit qu'il est possible de suivre pour les professionnels des achats [49]. A noter aussi qu'avec la raréfaction du pétrole et l'augmentation du prix de l'énergie pour transporter les matières plastiques fabriquées loin des lieux de consommation, les prix des consommables en plastique ont connu une forte augmentation depuis 2021 [50], par ailleurs le coût réel du plastique est dix fois plus élevé que son seul coût de production [51], donc les remplacer sera certainement plus rentable même à moyen terme.

Interpeler les fournisseurs

Un autre levier d'action est d'échanger avec les fournisseurs pour les encourager à nous proposer des consommables sans plastique et à les informer de notre démarche écologique, ce qui a été fait à l'Anses par des rencontres avec les commerciaux venus sur le site pour de la maintenance

ou des offres commerciales [44]. De nombreux exemples montrent des innovations de leur part. Par exemple, nous avons vu plus haut la proposition des fournisseurs d'utiliser des portoirs de pipettes recyclables. Ils indiquent sur leurs produits les numéros correspondant à la recyclabilité des matières plastiques composant ce produit, pour faciliter le tri et le choix d'un produit le plus recyclable possible. Plus le code est bas, plus le recyclage d'un produit en plastique est possible [52] (voir en Annexe le **Tableau I**).

Un levier d'action puissant l'information et la communication

Un autre levier d'action est l'information et la communication. Les deux webinaires ont montré l'intérêt d'organiser ces évènements particulièrement appréciés, pertinents et riches de la participation de plusieurs entités, ils ont été enregistrés afin de les mettre à disposition des agents n'ayant pas pu les suivre en direct.

Les visites des laboratoires partenaires ont aussi été l'occasion d'une restitution ciblée sur leurs résultats avec 3 séminaires d'information sur site permettant des échanges fructueux entre les différents acteurs de ces laboratoires et ayant pour effet notable, une stimulation et une dynamisation des agents pour ce sujet.

Pour former les jeunes scientifiques, est intégré dans le parcours d'accueil sur le site de l'Anses de Fougères, une présentation des actions menées en développement durable dont l'action sur le plastique. L'idée étant que ces jeunes soient sensibilisés à ces actions et repartent avec l'envie et les connaissances nécessaires pour les appliquer dans leur prochain organisme de recherche.

A noter que l'équipe projet se forme aussi continuellement, soit par des formations avec des prestataires extérieurs soit par des MOOC (entre autres avec la plateforme nationale et gratuite FUN MOOC) ou en suivant des webinaires. Ce sujet de développement durable est complexe et l'actualité riche et en mouvement, il faut donc se former continuellement et confronter en permanence ses acquis aux nouvelles connaissances.

Pour la communication des différentes actions réalisées (webinaire, challenge, enquête...), l'appui du service communication a été un atout précieux au sein



Développement durable - Vers un usage raisonné du plastique à l'Anses - Lancement du questionnaire

Le questionnaire concernant l'usage du plastique à l'Anses est mis en ligne jusqu'au jeudi 11 mai inclus. Il concerne tous les agents, avec des activités administratives ou de laboratoire! Nous comptons sur votre participation, les résultats nous serviront à améliorer nos pratiques collectivement. Un grand merci par avance pour votre participation!

Tristan Ménard - Pour l'équipe DD-Plastique

Pour en savoir plus: QR code vers le lien de l'enquête:



Si besoin, le lien:



Figure 18 : Lancement du questionnaire via les écrans de télévision interne de l'Anses © Ménard T. Licence CC BY 4.0

de notre organisme. Sous la forme d'encarts d'information dans la newsletter de l'Anses hebdo et d'encarts télé (**Figure 18**) sur nos télévisions nationale et régionale disponibles en salles de pause, ils ont grandement participé au succès de la diffusion et à la sensibilisation de tous les agents à ces questions, qu'ils soient affectés aux laboratoires de recherche ou non.

Ce projet a aussi été présenté lors d'un CODIR (comité de direction) stratégique de la Direction de l'Anses, soulignant l'intérêt de la Direction pour ce sujet de Développement durable et les félicitations et encouragements reçus ont contribué à la bonne avancée de ce projet.

L'équipe projet a aussi souhaité interagir avec la communauté scientifique au sens large en présentant un premier poster lors du 36^{ème} congrès annuel de l'AFH en juin 2023 [53] et lors de la 21^{ème} école qualité et responsabilité sociétale-QuARES en septembre 2023 [54], poster qui a reçu le 3^{ème} prix, montrant le soutien et l'intérêt que la communauté scientifique accorde à ce sujet. Un autre levier d'action fort est d'intégrer du temps à consacrer à ce sujet dans les fiches de poste des personnes recrutées, quel que soit leur poste. C'est ce qui a été fait dans un des laboratoires de l'Anses. Nommer

des référents en développement durable au sein de chaque site est aussi un point important, avec là aussi du temps dédié au développement durable et une mise en réseau des référents à l'échelle nationale pour des avancées efficaces par le partage d'expériences, celles qui fonctionnent comme celles qui ne sont pas satisfaisantes.

CONCLUSION

Il est urgent de prendre conscience de l'empreinte plastique de nos usages qui commence à peine à être mesurée dans les activités de la recherche qui pourtant pèse pour plus de 2% de la production annuelle totale mondiale de déchets plastiques [21], qui s'élève à plus de 350 millions de tonnes de déchets plastiques [8]. Si rien n'est fait, cette quantité devrait tripler d'ici à 2060 [11]. Il est donc urgent de réduire la production de déchets plastiques, réduire notre dépendance à son usage et améliorer la gestion de nos déchets dans les activités de laboratoire aussi.

La réduction de l'usage de plastique et donc de la production de déchets plastiques par les laboratoires peut paraître non triviale, cependant sa participation à l'échelle de l'empreinte plastique mondiale est loin d'être négligeable, de plus ce n'est pas non plus une mission impossible. Des exemples ambitieux doivent nous inspirer, ainsi l'Université de Leeds et l'University College London, toutes deux au Royaume-Uni, se sont engagées à se libérer du plastique à usage unique d'ici 2023 et 2024 respectivement (programme LEAF). Un autre exemple remarquable et inspirant est celui d'un protocole issu du domaine des neurosciences publié tout récemment [55]. Cette étude démontre de façon concrète comment il est possible d'appliquer la règle de la réduction, miniaturisation et réutilisation des plastiques pour obtenir de façon simple et efficace une réduction significative des déchets plastiques produits (65% de déchets en moins dans cet exemple) sans compromettre les flux de travail ou la qualité des données. L'auteur s'appuie sur un protocole de transfection de neurones en conditions stériles, en comparant l'application du protocole standard avec le protocole raffiné par l'adoption de pratiques

durables axées sur la réduction du plastique ; il démontre de façon concrète la faisabilité d'atteindre cet objectif. Le principe de sa démarche clairement illustrée est suffisamment simple et explicite pour être mis en œuvre dans un large éventail de protocoles.

Afin de créer un changement significatif au niveau mondial, d'autres laboratoires et institutions doivent suivre le mouvement, car pour réussir, nous devons tous jouer notre rôle. Au sein de l'Anses, en 2023, nous avons mené un projet ambitieux visant à tracer la voie vers un laboratoire plus durable en ciblant la question du plastique insuffisamment identifiée. Notre étude a montré l'intérêt des personnels de la recherche et au-delà de tous les agents, pour participer aux efforts nécessaires. Nous avons identifié une série de leviers d'actions possibles et récolté une liste utile de bonnes pratiques. Même si nous n'éliminerons pas immédiatement tous les déchets plastiques, en prenant certaines des mesures mentionnées ci-dessus, en collectant d'autres issues des expériences d'autres groupes de recherche, nous pouvons réduire la quantité de déchets que nous générons en laboratoire. Par cet article, nous souhaitons montrer que cette démarche est possible, qu'elle peut être simple, qu'elle optimise l'impact scientifique, économique, sociétal et environnemental des travaux des chercheurs sans compromettre la qualité et la fiabilité des résultats collectés. Il est à présent plus que temps de s'engager dans la réduction de l'empreinte plastique pour des pratiques de laboratoire écoresponsables.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient le Dr Tahar Aït-Ali, Directeur de l'Anses Laboratoire de Fougères qui a soutenu et rendu possible la mise en place de ce projet par le recrutement de Tristan Ménard. Les auteurs remercient également vivement l'ensemble des agents de l'Anses pour leur participation active, accueillant nos diverses actions avec grand intérêt, et tous ceux qui nous ont témoigné

leur soutien d'une façon ou d'une autre.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. Science history institute. History and Future of Plastics, 2024, Accessed date: 06/02/2024. <https://sciencehistory.org/education/classroom-activities/role-playing-games/case-of-plastics/history-and-future-of-plastics/>
2. Wikipédia. Bakélite, 2023, Accessed date: 09/02/2024. <https://fr.wikipedia.org/wiki/Bak%C3%A9lite>
3. RICHEL A. Chem.4.us. Plastiques et bioplastiques : retour sur 200 ans d'histoire de recherche et développement, 2021, Accessed date: 28/05/2024. <https://www.chem4us.be/materiaux/histoirebioplast/>
4. Direction générale de la concurrence, de la consommation et de la répression des fraudes (DGCCRF). Matières plastiques, 2017, Accessed date: 12/02/2024. <https://www.economie.gouv.fr/dgccrf/Plastiques>
5. MAYER N. Futura Sciences. La fabrication du plastique en 5 étapes, 2019, Accessed date: 12/02/2024. <https://www.futura-sciences.com/sciences/questions-reponses/chimie-fabrication-plastique-5-etapes-6227/>
6. FOUCART S. Bisphénol A, les dessous d'un scandale sanitaire. *Le Monde*, 2011, https://www.lemonde.fr/planete/article/2011/10/28/bisphenol-a-un-scandale-mondial_1595537_3244.html
7. Plastique en mer, les solutions sont à terre, Fondation Tara Océan 2022: 1-10 pages. <https://fondationtaraoccean.org/education/infographies-sur-le-plastique/>
8. Atlas du plastique. Faits et chiffres sur le monde du plastique, Heinrich Boll Stiftung, 2020: 1-60 pages. <https://fr.boell.org/fr/atlas-du-plastique>
9. EYMARD-DUVERNAY A. WWF. Des océans sans déchets plastiques: notre engagement pour des océans propres, 2021, Accessed date: 27/05/2024. <https://www.wwf.ch/fr/projets/des-oceans-sans-dechets-plastiques-notre-engagement-pour-des-oceans-propres#:~:text=Plus%20de%20plastique%20que%20de%20poissons%20dans%20la%20mer&text=Si%20rien%20ne%20change%2C%20presque,de%20poissons%20dans%20les%20oc%C3%A9ans.>

10. National geographic. Le plastique en 10 chiffres, 2024, Accessed date: 24/05/2024. <https://www.nationalgeographic.fr/le-plastique-en-10-chiffres>
<https://jobimpact.fr/pollution-plastique-chiffres>
11. LEBRETON L. & ANDRADY A. Future scenarios of global plastic waste generation and disposal. *Palgrave Communications*, 2019,5 (1), 6. <https://doi.org/10.1057/s41599-018-0212-7>
12. GAN Q., CUI J. & JIN B. Environmental microplastics: Classification, sources, fates, and effects on plants. *Chemosphere*, 2023,313 137559. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0045653522040528>
<https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2022.137559>
13. TATSII D., BUCCI S., BHOWMICK T., GUETTLER J., BAKELS L., BAGHERI G. & STOHL A. Shape Matters: Long-Range Transport of Microplastic Fibers in the Atmosphere. *Environmental Science & Technology*, 2024, **58** (1), 671-682. <https://doi.org/10.1021/acs.est.3c08209>
14. GONTARD N., DAVID G., GUILBERT A. & SOHN J. Recognizing the long-term impacts of plastic particles for preventing distortion in decision-making. *Nature Sustainability*, 2022,5 (6), 472-478. <https://doi.org/10.1038/s41893-022-00863-2>
15. CVERENKÁROVÁ K., VALACHOVIČOVÁ M., MACKULAK T., ŽEMLIČKA L. & BÍROŠOVÁ L. Microplastics in the Food Chain. *Life*, 2021, **11** (12), 1349. <https://doi.org/10.3390/life11121349>
16. GALGANI F., BRUZAUD S., DUFLOS G., FABRE P., GASTALDI E., GHIGLIONE J., GRIMAUD R., GEORGE M., HUVET A., LAGARDE F., PAUL-PONT I. & TER HALLE A. Pollution des océans par les plastiques et les microplastiques. *Techniques de l'Ingénieur*, 2020,<https://hal.science/hal-03048415>
<https://doi.org/10.51257/a-v1-bio9300>
17. LECONTE S. Impacts sanitaires et environnementaux de certains usages de matières plastiques biosourcés, biodégradables et compostables. In Webinaire d'information Anses/Inrae. En savoir plus sur le plastique pour changer nos pratiques, 12/05/2023, 2023.
18. PLETZ M. Ingested microplastics: Do humans eat one credit card per week? *Journal of Hazardous Materials Letters*, 2022,3 100071. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666911022000247>
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.hazl.2022.100071>

19. CHARLTON-HOWARD H.S., BOND A.L., RIVERS-AUTY J. & LAVERS J.L. 'Plasticosis': Characterising macro- and microplastic-associated fibrosis in seabird tissues. *Journal of Hazardous Materials*, 2023,450 131090. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304389423003722> <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2023.131090>
20. AMINAH I.S. & IKEJIMA K. Potential sources of microplastic contamination in laboratory analysis and a protocol for minimising contamination. *Environmental Monitoring and Assessment*, 2023, **195** (7), 808. <https://doi.org/10.1007/s10661-023-11410-7>
21. URBINA M.A., WATTS A.J.R. & REARDON E.E. Labs should cut plastic waste too. *Nature*, 2015, **528** (7583), 479-479. <https://doi.org/10.1038/528479c>
22. HOWES L. Can Laboratories Move Away from Single-Use Plastic? *ACS Central Science*, 2019, **5** (12), 1904-1906. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6935888/> <https://doi.org/10.1021/acscentsci.9b01249>
23. eLife Community Ambassadors. #Lab waste day, 2024, Accessed date: 28/05/2024. <https://ecrsustainable.wixsite.com/sustainablescience/labwasteday>
24. CHAUVEAU L. Un scientifique utilise 20 fois plus de plastique qu'un citoyen lambda, mais des solutions existent, 2024, Accessed date: 27/05/2024. https://www.sciencesetavenir.fr/nature-environnement/pollution/un-scientifique-utilise-20-fois-plus-de-plastique-qu-un-citoyen-lambda_176649
25. Une stratégie européenne sur les matières plastiques dans une économie circulaire, Commission européenne, 2018: 1-20 pages. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/HTML/?uri=CELEX:52018DC0028&from=SK#:~:text=En%202030%2C%20tous%20les%20emballages,pour%20toutes%20les%20grandes%20applications.>
26. Directive (EU) 2019/904 of the European Parliament and of the Council of 5 June 2019 on the reduction of the impact of certain plastic products on the environment Commission européenne, 2019: 1-20 pages. <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2019/904/oj>
27. Un nouveau plan d'action pour une économie circulaire, Commission européenne, 2020: 1-20 pages. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/HTML/?uri=CELEX:52020DC0098>

28. Policy framework on biobased, biodegradable and compostable plastics, Commission européenne, 2022: 1-20 pages. https://ec.europa.eu/info/law/better-regulation/have-your-say/initiatives/13138-Policy-framework-on-biobased-biodegradable-and-compostable-plastics_fr
29. Commission Européenne. Plastics strategy, 2024, Accessed date: 27/05/2024. https://environment.ec.europa.eu/strategy/plastics-strategy_en
30. Loi n° 2020-105 du 10 février 2020 relative à la lutte contre le gaspillage et à l'économie circulaire. *Journal Officiel de la République Française*, 2020, (0035), <https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000041553759/>
31. Ministère de la transition écologique et de la cohésion des territoires. Lutte contre la pollution plastique, 2024, Accessed date: 27/05/2024. <https://www.ecologie.gouv.fr/lutte-contre-pollution-plastique>
32. DESPOUYS M. La loi Agec a 4 ans: «un sentiment d'inachevé» mais «pas un échec» pour Brune Poirson et Celia Rennesson. *Process alimentaire*, 2024,(1420), <https://www.processalimentaire.com/emballage/la-loi-agec-a-4-ans-un-sentiment-d-inacheve-mais-pas-un-echec-pour-brune-poirson-et-celia-rennesson>
33. Ministère de la transition écologique et de la cohésion des territoires. Vers un traité mondial pour mettre fin à la pollution plastique : ouverture de la 4ème session de négociations à Ottawa au Canada, 2024, Accessed date: 27/05/2024. <https://www.ecologie.gouv.fr/dossier-presse-vers-traite-mondial-mettre-fin-pollution-plastique-ouverture-4eme-session#:~:text=En%20mars%202022%2C%20la%20cinqui%C3%A8me,cycle%20de%20vie%20des%20plastiques.>
34. Labo|point5. Plateforme Labos |point5, 2024, Accessed date: 28/05/2024. <https://apps.labos|point5.org/>
35. YELKOUNI M. Les outils du développement durable, in *Objectif 2030*, edited by Institut de la francophonie pour le développement durable, 2024: 1-19. https://www.objectif2030.org/media/modules_pdf/MOOC_module-4_web.pdf
36. Sociologie en Pratiques. La sociologie comme outil de l'intervention sociale, 2024, Accessed date: 07/02/2024. <http://www.sociologieenpratiques.org/nos-methodes/les-outils-de-recherche/>

37. LUNG F. & VENDASSI P. Diagnostic et évaluation : la boîte à outils du sociologue. Editions Harmattan, 2012. <https://www.editions-harmattan.fr/index.asp?navig=catalogue&obj=livre&no=39061>
38. Pour une sociologie de la transition écologique. *Cahiers de recherche sociologique*, 2015,(58), 1-163. <https://www.erudit.org/fr/revues/crs/2015-n58-crs02474/>
39. Rôles et places des sociologues dans la société, in *Apprendre la sociologie par l'exemple*, edited by C. G. François de Singly, Olivier Martin: Armand Colin, 2016: 283-294. <https://www.cairn.info/apprendre-la-sociologie-par-l-exemple--9782200613990-page-283.htm#:~:text=Au%2Ddel%C3%A0%20de%20l%27objectif,le%20social%20pour%20le%20transformer.>
40. MARTIN S. & GASPARD A. Les comportements, levier de la transition écologique ? Comprendre et influencer les comportements individuels et les dynamiques collectives. *Futuribles*, 2017,(4), 33-44. <https://www.cairn.info/revue-futuribles-2017-4-page-33.htm>
41. ROSEBERY J. INRAE. Projet REDPLAST. Ensemble réduisons notre empreinte plastique tout en garantissant la qualité de la recherche scientifique, 2024, Accessed date: 27/05/2024. <https://eabx.bordeaux-aquitaine.hub.inrae.fr/actualites/projet-redplast>
42. King Jouet. Garbage sorting. Jeu de tri écologique. Quelle poubelle choisir?, 2024, Accessed date: 28/05/2024. <https://www.king-jouet.com/jeu-jouet/jeux-jouets-educatifs/decouverte-nature/ref-809887-jeu-de-tri-ecologique-quelle-poubelle-choisir.htm>
43. Chapitre 1er : Prévention et gestion des déchets (Articles L541-1 à L541-50). Section 1 : Dispositions générales (Articles L541-1 à L541-8), in *Code de l'environnement*, edited by Légifrance, 2021: https://www.legifrance.gouv.fr/codes/article_lc/LEGIARTI000043974936
44. SHERIDAN D. Réduire les déchets plastiques au laboratoire. Construire une culture de la durabilité, Mettler-Toledo, 2023: 1-10 pages. <http://intrafoug/document/PDF/MettlerToledoPlastic.pdf>
45. IUEM. A l'IUEM, la réduction et le recyclage des plastiques sont lancés, 2023, Accessed date: 27/05/2024. <https://www-iuem.univ-brest.fr/a-liuem-la-reduction-et-le-recyclage-des-plastiques-sont-lances/>
46. AFH - Association Française d'Histotechnologie. Afhisonet, 2024, Accessed date: 16/02/2024. <https://www.afhisto.fr/forum>

47. UGAP –Union des Groupements d’Achats Durables. Centrale d’achat public, 2024, Accessed date: 16/02/2024. <https://www.ugap.fr/>
48. Ministère de la transition écologique et de la cohésion des territoires. Les achats publics durables, 2023, Accessed date: 16/02/2024. <https://www.ecologie.gouv.fr/achats-publics-durables>
49. Openclassrooms. Engagez-vous dans l’achat durable, 2024, Accessed date: 16/02/2024. <https://openclassrooms.com/fr/courses/7716516-engagez-vous-dans-lachat-durable>
50. CAP Eco Recycling. Pourquoi le prix du plastique augmente ?, 2021, Accessed date: 16/02/2024. <https://capeco-recycling.com/prix-tonne-plastique/#:~:text=Pourquoi%20le%20prix%20du%20plastique,premi%C3%A8res%20et%20de%201%27%C3%A9nergie.>
51. Plastics: the costs to society, the environment and the economy, WWF, 2021: 1-25 pages. <https://www.wwf.fr/vous-informer/actualites/nouveau-rapport-wwf-cout-reel-du-plastique-10-fois-plus-eleve-que-cout-production#:~:text=Chaque%20kilo%20de%20plastique%20nous,augmenter%20encore%20d%27ici%202040.>
https://www.wwf.fr/sites/default/files/doc-2021-09/20210906_Report_The-real-cost-of-plastic-pollution_EN_WWF.pdf
52. Rack and Packaging Recycling. Plastic Identification Guide, Mettler-Toledo, 2020: 1-9 pages. <http://intrafoug/document/PDF/MettlerToledoPlastic.pdf>
53. MÉNARD T., CHIFFOLEAU E. & BENCSIK A. Vers un usage raisonné des plastiques utilisés dans les laboratoires d’histologie : quels leviers d’actions? L’exemple du projet de l’Anses. In 36ème congrès de l’Association Française d’Histotechnologie (AFH), 15-16/06/2023, Dijon, France, 2023. <https://anses.hal.science/anses-04196632>
54. MÉNARD T., CHIFFOLEAU E. & BENCSIK A. Vers un usage raisonné des plastiques utilisés dans les laboratoires de recherche : quels leviers d’actions? L’exemple du projet de l’Anses In 21ème école qualité et responsabilité sociétale, 12-14/09/2023, Montpellier, France, 2023. <https://anses.hal.science/anses-04397782>
55. PENNDORF P. Reducing plastic waste in scientific protocols by 65% – practical steps for sustainable research. *FEBS Letters*, n/a (n/a), <https://febs.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/1873-3468.14909>
<https://doi.org/https://doi.org/10.1002/1873-3468.14909>

56. Anses. Proscrire les matières plastiques du compost domestique, 2022, Accessed date: 15/02/2024. <https://www.anses.fr/fr/proscrire-matieres-plastiques-biodegradables-compost>
57. Wikipédia. Décyclage, 2023, Accessed date: 28/05/2024. <https://fr.wikipedia.org/wiki/D%C3%A9cyclage>
58. Recyclage, in *Dictionnaire Larousse*, edited by Larousse, 2024: 1-1000. <https://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/recyclage/>

LEXIQUE

Biosourcés

« Les matières plastiques dites « biosourcées » sont fabriquées à partir de ressources naturelles comme par exemple l'amidon de maïs, sans teneur minimale en ressources naturelles. Les plastiques à usage unique doivent quant à eux contenir au moins 50% de matière d'origine naturelle. » [56]

Les plastiques biosourcés sont des polymères, parfois plastiques, issus de ressources renouvelables (végétales, animales, algales, etc.), mais pas de la pétrochimie ou de la chimie de synthèse. Dans le cas des plastiques dits « biosourcées », on s'intéresse seulement à l'origine des matières premières à partir desquelles on fabrique ces plastiques. Ils peuvent donc être de composition identique aux polymères issus de la pétrochimie. De ce fait, l'origine biosourcée ne signifie pas que le polymère est biodégradable et inversement un plastique biodégradable n'est pas forcément biosourcé [16].

Biodégradables

« Les matières plastiques sont dites « biodégradables » si elles se dégradent sous l'action de micro-organismes. » [56].

Compostables

« Les matières plastiques « compostables » sont des matières plastiques biodégradables qui se dégradent dans des conditions spécifiques

(température, hygrométrie) de compostage, qu'il soit industriel ou domestique. Selon les normes actuelles, ces matières doivent se dégrader à plus de 90 %, dans un délai maximum de 6 ou 12 mois selon qu'il s'agit de compostage en conditions industrielles ou domestiques. » [56].

Décyclage

En gestion des déchets, le décyclage (en anglais, downcycling), aussi appelé dévalorisation, est un procédé par lequel on transforme un déchet matériel ou un produit inutile en un nouveau matériau ou produit de qualité ou de valeur moindre [57].

Microplastiques

Bien que formellement définis par des tailles comprises entre 1 µm et 1 mm, les microplastiques sont, pour des raisons principalement pratiques, communément définis par les particules de taille comprises entre 1 µm et 5 mm. Ils peuvent être primaires, c'est-à-dire fabriqués pour être de taille inférieure à 5 mm (granulés industriels, abrasifs des produits cosmétiques) ou secondaires, c'est-à-dire issus de la fragmentation des objets en plastiques de plus grande taille [16]. Les **nanoplastiques** se distinguent par l'échelle de taille des particules de plastique qui les compose et mesurent entre 1 et 1000 nm.

Plastisphère

Terme utilisé pour désigner les écosystèmes, ou ensembles d'espèces, qui se fixent et vivent sur les plastiques. Ces ensembles sont peu connus et comprennent des milliers d'espèces, principalement des microorganismes comme les bactéries ou les êtres unicellulaires (algues diatomées, ciliés, radiolaires, foraminifères) mais également des invertébrés (hydrides, vers, bryozoaires, crustacés, mollusques, ascidies, etc.). La composition de la plastisphère dépend du lieu, des conditions environnementales (température, salinité, etc.), de la profondeur, de la nature du plastique et de son état de dégradation [16].

Plastiques

Les plastiques sont essentiellement constitués de polymères synthétiques, conçus à partir d'hydrocarbures ou de biomasse, auxquels viennent s'ajouter quelques pourcents de charges et d'additifs. Pour le milieu marin, cette définition englobe les élastomères, les fibres, les polymères semi-synthétiques (nitrate de cellulose, rayonne, etc.), les lignes mono-filaments, les revêtements et les cordages. Les plastiques peuvent être divisés en deux catégories principales, les thermoplastiques, déformables par chauffage (polyéthylène, polypropylène, polystyrène, etc.), et les thermodurcissables qui ne sont pas déformables à chaud (polymères réticulés tels que des polyuréthanes, des résines époxy, etc.). De nombreux plastiques sont issus de mélange de différents polymères auxquels sont ajoutés divers additifs comme des plastifiants, des colorants, ou des stabilisants [16].














Recyclage

Ensemble des techniques ayant pour objectif de récupérer des déchets et de les réintroduire dans le cycle de production dont ils sont issus [58].

ANNEXE

Tableau I : Codes d'identification des matières plastiques fournis par un fournisseur pour aider au choix des produits de laboratoire et à leur tri [52] © Mettler-Toledo

Plastic Resin Identification Codes

LOGO	DESCRIPTION	COMMON PRODUCTS	RECYCLED PRODUCTS
 PETE	Polyethylene Terephthalate You've probably heard of Polyethylene terephthalate, also called PET or PETE. It's the most frequently recycled plastic, and it can be found in plastic soda and water bottles and Rainin clam shell product designs like TerraRack.	Soda and water bottles, cups, trays, clamshells; Rainin TerraRacks, GreenPak and GreenPak SpaceSaver refills	Detergent bottles, clothing, carpet, clamshells, soda and water bottles 
 HDPE	High-Density Polyethylene High-density polyethylene, or HDPE, can be found in milk jugs, laundry detergent bottles and some shopping bags. It's a very commonly used plastic. Some Rainin products are shrink-wrapped in HDPE.	Milk Jugs, detergent and shampoo bottles, flower pots, grocery bags	Detergent bottles, flower pots, crates, pipes, decking 
 PVC	Polyvinyl Chloride Polyvinyl chloride (PVC) is best known for its use in pipes. PVC also appears in wire jockeys, and bottles of cooking oil, shampoo, and window cleaner. No Rainin products use PVC. It can produce toxic fumes when burned.	Jugs, pool liners, twine, automotive product bottles, sheeling	Pipe, Wall siding, binders, carpet backing, flooring 
 LDPE	Low-Density Polyethylene Low-density polyethylene (LDPE) can be found in squeezable condiment bottles and toys, but it's mostly used in plastic films. That means shrink wrap, as well as bags — dry cleaning, grocery, bread, frozen food, and produce bags. Some Rainin products are packaged in LDPE shrink wrap film to protect them from contamination during storage and transportation.	Bread bags, paper towels and tissue overwrap, squeeze bottles, trash bags, six-pack rings	Trash bags, plastic lumber, furniture, shipping envelopes, compost bins 
 PP	Polypropylene Polypropylene (PP) has a high melting point and great injection molding characteristic. It's a great material for its inertness against chemical reaction and for its purity, and many injection-molded plastic products are made out of it. It's used to contain hot liquids and food, and many medicine bottles rely on PP. It is used to mold water and soda bottle caps and straws. Rainin pipette tips and most of our pipette tip racks are made out of pure 100% virgin Polypropylene.	Yogurt tubs, cups, juice bottles, straws, hangers; Rainin tip racks, StableStaks, StableRaks, robotic tip racks and all tip decks	Paint cans, speed bumps, auto parts, food containers, hangers, plant pots, razor handles 
 PS	Polystyrene Polystyrene (PS) is an incredibly versatile plastic. It can be manipulated into a soft foam, like packing peanuts, or hardened into a sturdy CD case. PS is further used in take-out containers, disposable plates and cutlery, aspirin bottles, and egg cartons. PS is being upstream-recycled today using pyrolysis technology in regions where recyclers have access to this technology.	To-go containers and flatware, hot cups, shipping cushion, carlans, trays	Picture frames, crown molding, rulers, flower pots, hangers, toys, tape dispensers 
 Other	Other There's no name for this plastic, because plastic no. 7 is more of a miscellaneous category for everything that didn't fit into the last six slots. Components are typically made out multiple materials which cannot be separated prior to recycling. Think oven-baking bags, balloons with aluminum film coating, or tooth brushes. Because it's such a nebulous group, don't expect your recycler to be able to collect these plastics for recycling. Today the majority of these plastics end up in landfills or incinerators.	Polycarbonate, nylon, ABS, acrylic, PLA, bottles, safety glasses, CDs, headlight lenses	Electronic housings, auto parts 